



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

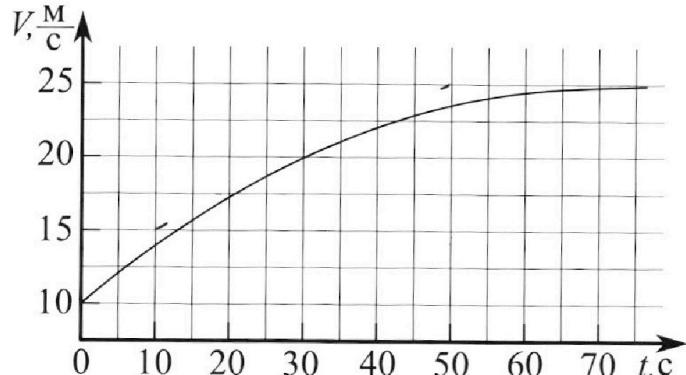


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 ориентировано 10%.

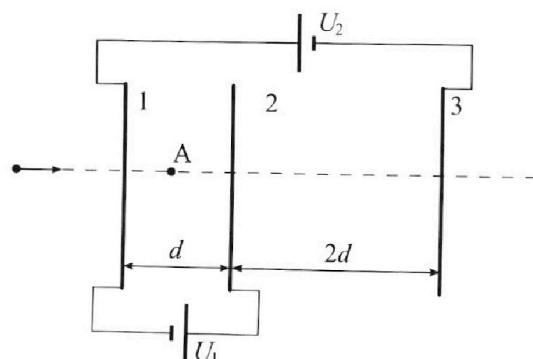


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k p v$ . 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  $R T \approx 3 \cdot 10^3$  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

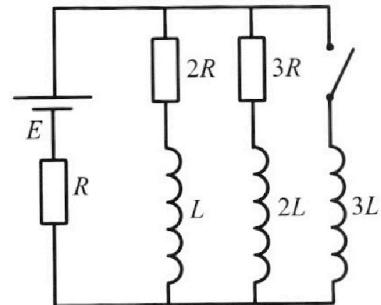


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_{10}$  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?

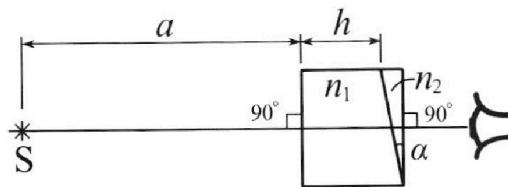
Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



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                        |
| <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!

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_K = 500 \text{ Н}$$

$$1) v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$a_1 - ?$

$$2) F_1 - ?$$

$$3) p_1 - ?$$

$$2) \vec{F}_c = -k\vec{v}$$

По II закону Ньютона:

$$ma = \vec{F}_{\text{ин}} + \vec{F}_c$$

$$ma_1 = F_{\text{ин}} - k v_1$$

Т.к. в конце угла  $\alpha \rightarrow 0$ , то

$$F_K = F_c$$

$$F_K = k v_K \quad v_K = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По первому закону Ньютона:

$$k = \frac{F_K}{v_K} = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$ma_1 = F_1 - k v_1$$

$$F_1 = ma_1 + k v_1$$

$$F_1 = 1800 \cdot 0,25 + 20 \cdot 20 = 450 + 400 = 850 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } F_1 = 850 \text{ Н}$$



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"/> |

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

МФТИ

$$3) P = \frac{\mathcal{F}}{t} = \mathcal{F} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \mathcal{F}_1 V_1 = 850 \cdot 20 = \cancel{21250} \text{ Вт} \rightarrow 17 \text{ кВт}$$

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

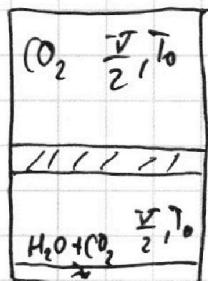
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

1)



Т.к. изначально поршень  
находится в равновесии, то

$$P_1 = P_2$$

По упр. что Менделеева-Капелюхова:

$$\Leftrightarrow P_2 \frac{V}{2} = \vartheta_2 R T_0$$

$$P_2 = \frac{\vartheta_2 R T_0 \cdot 2}{V}$$

$$P_1 \cdot \left( \frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \vartheta_1 R T_0$$

$$P_1 \frac{V}{4} = \vartheta_1 R T_0$$

$$P_1 = \frac{\vartheta_1 R T_0 \cdot 4}{V}$$

$$\frac{2\vartheta_2}{4\vartheta_1} = 1 \Rightarrow \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = 2$$

$$\text{Ответ: } \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = 2$$

2) Дано:

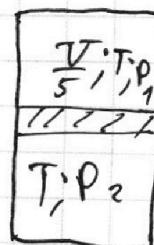
$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K}$$

$$V_{x_1} = \frac{V}{4}$$

$$K = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Па}}$$

$$R T = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Рассмотрим поршень под  
нагрузкой:



Если поршень  
в равновесии, то

$$P_1 = P_2$$



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

$$P_1 \frac{V}{5} = \bar{D}_2 RT$$

При нагревании часть воды и  $\text{CO}_2$  перешли в газообразное состояние и давление насыщенных паров воды =  $P_{\text{пар}}$

$$P_2 = P_{\text{пар}} + P_{\text{CO}_2}$$

Найдём сколько изначально было  $\text{CO}_2$  было растворено

$$\Delta D = K p_1 \cdot \frac{V}{4}$$

$$\Delta D = K \cdot \bar{D}_2 R T_0 \cdot 2 \cdot \frac{V \cdot 4}{V \cdot \frac{4}{5}} = \frac{4}{12} \bar{D}_2 - \text{такое кол-во } \text{CO}_2 \text{ изначально растворено}$$

Предположим, что вся вода испарилась, тогда

$$P_{\text{пар}} V \cdot \frac{4}{5} = \bar{D}_{\text{H}_2\text{O}} RT$$

$$P_{\text{CO}_2} \cdot V \cdot \frac{4}{5} = (\bar{D}_1 + \Delta D) RT$$

$$P_{\text{CO}_2} \cdot V \cdot \frac{4}{5} = \left( \frac{\bar{D}_2}{2} + 0,4 \bar{D}_2 \right) RT \Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \frac{0,9 \bar{D}_2 RT \cdot 5}{V \cdot 4}$$

$$\frac{\bar{D}_2 RT \cdot 5}{V} = P_{\text{пар}} + 0,9 \frac{\bar{D}_2 RT \cdot 5}{4V}$$

$$\frac{\bar{D}_2}{V} \cdot \left( 5 RT - \frac{4,5}{4} RT \right) = P_{\text{пар}}$$

$$\frac{\bar{D}_2}{V} = \frac{P_{\text{пар}} \cdot 4}{15,5 RT} = \frac{4}{3} \frac{P_{\text{пар}}}{15,5}$$

объем:

$$P_0 = \frac{\bar{D}_2 RT_0}{V} = \frac{4}{3} \frac{P_{\text{пар}}}{15,5} \cdot 8,314 \cdot \frac{373 \cdot 4}{5}$$

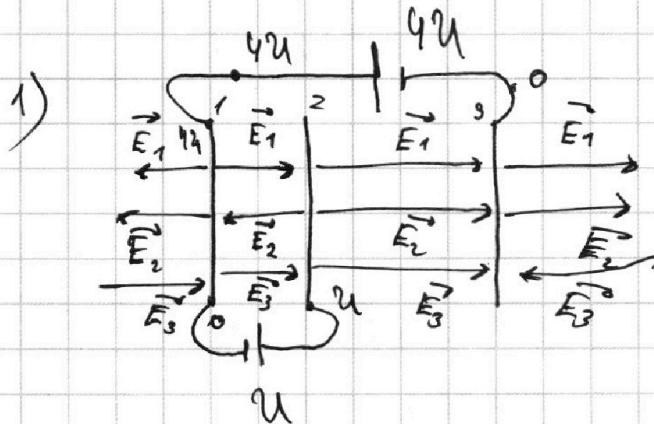
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



По II закону Ньютона:

$$m\alpha = E_1 q - E_2 q + E_3 q \Rightarrow \alpha = \frac{(E_1 - E_2 + E_3) q}{m}$$

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \quad \sigma = \frac{q_1}{S}$$

$$\begin{cases} d(E_1 - E_2) = U \\ 2d(E_1 + E_3) = 4U \end{cases} \quad \begin{aligned} q_1 &= 4U \\ q_2 &= U \end{aligned}$$

$$E_1 + E_3 = 2E_1 - 2E_2$$

$$E_3 = E_1 - 2E_2$$

$$E_1 - E_2 + E_3 = 2E_1 - 3E_2$$

Удвоим все

$$m\alpha = E_{\text{рез}} q$$

$$dE_{\text{рез}} = (4U - U) \cancel{q} \Rightarrow \frac{3U}{d} = E_{\text{рез}}$$

$$m\alpha = 3Ud q$$

$$\cancel{\alpha = \frac{3Ud q}{m}}$$

$$\text{Ответ: } \alpha = \frac{3Uq}{d \cdot m}$$

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

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

2) По закону сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = K_1 + q' q$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = K_2 + q'' q$$

также

$$\frac{m v_0^2}{2} = K_1 + W_2 + W_3$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = K_2 + W_1 + W_3'$$

Таким образом, первая часть

будет взаимодействовать со 2 и 3, т.е.

2-я частью будет конденсационная энергия

взаимодействия со 2 и 3 пластиной, но

оставшийся будет у морга, 3-я частью останется пластинка 2

~~$$K_1 + W_2 - K_2 - W_1 = 0$$~~

~~$$K_1 - K_2 = W_1 - W_2$$~~

$$W_2 = q E_2 d$$

$$W_3 = -q E_3 \cdot 3d$$

$$W_1 = q E_1 \cdot d$$

$$W_3' = -q E_3 \cdot 2d$$

$$K_1 - K_2 = W_3' + W_1 - W_2 - W_3$$

$$K_1 - K_2 = q d \cdot (-2E_3 + E_1 - E_2 + 3E_3)$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$K_1 - K_2 = q d \cdot (\underbrace{E_1 - E_2 + E_3}_{W_3}) \quad n.1 \text{ эндо} = \frac{ma}{q} = 3U \cancel{q}$$

$$\cancel{K_1 - K_2 = 3U d^2 \cdot q}$$

$$K_1 - K_2 = 3U q$$

$$\text{Ответ: } K_1 - K_2 = 3U q$$

3) По з. с. 3:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_1 = q E_1 \cdot \frac{d}{3}$$

$$W_2 = q E_2 \cdot \frac{2d}{3}$$

$$W_3 = -q E_3 \cdot (2d + \frac{2}{3}d) = -q E_3 \cdot \frac{8}{3}d$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + q \frac{d}{3} \cdot (E_1 + 2E_2 - 8E_3)$$

$$v^2 = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{2}{3} q d (E_1 + 2E_2 - 8E_3)$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2}{3} q d \frac{m}{m} (E_1 + 2E_2 - 8E_3)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

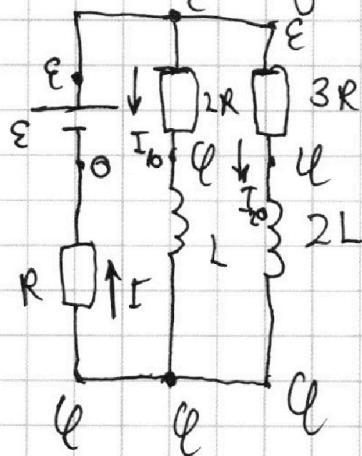
МФТИ.



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

1) рассмотрим цепь до замыкания катушка.

Токами в данной цепи установлены  $U_L = 0$



Воспользуемся методом  
поменявшись

$$I = I_0 + I_{20}$$

$$I = \frac{U - 0}{R} \Rightarrow U = IR$$

$$I_{10} = \frac{E - U}{2R} \quad I_{20} = \frac{E - U}{3R}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{E - U}{2R} + \frac{E - U}{3R}$$

$$6U = 3E - 3U + 2E - 2U$$

$$11U = 5E$$

$$U = \frac{5E}{11}$$

$$I = \frac{5E}{11R}$$

$$I_{10} = \frac{E - \frac{5}{11}E}{2R} = \frac{\frac{6}{11}E}{2R} = \frac{6}{22} \frac{E}{R} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

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

2) После замыкания катушка ток

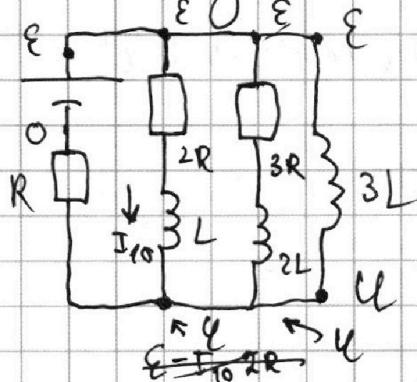
на катушке скачком не изменяется,

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

- потенциалы токи не меняются

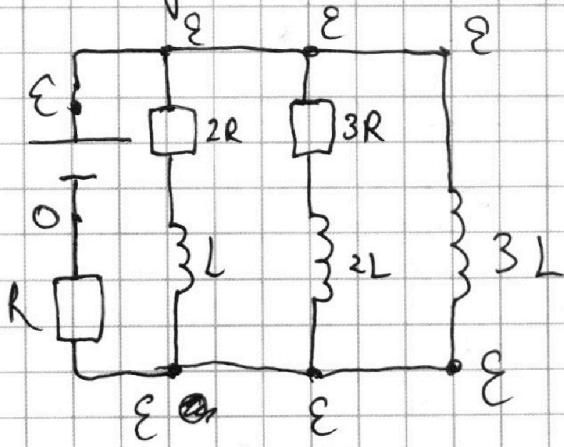


$$U_{3L} = E - \mathcal{E}$$

$$U_{3L} = E - 5\mathcal{E} = \frac{6E}{11} = \frac{6E}{11L}$$

$$U_{3L} = 3L \cdot I^1 \Rightarrow I^1 = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$$

3) Тасмогорни цель при замкнутой катке  
б) установившемся режиме



В уст. режиме  
напряжение на  
катушках уменьш  
нуто

ток через предыдущую  
2R и 3R  
не мерим, он будет мало  
через катушки 3L и R

$$I_{3rem} = \frac{E}{R}$$



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

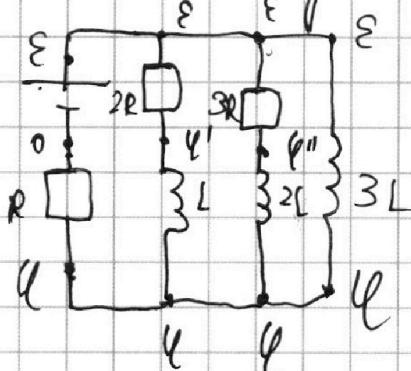
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

Дано: источник тока  $\mathcal{E}$ , сопротивление  $R$ , индуктивность  $L$ , емкость  $C$ .  
Найти ток  $I_1$ .



$$U_1 = U_{3L} = U_2$$

$$U_1 = \cancel{2I_1R + U_L}$$

$$U_{3L} = 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$U_L = L \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\cancel{2I_1R + L \frac{\Delta I_1}{\Delta t}} = 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

Приступаем к решению задачи при  $t=0$  го  
 $t = t_0$  год

когда только  
один зажигал

$$\cancel{2I_1R + L \left( I_{1t_0} - I_{10} \right)} = 3L \left( I_{3t_0} - I_{30} \right)$$

$$2I_1R + L \left( 0 - \frac{3}{\pi} \frac{\mathcal{E}}{R} \right) = 3L \left( \frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right) \quad | : 2R$$

$$2I_1R = 3L \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{3}{\pi} L \frac{\mathcal{E}}{R} \quad | : 2R$$

$$I_1 = \frac{3}{2} \frac{L \frac{\mathcal{E}}{R}}{R^2} + \frac{3}{\pi} \frac{L \frac{\mathcal{E}}{R}}{R^2}$$

$$q_1 = \boxed{q_1 = \frac{39}{22} L \frac{\mathcal{E}}{R^2}}$$

$$\text{Ответ: } q_1 = \frac{39}{22} L \frac{\mathcal{E}}{R^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

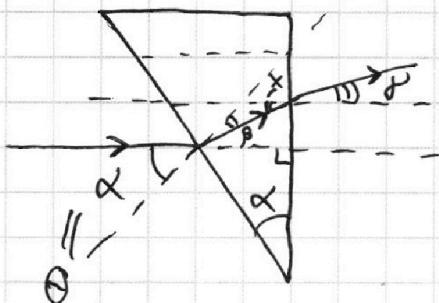
7

МФТИ



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

1) Т.к.  $n_1 = n_8$ , то эту ПП можно не учитывать  
сделан рисунок:



По закону Снеллиуса:  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

Учитывая что  $\alpha$ , т.к.  $180^\circ = 90^\circ + \theta + (90 - \alpha)$

$$\angle \theta = \angle \alpha$$

Т.к. угол мал, то:  $\sin \alpha \approx \alpha$

$$\sin \beta = \frac{0,1}{1,7} = \frac{1}{17} = \angle \beta$$

$$n_2 \sin \beta = \sin \gamma$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta - (180 - \alpha) = \alpha - \beta$$

$$n_2 (\alpha - \beta) = \gamma$$

$$\gamma = 0,1 - \frac{0,1}{1,7} = 0,17 - 0,1 = \frac{0,07}{1,7} = \frac{7}{170}$$



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

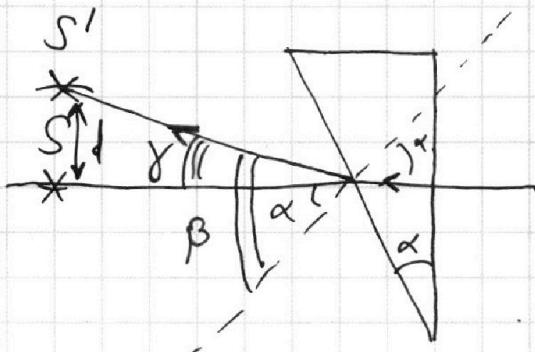
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

2)



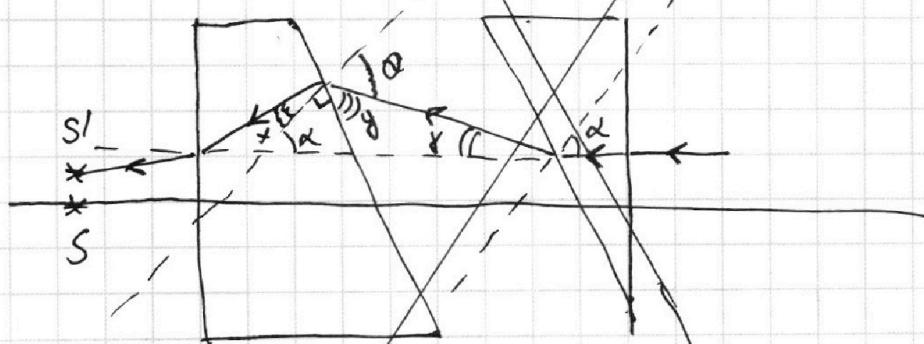
По закону синусов:  $n_2 \sin \alpha = \sin \beta$

$$\angle \beta = 0,17$$

$$\angle \gamma = \angle \beta - \angle \alpha = 0,07$$

$$\tan \gamma = \frac{d}{a+h} \Rightarrow d = 0,07 \cdot 203 = 14,21 \text{ см}$$

3) Данную фигуру можно разбить  
на две части



Из пункта 2 видно, что  $\angle \gamma$

$$\angle \gamma = 180^\circ - \alpha - \beta - 90^\circ = 90^\circ - \alpha - \beta$$

$$\angle \theta = 90^\circ - 90^\circ + \alpha + \beta = \alpha + \beta$$

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

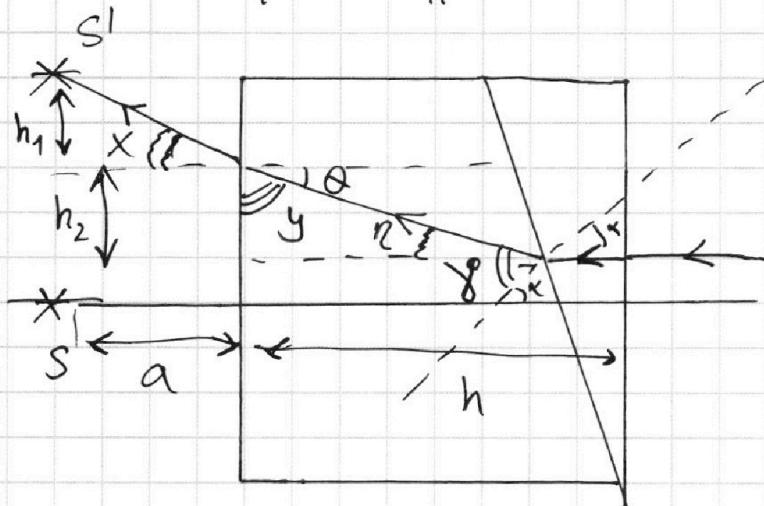


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

По закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \gamma$$

$$\angle \gamma = \frac{1,7 \cdot 0,1}{1,5} = 0,17 = \frac{17}{150}$$



$$\angle \gamma = 360^\circ - 90^\circ - \gamma - 180^\circ + \alpha = 90^\circ + \alpha - \gamma$$

$$\angle \theta = -\alpha + \gamma = -0,1 + \frac{1,7 \cdot 0,1}{1,5} = -0,15 + 0,17 = \frac{0,02}{1,5}$$

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin x$$

$$\frac{1,5 \cdot 0,02}{1,5} = n_2 \cdot \sin x$$

$$x = 0,02$$

$$\tan x = \frac{h_1}{a}$$

$$h_1 = a \tan x = 0,02 \cdot 194$$

$$\angle \eta = \angle \gamma - \angle \alpha = \angle \theta$$

$$\tan \theta = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow h_2 = \tan \theta \cdot h = \frac{0,02}{1,5} \cdot 9$$



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!

$$h = h_1 + h_2 = 0,02 \cdot 194 + \frac{0,02 \cdot 9}{1,5} = 3,88 + 0,12 = \\ = 4 \text{ см}$$

Ответ:  $h = 4 \text{ см}$

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

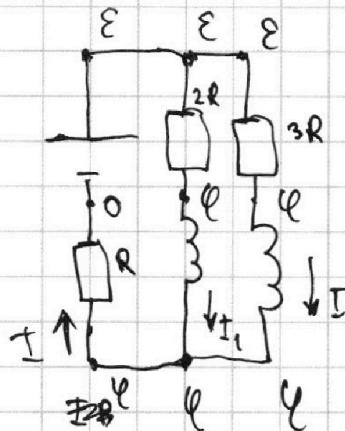
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



1) Дассчитумши ишет до залывк. күнфора

$$I = \frac{E}{R_{\text{общ}}}$$

$$R_{\text{общ}} = R + \frac{2R \cdot 3R}{5R} = \left(\frac{6}{5} + 1\right)R = \frac{11}{5}R$$

$$I = \frac{5E}{11R}$$

$$I_1 = \frac{E - \ell}{2R} \quad I_2 = \frac{E - \ell}{3R}$$

$$I = \frac{\ell}{R} \Rightarrow \ell = IR$$

$$U = L I^1$$

$$I_1 = \frac{E - IR}{2R} = \frac{E - \frac{5}{11}E}{2R} = \frac{6}{22} \frac{E}{R} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$



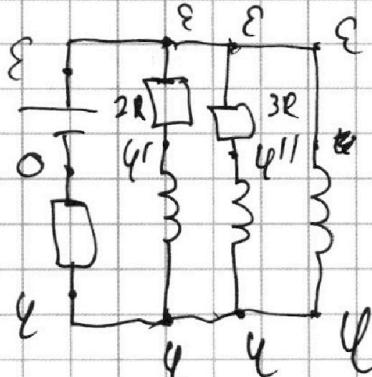
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$U_1 = U_{3L}$$

$$U_1 = \cancel{I_1 R} \quad E - q$$

$$U_{3L} = 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$U_1 = \cancel{2R I_1} \quad E - q = E - 2I_1 R + U_{3L}$$

$$U_2 = E - 3I_2 R + U_{2L}$$

$$E - 3I_2 R + U_{2L} = E - 2I_1 R + U_L$$

$$2L \frac{\Delta I_2}{\Delta t} - 3I_2 R = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} - 2I_1 R$$

$$L \frac{\Delta I_1}{\Delta t} - 2I_1 R = 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$L \left( \frac{I_{1\text{ нач}} - I_{10}}{\tau} \right) - 2I_1 R = 3L \left( \frac{I_{3\text{ нач}} - I_{30}}{\tau} \right)$$

$$L \left( 0 - \frac{3E}{11R} \right) - 2I_1 R = 3L \frac{E}{R\tau}$$



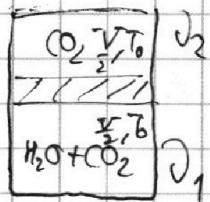
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$V_{\cancel{0}} = \frac{V}{4}$$

$$\Delta \bar{v} = k w p$$

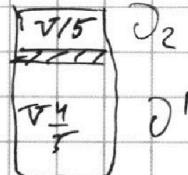
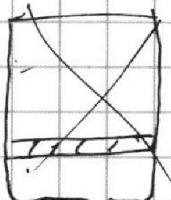
$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1}$$

$$p = \frac{\bar{v}_2 R T_0 \cdot 2}{V}$$

$$p = \frac{\bar{v}_1 R T_0}{(\frac{V}{2} - \frac{V}{4})} = \frac{\bar{v}_1 R T_0 \cdot 4}{V}$$

$$\frac{2 \bar{v}_2}{4 \bar{v}_1} = 1 \quad \frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = 2$$

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



$$p = \frac{\bar{v}_2 R T_0 \cdot 5 \cdot 5}{4 \cdot V}$$

$$k_1 + w_2 + w_3 - k_2 - w_1 - w_3' = 0$$

$$k_1 - k_2 = w_3' + w_1 - w_2 - w_3$$



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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

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

МФТИ

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_{\tan} = 500 \text{ Н}$$

$$F_c = -k\vartheta$$

$$J = F \Delta S$$

$$1) \alpha = \vartheta'$$

$$\alpha = \operatorname{tg} \alpha$$

$$25 - 15 = 10$$

$$40$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{10}{40} = \frac{1}{4}$$

$$\alpha = 0,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$2) \text{ В конце разгона } \alpha = 0$$

$$\vartheta = 25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$F_k = k\vartheta$$

$$ma = F_1 - k\vartheta \quad k = \frac{F_k}{\vartheta}$$

$$ma = F_1 - F_k \frac{\vartheta_1}{\vartheta}$$

$$F_1 = ma + F_k \frac{\vartheta_1}{\vartheta}$$

$$P = \frac{J}{t} = J \frac{\Delta S}{\Delta t} = F_1 \vartheta_1$$

$$\begin{array}{r} 1800 \\ \times 4 \\ \hline 18 \\ \times 25 \\ \hline 90 \\ + 36 \\ \hline 450 \end{array}$$

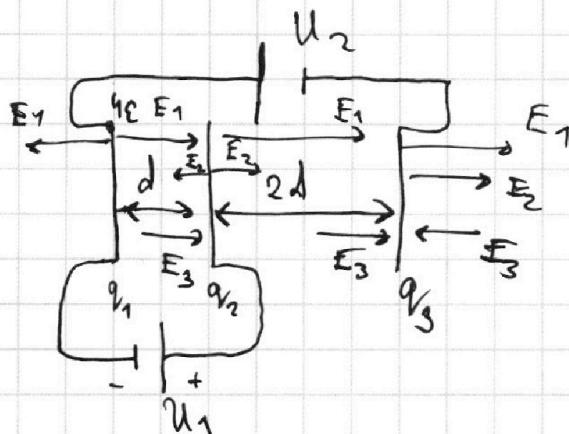
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{array}{r} 194 \\ \times 0,02 \\ \hline 388 \end{array}$$

$$\frac{0,06}{0,5} = \frac{6}{50} = 0,12$$

$$m\alpha = E_1 q + E_3 q - E_2 q$$

$$U = E_1 d$$

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$d(E_1 - E_2) = U$$

$$2d(E_1 + E_3) = 4U$$

$$q_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$E_1 - E_2 = \frac{U}{d}$$

$$E_1 + E_3 = \frac{2U}{d}$$

$$E_1 + E_3 = 2E_1 - 2E_2$$

$$\frac{mV^2 \sigma^2}{2} = \frac{mV^2 l^2}{2}$$

$$E_3 = E_1 - 2E_2$$

$$E_1 - E_2 + E_3 = \frac{U}{d}$$

$$V' =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

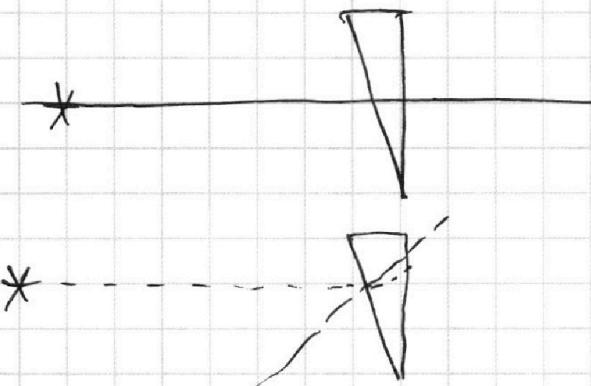
6

7

МФТИ



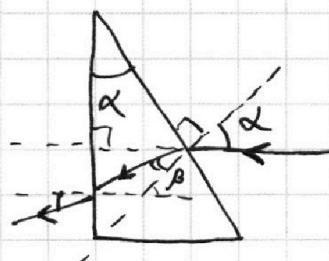
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\begin{array}{r} 203 \\ \times 0,07 \\ \hline 1421 \end{array}$$

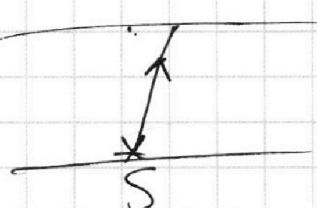
9,5 | 4

$$20 - 9,5 = 15,5$$

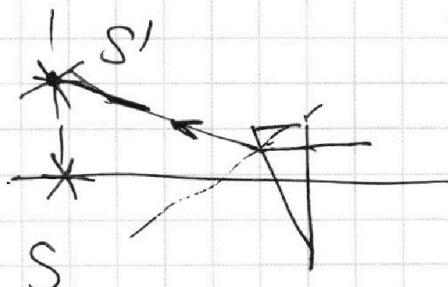


$$180 = 90 + \beta + 90 - \alpha$$

$$\angle \gamma =$$

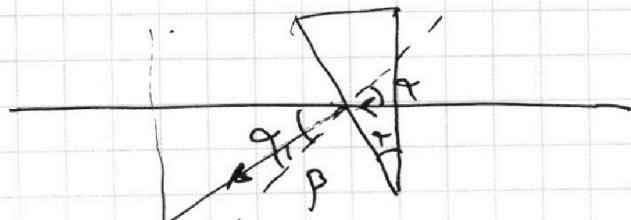


$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$



$$n_2 \sin \alpha = \sin \beta$$

$$\angle \beta =$$





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!

$$\begin{array}{r} & 2 \\ & 850 \\ \times & 25 \\ \hline & 4250 \\ + & 170 \\ \hline & 21250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} & 850 \\ \times & 20 \\ \hline & 17000 \end{array}$$

$$m\ddot{v}_1 + m\frac{\Delta v}{\Delta t} = F_1$$



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"/> |

**МФТИ**

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



$$P_1 = F \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$P = UI$$

$$P = (ma + kv) \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} = ma + kv^2$$

$\Delta J$

$\partial_{H_2O}$

$$\text{Рамн} \frac{V \cdot 4}{5} = \partial_{H_2O} R T_0$$

$$W_1 = q^2$$

$$W_3 = -qE_3 \cdot 3d$$

$$W_3' = -qE_3 \cdot 2d$$

$$K_1 - K_2 = qd (-3E_3 + 2E_3 + E_1 - E_2)$$