



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

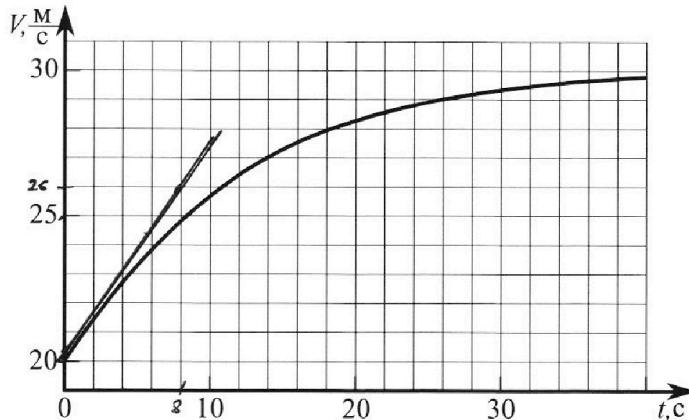
Вариант 11-04



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 точно сть численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

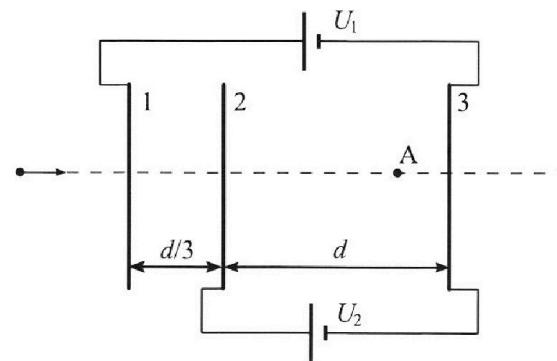
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp\omega$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·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



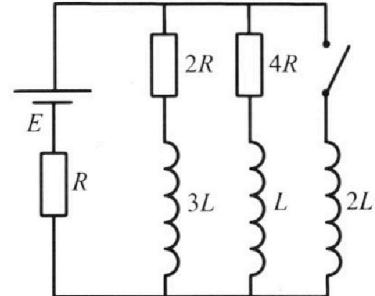
Вариант 11-04

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.

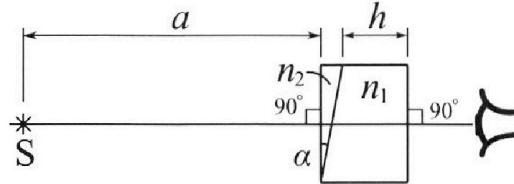
- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ при замкнутом ключе?

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!

1) 1) ~~а~~ а $\alpha = V(t) = bg$ - можно удалять из списка решаемых

Проверить кинематику \dot{x} можно с помощью подставки в найденное значение

$$bg = \frac{20 - 20}{3} = \frac{6}{3} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ м/с}^2 \quad \alpha = 0,75 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $0,75 \text{ м/с}^2$

2) В кинетике скорость волнистого по колеснице $V = 30 \text{ м/с}$

Моментанка $P = F_g \cdot v = \text{const}$ ускорение в кинете 0, значит

$$F_x = F_{g,x} = 200 \text{ Н} \quad \text{Но} \quad P = 200 \cdot 30 = 6 \text{ кВт}$$

В кинете разгонка $a_0 = 0,75 \text{ м/с}^2 \quad V_0 < 20 \text{ м/с}$

$$m a_0 = F_{g,x} - F_0 = \frac{P}{V_0} - F_0 \quad F_0 = \frac{P}{V_0} - m a_0 = \frac{6000}{20} - 240 \cdot 0,75 = \\ = 300 - 240 \cdot \frac{3}{4} = 300 - 180 = 120 \text{ Н} \quad \text{Ответ: } 120 \text{ Н}$$

3) $P = F_0 V_0 + m a_0 V_0$ при ускорении сил сопротивления идет изменение $F_0 V_0$

$$\frac{F_0 V_0}{P} = \frac{120 \cdot 20}{6000} = \frac{2400}{6000} = \frac{4}{10} = 0,4 = 40\% \quad \text{Ответ: } 40\%$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

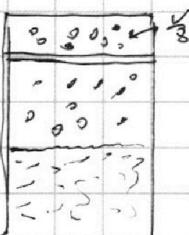
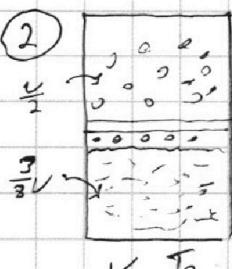
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

2



1) Найти давление смеси и
свободную температуру p_0

$$p_0 \frac{V}{2} = \rho_1 R T_0 \quad p_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{2V}{3} \right) = \rho_2 R T_0$$

$$\cancel{\rho_1} \cancel{R} T_0 = k_{p_0} \frac{3V}{3} \quad \rho_1 = 2 R T_0 \quad \rho_2 = \frac{p_0 V}{3 R T_0}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2} = \frac{p_0 V}{2 R T_0} / \left(\frac{p_0 V}{2 R T_0} + \frac{3}{3 R k_{p_0} V} \right)^{-1} = \frac{p_0 V}{2 R T_0} \frac{2 R T_0}{p_0 V + 3 k_{p_0} R T_0} = \frac{4}{1+3k_{p_0}}$$

$$RT = \frac{4}{3} R T_0 = 3 \cdot 10^3 \quad R T_0 = \frac{9}{4} \cdot 10^3 \text{ дж} \quad \frac{T_0}{T_1} = \frac{4}{1+3 \cdot 9.6 \cdot 10^3 / 4 \cdot 10^3} = \frac{80}{101}$$

Ответ: $\frac{80}{101}$

2) $p_0 \frac{V}{2} = \rho_1 R T = \frac{4}{3} \rho_1 R T_0 = \frac{4}{3} p_0 \frac{V}{2} \quad \rho_1 = \frac{2}{3} p_0$

$$p_0 = \rho_1 + \rho_{atm} \quad \rho_1 (373 K) = \rho_{atm} \quad \rho_{atm} = \frac{2}{3} p_0 = \frac{2}{3} \rho_{atm} \quad \rho_{atm} = \frac{4}{3} p_0$$

$$\rho_{atm} = \frac{101}{60} p_0 \quad \rho_{atm} = 60 \text{ Pa} \quad \frac{101}{3 p_0} = \frac{101}{60} p_0 \quad 3 p_0 = 60 \text{ Pa}$$

$$\rho_{atm} = p_0 / \left(3 - \frac{101}{60} \right) = 60 \text{ Pa} \quad \rho_{atm} = 219 \text{ Pa} \quad \text{Ответ: } 219 \text{ Pa}$$

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

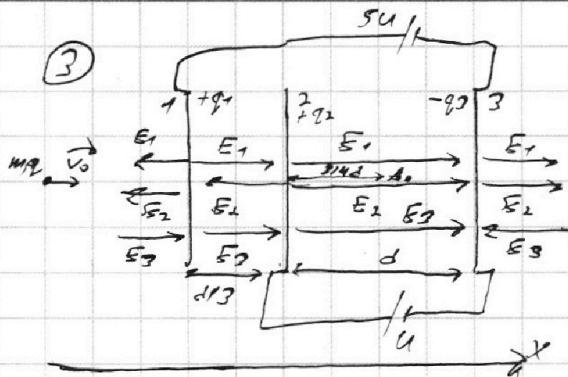
Отметьте крестиком номер задачи,

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"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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



$$1) U = (E_1 + E_2 + E_3) \frac{d}{d} = E_2 - E_3 \frac{d}{d}$$

$$5U = (E_1 + E_2 + E_3) \frac{d}{d}$$

$$5U - U = (E_2 + E_3) \frac{d}{d} / (E_1 + E_2 - E_3) \frac{d}{d} = E_2 - E_3 \frac{d}{d}$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = \frac{4}{d} \quad E_1 + E_3 - E_2 = \frac{124}{d}$$

$$0 = E_2 + E_3 - E_1 \quad 23 = E_2 + E_3$$

$$\frac{q_1}{205} + \frac{q_2}{205} + \frac{q_3}{205} = \frac{4}{d} \quad \frac{q_1 + q_2}{205} = \frac{4}{d} \quad \frac{q_1}{205} = \frac{124}{d} \quad \frac{q_2}{205} = -\frac{114}{d}$$

$$\frac{q_3}{205} = \frac{4}{d} \quad m_a = q \frac{E_2}{205} = q \frac{4}{d} \quad a_{2-3} = \frac{q_4}{m_a} \quad \text{Ответ: } m_a$$

$$2) K_3 - K_2 = A_{32-31} = q E_{3-1} \frac{d}{d} = q U \quad \text{Ответ: } q U$$

$$3) \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A_{1-2} + A_{2-4} = q E_{1-2} \frac{d}{d} + q E_{2-4} \frac{d}{d} = q \cdot 44 + q \cdot 4 \frac{3}{4} = q \cdot 4(4 + 4) = \frac{19}{4} q U \quad v_A^2 - v_0^2 = \frac{19}{2} \frac{q U}{m} \quad v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19}{2} \frac{q U}{m}}$$

Ответ: $\sqrt{v_0^2 + \frac{19}{2} \frac{q U}{m}}$ $R_{22} \quad E_3 - E_2 - E_1 = \frac{4}{d} - (-\frac{114}{d}) - \frac{124}{d} = 0$

Направление задано в соответствии с силы на частицу
не изменяют

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

Отметьте крестиком номер задачи,

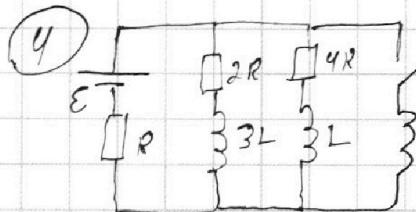
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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) Уст. равн.: $U_L = 0 \quad U_{3L} = 0 \quad I_R = I_{2R} + I_{3L}$

$U_{4R} = U_{3L} \quad I_{2R} \cdot 2R = I_{3L} \cdot 4R \quad I_{2R} = 2I_{3L}$

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

$$= 4I_{3L}R + 3I_{3L}R = 7I_{3L}R \quad I_{3L} = \frac{E}{7R} \quad \text{Отвтв: } \frac{E}{7R}$$

2) Графу после замены токов в коммутаторе на мгновенные, можем:

$$E = U_{3L} + I_R \cdot R = U_{3L} + 3I_{3L} \cdot R = U_{3L} + \frac{3}{7}E \quad U_{3L} = \frac{4}{7}E = 2L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

$$\frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{2E}{7L} \quad \text{Отвтв: } \frac{2E}{7L}$$

3) Уст. равн.: $U_{2L} = 0 \quad U_L = 0 \quad U_{3L} = 0 \quad U_{4R} = 0 \quad U_{2R} = 0 \quad I = \frac{E}{R}$

Ток мгновен. тока через коммутатор $2L$ в переходных процессах:

$$U_{2L} = U_L + I_{4R} \cdot 4R \quad 2L \frac{dI}{dt} = L \frac{dU}{dt} + 4R \frac{dI_{4R}}{dt}$$

$$2L \int_0^I dI_{2L} = L \int_{I_{3L}}^0 dI_L + 4R \int_0^I dI_{4R} \quad 2LI = -LI_{3L} + I_{4R} \cdot 4R$$

$$2LI + LI_{3L} = \frac{2L \frac{E}{R} + \frac{E}{7R} L}{4R} = \frac{15LE}{28R^2}$$

$$I_{4R} = \frac{15LE}{28R^2}$$

Отвтв: $\frac{15LE}{28R^2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

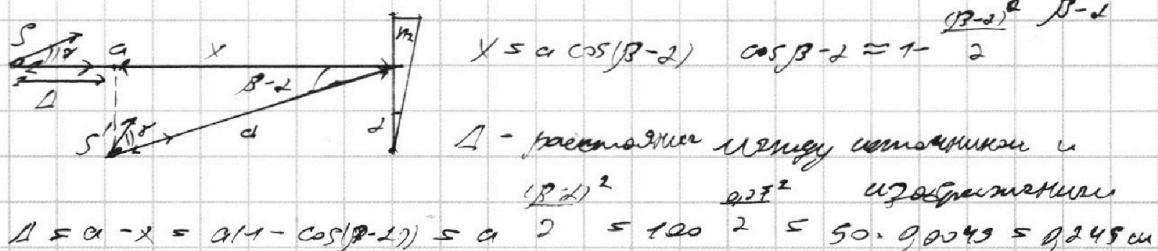
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

⑤ 2) Ручки луц идёт под углом φ (г-матрица) $n_1 = n_2 = 1.4$

$$n_2(\theta + \alpha) = n_1 \theta \Rightarrow \theta = n_2 \varphi + n_2 \alpha = n_2 \varphi + \beta \quad \theta = \beta + \varphi \text{ луц отклоняется}$$

на угол $\beta - \alpha$, значит все луцы отклоняются на один угол

Это означает что получ, что все луцы отклоняются на один угол



Ответ: 0.245 см

3) $n_1 = 1.4 + n_2$ $n_2 d = n_1 \beta' \Rightarrow \beta' = \frac{n_2}{n_1 d} (\beta' - \alpha) n_1 = n_2 \varphi' \leq$
 $\leq (n_2 - n_1)d$ луцы будут проходить на угол $\varphi' = (n_2 - n_1)d = 0.03 \text{ rad}$

Номер α' - расстояние до изображения

$$\alpha' = \frac{d^2}{d - \alpha} = 50 \cdot 0.0009 = 0.045 \text{ см} \quad \text{Ответ: } 0.045 \text{ см}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

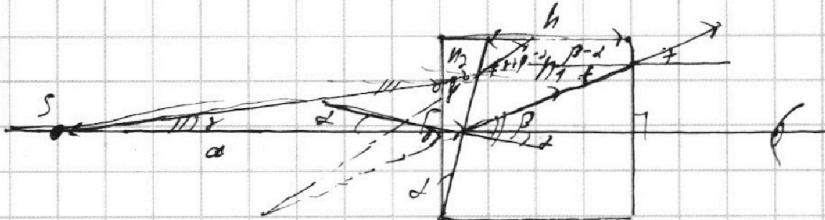


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

(5)



1) На левой границе луч не преломился

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta \quad \text{2-й луч } \sin \alpha \approx \alpha$$

$$\angle n_2 = \sin \beta \quad \beta - \text{также будем считать } \sin \beta \approx \beta$$

$\beta = \angle n_2$ $n_1 = n_2$ На правой границе луч может не преломиться

Число ~~лучей~~ аномальных на угол $\beta - \alpha = \angle(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$

Ответ: 0,07 рад

2) ~~Лучи~~ луч идет под углом β ~~под углом α~~ $n_{\text{возд}} = n_3 \psi$ $n_2 / (n_2 - 1) = n_1 \theta =$
~~под углом α~~ $n_2 \psi + n_2 = n_3 \psi + 1$
~~угол $\theta = \beta + \psi$~~ ~~угол ψ аномальна на угол $\beta - \alpha$~~
 ~~$x = a \cos(\beta - \alpha)$~~ $x = a \cos(\beta - \alpha)$ 1 - расстояние между источниками
~~изображения~~ $a = x = \sqrt{a^2 - \cos^2(\beta - \alpha)}$ $\cos(\beta - \alpha) = 1 - \frac{\beta}{2}$

$$a = \sqrt{a^2 - \cos^2(\beta - \alpha)} = \sqrt{a^2 - \left(1 - \frac{\beta}{2}\right)^2} = \sqrt{a^2 - \frac{\beta^2}{4}} = \sqrt{a^2 - \frac{0,07^2}{4}} = \sqrt{50 \cdot 0,9999} = 0,245 \text{ м} \quad \text{Ответ: } 0,245 \text{ м}$$

3) ~~$n_1 = 1,0 = n_3$ луч проходит по правой границе~~

$$n_2 = n_1 \beta' \quad \beta' = \frac{n_2}{n_1} \cdot (\beta - \alpha) = n_2 \psi = n_2 / (n_2 - 1)$$

луч проходит по угол $\psi = n_2 / (n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$ ~~угол α'~~

расстояние между источниками и изображениями $a' = a \cdot \frac{\beta'}{\beta} = 50 \cdot 0,07^2 =$

$$50 \cdot 0,0049 = 0,245 \text{ м} \quad \text{Ответ: } 0,245 \text{ м}$$



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:

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





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7



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





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"/> |

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

 МФТИ

