



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



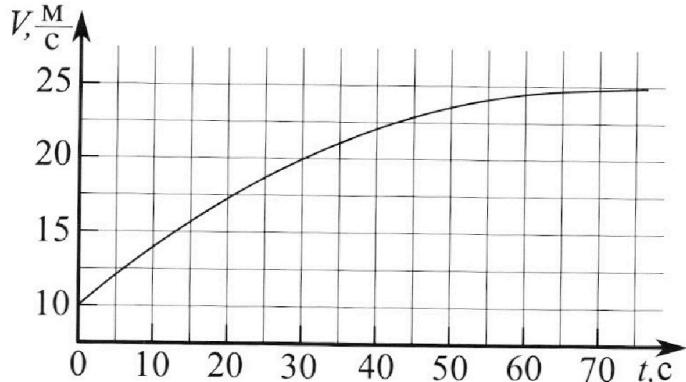
Вариант 11-01

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%.

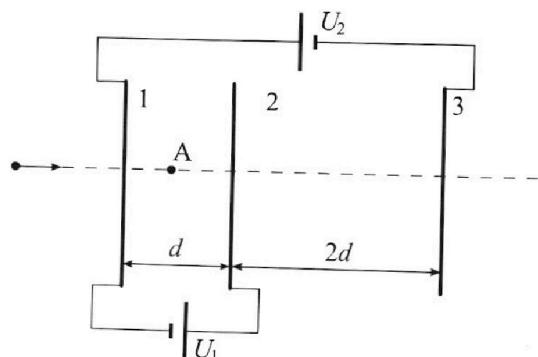


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·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

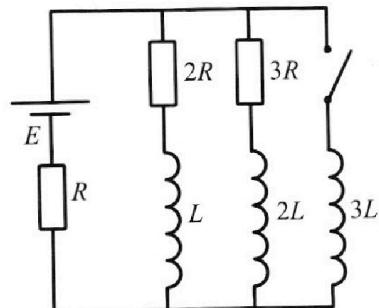


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

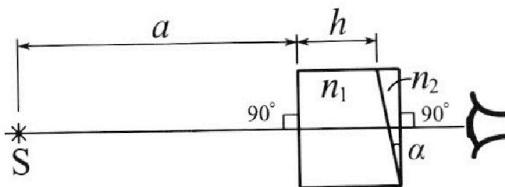
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_b = 1,0$. 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 $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, 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!

1) $m = 1800 \text{ кг}$
 $F_K = 500 \text{ Н}$
 $F_{\text{сно}} = \beta V$

1) $a = \frac{dV}{dt} = tgd - \text{ускорение}$

реактивной в форме $V_1 = 20 \text{ м/c}$

$\Delta V, \Delta t - \text{по ракетке}$ $a_1 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{25-12,5}{40} = \frac{12,5}{40} = \frac{1}{2} \frac{25}{40} = \frac{5}{16} \text{ м/c}^2$

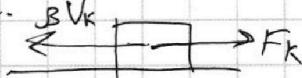
Ошибки:

2) $\rightarrow a_1$

$F_1 - \beta V_1 = ma_1$

$F_1 = \beta V_1 + ma_1$

6 ракета.



$V_k = 25 \text{ м/c}$

6 ракета движущаяся автомобильный радиус

$\Rightarrow F_k = \beta V_k \quad \beta = \frac{F_k}{V_k} = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

и подставляем это в формулу F_1

Ошибка: $F_1 = 20 \cdot 20 + 1800 \cdot \frac{5}{16} = 400 + \frac{1800 \cdot 5}{16} \approx 1000 \text{ Н}$.

ошибка:

3) $P_1 = F_1 \cdot V_1 \approx 2 \cdot 10^4 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

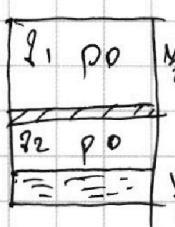


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

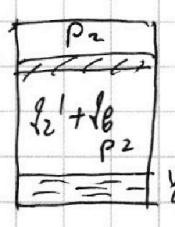
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2)
 T_0



①

②



$\frac{V}{5}$

$\frac{V}{5}$

$$1) \frac{q_1 R T_0}{V/2} = \frac{q_2 R T_0}{V/4}$$

$$\frac{2 q_1}{V} = 4 \frac{q_2}{V}$$

Ответ: $q_1 = 2 q_2$

после нагрева

$$q_2' = q_2 + \Delta q$$

$$\Delta q = k \cdot p_0 \cdot \Delta T = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$$

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{4} = \frac{9}{20}$$

$$1 - \frac{9}{20} = \frac{11}{20}$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = q_2 R T_0$$

$$\Delta q = k q_2 R T_0$$

$$q_2' = q_2 (1 + k R T_0)$$

после нагрева $p_2 = p_{\text{ниж}} + p_{\text{дав}}$ $p_{\text{дав}} = P_{\text{атм}}$.

$$p_{q_2'} = \frac{q_2' R T}{V \frac{11}{20}} = \frac{q_2 R T}{V} \frac{20}{11} (1 + k R T_0)$$

$$p_2 = \frac{q_2 R T}{V} \frac{20}{11} (1 + k R T_0) + P_{\text{атм}}$$

в верхней части. $p_2 \cdot \frac{V}{5} = q_1 R T = 2 q_2 R T$

$$q_2 R T = \frac{p_2 V}{10}$$

$$p_2 = \frac{p_2}{10} \cdot \frac{20}{11} \left(1 + \frac{4}{5} k R T \right) + P_{\text{атм}} =$$

$$= 2 p_2 \cdot \frac{1 + \frac{4}{5}}{11} + P_{\text{атм}} = \frac{18}{55} p_2 + P_{\text{атм}}$$

$$p_2 \left(1 - \frac{18}{55} \right) = P_{\text{атм}}$$

$$\frac{37}{55} p_2 = P_{\text{атм}}$$

$$\frac{37}{55} p_2$$

$$p_2 = P_{\text{атм}}$$

$$p_2 = \frac{55}{37} P_{\text{атм}}$$

$$\frac{p_0 \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{p_2 \frac{V}{5}}{T} = \frac{\frac{55}{37} P_{\text{атм}} \cdot \frac{V}{5}}{\frac{V}{9} T_0}$$

$$p_0 = \frac{55}{37} \cdot 2 P_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{25} \cdot 4$$

$$\underline{\text{Ответ: }} p_0 = \frac{88}{37 \cdot 5} \text{ Паскаль.}$$

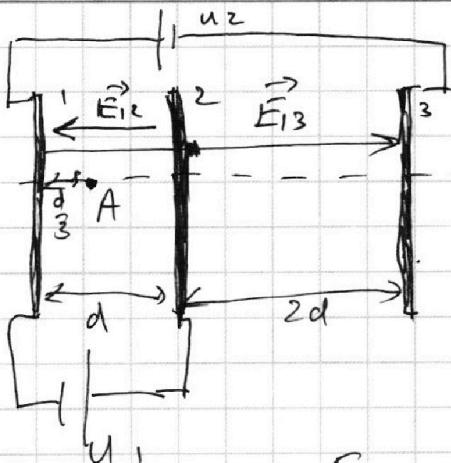


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ

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

3)



$$U_0, U_1 = U \quad U_2 = 4U \quad m, q$$

~~7) Задача в предположении
что между 1 и 2
сдвигов нет~~

~~$E_{12} = \frac{2}{6} U = \frac{1}{3} U$~~

~~сдвиговое поле в 1 и 2~~

~~$E_{13} = \frac{4}{3} U - E_{12} = \left(\frac{4}{3} - 1\right) U = \frac{1}{3} U$~~

~~$E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U \quad \text{или} \quad E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U$~~

~~$E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U \quad \text{или} \quad E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U$~~

~~$E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U \quad \text{или} \quad E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U$~~

~~$E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U \quad \text{или} \quad E_{12} = \frac{1}{3} U \quad E_{13} = \frac{1}{3} U$~~

~~$E_{12} = \frac{U_1}{d} = \frac{U}{d}$~~

~~$U_2 = E_{23} \cdot 2d$~~

Ошибки:

$$q = \frac{E_{12} \cdot 9}{m} = \frac{U_1}{md}$$

$$U_2 = E_{23} \cdot 2d - E_{12} \cdot d = E_{23} \cdot 2d - U_1$$

$$E_{23} = \frac{U_1 + U_2}{2d}$$

$$2) \frac{mV_0^2}{2} = q\varphi_1 + K_1 \quad K_1 = \frac{mV_0^2}{2} - q\varphi_1$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = q\varphi_2 + K_2 \quad K_2 = \frac{mV_0^2}{2} - q\varphi_2$$

$$K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\varphi_1 = \frac{U_2 - U_1}{2} = \frac{3}{2} U$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{38}{18} U$$

$$\varphi_2 = \frac{7}{9} U_2 + \frac{U_1}{2} = \left(\frac{28}{9} + \frac{1}{2}\right) U = \frac{65}{18} U \quad K_1 - K_2 = \frac{38}{18} U$$

$$\text{Ошибка: } \frac{38}{18} U$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

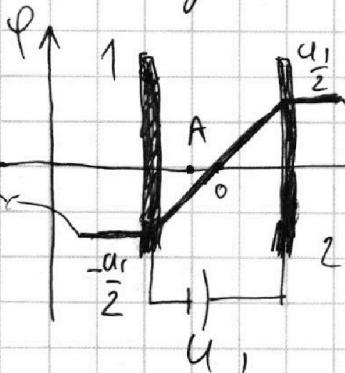


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

3) Рассчитаем потенциал в точке A. Он
состоит из ~~двух~~ потенциалов дверей
<конденсаторов>. Рассмотрим их отдельно
в пустом пространстве. В бесконечности
 $\varphi_0 = 0$

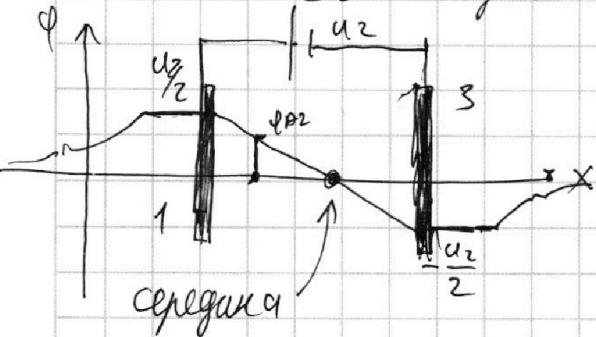


и это с дверьми стороны конденса-
торов.

Причины соображений симметрии
показаны в середине тонким
пунктирным линиям.

Так как после спаривания, близко
к стекам, достаточно много по сравнению
с внутренними падения, то потенциал недалеко
от стек остается. И на больших расстояниях
уменьшаем до нуля.

Следующее самое ждёт конденсаторы 1-3.



$$\varphi(A) = \varphi_{A1} + \varphi_{A2}$$

$$\frac{\varphi_{A1}}{u_1} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{3}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{6} \cdot 2 = \frac{1}{3}$$

$$\varphi_{A1} = -\frac{c_1}{6} = -\frac{U}{6}$$

~~$$\frac{\varphi_{A2}}{u_2} = \frac{\frac{2}{3} - \frac{1}{3}}{\frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3}} = \frac{1}{4}$$~~

$$P_{A2} = U \frac{1}{9}$$

~~$$\varphi(A) = \left(\frac{16}{9} - \frac{1}{6} \right) U = \frac{14}{9} U$$~~

$$\frac{mV_0^2}{2} = qU \frac{29}{18} + \frac{mV^2}{2}$$

$$V^2 = V_0^2 - \frac{qU \cdot 29}{m \cdot 9}$$

~~$$\varphi(A) = U \frac{29}{18}$$~~

$$\sqrt{V_0^2 - \frac{qU \cdot 29}{m \cdot 9}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$\varphi(A) = u \left| \frac{74}{19} - \frac{1}{6} \right| = \frac{28 - \cancel{B}}{18} u = \cancel{\frac{19}{18} u} \cdot \frac{25}{18} u.$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V^2}{2} + q \varphi(A)$$

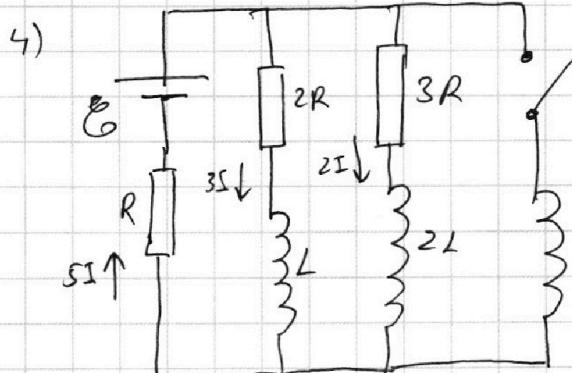
Ответ: $V = \sqrt{V_0^2 - 2 \frac{q \varphi(A)}{m}}$



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

МФТИ

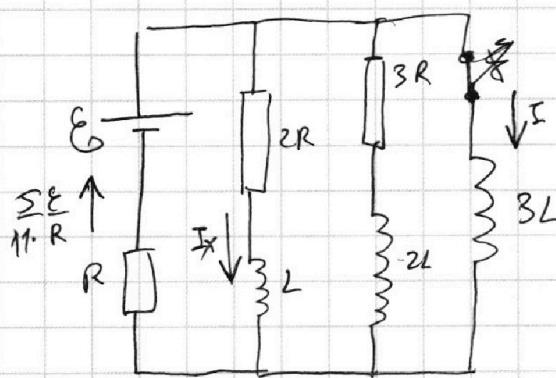
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$1) \quad \mathcal{E} = 6IR + 5IR = 11IR$$

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

$$\text{Однако: } I_{1,0} = 3I = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$



2) сразу наше заливкации

тот ток через R не успевает
меняться. Напишем
правильное выражение в базовом
режиме:

$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_L = U.$$

$$\mathcal{E} - 3L \frac{dI}{dt} = \frac{5}{11} \mathcal{E}$$

$$3L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E} \left(1 - \frac{5}{11} \right) = \mathcal{E} \frac{6}{11}$$

$$-3L \frac{dI}{dt} + L \frac{dI_x}{dt} = -2I_x R \quad \text{Однако: } \frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{2} \cdot \frac{1}{11} \cdot \frac{2}{11}$$

3) правильное выражение
в режиме $2R - L - 3L$

$$-3L \frac{dI}{dt} + L \frac{dI_x}{dt} = -2I_x R$$

$$-3L dI + L dI_x = -2R I_x dt = -2R dq$$

$$2R dq = 3L dI - L dI_x \quad \text{посчитаем.}$$

$$2RQ = 3L I_K + L I_{1,0}$$

$$2RQ = 3 \frac{\mathcal{E}L}{R} + \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}L}{R}$$

$$2RQ = \frac{36}{11} \frac{\mathcal{E}L}{R}$$

$$\text{Однако: } Q = \frac{36}{22} \frac{\mathcal{E}L}{R}$$

$$I_K = \frac{\mathcal{E}}{R} - \text{ постоянный ток через R}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

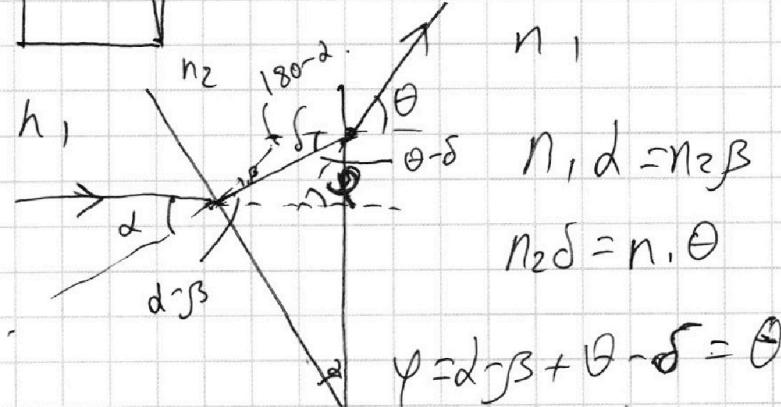
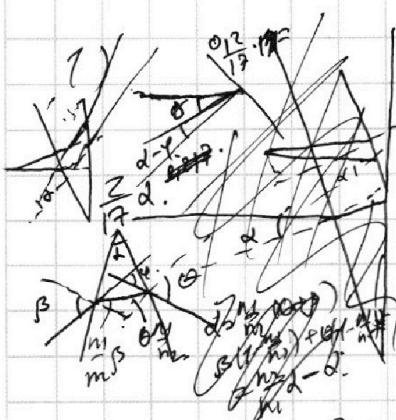
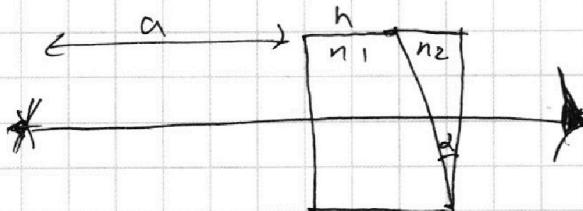
решение которой представлено на странице:



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



$$\beta = \frac{n_1}{n_2} d$$

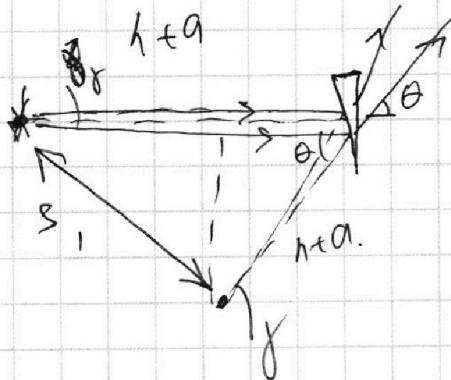
$$\delta = \theta \frac{n_1}{n_2}$$

$$d = \frac{n_1}{n_2} d + \frac{n_1}{n_2} \theta$$

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

Ответ: $\varphi = \Theta = 2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 0,07 \text{ рад.}$ $\varphi = \Theta = d \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$

2) φ — описывает угол без линий.



$$\varphi = 2(h+a) \cdot \cos \frac{\theta}{2}$$

θ мал (\rightarrow)

$$\Rightarrow \varphi = (h+a) \cdot \theta = 2,03 \cdot 0,07 \approx 0,14 \text{ м}$$

Ответ: $\approx 0,14 \text{ м}$



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

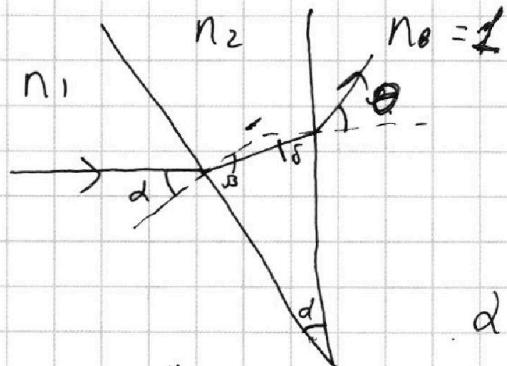
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

3)



$$n_1 d = n_2 \beta$$

$$n_2 \delta = 2 \cdot \theta$$

$$\delta = \beta + \theta$$

$$\beta = d \frac{n_1}{n_2} \quad \delta = \frac{1}{n_2} \theta$$

$$\varphi = d - \beta + \theta - \delta = \theta$$

$$d = d \frac{n_1}{n_2} + \frac{\theta}{n_2}$$

$$n_2 d = d n_1 + \theta$$

$$d(n_2 - n_1) = \theta$$

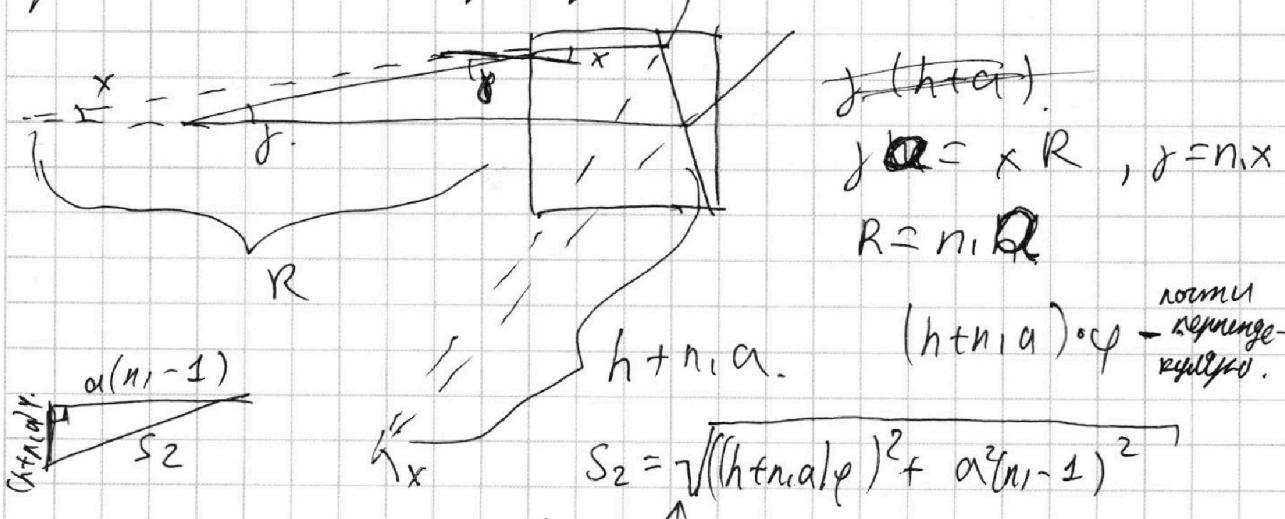
$$\varphi = \theta = 2(n_2 - n_1) = 0,03\text{рад}$$

~~$$S_2 = h + a$$

$$S_2 = (h + a) \varphi = 2,03 \cdot 0,02 \approx$$

$$\text{Чертеж: } 2,03 \approx 0,06 \text{ м.}$$~~

единственное значение для преломления на границе n .





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

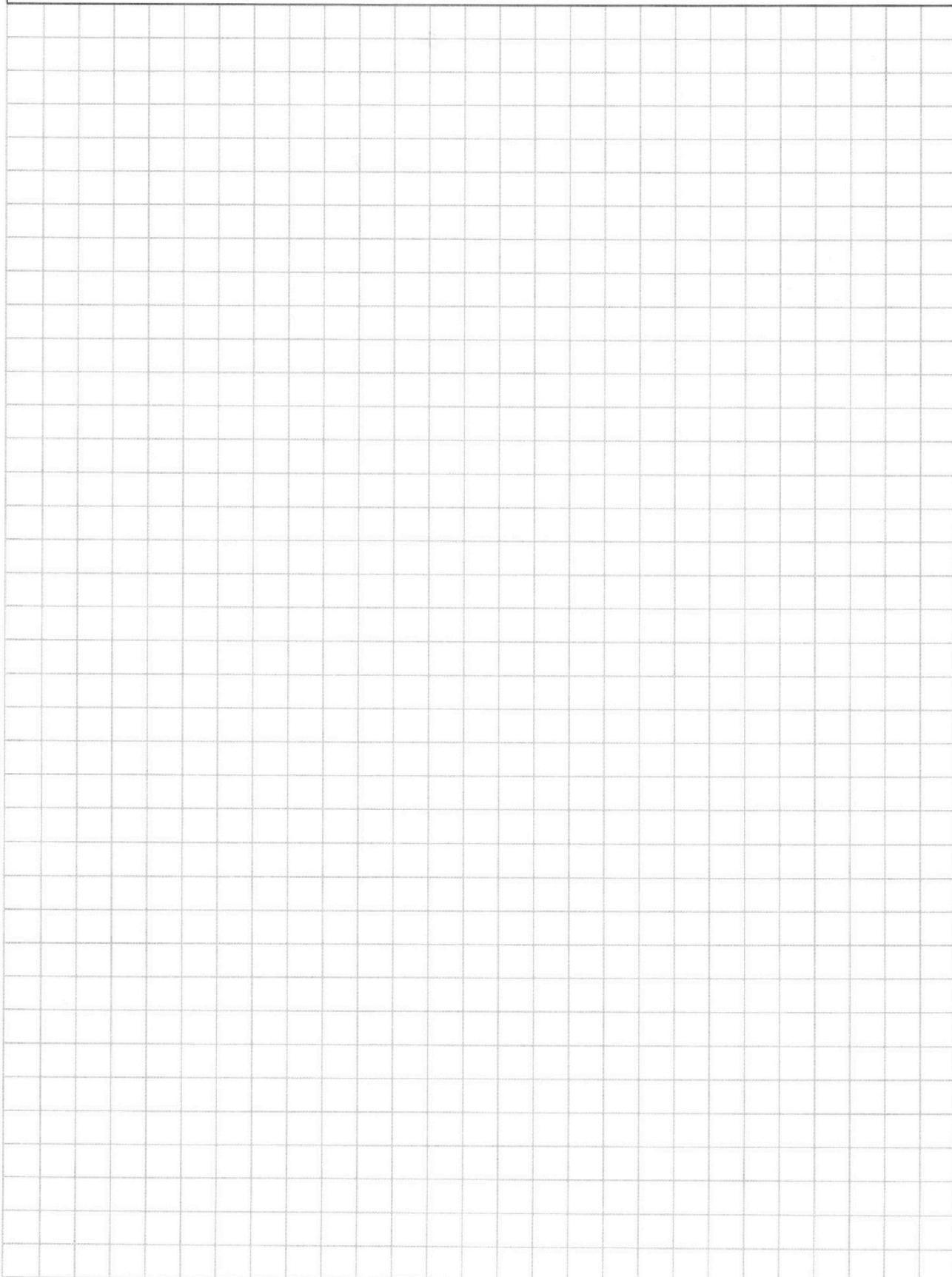
5

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

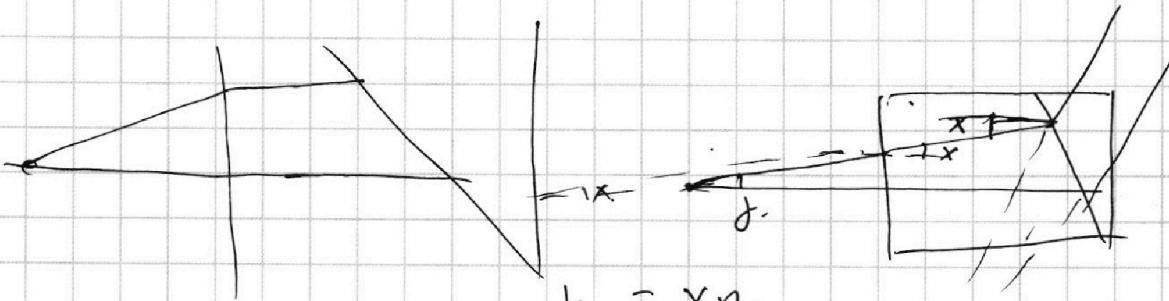
5

6

7

 МФТИ

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



$$\gamma = \alpha n,$$

$$\gamma / \alpha = x \cdot R$$

$$R = n_1 (\gamma + \alpha).$$