



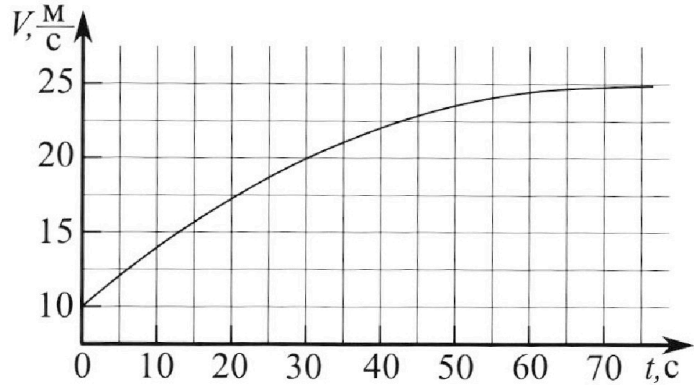
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.



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

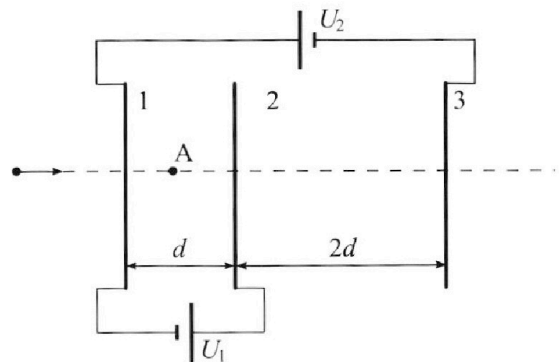
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/($\text{м}^3 \cdot \text{Па}$). 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

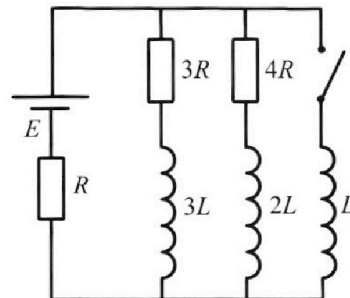


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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

- 1) Найти ток I_0 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 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 $a = 90$ 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.

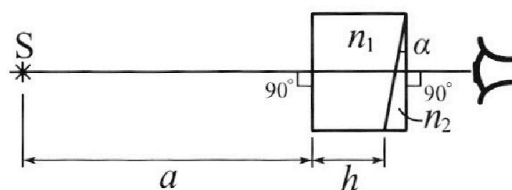


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, 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

МФТИ

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

$v_k = 25 \frac{m}{c}$, $v_0 = 10 \frac{m}{c} = 0,4 v_k$ мкм 1

1) ~~до~~ ~~распредел~~ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ м/с.

Найти a

a — ускорение a как тангенс угла наклона касательной (на графике, от осей $t=20c$ $\&$ график можно продвигать — делить считая график)

$$a_0 \approx \frac{v(t_1) - v_0}{\Delta t_1} \approx \frac{17,5 \frac{m}{c} - 10 \frac{m}{c}}{20c} \approx 0,375 \frac{m}{c^2}$$

2) a

В конце пути, когда $a=0$:

$$F_k = F_{спр k}, F_k = k v_k \quad (k v = const, k > 0)$$

$$\text{В начале: } F_0 - F_{спр 0} = m a_0$$

$$F_0 = F_{спр 0} + m a_0 = k v_0 + m a_0 = 0,4 k v_k + m a_0 = 0,4 F_k + m a_0 = \\ = 0,4 \cdot 600 \text{ Н} + 1500 \text{ кг} \cdot 0,375 \frac{m}{c^2} = 240 \text{ Н} + 562,5 \text{ Н} = 802,5 \text{ Н}$$

$$3) P_0 = F_0 v_0 = 802,5 \text{ Н} \cdot 10 \frac{m}{c} = 8025 \text{ Вт}$$

Ответ:

- 1) $0,375 \frac{m}{c^2}$
- 2) $802,5 \text{ Н}$
- 3) 8025 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!

N 2

Мет 5

в начале

P_0, V_0, T_0, J_1

P_0, T_0, V_{CO_2}, J_2

$w = \frac{V}{4}$

$$V_{CO_2} = V - \frac{V}{2} - w = V - \frac{V}{2} - \frac{V}{4} =$$

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

Ур-ие Менг. Квантума:

$$N_{O_2}; P_0 \frac{V}{2} = J_1 R T_0$$

$$N_{CO_2}; P_0 \frac{V}{4} = J_2 R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{J_1}{J_2} = 2$$

Ответ: 1) 2

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

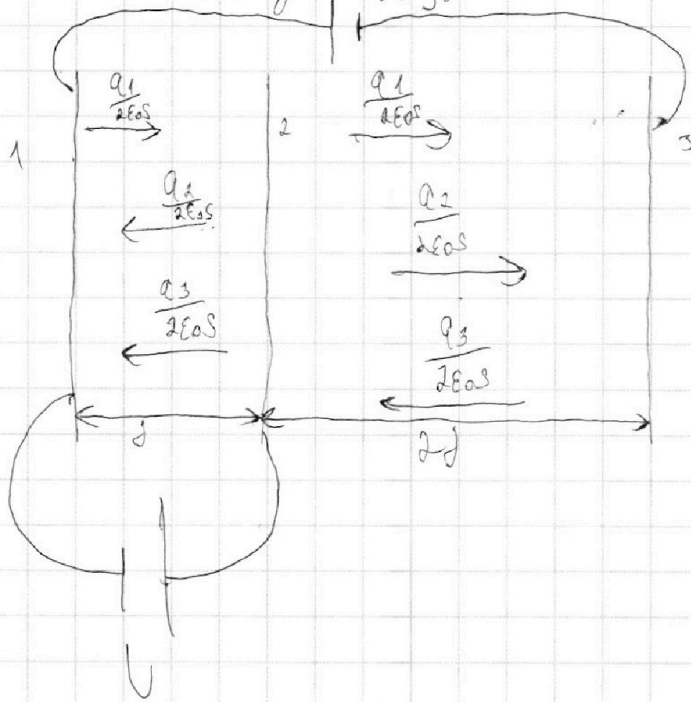
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N3

$$K_0 = \epsilon_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Конденсатор заряжен на максимум (предположим, что все они идеальные)



$$\varphi_2 - \varphi_1 = +U, \quad \varphi_1 - \varphi_3 = 3U \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_3 = 4U$$

$$\text{BCЗ: } q_1 + q_2 + q_3 = 0,$$

$$\varphi_2 - \varphi_1: \left(\frac{q_3 + q_2 - q_1}{2\epsilon_0 S} \right) d = U,$$

$$\varphi_2 - \varphi_3: \left(\frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \right) d \cdot 2 = 4U$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0, \\ q_2 + q_3 - q_1 = \frac{2\epsilon_0 S \cdot U}{d}, \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S \cdot U}{d} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} q_1 = \frac{-\epsilon_0 S U}{d}, \\ q_3 = -\frac{2\epsilon_0 S U}{d}, \\ q_2 = \frac{3\epsilon_0 S U}{d} \end{cases}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

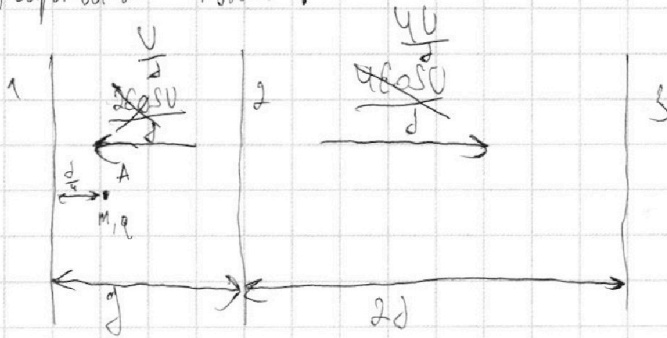
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N3 (прод.)

Мет 2

Картина поля:



1) ~~$F_{Э12} = ma_{12}, q \cdot \frac{2\epsilon_0 SU}{d} = ma_{12}, a_{12} = \frac{2\epsilon_0 SU \cdot q}{m d}$~~

2) ~~$A_{м12} = K_2 - K_1, K_1 - K_2 = -A_{м12} = -A_2 = -(\dots)$~~

з.к.з.:

1) ~~$F_{Э12} = ma_{12}, q \cdot \frac{qU}{d} = q \cdot \frac{U}{d} = ma_{12}, a_{12} = \frac{qU}{m d}$~~

з.к.з.:

2) ~~$A_{м12} = K_2 - K_1, K_1 - K_2 = -A_{м12} = -(-q \cdot \frac{U}{d} \cdot d) =$
 $= qU$~~

з.к.з.:

3) $\frac{mU^2}{2} + A_{м12} = \frac{mU^2}{2}, A_{м12} = -q \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{qU}{4}$

$\frac{mU^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} - \frac{qU}{4} \quad | \cdot \frac{2}{m}$

$U^2 = U_0^2 - \frac{qU}{2m}$

Ответ: 1) $\frac{qU}{m d}$
2) qU
3) $\sqrt{U_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

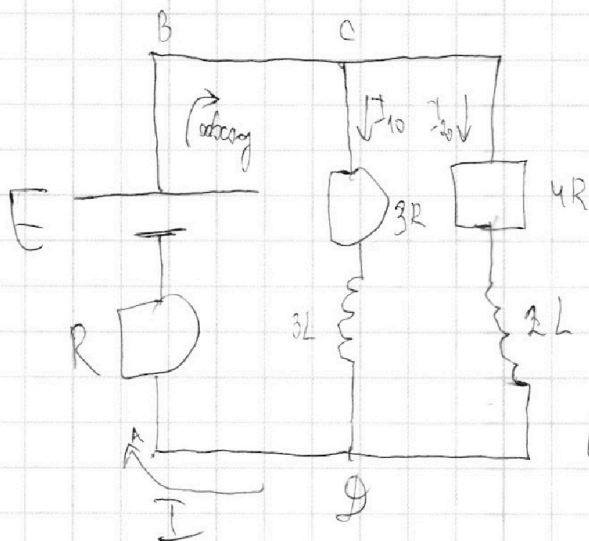
- 1 2 3 4 5 6 7

ЛМФТИ

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



а) См. рисунок 90 ^{№4} (также ~~используем~~, напряжение на конденсаторе нулевое)



$$U_{3R} = U_{4R}, I_{10} \cdot 3R = I_{20} \cdot 4R$$

$$I_{20} = 0,75 I_{10}$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20} = 1,75 I_{10}$$

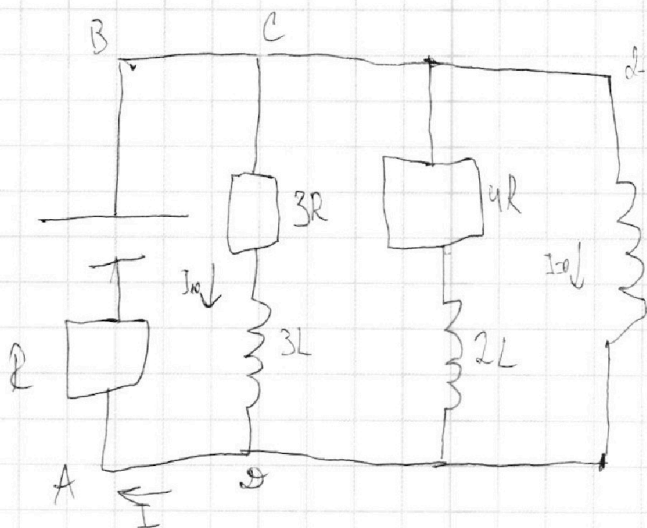
2-е уравнение Кирхгофа для ABCDA:

$$(1) E = I_{10} \cdot 3R + I_0 \cdot R =$$

$$= I_{10} \cdot 3R + 1,75 I_{10} \cdot R = 4,75 I_{10} R,$$

$$I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

Сразу после замыкания, к.д. ток через конденсатор ~~используем~~ не изменился)



2-е урав. Кирхгофа для ABCDA:

$$E = I_{10} 3R + I_0 R + U_{3L}$$

$$\text{из (1)} \Rightarrow U_{3L} = 0$$

$$U_{3R} = U_{4R} = I_{10} \cdot 3R = \frac{12E}{19}$$

$$U_{3L} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}, \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_{3L}}{L} = \frac{12E}{19L}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

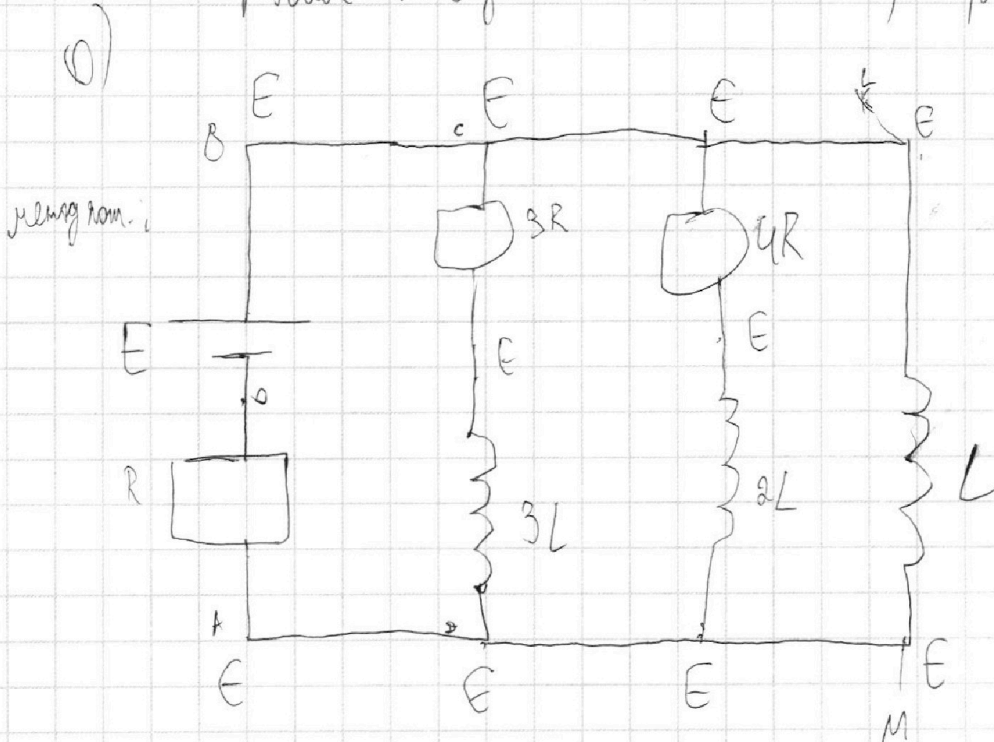
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

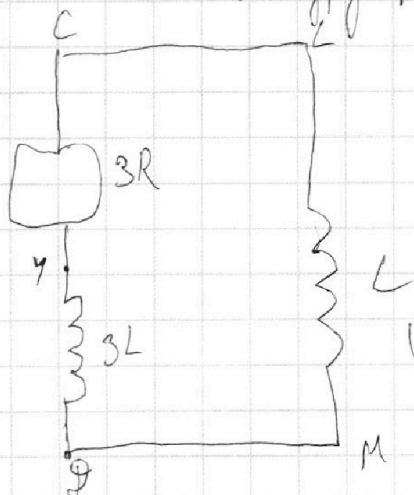


№4 (прод.)
 Усм. резистор $3R$ и индуктивность $3L$ (токи I_{3R} , I_{3L}), напряжение на катушке U_L



Ток через катушку по контуру $ABLMA$ и равен $i = \frac{E}{R}$

Φ_{CLMD} :



~~Ток на $3L$ катушке \Rightarrow
 $\Rightarrow \Phi_C - \Phi_D = -L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$~~

~~Ток на L катушке \Rightarrow~~

$$U_C = \Phi_L - \Phi_M = \Phi_C - \Phi_D = L \frac{\Delta I_C}{\Delta t}$$

$$U_{3L} = 3L \cdot \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$$

Для разности потенциалов:

$$U_{3R} + \frac{3L \Delta I_{3L}}{\Delta t} = I \cdot L \frac{\Delta I_C}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$I \Delta t \cdot 3R = L \Delta I_C - 3L \cdot \Delta I_{3L}$$

$$\Delta q \cdot 3R = L \Delta I_C - 3L \cdot \Delta I_{3L} \quad (2)$$

МММ 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

МФТИ

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

№4 (прод. 2)

Продумываем сумм. (2) от начала замык. когда
до уст. режима:

$$\begin{aligned} 3R \cdot q_{3R} &= L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) - 3L (0 - I_{10}) = \\ &= Li + 3L I_{10} = L \cdot \frac{E}{R} + 3L \cdot \frac{4E}{19R} = \frac{31LE}{19R} \end{aligned}$$

$$q_{3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

Ответ:

- 1) $\frac{4E}{19R}$
- 2) $\frac{12E}{19L}$
- 3) $\frac{31LE}{57R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

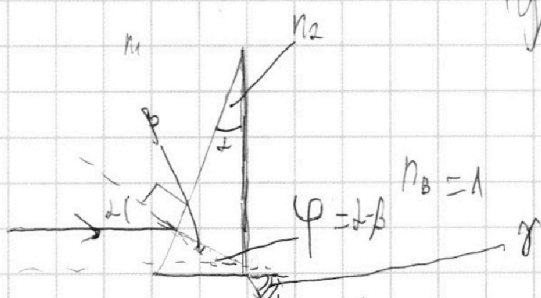
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N5

лист 4

Поскольку $n_1 = n_3 = 1$ луч падает перпендикулярно ~~поверхности~~ ^{плоскости} границе, от которой отражается луч на ~~границе~~ ^{среде} n_2 , он не преломляется.



Угол малый \Rightarrow иск. угол примерно равен самому углу

~~3-я среда: $n_1 \alpha = n_2 \beta$, $\beta = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$ (α мал, т.к. $n_2 > n_1$)~~

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

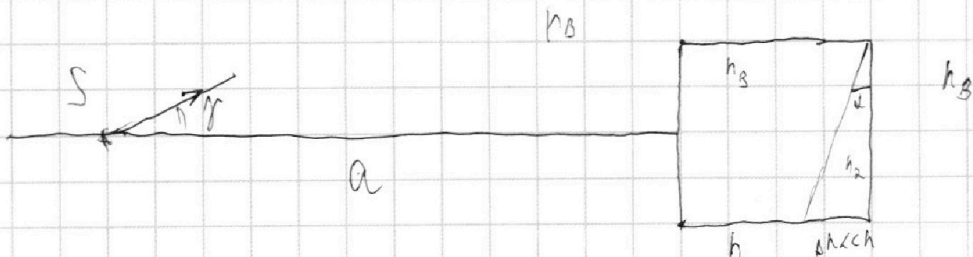
3-я среда: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$, $n_1 \alpha = n_2 \beta$, $\beta = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$ (α мал, т.к. $n_2 > n_1$)

$$n_2 \sin \varphi = n_3 \cdot \gamma \sin \gamma, \quad n_2 \varphi = \gamma \Rightarrow \gamma = n_2 \varphi = n_2(\alpha - \beta) =$$

$$= n_2 \left(\alpha - \alpha \frac{n_1}{n_2} \right) = (n_2 - n_1) \alpha = (n_2 - n_3) \alpha = (1,2 - 1) \cdot 0,1 \text{ рад} =$$

$$= 0,02 \text{ рад}$$

Следств. Заменим α на $\gamma = (n_2 - n_1) \alpha$ (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

МФТИ

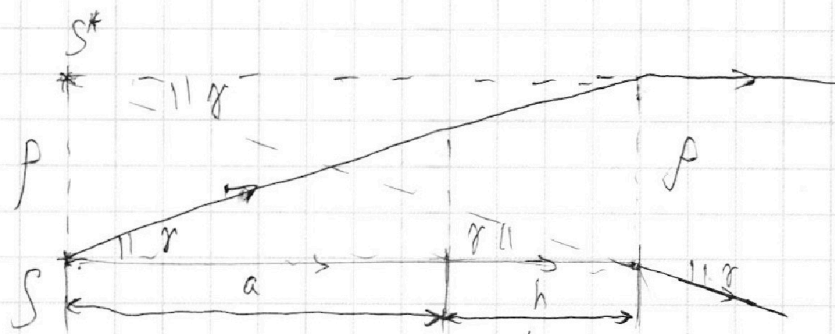
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$y = (n_2 - n_1) z \text{ из закона (1)} \quad \text{н/с (прог.)}$$

Если учесть, что $n_1 = n_B$, н.к. лучи, идущие из воздуха через призму n_1 , не преломляются, то можно утверждать, что все лучи, идущие от источника, движущегося вправо на угол γ . Лучи S и S^* ^{возвращаются к ос.} S и S^* ^{от призмы} S и S^* ^{идут под углом γ к призме (см. рис.)}. Угол γ мал, поэтому можно считать, что во время ее прохождения луч почти не сгибается по дуге. Также преломление луч можно считать малым.

малым.



Путь лучей S и S^*

$$\rho = (a+h) + g \gamma \quad \text{П.к. } \gamma - \text{малый угол, то}$$

$$+ g \gamma \approx \gamma, \rho \approx (a+h) + g \gamma = (a+h) (n_2 - n_B) z =$$

$$= (a+h) (90 \text{ см} + 14 \text{ см}) \cdot 0,17 \cdot 0,1 \text{ рад} = 2,28 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,05 рад
2) 2,28 см



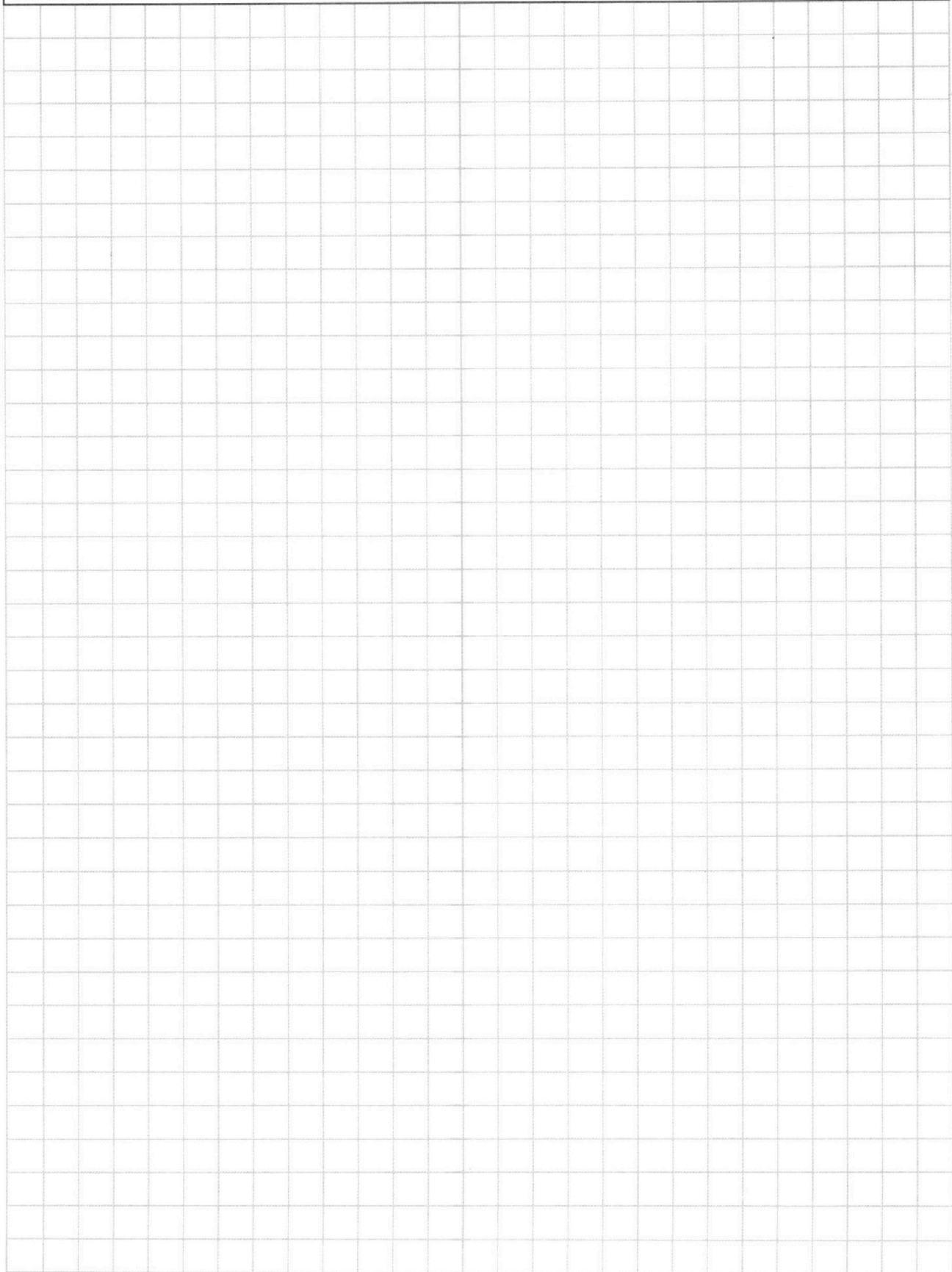
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

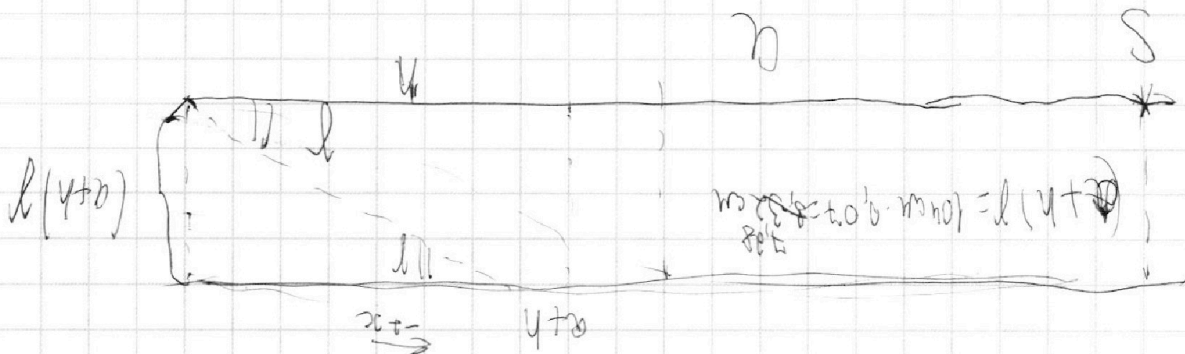
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!





$$l_{y+h} = l_{y+h}, l_{y+h} = l_{y+h}$$

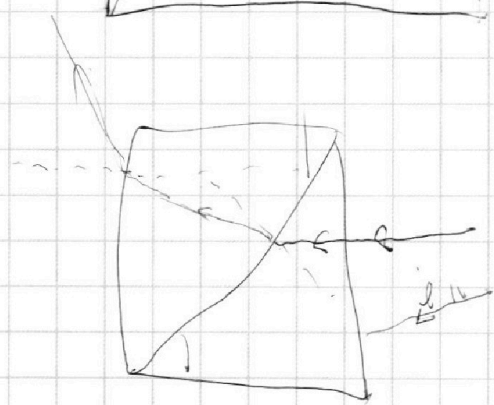
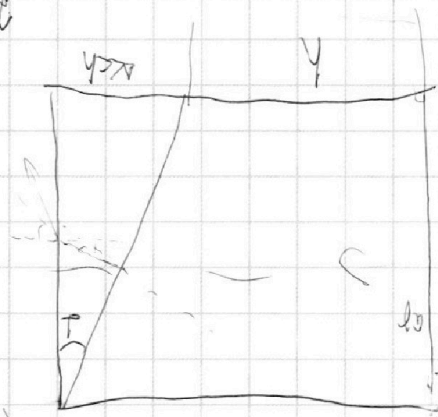
$$\frac{P}{a} = \frac{10000 \cdot 0.02}{0.5}$$



$$l(y+h)$$

$$\frac{P}{0.5} = 0$$

$$\frac{P}{a} = \frac{10000}{0.5}$$



$$a = 9000 \cdot \frac{1}{5} = 1800$$

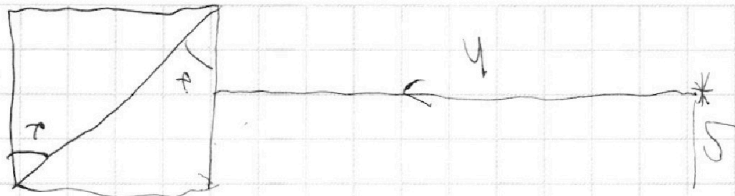
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порядк QR-кода неупреждаем!

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

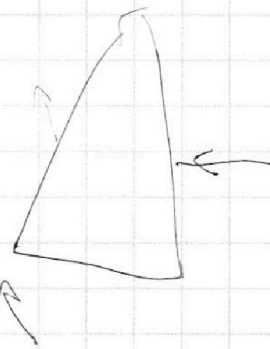




$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$
 $h = a$

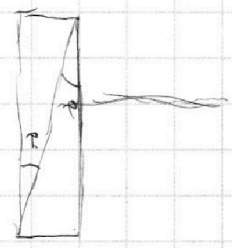
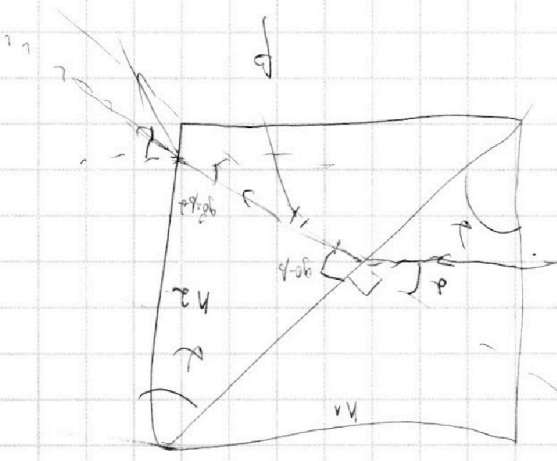
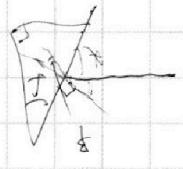
$h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$

$h = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = a$



$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$
 $h = \frac{a}{\sqrt{2}}$

$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$



Умножение

$h = \frac{a}{\sqrt{2}}$

На одной странице можно оформить 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 ни одной отмечено не отмечено ни одной задачи.

Если отмечено более одной задачи или ни одной отмечено не отмечено ни одной задачи.

Если отмечено более одной задачи или ни одной отмечено не отмечено ни одной задачи.



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

МФТИ

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



Уравнения

6 вариант:
$$\begin{aligned} p_0 \frac{V}{2} &= \nu_1 RT_0 \\ p_0 \frac{V}{4} &= \nu_2 RT_0 \end{aligned} \Rightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

6 вариант:
$$\begin{aligned} p \frac{V}{5} &= \nu^* RT \\ p \frac{11V}{20} &= \nu_2^* RT \end{aligned}$$

$$\frac{42}{11} = \frac{2\nu_2}{\nu_2^*}, \nu_2 = \frac{11}{2} \nu_2^*, \nu_2^* = \frac{12}{11} \nu_2$$

$$\Delta U = k p w = k w \cdot p = k w \cdot \frac{p_{atm}}{2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{V}{4} \cdot 5 \cdot 10^4 = \frac{25V}{4}$$

$$RT = \frac{pV}{\nu_0 \nu_2} - \text{изб.}$$

Ураза ↓

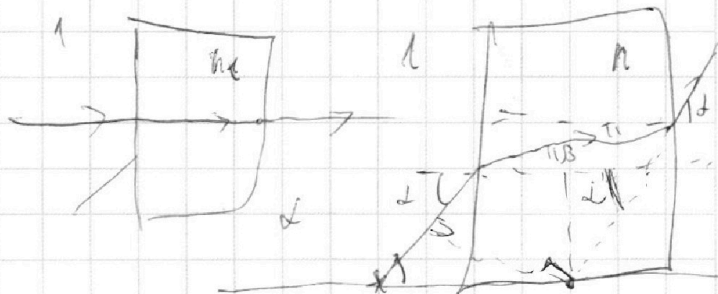
$$V, p_{atm}, T$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

$$\Delta = \nu \left(1 - \frac{1}{\kappa}\right)$$

~~$$\Delta A = \nu p \Delta V$$~~



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!

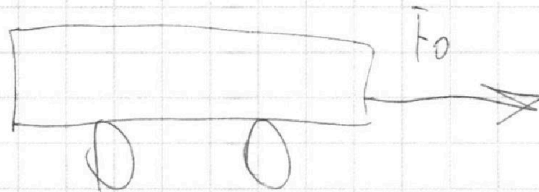


Черновик

N1

$$a) a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17,5 \frac{m}{c}}{20c} = 0,875 \frac{m}{c^2}$$

$$v = a_0 t, R = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



$$F_0 = m a_0 = 1500 \cdot$$

$$187,5 \cdot 7 =$$

$$F_{comp} = k v$$

$$= 1260 + 52,5 = 1312,5$$

$$F_k - k v_k = 0$$

$$F_0 - k v_0 = m a_0, F_0 = m a_0 + k v_0 = m a_0 + 0,4 F_k =$$

$$= 1500 \cdot 0,875 + 0,4 \cdot 600 = 1312,5 + 240 = 1552,5$$

$$P_0 = \frac{F_0 v_0}{2} \approx \text{или } F_0 v_0, \text{ м.с. } 1552,5 \text{ или } 17762,5$$

$$P \approx 3 \cdot 10^3$$

N2

$$\Delta v = k p w$$

