



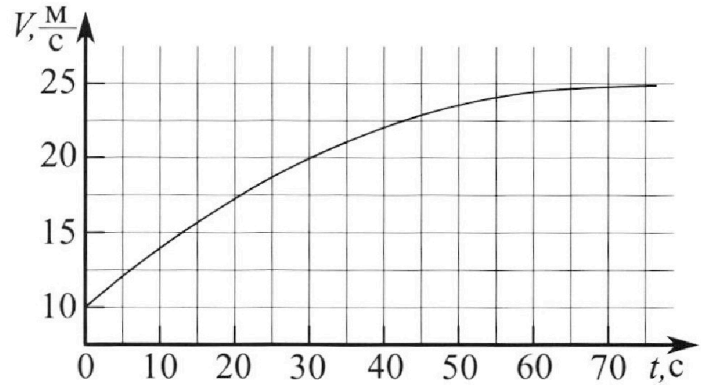
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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 ?

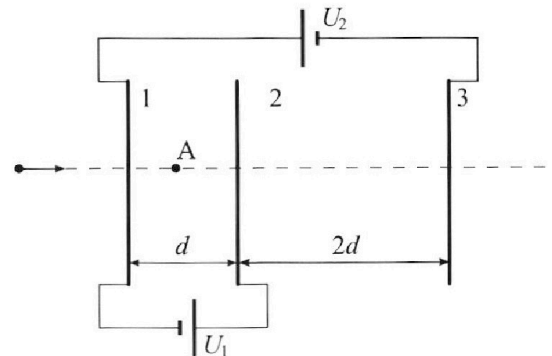
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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 $2d$ (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 A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

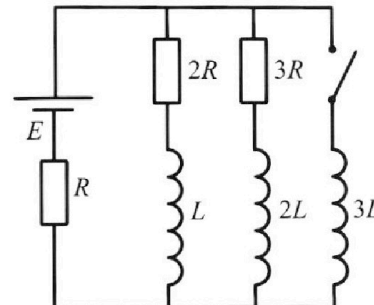
Вариант 11-01

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_0 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 $n_v = 1,0$. 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.

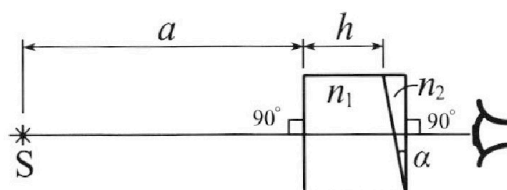


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

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!

Задача 1.

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$v_1 = 20 \text{ м/с}$$

$v(t)$ - график

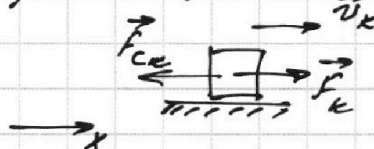
1) $a(t) = \frac{dv(t)}{dt} \Rightarrow$ ускорение можно найти как тангенс угла наклона касательной, проведенной к графику в данной точке.

В точке, где $v = v_1$, тангенс угла наклона касательной равен $\tan \alpha = \frac{1}{2}$. В пересечении на масштабе графика

$$a_1 = \frac{5 \text{ м/с}}{20 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

ответ: $0,25 \text{ м/с}^2$.

2) В какой момент времени (исходя из графика) автомобиль движется равномерно $\Rightarrow$ он находится в равновесии



$$\text{ИЗ-У: } \vec{F}_k + \vec{F}_{\text{ск}} = \vec{0}$$

$$\text{или: } F_k - F_{\text{ск}} = 0$$

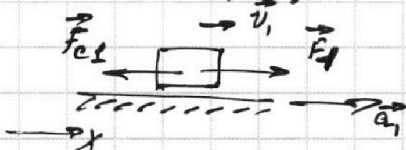
$$\text{По усл. } F_{\text{ск}} = k \cdot v_k,$$

где k - коэффициент сопротивления,

$$\text{а } v_k = 25 \text{ м/с (из графика)}$$

$$F_k = k \cdot v_k \Rightarrow k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

В момент, когда $v = v_1 = 20 \text{ м/с}$:



$$\text{ИЗ-У: } \vec{F}_1 + \vec{F}_{\text{с1}} = \vec{a}_1 \cdot m$$

$$\text{или: } F_1 = m a_1 + F_{\text{с1}} = m a_1 + k v_1$$

$$= 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м/с}^2 + 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} \cdot 20 \text{ м/с} = 850 \text{ Н}$$

ответ: 850 Н .

3) Рассмотрим малый интервал времени Δt , на котором скорость v можно считать постоянной. Переменное за это время пропорционально мощности P и при $\Delta t \rightarrow 0$

$\Delta A = P \cdot \Delta t$. Тогда работа при $\Delta A = F_1 \cdot \Delta t$, соотв. мощность

$$P_1 = \frac{\Delta A}{\Delta t} = F_1 v_1 = 850 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м/с} = 17 \text{ кВт}$$

ответ: 17 кВт .

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!

Задача 2

p_0 - нач.
давление
газа
равновесие $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ и сверху,
и снизу от
поршня - p_0



1) В нач. момент времени в нижней
части сосуда в газобразном
состоянии находится только CO_2
для верхнего газа:

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0 \quad (1)$$

ν_B - кол-во CO_2
сверху от поршня

для нижнего

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_H R T_0 \quad (2)$$

ν_H - кол-во CO_2
снизу

отсюда $\nu_H = \frac{\nu_B}{2} \Rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$

Ответ: 2.

2) В начальный момент времени количество CO_2 , растворенного
в воде: $\nu_0 = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$. После нагревания для верхней
части сосуда:

давление p_1 $\Rightarrow p_1 \cdot \frac{V}{5} = \nu_B R T = \frac{5}{4} \nu_B R T_0 \quad (3)$

после нагрев.

отсюда (с у. (1)) $p_1 = \frac{25}{8} p_0$

Давление газа после нагревания

$\frac{25}{8} p_0$ Заметим, что если давление $p_1 > p_{\text{атм}}$, то
вся вода находится в жидком сост.

Если $p_1 < p_{\text{атм}}$, то вода полностью испарилась бы, что
по условию не так. Для $p_1 \geq p_{\text{атм}}$.

Начальное давление пара - $p_{\text{атм}}$. $\Rightarrow$ нач. дав. CO_2 внизу

$$p_H = p_1 - p_{\text{атм}}$$

для нижнего газа:

$$(p_1 - p_{\text{атм}}) \left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} \right) = \left(\nu_H + k p_0 \frac{V}{4} \right) R T$$

вода сое верх.

$$\left(\frac{11}{20} \cdot \frac{25}{8} p_0 - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} \right) \frac{V}{2} = \left(\frac{\nu_B}{2} + k p_0 \frac{V}{4} \right) R T$$

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} V = \frac{\nu_B}{2} R T + p_0 \frac{V}{4}$$

$$\frac{55}{32} p_0 - \frac{11}{20} p_{\text{атм}} = \frac{9}{16} p_0$$

$$\frac{11}{20} p_{\text{атм}} = \frac{37}{32} p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{11 \cdot 8}{5 \cdot 37} p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$$

$$\left. \begin{aligned} k \cdot R T &= \frac{1}{5} \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3} \cdot \\ &\cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль}} = \\ &= 1 \end{aligned} \right\}$$

из (1): $\frac{\nu_B}{2} R T = \frac{5 \nu_B R T_0}{8} = \frac{5 p_0 V}{16}$

Ответ: $\frac{88}{185} p_{\text{атм}}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

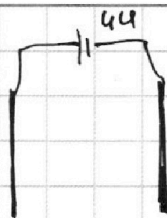
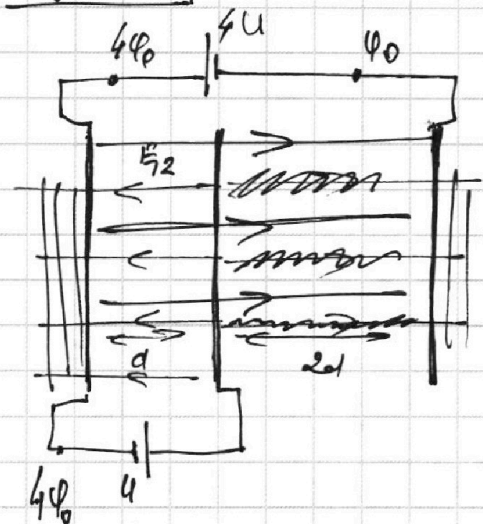
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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



3agaz3



1) Пусть потенциальная сетка

 $\varphi_1; \varphi_2 \text{ и } \varphi_3 \text{ соотв.}$

Torque

$$\varphi_3 = \varphi_1 - 44$$

$$g = \varphi + u$$

Капризность ^{однообразного} лоси, ^{обр.} ~~состоя~~ ^{33-е} ~~состоя~~ ^{состоя}
1 и 2 сеткой ^{тоже} ^{43:}

по времени
устанавливается

$$E_A = E_B - E_C = \frac{4}{3d}$$

СЧЛД, г. НАЗЛОСТ.

ВТ. А
(масса) $F = \frac{49}{39}$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{49}{3 \text{ m/s}^2}$$

$$E_{12} = \frac{p_2 - p_1}{d} = \frac{4}{d} \quad E_{13} = \frac{44}{3d}$$

Смер. действ. назаров

Ускорение вагона $a = \frac{F}{m} = \frac{10g}{100}$

Order: $\frac{49}{3 \text{ mg}}$

$$2) K_1 - K_2 = -A_{\text{hom}} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r_2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r_1} = -q E_A d = -\frac{qU}{3}$$

Order: $\frac{2}{3}$

3) тоже предыдущ интервалу пусть:

$$E_{13} = \frac{408}{1}$$

за ^{сетками} ¹³ ¹⁴³ ³⁰ ^{но}

$$v_z = v_0$$

$$\text{3c9: } \frac{mv_0^2}{2} + qEd = \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$

1/4m бросе в высоту 1

$$v_A^2 + \frac{2gH}{g} = v_0^2$$
$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2gH}{g}}$$

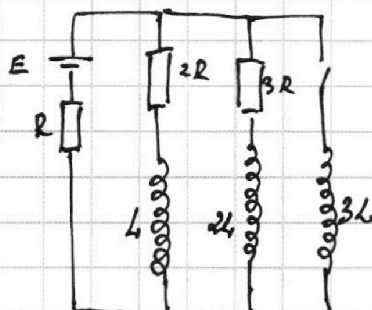
Gibber: $\sqrt{v_0^2 + \frac{294}{9}}$

29. 12. 2020

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

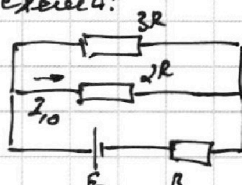
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 4



1) При разомкнутом ключе и уст. режиме катушки можно считать идеальными ($I_L = \text{const} \Rightarrow U_L = 0$)

экв. схема:



на $2R$ на $3R$
 $U_{2R} = U_{3R} \Rightarrow$ только $3R$
 $\Rightarrow I_{20} \cdot 3R = I_{10} \cdot 2R \Rightarrow$
 $\Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$

по 1-му Кирхгофа

общ. ток в цепи $\Rightarrow I_0 = \frac{5}{3} I_{10}$

2-й по Кирхгофа:

$I_{10} \cdot 2R + \frac{5}{3} I_{10} \cdot R = E$

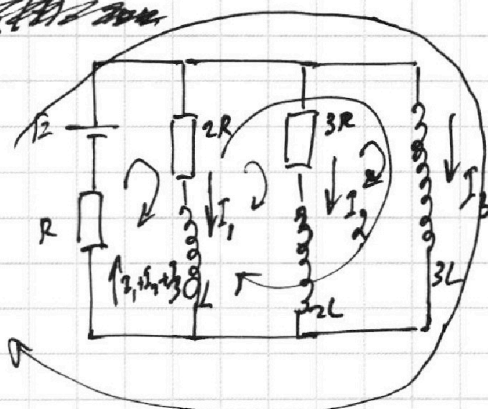
$I_{10} = \frac{3E}{11R}$ Ответ: $\frac{3E}{11R}$

2) Сразу после замыкания ключа ток в цепи не как и был в разомкнутом положении $\Rightarrow$ напряжение на катушке сразу после замыкания равно напряжению на резисторах (параллельное соединение)

$3L I'_{30} = I_{10} \cdot 2R = \frac{6}{11} E \Rightarrow I'_{30} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$

ответ: $\frac{2E}{11L}$

3) ~~2L и 3L~~



для правого контура

$3L I'_3 = 2L I'_2 + 3R I_2$

2-й по Кирхгофа

для лев. контура (ист. + $2R$)

$E = 2I_1 R + L I'_1 + (I_1 + I_2 + I_3) R$

для ср. контура

$-2I_1 R - L I'_1 + 3R I_2 + 2L I'_2 = 0$

для внешнего контура

$E = (I_1 + I_2 + I_3) R + 3L I'_3$

для контура ($2R$; L ; $3L$)

$-L I'_1 + 2R I_1 + 3L I'_3 = 0$

$2R I_1 = 3L I'_3 - L I'_1$

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!

Задача 4) Пролом

Заряд, прошедший по $2R$: $q = \int_0^{t_3} I_1 dt$ $t_3 \leftarrow$ уст. ток

$$I_1 = \frac{L}{2R} \frac{dI_2}{dt} + \frac{3L}{2R} \frac{dI_1}{dt} \quad | \cdot dt + \int$$

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

кон. ток через $3L$
кон. ток через $3L$
кон. ток по $2R$
кон. ток по $2R$

$$q = \frac{LE}{2R^2} + \frac{9EL}{2R^2} = \frac{10EL}{11R^2}$$

Ответ: $\frac{10EL}{11R^2}$

Когда в цепи установится режим, ток пойдет только через катушку $\Rightarrow$

$$I_k = \frac{E}{R} - \text{кон. ток}$$

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

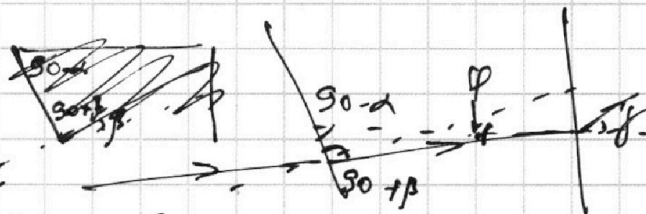
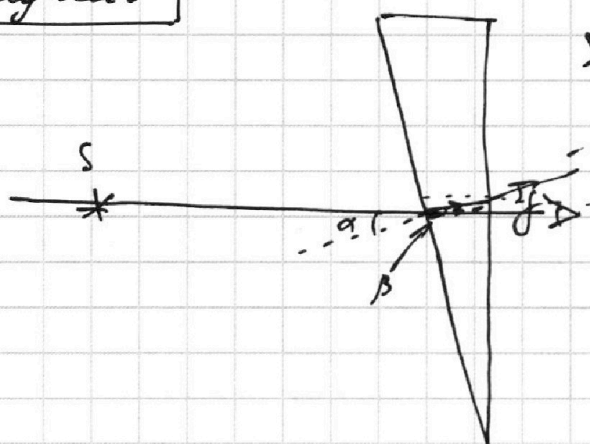
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача 5



α - угол падения на катет.

β - угол преломления.

$\gamma = \alpha - \beta$ - угол преломления на верш.

γ - угол - выхода, он же
угол схождения

$$1) n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

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

п/к $n_2 = n_1 = 1$ (в а-мат):

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha - \sin \beta$$

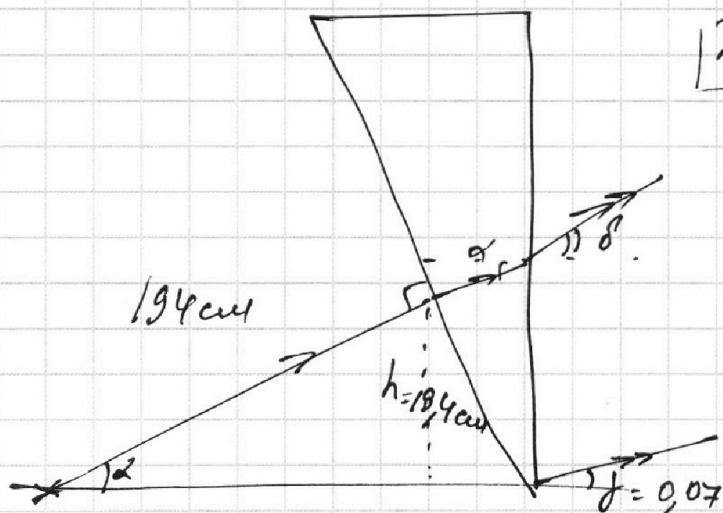
$$0,1 = \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \beta = \frac{1}{17}$$

$$17 \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{17} \right) = \sin \gamma = \gamma$$

$$\gamma = \frac{289}{1700} \cdot \frac{1}{17} = 0,007$$

Ответ: ~~0,007~~. 0,07 рад.

2) Построим ход 2 лучей



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

$$17 \alpha = \beta \Rightarrow \beta = 0,17$$

$$h = a \alpha = 19,4 \text{ см.}$$

лучи не выйдут

$\Rightarrow$ лучи выйдут из
тех же точек из которых
входили.

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

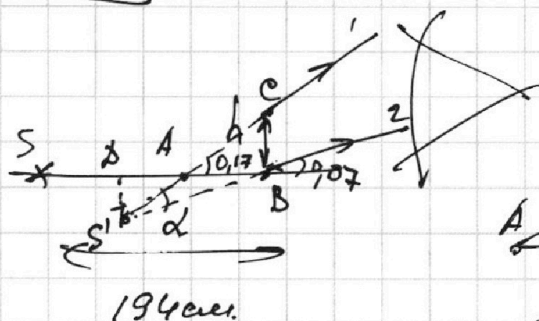
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

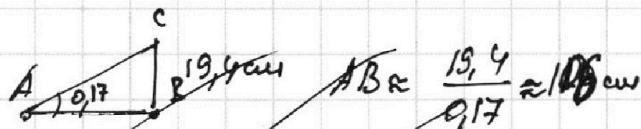
МФТИ

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

Задача 5 продолжи



мож. выйти там же
пересек. лучей 1 и 2.



$$2A \cdot 0,17 = BA \cdot 0,07$$

$$2A \cdot 0,17 = (2A + 115) \cdot 0,07$$

$$2A \cdot 0,1 = 105 \cdot 0,07$$

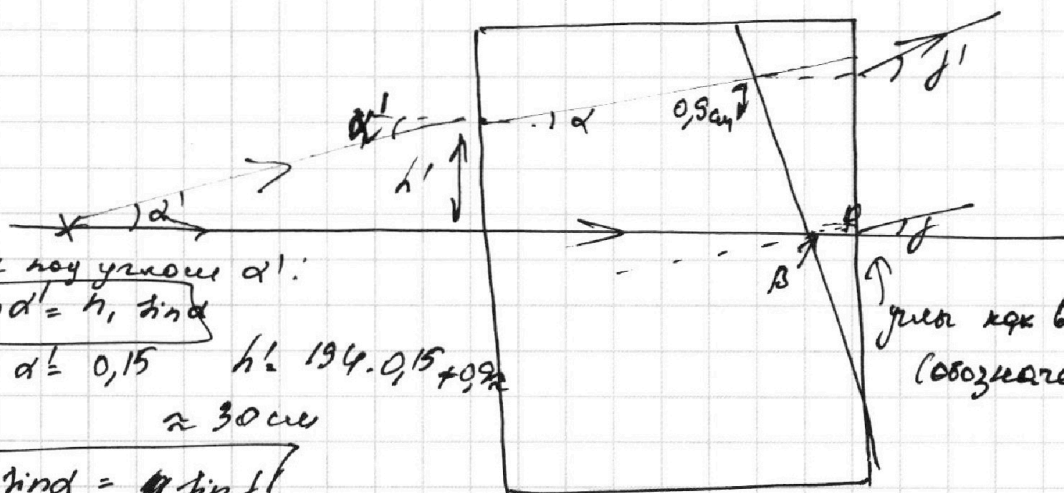
$$2A \approx 105 \cdot 0,7 \approx 73,5 \text{ см.}$$

$$BD \approx 180 \text{ см.}$$

$$SD \approx 15 \text{ см.} \approx SS'$$

~~Уточнение: высота блока 194 см, а не 180 см.~~
расст. между точками ~ 15 см, что крайне мало по ср. с $a = 194$ см. Для более точных расчетов, калкулятор.
ответ: 45 см.

3)



Из-за того, что $\alpha' =$

$$\sin \alpha' = n_1 \sin \alpha$$

$$\alpha' = 0,15 \quad h' = 194 \cdot 0,15 + 0,92 \approx 30 \text{ см}$$

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

$$\beta = 0,17$$

луч как в 1).
(обозначение)

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

$$\beta = \frac{0,1 \cdot 0,15}{0,92} = \frac{15}{170} \approx 0,09$$

$$n_2 \sin (\alpha - \beta) = n_1 \sin \beta \quad \beta = 0,17$$

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

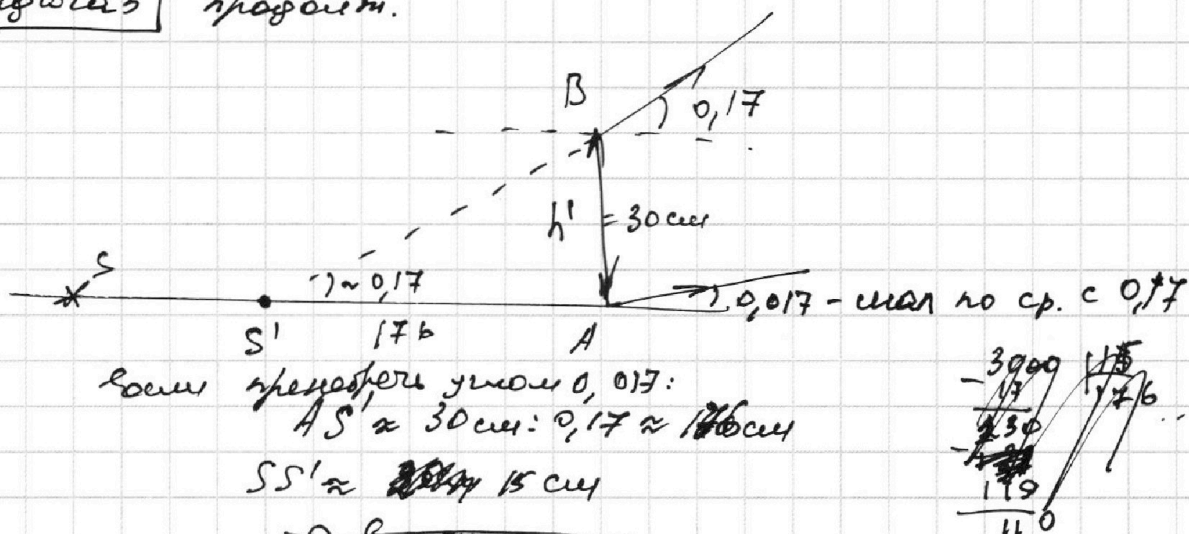
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

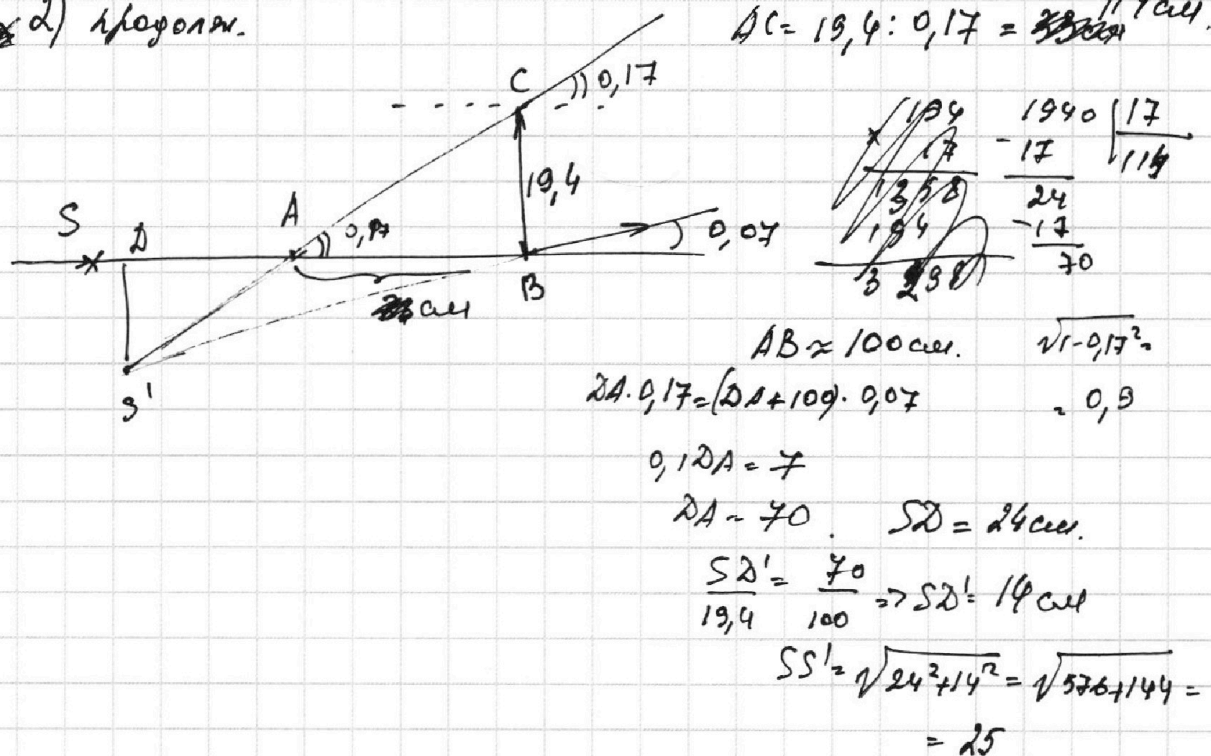
МФТИ

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

Задача 5 хроном.



2) хроном.



Отв.: 25 см. (2 вопроса).

3) с учетом угла 0,17

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

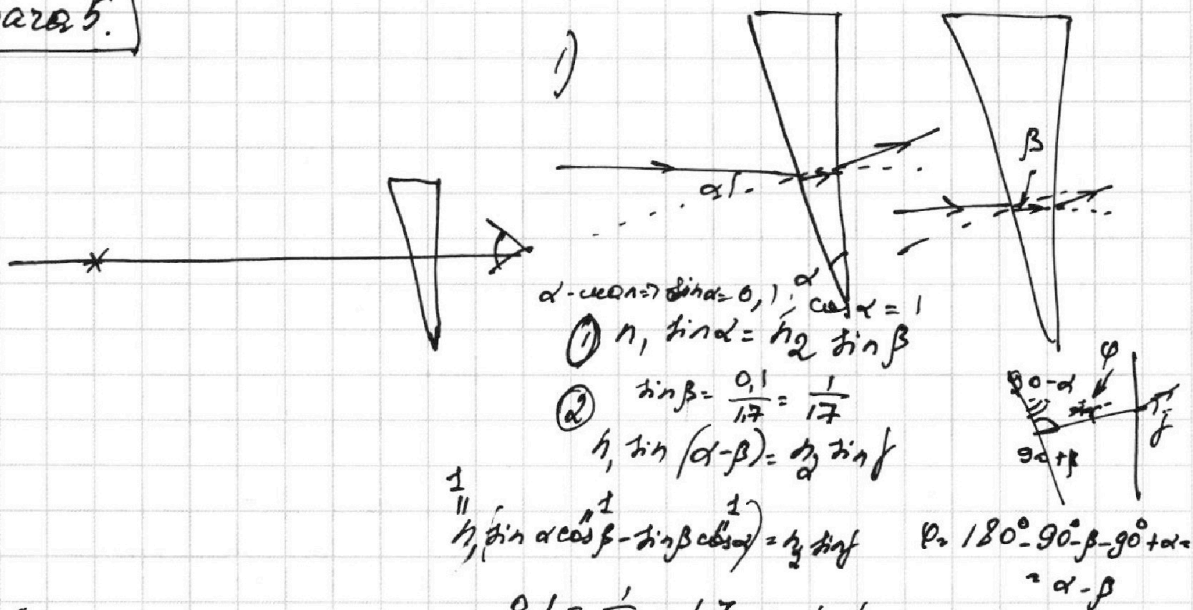
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача 5.



в объекте срезом

$$n \sin \gamma = \frac{n_1}{n_2} (\sin \alpha - \sin \beta)$$

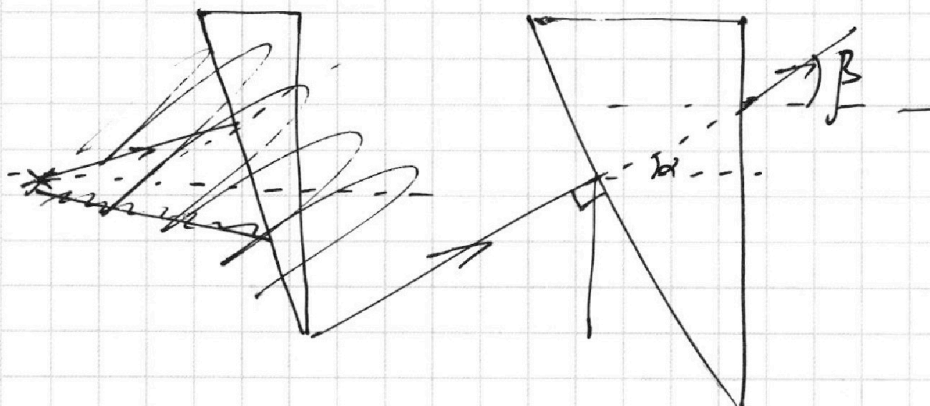
$$0,1 - \frac{1}{17} = 1,7 \cdot \sin \gamma \cdot \frac{1,10}{1,7}$$

$$\sin \gamma = \frac{1}{17} - \frac{10}{289} = \frac{4}{289} \approx \frac{1}{40}$$

$$\approx 0,025 \Rightarrow \gamma \approx 0,025$$

Ответ: 0,025 рад.

2) Если $\varphi = 0$, то луч выходит перпендикулярно верт. фокус.



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

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

Черновик