



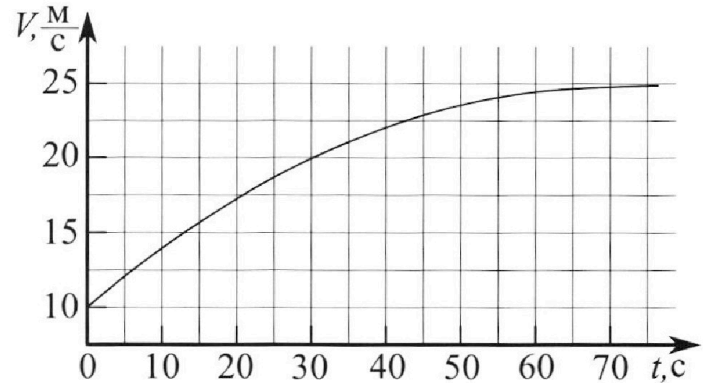
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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  $V_1$ ?

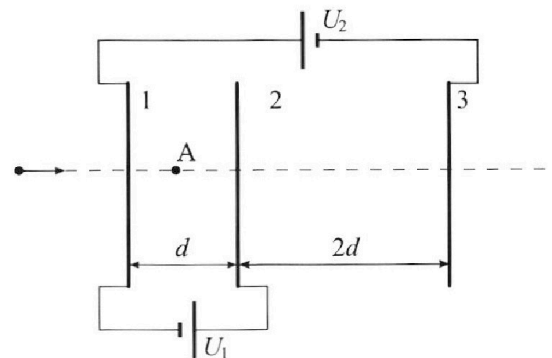
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд 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  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  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 А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

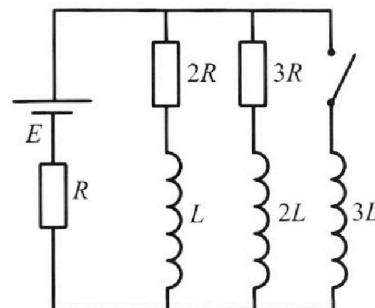
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_0$  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.

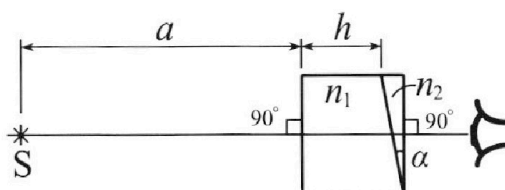


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

$m = 1800 \text{ кг}$

$F_k = 500 \text{ Н}$

$v = 20 \text{ м/с}$

$v(t)$  - график

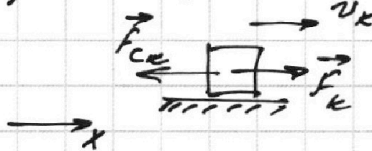
1)  $a(t) = v'(t) \Rightarrow$  ускорение можно считать как тангенс угла наклона касательной, проведенной к графику в данной точке.

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

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

ответ:  $0,25 \text{ м/с}^2$ .

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



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

ОТ:  $F_k - F_{ск} = 0$

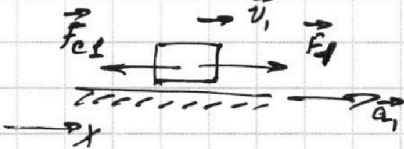
По усл.  $F_{ск} = k \cdot v_k$ ,

где  $k$  - коэффициент сопр.,

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  $v = v_1 = 20 \text{ м/с}$ :



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

ОТ:  $F_1 = m a_1 + F_{с1} = m a_1 + k v_1$

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

ответ:  $850 \text{ Н}$ .

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

$\Delta s = v \cdot \Delta t$ . Тогда работа при  $\Delta A = F_1 \cdot \Delta s$ , 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:  $17 \text{ кВт}$ .



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  $\Rightarrow$  и сверху, и снизу от корки -  $p_0$



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

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

$\nu_B$  - кол-во  $CO_2$  сверху от поршня

для нижнего

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

$\nu_H$  - кол-во  $CO_2$  снизу

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

Ответ: 2.

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

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

давление после нагрев.

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

Для нижнего газа  $CO_2$  после нагревания

$\frac{25}{8} p_0$  заметим, что если давление  $p_1 > p_{атм}$  то вода находится в жидкой сост.

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

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

$$p_H = p_1 - p_{атм}$$

для нижнего газа:

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

$$\left( \frac{11}{20} \cdot \frac{25}{8} p_0 - \frac{11}{20} p_{атм} \right) \frac{V}{2} = \left( \frac{\nu_B}{2} + k p_0 \frac{V}{4} \right) R T_0$$

$$\frac{55}{32} p_0 V - \frac{11}{20} p_{атм} V = \frac{\nu_B}{2} R T_0 + p_0 \frac{V}{4}$$

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

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

$$\left. \begin{aligned} k \cdot R T_0 &= \frac{1}{5} \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} \cdot \frac{1}{\text{моль}} \\ &= 3 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} = 1 \end{aligned} \right\}$$

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

Ответ:  $\frac{88}{185} p_{атм}$ .



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

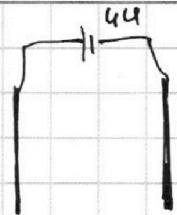
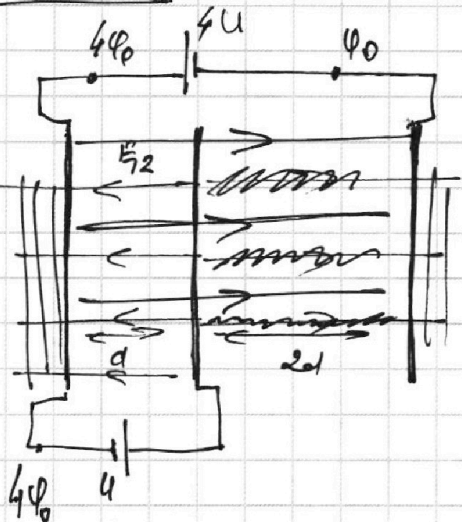
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 3



1) Пусть потенциалы сеток  $\varphi_1; \varphi_2$  и  $\varphi_3$  соотв.

Тогда

Тогда

$$\varphi_3 = \varphi_1 - U$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + U$$

Напряженность поля, <sup>ориентированного</sup> ~~обратного~~ <sup>по направлению</sup> ~~по направлению~~ <sup>от сетки 1 к 2</sup> ~~от сетки 1 к 2~~

$$E_{12} = \frac{|\varphi_2 - \varphi_1|}{d} = \frac{U}{d} \quad E_{13} = \frac{U}{3d}$$

Сила действ. зарядов  $F = E_{12} \cdot q = \frac{qU}{d}$   
Ускорение частицы  $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$

по принципу суперпозиции

$$E_A = E_{13} - E_{12} = \frac{U}{3d}$$

в т. А (метод)  $F = \frac{qU}{3d}$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{3md}$$

Ответ:  $\frac{qU}{3md}$

2)  $K_1 - K_2 = -\Delta \phi_{пол} = -\frac{qU}{3} = -qEd = -\frac{qU}{3}$

Ответ:  $\frac{qU}{3}$

3) поле между пластинами  $E_{13}$

$$E_{13} = \frac{U}{3d}$$

за пластинками, <sup>сетками 1 и 3</sup> ~~поле нет~~  $\Rightarrow$   $n \cdot m$  <sup>вместе в сетку 1</sup>

$$v_2 = v_0$$

зср:  $\frac{mv_0^2}{2} + qEd = \frac{mv^2}{2}$   $\Rightarrow$   $v_0^2 + \frac{2qU}{3} = v^2$   
зср:  $\frac{mv_0^2}{2} + qEd = \frac{mv^2}{2}$   $\Rightarrow$   $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{2qU}{3}}$

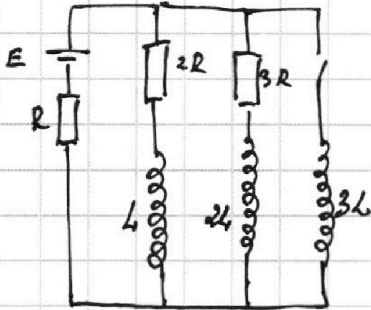
Ответ:  $\sqrt{v_0^2 + \frac{2qU}{3}}$

29  $\frac{qU}{3}$  (направление)

1  2  3  4  5  6  7

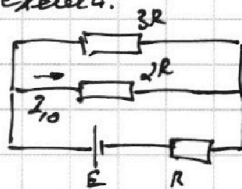
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

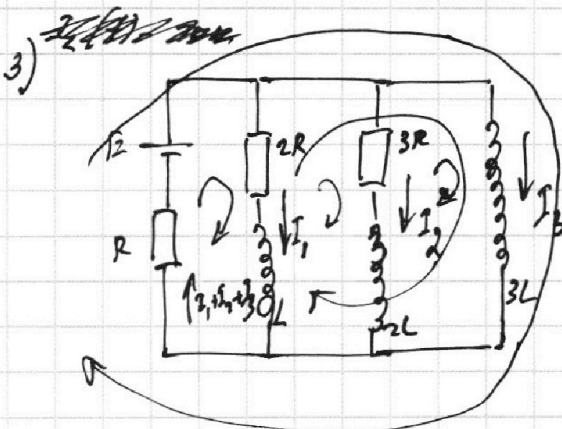
по 1-му Кирхгофа  
 обш. ток в цепи  $\Rightarrow I_0 = \frac{5}{3} I_{10}$

по 2-му 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:  $\frac{2E}{11L}$



для правой контура

$3L I'_3 = 2L I'_2 + 3R_2 I_2$

по 1-му 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
<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!

Задача 4) Пролом

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

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

Ответ:  $\frac{10EL}{11R^2}$

Когда в цепи установится режим, ток пойдет только через катушку  $\Rightarrow$   
 $I_k = \frac{E}{R}$  - кон. ток.



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

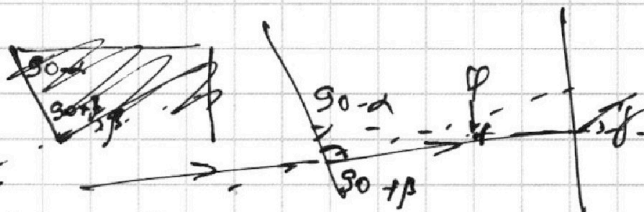
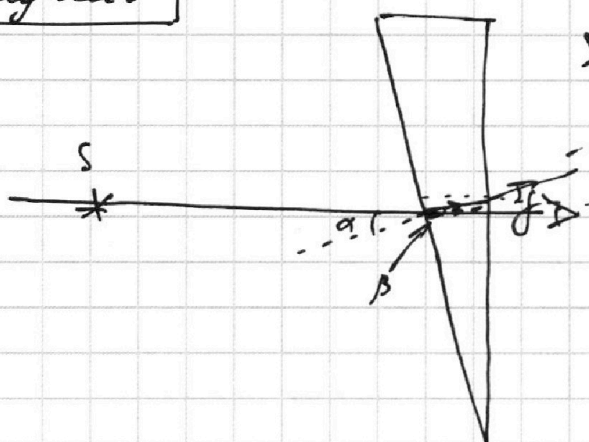
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

Задача 5



$\alpha$  - угол падения на катет.  
 $\beta$  - угол преломления.  
 $\rho = \alpha - \beta$  - угол падения на верш.  
 $\gamma$  - угол - выхода, он же угол скольжения

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

2)  $n_2 \sin(\alpha - \beta) = n_1 \sin \gamma$

п/к  $n_2 = n_1 = 1$  (у  $\alpha$ -матр):

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

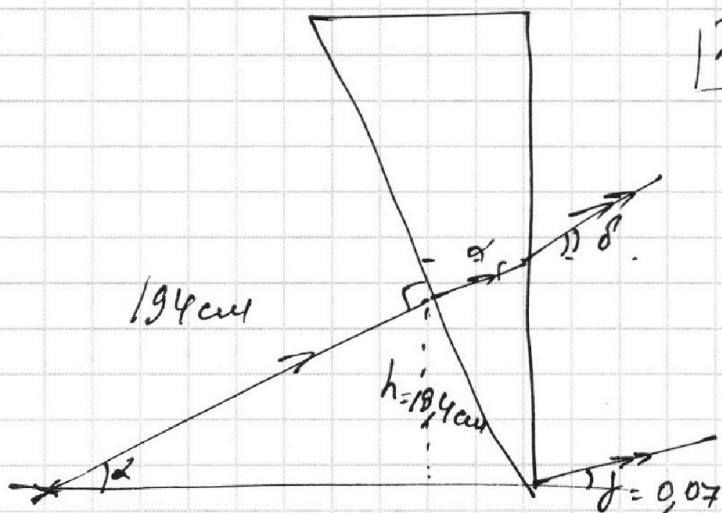
$0,1 = \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \beta = \frac{1}{17}$

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

$\gamma = \frac{289 - 100}{1700} = \frac{189}{1700} = 0,111$

Ответ: ~~0,111~~. 0,07 рад.

2) Построим ход 2 лучей



$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \delta$

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

$h = a \alpha = 19,4 \text{ см}$

призма малая  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  лучи выходят из тех же точек на каждой из граней.

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

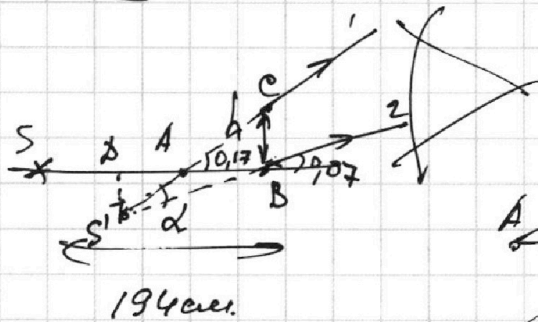
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

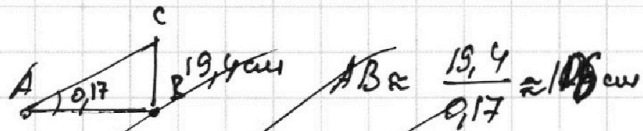
**МФТИ**

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

Задача 5 Продолжи



лучь входит там же  
пересек. лучей 1 и 2.



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

$$2A \cdot 0,17 = (2A + 15) \cdot 0,07$$

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

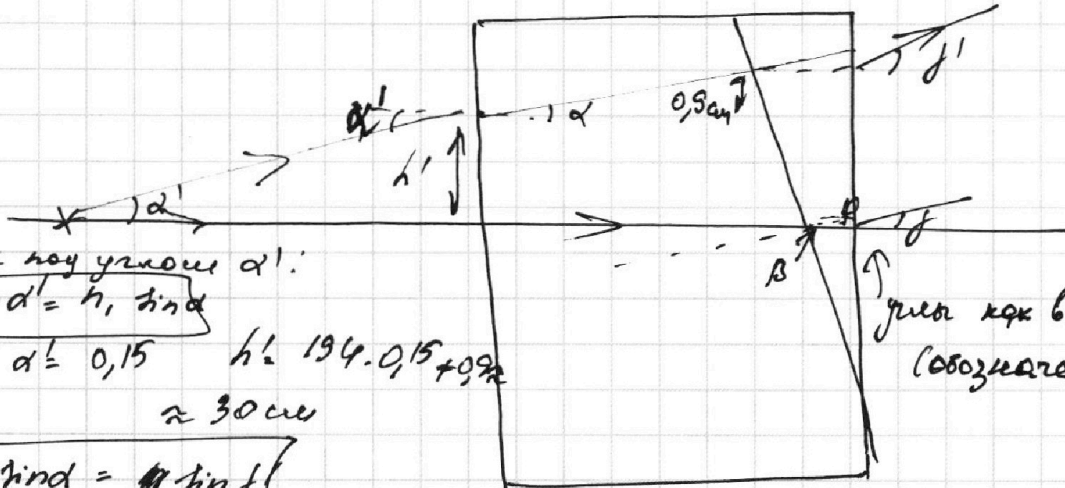
$$2A \approx 105 \cdot 0,7 \approx 73,5 \text{ см.}$$

$$BD \approx 180 \text{ см.}$$

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

~~Угол падения луча всегда больше угла преломления~~  
 угол между ~~лучами~~  $\approx 15$  см что крайне маленькое  
 мало по ср. с  $a = 194$  см. Для более точных  
 расчетов, калкулятор ф.  
 Ответ: 45 см.

3)



Из углов знаем  $\alpha'$ :

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

$$\alpha' \approx 0,15 \quad h' = 194 \cdot 0,15 + 0,9 \approx 30 \text{ см}$$

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

$$\beta = 0,17$$

луч как в 1).  
(обозначения)

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

$$\beta = \frac{0,1 \cdot 0,15}{0,9} = \frac{15}{170} \approx 0,09$$

$$n_2 \sin (\alpha - \beta) = n_1 \sin \beta$$

$$\beta = 0,017$$

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

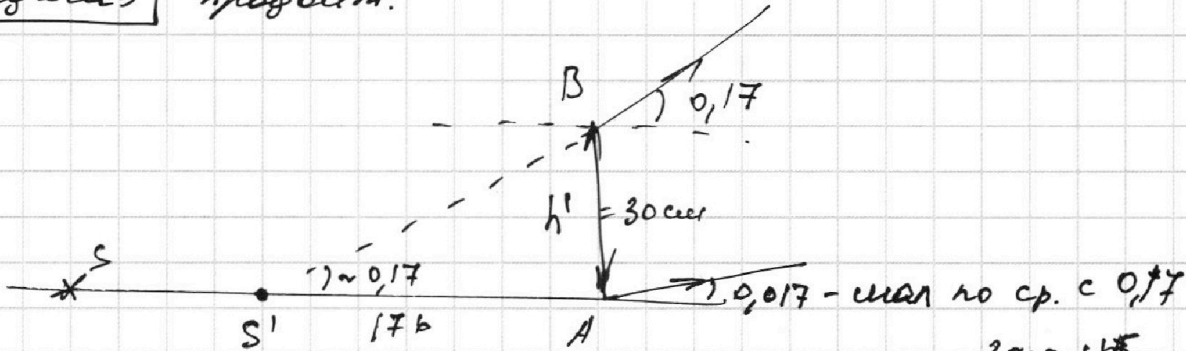
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 5 прополет.



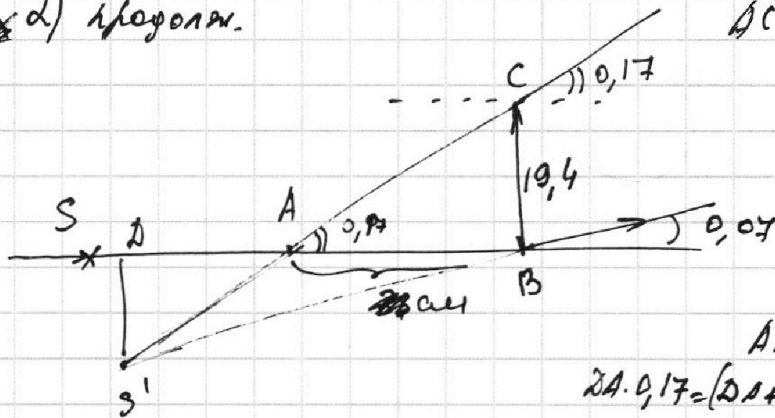
Если переопределять углом  $0,17$ :  
 $AS \approx 30 \text{ см} : 0,17 \approx 176 \text{ см}$

$SS' \approx 15 \text{ см}$

~~Ответ: 15 см~~

$$\begin{array}{r} 3000 \quad 115 \\ - 17 \\ \hline 2830 \\ - 17 \\ \hline 2813 \\ - 17 \\ \hline 2796 \\ - 17 \\ \hline 2779 \\ - 17 \\ \hline 2762 \\ - 17 \\ \hline 2745 \\ - 17 \\ \hline 2728 \\ - 17 \\ \hline 2711 \\ - 17 \\ \hline 2694 \\ - 17 \\ \hline 2677 \\ - 17 \\ \hline 2660 \\ - 17 \\ \hline 2643 \\ - 17 \\ \hline 2626 \\ - 17 \\ \hline 2609 \\ - 17 \\ \hline 2592 \\ - 17 \\ \hline 2575 \\ - 17 \\ \hline 2558 \\ - 17 \\ \hline 2541 \\ - 17 \\ \hline 2524 \\ - 17 \\ \hline 2507 \\ - 17 \\ \hline 2490 \\ - 17 \\ \hline 2473 \\ - 17 \\ \hline 2456 \\ - 17 \\ \hline 2439 \\ - 17 \\ \hline 2422 \\ - 17 \\ \hline 2405 \\ - 17 \\ \hline 2388 \\ - 17 \\ \hline 2371 \\ - 17 \\ \hline 2354 \\ - 17 \\ \hline 2337 \\ - 17 \\ \hline 2320 \\ - 17 \\ \hline 2303 \\ - 17 \\ \hline 2286 \\ - 17 \\ \hline 2269 \\ - 17 \\ \hline 2252 \\ - 17 \\ \hline 2235 \\ - 17 \\ \hline 2218 \\ - 17 \\ \hline 2201 \\ - 17 \\ \hline 2184 \\ - 17 \\ \hline 2167 \\ - 17 \\ \hline 2150 \\ - 17 \\ \hline 2133 \\ - 17 \\ \hline 2116 \\ - 17 \\ \hline 2099 \\ - 17 \\ \hline 2082 \\ - 17 \\ \hline 2065 \\ - 17 \\ \hline 2048 \\ - 17 \\ \hline 2031 \\ - 17 \\ \hline 2014 \\ - 17 \\ \hline 1997 \\ - 17 \\ \hline 1980 \\ - 17 \\ \hline 1963 \\ - 17 \\ \hline 1946 \\ - 17 \\ \hline 1929 \\ - 17 \\ \hline 1912 \\ - 17 \\ \hline 1895 \\ - 17 \\ \hline 1878 \\ - 17 \\ \hline 1861 \\ - 17 \\ \hline 1844 \\ - 17 \\ \hline 1827 \\ - 17 \\ \hline 1810 \\ - 17 \\ \hline 1793 \\ - 17 \\ \hline 1776 \\ - 17 \\ \hline 1759 \\ - 17 \\ \hline 1742 \\ - 17 \\ \hline 1725 \\ - 17 \\ \hline 1708 \\ - 17 \\ \hline 1691 \\ - 17 \\ \hline 1674 \\ - 17 \\ \hline 1657 \\ - 17 \\ \hline 1640 \\ - 17 \\ \hline 1623 \\ - 17 \\ \hline 1606 \\ - 17 \\ \hline 1589 \\ - 17 \\ \hline 1572 \\ - 17 \\ \hline 1555 \\ - 17 \\ \hline 1538 \\ - 17 \\ \hline 1521 \\ - 17 \\ \hline 1504 \\ - 17 \\ \hline 1487 \\ - 17 \\ \hline 1470 \\ - 17 \\ \hline 1453 \\ - 17 \\ \hline 1436 \\ - 17 \\ \hline 1419 \\ - 17 \\ \hline 1402 \\ - 17 \\ \hline 1385 \\ - 17 \\ \hline 1368 \\ - 17 \\ \hline 1351 \\ - 17 \\ \hline 1334 \\ - 17 \\ \hline 1317 \\ - 17 \\ \hline 1300 \\ - 17 \\ \hline 1283 \\ - 17 \\ \hline 1266 \\ - 17 \\ \hline 1249 \\ - 17 \\ \hline 1232 \\ - 17 \\ \hline 1215 \\ - 17 \\ \hline 1198 \\ - 17 \\ \hline 1181 \\ - 17 \\ \hline 1164 \\ - 17 \\ \hline 1147 \\ - 17 \\ \hline 1130 \\ - 17 \\ \hline 1113 \\ - 17 \\ \hline 1096 \\ - 17 \\ \hline 1079 \\ - 17 \\ \hline 1062 \\ - 17 \\ \hline 1045 \\ - 17 \\ \hline 1028 \\ - 17 \\ \hline 1011 \\ - 17 \\ \hline 994 \\ - 17 \\ \hline 977 \\ - 17 \\ \hline 960 \\ - 17 \\ \hline 943 \\ - 17 \\ \hline 926 \\ - 17 \\ \hline 909 \\ - 17 \\ \hline 892 \\ - 17 \\ \hline 875 \\ - 17 \\ \hline 858 \\ - 17 \\ \hline 841 \\ - 17 \\ \hline 824 \\ - 17 \\ \hline 807 \\ - 17 \\ \hline 790 \\ - 17 \\ \hline 773 \\ - 17 \\ \hline 756 \\ - 17 \\ \hline 739 \\ - 17 \\ \hline 722 \\ - 17 \\ \hline 705 \\ - 17 \\ \hline 688 \\ - 17 \\ \hline 671 \\ - 17 \\ \hline 654 \\ - 17 \\ \hline 637 \\ - 17 \\ \hline 620 \\ - 17 \\ \hline 603 \\ - 17 \\ \hline 586 \\ - 17 \\ \hline 569 \\ - 17 \\ \hline 552 \\ - 17 \\ \hline 535 \\ - 17 \\ \hline 518 \\ - 17 \\ \hline 501 \\ - 17 \\ \hline 484 \\ - 17 \\ \hline 467 \\ - 17 \\ \hline 450 \\ - 17 \\ \hline 433 \\ - 17 \\ \hline 416 \\ - 17 \\ \hline 399 \\ - 17 \\ \hline 382 \\ - 17 \\ \hline 365 \\ - 17 \\ \hline 348 \\ - 17 \\ \hline 331 \\ - 17 \\ \hline 314 \\ - 17 \\ \hline 297 \\ - 17 \\ \hline 280 \\ - 17 \\ \hline 263 \\ - 17 \\ \hline 246 \\ - 17 \\ \hline 229 \\ - 17 \\ \hline 212 \\ - 17 \\ \hline 195 \\ - 17 \\ \hline 178 \\ - 17 \\ \hline 161 \\ - 17 \\ \hline 144 \\ - 17 \\ \hline 127 \\ - 17 \\ \hline 110 \\ - 17 \\ \hline 93 \\ - 17 \\ \hline 76 \\ - 17 \\ \hline 59 \\ - 17 \\ \hline 42 \\ - 17 \\ \hline 25 \\ - 17 \\ \hline 8 \end{array}$$

2) прополет.



$DC = 19,4 : 0,17 = 114 \text{ см}$

$$\begin{array}{r} 194 \quad 17 \\ \times 17 \\ \hline 1358 \\ + 1358 \\ \hline 3310 \\ - 17 \\ \hline 3293 \\ - 17 \\ \hline 3276 \\ - 17 \\ \hline 3259 \\ - 17 \\ \hline 3242 \\ - 17 \\ \hline 3225 \\ - 17 \\ \hline 3208 \\ - 17 \\ \hline 3191 \\ - 17 \\ \hline 3174 \\ - 17 \\ \hline 3157 \\ - 17 \\ \hline 3140 \\ - 17 \\ \hline 3123 \\ - 17 \\ \hline 3106 \\ - 17 \\ \hline 3089 \\ - 17 \\ \hline 3072 \\ - 17 \\ \hline 3055 \\ - 17 \\ \hline 3038 \\ - 17 \\ \hline 3021 \\ - 17 \\ \hline 3004 \\ - 17 \\ \hline 2987 \\ - 17 \\ \hline 2970 \\ - 17 \\ \hline 2953 \\ - 17 \\ \hline 2936 \\ - 17 \\ \hline 2919 \\ - 17 \\ \hline 2902 \\ - 17 \\ \hline 2885 \\ - 17 \\ \hline 2868 \\ - 17 \\ \hline 2851 \\ - 17 \\ \hline 2834 \\ - 17 \\ \hline 2817 \\ - 17 \\ \hline 2800 \\ - 17 \\ \hline 2783 \\ - 17 \\ \hline 2766 \\ - 17 \\ \hline 2749 \\ - 17 \\ \hline 2732 \\ - 17 \\ \hline 2715 \\ - 17 \\ \hline 2698 \\ - 17 \\ \hline 2681 \\ - 17 \\ \hline 2664 \\ - 17 \\ \hline 2647 \\ - 17 \\ \hline 2630 \\ - 17 \\ \hline 2613 \\ - 17 \\ \hline 2596 \\ - 17 \\ \hline 2579 \\ - 17 \\ \hline 2562 \\ - 17 \\ \hline 2545 \\ - 17 \\ \hline 2528 \\ - 17 \\ \hline 2511 \\ - 17 \\ \hline 2494 \\ - 17 \\ \hline 2477 \\ - 17 \\ \hline 2460 \\ - 17 \\ \hline 2443 \\ - 17 \\ \hline 2426 \\ - 17 \\ \hline 2409 \\ - 17 \\ \hline 2392 \\ - 17 \\ \hline 2375 \\ - 17 \\ \hline 2358 \\ - 17 \\ \hline 2341 \\ - 17 \\ \hline 2324 \\ - 17 \\ \hline 2307 \\ - 17 \\ \hline 2290 \\ - 17 \\ \hline 2273 \\ - 17 \\ \hline 2256 \\ - 17 \\ \hline 2239 \\ - 17 \\ \hline 2222 \\ - 17 \\ \hline 2205 \\ - 17 \\ \hline 2188 \\ - 17 \\ \hline 2171 \\ - 17 \\ \hline 2154 \\ - 17 \\ \hline 2137 \\ - 17 \\ \hline 2120 \\ - 17 \\ \hline 2103 \\ - 17 \\ \hline 2086 \\ - 17 \\ \hline 2069 \\ - 17 \\ \hline 2052 \\ - 17 \\ \hline 2035 \\ - 17 \\ \hline 2018 \\ - 17 \\ \hline 2001 \\ - 17 \\ \hline 1984 \\ - 17 \\ \hline 1967 \\ - 17 \\ \hline 1950 \\ - 17 \\ \hline 1933 \\ - 17 \\ \hline 1916 \\ - 17 \\ \hline 1899 \\ - 17 \\ \hline 1882 \\ - 17 \\ \hline 1865 \\ - 17 \\ \hline 1848 \\ - 17 \\ \hline 1831 \\ - 17 \\ \hline 1814 \\ - 17 \\ \hline 1797 \\ - 17 \\ \hline 1780 \\ - 17 \\ \hline 1763 \\ - 17 \\ \hline 1746 \\ - 17 \\ \hline 1729 \\ - 17 \\ \hline 1712 \\ - 17 \\ \hline 1695 \\ - 17 \\ \hline 1678 \\ - 17 \\ \hline 1661 \\ - 17 \\ \hline 1644 \\ - 17 \\ \hline 1627 \\ - 17 \\ \hline 1610 \\ - 17 \\ \hline 1593 \\ - 17 \\ \hline 1576 \\ - 17 \\ \hline 1559 \\ - 17 \\ \hline 1542 \\ - 17 \\ \hline 1525 \\ - 17 \\ \hline 1508 \\ - 17 \\ \hline 1491 \\ - 17 \\ \hline 1474 \\ - 17 \\ \hline 1457 \\ - 17 \\ \hline 1440 \\ - 17 \\ \hline 1423 \\ - 17 \\ \hline 1406 \\ - 17 \\ \hline 1389 \\ - 17 \\ \hline 1372 \\ - 17 \\ \hline 1355 \\ - 17 \\ \hline 1338 \\ - 17 \\ \hline 1321 \\ - 17 \\ \hline 1304 \\ - 17 \\ \hline 1287 \\ - 17 \\ \hline 1270 \\ - 17 \\ \hline 1253 \\ - 17 \\ \hline 1236 \\ - 17 \\ \hline 1219 \\ - 17 \\ \hline 1202 \\ - 17 \\ \hline 1185 \\ - 17 \\ \hline 1168 \\ - 17 \\ \hline 1151 \\ - 17 \\ \hline 1134 \\ - 17 \\ \hline 1117 \\ - 17 \\ \hline 1100 \\ - 17 \\ \hline 1083 \\ - 17 \\ \hline 1066 \\ - 17 \\ \hline 1049 \\ - 17 \\ \hline 1032 \\ - 17 \\ \hline 1015 \\ - 17 \\ \hline 998 \\ - 17 \\ \hline 981 \\ - 17 \\ \hline 964 \\ - 17 \\ \hline 947 \\ - 17 \\ \hline 930 \\ - 17 \\ \hline 913 \\ - 17 \\ \hline 896 \\ - 17 \\ \hline 879 \\ - 17 \\ \hline 862 \\ - 17 \\ \hline 845 \\ - 17 \\ \hline 828 \\ - 17 \\ \hline 811 \\ - 17 \\ \hline 794 \\ - 17 \\ \hline 777 \\ - 17 \\ \hline 760 \\ - 17 \\ \hline 743 \\ - 17 \\ \hline 726 \\ - 17 \\ \hline 709 \\ - 17 \\ \hline 692 \\ - 17 \\ \hline 675 \\ - 17 \\ \hline 658 \\ - 17 \\ \hline 641 \\ - 17 \\ \hline 624 \\ - 17 \\ \hline 607 \\ - 17 \\ \hline 590 \\ - 17 \\ \hline 573 \\ - 17 \\ \hline 556 \\ - 17 \\ \hline 539 \\ - 17 \\ \hline 522 \\ - 17 \\ \hline 505 \\ - 17 \\ \hline 488 \\ - 17 \\ \hline 471 \\ - 17 \\ \hline 454 \\ - 17 \\ \hline 437 \\ - 17 \\ \hline 420 \\ - 17 \\ \hline 403 \\ - 17 \\ \hline 386 \\ - 17 \\ \hline 369 \\ - 17 \\ \hline 352 \\ - 17 \\ \hline 335 \\ - 17 \\ \hline 318 \\ - 17 \\ \hline 301 \\ - 17 \\ \hline 284 \\ - 17 \\ \hline 267 \\ - 17 \\ \hline 250 \\ - 17 \\ \hline 233 \\ - 17 \\ \hline 216 \\ - 17 \\ \hline 199 \\ - 17 \\ \hline 182 \\ - 17 \\ \hline 165 \\ - 17 \\ \hline 148 \\ - 17 \\ \hline 131 \\ - 17 \\ \hline 114 \\ - 17 \\ \hline 97 \\ - 17 \\ \hline 80 \\ - 17 \\ \hline 63 \\ - 17 \\ \hline 46 \\ - 17 \\ \hline 29 \\ - 17 \\ \hline 12 \\ - 17 \\ \hline -5 \end{array}$$

$AB \approx 100 \text{ см}$       $\sqrt{1-0,17^2} \approx 0,9$

$2A \cdot 0,17 = (2A + 100) \cdot 0,07$

$0,12A = 7$

$2A = 70$       $SD = 24 \text{ см}$

$\frac{SD'}{19,4} = \frac{70}{100} \Rightarrow SD' = 14 \text{ см}$

$SS' = \sqrt{24^2 + 14^2} = \sqrt{576 + 196} = \sqrt{772} = 25$

Ответ: 25 см. (2 вопрос).

3) с углом ~~0,17~~



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

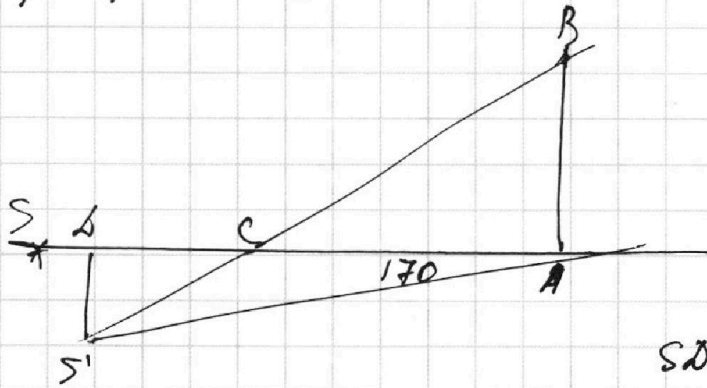
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 5

3) с учетом угла  $0,017$ :



$$0,9 \Delta C = 17 \quad \Delta C = 15$$

$$CA \cdot 0,17 = 0,017 \cdot (BC + 170)$$

$$\frac{170}{\cancel{CA}} = \frac{30}{S'D}$$

$$S'D = 3 \text{ см}$$

$$SD = 154 - 170 - 15 = 10 \text{ см}$$

$$SS' = \sqrt{9 + 100} = 10 \text{ см}$$

Ответ: 10 см

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

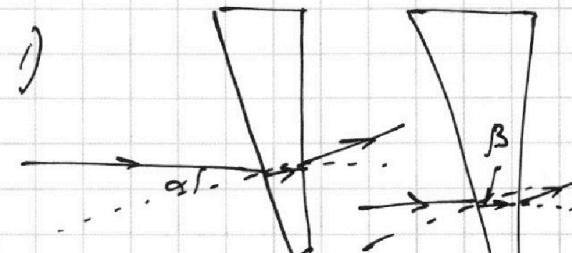
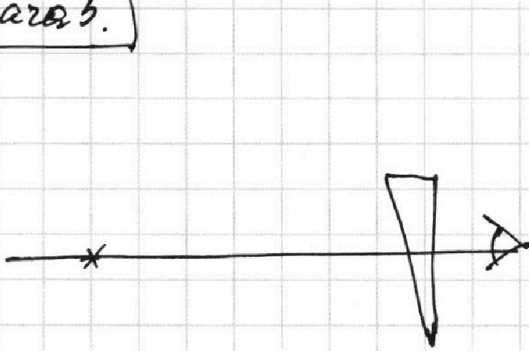
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 5.



$\alpha = \arcsin 0,1$ ;  $\cos \alpha = 1$

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

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

$n_1 \sin(\alpha - \beta) = n_2 \sin \gamma$

$n_1 (\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha) = n_2 \sin \gamma$

$\approx 180^\circ - 90^\circ - \beta - 90^\circ + \alpha = \alpha - \beta$

в объекте сужае

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

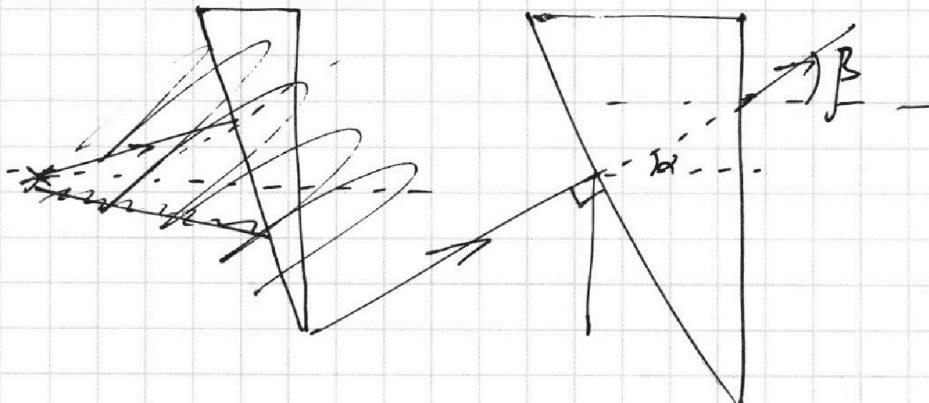
$\sin \gamma = \frac{n_1}{n_2} (\sin \alpha - \sin \beta)$

~~$\sin \gamma = \frac{1}{17} - \frac{10}{289} = \frac{7}{289} \approx \frac{1}{40}$~~

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

Ответ: 0,025 рад.

2) Если  $\psi = 0$ , то луч выходит перпендикулярно верт. фокал.



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

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

Черновик