



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



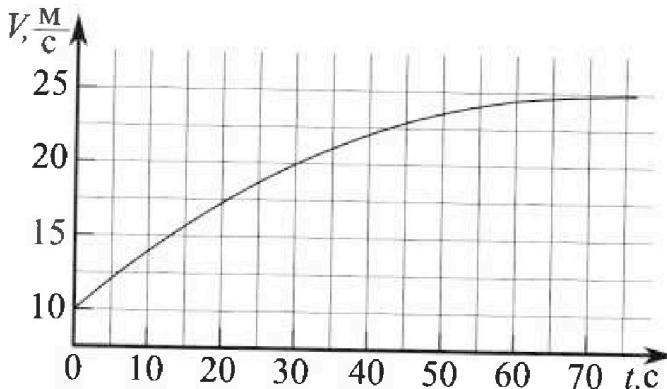
## Вариант 11-01

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 ч исленного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

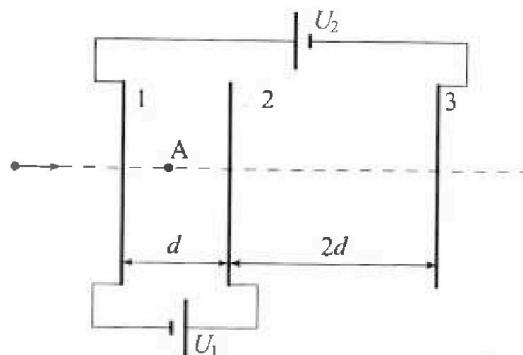


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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:  $\Delta v = kp w$ . 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

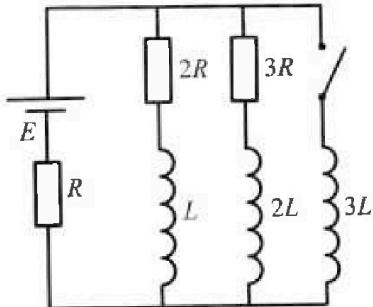
## Вариант 11-01

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.

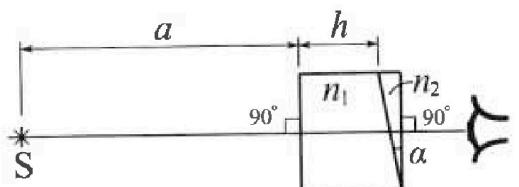
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

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

*МФТИ*

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

Тогда для конечного момента из 2-х законов Ньютона:

$$F_K - F_{\text{comp}, K} = m a_K \quad \Rightarrow \quad F_K - d V_k = m a_K \quad (F_{\text{comp}, K} - \\ F_K - d V_k = 0 \quad d = \frac{F_K}{V_k} = \frac{500 \text{ N}}{\frac{25 \text{ m}}{\text{s}^2}} = 20 \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad \begin{array}{l} \text{Fcomp grue} \\ \text{keren manetra} \end{array}$$

Для момента  $t_1$  на 2 зону Нестора:

$$F_1 - F_{\text{comp},1} = m a_1 \quad (F_{\text{comp},1} = F_{\text{comp}} \text{ gleich wie zuvor (ca. } t_1))$$

$$F_1 = m a_1 + F_{\text{comp},1} = m a_1 + d V_1 = m a_1 + \frac{F_k V_1}{V_k} =$$

$$= 1800 \text{ kN} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 20 \frac{\text{H}\cdot\text{c}}{\text{m}} \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2200 \text{ H}$$

Ober:  $F_1 = 2200 \text{ H}$

3)  $P_1 = \frac{\Delta l_1 \cdot F_1}{\Delta t_1}$ , где  $\Delta l_1$  - ~~занесенное~~ занес расстояние, преодоленное машиной за такое время с той же скоростью  $V_1$ ) то есть  $P_1 = \frac{\Delta A_1}{\Delta t}$  ( $\Delta A_1 = F_1 \Delta l_1$  - задоранная сила  $F_1$  за время  $\Delta t$ ), то т.к.  $\frac{\Delta l_1}{\Delta t} = V_1$ , то

$$P_1 = F_1 V_1 = 220 \text{ N} \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 44 \text{ kBT}$$

$$\text{Orbeit: } P_1 = 44 \kappa B_T$$



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!

### Задача 1.

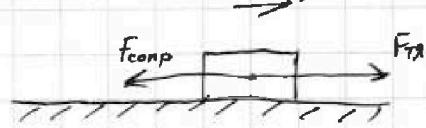
1) Т. к. ускорение - приводная скорость по времени,  $a_1 = \frac{v}{t}$ , где  $a_1$  - ускорение машины в единицах, когда её скорость равна  $v_1$ . На графике видно, что касательная к нему в точке  $\exists \text{ на } (t_1; v_1)$ , где  $t_1$  - время, когда была скорость  $v_1$ , наклонена под углом, тангенс которого равен  $\frac{1}{2}$  ~~в квадратных~~ в квадратах, т. е.  $\frac{10 \frac{m}{s}}{10 s} = 1 \frac{m}{s^2}$ .

$$\text{Ответ: } a_1 = 1 \frac{m}{s^2}$$

2) Т. к. в конце ускорения скорость машины не могла не увеличиться, и остановившись к  $25 \frac{m}{s}$ , то конечное ускорение  $a_k$  и скорость  $v_k$  <sup>принимаем</sup> равны:

$$a_k = 0 \quad V_k = 25 \frac{m}{s}$$

Т. к.  $a_k = 0$ , то в конце равнодействующего на машину сила босса равна 0. Покажем схему:



где  $V$  - скорость автомобиля,  $F_{fr}$  - сила тормоза, а  $F_{comp}$  - сила сжатия.

Т. к. сила сжатия пропорциональна скорости, записано  $F_{comp} = \alpha V$ , где  $\alpha$  - коэф. пропр.,  $\alpha = \text{const.}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

### Задача 2.

1) Т. к. поршень делит сосуд на 2 равные части, объём каждой из частей равен  $\frac{V}{2}$ , т. к. б самой части вода занимает  $\frac{V}{2}$ , то газ занимает  $\frac{V}{4} (\frac{V}{2} - \frac{V}{4})$ . Давление пара снизу и сверху поршня одинаковое, т. к. он небескожий. Тогда, пренебрегая давлением пара воды получаем:

$$P_0 = \frac{\nu_H R T_0}{\frac{V}{4}} = \frac{\nu_B R T_0}{\frac{V}{2}}, \text{ где } \nu_H - \text{компактность газа сверху, а}$$

$\nu_B$  - сверху поршня), получаем  $4\nu_H = 2\nu_B \Rightarrow \nu_B = 2\nu_H$ ,

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

$$\text{Ответ: } \frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$$

2) Т. к. при температуре  $T$  давление водяных паров равно  $P_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$ , и уменьшить газ почти не расходится в веде, то в гидростатическом состоянии будет  $\nu_H + \Delta\nu_0$  др. газа,  $\Delta\nu_0$  - расходящая часть газа при  $T_0$ . Наг поршнем все останется  $\nu_B$  газа.

Запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона:

$$(\nu_H + \Delta\nu_0) \cdot R \cdot T = P_{\text{жк}} \left( \frac{V}{5} + \frac{V}{4} \right) \left( V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} \right), \text{ где } P_{\text{жк}} - \text{давление жк газа над поршнем на поверхности},$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

**МФТИ**

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

каждой из сторон на поршень а  $V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}$  - общий  
затягивающий газовы под поршнем.

$P_K \frac{V}{5} = P_B R T$   $P_K$  - давление на поршень ~~под~~ с  
каждой из сторон при  $T$ .

$$P_K = P_{\text{ук}} + P_{\text{АТМ}}$$

$$\Delta V_0 = k P_0 \frac{V}{4}$$

Тогда получаем ~~и~~ всё это и приравняем  $P_K$ :

$$P_K = \frac{\lambda_B R T}{\frac{V}{5}} = \frac{\left(\frac{V_B}{2} + k P_0 \frac{V}{4}\right) \cdot R T}{\left(V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5}\right)} + P_{\text{АТМ}}$$

$$\frac{5}{V} \lambda_B R T = \frac{\frac{20}{11} \frac{V_B}{2} R T}{V} + \frac{k P_0 \frac{V}{4} \cdot \frac{20}{11} R T}{V} + P_{\text{АТМ}}$$

$$\text{т.к. } P_0 = \frac{V_B R T}{\frac{V}{2}} = 2 \frac{V_B R T}{V}, \text{ то}$$

$$2,5 P_0 = \frac{5}{11} P_0 + \frac{5}{11} k P_0 \cdot R T + P_{\text{АТМ}}$$

$$P_0 \left( 2,5 - \frac{5}{11} - \frac{5}{11} k R T \right) = P_{\text{АТМ}} \quad (k R T = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = 1)$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{АТМ}}}{2,5 - \frac{5}{11} - \frac{5}{11} k R T} = \frac{P_{\text{АТМ}}}{\frac{55}{22} - \frac{20}{22}} = \frac{P_{\text{АТМ}} \cdot 22}{35} = \frac{22}{35} P_{\text{АТМ}}$$

Ответ:  $\frac{22}{35} P_{\text{АТМ}}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

Zagara 3.

1) Т. к. симптоматичні загрози серок пакету винесли до ризику, але не змінили параметрів серок пакету, то вони залежать від кількості пакетів.

*Chrysanthemum coronarium* L.

$$\text{Tonga} \quad \text{frequ} \quad V_2 - V_1 = \frac{1}{2 \pi C_0} - \frac{1}{2 \pi C_0}$$

$U_2 - U_1 = E_{23} \cdot 2d$ ,  $E_{23}$  – напряженность поля между 2 и 3

$U_1 = E_{12} d$  *расстояние сжатия,  $E_{12}$  - модуль 1 и 2.*

Т. к. изображение - это разность потенциалов в токе,   
куда она небезразмерна.

Тогда memory скажет  $a_{12}$  ускорение  $a_{12}$  на  
расстоянии  $R$ :  $a_{12} = \frac{E_{12}g}{m} = \frac{U_1 g}{dm} = \frac{U_1 g}{d m}$ . Ответ:  $a_{12} = \frac{U_1 g}{d m}$

2) T. K. напрежимою бе създала  $0$ ,  $K_1 = \frac{m V_0^2}{2}$   
но реагира  $\text{ad}$  уп. кин. засега  $K_2 = K_1 + \Delta \text{кин.}$

$A_{\text{спец}} = E_{12} q \cdot d$ , т. к.  $E_{12}$  направлено вправо (т. к. на  
вс.  $U_1$  наст. конд. подключен к 2-ой катке)

$$\text{Orientaga } K_2 - K_1 = E_{12} q \cdot d = \frac{U_1 q d}{d} = U_1 q. \quad \text{Orientaga}$$

$$\text{Torque } K_1 - K_2 = -U_1 q \quad \text{Or better: } -U_1 q$$



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!

3)  $V_A$  - окончательная скорость. По той же теореме:

$$K_A = E_{12} \frac{d}{3} + K_1 \quad K_A - \text{затраченная кин. энергия б/т. А.}$$

$$K_A = \frac{m V_A^2}{2}$$

$$V_A = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{U_1 d}{d \cdot 3} + \frac{m V_1^2}{2} \right)} = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{U_1}{3} + \frac{m V_1^2}{2} \right)} = \sqrt{\frac{2 U_1}{3 m} + V_1^2}$$

$$\text{Ответ: } V_A = \sqrt{\frac{2 U_1}{3 m} + V_1^2}$$



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 checked="" type="checkbox"/> 4 | <input 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!

### Задача 4.

1) при разомкнутом ключе 16 установившееся  
напряжение напротив полюса на катушке отсутствует,  
так как через него постоянный. Получается:

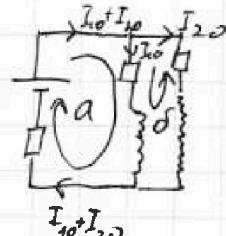
~~Е = I<sub>10</sub> · 2R + I<sub>20</sub> · 3R~~ если  $I_{20}$  - ток через реостат  $3R$ ,

то по правилам Кирхгофа:

$$a) E = I_{10} \cdot 2R + (I_{20} + I_{10})R$$

$$b) 0 = I_{10} \cdot 2R - I_{20} \cdot 3R$$

$$I_{20} = \frac{3}{2} I_{10}$$



$$\text{или } \frac{E}{R} = 2I_{10} + \frac{3}{2} I_{10} + I_{10} \quad \text{и } I_{10} = \frac{E}{\frac{7}{2}R} \quad I_{10} = \frac{2E}{9R}$$

$$\text{Ответ: } I_{10} = \frac{2E}{9R}$$

2) Напряжение на катушке  $3L$  сразу после замыкания равно  $E - (I_{10} + I_{20})R$ . Напряжение на катушке - это скорость изменения тока на индуктивность.

$$\text{Отсюда } \dot{I}_{3L} \cdot 3L = E - (I_{10} + I_{20})R \quad \dot{I}_{3L} = \frac{E - \frac{5}{2}I_{10}R}{3L} = \frac{E}{3L} \left(1 - \frac{5}{2} \cdot \frac{2}{9}\right)$$

$$= \frac{E}{3L} \left(\frac{14}{9}\right) = \frac{4E}{27L} \quad \text{Ответ: } \frac{4E}{27L}$$

3) В следующий момент времени после замыкания ключа (в индексе соотв. элементу, например  $I_{3L}'$ )

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"/> |

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

**МФТИ**

так через катушку  $3L$ :

$$\cancel{I_{2R} = I_{2R}} \quad \cancel{I_{2R} = I_{2R}}$$

$$\dot{I}_{3L} \cdot 3L = I_{2R} \cdot 2R + \dot{I}_{2R} \cdot L$$

$$\frac{dI_{3L}}{dt} \cdot 3L = I_{2R} \cdot 2R + \frac{dI_{2R}}{dt} \cdot L$$

$$dI_{3L} \cdot 3L = I_{2R} \cdot dt \cdot 2R + dI_{2R} \cdot L$$

При проходим через по всему времени:

$$(I_k - 0) \cdot 3L = q_{2R} \cdot 2R + (0 - I_{10}) \cdot L$$

$I_k$  — ток в уст. режиме,  $I_k \cdot R = E$   $I_k = \frac{E}{R}$

$$\frac{3EL}{R} = 2q_{2R} \cdot R - \frac{2EL}{9R}$$

$$q_{2R} = \frac{EL}{2R^2} \left( 3 - \frac{2}{9} \right) = \frac{EL}{2R^2} \cdot \frac{25}{9} = \frac{25}{18} \frac{EL}{R^2}$$

$$\text{Ort: } \frac{25}{18} \frac{EL}{R^2}$$



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!

\*

### Задача 5

1) согласно закону преломления, т. к.  $n_1 = n_3$ , приходит с показателем  $n_1$  винетка на воду будет так же, как её отсутствует. рассмотрим ход луча через прелом "n<sub>2</sub>".



$$n_2 \sin \beta = \cancel{n_1} \sin \alpha$$

$$\gamma = \cancel{180^\circ} - (180^\circ - \delta) - \beta$$

$\sin \varphi = n_2 \sin \gamma$  угол падения  $\alpha$ , т. к.  $n_1$  прелом  $\alpha$ , угол между перпендикулярами к границе twice  $\alpha$ , значит  $\alpha = 180^\circ - \varphi$ .  
т. к. углы малые,  $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\sin \beta \approx \beta$  получаем

$\alpha, \beta, \gamma, \varphi$  соотвественно. Получаем:

$$\beta = n_2 \alpha \quad \gamma = 180^\circ - 180^\circ + \alpha - \frac{n_2 \alpha}{n_2}$$

$$\varphi = n_2 (\alpha - \frac{n_2 \alpha}{n_2}) = 1,7 (0,1 \text{ rad}) / 0,7 \text{ rad} \Rightarrow n_2 \alpha - \alpha = 0,14 - 0,1 \text{ rad}$$

$$\varphi = 0,04 \text{ rad} \quad \text{Ответ: } \varphi = 0,04 \text{ rad.}$$

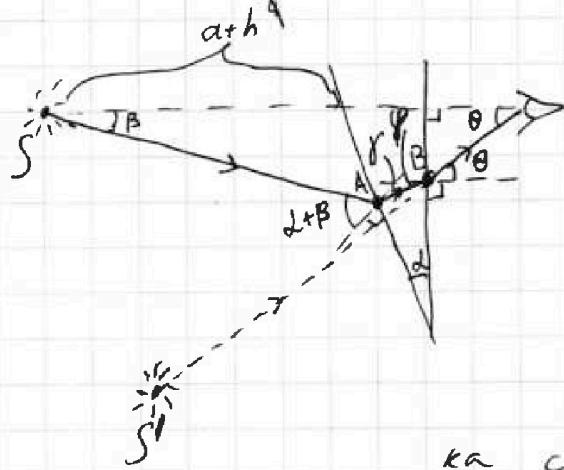
2) Изменение пути света от источника близко:



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

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

2) Показать, что из источника в шахте:

Если  $\beta > \alpha$ , то луч не падает на ось.Точки A и B погиб  
солнечатор, тогда  
 $SA \approx S'B$ . Получается $SS'$ -основание р/б треугольни-  
ка с боковой стороной  $AB$ . $SA = \frac{a+h}{\cos \beta}$ . Рассмотрим угол падения и про-  
цессия света направо:  $\alpha + \beta = n_2 \gamma$ 

$$\varphi = 180^\circ - (180^\circ - \alpha) - \gamma = \alpha - \gamma$$

$$n_2 \varphi = \theta \quad \theta = n_2 (\alpha - \frac{\alpha + \beta}{n_2}) = n_2 \alpha - \alpha + \frac{\beta}{n_2} \cancel{n_2}$$

~~Получается  $SS' = SA \sin(\theta + \beta) = SA \left( \frac{\theta + \beta}{2} \right)$~~  ~~$= SA \left( \alpha(n_2 - 1) + \beta \left( \frac{1}{n_2} + 1 \right) \right)$~~ Т. к.  $a + h > (a + h) \sin \beta$ ,

S и S' находятся одинаково друг над другом.

$$\text{Тогда } SS' = SA \sin \theta - SA \sin \beta = \frac{a \alpha + \beta h}{\cos \beta} (\theta - \beta) =$$

$$= (a + h) / (n_2 \alpha - \alpha + \cancel{n_2 \beta} - \beta) = (a + h) \alpha / (n_2 - 1) = 205 \text{ см} \cdot 0,1 \cdot 0,7 =$$

$$= 205 \text{ см} \cdot 0,07 = 14,35 \text{ см}$$

Ответ:  $SS' = 14,35 \text{ см}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

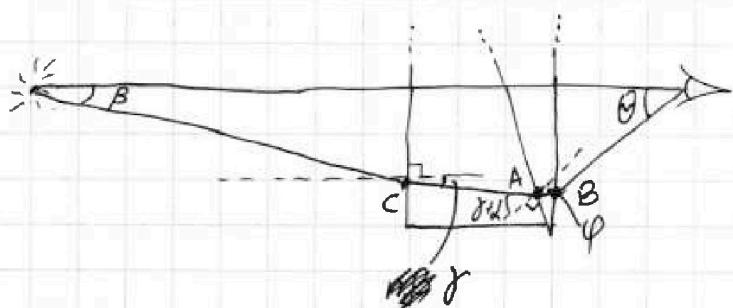
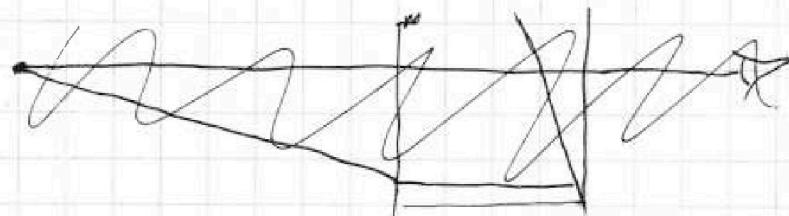
решение которой представлено на странице:

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



Заменил первые 2 преломления луча под углом

$\beta$  к оси:

$$\beta = n_2 \gamma \quad \gamma = \frac{\beta}{n_1} \quad n_2 \varphi = n_1 (\gamma + \alpha)$$

$\varphi = \frac{n_1}{n_2} \left( \frac{\beta}{n_1} + \alpha \right) = \frac{\beta}{n_2} + \frac{n_1}{n_2} \alpha$  Заметил, этого угла  
аналогичен тому же  $\varphi$  из пункта 2. (то есть угла  
преломления луча под углом  $\beta$ ). Только теперь  
коэффициент перед  $\alpha$  не  $\frac{1}{n_2}$ , а  $\frac{n_1}{n_2}$



$$\omega = \alpha - \varphi = \alpha - \frac{n_1 \alpha + \beta}{n_2}$$

$$\theta = n_2 \omega = n_2 \alpha - n_1 \alpha + \beta$$

$\theta$  аналогичен  $\theta$  из п. 2., но  
коэффициент перед  $\alpha$  больше в  $n_2$  раз.

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

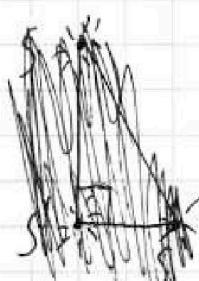
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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

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

**МФТИ**

Тогда 158° горизонтальное перенесение света,

$SS'$ , почти перпендикуляр оси. Его значение  
обусловлено тем, что скорость света в прозрач-  
 $n_1$  меньше с. Можно сказать, что:



Изображение в этом случае будет  
то же почти на перпендикуляре к  
оси, но чуть ближе к  $S$ , т.к. угол  
наклона ~~к оси~~ участка  $AC$  меньше, чем  
 $SC$ . Получается  $SS' = \frac{a}{\cos \beta} \left( \sin \theta - \sin \beta \right) +$

$$+ \frac{h}{\cos \beta} \left( \sin \theta - \sin \beta \right) = a / (\theta - \beta) + \frac{h / (\theta - \beta)}{n_1} =$$

$$= a / (n_2 \alpha - n_1 \alpha) + h / (n_2 \alpha - n_1 \alpha) = (a + h) / (n_2 - n_1) \alpha =$$

$$= 0,1 \cdot 0,2 \cdot \left( 1,94 + \frac{9}{1,5} \right) = 0,02 \cdot 2,00 = 0,04 \text{ см}$$

Ответ: ~~0,04~~ 4 см