

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

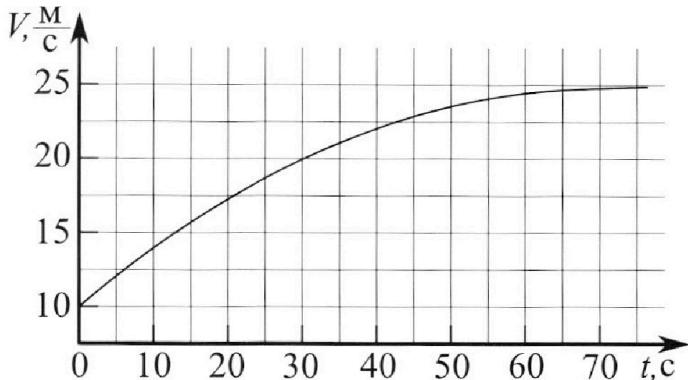


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

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

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.

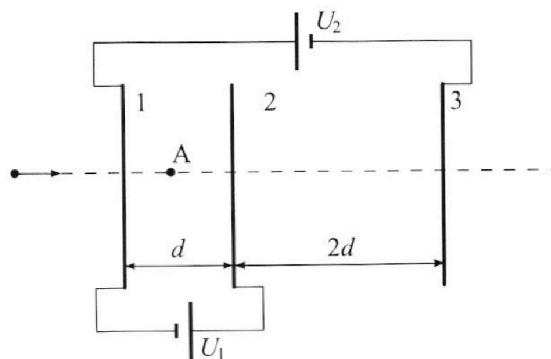


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $R T \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R – универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите 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.



- 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 $d/4$ от сетки 1.

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



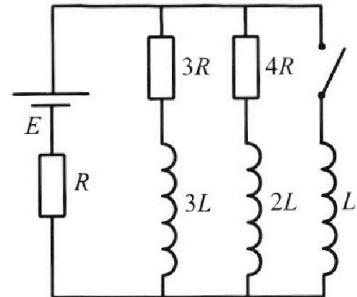
Вариант 11-03

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

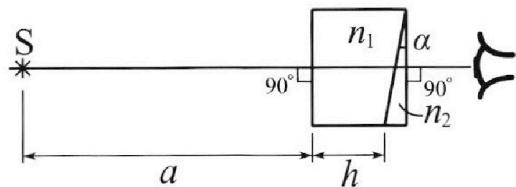
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установленся. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{10} 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 $n_b = 1,0$. 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.



- 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

n 1.

В конце разгона ускорение автомобиля $a = \frac{dv}{dt} \rightarrow 0$ (очень мало).

Можно записать условие равновесия для движущегося автомо-
байка: $F_k = \alpha v_k$ (здесь $v_k = 25 \text{ м/с}$ - скорость автомобиля в конце
разгона, α -коэффициент пропорциональности между силой сопротив-
ления движения и скоростью). Отсюда находим $\alpha = \frac{F_k}{v_k} = 24 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}$

Ускорение автомобиля в начальный момент времени определяется
как тангенс угла наклона касательной к графику $v(t)$ при $t=0$.

В первые 5 с скорость меняется почти линейно и в момент времени
5 с составляет примерно $10 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{4}{5} \cdot 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, то есть изме-
нение скорости $\Delta v \approx 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, и ускорение $a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5 \text{с}} \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Запишем второй закон Ньютона для автомобиля в начальный
момент времени: $ma_0 = F_0 - \alpha v_0 \Rightarrow F_0 = ma_0 + \alpha v_0 = ma_0 + F_k \frac{v_0}{v_k} =$
 $= 1500 \text{ кг} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 24 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 840 \text{ Н}$

Мощность двигателя идёт на разгон автомобиля и работу
сопротивления
против силы трения воздуха (в начале разгона колёса не про-
(у машиной точки колеса скорость не v_0 , поэтому нужно считать отдельно силы трения колёз)
скользят, и мощность сил трения равна 0) $\Rightarrow P_0 = m v \frac{dv}{dt} + \alpha v^2$. При
последней мощности

$$v = v_0 \text{ и } a = a_0 \Rightarrow P_0 = m v_0 a_0 + \alpha v_0^2 = F_0 v_0 \approx 8,4 \text{ кВт}$$

Ответ: $a_0 \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, $F_0 \approx 840 \text{ Н}$, $P_0 \approx 8,4 \text{ кВт}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

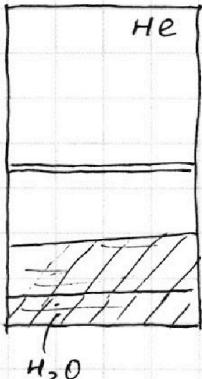


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ

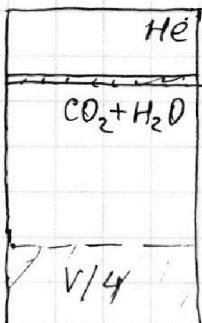
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

n 2.



При константной температуре давление снизу
создаётся только угл. газом (в газообразном состоя-
нии), тогда его давление было равно $P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$,
а для количества растворённого газа $\Delta V = k \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} =$
 $= \frac{1}{8} k P_{\text{атм}} V$. Количество CO_2 в газообразном состоянии
найдём из уравн. Менд.-Клан.: $P_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = V, RT_0 \Rightarrow V = \frac{P_0 V}{4RT_0} = \frac{P_{\text{атм}} V}{8RT_0}$

То есть полное количество CO_2 $V_{\text{CO}_2} = V + \Delta V = \frac{P_{\text{атм}} V}{8} \left(k + \frac{1}{RT_0} \right)$



В конечном состоянии следует учитывать дав-
ление насыщенного вод. пара (в равновесии с жидкостью),
при $T = 373 \text{ K} = 100^\circ\text{C}$, равное $P_{\text{атм}}$.

Давление в начале и в конце: $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = V_{\text{He}} RT_0$

$$P_K \cdot \frac{V}{5} = V_{\text{He}} RT \Rightarrow \frac{4}{5} \cdot \frac{P_K}{P_{\text{атм}}} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow P_K = \frac{5T}{4T_0} \cdot P_{\text{атм}}$$

Давление CO_2 снизу найдём из условия $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = \frac{5T}{4T_0} \cdot P_{\text{атм}} =$
 $\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) \cdot P_{\text{атм}}$. Объём CO_2 в конце $V_K = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11}{20} V$

Так как при темп. T CO_2 не растворяется, его количество в газообразном

$$\text{состоянии} \text{ равно } V_{\text{CO}_2} \Rightarrow \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) P_{\text{атм}} \cdot \frac{11}{20} V = \frac{P_{\text{атм}} V}{8} \left(k + \frac{1}{RT_0} \right) \cdot RT$$

$$\text{Отсюда, сокращая на } P_{\text{атм}} V, \text{ получим } \frac{11}{20} \left(\frac{5T}{4T_0} - 1 \right) = \frac{1}{8} \left(kRT + \frac{T}{T_0} \right)$$

$$\frac{11}{16} \cdot \frac{T}{T_0} - \frac{11}{20} = \frac{kRT}{8} + \frac{1}{8} \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{9}{16} \frac{T}{T_0} = \frac{kRT}{8} + \frac{11}{20}, \frac{T}{T_0} = \frac{2}{9} kRT + \frac{44}{45} \quad \text{□}$$



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!

n 2 - продолжение

$$\Leftrightarrow \frac{2}{9} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 + \frac{44}{45} = \frac{1}{3} + \frac{44}{45} = \frac{44+15}{45} = \frac{59}{45} \approx 1,3$$

Ответим теперь на первый вопрос. Температура газов сверху

и снизу равна, и.к. поршень теплоизолирующий. Уравнения М.-К.

для газов сверху и снизу: $P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_{\text{верх}} RT_0$, $P_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4}\right) = V_{\text{ниж}} RT_0$

$$\text{Тогда } \frac{V_{\text{верх}}}{V_{\text{ниж}}} = \frac{P_0 V / 2}{P_0 V / 4} = 2$$

$$\text{Ответ: } \frac{V_{\text{верх}}}{V_{\text{ниж}}} = 2, \frac{T}{T_0} \approx \frac{59}{45} \approx 1,3$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

н 3.

Так как размеры сеток много больше d , будем считать сетки идеальными конденсаторами, электрическое поле внутри ячейк однородно (наружное в областях 12 и 23) и направлено перпендикулярно пластинам. Пусть поле в области 12 равно E_{12} , в области 23 E_{23} . Тогда напряжение между пластинами 1 и 2 $U_1 = U = E_{12}d$ (E_{12} направлено влево, так как потенциал сетки 2 больше потенциала сетки 1) $\Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}$.

Значит в области 12 частица будет тормозиться, и на неё действует сила $F_{12} = E_{12}q = \frac{qU}{d} = ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{qU}{md}$ — ускорение в области 12.

При пролёте от сетки 1 к сетке 2 потенциал ее возрастает на $U_2 = U$. Тогда можно записать закон сохранения энергии: $K_1 + q\varphi_1 = K_2 + q\varphi_2$ (изменением энергии взаимодействия заряда с пленками пренебрежем) Тогда $K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU_1 = qU$.

Суммарный заряд сеток равен нулю, поэтому, как и в случае плоского конденсатора, сила поля вне пластин равна нулю. Тогда около пластины 1 скорость частицы всё ещё равна v_0 , и только при въезде в систему она начинает меняться.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

МФТИ

№ 3 - продолжение

В положении на расстояние $\frac{d}{4}$ ~~помещенном~~ от сечки 1 потенциал больше, чем потенциал сечки 1, на $E_{12} \frac{d}{4} = \frac{U}{4}$.

Тогда закон сохранения энергии $q\varphi_1 + \frac{mv_0^2}{2} = q(\varphi_1 + \frac{U}{4}) + \frac{mv^2}{2}$

Отсюда $v^2 = v_0^2 - \frac{qU}{2m}$, и $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$ при $v_0^2 \geq \frac{qU}{2m}$. В противном случае частица не дойдет до нужного положения.

Ответ: $a_1 = \frac{qU}{md}$, $K_1 - K_2 = qU$, $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$ при $v_0^2 \geq \frac{qU}{2m}$ и

↗ решение не сущ. при $v_0^2 < \frac{qU}{2m}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

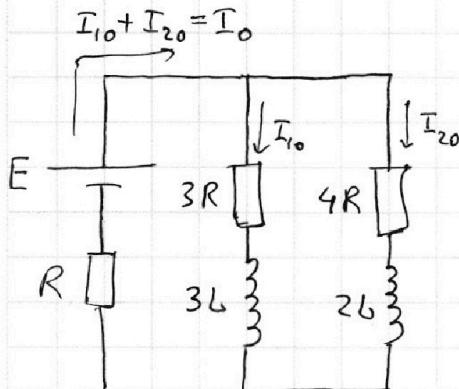
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

№ 4.



В установившемся режиме ток через катушки не меняется, значит напряжение на них равно нулю.

Пусть ток через $4R$ I_{20} , тогда

$$3RI_{10} = 4RI_{20} \text{ и } I_{20} = \frac{3}{4}I_{10}, \text{ и общий}$$

ток (через E) $I_0 = I_{10} + I_{20} = \frac{7}{4}I_{10}$. Закон Кирхгофра:

$$E = 3RI_{10} + R \cdot \frac{7}{4}I_{10} = \frac{19}{4}RI_{10} \Rightarrow I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

Токи I_{10} и I_{20} через катушки не могут изменяться мгновенно, значит не изменился и ток через E I_0 (в катушке L в начальный момент ток тоже равен нулю). Тогда напряжение на катушке L

$$U_L = E - I_0 R = I_{10} \cdot 3R = \frac{12}{19}E = L \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow \frac{dI_L}{dt} = \frac{12E}{19L}$$

В установившемся режиме напряжение на катушке L равно нулю, тогда конечный ток I_K удастся. Условие $E - RI_K = 0 \Rightarrow I_K = \frac{E}{R}$. Весь ток I_K течёт через L , и.к. на каждой катушке напряж. 0 и напрям. на катушке + резисторе = 0 \Rightarrow ток через резисторы $3R$ и $4R$ 0.

Закон Кирхгофра: $3L \frac{dI_L}{dt} + 3RI_1 = L \frac{dI_L}{dt}$ (направл. токов совпадают). Домножим на dt : $3LdI_L + 3RIdt = LdI_L$. Но $I_1 dt = d\varphi$ - заряд, прошедший через резистор $3R$ за время dt . Суммируем это выражение



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!

~ 4 - продолжение

$$\text{решение: } 3L\Delta I_1 + 3R\Delta Q = L\Delta I_L. \text{ Но } \Delta I_1 = I_{1K} - I_{10} = 0 - \frac{4E}{19R} = -\frac{4E}{19R}$$

$$\Delta I_L = I_K - 0 = \frac{E}{R}. \text{ Представляем: } -3L \cdot \frac{4E}{19R} + 3R\Delta Q = \frac{LE}{R}$$

$$\text{Отсюда } 3R\Delta Q = \frac{LE}{R} \left(1 + \frac{12}{19}\right) = \frac{31LE}{19R}. \text{ Возвращаем } \Delta Q = \frac{31LE}{57R^2}$$

$$\text{Ответ: } I_{10} = \frac{4E}{19R}, \frac{dI_L}{dt}(0) = \frac{12E}{19L}, \Delta Q = \frac{31LE}{57R^2}.$$

На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДНУ** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

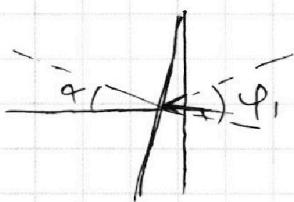
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

№ 5.



Излучай перпендикулярно левой грани луч

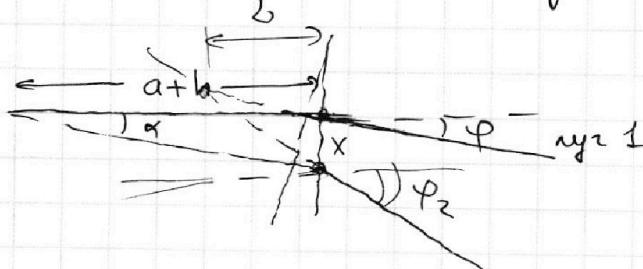
впервые преломляется под гипотенузе призмы.

Для этого преломление введён угол φ к нормали гипотенузог, под ком. ~~внешним~~ начинает идти луч ввыши призмы.

Закон Снелля $n_1 \alpha = n_2 \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{n_1}{n_2} \alpha < \alpha$ (рисунок сделан не вполне корректно). Угол к нормали правой грани $\varphi_2 = |\varphi_1 - \alpha| = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$. Закон Снелля для преломления на этой поверхности

$n_2 \varphi_2 = \varphi$, где φ - искомой угол отклонения луча. Тогда
 $\varphi = n_2 \cdot \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \alpha (n_2 - n_1) = 0,07$ рад

Изображение находится в месте пересечения лучей от источника, прошедших через призму. Можно рассмотреть луч, излучай перпендикулярно гипотенузе (в таком случае он не будет под ней преломляться). Призма с подгл. прелом. $n_1 = 1$ - воздух, и луч ~~на него~~^{не} преломляется. Для этого луча закон преломления $n_2 \alpha = \varphi_2$



(φ_2 - угол, под которым

~~входит~~^{выходит} второй луч)

Расстояние между точкой-

ми преломления лучей $x \approx (a+b) \alpha$.



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"/> |

МФТИ.

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

№ 5 (продолжение)

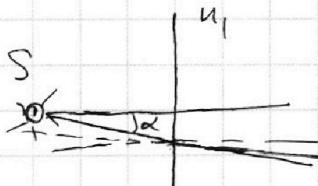
Пусть нуродимение лугей пересекаются на расстоянии L
оти препомняющей поверхности. Тогда, поскольку угол мало:

$$L\varphi_2 - L\varphi = L(\varphi_2 - \varphi) = L(n_2\alpha - (n_2 - n_1)\alpha) = \alpha L = (a + h)\alpha$$

Онсюда $L = a + h$, то есть луги пересекаются над источником.

Втсома изображение над источником $h \approx \varphi L = (\cancel{\alpha}(n_2 - 1)(a + h)) =$
 $= 0,07 \cdot 104 \text{ см} \approx 7,3 \text{ см}$.

Когда $n_1 = 1,4$, второй луг провести не так просто. Для этого
построим изображение источника в призме с показателем пре-
ломления n_1 . Оно находится в месте пересечения продолжений



лугей от источника. Перпендикулярный луг
идёт без преломления, быведший под углом
 α преломляется: $\alpha = n_1\varphi_3 \Rightarrow \varphi_3 = \frac{\alpha}{n_1}$ —

угол к нормали, под которым распространяется второй луг

в среде n_1 . Расстояние между точками входа в среду

$x = a \cdot \alpha$, тогда продолжение пересекущих слева от границы
на расстоянии \tilde{z} $a^* = \frac{x}{\varphi_3} = n_1 a$ от неё. То есть можно считать,

что луги изогнуто распространяются в среде с показателем

преломления n_1 , ~~от~~ от источника, находящегося на расстоянии

$n_1 a + h$ от призмы n_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 |
| <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

5-продолжение

~~Всё~~

В такой системе угол отклонения нормального угла

$\varphi' = \alpha(n_2 - n_1) = 0,03$ рад (по выведенной формуле), перпендикулярного гипотенузе $\varphi'_2 = \varphi_2 = n_2 \alpha$, но расстояние между тонкими преломлениями $x' = (a^* + h)\alpha = (n_1 a + h)\alpha$.

Для аналогичного расстояния L' получим

$$L'(\varphi'_2 - \varphi') = L' \cdot n_1 \alpha = x' = (n_1 a + h)\alpha \Rightarrow L' = a + \frac{h}{n_1} -$$

-расстояние от границы $n_2 = 1$ до ~~второго~~ второго изображения

источника, который находится левее. Данное изображение

находится на $a + h - a - \frac{h}{n_1} = h(1 - \frac{1}{n_1})$ ближе к наблюдателю по

горизонтали, а также имеет координату $h_u = L' \cdot \varphi' = \left(a + \frac{h}{n_1}\right)(n_2 - n_1)\alpha$

по вертикали. Т.е. $R_x = 14 \text{ см} \cdot \left(1 - \frac{1}{1.4}\right) = 4 \text{ см}$ по горизонтали

и $(50 + 10) \cdot 0.3 \cdot 0.1 \text{ см}$ по вертикали = 3 см по вертикали.

Таким образом, расстояние до источника $\ell_2 = \sqrt{3^2 \text{ см}^2 + 4^2 \text{ см}^2} = 5 \text{ см}$

Ответ: $\varphi = 0,07$ рад, $\ell_1 \approx 7,3 \text{ см}$; $\ell_2 = 5 \text{ см}$.