



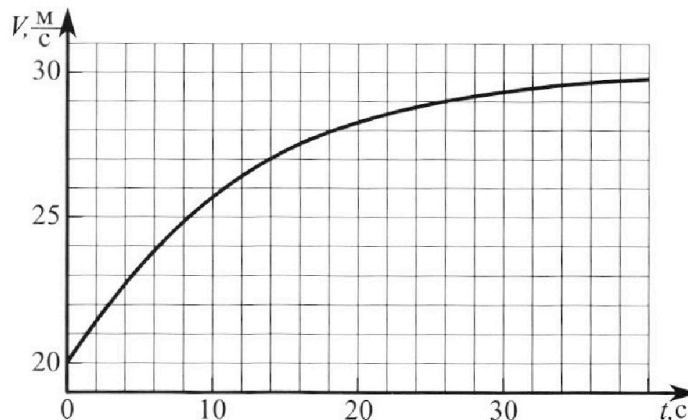
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

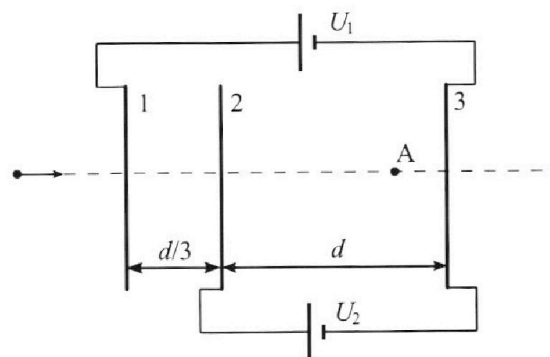
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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 конечное давление в сосуде  $P$ . 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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.

2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

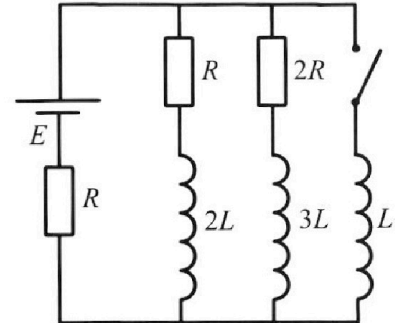
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Каков 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  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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.

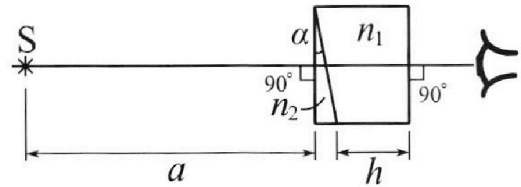


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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!

① ~~Мощность~~ Ускорение - это скорость изменения скорости, т.е.  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ,  
 $\Delta t \rightarrow 0$ . Рассм. точку  $v_1 = 27$  м/с. <sup>до 149</sup> Можно заметить, что в точках  
 $t = 12$  с и  $t = 16$  с скорости отлич. от  $v_1$  примерно на  $0,5$  м/с.  
Тогда ускор. в т.  $v_1 = 27$  м/с:

$$a = \frac{dv}{dt} \approx \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,5 \cdot 2}{2+2} = \boxed{0,25 \text{ м/с}^2}$$

~~Мощность~~ Т.к. мощность постоянна, то:

$$P = \frac{F ds}{dt} = Fv = \text{const}$$

В конце разгона  $F_{\text{снрк}} = 405$  Н. Т.к. в конце разгона  $ma \ll F_{\text{снрк}}$   
(ускорение мало), то из II з. Ньютона  $F_{\text{снрк}} \approx F_{\text{тяги}}$ ,  $v_k = 30$  м/с

$$v_k \cdot F_{\text{тяги}} = F_{\text{тяги}} \cdot v_1 \Rightarrow F_{\text{тяги}} = \frac{F_{\text{снрк}} \cdot v_k}{v_1} = \frac{405 \cdot 30}{27} = 450 \text{ Н}$$

По II з. Ньютона:

$$ma = F_{\text{тяги}} - F_1 \Rightarrow F_1 = F_{\text{тяги}} - ma = 450 - 300 \cdot \frac{1}{4} = \boxed{375 \text{ Н}}$$

$$P = F_{\text{тяги}} v_1 = (F_1 + ma) v_1 = P_{\text{иск}} + ma v_1$$

$$\eta = \frac{P_{\text{иск}}}{P} = \frac{P - ma v_1}{P} = 1 - \frac{ma v_1}{F_{\text{снрк}} v_k} = 1 - \frac{300 \cdot \frac{1}{4} \cdot 27}{405 \cdot 30} = 1 - \frac{27}{162} = \boxed{\frac{5}{6}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

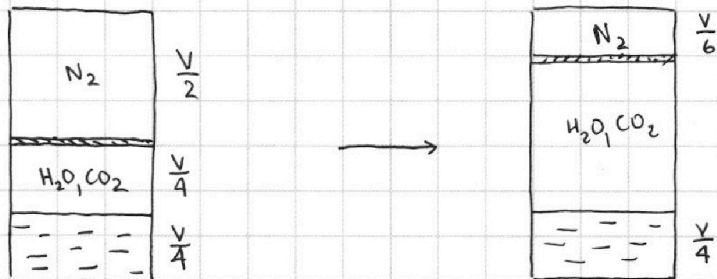
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Задача №2



или небесом

Т.к. поршень перемещ. без трения, то давление в обеих частях цилиндра ~~в начале процесса~~ <sup>и в конце</sup> одинаково, в том числе и в начале.

$$P \frac{V}{2} = \nu_{N_2} RT_0$$

$$P \cdot \frac{V}{4} = (\nu_{H_2O} + \nu_{CO_2}) RT_0, \text{ но т.к. } P_{H_2O} \ll P_{CO_2}, \text{ то } P \cdot \frac{V}{4} \approx \nu_{CO_2} RT_0$$

$$\frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{PV}{RT_0}}{\frac{1}{4} \cdot \frac{PV}{RT_0}} = \boxed{2}$$

Т.к. мы пренебрегаем изм. объемами жидкостей в процессе нагрев., то ее объем в конце остался  $\frac{V}{4}$  (вода почти не испарилась).

При  $T = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C}$  давл. насыщ. паров воды равно  $P_{\text{атм}}$ .

Для  $N_2$  запишем уравнение сост.:

$$P_{N_2} \frac{V}{6} = \nu_{N_2} RT$$

$$P_{N_2} = P_{H_2O} + P_{CO_2}$$

"   
  $P_{\text{атм}}$

Кол-во раствор. газа в начале:

$$\Delta \nu_0 = k \frac{V}{4} \cdot P_{CO_2} = k \frac{V}{4} \cdot \frac{P_{CO_2} RT_0}{\frac{V}{4}} = k RT_0 \cdot \nu_{CO_2}$$

В конце:  $\Delta \nu_k = k \cdot \frac{V}{4} \cdot P_{CO_2}$

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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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



Ур-ие осм.:

$$P_{CO_2} \cdot \frac{7}{12} V = \nu'_{CO_2} RT$$

$$\Delta P_K = \frac{1}{4} kV \cdot \frac{\nu'_{CO_2} RT}{\frac{7}{12} V} = \frac{3}{7} kRT \cdot \nu'_{CO_2}$$

$$\Delta P_0 - \Delta P_K = \nu'_{CO_2} - \nu_{CO_2}$$

$$kRT_0 \cdot \nu_{CO_2} - \frac{4}{7} kRT_0 \cdot \nu'_{CO_2} = \nu'_{CO_2} - \nu_{CO_2}$$

$$\nu'_{CO_2} \left(1 + \frac{4}{7} kRT_0\right) = \nu_{CO_2} \left(1 + kRT_0\right)$$

$$\nu'_{CO_2} = \nu_{CO_2} \frac{1 + kRT_0}{1 + \frac{4}{7} kRT_0} = \nu_{CO_2} \cdot \frac{1 + \frac{3}{5} \cdot \frac{9}{4}}{1 + \frac{4}{7} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{9}{4}} = \nu_{CO_2} \cdot \frac{47 \cdot 35}{20 \cdot 62} = \frac{1}{2} \nu_{N_2} \cdot \frac{329}{496} = \frac{329}{992} \nu_{N_2}$$

$$\frac{\nu_{N_2} RT}{\frac{V}{6}} = P_{ATM} + \frac{\frac{329}{496} \cdot \nu_{N_2} RT}{\frac{7}{12} V}$$

$$\frac{\nu_{N_2} RT}{V} \left(6 - \frac{12}{7} \cdot \frac{329}{496}\right) = P_{ATM}$$

$$P_{N_2} = 6 \frac{\nu_{N_2} RT}{V} \quad , \text{ тогда:}$$

$$\frac{P_{N_2}}{6} \left(6 - \frac{12}{7} \cdot \frac{329}{496}\right) = P_{ATM}$$

$$P_{N_2} \left(1 - \frac{2}{7} \cdot \frac{329}{496}\right) = P_{ATM}$$

$$P_{N_2} = \frac{248}{201} P_{ATM}$$



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

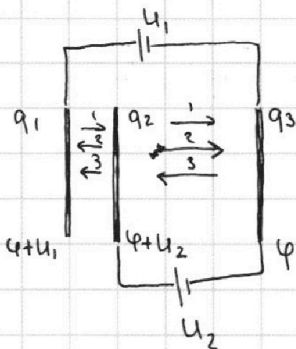
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 №3.



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad (ЗСЗ)$$

Полс от сетки можно посчитать как полс от плоскости,  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$

$$U_2 = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot d = \frac{d}{2\epsilon_0 S} (q_1 + q_2 - q_3) = U$$

$$\varphi + U_2 - \varphi - U_1 = U_2 - U_1 = (E_2 + E_3 - E_1) \cdot \frac{d}{3} =$$

$$= \frac{d}{6\epsilon_0 S} (q_2 + q_3 - q_1) = -U$$

$$1) \quad q_2 + q_3 - q_1 = -6 \frac{\epsilon_0 S U}{d}$$

$$2) \quad q_1 + q_2 - q_3 = 2 \frac{\epsilon_0 S U}{d}$$

$$3) \quad q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

Сложим 1) и 2):

$$q_1 + q_2 - q_3 + q_2 + q_3 - q_1 = -4 \frac{\epsilon_0 S U}{d}$$

$$q_2 = -2 \frac{\epsilon_0 S U}{d} \quad \sigma_2 = -2 \frac{\epsilon_0 U}{d}$$

Сложим 2) и 3):

$$2(q_1 + q_2) = 2 \frac{\epsilon_0 S U}{d}$$

$$q_1 = \frac{\epsilon_0 S U}{d} - q_2 = 3 \frac{\epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow \sigma_1 = 3 \frac{\epsilon_0 U}{d}$$

$$q_3 = -3 \frac{\epsilon_0 S U}{d} - q_2 = -\frac{\epsilon_0 S U}{d} \Rightarrow \sigma_3 = -\frac{\epsilon_0 U}{d}$$

Ускор. частицы в области ЗЗ:  $ma = qE$  (по II З. Ньютона)

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{q}{m} (E_1 + E_2 - E_3) = \frac{q}{2\epsilon_0 m} |\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3| = \frac{q}{2\epsilon_0 m} \cdot 2 \frac{\epsilon_0 U}{d} = \frac{qU}{md}$$

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"/>

МФТИ

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



По ЗСЭ:  $= \text{const}$

$$\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_0 = K + q\varphi'$$

~~т.к. заряды далеко от сеток,  $\varphi_0 = 0$~~

\*т.к. заряд мал по сравн. с зарядами сетки, то от него мен. распр. зарядов при гв.ч.

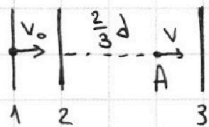
$$K = \frac{mv_0^2 + \text{const}}{2} - q\varphi'$$

$$K_2 = \frac{mv_0^2}{2} - q(\varphi + U_2) = \frac{mv_0^2}{2} - qU - q\varphi + \text{const}$$

$$K_3 = \frac{mv_0^2}{2} - q\varphi + \text{const}$$

$$K_3 - K_2 = \frac{mv_0^2}{2} - q\varphi - \frac{mv_0^2}{2} + qU + q\varphi = \boxed{qU}$$

Снаружи сеток поля нет, т.к.  $E_1 + E_2 + E_3 = 0$ , тогда частица стартует  
сеток летит без ускорения.



$$\frac{mv_0^2}{2} + (\varphi + U_1)q = \frac{mv^2}{2} + q\varphi_A$$

$$\varphi_A - \varphi = E_{23} \frac{d}{3} = \frac{U_2}{d} \cdot \frac{d}{3} = \frac{U}{3}$$

$$\varphi_A = \varphi + \frac{U}{3}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi + 2qU = \frac{mv^2}{2} + q\varphi + q\frac{U}{3}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{5}{3}qU$$

$$\boxed{v = \sqrt{v_0^2 + \frac{10}{3} \frac{q}{m} U}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

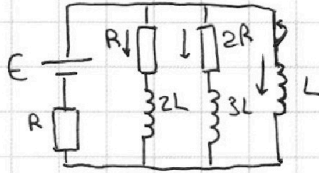
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Задача №4.



Т.к. режим до замыкания установившийся, то токи через катушки  $2L$  и  $3L$  постоянны  $\Rightarrow U_{2L} = U_{3L} = 0$

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

$$I_{20} \cdot 2R = (I_{\text{общ}} - I_{20}) R$$

$$I_{20} = \frac{E}{5R}$$

После замыкания:

$$U_L = L \dot{I} = 2R \cdot I_{20} = \frac{2}{5} E$$

$$\dot{I} = \frac{2E}{5L}$$

Для контура  $2R \rightarrow 3L \rightarrow L$  запишем равенство напряжений:

$$2R \cdot I_2 + 3L \dot{I}_2 = L \dot{I}$$

$$I_2 = \frac{3L}{2R} \dot{I} - \frac{3L}{2R} \dot{I}_2$$

После достиж. тока в катушке  $L$  ~~равно~~ макс. знач., нап. на ней равно 0, тогда  $I_R = I_{eR} = 0$  ( $I_{2L} = I_{3L} = 0$ ). Ток через  $L$  в таком случае равен  $\frac{E}{R}$

$$q_2 = \int_0^T I_2 dt = \int_0^{\frac{E}{R}} \left( \frac{L}{2R} \dot{I} - \frac{3L}{2R} \dot{I}_2 \right) dt = \int_0^{\frac{E}{R}} \frac{L}{2R} dI - \int_0^{\frac{E}{R}} \frac{3L}{2R} dI_2 = \frac{L}{2R} \cdot \frac{E}{R} - \frac{3L}{2R} \left( 0 - \frac{E}{5R} \right) = \frac{LE}{2R^2} + \frac{3LE}{10R^2} = \frac{4}{5} \frac{EL}{R^2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

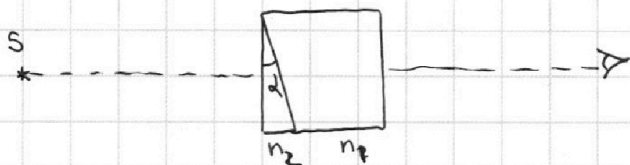
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



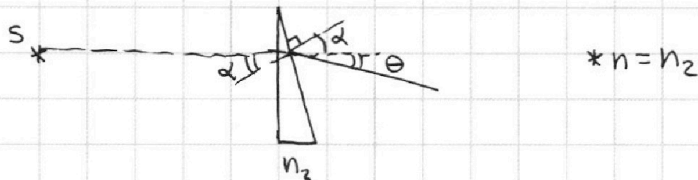
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



### Задача №5.



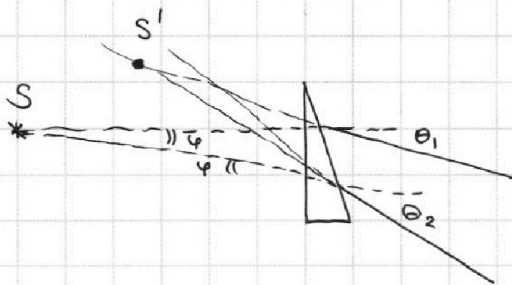
Если  $n_1 = n_2 = 1$ , то мы можем не учитывать влияние ~~на~~ призмы  $n_1$  для первых двух пунктов задачи.



По закону Снеллиуса:  $n\alpha = \theta + d$  (н.к. углы малы,  $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\sin \theta \approx \theta$ )

$$\theta = \alpha(n-1) = \boxed{0,03 \text{ рад}}$$

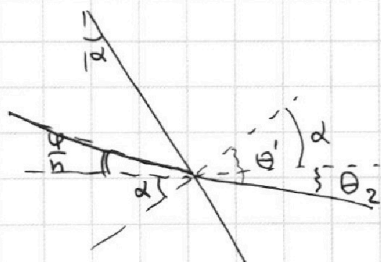
По ранее доказанному:  $\theta_1 = \alpha(n-1)$



$$\varphi = n\beta \Rightarrow \beta = \frac{\varphi}{n}$$

$$n\left(\frac{\varphi}{n} + \alpha\right) = \theta' = \varphi + n\alpha$$

$$\theta_2 = \theta' - \alpha = \varphi + n\alpha - \alpha = \varphi + (n-1)\alpha$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

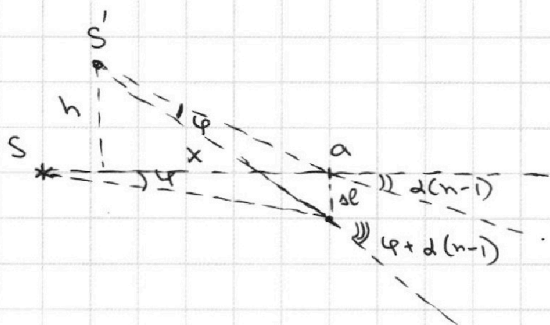
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



Т.к.  $d$  мал, то можно считать, что оба луча проходят в точке  $a$ .



$$\frac{\Delta l}{a} = \operatorname{tg} \varphi = \varphi$$

$$\Delta l = a\varphi$$

$$\frac{h}{x} = \operatorname{tg}(d(n-1)) \approx d(n-1)$$

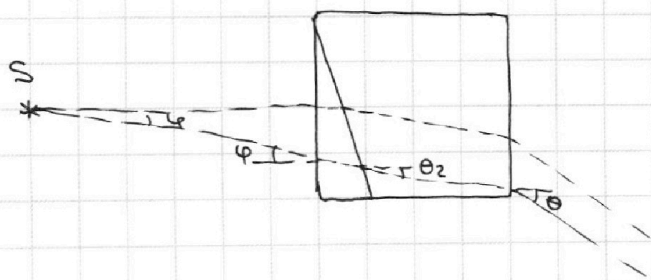
$$\frac{h + \Delta l}{x} = \operatorname{tg}(\varphi + d(n-1)) = \varphi + \frac{h}{x}$$

$$\frac{\Delta l}{x} = \varphi = \frac{a\varphi}{x} \Rightarrow x = a$$

Тогда расст. между изобр. <sup>и чирок.</sup> равно  $h = x d(n-1) = a d(n-1)$

$$h = 6 \text{ см}$$

Если  $n_1 \neq 1$ :



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

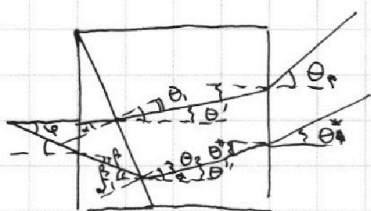
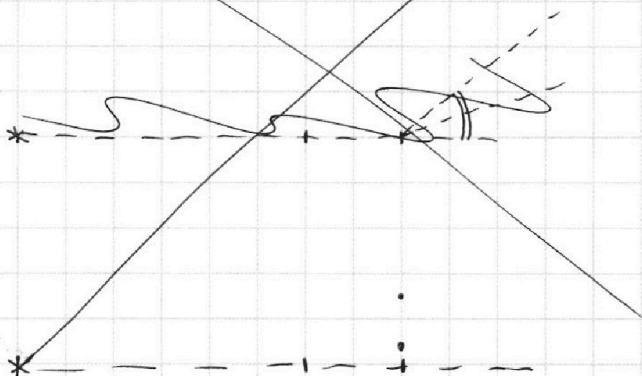


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$H = \alpha d (n_2 - n_1)$$

Т.к.  $n_1 > n_2$ , то угол  $\theta$  будет повернут в другую полуплоскость относ. прямой источник-глаз



$$n_1 \theta_1 = n_2 \alpha \Rightarrow \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$$\theta' = \alpha - \theta_1 = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

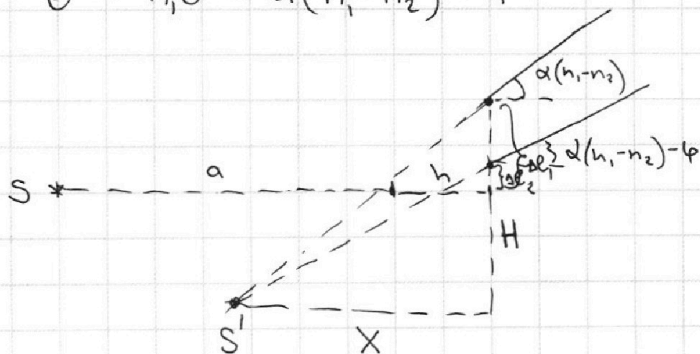
$$\theta = n_1 \theta' = \alpha (n_1 - n_2)$$

$$\varphi = n_2 \beta$$

$$n_2 (\beta + \alpha) = n_1 \theta_2$$

$$\theta'' = \alpha - \theta_2 = \alpha - \frac{n_2}{n_1} (\beta + \alpha) = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) - \frac{\varphi}{n_1}$$

$$\theta^* = n_1 \theta'' = \alpha (n_1 - n_2) - \varphi$$



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!



$$\Delta l_1 = h \theta' = h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$\Delta l_2 = -a \varphi + h \theta'' = -a \varphi + h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) - h \frac{\varphi}{n_1}$$

$$\frac{H}{X} = \alpha(n_1 - n_2) - \varphi$$

$$\frac{H + \Delta l_1 - \Delta l_2}{X} = \alpha(n_1 - n_2) = \alpha(n_1 - n_2) - \varphi + \frac{h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) + a \varphi - h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) + h \frac{\varphi}{n_1}}{X}$$

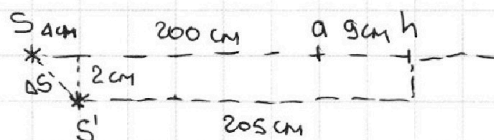
$$\varphi = \frac{\varphi \left(a + \frac{h}{n_1}\right)}{X}$$

$$X = a + \frac{h}{n_1} = 205 \text{ cm}$$

$$\cancel{H} - \Delta l_2 = X \alpha(n_1 - n_2) - X \varphi + a \varphi - h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) + h \frac{\varphi}{n_1} =$$

$$= a \alpha(n_1 - n_2) + \cancel{h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)} - \cancel{X \varphi} + \cancel{\frac{h}{n_1} \varphi} + a \varphi - \cancel{h \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)} + \cancel{h \frac{\varphi}{n_1}} =$$

$$= a \alpha(n_1 - n_2) = 2 \text{ cm}$$



$$\Delta S = \sqrt{4^2 + 2^2} = \sqrt{20} \text{ cm} = 4,5 \text{ cm}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



### Задача №1.

Ускорение - это скорость изменения скорости,  $a = \frac{dv}{dt} = \dot{v}$ .

Проведём кас. к графику  $v(t)$  в точке  $v_1 = 27$  м/с и найдём  
коэф. наклона этой касательной. Он и будет равен ускор. в т.  $v_1$ .

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{31-23}{28} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{2}{7} \text{ м/с}^2 \approx 0,29 \text{ м/с}^2$$

Т.к. мощность, передаваемая на вед. колесо, постоянна, то:

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F_{\text{тяги}} ds}{dt} = F_{\text{тяги}} \cdot v = \text{const}$$

В конце разгона  $m \frac{dv}{dt} \ll F_k$ , тогда  $F_{\text{тяги}_k} \approx F_k = 405$  Н

$$F_{\text{тяги}_k} \cdot v_k = F_{\text{тяги}_1} \cdot v_1 \Rightarrow F_{\text{тяги}_1} = \frac{405 \cdot 30}{27} = 450 \text{ Н}$$

По II з. Ньютона:

$$ma = F_{\text{тяги}_1} - F_{\text{сопр}_1}$$

$$F_{\text{сопр}_1} = F_{\text{тяги}_1} - ma = 450 - 300 \cdot \frac{2}{7} = 364,3 \text{ Н}$$

$$P = (ma + F_{\text{сопр}_1}) v_1 = ma v_1 + \underbrace{F_{\text{сопр}_1} v_1}_{P_{\text{пуск}}}$$

$$\frac{P_{\text{пуск}}}{P} = \frac{P - ma v_1}{P} = 1 - \frac{ma v_1}{F_{\text{тяги}_k} v_k} = 1 - \frac{300 \cdot \frac{2}{7} \cdot 27}{405 \cdot 30} =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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



Для луча, ~~падающего~~ <sup>идущего</sup> ~~на~~ <sup>на</sup> левую границу под углом  $\varphi$ :

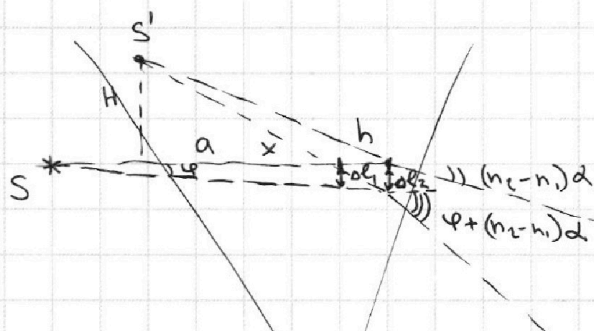
~~$n_2 \sin(\varphi + \alpha) = n_1 \sin(\theta_2 + \alpha)$~~

$$n_2 \left( \frac{\varphi}{n_2} + \alpha \right) = n_1 (\theta_2 + \alpha)$$

$$\theta_2 = \frac{n_2}{n_1} \left( \frac{\varphi}{n_2} + \alpha \right) - \alpha = \frac{1}{n_1} (\varphi + n_2 \alpha) - \alpha = \frac{1}{n_1} (\varphi + (n_2 - n_1) \alpha)$$

$$n_1 \theta_2 = \theta = \varphi + (n_2 - n_1) \alpha$$

Для луча, перп. левой грани:  $\varphi = 0 \Rightarrow \theta = (n_2 - n_1) \alpha$



$$\Delta l_1 = a \varphi$$

$$\begin{aligned} \Delta l_2 &= \Delta l_1 - h \cdot \frac{1}{n_1} (n_2 - n_1) \alpha + h \cdot \frac{1}{n_1} (\varphi + (n_2 - n_1) \alpha) = \\ &= a \varphi + \frac{h}{n_1} \varphi \end{aligned}$$

$$\frac{H}{X} = (n_2 - n_1) \alpha$$

$$\frac{H + \Delta l_2}{X} = \varphi + (n_2 - n_1) \alpha = (n_2 - n_1) \alpha + \frac{a \varphi + \frac{h}{n_1} \varphi}{X}$$

$$1 = \frac{a + \frac{h}{n_1}}{X} \Rightarrow X = a + \frac{h}{n_1} = 200 + \frac{9 \cdot 5}{9} = 205 \text{ cm}$$

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!



$200 \cdot 0,05 \cdot 0,2$   
 $2 \cdot 5 \cdot 0,2$   
 $2 \cdot 2 \text{ см}$

$\frac{4,5}{4,5}$   
 $\frac{22,5}{180}$   
 $\frac{202,5}{1,5}$   
 $\frac{44}{44}$   
 $\frac{176}{176}$   
 $\frac{1936}{1936}$

$201/3$   
 $67$

$F_{T1} = \text{const}$   
 $F_{T2} \cdot V_2 = F_{T1} \cdot V_1$   
 $\frac{6}{22} = \frac{3}{11}$

$\frac{29-23}{22}$   
 $\frac{0,4+0,4}{4}$   
 $\frac{31}{42}$   
 $\frac{28}{82}$   
 $\frac{2}{127}$

$\frac{V}{2} = \nu_{N_2} RT_0$   
 $P \cdot \frac{V}{4} = \nu RT_0$

$\frac{201,3}{67}$   
 $\frac{23}{31}$   
 $3 \cdot 67$   
 $201,3$   
 $67$   
 $23$   
 $31$   
 $3 \cdot 67$

$1 - \frac{20 \cdot 27}{405 \cdot 7}$   
 $300 \cdot \frac{1}{40}$   
 $0,05 \cdot 0,6$   
 $30 \cdot 10^{-3}$

$\frac{405}{19}$   
 $\frac{36}{85}$   
 $\frac{20}{14}$   
 $\frac{60}{56}$   
 $\frac{40}{40}$

$\frac{2295}{2835}$   
 $\frac{19}{57}$   
 $\frac{2295}{2835}$

$\frac{329}{28}$   
 $\frac{17}{147}$   
 $\frac{496}{4}$   
 $\frac{1248}{16}$   
 $\frac{1}{4}$   
 $\frac{248-47}{248}$   
 $\frac{201}{248}$   
 $\frac{329}{248}$   
 $\frac{329}{124}$   
 $\frac{329}{24}$   
 $\frac{1}{248}$   
 $\frac{248}{2}$   
 $\frac{496}{496}$

$\frac{47}{20}$   
 $\frac{62}{248}$   
 $\frac{62}{35}$

$\frac{201}{248} P_N = P_{ATM}$   
 $\frac{27}{20}$   
 $\frac{47 \cdot 7}{329}$

$200 \cdot 0,03$   
 $2 \cdot 3$   
 $\frac{62}{4 \cdot 62 \cdot 7} \cdot \frac{P_N}{6} + P_{ATM} = P_N$

$\frac{7 \cdot 47}{462} \cdot \frac{1}{2} \nu_{N_2} RT_0^6 + P_{ATM} = \frac{P_N}{6}$

$\nu_{N_2} = 2 \nu_{CO_2}$   
 $\frac{\nu_{N_2} RT}{V} = P_{ATM} + \frac{\nu_{CO_2} RT}{\frac{7V}{12}}$

$\Delta P_k = k \frac{V}{4} \cdot \frac{P_N}{\nu_{CO_2}} \cdot \frac{4}{3T_0}$

$P = (ma + F_{\text{comp}}) V_1 =$   
 $= ma V_1 + P_{\text{учк}}$   
 $\frac{P - ma V_1}{P} = \frac{\nu_{N_2}}{\nu_{CO_2}} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{4}} = 2$   
 $1 - 30$   
 $\nu_{N_2} = 2 \nu_{CO_2}$   
 $\Delta P_k = k \frac{V}{4} \cdot \frac{\nu_{CO_2} RT_0}{V}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



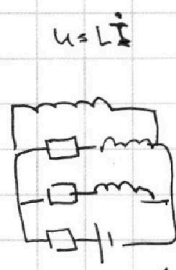
$$-2RI_2 + 3LI_2 = LI = RI_1 + 2LI_1 = E - R(I + I_2 + I_3)$$

$$\frac{L}{2R} \cdot \frac{E}{R} = \frac{3L}{2R} \cdot \left(-\frac{E}{5R}\right)$$

$$LI = \frac{0.6 + 0.6}{4} = 0.3$$

$$E(q_1 + q_2 + q_3) + \frac{2LI_1^2}{2} + \frac{3LI_2^2}{2} = \int Idt$$

$$= \frac{300 \cdot \frac{1}{4} \cdot 27}{405 \cdot 30}$$



$$\frac{150}{2} = 75$$

$$\frac{270}{405 \cdot 4} = \frac{1620}{1620}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{3}{10} = \frac{0.5 + 0.3}{0.8} = \frac{0.8}{0.8} = 1$$

$$u = LI - 3LI_2$$

$$Q = \int u Idt = \int u dq$$

$$\int (LI - 3LI_2) dt =$$

$$= u_2$$

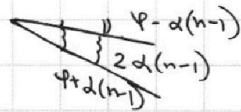
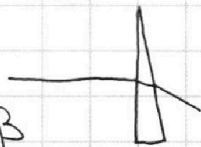
$$2RI_2 + 3LI_2 = LI$$

$$3I = \frac{3E}{5R}$$

$$I \cdot 2R = \left(\frac{3}{5} \frac{E}{R} - I\right) R$$

$$u_2$$

$$\varphi = n \alpha \beta$$



$$I = \frac{E}{5R}$$

$$\frac{2E}{5R} = \frac{135}{90} = \frac{15}{18}$$

$$\varphi + d(n-1) - \varphi + d(n-1) =$$

$$\frac{162 - 27}{162} = \frac{135}{162} = \frac{15}{18}$$

$$\int Idt = 15$$

$$Q_2 = \int \frac{LI}{2R} = \frac{3LI_2}{2R} dt$$

$$\frac{L}{2R} (I_1 - I_2) - \frac{3L}{2R} (I_2 - I_2) =$$

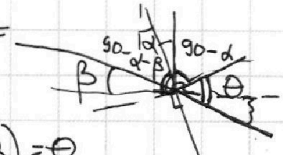
$$90 - \beta - (90 - \alpha - \beta) =$$

$$= 90 - \beta + \alpha + \beta$$

$$90 - (90 - \alpha - \beta) =$$

$$= \alpha + \beta$$

$$n(\alpha + \beta) = \theta$$



$$n(\alpha - \beta) = \theta$$

$$n\alpha - \varphi = \theta$$

$$\frac{L}{R'} I_k + \frac{B L z}{R'} I_0 =$$

RR

$$90 - \alpha + \theta - 90 = \theta - \alpha = n\alpha + n\beta - \alpha = (n-1)\alpha + \varphi$$