



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

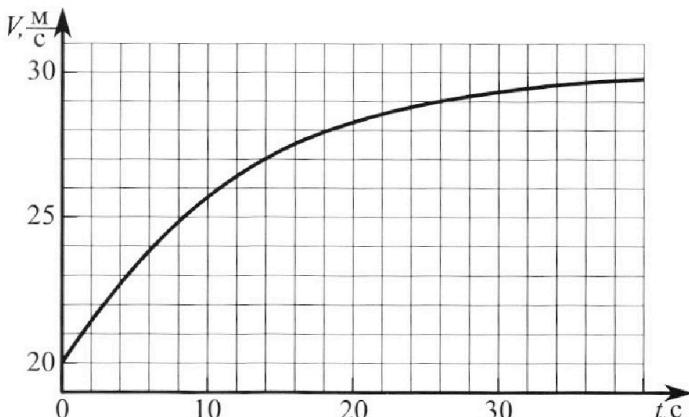


## Вариант 11-02

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  $V_1$ ?



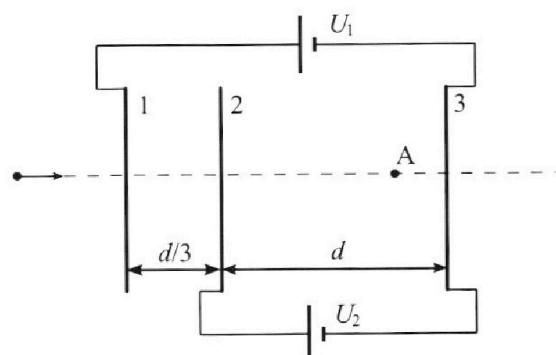
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kp_w$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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  $P_{\text{ATM}}$  (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 А 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.

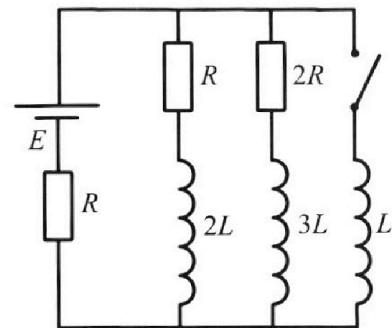
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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.

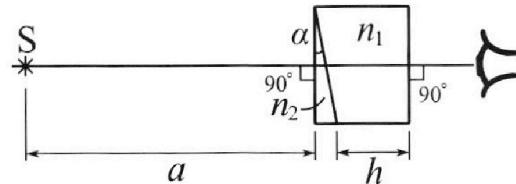
3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

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  $a = 200$  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.

- 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                        |
| <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!

① **Монж** Ускорение - это скорость изменения скорости, т.е.  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ,  
 $\Delta t \rightarrow 0$ . Рассм. монж  $v_i = 27 \text{ м/с}$ . Можно заметить, что в монжах  
 $t = 12 \text{ с}$  и  $t = 16 \text{ с}$  скорости отлич. от  $v_i$  примерно на  $0,5 \text{ м/с}$ .  
Тогда ускор. в м.  $v_i = 27 \text{ м/с}$ :

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

**Решение** Т.к. зависимость расстояния, то:

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

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

$$v_k \cdot F_{\text{меж}} = F_{\text{меж}} \cdot v_i \Rightarrow F_{\text{меж}} = \frac{F_{\text{меж}} \cdot v_k}{v_i} = \frac{405 \cdot 30}{27} = 450 \text{ Н}$$

по II з. Ньютона:

$$ma = F_{\text{меж}} - F_i \Rightarrow F_i = F_{\text{меж}} - ma = 450 - 300 \cdot \frac{1}{4} = 375 \text{ Н}$$

$$P = F_{\text{меж}} v_i = (F_i + ma) v_i = P_{\text{акт}} + ma v_i$$

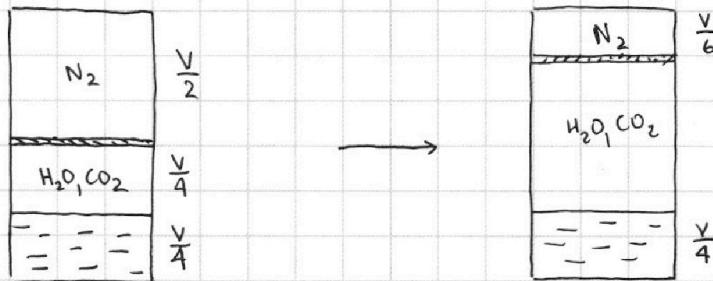
$$\eta = \frac{P_{\text{акт}}}{P} = \frac{P - ma v_i}{P} = 1 - \frac{ma v_i}{F_{\text{спр}} v_k} = 1 - \frac{300 \cdot \frac{1}{4} \cdot 27}{405 \cdot 30} = 1 - \frac{27}{162} = \frac{5}{6}$$



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

## Задача №2.



и он невесом

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

$$P \frac{V}{2} = \bar{D}_{N_2} R T_0$$

$$P \cdot \frac{V}{4} = (\bar{D}_{H_2O} + \bar{D}_{CO_2}) R T_0, \text{ но т.к. } P_{H_2O} \ll P_{CO_2}, \text{ то } P \cdot \frac{V}{4} \approx \bar{D}_{CO_2} R T_0$$

$$\frac{\bar{D}_{N_2}}{\bar{D}_{CO_2}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{PV}{RT_0}}{\frac{1}{4} \cdot \frac{PV}{RT_0}} = \boxed{2}$$

Т.к. мы пренебрежем изм. объёма жидкости в процессе нагрев., то её объём в конце остался  $\frac{V}{4}$  (вода почти не испарилась).

При  $T = 373 K = 100^\circ C$  давл. насыщ. пара воды равно  $P_{ATM}$ .

Для  $N_2$  запишем уравнение состоян.:

$$P_{N_2} \frac{V}{6} = \bar{D}_{N_2} R T$$

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

" "

$$P_{ATM}$$

Кон-во раствор. газа в начале:

$$\Delta D_o = k \frac{V}{4} \cdot P_{CO_2} = k \frac{V}{4} \cdot \frac{\bar{D}_{CO_2} R T_0}{\frac{V}{4}} = k R T_0 \cdot \bar{D}_{CO_2}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

Уп-не со см.:

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

$$\Delta \bar{V}_K = \frac{1}{4} k \cancel{V} \cdot \frac{\bar{V}_{CO_2}' RT}{\frac{7}{12} \cancel{V}} = \frac{3}{7} kRT \cancel{\frac{7}{12} V} \cdot \bar{V}_{CO_2}'$$

$$\Delta \bar{V}_o - \Delta \bar{V}_K = \bar{V}_{CO_2}' - \bar{V}_{CO_2}$$

$$kRT_o \cdot \bar{V}_{CO_2}' - \frac{4}{7} kRT_o \cdot \bar{V}_{CO_2}' = \bar{V}_{CO_2}' - \bar{V}_{CO_2}$$

$$\bar{V}_{CO_2}' \left( 1 + \frac{4}{7} kRT_o \right) = \bar{V}_{CO_2}' \left( 1 + kRT_o \right)$$

$$\bar{V}_{CO_2}' = \bar{V}_{CO_2}' \frac{1 + kRT_o}{1 + \frac{4}{7} kRT_o} = \bar{V}_{CO_2}' \cdot \frac{1 + \frac{3}{5} \cdot \frac{9}{4}}{1 + \frac{4}{7} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{9}{4}} = \bar{V}_{CO_2}' \cdot \frac{47 \cdot 35}{20 \cdot 62} = \frac{329}{496} \bar{V}_{CO_2}'$$

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

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

$$P_{N_2} = 6 \frac{\bar{V}_{N_2} RT}{V} \text{ morga:}$$

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

$$P_{N_2} \left( 1 - \frac{8}{7} \cdot \frac{329}{496} \right) = P_{ATM}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

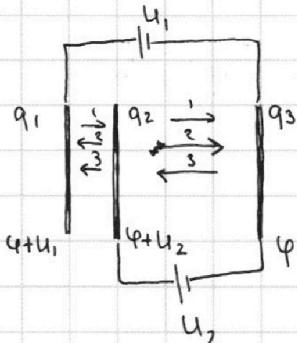
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



Задача №3.

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad (3C3)$$

После отсчетки можно посчитать как поле в  
плоскости,  $E = \frac{U}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$

$$U_2 = (\epsilon_1 + \epsilon_2 - \epsilon_3) \cdot \frac{d}{2\epsilon_0 S} (q_1 + q_2 - q_3) = U$$

$$\varphi + U_2 - \varphi - U_3 = U_2 - U_1 = (\epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_1) \cdot \frac{d}{3} =$$

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

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

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

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

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 23:  $ma = qE$  ( $\rightarrow$  II З. Ньютона)

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{q}{m} |(\epsilon_1 + \epsilon_2 - \epsilon_3)| = \frac{q}{2\epsilon_0 m} |\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3| = \frac{q}{2\epsilon_0 m} \cdot 2 \frac{\epsilon_0 U}{d} = \boxed{\frac{qU}{md}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

№ 3 СЭ:

$$q\varphi_0 = \text{const}$$

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

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

\* м.к. заряд мал по сравн. с  
зарядами семян, то он не  
мен. расп. зарядов при движ.

~~заряды одинаковы~~,  $\varphi_{\infty} = 0$

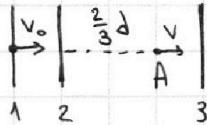
$$K = \frac{mv_0^2 + \text{const}}{2} - q\varphi'$$

$$K_2 = \frac{mv_0^2 + \text{const}}{2} - q(\varphi + u_2) = \frac{mv_0^2}{2} - qu - q\varphi + \text{const}$$

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

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

Скорость семян пока нет, м.к.  $E_1 + E_2 + E_3 = 0$ , тогда частица скажет  
семя не имеет без ускорения.



$$\text{Когда } \frac{mv_0^2}{2} + (\varphi + u_1)q = \frac{mv^2}{2} + q\varphi_A$$

$$\varphi_A - \varphi = E_{23} \frac{d}{3} = \frac{u_2}{d} \cdot \frac{d}{3} = \frac{u}{3}$$

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

$$\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi + 2qu = \frac{mv^2}{2} + q\varphi + q\frac{u}{3}$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

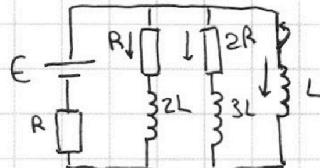
6

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. раньше до замыкания установившийся ток 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:

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

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

Аналогично  $2R \rightarrow 3L \rightarrow L$  запишем равенство поменяя местами:

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

$$I_2 = \frac{8L}{2R} \dot{I} - \frac{3L}{2R} \dot{I}_2$$

После досчитки тока в катушке  $L$  ~~будет~~ макс. знач., напр. на ней равно 0, тогда  $I_R = I_{20} = 0$  ( $I_{2L} = I_{3L} = 0$ ). Ток через  $L$  в таком случае равен  $\frac{E}{R}$

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

$$\frac{3L}{2R} \left( 0 - \frac{E}{R} \right) = \frac{LE}{2R^2} + \frac{3LE}{10R^2} = \boxed{\frac{4}{5} \frac{EL}{R^2}}$$

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

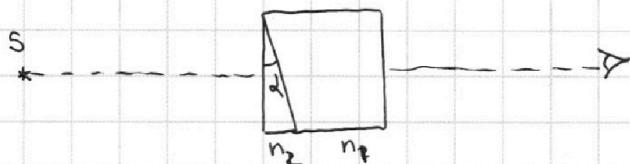
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

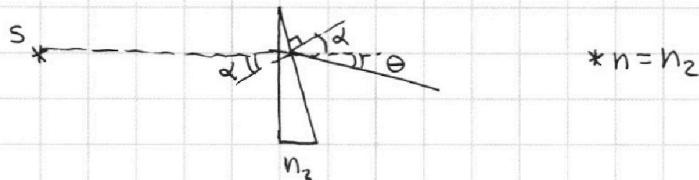
**МФТИ**

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

Задача №5.



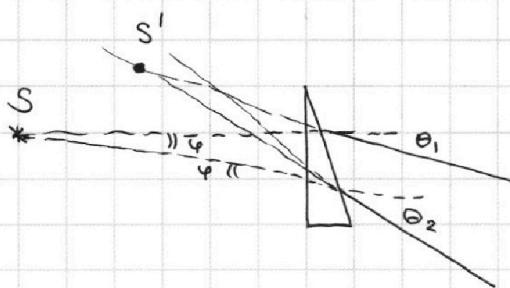
Если  $n_1 = n_2 = 1$ , то мы можем не учитывать влияние ~~наг~~ призмы  
на первых двух пунктах задачи.



$$*n = n_2$$

По закону Снеллиуса:  $nd = \theta + \alpha$  (м.к. углы малы,  $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\sin \theta \approx \theta$ )

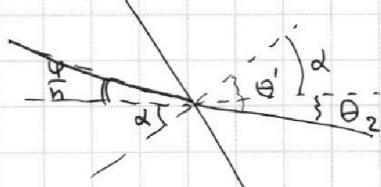
$$\theta = \alpha(n-1) = 0,03 \text{ rad}$$



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

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

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



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



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

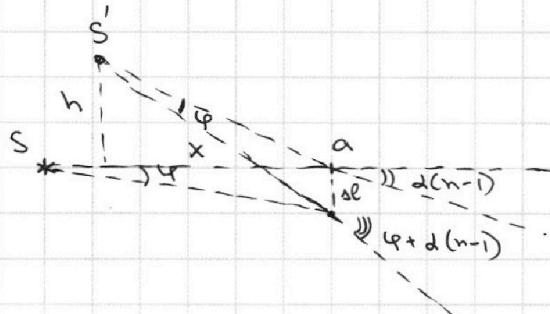
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

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



$$\frac{\Delta l}{a} = \tan \varphi = \varphi$$

$$\Delta l = a\varphi$$

$$\frac{h}{x} = \tan(\alpha(n-1)) \approx \alpha(n-1)$$

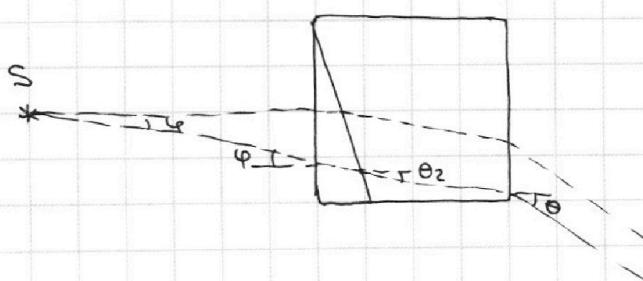
$$\frac{h+\Delta l}{x} = \tan(\varphi + \alpha(n-1)) = \varphi + \frac{h}{x}$$

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

Тогда расстояние между изобр. равно  $h = x\alpha(n-1) = a\alpha(n-1)$  и чисто.

$$h = 6 \text{ см}$$

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

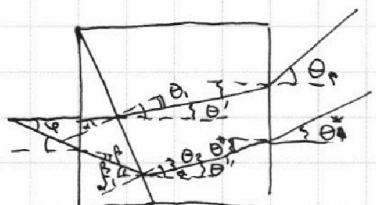
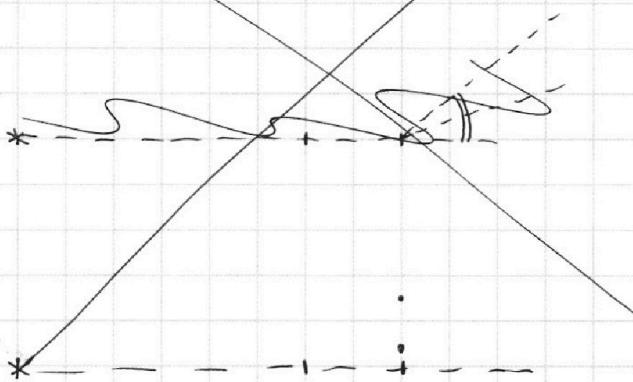
МФТИ



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

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

Т.к.  $n_1 > n_2$ , то угол  $\Theta$  будем поворачивать в другую полуплоскость  
относ. прямой источника-сназы



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

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

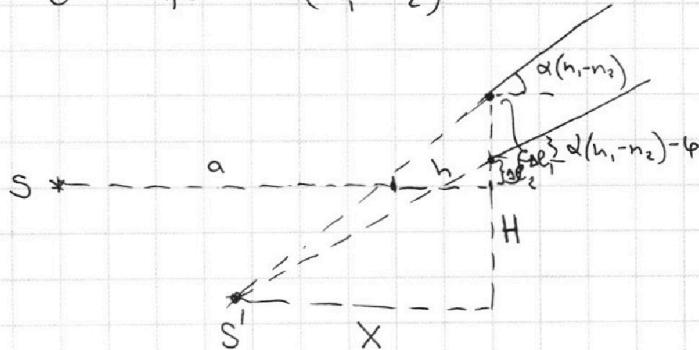
$$\theta = n_1 \theta' = \alpha (n_1 - n_2)$$

$$\varphi = n_2 \beta$$

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

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

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



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!

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

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

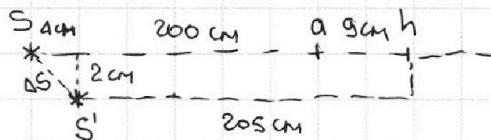
$$\frac{h}{x} = \alpha(n_1 - n_2) - \varphi$$

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

$$\varphi = \frac{\varphi(a + \frac{h}{n_1})}{x}$$

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

$$\begin{aligned} H - \Delta l_2 &= x \alpha(n_1 - n_2) - x\varphi + a\varphi - h\alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) + h \frac{\varphi}{n_1} = \\ &= \alpha(n_1 - n_2) + h\alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) - \cancel{x\varphi} - \cancel{h \frac{\varphi}{n_1}} + a\varphi - h\alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) + \cancel{h \frac{\varphi}{n_1}} = \\ &= \alpha(n_1 - n_2) = 2 \text{ cm} \end{aligned}$$



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

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"/> |

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,  $a = \frac{dv}{dt} = \ddot{v}$ .

Проведём кас. к графику  $v(t)$  в точке  $v_1 = 27 \text{ м/с}$  и найдём  
коэф. наклона этой касательной. Он и будет равен ускор. в м.  $V_1$ .

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

Т.к. мощность, передаваемая на все колеса, постоянна, то:

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F_{\text{макс}} \cdot v}{dt} = F_{\text{макс}} \cdot V = \text{const}$$

В конце разгона  $\frac{mv}{dt} \ll F_k$ , тогда  $F_{\text{макс}} = F_k = 405 \text{ Н}$

$$F_{\text{макс}} \cdot V_1 = F_{\text{макс}} \cdot V_1 \Rightarrow F_{\text{макс}} = \frac{405 \cdot 30}{27} = 450 \text{ Н}$$

№ II з. Ньютона:

$$ma = F_{\text{макс}} - F_{\text{сопр.}}$$

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

$$P = (ma + F_{\text{сопр.}})V_1 = maV_1 + \underbrace{F_{\text{сопр.}}V_1}_{P_{\text{диск}}}$$

$$\frac{P_{\text{диск}}}{P} = \frac{P - maV_1}{P} = 1 - \frac{maV_1}{F_{\text{макс}}V_1} = 1 - \frac{300 \cdot \frac{2}{7} \cdot 27}{405 \cdot 30} =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

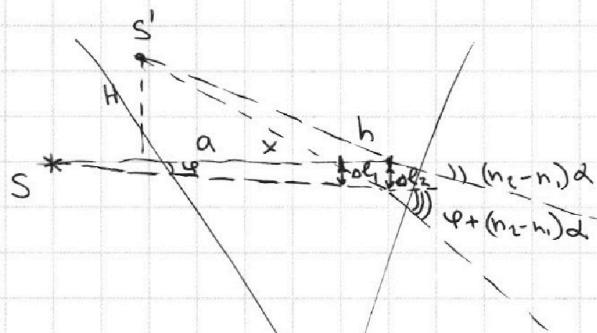
для луна, ~~для~~ <sup>на</sup> левую границу по углом  $\varphi$ :

$$n_2 \left( \frac{\varphi}{n_2} + \alpha \right) = n_1 \left( \Theta_2 + \alpha \right)$$

$$\Theta_2 = \frac{n_2}{n_1} \left( \frac{\varphi}{n_2} + \alpha \right) - \alpha = \frac{1}{n_1} (\varphi + n_2 \alpha) - \alpha = \frac{1}{n_1} (\varphi + (n_2 - n_1) \alpha)$$

$$n_1 \Theta_2 = \Theta = \varphi + (n_2 - n_1) \alpha$$

$$\text{для луна, перп. левой грани: } \varphi = 0 \Rightarrow \Theta = (n_2 - n_1) \alpha$$



$$\Delta l_1 = a \varphi$$

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

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

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

$$1 = \frac{a + \frac{h}{n_1}}{x} \Rightarrow x = a + \frac{h}{n_1} = 200 + \frac{g \cdot s}{g} = 205 \text{ cm}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

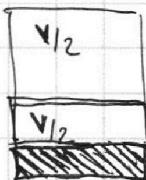


- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

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



$$201 | 3 \\ 64$$

$$F_T v_1 = \text{const}$$

$$\frac{26}{29} \cdot \frac{23}{22} \\ 0,4 + 0,4 \\ 4$$

$$3) \quad 0$$

$$42$$

$$28$$

$$2$$

$$\frac{1}{14} \frac{2}{14} \frac{2}{14}$$

$$7$$

$$\frac{180}{225} \\ 1,80$$

$$\frac{2025}{2295} \\ 1,44$$

$$\frac{176}{176} \\ 1,44$$

$$1936$$

$$P \cdot \frac{V}{2} = D_{N_2} RT_0 \\ P \cdot \frac{V}{A} = D RT_0$$

$$D_0 + D_{CO_2} = D_k + D'_{CO_2} \\ kRT_0 D_{CO_2} \\ (kRT_0 + 1) D_{CO_2} = \left(\frac{1}{7} kRT_0 + 1\right) D'_{CO_2}$$

$$\frac{6}{22} = \frac{3}{11}$$

$$300 \cdot \frac{1}{10^2} \\ -\frac{30}{220} \cdot 27$$

$$0,05 \cdot 0,6 \\ 30 \cdot 10^{-3}$$

$$-\frac{405}{405} \frac{19}{14} \\ -\frac{36}{405} \frac{19}{14}$$

$$-\frac{20}{14} \frac{7}{14} \\ 0,285$$

$$-\frac{60}{56} \frac{7}{40}$$

$$15 \quad 45$$

$$405 \cdot 30 \\ 27$$

$$-\frac{329}{28} \frac{17}{44}$$

$$-\frac{496}{48} \frac{2}{248}$$

$$\frac{-8}{16} \frac{1}{4}$$

$$\frac{248-47}{248}$$

$$\frac{201}{248}$$

$$\frac{329}{248}$$

$$\frac{329}{124}$$

$$329 | 24$$

$$\frac{1}{2} \frac{2}{496}$$

$$200 \cdot 0,05 \cdot 2$$

$$2 \cdot 3$$

$$\frac{47 \cdot 12}{4 \cdot 62} \cdot \frac{P_N}{6} + P_{ATM} = P_N$$

$$\frac{1+0,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3}{1+\frac{4}{7} \cdot 0,6 \cdot 10^3 \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3} \left( \frac{7}{6} - \frac{1}{4} \right)$$

$$1 \left( 1 - \frac{47}{4 \cdot 62} \right) P_N = P_{ATM} \frac{10-3}{12} = \frac{7}{12}$$

$$4 \cdot 62 \frac{201}{248} P_N = P_{ATM} \frac{12}{12}$$

$$\frac{47}{20} \frac{62}{4} \frac{1+27}{20}$$

$$\frac{62}{62} \frac{1+27}{35}$$

$$\frac{1+27}{35} \frac{47}{329}$$

$$\frac{47 \cdot 7}{329}$$

$$\frac{7 \cdot 47 \cdot \frac{1}{2} D_{N_2} RT}{12 V} + P_{ATM} = \frac{D_{N_2} RT}{12 V} P_N$$

$$D_{N_2} = 2 D_{CO_2}$$

$$\frac{D_{N_2} RT}{12 V} = P_{ATM} + \frac{D'_{CO_2} RT}{12 V}$$

$$P_{ATM} = \frac{D_{N_2} RT}{12 V} P_N$$

$$D_{N_2} = k \frac{V}{4} \frac{V}{3} \frac{3}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{3} D_{CO_2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

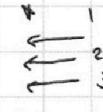
МФТИ

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

$$-2R\dot{I}_2 + 3L\ddot{I}_2 = L\dot{I} = R\dot{I}_1 + 2L\dot{I}_1 = E - R(I_1 + I_2 + I_3)$$

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

$$\dot{I}_1 = \frac{0.6 + 0.6}{4}$$

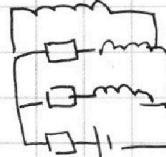


$$u = L\dot{I}$$

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

$$E(q_1 + q_2 + q_3) + \frac{2L\dot{I}_{10}^2}{2} + \frac{3L\dot{I}_{20}^2}{2} = 0.3$$

$$= \frac{320 \cdot \frac{1}{4} \cdot 27}{40S \cdot 32} \quad \dot{I} dt$$



$$\frac{270}{40S \cdot 4} = \frac{1620}{1620}$$

$$u = L\dot{I} - 3L\dot{I}_2$$

$$Q = \int u \dot{I} dt = \int u dq$$

#

$$I = \frac{E}{R + \frac{R \cdot 27}{SR}} = \frac{3E}{SR}$$

$$\frac{5R}{3}$$

$$\frac{3E}{SR} \cdot \frac{5R}{3} = \frac{5E}{SR}$$

$$\cancel{(L\dot{I} - 3L\dot{I}_2)} dt =$$

$$\dot{I} dt$$

$$= u_2$$

$$\cancel{2R\dot{I}_2 + 3L\ddot{I}_2} = L\dot{I}$$

$$u_2$$

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

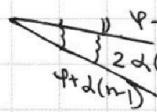


$$3I = \frac{3E}{SR}$$

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

$$I = \frac{E}{SR}$$

$$\frac{2E}{SR} - \frac{13S}{9} \frac{1}{15}$$



$$(4+d(n-1)) - (4-d(n-1))$$

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

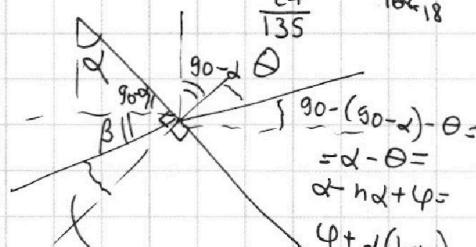
$$\frac{15}{162} = \frac{15}{162}$$

$$\cancel{Q_2 = \frac{L\dot{I}}{2R} + \frac{3L\dot{I}_2}{2R} dt}$$

$$\int I_2 dt =$$

$$\frac{15}{162} = \frac{15}{162}$$

$$L \frac{I_n - I_h}{2R} - \frac{3L}{2R} (I_{2n} - I_{2h}) =$$



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

$$\frac{L}{R'} I_K + \frac{B L_2}{R'} I_0$$

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

$$= \cancel{\alpha} - \beta + \alpha + \beta$$

cancel

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

$$= \alpha + \beta$$

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

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

cancel