



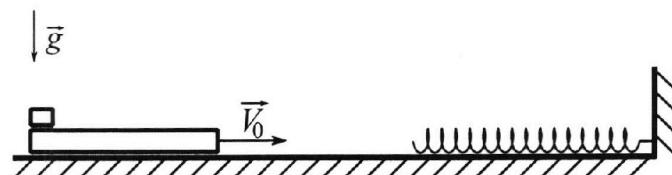
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. Длинная доска массой  $M = 2$  кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой  $m = 1$  кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью  $V_0 = 2$  м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жесткости  $k = 27$  Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,3$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

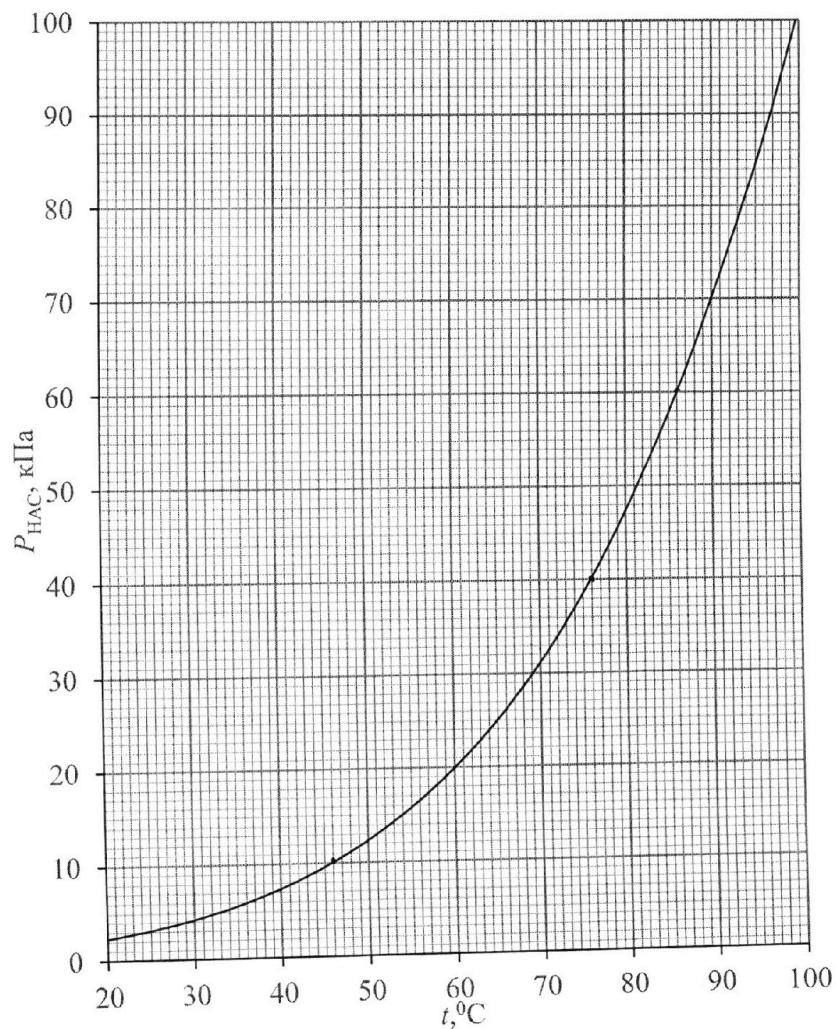


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении  $p_0 = 150$  кПа, температуре  $t_0 = 86$  °С и относительной влажности  $\varphi_0 = 2/3$  (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры  $t = 46$  °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 86 °С.
- 2) Найти температуру  $t^*$ , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра  $V/V_0$  в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





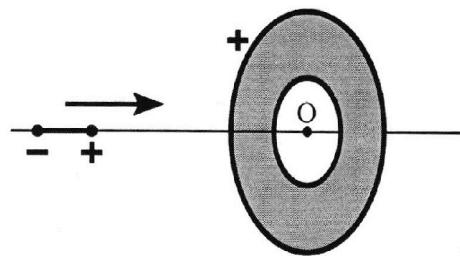
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-01**

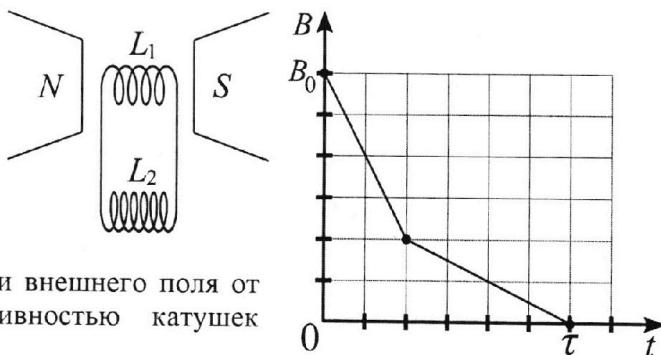
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

- 3.** В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна  $V_0$ . Диполю сообщают начальную скорость  $2V_0$ .



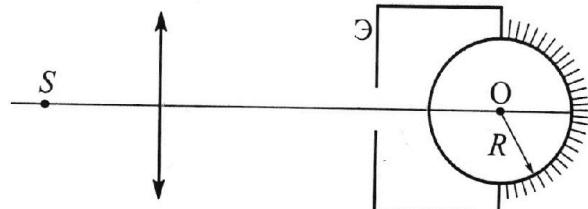
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 4.** Катушка индуктивностью  $L_1 = L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 4L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку  $L_1$  за время выключения внешнего поля.

- 5.** На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположены центр  $O$  прозрачного шара и точечный источник  $S$ , удалённый от линзы на расстояние  $a = 1,5F$  (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран  $\mathcal{E}$  с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно  $b = 8F/3$ , то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус  $R$  шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на  $\Delta = 2F$ , изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

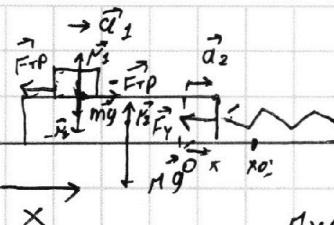


- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Пусть  $\alpha_1; \alpha_2$ -  
ускорение  
брюска и доски.



$F_{Tp}$  - замедляет брюса  
и разгоняет доску.

Направил Ox вправо.

Пусть  $K=0$  совпадает с  
нерастянутой пружиной.

II З.н.

$$\begin{aligned} T.O. \quad \ddot{\alpha}_1 M &= \vec{F}_{\text{E1}} = \vec{m}g + \vec{F}_{Tp} \\ \ddot{\alpha}_2 M &= \vec{F}_{\text{E2}} = \vec{M}g + \vec{F}_y + -\vec{F}_{Tp} \end{aligned}$$

$$Ox: \quad \alpha_1 M = -F_{Tp}$$

\*?

$$\alpha_2 M = -F_y + F_{Tp};$$

$$Oy: \quad \dot{N}_2 = Mg$$

$$N_2 = Mg + N_1 = (M+m)g;$$

$$T.O. \quad F_{Tp} = M N_2 = Mmg;$$

$$\alpha_2 = \ddot{x}; \quad F_y = Kx;$$

$$\ddot{x} M = -Kx + Mmg \quad Kx_0 = Mmg;$$

$$\ddot{x} + \frac{K}{M} x - Mmg = 0;$$

ур. колебаний.  $x_0 = \frac{1}{3}M$

(брюсок и доска  
сносятся)

$$(I) \quad \ddot{x} + \frac{K}{M} (x - x_0) = 0$$

если  $F_{Tp} \leq Mmg$  пока не наступит отрывательное  
действие брюска и доски. В этом случае  $\dot{\alpha}_1 = \ddot{\alpha}_2$ ;

$$T.O. \quad \alpha_2 = \alpha_1;$$

$$\frac{M}{M} = \frac{-F_{Tp}}{-F_y + F_{Tp}}; \quad M F_{Tp} = M F_y - m F_{Tp}$$

$$F_{Tp} = \frac{m F_y}{M+m} \leq Mmg$$

$\Delta x'$  - удл.

пружины.

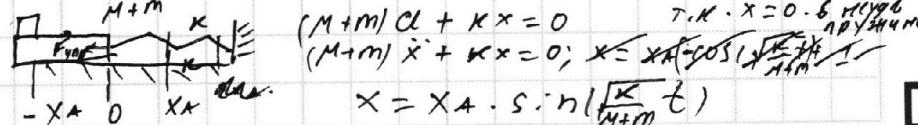
$$F_y = K \Delta x';$$

~ моменту наступления

$$\frac{F_y M}{M+m} = Mmg \Rightarrow \Delta x' = \left| \frac{M(M+m)g}{K} \right| = \frac{1}{3}M = 0,33M$$

2) пока брюсок и доска двигаются в tandemе ( $\dot{\alpha}_1 = \dot{\alpha}_2$ ),

и их можно рассм. как целое тело с массой  $(M+m)$  колеб.  
на пружине



$$(M+m)\ddot{\alpha}_1 + Kx = 0 \quad T.K. \cdot x = 0 \cdot 6 \text{ м/сек.}$$

$$(M+m)\ddot{x} + Kx = 0; \quad x = x_0 \cos(\omega t)$$

$$x = x_0 \cdot \sin\left(\frac{\sqrt{K}}{M+m} t\right)$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

№ Аналогии.

$$V = X_A \omega \cdot \cos(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t)$$

$$V(t) = V_0 = X_A \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$X_A = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$X_A = 2 \pi f \cdot \sqrt{\frac{3 \pi^2}{2 \pi^2 \frac{k}{M+m}}} = \frac{2}{3} M$$

$$X_A > x'$$

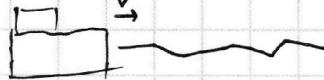
Найдём  $t$ , при котором  $x = x'$ ,

$$x = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \sin(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t) = x' = \frac{M(M+m)g}{k}$$

$$\sin(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t) = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \frac{Mg}{V_0} = \frac{1}{3} M / \frac{2}{3} m$$

$$t = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{Mg}{V_0}\right)$$

$$= \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{\pi}{18} \text{ с} \approx \frac{1}{6} \text{ с.} = 0,167 \text{ с.}$$



Масса проходит путь  $x'$ . Граф =  $Mmg$ .

и реализует. т.о. выполним про (1).

найдём  $V'$

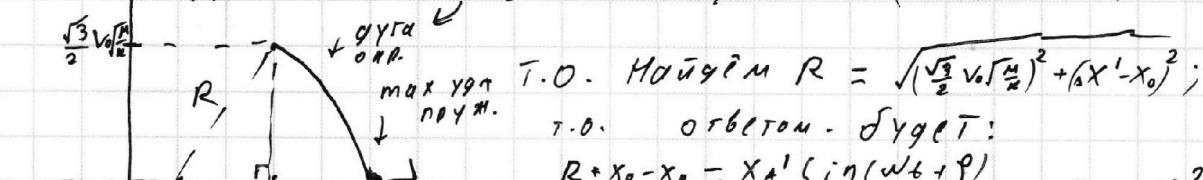
$$x - x_0 = X_A \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

в моменте.

$$V = X_A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \omega$$

$$V' = V_0 \cdot \cos(\alpha \arcsin(\frac{1}{3})) = \frac{\sqrt{2}}{2} V_0; \quad \alpha = -X_A \omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$\uparrow V \cdot \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (V \propto \omega)$  в этих координатах ( $\sqrt{\frac{M}{k}}$ ) окружности



$$T.O. Найдём R = \sqrt{(\frac{\sqrt{2} V_0 \sqrt{M}}{2})^2 + (x' - x_0)^2}$$

T.O. отверстия. Дуга:

$$R + x_0 - x_0 = X_A \cdot \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow \alpha = -\omega^2 R; \\ \alpha = -X_A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\alpha \cdot x' - x_0 = \frac{R}{M} M g \quad \text{пружины} \alpha = -\frac{K}{M} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} V_0^2 \frac{M}{K} + \frac{M^2 M^2 g^2}{K^2}} =$$

$$= -\sqrt{\frac{3}{4} V_0^2 \frac{K}{M} + \frac{M^2 g^2}{K}} \Rightarrow \text{Оно напр. Бледо.}$$

$$= \sqrt{30} \cdot \sqrt{21} \frac{M}{M^2} = \sqrt{380} \frac{M}{M^2} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{2}{3}} = \sqrt{90} \cdot \sqrt{\frac{3 + 2}{3}} \frac{M}{M^2}$$

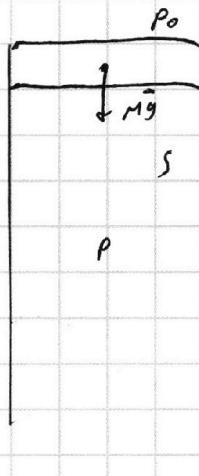


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!



Δ начальный момент:

- В цилиндре сухой воздух и пар.
- Пар с отм. влажности  $\vartheta_0 = \frac{2}{3}$  при температуре  $t_0$ .
- Т.о.  $P_1 = P_{\text{нас}} \cdot \vartheta_0$  (т.к. влажного воздуха совп. с его упругостью).  $P_1 = P_{\text{нас}}(t_0) \cdot \vartheta_0$

↗ найдём из графика рисунка

$$P_{\text{нас}}(t_0) = 60 \text{ кПа};$$

$$P_1 = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = \underline{\underline{40 \text{ кПа.}}}$$

- Теперь в процессе оставания (недвижимый)

поршень массивный не движется  $\Rightarrow P = \text{const.}$  ( $P = P_0 + \frac{m\bar{g}}{S}$ ) из ур. Менделеева-Клаудиона.

$$PV = \lambda RT;$$

$$\frac{T}{V} = \text{const.}$$

$$\text{т.к. } P = \text{const. } P_2 = \text{const.}$$

$$\text{т.к. } P = \text{const. } \frac{T}{V} = Tn = \text{const.}$$

↓

в момент

$$\frac{P_1}{P_{\text{нас}}(t)} = \vartheta = \underline{\underline{1}}$$

мы получим

изначально  $P_0 = 150 \text{ кПа}$

$$P_0 = P_C + P_A$$

↑ добавлено давление пара  
давление влажн. воздуха

$$P_C = P_0 - P_1 = 110 \text{ кПа}$$

↑ в нач. момента!

↗ найдём  $t^*$  по графику:

$$P_{\text{нас}}(t^*) = P_1 = 40 \text{ кПа}$$

после этого момента  $P_n \leq P_{\text{нас}}(t)$ .

$$t^* = \underline{\underline{176^\circ\text{C}}}$$

в конус

$$P_C' + P_n = P_0; \quad P = \text{const.} \quad P_C' \cdot V = \lambda R T \quad P_n = P_{\text{нас}}(t)$$

в момент.

$$P_0 = P_{\text{нас}}(t) + (P_0 - P_1) \frac{V_0}{V} \frac{T}{T_0} \quad P_C \cdot V_0 = \lambda R T_0 \quad P_n = P_1;$$

$$P_{\text{нас}}(t) = 10 \text{ кПа}$$

$$\frac{(P_0 - P_{\text{нас}}(t))}{P_C} \cdot \frac{T}{V} = \frac{V_0}{V}, \quad \frac{P_C'}{P_C} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0},$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \left| \frac{(P_0 - P_{\text{нас}}(t))}{(P_0 - P_1)} \right|^{-1}$$

$$P_C' = \frac{V_0}{V} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot (P_0 - P_1)$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \left| \frac{(P_0 - P_{\text{нас}}(t))}{(P_0 - P_1)} \right|^{-1} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{(P_0 - P_1)}{P_0 - P_{\text{нас}}(t)} = \frac{293,15 + 46}{293,15 + 86} \cdot \frac{P_0 - P_1}{150 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа}} =$$

$$\frac{21}{14} \cdot \frac{34}{38} = \frac{11 \cdot 17}{14 \cdot 19} = \frac{187}{266} = \underline{\underline{\frac{187}{266}}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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

СТРАНИЦА  
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

• Ещё раз. мы составили.

по принципу суперпозиции

$$W(x) = \Psi_R - q \Psi(x+L)$$

$$\text{т.к. } \sqrt{x^2} \approx 0$$

$$\text{потом. тогда } W(0) = 0; \quad \Psi_1 \sqrt{x^2 + R_1^2} - \sqrt{x^2 + R_2^2} \approx \\ \approx x + \frac{R_2^2}{2x} - x - \frac{R_1^2}{2x} \approx 0.$$

$$\text{т.о. } W_{K.K.} = W_{K.M} + W(x) - W_0$$

значима  $x > (x - \frac{L}{2})$ ;  $x < x + \frac{L}{2}$ ;   
 т.к.м. энргии в пол.

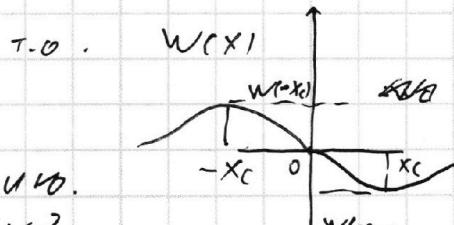
(т.п. перв. отличия от центра выше).

$$W(x_c) = \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0} \cdot \left( -\sqrt{(x_c + \frac{L}{2})^2 + R_2^2} + \sqrt{(x_c - \frac{L}{2})^2 + R_2^2} - \sqrt{(x_c + \frac{L}{2})^2 + R_1^2} + \sqrt{(x_c - \frac{L}{2})^2 + R_1^2} \right)$$

$$W(-x_c) = \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0} \left( -\sqrt{(x_c - \frac{L}{2})^2 + R_2^2} + \sqrt{(x_c + \frac{L}{2})^2 + R_2^2} - \sqrt{(x_c + \frac{L}{2})^2 + R_1^2} + \sqrt{(x_c - \frac{L}{2})^2 + R_1^2} \right)$$

заметим, что

$$W(x_c) = -W(-x_c) \text{ не учтена зеркаль}$$



по условию.

$$\frac{m v_x^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + W(x)$$

(3c)

из отр.  $W(x)$  следует, что  $W(x_c) = -\frac{m v_0^2}{2}$ .

т.к.  $v_x = 0$ , и  $v_0$  - мин. допустимая

$v_2 - \text{max скорост. (скорость запуска)}$

$$\frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + W(x_c)$$

$$\frac{m v_2^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + W(x_c)$$

$v_2 - \text{max скорост.}$

$\rightarrow$   $W(x)$  так же симметрична  
относ. (0) и ограничена

т.о.  $W(x_c)$  соответствует

минимальной скорости.

д.  $W(-x_c)$  максималеной.

$v_1 - \text{мин. скорост. (скорость запуска)}$

$$\Rightarrow \frac{v_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} \quad v_1 = 2v_0$$

$$\frac{v_2^2}{2} = \frac{v_0^2 + v_0^2}{2} \quad v_2 = \sqrt{5} v_0$$

$$v_2 - v_1 = \sqrt{(\sqrt{5} - 2) v_0}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

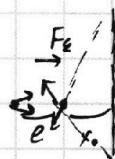
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\varphi(x) = \int_{R_2}^{R_1} \frac{\rho_0 dR}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \cdot \int_{R_2}^{R_1} \frac{dR}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \sqrt{x^2 + R^2} \Big|_{R_2}^{R_1}$$

$$= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot (\sqrt{x^2 + R_1^2} - \sqrt{x^2 + R_2^2})$$

$$F(x) = -q\varphi'(x) \cdot q = -\frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \left( \frac{2x}{2\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{2x}{2\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right)$$



$x_0$  - расстояние до  $-q$  +  $q$  заряда в положении.

где  $F_z = 0$  (это положение в котором  $V$  мин.)

решений нет

$$F_z = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \cdot 2 \left( \frac{x_0 + \ell}{\sqrt{(x_0 + \ell)^2 + R_1^2}} - \frac{x_0 + \ell}{\sqrt{(x_0 + \ell)^2 + R_2^2}} - \frac{x_0}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} + \frac{x_0}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right)$$

$$\text{Найдем } \varphi(x) \cdot q - \varphi(x + \ell) \cdot q = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \left( -\sqrt{(x + \ell)^2 + R_1^2} + \sqrt{x^2 + R_1^2} - \sqrt{x^2 + R_2^2} + \sqrt{(x + \ell)^2 + R_2^2} \right)$$

$$\ell \leq R_1; R_2;$$

$$\varphi(\infty) = 0,$$

$$W(x) \neq$$

$$\ell \text{ сравнил } R_1; R_2 > x; \ell$$

$$W'(x) = \frac{2(x + \ell)}{2R_1} \cdot \frac{2x}{2R_2} - \frac{2(2(x + \ell))^2 R_2^2}{8R_1^3} - \frac{4(x + \ell)^2 R_2^2}{8R_2^3} + \frac{2x - 4x^3}{2R_2^2} - \frac{2\ell}{R_1^2} + \frac{4(x + \ell)^2}{8R_2^3} - \frac{4x^3}{8R_2^3}$$

$$\text{в уравнении отвретеле } x = -\frac{\ell}{2};$$

$$W(x) = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \left( -\sqrt{\frac{\ell^2}{4} + R_1^2} + \sqrt{\frac{\ell^2}{4} + R_2^2} - \sqrt{\frac{\ell^2}{4} + R_1^2} + \sqrt{\frac{\ell^2}{4} + R_2^2} \right) = 0.$$

т. о.

$$\frac{m V_k^2}{2} = \frac{m V_M^2}{2} \Rightarrow V_k = V_M = \sqrt{2V_0},$$

\*Если условие выполнено  $\Rightarrow$  то он проходит положение с минимальной  $W(x)$ . Пусть этому положению теперь соответствует  $x_C$  - координата центра эллипса.  $\Rightarrow W(x_C) = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \left( -\sqrt{(x_C + \frac{\ell}{2})^2 + R_1^2} + \sqrt{(x_C - \frac{\ell}{2})^2 + R_2^2} + \sqrt{x_C + \frac{\ell}{2}}^2 + R_1^2 - \sqrt{x_C - \frac{\ell}{2}}^2 + R_2^2 \right)$

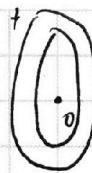


- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

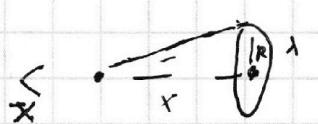
A - - t



Пусть диск имеет поверхн. заряд  $\sigma$ ; разобьём диск на конусы.



с  $\lambda = \sigma dR$  Каждый распределен по конусу от колца по всей оси. ОА.



Все заряды находятся на одинаковых расстояниях

Простимиряем по всем конусам

$$\Phi(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\pi R \lambda}{\sqrt{x^2 + R^2}},$$

$$\Phi_e = 2\pi R \cdot \lambda;$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{R\lambda}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

$$\Phi(x) = \int_{R_1}^{R_2} \frac{R \sigma dR}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}};$$

$$\frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \int_{R_1}^{R_2} \frac{dR}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot [\operatorname{arcsinh}\left(\frac{R_2}{x}\right) - \operatorname{arcsinh}\left(\frac{R_1}{x}\right)]$$

$$e^{\frac{R_2}{x}} - e^{\frac{R_1}{x}} = \operatorname{arcsinh}\left(\frac{R_2}{x}\right); \quad e^{\frac{2n}{x}} - 2 \frac{R}{x} e^{\frac{n}{x}} - 1 = 0;$$

$$e^{\frac{n}{x}} = \frac{R}{x} \oplus \sqrt{\left(\frac{R}{x}\right)^2 + 1}$$

$$n = \operatorname{en}\left(\frac{R}{x} + \sqrt{\left(\frac{R}{x}\right)^2 + 1}\right)$$

$$\Phi(x) = \frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \operatorname{en}\left(\frac{R_2 + \sqrt{R_2^2 + x^2}}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + x^2}}\right) \quad \text{лучше}$$

если диполю в центре

$$\text{тогда: } \sqrt{R_2^2 + x^2} \approx \frac{x^2}{2R_2} + R_2 \quad \begin{array}{c} 1(3) \\ -q \end{array} \quad \begin{array}{c} 1(1) \\ +q \end{array}$$

$$\Phi(x) = \frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \operatorname{en}\left(\frac{2R_2 + \frac{x^2}{2R_2}}{2R_1 + \frac{x^2}{2R_2}}\right) \quad \begin{array}{c} 1(2) \\ - \\ + \end{array}$$

$$F_R = +q \operatorname{grad}(\Phi) \cdot q = -q \cdot \frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2R_2 + \frac{x^2}{2R_2}} \cdot \frac{X/R_2}{2R_2 + \frac{x^2}{2R_2}} \cdot \left( \frac{X/R_2}{2R_2 + \frac{x^2}{2R_2}} - \frac{X/R_1}{2R_1 + \frac{x^2}{2R_1}} \right) = -q \frac{R \sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{X/R_2}{2R_2 + \frac{x^2}{2R_2}}$$

(1) - в этом поле

единичный диполь имел

минимальную V.

т.к. при этого он

зашел в силовую, что притягивало

и сильнее, чем притягивало

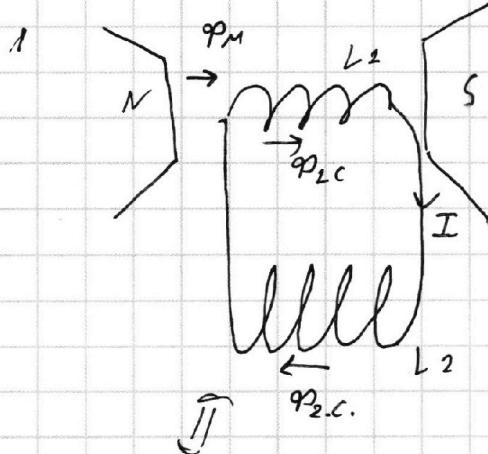
- и т.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$\Phi_M$  - ободржаним магнитный поток от магнита.

$\Phi_{1c}$  - поток от 1 катушки (составной)  $\Phi_{2c}$ . Аналогично.

$$\Phi_{1c} = L_1 I; \quad \Phi_{2c} = L_2 I$$

$$E_2 = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \Phi = \Phi_M + \Phi_{1c}$$

$$-\frac{d\Phi_M}{dt} - \frac{d\Phi_{1c}}{dt}$$

$$E_2 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Phi_{2c}}{dt}, \quad \Phi = \Phi_{2c}.$$

$E_1 + E_2 = 0$  по пр. Кирхгофа.

$$-\frac{d\Phi_M}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0;$$

$$\Phi_M \propto B_0 n \cdot S_1;$$

$$(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = + \frac{dB(t)}{dt} \cdot n \cdot S_1 / \cdot dt$$

$$(L_1 + L_2) dI = -dB(t) / n \cdot S_1 \Rightarrow -(L_1 + L_2) dI = dB n S_1$$

$$- |I_0 - 0| / (L_1 + L_2) = |0 - B_0| \cdot n \cdot S_1$$

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} = \left| \frac{B_0 n S_1}{5L} \right|$$

$$2) (1) \text{ вычислик } K_2 = \frac{-dB(t)}{dt} = \frac{2}{3} B_0 / \frac{1}{3} T = \frac{2 B_0}{T} \text{ из результука.}$$

$$(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = k_2 n S_1; \quad I_2 = \frac{k_2 n S_1}{L_1 + L_2} t + q_2 = \frac{\frac{1}{3} T}{5L} t + q_2 = \int I_2 dt = \frac{k_2 n S_1}{5L} \cdot \frac{T^2}{18}$$

$$(2) \text{ вычислик } k_2 = \frac{-d(Bt)}{dt} = \frac{1}{3} B_0 / \frac{2}{3} T = \frac{B_0}{2T}; \quad I_2 = \frac{k_2 n S_1}{5L} \cdot \frac{T}{3} = \frac{B_0 n S_1}{5L} \cdot \frac{T}{3};$$

$$\text{сумм. } q_2 = \int (I_2 dt) = \int \frac{k_2 n S_1}{5L} dt = \frac{k_2 n S_1}{5L} \cdot \left( \frac{T^2}{2} - \frac{1}{78} T^2 \right) + \int I_2' dt = \frac{2 B_0 n S_1 \cdot 2T}{5L \cdot 3}$$

$$q_2 = q_1 + q_2 = \frac{2 B_0 n S_1}{5L} \cdot \frac{1}{2} T + \frac{B_0 n S_1}{5L} \cdot \left( \frac{T}{2} - \frac{1}{78} T \right) = \frac{B_0 n S_1 T}{L} \cdot \left( \frac{13}{20} + \frac{1}{78} \right)$$

$$= \frac{B_0 n S_1 T}{L} \cdot \cancel{\left( \frac{1}{20} + \frac{1}{78} \right)} + \cancel{\left( \frac{B_0 n S_1 T}{L} \cdot \frac{1}{45} \right)} + \frac{4}{45} \frac{B_0 n S_1 T}{L} = \frac{1}{20} - \frac{1}{780} + \frac{4}{45} + \frac{1}{780}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

**СТРАНИЦА**  
**2 ИЗ 2**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$(1) \text{ Участок } x_1 = \frac{2B_0}{J}, \quad I = \frac{2B_0 n S_2}{TSL} \cdot t;$$

$$q_2 = \int_{1/3J}^{J} I dt = \frac{2B_0 n S_2}{TSL} \cdot \frac{1}{18} J^2; \quad I_K = \frac{2B_0 n S_1}{TSL}$$

$$(2) \text{ Участок } x_2 = \frac{B_0}{2J};$$

$$q_2 = \int_{1/3J}^{J} \left( \frac{B_0 n S_2}{TSL} \cdot t + \frac{2B_0 n S_2}{TSL} \right) dt = \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{75} \cdot \frac{B_0 n S_2 J}{L} + \frac{B_0 n S_2 J}{L} \left( \frac{1}{20} - \frac{1}{180} \right)$$

$$q_1 + q_2 = \left| \frac{4}{180} + \frac{9}{180} - \frac{1}{180} + \frac{1}{45} \right| \frac{B_0 n S_2 J}{L} = \frac{4}{45} \frac{B_0 n S_2 J}{L}$$

$$\left( \frac{4}{9} \frac{B_0 n S_2 J}{L_{1+L_2}} \right)$$

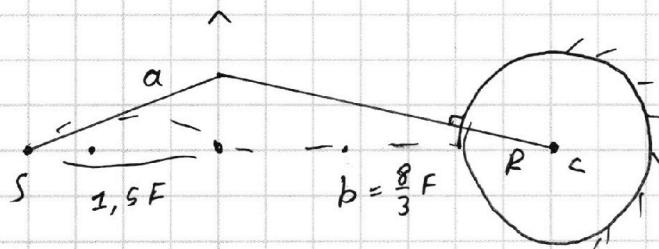


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Используем параксимальное приближение.

по формуле тонкой линзы.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F}; \quad c = \frac{Fa}{a-F} = 3F; \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{ действительное} \\ \text{изображение} \end{matrix}$$

• Если  $C$  совпадает с центром шара, то лучи не преломляются (они в поверхности).

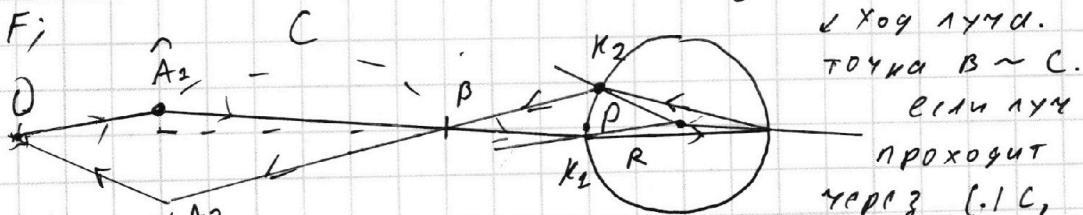
после пересечения биссектрисы, эти лучи отражаются и идут по такому же пути обратно в источники

В этом случае случай с преломл. лучей в шаре реализуем.

$$\Rightarrow C = b + R; \quad R = \frac{Fa}{a-F} - b = \frac{1}{3} F;$$

\* Теперь расстояние до шара  $b' = b + d = \frac{7}{3} F$

$$C = 3F;$$



Ход луча.

точка B ~ C.

если луч

проходит

через (.1 C,

то и через (.1 O.

из формулы тонкой линзы

и луча через ГОД.

(радиусы и угол падения равен углу отражения,  $R = r$ )

$$\gamma = 2\alpha; \quad \gamma \cdot R = (\beta - \gamma) \cdot BP \quad R = \frac{F}{3}$$

$$BP = b' - C = \frac{5}{3} F; \quad \therefore \beta - \gamma = \frac{1}{5} \gamma$$

$$\angle \beta L_2 P = \angle L_2 - \angle L_1 \angle B \quad (\text{биссектриса})$$

угол. закон.

$$\gamma = \frac{5}{6} \beta; \quad \angle = \frac{\gamma}{2} = \frac{5}{12} \beta;$$

$$\text{снизу: } \angle \cdot n = \frac{\beta}{2} = \frac{5}{12} \beta$$

$$\Rightarrow n = \frac{\beta}{2} = \left(\frac{12}{5}\right)$$

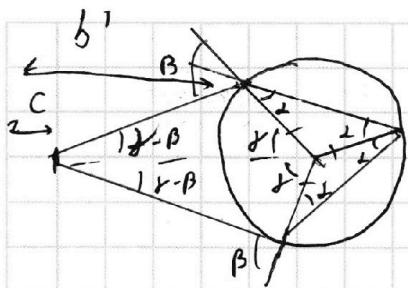


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\gamma = 2\delta; \\ \sin(\beta) \cdot 1 = \sin(\alpha) \cdot n;$$

$$(\gamma - \beta) \cdot (b^2 - c) = \gamma \cdot R \quad R = \frac{F}{3} = \frac{\alpha F}{\alpha - F} - b;$$

$$\gamma - \beta = \gamma \cdot \frac{F(\alpha/b - F) - b}{b - a - \frac{\alpha F}{\alpha - F}} = \frac{1}{5}$$

$$n = \frac{\beta}{2} = \frac{12}{5} = (2,4) \quad \gamma = \frac{5}{6} \beta \\ \alpha = \frac{5}{12} \beta;$$