



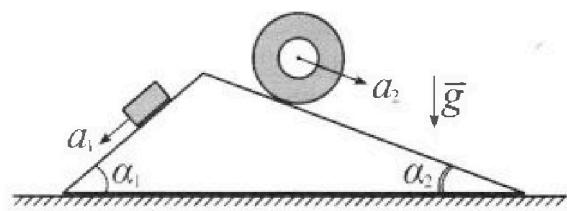
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



## Вариант 11-01

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

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1 (\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$  и  $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 5/13, \cos \alpha_2 = 12/13)$ . Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

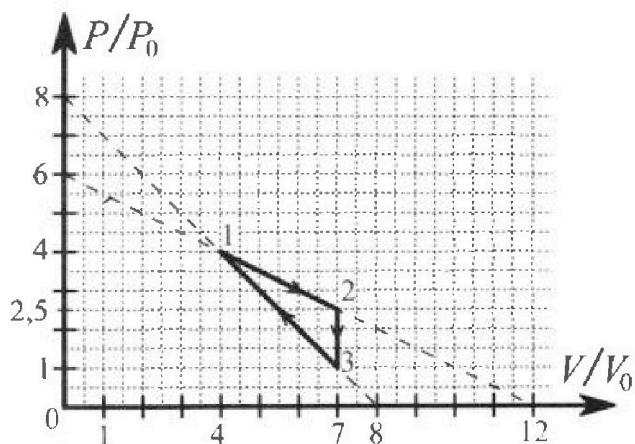


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.

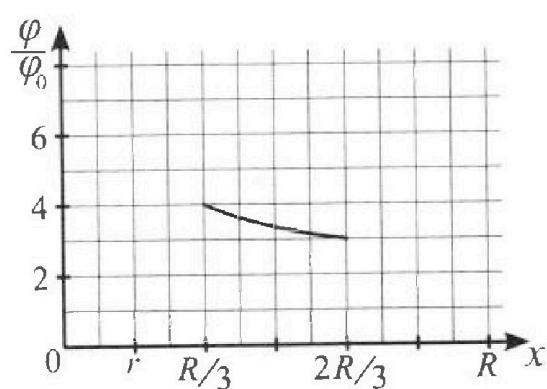
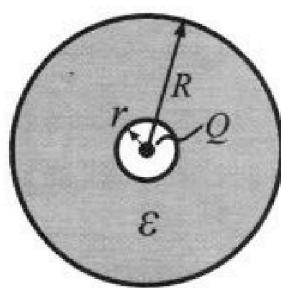
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .

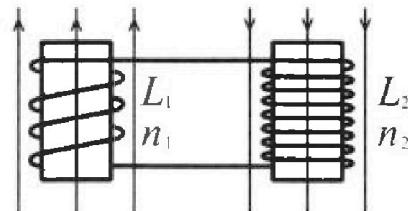


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01

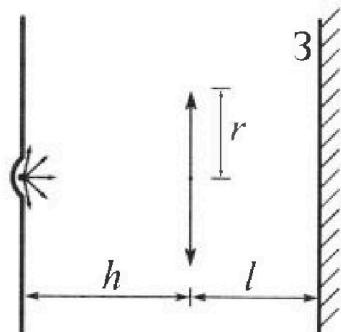
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью  $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



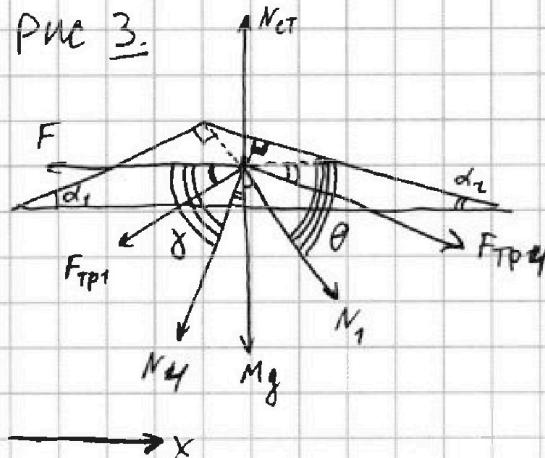
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Рис 3.



по 23н для шайбы:  
 $Oy_1 : 0 = -mg \cos \alpha_1 = N_1$ ,  
 $N_1 = mg \cos \alpha_1 = mg \cdot \frac{4}{5}$

по 23н для чашки:  
 $Oy_2 : 0 = -4mg \cos \alpha_2 + N_4$ ,  
 $N_4 = 4mg \cos \alpha_2 = 4mg \cdot \frac{12}{13} = \frac{48}{13}mg$

$\gamma$  - угол м-дз  $N_4$  к горизонту.  
 $\theta$  - угол м-дз  $N_1$  к горизонту.  
(именно на рисунке 3)

Ответ

по 23н для чашки:

$$\gamma = 90^\circ - \alpha_2$$

$$\theta = 90^\circ - \alpha_1$$

$$Ox: 0 = N_1 \cos \theta + F_{Tp4} \cos \alpha_2 - N_4 \cos \gamma - F_{Tp1} \cos \alpha_1 - F$$

$$F = N_1 \cos (90^\circ - \alpha_1) + F_{Tp4} \cos \alpha_2 - N_4 \cos (90^\circ - \alpha_2) - F_{Tp1} \cos \alpha_1,$$

$$F = N_1 \sin \alpha_1 + F_{Tp4} \cos \alpha_2 - N_4 \sin \alpha_2 - F_{Tp1} \cos \alpha_1 =$$

$$= \frac{4}{5}mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{55}{78}mg \cdot \frac{12}{13} - \frac{48}{13}mg \cdot \frac{5}{13} - \frac{14}{65}mg \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= \frac{32}{13}mg$$

$$= \frac{12}{25}mg - \frac{56}{325}mg + \frac{110}{169}mg - \frac{96}{169}mg = \left( \frac{156}{325} - \frac{56}{325} + \frac{14}{169} \right)mg =$$

$$= \left( \frac{100}{325} + \frac{14}{169} \right)mg = \left( \frac{4}{13} + \frac{14}{169} \right)mg = \left( \frac{52 + 14}{169} \right)mg = \boxed{\frac{66}{169}mg} = F_3$$

$$\text{Ответ: 1)} F_1 = \frac{14}{65}mg \quad 2) F_2 = \frac{55}{78}mg \quad 3) F_3 = \frac{66}{169}mg$$



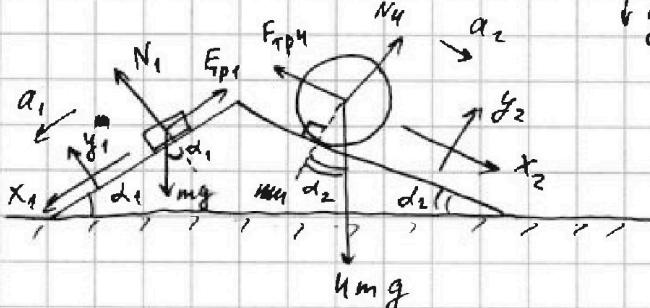
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
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!

Решение



$N_1$  — норм. сост. реакции от клина

$N_4$  — норм. сост. реакции опоры

$F_{tp1}$  — сила трения м-жд бруском и клином

$F_{tp4}$  — сила тр. м-жд цилиндром и

$F_{tp1} = F_1; F_{tp4} = F_2$  цилиндром и клином.

2) по 23 т. о движении центра масс для цилиндра:

$$m a_2: 4 m a_2 = 4 m g \sin \alpha_2 - F_{tp4}$$

$$F_{tp4} = 4 m g \sin \alpha_2 - 4 m a_2 = 4 m g \cdot \frac{5}{13} - 4 m \cdot \frac{5}{24} g = \frac{20}{13} m g - \frac{10}{12} m g =$$

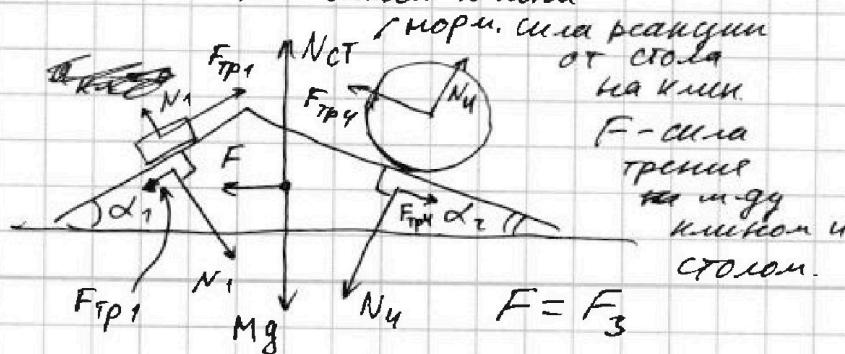
$$= \frac{240 m g - 130 m g}{156} = \frac{110 m g}{156} = \frac{55 m g}{78}$$

$$F_{tp1} = \frac{14}{65} m g = F_1$$

$$F_{tp4} = \frac{55}{78} m g = F_2$$

3) Рассл. клина:

$M$  — масса клина





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  
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!

по I шаг. термодинамика в процессе 2-3:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + P_{23} V_0, \text{ изокора}; C_{23} = C_V = \frac{3}{2} R, \text{ т.к. изокора.}$$

$$\underline{(Q_{23} = \frac{3}{2} VR(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} DR \left( \frac{7p_0V_0}{DR} - \frac{17.5 p_0V_0}{DR} \right) = \frac{3}{2} p_0V_0 (-10.5) = \frac{-31.5}{2} p_0V_0)}$$

$Q_{23}$  - изоб. к 2-3

$P_{23}$  - раб. газа при 2-3

$\Delta U_{23}$  - сум. внутр. эн. газа при 2-3.

~~$\tan \theta = \frac{P_3 - P_2}{P_2 \cdot \frac{V_0}{V_3}} = \frac{1}{7} \Rightarrow P_3 V_0 = P_2 V_3$~~

~~$\tan \theta = 1 - \text{из графика} \Rightarrow \frac{P_0}{P_0} \cdot \frac{V_0}{V} = 1 \Rightarrow \text{закономерность } \frac{n+1}{n}$~~

~~$\tan \theta \psi = \frac{1}{2} - \text{из графика}$~~

~~$T \cdot e \frac{P \cdot V_0}{P_0 \cdot V} = \frac{1}{2} = \text{const}$~~

~~т.е. давление и объем в процессе 1-2~~  
~~прямо пропорциональны~~

~~$\tan \psi = \frac{1}{2} - \text{из графика}$~~

~~$T \cdot e \frac{P \cdot V_0}{P_0 \cdot V} = \frac{1}{2} \Rightarrow PV^{-1} = \text{const}$~~

~~1-2 это изотропия, где  $n = -1$~~

~~исчезает изотропия~~

~~исчезает изотропия~~

~~бывает в этом процессе 1-2~~

$$h = \frac{C_{31} - C_P}{C_{31} - C_V} = -1$$

~~молярная теплоемкость при изобаре~~

$$-C_{31} + C_V \frac{3}{2} R = C_{31} - \frac{5}{2} R$$

$$\frac{8}{2} R = 2C_{31}$$

$$C_{31} = 2R$$

$$h_{12} = -1 = \frac{C_{12} - C_P}{C_{12} - C_V} \rightarrow -C_{12} + C_V = C_{12} - C_P \rightarrow 2C_{12} = \frac{3}{2} R + \frac{5}{2} R = 4R$$

$$(C_{12} = 2R)$$



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  
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!

$$\begin{aligned} A_E &= Q_E = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = c_{12} \cdot \nu(T_2 - T_1) + c_v \cdot \nu(T_3 - T_2) + c_{31} \cdot \nu(T_3 - T_1) = \\ &= 2 \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + 2 \nu R (T_3 - T_1) = \nu R (2T_2 - 2T_1 + \frac{3}{2}T_3 - \frac{3}{2}T_2 + 2T_3 - 2T_1) \\ &= \nu R (-4T_1 + \frac{1}{2}T_2 + \frac{7}{4}T_3) = \nu R \left( -4 \cdot \frac{16 p_0 V_0}{\nu R} + \frac{1}{2} \cdot \frac{17,5 p_0 V_0}{\nu R} + \frac{7 \cdot 7 p_0 V_0}{4 \nu R} \right) = \\ &\cancel{\Rightarrow \nu R \nu R \cancel{\nu R} = 1616} = p_0 V_0 \left( \frac{-16 \cdot 16 + 35 + 98}{4} \right) = \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \\ + 16 \\ \hline 256 \end{array}$$

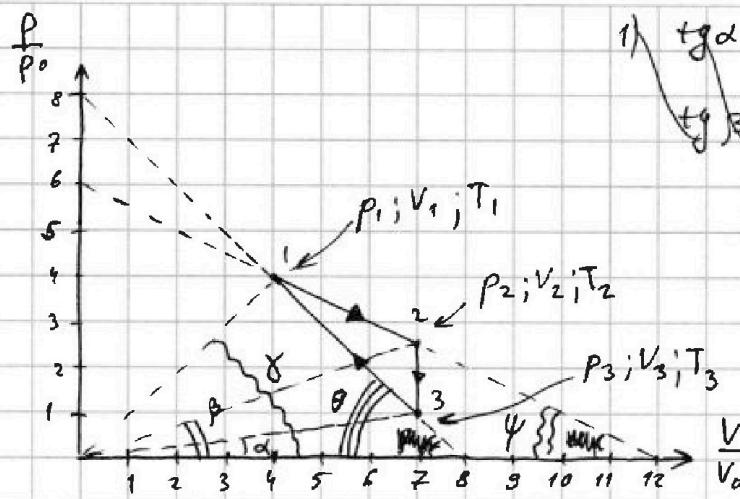


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$\tan \alpha = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

$$\tan \beta = \frac{6P_0 \cdot V_0}{P_0 \cdot 12V} = \frac{1}{2} \frac{P_0 V_0}{V_0}$$

$P_0 V_0$  по менз-клини

$$\tan \gamma = \frac{P_1 \cdot V_0}{P_0 \cdot V_1} = \frac{1}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{P_1 \cdot V_0}{P_0 \cdot V_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2P_1 V_0 = P_0 V_2$$

$$\tan \beta = \frac{P_2 \cdot V_0}{P_0 \cdot V_3} = 1 \Rightarrow P_2 V_0 = P_0 V_3$$

$$\tan \beta = \frac{P_2}{P_0} \text{ при } T_1: P_1 = 4P_0; V_1 = 4V_0$$

$$T_2: P_2 = 2,5P_0; V_2 = 7V_0$$

$$T_3: P_3 = P_0; V_3 = 7V_0$$

$$\begin{matrix} x & 4,5 \\ \hline 7 & 3,5 \\ + & 14 \\ \hline 17,5 \end{matrix}$$

В процессе 2-3 объём все ~~меньше~~, шокора, работу ~~меньше~~ совершают

$$T_1: P_1 V_1 = V R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{16P_0 V_0}{OR}$$

$$T_2: P_2 V_2 = V R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{17,5P_0 V_0}{OR} > T_1$$

$$T_3: P_3 V_3 = V R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{7P_0 V_0}{OR} < T_1$$



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  
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!

$$\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{4kQ}{R} + \frac{4kq_1}{R} + \frac{kq_2}{R} = \frac{4kQ}{R} + \frac{4k \cdot Q(1-\varepsilon)}{R \cdot \varepsilon} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{R\varepsilon} = \\ = \frac{4kQ\varepsilon + 4kQ - 4kQ\varepsilon + kQ\varepsilon - kQ}{R\varepsilon} = \frac{3kQ + kQ\varepsilon}{R\varepsilon} = \frac{kQ(3+\varepsilon)}{R\varepsilon}$$

Отвѣт: 1)  $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kQ(3+\varepsilon)}{R\varepsilon}$

2)  $\varepsilon = 4$

Бс  
задача



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!

$$\varphi(y) = \frac{kQ}{y} + \frac{kq_1}{y} + \frac{kq_2}{R-y}$$

из графика:  $\frac{\varphi(\frac{R}{3})}{\varphi_0} = 4$

6 задача В2  $\varphi(\frac{R}{3}) = \frac{3kQ}{R} + \frac{3kq_1}{R} + \frac{kq_2}{R} \Rightarrow$

$$\varphi(\frac{2R}{3}) = \frac{3kQ}{2R} + \frac{3kq_1}{2R} + \frac{kq_2}{R}$$

$\varphi_0 = \frac{\varphi(\frac{R}{3})}{4}$

$$\varphi_0 = \varphi_0$$

из графика:  $\varphi(\frac{2}{3}R) = 3$

$$\frac{3kQ}{4R} + \frac{3kq_1}{4R} + \frac{kq_2}{4R} = \frac{kQ}{2R} + \frac{kq_1}{2R} + \frac{kq_2}{3R}$$

$\varphi_0 = \frac{\varphi(\frac{2}{3}R)}{3}$

$$\frac{3Q}{4} + \frac{3q_1}{4} + \frac{q_2}{4} = \frac{Q}{2} + \frac{q_1}{2} + \frac{q_2}{3}$$

$$\frac{1}{4}Q + \frac{1}{4}q_1 = q_2 \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{12}q_2$$

$$\frac{1}{4}Q + \frac{1}{4}q_1 = \frac{1}{12}q_2, \text{ но } q_2 = -q_1$$

$$\frac{1}{4}Q + \frac{1}{4}q_1 = -\frac{1}{12}q_1$$

находим  $\varphi(\frac{R}{4})$

$$1 \cdot \frac{1}{4}Q = -\frac{4}{12}q_1$$

$$(q_1 = -\frac{3}{4}Q) \Rightarrow (q_2 = \frac{3}{4}Q)$$

находим:  $\varphi(\frac{R}{4}) = \frac{4kQ}{R} + \frac{4kq_1}{R} + \frac{kq_2}{R} = \frac{k}{R}(4Q + k \cdot (\frac{3}{4}Q) +$   
 $+ \frac{3}{4}Q) = \frac{k}{R}(4Q - 3Q + \frac{3}{4}Q) = \frac{kQ}{R}(1 + \frac{3}{4}) = \frac{7kQ}{4R}$

находим  $E$ : параллельные бисектрисы:  $q_2 = \frac{Q(E-1)}{E} = \frac{3}{4}Q$

~~$q_2 = \frac{Q(E-1)}{4R} = \frac{Q}{4R} \cdot (E-1) \Rightarrow$~~

теперь подставляем:

$$4E - 4 = 3E$$

$(E=4)$

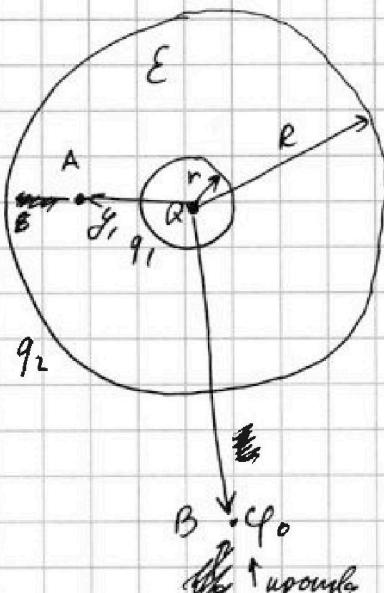


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
1 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!



У - какое-то  
внешнее  
расстояние от центра до точки внутри диэлектрика.

Рассл. произв. точку внутри  $E$ , поле:  $E_Q(y_1) = E_1(y_1) + E_2(y_1)$   
(в точке A):

$$\begin{array}{c} \xleftarrow{\qquad\qquad\qquad} \\ E(y_1) \quad E_Q(y_1) \\ \xleftarrow{\qquad\qquad\qquad} \\ E_Q(y_1) \\ \hline E \end{array}$$

$$E_Q(y_1) = \frac{kQ}{y_1^2}$$

$$\frac{kQ}{Ey_1^2} = \frac{kQ}{y_1^2} + \frac{kq_1}{y_1^2}$$

$$q_1 = \frac{Q}{E} - Q = \frac{Q(1-E)}{E}$$

2) идет дальше  
диэлектрика:

$$\begin{aligned} q(y) &= \frac{kQ}{y} + \frac{kq_1}{y} + \frac{kq_2}{y} \\ &= \frac{kQ}{y} + \frac{k}{y}(q_1 + q_2) \end{aligned}$$

из ЗСЗ: т.е.  $q_2 = 0 - q_1 = -q_1$

$$q_2 = \frac{Q(E-1)}{E}$$



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

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!

Взаимное действие Реле нулевого тока в катушках нет.

~~Легко видеть~~

$\Phi_{\text{одн}} = nBS$

изменение пот.

т.к.  $I = \alpha = \text{const}$

$$I_0 = 0 \Rightarrow U_{\text{одн}} = U_{\text{нек}}$$

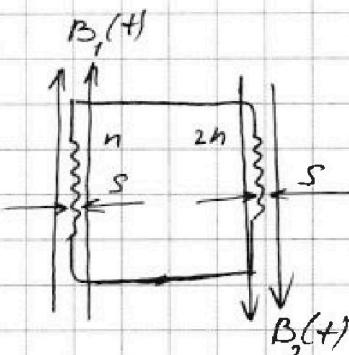
$$\Delta = U/I_0 = \frac{n^2 L}{S}$$

$\Phi_{\text{одн},10} = \text{нек}$

$\Phi_{\text{одн},20} = \text{нек}$

потоки от катушек 1 и 2 соответствующие  
в нейтрале

т.к. пот. разные



$$B'_1 = d - \text{посл.}$$

когда катушка меняет ~~изменение внешнее~~ наружу 1, то  
потоки 2-й катушки скажем не меняются  
появится изменение

$$\text{на } I: \Phi'_1 = L' I + L \cdot I' + nB'S = U$$

$$U = L' I + nB'S = L' I + nSd$$

$$\text{на } II: U = \Phi'_2 = (4L) \cdot I + 4L I' + (2nB'_2 S) = 4L I' + \cancel{4L I'}$$

~~Уже~~ т.е.

$$\underline{L' I' + nSd} = 4L I' \Rightarrow nSd = 3L I'$$

$$\underline{-3L I' = nSd}$$

$$I' = \frac{nSd}{3L}$$

$$I' = \frac{nSd}{3L}, \text{ но } \cancel{\text{найдено: } I' = \frac{nSd}{3L}}$$



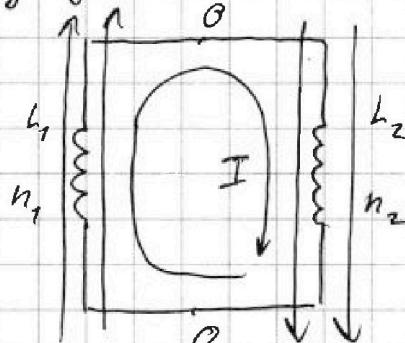
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Рассмотрим начерт., что ~~второй~~  $t = t_1$ ,  
где ~~второй~~ в втором вопросе



$$B_1(t_1) = \frac{B_0}{2} = \text{const}$$

$$B_2(t_1) = \frac{2}{3} B_0 = \text{const}$$

ток ~~настолько~~ ~~мал~~ что  
напряжение на катушках.

$$\Phi_{\text{вн}}^1 + \Phi_{\text{вн}}^2 = \mu_0 l_1 I + \mu_0 l_2 I$$

по ЗСЭ от начала  
метод потенциалов.

изм. энергии пол.

уменьшение пол. до  $t = t_1$ :

$$\Delta W_{\text{мех}} = \Delta W_{\text{эл}} \Rightarrow \Delta W = 0$$

$$\Delta W = 0 = W(t_1) - W_0 = \frac{1}{2} L_1 I^2 + \frac{1}{2} L_2 I^2 + \frac{1}{2} \mu_0 \frac{B_0^2}{4} S l_1 +$$

этн. в конце      этн. в начале

$$+ \frac{1}{2} \mu_0 \frac{4}{9} B_0^2 S l_2 - W_{\text{нек}}$$

~~$\Phi_{\text{вн}}^1 I = \Phi_{\text{вн}}^2 = \frac{1}{2} \mu_0 I$~~

$$L_1 = L = \mu_0 \frac{l_1 h^2}{S}$$

7  
этн.  
блогад.

$$W = \mathcal{V}U \cdot V_{\text{внешн}} + W_{\text{внешн}}$$

объем  $V$       объем катушки  $V_{\text{внешн}}$       пол.

$$l_1 = \frac{LS}{\mu_0 h^2}$$

$$l_2 = \frac{4LS}{\mu_0 \cdot \frac{4}{9} h^2}$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} L_1 I^2 + \frac{1}{2} L_2 I^2 + \frac{\mu_0 B_0^2 S L S}{8 \mu_0 h^2} + \frac{1}{2} \mu_0 \frac{4}{9} B_0^2 S \cdot 4 L S$$

$$\Delta W = \frac{3}{2} L I^2 + \frac{17}{9} \mu_0 B_0^2 S^2 L$$



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  
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. Перча QR-кода недопустима!

$R$  - от  $S$  до краинго преломл. луча после л от  $S^{**}$   
 $y$  - от  $S$  до краинго ~~из~~ луча, пропадшего около л от  $S^{**}$   
 $\alpha$  - угол м-дз краинго преломл. луча и ~~луча~~ (непримане. от  $S$ ) и ГОО  
 $\beta$  - угол м-дз ~~из~~ между преломл. лучом и ~~лучом~~ (от  $S$ ) и ГОО.  
 $\gamma$  - угол м-дз между ~~лучом~~ непримане. ~~из~~ краинго непримане. лучом от  $S^{**}$  и ГОО  
 Он  $\theta$ - угол м-дз краинго ~~из~~ преломл. лучом от  $S$  после л.  
~~Но~~  $x$  - расстояние м-дз 3 и  $S^{**}$  (так же м-дз 3 и  $S^*$ )  
 $b = l - a$        $b$  - расстояние м-дз краинго преломл. лучом  
 $a$  - расстояние после л от  $S$  попавшим на 3 и м-дз ГОО  
 $a$  вводится как ~~если~~  $a = L - b$   
 $L$  - расстояние м-дз краинго преломл. лучом после л от  $S$   
 попавшим на 3 и м-дз ГОО.

Ответ:

$$S_3 \approx 24\pi \text{ см}^2$$

$$S_{\text{экр}} = 108\pi \text{ см}^2$$

*недов. изображение на экране.*

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

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!

тень на подс. части зеркала (направо)

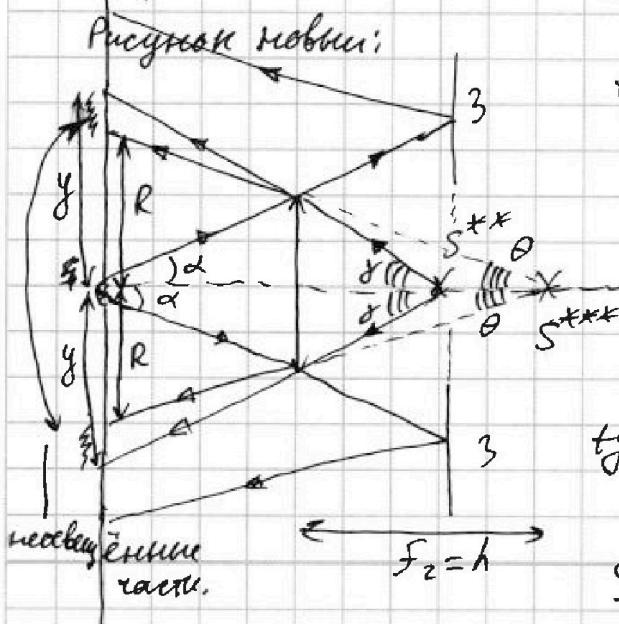
$$\begin{aligned}
 S_3 &= \pi L^2 - \pi b^2 = \pi (L^2 - b^2) = \pi \left( \frac{\pi r^2 (h+l)^2}{h^2} - \frac{\pi r^2 x^2}{h^2} \right) = \\
 &= \frac{\pi r^2}{h^2} \left( (h+l)^2 - x^2 \right) = \frac{\pi r^2}{h^2} \left( (h + \frac{2}{3}h)^2 - \frac{1}{9}h^2 \right) = \frac{\pi r^2}{h^2} \left( \frac{25}{9}h^2 - \frac{1}{9}h^2 \right) = \\
 &= \cancel{\frac{\pi r^2}{h^2}} \cdot \frac{24}{3}h^2 = \frac{8}{3}\pi r^2 = \frac{8}{3}\pi \cdot 9 \text{ см}^2 = 24\pi \text{ см}^2 \\
 S_3 &= 24\pi \text{ см}^2 \quad \text{--- отбрасывание}
 \end{aligned}$$

$S^{**}$  — действует предп. для шинки, т.к. от  $S$  на  $\lambda$  падает расходящийся свет.  $\ell - x = \frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h = \frac{1}{3}h < \frac{h}{2} = F_{\text{ре}}$

но фокус тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{\ell-x} - \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{\ell-x-F}{F(\ell-x)}$

$F_2 = \frac{-F(\ell-x)}{\ell-x-F}$

$$f_2 = -\frac{\frac{1}{2}h - \frac{1}{3}h}{\frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h - \frac{1}{2}h} = -\frac{\frac{1}{6}h}{\frac{1}{6}h - \frac{1}{6}h} = \frac{6h}{3 \cdot 2} = f_2 = h$$



$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \theta &= \frac{r}{l-x} = \frac{y}{h+l-x} \\
 y &= \frac{r(h+l-x)}{l-x} = \frac{r(h + \frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h)}{\frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h} = \\
 &= \frac{r(\frac{4}{3}h)}{\frac{1}{3}h} = 4r \quad (y = 4r)
 \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{r}{f_2} = \frac{R}{f_2 + h} \Rightarrow R = \frac{r(2x)}{x} = 2r$$

$$S_{\text{экр}} = \pi y^2 - \pi R^2 = \pi \cdot 16r^2 - \pi \cdot 4r^2 = 12\pi r^2$$

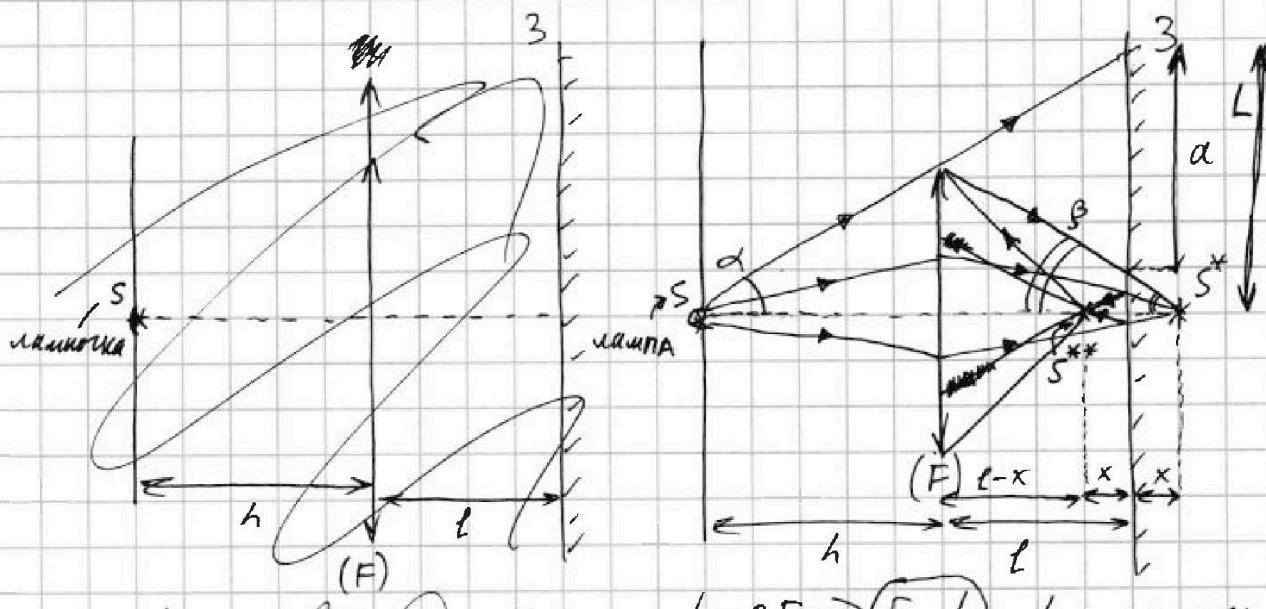
( $S_{\text{экр}} = 12 \cdot \pi \cdot 9 \text{ см}^2 = 108\pi \text{ см}^2$ )

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

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



но  $\varphi$  не точкой лежит

$$+\frac{1}{r} + \frac{1}{L}$$

$$\alpha - \cos \varphi + \tan \alpha = \frac{r}{h}$$

$$\tan \alpha + \tan \alpha = \frac{L}{h+l}$$

$$\frac{r}{h} = \frac{L}{h+l}$$

$$(L = \frac{r(h+l)}{h})$$

$$+ \tan \beta = \frac{r}{F} = \frac{r}{h}$$

$$\tan \beta = \frac{b}{x}$$

$$\frac{r}{h} = \frac{b}{x}$$

$$b = \frac{rx}{h}$$

$$h = 2F \Rightarrow F = h$$

—  $h$  это расстояние от шашки до  $S^*$

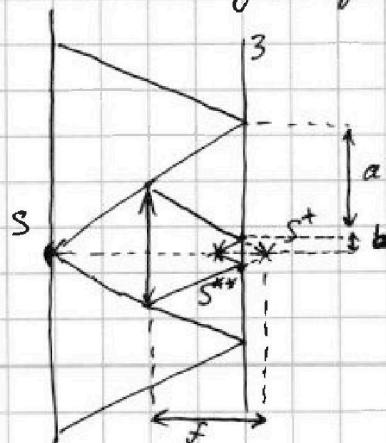
$S^{**}$  — изобр. от  $S$  после линзы.

$S^*$  — изобр. от  $S$  перед линзой

$S^{**}$  — изобр. от  $S^*$  перед линзой

$S^{**}$  — действует Продолжает движение, т.к. от  $S^{**}$  на  $L$  падает расстояние, путь света.

расстояние от  $S^*$  до чайки, проходящее около



$$x = f - l = h - l =$$

$$= h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{3}h$$

$$a = L - b = \frac{r(h+l)}{h} - \frac{rx}{h}$$

$$= \frac{r}{h} (h+l-x)$$



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  
ИЗ

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!