



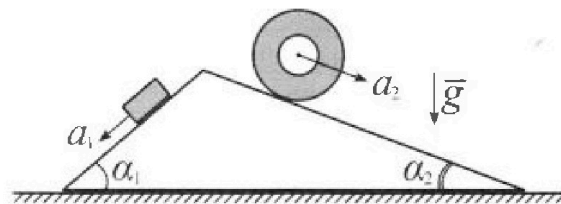
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок 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.

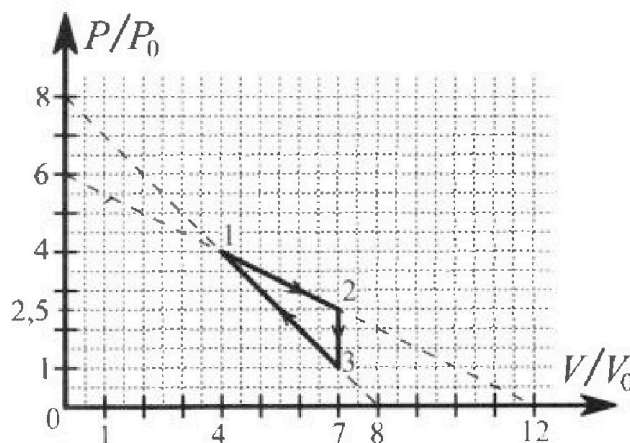


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

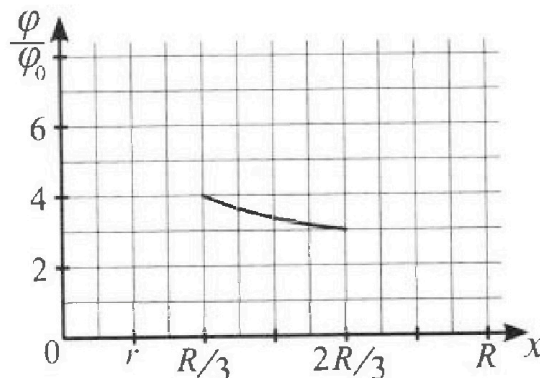
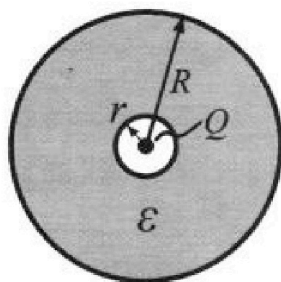
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





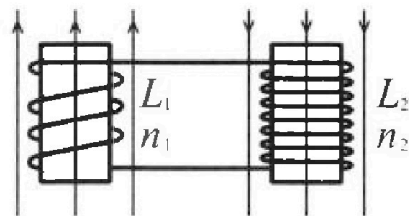
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

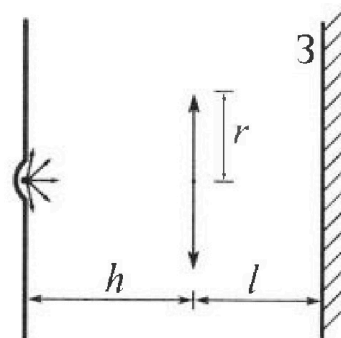


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 изменялись 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 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной 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.

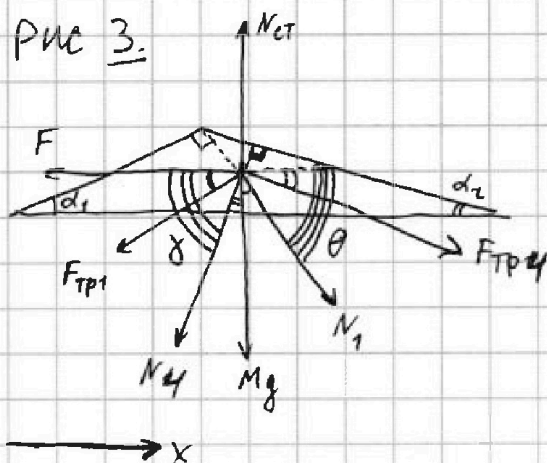
1  
☒2  
☐3  
☐4  
☐5  
☐6  
☐7  
☐

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 майбн:

$$Oy_1: 0 = -mg \cos \alpha_1 = N_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 = mg \cdot \frac{4}{5}$$

по 23н для клинцра:

$$Oy_2: 0 = -4mg \cos \alpha_2 + N_4$$

$$N_4 = 4mg \cos \alpha_2 = 4mg \cdot \frac{12}{13} = \frac{48}{13} mg$$

~~по 23н для клинцра~~

$\gamma$  - угол м-ду  $N_4$  и  $F$  соединяющ.  
 $\theta$  - угол м-ду  $N_1$  и  $F$  соединяющ.  
 (именно на рисунке 3)

Ответ

по 23н для клинцра:

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

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

$$Ox: 0 = N_1 \cos \theta + F_{тр4} \cos \alpha_2 - N_4 \cos \gamma - F_{тр1} \cos \alpha_1 - F$$

$$F = N_1 \cos (90^\circ - \alpha_1) + F_{тр4} \cos \alpha_2 - N_4 \cos (90^\circ - \alpha_2) - F_{тр1} \cos \alpha_1$$

$$F = N_1 \sin \alpha_1 + F_{тр4} \cos \alpha_2 - N_4 \sin \alpha_2 - F_{тр1} \cos \alpha_1 =$$

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

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

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

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



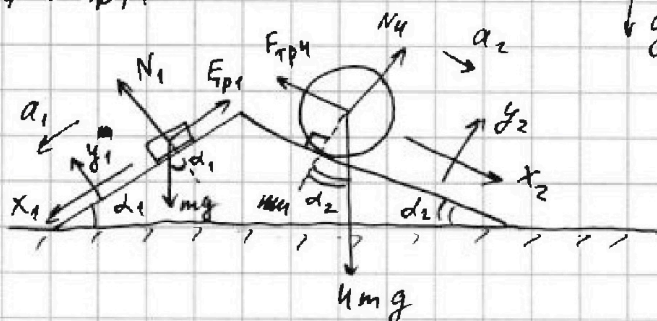


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

~~F<sub>тр1</sub>~~ ~~F<sub>тр4</sub>~~ ~~F<sub>тр1</sub>~~



в произв. момент времени:  
1) по 23 и для бруска:

$$Ox_1: ma_1 = -F_{тр1} + mg \sin \alpha_1$$

$$Oy_1: 0 = N_1 - mg \cos \alpha_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$F_{тр1} = \mu N_1$$

$N_1$  → норм. сост. реакция от клина на брусок

$N_4$  → норм. сост. реакция опоры от клина на цилиндр

$F_{тр1}$  - сила трения м-ду бруском и клином

$F_{тр4}$  - сила тр. м-ду цилиндром и клином.

$$F_{тр1} = F_1; F_{тр4} = F_2$$

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

$$Ox_2: 4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_{тр4}$$

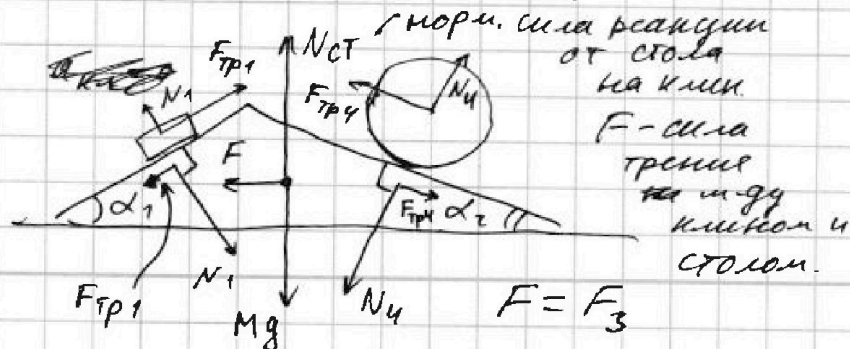
$$F_{тр4} = 4mg \sin \alpha_2 - 4ma_2 = 4mg \cdot \frac{5}{13} - 4m \cdot \frac{5}{24}g = \frac{20}{13}mg - \frac{10}{12}mg =$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ \times 12 \\ \hline 26 \\ + 13 \\ \hline 156 \end{array}$$

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

3) Рассм. клин:

$M$  - масса клина



$$F = F_3$$

$$F_{тр4} = \frac{55}{78}mg = F_2$$





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.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 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 нач. термодинамика в процессе ~~2-3~~ 2-3:

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$   $\rightarrow 0$ , изохора;  $c_{23} = c_v = \frac{3}{2}R$ , т.к. изохора.

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{7 p_0 V_0}{\nu R} - \frac{17,5 p_0 V_0}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} p_0 V_0 (-10,5) = -\frac{31,5}{2} p_0 V_0$$

$Q_{23}$  - коэф. к газу тепло при 2-3

$A_{23}$  - раб. газа при 2-3

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

$$\text{tg } \alpha = \frac{p_3 \cdot V_0}{p_2 \cdot V_3} = \frac{1}{7} \Rightarrow 7 p_3 V_0 = p_2 V_3$$

$$\text{tg } \theta = 1 - \text{из графика} \Rightarrow \frac{p}{p_0} \cdot \frac{V_0}{V} = 1 \Rightarrow \text{давление и объём}$$

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

$$\text{т.е. } \frac{p \cdot V_0}{p_0 \cdot V} = \frac{1}{2} = \text{const}$$

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

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

$$\text{т.е. } \frac{p \cdot V_0}{p_0 \cdot V} = \frac{1}{2} \Rightarrow p V = \text{const}$$

1-2 это изотерма, где  $n_{12} = -1$

молярн. теплоёмк.  $c_{31}$  при изохоре.

показатель изотермы

это в этом процессе 1-2

$$n_{31} = \frac{c_{31} - c_p}{c_{31} - c_v} = -1$$

молярн. теплоёмк. при изохоре

$$-c_{31} + c_v \frac{3}{2} R = c_{31} - \frac{5}{2} R$$

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

$$c_{31} = 2R$$

$$n_{12} = -1 = \frac{c_{12} - c_p}{c_{12} - c_v}$$

$$-c_{12} + c_v = c_{12} - c_p \rightarrow 2c_{12} = \frac{3}{2} R + \frac{5}{2} R = 4R$$

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

$p V^{-1} = \frac{p_0}{V_0} = \text{const}$   
это изотерма  
процесса 3-1 при  $n = -1$   
т.е. в процессе 3-1:  
 $p = k V$   
где  $k$  - какая-то константа



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

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

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



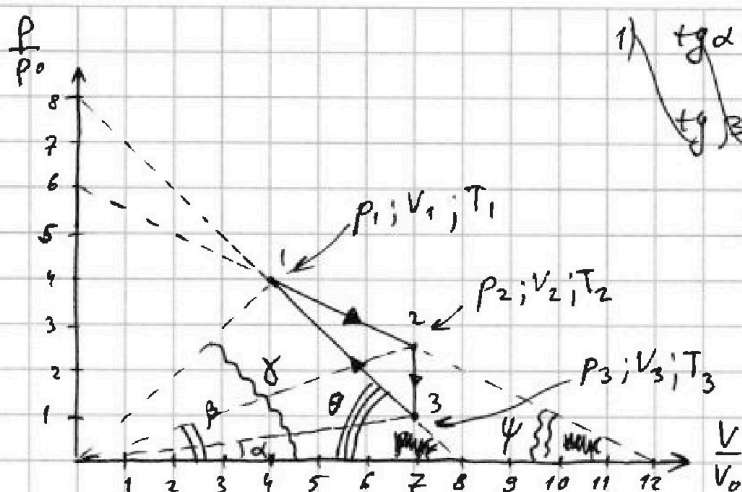


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 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!



$$1) \quad \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{8}{8} = 1 \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{6 p_0 \cdot V_0}{p_1 \cdot 12 V_0} = \frac{1}{2} \frac{p_0 V_0}{p_1 V_0}$$

~~$p_0 V_0$  по менз-клян~~

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p_1 \cdot V_0}{p_0 \cdot V_1} = \frac{1}{2}$$

$$2 p_1 V_0 = p_0 V_1$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p_2 \cdot V_0}{p_0 \cdot V_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2 p_2 V_0 = p_0 V_2$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{p_3 \cdot V_0}{p_0 \cdot V_3} = 1 \Rightarrow p_3 V_0 = p_0 V_3$$

$$\operatorname{tg} \beta = 1 \text{ в т. 1: } p_1 = 4 p_0; V_1 = 4 V_0$$

$$\text{в т. 2: } p_2 = 2,5 p_0; V_2 = 7 V_0$$

$$\text{в т. 3: } p_3 = p_0; V_3 = 7 V_0$$

$$\begin{array}{r} \times 2,5 \\ 7 \\ \hline 35 \\ + 14 \\ \hline 17,5 \end{array}$$

в процессе 2-3 объём не меняется, цоколя, работу  
но менз-клян! но не совершает

$$\text{т. 1: } p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\text{т. 2: } p_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{17,5 p_0 V_0}{\nu R} > T_1$$

$$\text{т. 3: } p_3 V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{7 p_0 V_0}{\nu R} < T_1$$



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!

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

Ответ: 1)  $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kQ(3+\varepsilon)}{R\varepsilon}$  ~~Реш~~  
2)  $\varepsilon = 4$  ~~Реш~~





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 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!

$$C(y) = \frac{kQ}{y} + \frac{kq_1}{y} + \frac{kq_2}{Ry}$$

из графика:  $\frac{C(\frac{R}{3})}{C_0} = 4$

также  $C(\frac{R}{3}) = \frac{3kQ}{R} + \frac{3kq_1}{R} + \frac{kq_2}{R} \Rightarrow$

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

$C_0 = \frac{C(\frac{R}{3})}{4}$

из графика:

$$\frac{C(\frac{2}{3}R)}{C_0} = 3$$

$C_0 = \frac{C(\frac{2}{3}R)}{3}$

$$C_0 = C_0$$

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

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

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

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

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

найдем  $C(\frac{R}{4})$

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

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

Найдем:  $C(\frac{R}{4}) = \frac{4kQ}{R} + \frac{4kq_1}{R} + \frac{kq_2}{R} = \frac{k}{R} \left( 4Q + 4 \cdot \left(-\frac{3}{4}Q\right) + \frac{3}{4}Q \right) = \frac{k}{R} \left( 4Q - 3Q + \frac{3}{4}Q \right) = \frac{kQ}{R} \left( 1 + \frac{3}{4} \right) = \frac{7kQ}{4R}$

Найдем  $\epsilon$ : ранее я вывел:  $q_2 = \frac{Q(\epsilon-1)}{\epsilon} = \frac{3}{4}Q$

~~ранее~~  $C(\frac{R}{4}) = \frac{7kQ}{4R} = \frac{kQ(\epsilon-1)}{4R} = \frac{3kQ}{4R}$

теперь подставим:

$$4\epsilon - 4 = 3\epsilon$$

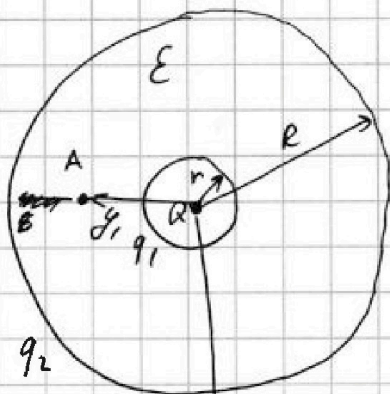
$$\epsilon = 4$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 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!



1) все явл. излучениями, на пов-ности шара возникнут заряды  $q_1$  и  $q_2$  (пом. внутри  $E$  осл. в  $E_{\text{раз}}$ )  
по ЗСЗ:  $q_1 + q_2 = 0$

предположим,  $q_1 > 0$   
 $q_2 > 0$

тогда от пов-ности с  $q_1$ :  $E_1(y) = \frac{k|q_1|}{y^2} = \frac{kq_1}{y^2}$   
напряженность от  $q_1$

но при  $y > R$

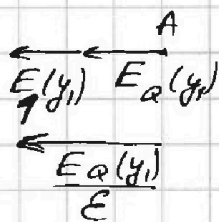
от пов-ности с  $q_2$ :  $E_2(y) = \frac{kq_2}{y^2}$

напряженность от  $q_2$

но при  $y > R$

$y$  - какое-то расстояние от центра до точки внутри сферы.

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



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

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

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

2) поле внутри сферы:

из ЗСЗ:  $q_2 = 0 - q_1 = -q_1$

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

$$= \frac{kQ}{y} + \frac{k}{y}(q_1 + q_2) = \frac{kQ}{y}$$

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





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 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!

~~$B_2 \neq 0$~~   $\Phi_{\text{полн}}$  изначально тока в катушках нет.

~~$L = \mu_0 \frac{n^2 l}{S}$~~

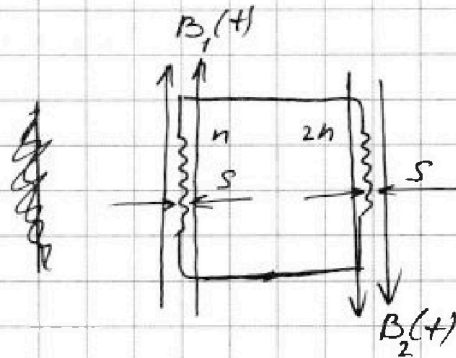
~~$\Phi_{\text{св}} = \mu B S$~~

напряжений нет.

т.к.  $I_0 = 0 = \text{const}$

~~$I_0 = 0 \Rightarrow U_{\text{св}} = U_{\text{св}} = 0$~~

~~$L = \mu_0 \frac{n^2 l}{S}$~~



~~$\Phi_{\text{св}10} = \mu B_1 S$~~

~~$\Phi_{\text{св}20} = \mu B_2 S$~~

поток от катушек 1 и 2 соответственно в начале

т.к. нет тока

$B_1(t) = \alpha$  - поул.

когда катушки менять ~~напряжения~~ внешнее поле на 1, то токи 1-й катушки слишком не меняются, появятся напряжения

на I:  $\Phi_1' = L I' + L \cdot I' + n B_1' S = U$

$U = L I' + n B_1' S = L I' + n S \alpha$

на II:  $U = \Phi_2' = (4L) \cdot I' + 4L I' + (2n B_2' S) = 4L I' + 2n B_2' S$

~~$U = 0$~~  т.е.

$L I' + n S \alpha = 4L I' + 2n S \alpha \Rightarrow n S \alpha = 3L I'$

~~$-3L I' = n S \alpha$~~

$I' = \frac{n S \alpha}{3L}$

~~$I' = \frac{n S \alpha}{3L}$~~

по модулю:  $I' = \frac{n S \alpha}{3L}$



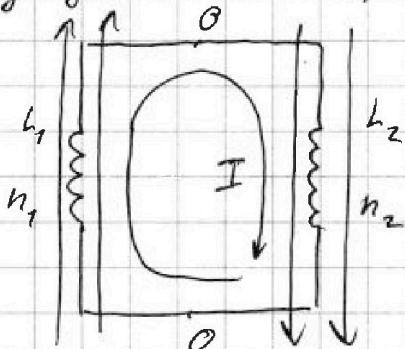
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Рассмотрим намотку, ~~где  $B_0 \neq 0$~~   $t = t_1$ ,  
указанный во втором вопросе.



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

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

ток постоянен, ~~нет~~ нет  
напряжения на катушках.

$$\Phi_1(t_1) = \Phi_2(t_1) = \Phi_1 + \Phi_2$$

метод потенциалов.

изм. энергии поле.

по ЗСЭ от начала  
уменьшения поля до  $t = t_1$ :

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

$$\Delta W = 0 = W(t_1) - W_0 = \frac{1}{2} L_1 I^2 + \frac{1}{2} L_2 I^2 + \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r B_0^2 S l_1 + \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{4}{9} B_0^2 S l_2 - W_{\text{нач}}$$

ЭН. в катушке      ЭН. в начале

$$\Phi = LI \Rightarrow W = \frac{1}{2} \Phi I$$

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

Энерг. в начале.

$$L_1 = \frac{LS}{\mu_0 N^2}$$

$$L_2 = \frac{4LS}{\mu_0 4N^2}$$

$$W = \underbrace{W_{\text{внутр}}}_{\text{объемк. энергии}} + \underbrace{W_{\text{внеш}}}_{\text{объем катушки}} + \underbrace{W_{\text{внеш. поле}}}_{\text{внеш. поле}}$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} L I^2 + 2 L I^2 + \frac{\epsilon_0 B_0^2 S L S}{8 \mu_0 N^2} + \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 4 B_0^2 S \cdot 4 L S}{\mu_0 4 N^2} - W_{\text{нач}}$$

$$0 = \frac{3}{2} L I^2 + 17 \epsilon_0 B_0^2 S^2 L$$





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  
☐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!

$R$  - от  $S$  до крайнего преломл. луча после  $L$  от  $S^{**}$   
 $y$  - от  $S$  до крайнего ~~на~~ луча, прошедшего около  $L$  от  $S^{**}$   
 $\alpha$  - угол м-ду кр. лучом крайн. лучом ~~и  $S^{**}$~~  (нормальн. от  $S$ ) и  $\Gamma_{00}$   
 $\beta$  - угол м-ду крайн. преломл. лучом ~~и  $S^{**}$~~  (от  $S$ ) и  $\Gamma_{00}$ .  
 $\delta$  - угол м-ду ~~м-ду~~ ~~лучом~~ ~~нормальн.~~  
 крайним нормальн. лучом от  $S^{**}$  и  $\Gamma_{00}$   
 $\theta$  - угол м-ду крайним ~~преломл.~~ преломл. лучом от  $S^{**}$  после  $L$ .  
 $x$  - расстояние м-ду  $Z$  и  $S^{**}$  (так же м-ду  $Z$  и  $S^*$ )  
 $b = L - a$        $b$  - расстояние м-ду крайн. преломл. лучом  
 $a$  - расстояние после  $L$  от  $S$  попавшим на  $Z$  и м-ду  $\Gamma_{00}$   
 $a$  вводится как  ~~$x$~~   $a = L - b$   
 $L$  - расстояние м-ду крайн. нормальн. лучом после  $L$  от  $S$   
 попавшим на  $Z$  и м-ду  $\Gamma_{00}$ .

Ответ:

$$S_3 \approx 24 \pi \text{ см}^2$$

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

не осв. площадь 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.

1 2 3 4 5 6 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!

тень на осв. части зеркала (площадь)

$$S_3 = \pi L^2 - \pi b^2 = \pi (L^2 - b^2) = \pi \left( \frac{r^2(h+l)^2}{h^2} - \frac{r^2 x^2}{h^2} \right) =$$

$$= \frac{\pi r^2}{h^2} \left( (h+l)^2 - x^2 \right) = \frac{\pi r^2}{h^2} \left( \left( h + \frac{2}{3}h \right)^2 - \frac{1}{9}h^2 \right) = \frac{\pi r^2}{h^2} \left( \frac{25}{9}h^2 - \frac{1}{9}h^2 \right) =$$

$$= \frac{\pi r^2}{h^2} \cdot \frac{24}{9}h^2 = \frac{8}{3} \pi r^2 = \frac{8}{3} \pi \cdot 9 \text{ см}^2 = 24 \pi \text{ см}^2$$

$$S_3 = 24 \pi \text{ см}^2$$

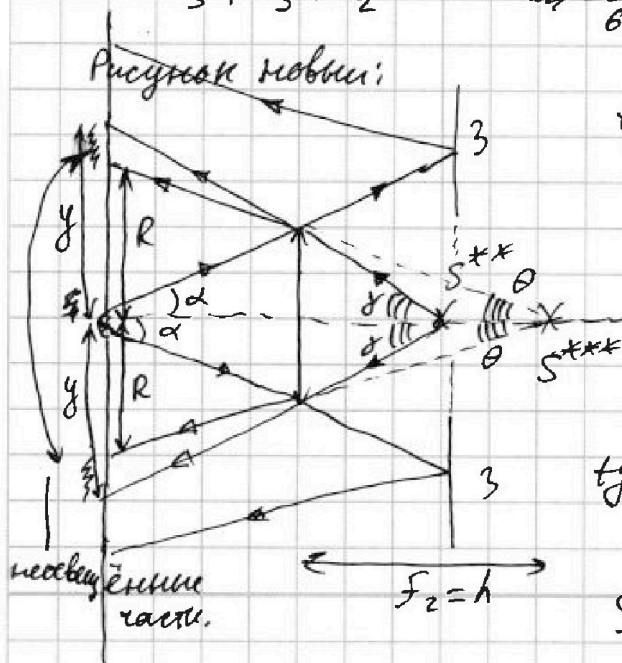
$S^{**}$  - действ. предм. для линзы, т.к. от  $S^{**}$  на  $L$  падает расходящ. пучок света.  $L-x = \frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h = \frac{1}{3}h < \frac{h}{2} = F_{\text{ре}} S^{***}$

по ф-ле тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{L-x} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{L-x-F}{F(L-x)}$  минус подб. от  $S^{**}$  больше

$$f_2 = \frac{-F(L-x)}{L-x-F}$$

$$f_2 = \frac{-\frac{\lambda}{2} \left( \frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h \right)}{\frac{2}{3}\lambda - \frac{1}{3}\lambda - \frac{\lambda}{2}} = \frac{-\frac{1}{2} \left( \frac{1}{3}h \right)}{\frac{\lambda}{6}} = \frac{\lambda \cdot \frac{1}{6}h}{\frac{1}{3}\lambda} = f_2 = h$$

Рисунок ниже:



$$\text{tg } \theta = \frac{r}{L-x} = \frac{y}{h+L-x}$$

$$y = \frac{r(h+L-x)}{L-x} = \frac{r(h+\frac{2}{3}h-\frac{1}{3}h)}{\frac{2}{3}h-\frac{1}{3}h} =$$

$$= \frac{r \left( \frac{4}{3}h \right)}{\frac{1}{3}h} = 4r \quad y = 4r$$

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

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

$$S_{\text{экp}} = 12 \cdot \pi \cdot 9 \text{ см}^2 = 108 \pi \text{ см}^2$$



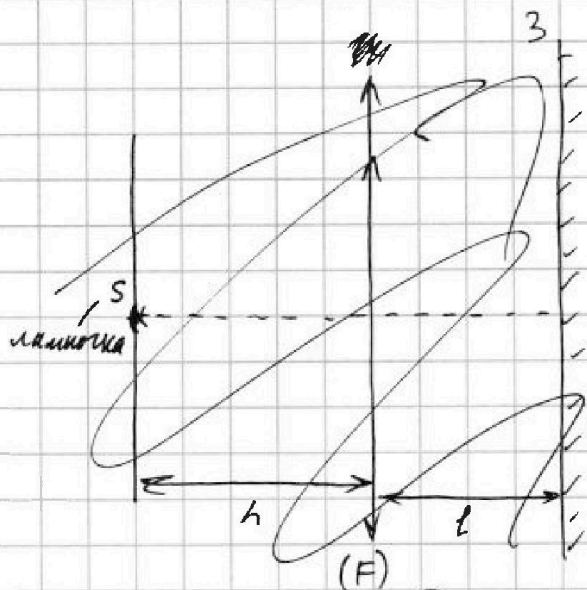


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 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!



по ф-ле тонкой линзы  
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{h} + \frac{1}{l}$

$$\tan \alpha = \frac{r}{h}$$

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

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

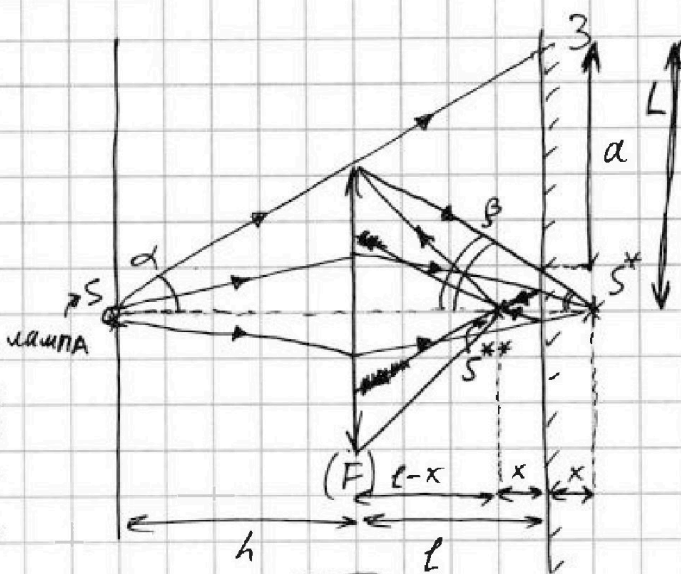
$$L = \frac{r(h+l)}{h}$$

$$\tan \beta = \frac{r}{f} = \frac{r}{h}$$

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

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

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



$h = 2f \Rightarrow f = h$  - это расстояние от линзы до  $S^*$

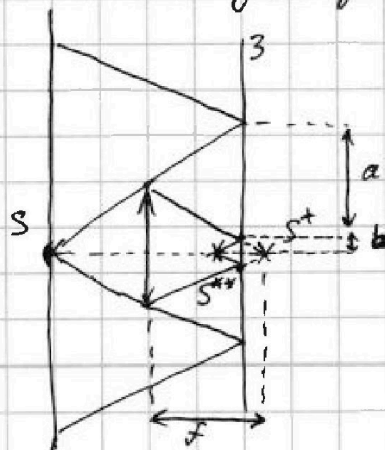
$S^*$  - изобр. от S после линзы.

$S^*$  - виртуальный предмет для 3, т.е. от  $S^*$  на 3 падает

$S^{**}$  - изобр. от  $S^*$  после 3.

$S^{**}$  - действит. Предмет для линзы, т.е. от  $S^{**}$  на л падает расходящ. пучок света.

расстояние от  $S^*$  до линзы, проходящего около 3



$$x = f - l = h - l = h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{3}h$$

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



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!

