

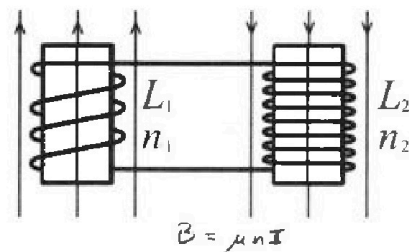
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 16L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 4n$  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.



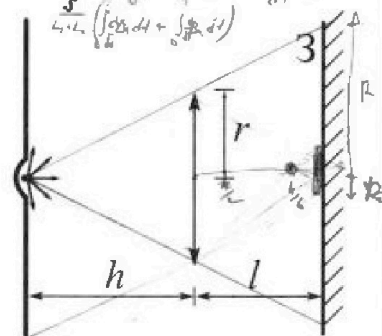
$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt} \quad \mathcal{E} = -(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \quad \mathcal{E} = -S \frac{d\Phi}{dt} = -S \cdot \alpha$$

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  $B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $3B_0$  до  $9B_0/4$ , 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.

$$I(t_1) - I(t_2) = \int_{t_2}^{t_1} \frac{dI}{dt} dt = \int_{t_2}^{t_1} \frac{d\Phi}{L_1 + L_2} = \frac{1}{L_1 + L_2} \int_{t_2}^{t_1} \left( \frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} \right) dt$$

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  $F = h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 5$  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.

$$f = \frac{r^2}{2h} = 2 \cdot \frac{r^2}{h}$$

$$S_{\text{пол.}} = (h+l) f \alpha = \frac{5}{3} h \cdot 2 \frac{r^2}{h} \cdot \left( \frac{10}{3} \alpha \right)$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = \frac{3}{h}$$

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

Handwritten solutions for problem 4:

$$\mathcal{E} = -(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = -S \frac{d\Phi}{dt} = -S \cdot \alpha$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + \mu n_1 \frac{dI}{dt} = -S \frac{d(B_1 - \mu n_1 I)}{dt} = -dS + \mu n_1 \frac{dI}{dt}$$

$$L_2 \frac{dI}{dt} + \mu n_2 \frac{dI}{dt} = -S \frac{d(B_2 - \mu n_2 I)}{dt} = +S \mu n_2 \frac{dI}{dt}$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + \mu n_1 \frac{dI}{dt} = -L_2 \frac{dI}{dt} - \mu n_2 \frac{dI}{dt}$$

$$I = \frac{S \alpha}{L_1 + L_2 + \mu n_1 + \mu n_2}$$

Handwritten solutions for problem 5:

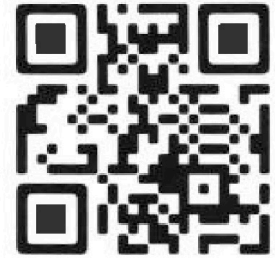
$$f = \frac{r^2}{2h} = 2 \cdot \frac{r^2}{h}$$

$$S_{\text{пол.}} = (h+l) f \alpha = \frac{5}{3} h \cdot 2 \frac{r^2}{h} \cdot \left( \frac{10}{3} \alpha \right) = \frac{100}{3} \pi r^2 \alpha$$



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

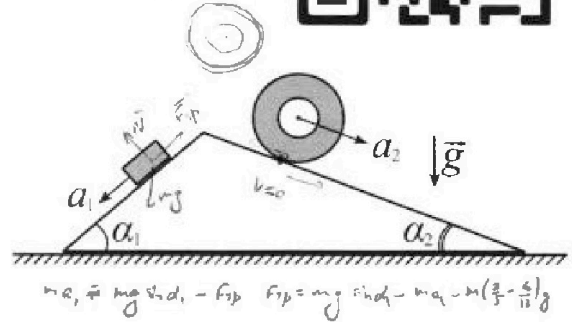
№ 11-03



## Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 6g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $2m$  с ускорением  $a_2 = g/4$  (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.

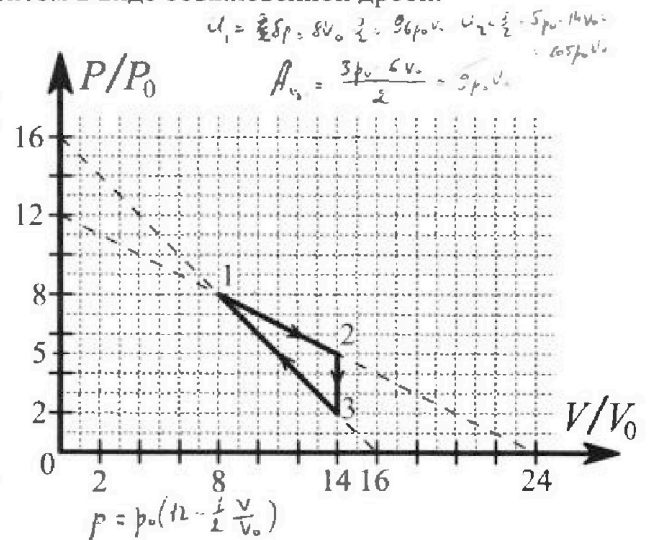


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

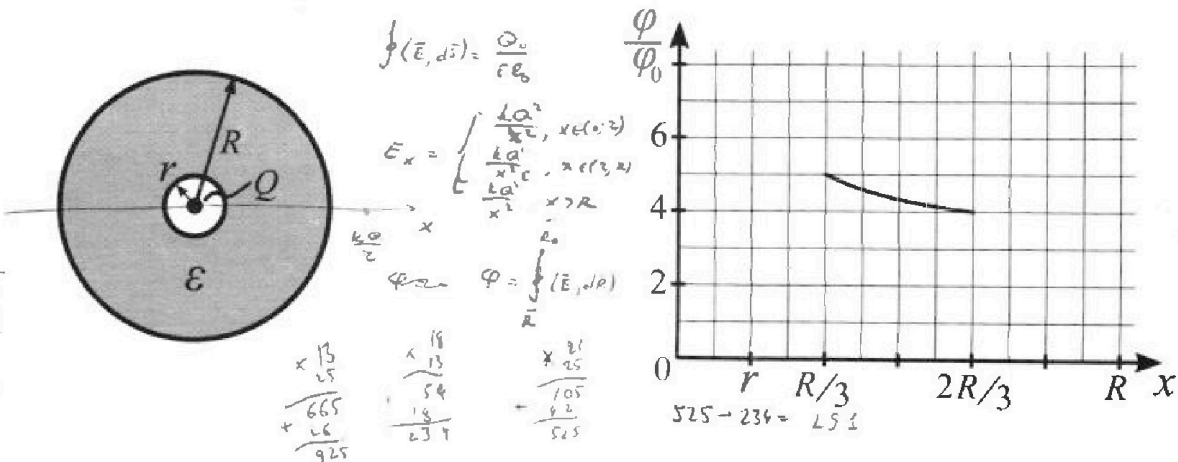
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $x = 5R/6$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



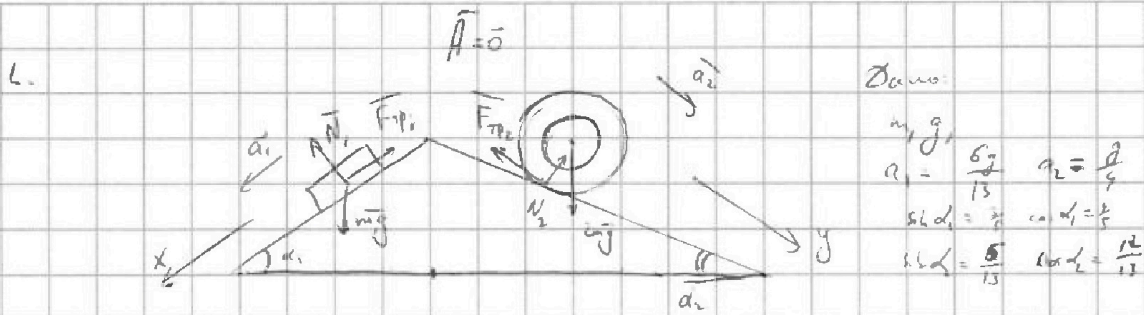


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Дано:  
 $m, g,$   
 $\alpha_1 = \frac{67}{13} \quad \alpha_2 = \frac{1}{4}$   
 $\sin \alpha_1 = \frac{3}{5} \quad \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$   
 $\sin \alpha_2 = \frac{5}{13} \quad \cos \alpha_2 = \frac{12}{13}$

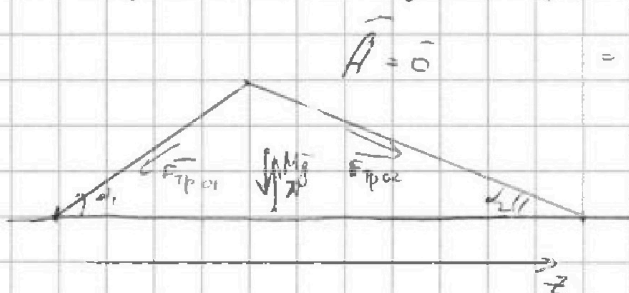
II. К блоку на первом склоне  $\vec{m}\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{T1} = m\vec{a}_1$

"x":  $mg \sin \alpha_1 - F_{T1} = ma_1 \Rightarrow F_{T1} = m(g \sin \alpha_1 - a_1) =$   
 $= mg \left( \frac{3}{5} - \frac{6}{13} \right) = mg \cdot \frac{39-30}{65} = \boxed{\frac{3}{13} mg}$  Ответ на 1)

Т. о. к блоку на втором склоне:

$2m\vec{a}_2 = 2m\vec{g} + \vec{F}_{T2} + \vec{N}_2$

"y":  $2ma_2 + 2mg \sin \alpha_2 - F_{T2} = 0 \Rightarrow F_{T2} = 2mg \left( \frac{5}{13} - \frac{1}{4} \right) = mg \left( \frac{10}{13} - \frac{1}{2} \right) =$   
 $= mg \cdot \frac{7}{26}$  Ответ на 2)



по III и IV  
 $\vec{F}_{T101} = -\vec{F}_{T14}$   
 $\vec{F}_{T202} = -\vec{F}_{T23}$

III и IV для системы

$\vec{0} = M\vec{A} = M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{T101} + \vec{F}_{T202} + \vec{F}_{T13}$

"z":  $-F_{T101} \cos \alpha_1 + F_{T202} \cos \alpha_2 + F_{T13} = 0 \Rightarrow F_{T13} = mg \left( \frac{9}{25} - \frac{1}{5} - \frac{7}{26} \cdot \frac{12}{13} \right)$   
 $= mg \cdot \frac{1}{13} \left( \frac{36}{25} - \frac{42}{13} \right) = mg \cdot \frac{2}{13} \left( \frac{18}{25} - \frac{21}{13} \right) = -mg \cdot \frac{2}{13} \cdot \frac{582}{525} =$   
 $= -mg \cdot \frac{2}{13} \cdot \frac{291}{262.5} = -\frac{582}{1202.5} mg \Rightarrow \boxed{F_{T13} = \frac{582}{1202.5} mg}$  Ответ на 3)



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!

$$Q = SU + A \quad \text{I 3-й токмодик.}$$

$$Q_{12} = SU + A = 0$$

~~Анализ~~ ~~Сила~~ ~~тока~~ ~~в~~ ~~проводах~~ ~~и~~ ~~в~~ ~~узлах~~

1 → 2 идет величина тока, значит, ~~Q > 0~~ Q > 0 на каждом узле.

$$Q_{12} = SU_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} S(pV) + S_{\text{упр. ст.}} = \frac{3}{2} S(pV) + \frac{5p_0 + 8p_0}{2} (14V_0 - 8V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} (5p_0 \cdot 14V_0 + 8p_0 \cdot 8V_0) + 13p_0 \cdot 3V_0 = 3 \cdot p_0 V_0 (35 + 32 + 13) = 48 p_0 V_0$$

3 → 1 тоже величина тока, но в противоположном направлении ⇒ Q < 0 на каждом узле 1-3.

$$\Rightarrow |Q_{\text{эл}}| = Q_{12} = 48 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\text{цели}}}{|Q_{\text{эл}}|} = \frac{9 p_0 V_0}{48 p_0 V_0} = \frac{3}{16}$$

3) Ответ:  $\frac{3}{16}$ .



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 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!

2.

По заданию  $p_1 = 8p_0$   $V_1 = 8V_0$   
 $p_2 = 5p_0$   $V_2 = 14V_0$   
 $p_3 = 2p_0$   $V_3 = 14V_0$

Работа за цикл - площадь треугольника (положительна, т.к. обход по час. стр.).

$S = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h$ . В треугольнике основание  $a = p_2 - p_3 = 3p_0$ , высота  $h = V_2 - V_3 = 6V_0$

$A_{\text{цикл}} = \frac{1}{2} \cdot 3p_0 \cdot 6V_0 = 9p_0 V_0$

$U = \frac{3}{2} DRT$  (энергия орбитальной связи)  $pV = DRT$  (у-на м-к)

$\Rightarrow U = \frac{3}{2} pV \Rightarrow \delta U = \frac{3}{2} \delta(pV) \Rightarrow \delta U_{12} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) =$

$= \frac{3}{2} \cdot (5p_0 \cdot 14V_0 - 8p_0 \cdot 8V_0) = 3 (35p_0 V_0 - 32p_0 V_0) = 9p_0 V_0$

1) Ответ:  $\frac{A_{\text{цикл}}}{\delta U_{12}} = \frac{9p_0 V_0}{9p_0 V_0} = 1$

2) Задача процесс  $1 \rightarrow 2$  отв. процесс:

$\frac{p+p_1}{p_2-p_1} = \frac{V-V_1}{V_2-V_1} \Leftrightarrow \frac{p-8p_0}{-3p_0} = \frac{V-8V_0}{6V_0} \Leftrightarrow 2(p-8p_0) \stackrel{V_0}{p_0} = \frac{8V_0-V}{p_0}$

$\Leftrightarrow p = 8p_0 + \frac{1}{2} \cdot \frac{8V_0-V}{V_0} = p_0 \left( 8 + \frac{1}{2} \cdot \frac{8V_0-V}{V_0} \right) = p_0 \left( 12 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0} \right)$

$\Rightarrow DRT = pV = p_0 \left( 12V - \frac{1}{2} \frac{V^2}{V_0} \right)$   $T \rightarrow \max \Leftrightarrow 12V - \frac{1}{2} \frac{V^2}{V_0} \rightarrow \max$   
 $p_{\text{г}} = T_{\text{max}} = \tilde{T}$

$y = 12x - \frac{x^2}{2V_0}$  - параб. ветв. в максимуме  $x = \frac{12}{2 \cdot \frac{1}{2V_0}} = 12V_0$

$\tilde{DRT} = DRT(\text{max}) = p_0 \left( 12 \cdot 12V_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{144V_0^2}{V_0} \right) = 72p_0 V_0 \Rightarrow \tilde{T} = \frac{72p_0 V_0}{2R}$

$T_3 = \frac{p_3 V_3}{2R} = \frac{2p_0 \cdot 14V_0}{2R} = \frac{28p_0 V_0}{2R} \Rightarrow \frac{\tilde{T}}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$

2) Ответ:  $\frac{18}{7}$



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!

$$\varphi\left(\frac{E}{3}\right) = \frac{1}{40E} \cdot \frac{Q}{R} + \frac{1}{45E} \cdot \frac{Q}{C} \left(\frac{3}{R} - \frac{1}{R}\right) = \frac{1}{40E} \cdot \frac{Q}{R} \left(1 + \frac{2}{E}\right)$$

$$\varphi\left(\frac{2E}{3}\right) = \frac{1}{100} \cdot \frac{Q}{R} + \frac{1}{45E} \cdot \frac{Q}{C} \left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{R}\right) = \frac{1}{40E} \cdot \frac{Q}{R} \left(1 + \frac{1}{2E}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\varphi\left(\frac{E}{3}\right)}{\varphi\left(\frac{2E}{3}\right)} = \frac{\varphi\left(\frac{E}{3}\right)}{\varphi_0} \cdot \frac{\varphi_0}{\varphi\left(\frac{2E}{3}\right)} = \frac{1 + \frac{2}{E}}{1 + \frac{1}{2E}} = \frac{5}{4}$$

на  
цифры

$$\Leftrightarrow \frac{2E+4}{2E+1} = \frac{5}{4} \Leftrightarrow 8E+16 = 10E+5 \Leftrightarrow 2E=11 \Leftrightarrow \boxed{E=5.5}$$

Ответ на 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.

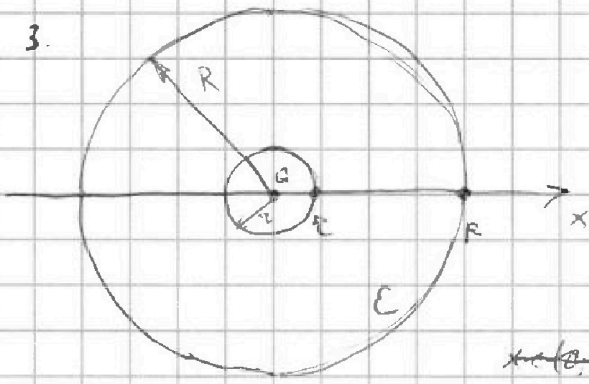
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!

3.



Дано:  $R, r, Q, \epsilon$   $x_0 = \frac{5R}{6}$

Найти:  $\varphi(x)$

т. Гаусса  $\oint_{\Gamma_2} (\vec{E}, d\vec{S}) = \frac{Q_0}{\epsilon \epsilon_0}$  сферическая поверхность

~~найти~~. Выберем в качестве  $\Gamma_1$  сферу

с центром на заряде и радиусом  $x$ . Пространство изотропно, значит на поверхности сферы  $\vec{E}$  будет направлена по радиусу и будет равна

на модуль на всей пов-ти. Тогда  $\oint (\vec{E}, d\vec{S}) = \oint E \cdot dS = E \oint dS = E \cdot 4\pi x^2$

$x \in (0, r)$   $E \cdot 4\pi x^2 = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 x^2}$

$x \in (r, R)$   $E \cdot 4\pi x^2 = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2}$

$x > R$   $E \cdot 4\pi x^2 = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2}$

$\varphi_\infty = 0, \varphi = \frac{U}{q} = \frac{A_{R \rightarrow R_0}}{q} = \frac{1}{q} \int_R^{R_0} (\vec{E}, d\vec{r}) = \int_R^{R_0} (E, d\vec{r})$

$x_0 > R, \int_{x_0}^{\infty} (E, d\vec{r}) = \int_{x_0}^{\infty} \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} Q \cdot \left[ -\frac{1}{r} \right]_{x_0}^{\infty} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{x_0}$

$\int_{R_1}^{R_2} (E, d\vec{r}) = \int_{R_1}^{R_2} (E, d\vec{r}) + \int_{R_2}^{R_3} (E, d\vec{r}) \Rightarrow x \in (r, R): \varphi(x=x_0) = \int_{x_0}^R (E, d\vec{r}) + \varphi(x=R)$

$\int_{x_0}^R \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr + \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{R} = \left[ -\frac{1}{r} \right]_{x_0}^R \cdot \frac{1}{4\pi \epsilon_0} Q + \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{R} =$

$= \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{R} + \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{R} \left( 1 - \frac{1}{x_0} \right) = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{R} + \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot Q \left( \frac{1}{x_0} - \frac{1}{R} \right)$  ответ на 1)

$\varphi(x = \frac{5R}{6}) = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{6Q}{5RE} + \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q}{R} \left( 1 - \frac{1}{E} \right) = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R} \left( 1 + \frac{1}{5E} \right)$

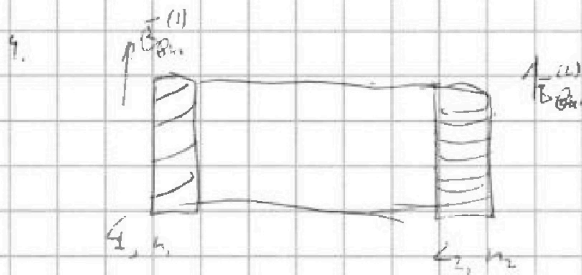


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

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!



3-й параграф

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Def. индуктивности:

$$\mathcal{E} = - L \cdot \frac{dI}{dt}$$

1)  $\Phi$  невед. поэтому учтем индукцию  $B_0$   $\Rightarrow$  неизвестно  $\mathcal{E}$   $\mathcal{E} =$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_{\Sigma}}{dt} = - S \cdot \frac{dB_0}{dt} = - d\mathcal{S}$$

$\mathcal{E}$  связан с током в замкнутом контуре:

$$\mathcal{E} = - (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{-\mathcal{E}}{L_1 + L_2} = \frac{d\mathcal{S}}{L_1 + L_2} = \frac{d\mathcal{S}}{176}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad I(t) &= I(T) - I(0) = \int_0^T \frac{dI}{dt} dt = \int_0^T - \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} dt = \frac{1}{L_1 + L_2} \int_0^T \mathcal{E} dt = \\ &= \frac{1}{L_1 + L_2} \int_0^T \frac{d\Phi_{\Sigma}}{dt} dt = \frac{1}{L_1 + L_2} \int_0^T \left( \frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} \right) dt = \frac{1}{L_1 + L_2} \cdot S \cdot \int_0^T \left( \frac{dB_0}{dt} + \frac{dB_0}{dt} \right) dt \\ &= \frac{1}{L_1 + L_2} \cdot S \cdot \left( \int_0^T \frac{dB_0}{dt} dt + \int_0^T \frac{dB_0}{dt} dt \right) = \frac{1}{L_1 + L_2} \cdot S \cdot (B_{0_{\text{вет}}}(T) + B_{0_{\text{вет}}}(T) - B_{0_{\text{вет}}}(0)) = \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{L_1 + L_2} \cdot S \cdot (B_{0_{\text{вет}}}(T) + B_{0_{\text{вет}}}(T) - B_{0_{\text{вет}}}(0) - B_{0_{\text{вет}}}(0)) =$$

$$= \frac{1}{L_1 + L_2} \cdot S \cdot \left( \frac{B_0}{3} + \mu_0 n_1 I(T) - B_0 - 0 + \frac{9}{4} B_0 + \mu_0 n_2 I(T) - 3B_0 - 0 \right)$$

$$\Rightarrow I(T) = \frac{S \mu_0}{L_1 + L_2} (n_1 + n_2) I(T) - \frac{17}{12} \frac{S}{L_1 + L_2} \cdot B_0 \Rightarrow \left( \frac{S \mu_0}{L_1 + L_2} (n_1 + n_2) - 1 \right) I(T) = \frac{17}{12} \frac{S}{L_1 + L_2} B_0$$

$$\Rightarrow I(T) = \frac{17}{12} \cdot \frac{S / (L_1 + L_2)}{\frac{S \mu_0}{L_1 + L_2} (n_1 + n_2) - 1} B_0 = \frac{17}{12} \cdot \frac{S / 176}{\frac{S \mu_0}{176} \cdot 5n - 1} B_0 = \frac{17}{12} \cdot \frac{S}{5 \mu_0 n - 176} B_0$$

Ответ на 2)



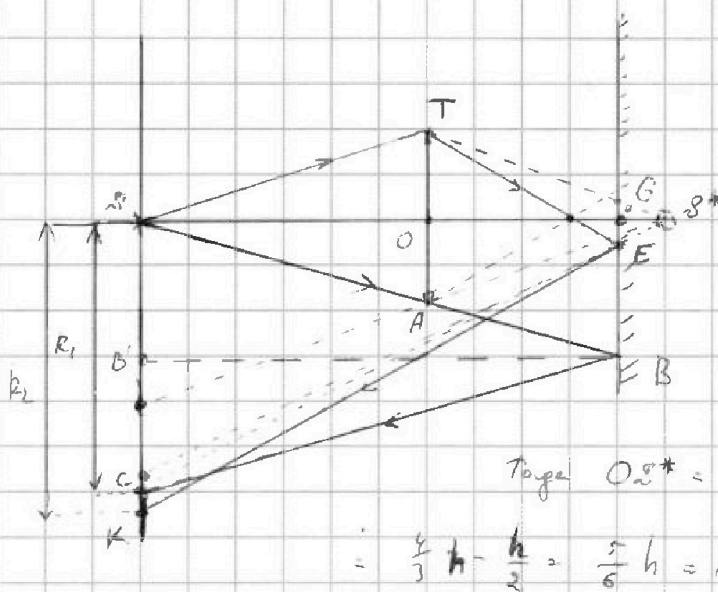


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 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!



$$R_2 = GE + (h+l) \cdot \frac{1}{f} d, \text{ где } d = r(TE, P_{00})$$

$$= \left( \frac{5}{3} h \cdot \frac{2}{f} = r \cdot \frac{2h}{h/2 - \frac{1}{3}} = \frac{10}{3} r = \frac{2}{3} r \right)$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{10}{3} r > \frac{10}{3} R_1$$

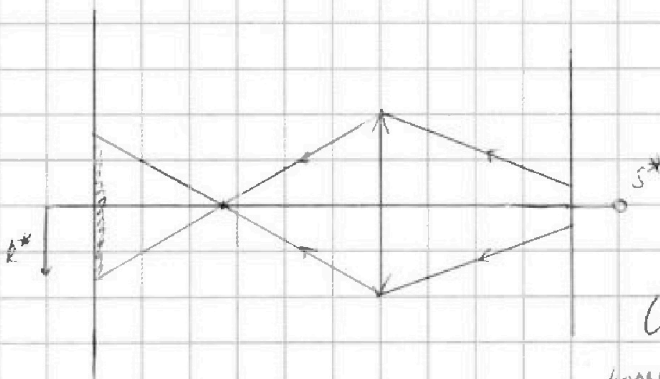
Лучи  $S^*$  - мнимое изображение действительного изображения  $S$ .

$$\text{Тогда } O S^* = f + 2(l-f) = 2l - f =$$

$$= \frac{4}{3} h - \frac{h}{2} = \frac{5}{6} h = d^*$$

Увеличение  $S^*$ , считаеме углом зрения на расстоянии

$$\frac{1}{f^*} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d^*} = \frac{3}{h} - \frac{6}{5h} = \frac{9}{5h} \Rightarrow f^* = \frac{5}{9} h < h$$



Аналогично получаем в 1)

лучи  $R^*$ :

$$R^* = 2 \cdot \frac{h-f^*}{f^*} = \frac{5}{9} r$$

Итого, на оси координатных осей это кольцо с радиусами  $R_1 = \frac{10}{3} r$  и  $R^* = \frac{5}{9} r$

$$S = \pi (R_1^2 - R^{*2}) = \frac{\pi}{225} (100 r^2 - 16 r^2) = \frac{\pi}{225} (2500 - 144) = \frac{\pi}{225} \cdot 2356 =$$

$$= \sqrt{\pi \cdot \frac{2356}{225}} \text{ (см}^2\text{)} \leftarrow \text{ответ на 2)}$$



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 2

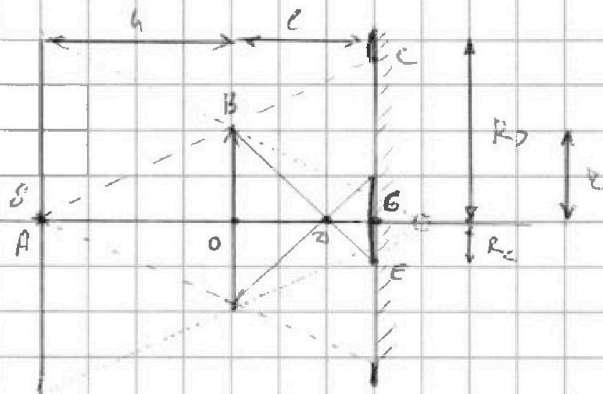
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$h, l = \frac{2h}{3}, r = 5 \text{ см}$$

$$F = \frac{4h}{3}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \varphi\text{-ли. точки. линзы}$$



От источника S будет сформировано изображение на расстоянии f.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{3}{h} - \frac{1}{h} = \frac{2}{h} \Rightarrow f = \frac{h}{2} \quad \text{— радиус изображения. } B \rightarrow D.$$

$$\Delta ABO \sim \Delta ACG \Rightarrow R_1 = CG = OB \cdot \frac{AO}{AC} = r \cdot \frac{h+l}{h} = r \left(1 + \frac{l}{h}\right) = \frac{5}{3} r$$

$$\Delta BOD \sim \Delta EGD \Rightarrow R_2 = GE = OB \cdot \frac{OD}{GD} = r \cdot \frac{l-f}{f} = r \left(\frac{l}{f} - 1\right) = r \cdot \left(\frac{2h/3}{h/2} - 1\right) = \frac{2}{3} r$$

Искомая часть зеркала — кольца с радиусами  $R_1 = \frac{5}{3} r$ ,  $R_2 = \frac{2}{3} r$

$$\text{Площадь кольца } S = \pi (R_1^2 - R_2^2) = \pi \left(\frac{25}{9} r^2 - \frac{4}{9} r^2\right) = \frac{8}{3} \pi r^2 =$$

$$= \frac{200}{3} \pi \text{ см}^2$$

Ответ на 1)

Осветленная часть экрана:

~~Искомая часть экрана — область за кольцами:~~

- а) Если луч из S идет выше AB, он сформируется от зеркала и вырвется из экрана.  
Если луч из S пойдет через линзу, но луч больше удален к ГОО, то он, сфокусируется, упадет на экран.
- б) Если луч из S пойдет через линзу, но луч меньше удален к ГОО, то он, сфокусируется, снова вырвется из экрана и упадет на экран.

а) Лучи луч AB это луч, который не преломляется (см. рис.). Радиус  $R_1 = 8 \text{ см}$

$$R_1 = 2 GB = 2 \cdot r \cdot \frac{h+l}{h} = 2 \cdot R_2 = \frac{10}{3} r$$

б) Радиус  $R_2$  — расстояние, на котором находится объект S, <sup>или</sup> радиус фокусировки (см. рис.)

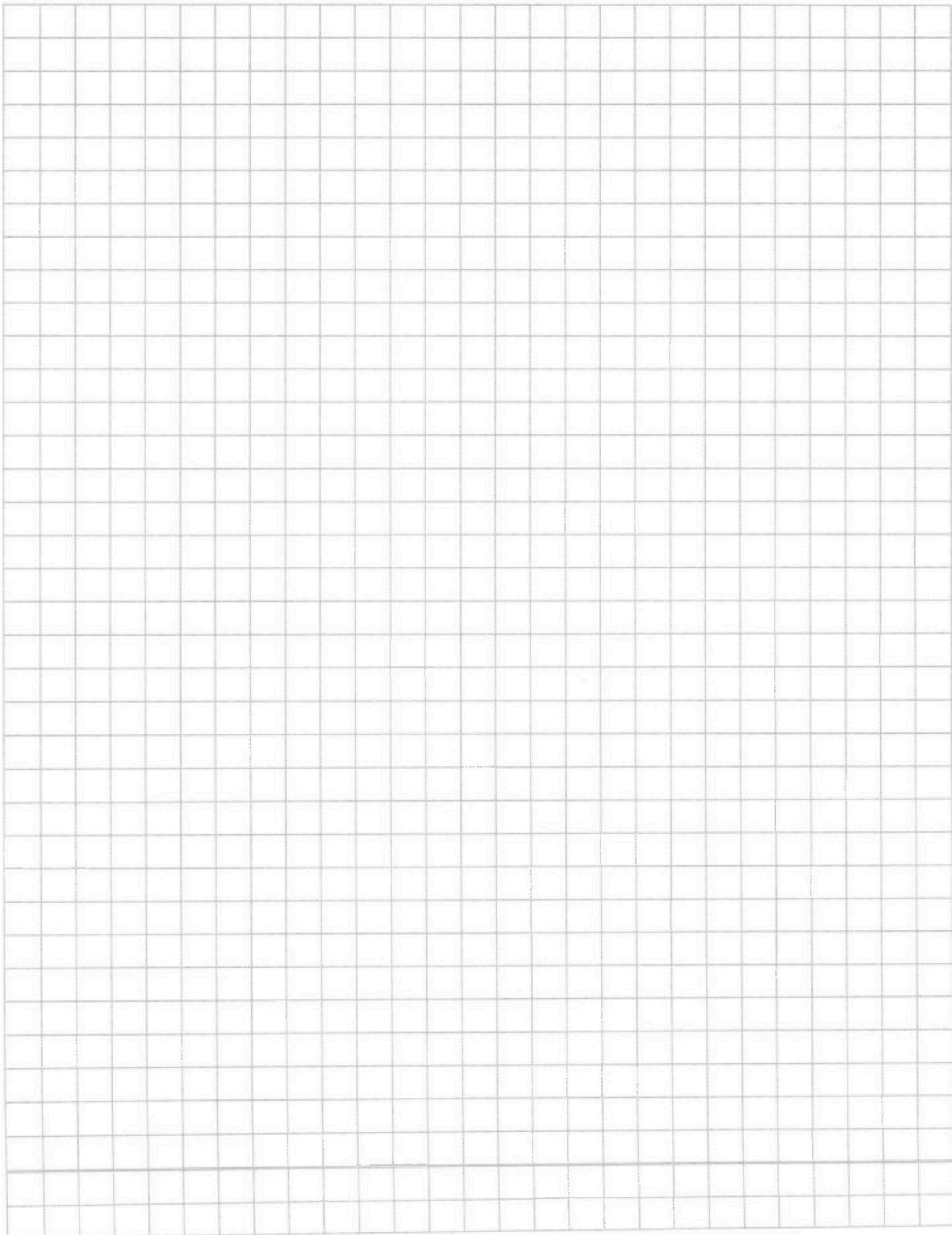


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

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!





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!

