



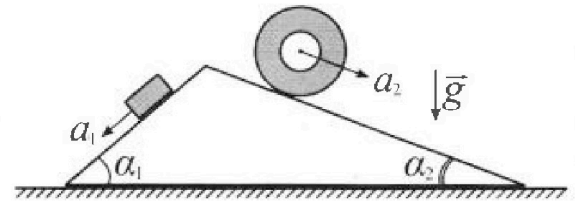
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

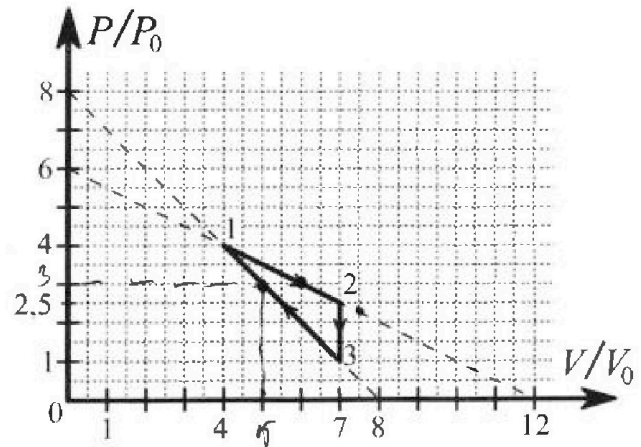


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

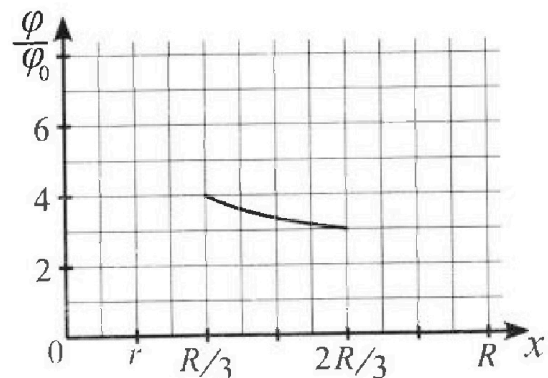
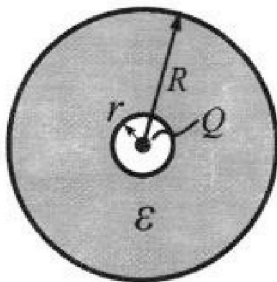
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\phi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\phi_0$  — 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  $\epsilon$ .



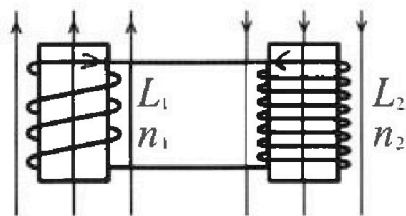
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

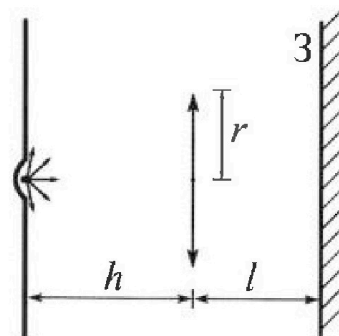


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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. 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  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.

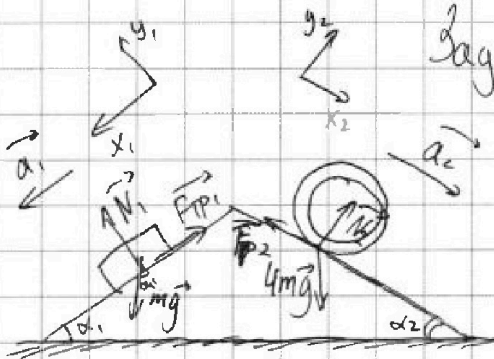


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Задача 11.

Решение:

1) Расставим силы, действующие на брусок и на цилиндр.

По II з. Ньютона:

$$m a_1 = N_1 + F_{TP1} + mg$$

$$4m a_2 = N_2 + F_{TP2} + 4mg$$

0y:  $N_1 = mg \cos \alpha_1$

0y:  $N_2 = 4mg \cos \alpha_2$

1) 0x:  $m a_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{TP1}$       2) 0x:  $4m a_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_{TP2}$

1)  $F_{TP1} = mg \sin \alpha_1 - m a_1 =$

$$= \frac{3}{5} mg - \frac{5}{13} mg = \frac{39 - 25}{65} mg = \frac{14}{65} mg$$

2)  $F_{TP2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4m a_2 = 4 \cdot \frac{5}{13} mg - 4 \cdot \frac{5}{24} mg = \frac{120}{78} mg - \frac{65}{78} mg$

$$= \frac{55}{78} mg$$

2) Рассмотрим силы, действующие на клин:

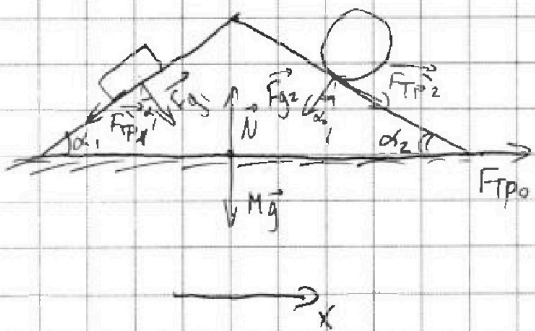
Возьмем II з. Ньютона:

$$0 = F_{TP1} + F_{TP2} + F_{g1} + F_{g2} + N + Mg + F_{TP0}$$

Здесь  $F_{TP1} = -F_{TP1}$ ,  $F_{TP2} = -F_{TP2}$

$$F_{g1} = N_1, \quad F_{g2} = -N_2$$

исходя из III закона Ньютона.





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!

Т.о.:

$$Ox: F_{Tp0} - F_{Tp1} \cos \alpha_1 + F_{g1} \sin \alpha_1 + F_{Tp2} \cos \alpha_2 - F_{g2} \sin \alpha_2 = 0$$

$$F_{Tp0} = N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 + F_{Tp1} \cos \alpha_1 - F_{Tp2} \cos \alpha_2$$

$$= 4mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + F_{Tp1} \cos \alpha_1 - F_{Tp2} \cos \alpha_2$$

$$= 4mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - mg = 4mg \cdot \frac{5}{13} \cdot \frac{12}{13} - mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} +$$

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

$$= \frac{240}{13 \cdot 13} mg - \frac{12}{13 \cdot 5 \cdot 5} mg + \frac{56}{13 \cdot 5 \cdot 5} mg - \frac{660}{2 \cdot 3 \cdot 13} mg$$

$$= \frac{6000 - 2028 + 728 - 2750}{13^2 \cdot 5^2} mg =$$

$$= \frac{1950}{13^2 \cdot 5^2} mg = \frac{78}{13^2} mg = \frac{6}{13} mg$$

Ответ: 1)  $F_{Tp1} = \frac{14}{65} mg$

2)  $F_{Tp2} = \frac{55}{78} mg$

3)  $F_{Tp3} = \frac{6}{13} mg$

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 4

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!

## Задача 12.

Решение:

1) Из графика:  $p_2 = 2,5 p_0$ ;  $p_3 = p_0$ ;  $V_2 = 7V_0$ ,  $V_3 = 7V_0$   
 $p_1 = 4p_0$   $V_1 = 4V_0$

$$\begin{aligned} \text{Т.о. } \Delta U_{23} &= \frac{3}{2} \nu \Delta T_{23} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} (-7V_0 p_0 + 2,5 \cdot 7 p_0 V_0) = \\ &= \frac{3 \cdot 15 \cdot 7}{2} p_0 V_0 \end{aligned}$$

Работа будет равна площади треугольника в процессе сжатия (PV):

$$A_{123} = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 1,5 p_0 = \frac{3 \cdot 1,5 p_0 V_0}{2}$$

$$\text{Т.о. } \frac{\Delta U_{23}}{A_{123}} = \frac{3 \cdot 15 \cdot 7 p_0 V_0}{2 \cdot 3 \cdot 1,5 p_0 V_0} = 7.$$

2) Заметим, что процессы 1-2 и 3-4 являются изотермами. Т.о. из графика имеем из условий 12 и 13:

$$p_{12} = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V; \quad p_{13} = 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V.$$

Из 1-н термодинамики:

$$Q = \Delta U + A; \quad c_v dT = c_v dT + p dV; \quad \text{знаем, что } \frac{dT}{T} = \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \text{ не учтем:}$$

$$(c_v - c_p) T \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right) = dp dV, \text{ из пр. из газа:}$$

$$\left( \frac{c_v - c_p}{R} \right) (p dV + dp V) = p dV$$



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 4

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!

$$\frac{C - C_v - R}{R} p dV = -dp V \frac{C - C_v}{R}$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_v - R}{C - C_v} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v}, \text{ где } C - \text{уд. теплоемкость газа.}$$

Когда изотерма  $C_p = \infty$ , когда на адiabата, то  $C_{ог} = 0$ .

Зная то найдём точки касания адiabаты и изотермы

графиков кривых 12 и 13 (изотерма только 12):

$$12: dp_{12} = \frac{p_0}{2} \frac{dV}{V_0} = \frac{p_0}{2 V_0} dV \quad (\text{так } df = f' dx)$$

$$\frac{-\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV}{6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v} \quad \text{Реш } \frac{1}{2} (15p_0 V_0 - 7p_0 V_0) - \frac{1}{2} 2V_0 = 4p_0$$

$$\text{Изотерма: } \frac{C - C_p}{C - C_v} = 1$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0}}{6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V} = \frac{1}{V} \cdot 1$$

$$\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V$$

$$V \frac{p_0}{V_0} = 6p_0$$

$$V = 6V_0$$

$$13: dp_{13} = -\frac{p_0}{V_0} dV$$

$$\frac{-\frac{p_0}{V_0} dV}{8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V} = -\frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$\text{Адiabата: } \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0}}{6p_0 - \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V} = \frac{1}{V} \cdot \frac{5}{3}$$

$$\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 30p_0 - \frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V$$

$$\frac{p_0}{V_0} V = 30p_0 \Rightarrow V = \frac{15}{2} V_0 = 7,5V_0$$



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.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 4

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!

Т.о. из 1 к. термодинамика

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 + P_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (-16 p_0 V_0 + 17,5 p_0 V_0) + \frac{1}{2} \cdot 6,5 p_0 \cdot 3 V_0 = \frac{1}{2} \cdot 4,5 p_0 V_0 + \frac{1}{2} \cdot 13,5 p_0 V_0 =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 18 p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$$

~~$$Q_{max 13} = \Delta U_{max 13} + A_{max 13} = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_{ag 13} V_{ag 13}) +$$

$$- \frac{1}{2} (P_{ag 13} + P_1) (V_{ag 13} - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (16 p_0 V_0 - 5 p_0 \cdot 3 p_0) - \frac{1}{2} \cdot 7 p_0 \cdot V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} p_0 V_0 - \frac{7}{2} p_0 V_0$$~~

$$Q_{max 13} = \Delta U_{max 13} + A_{max 13} = \frac{3}{2} (P_{ag 13} V_{ag 13} - P_3 V_3) - \frac{1}{2} (P_3 + P_{ag 13}) \cdot$$

$$\cdot (V_{ag 13} - V_3) = \frac{3}{2} (15 p_0 V_0 - 7 p_0 V_0) - \frac{1}{2} \cdot 4 p_0 \cdot 2 V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 - \frac{4}{2} p_0 V_0 = 8 p_0 V_0$$

Т.о.  $\eta = \frac{A_{123}}{Q_{max 13} + Q_{12}} = \frac{9 p_0 V_0}{8 p_0 V_0 + 9 p_0 V_0} = \frac{9 p_0 V_0}{17 p_0 V_0} = \frac{9}{17}$

Ответ: 1)  $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 7$  2)  $\frac{A_{max}}{P_1} = \frac{9}{8}$  3)  $\eta = \frac{9}{17}$



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 4

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!

$$\text{Изо-Адиабата: } \frac{0 - C_p}{0 - C_v} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{P_0}{V_0} = \frac{1}{V} \cdot \frac{5}{3}$$

$$3 \frac{P_0}{V_0} V = 40 P_0 - 5 \frac{P_0}{V_0} V$$

$$8 \frac{P_0}{V_0} V = 40 P_0 \Rightarrow V = 5 V_0 \text{ ади.}$$

3) Т.о. максимальная температура 12 будет в точке касания изотермы, т.е. из чр. изг. (знаем  $P$  для этих точек связи с уравнением:  $P_{12} = 3 P_0$ ,  $P_{ад13} = 3 P_0$ ):

$$P_{12} V_{12} = J R T_{\text{max}}$$

$$P_1 V_1 = J R T_1$$

$$T_{\text{max}} = \frac{3 P_0 \cdot 6 V_0}{J R} = \frac{18 P_0 V_0}{J R}$$

$$T_1 = \frac{4 V_0 \cdot 4 P_0}{J R} = \frac{16 P_0 V_0}{J R}$$

$$\text{т.о. } \frac{T_{\text{max}}}{T_1} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

4) Т.к. ~~процесс~~ процесс 12 адиабата касается 12 в точке за процессом, то вся энергия, сообщ. газу идет на нагрев.

В процессе 13 на нагрев идет только та часть энергии, которая находится ~~в~~ <sup>в</sup> точке  $V_{ад13} = 5 V_0$ :

Т.о. ~~энергия~~ ~~идет~~ ~~на~~ ~~нагрев~~





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.

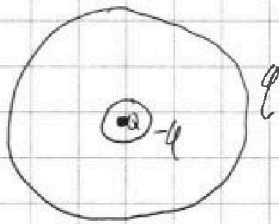
1  2  3  4  5  6  7

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!

### Задача 14.

Решение:



1) На сфер. поверх.  $r$  и  $R$  будет

напряженный заряд  $q_1$  и  $q_2$  соотв.

А из с. с. г.:  $q_1 + q_2 = 0 \Rightarrow q_1 = q = q_2 = -q$ .

У поверхности суперпозиции запишем

ур. где  $\varphi$  где  $x = \frac{2}{3}R$  и  $x = \frac{1}{3}R$ :

$$\begin{cases} 4\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \\ 3\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{2R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{2R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \end{cases}$$

Решим систему:

$$q = \frac{3}{2}Q - 2\varphi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R$$

$$3\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3Q}{2R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\left(\frac{3}{2}Q - 6\varphi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R\right)}{2R} + \frac{\left(\frac{3}{2}Q - 2\varphi_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 R\right)}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$3\varphi_0 = \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} - \frac{9Q}{16\pi\epsilon_0 R} + 3\varphi_0 - 2\varphi_0 + \frac{3}{8} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi_0 = \frac{3}{32} \frac{Q}{R\pi\epsilon_0}$$

$$\text{То } q = \frac{3}{2}Q - 2 \cdot \frac{3}{32} \frac{4\pi\epsilon_0 R}{R\pi\epsilon_0} = \frac{3}{4}Q.$$



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!

Т.о. в точке  $x = \frac{R}{4}$  потенциал:

$$\varphi_{\text{иск}} = \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{\frac{3}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{7}{4} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{7}{16} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

2) Зная, что  $\varphi_0 = \frac{3}{32} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} = \frac{3}{8} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$  то

Т.к. точка вне сферы, то  $\epsilon R = \frac{8}{3} \Rightarrow R = \frac{8}{3} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

Из пропорции

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{\frac{3}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{\frac{3}{4}Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$



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!

$$\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_{i2} = I_0 (L_1 + L_2)$$

$$\frac{d}{dt} (I_0 B_1 n_1 - I_0 B_2 n_2) = L \frac{dI_0}{dt} (L_1 + L_2) \quad | \cdot dt$$

$$S_{n1} \frac{dB_1}{dt} - S_{n2} \frac{dB_2}{dt} = 5L \frac{dI_0}{dt}$$

$$\frac{1}{2} B_0 S n - 2 S n \cdot \frac{4}{3} B_0 = 5L I_0$$

$$\frac{5}{6} B_0 S n - \frac{16}{6} S n B_0 = 5L I_0$$

$$I_0 = - \frac{13 B_0 S n}{6 \cdot 5L} \Rightarrow \text{ток в центре в конце } I = \frac{13}{30} \frac{B_0 S n}{L}$$

Order: 1)  $S \Delta n = I_0$     2)  $I_0 = \frac{13}{30} \frac{B_0 S n}{L}$



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  
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!

### Задача №4.

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 4L$$

$$N_1 = n$$

$$N_2 = 2n$$

S

$$d) \alpha = \frac{dB}{dt}$$

Найти:

$$1) \dot{I}_1$$

$$2) I_0$$

Решение:

$$1) \text{Т.к. } \mathcal{E}_i = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| n \Rightarrow \mathcal{E}_{i1} = \left| \frac{S dB}{dt} \right| n_1 = S \alpha n_1 = S \alpha n \quad (\mathcal{E}_{i1} -$$

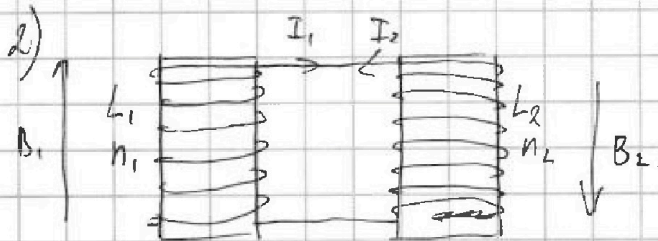
- ЭДС индуцирующая катушки 1)

Т.к.  $B_2$  не изменяется, то  $\mathcal{E}_{i2} = 0$ .

Т.о. по II п. Кирхгофа:

$$\mathcal{E}_{i2} = \dot{I}_1 (L_1 + L_2)$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\mathcal{E}_{i2}}{L_1 + L_2} = \frac{S \alpha n}{5L}$$



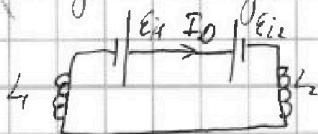
Аналогично найдем  $\mathcal{E}_{i1}$  и  $\mathcal{E}_{i2}$  для второго случая

изменяется поле:

$$\mathcal{E}_{i1} = \left| \frac{S dB_1}{dt} \right| n_1 \quad \mathcal{E}_{i2} = \left| \frac{S dB_2}{dt} \right| n_2$$

Пользуясь правилом правой руки определим напр. тока

в цепи и сделаем расчеты схемы:



Т.о. по II п. Кирхгофа:



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

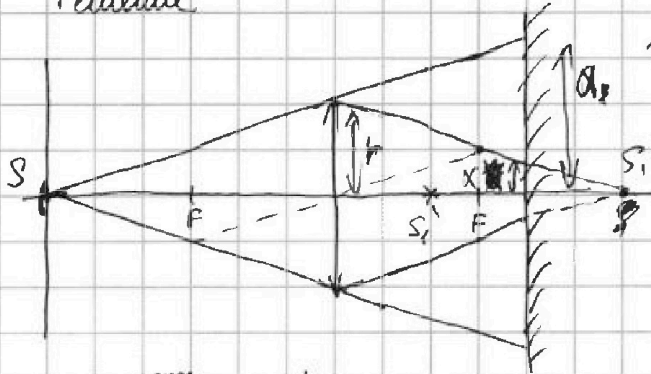
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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!

### Задача 15

Дано  
 $F = \frac{h}{2}$   
 $L = \frac{2h}{3}$   
 $r = 3 \text{ см.}$   
Найти.

Решение:



1) Рассмотрим ход луча прошедшего через  $S_1$  и первого, проходящего

1)  $S_1$   $S_1$  - центр <sup>зеркала</sup> линзы,  $S_1'$  - центр  $\odot$ ,  $S_1$  - центр  $\odot$ ,  $S_1$  - центр  $\odot$ .

2)  $S_2$  Из  $\Delta O_1 T$  линзы найдем расстояние до  $S_1$ :

$$\frac{L}{h} + \frac{L}{b} = \frac{L}{F} \Rightarrow b = \frac{Fh}{h-F} = \frac{\frac{h}{2}h}{h-\frac{h}{2}} = h$$

Из подобия треугольников найдем  $a$  и  $x$ :

$$(1) \frac{h}{r} = \frac{h+L}{a} \quad \text{и} \quad (2) \frac{b}{r} = \frac{b-L}{x}$$

$$(1) a = \frac{h+L}{h} r = \frac{\frac{5}{3}h}{h} r = \frac{5}{3} r = 5 \text{ см}$$

$$(2) x = \frac{b-L}{b} r = \frac{\frac{1}{3}h}{h} r = \frac{1}{3} r = 1 \text{ см}$$

Т.о.  $S_1 = \pi a^2$  <sup>зеркала</sup> освещаемая область имеет форму кольца

$$\text{и площадь: } S_1 = \pi a^2 - \pi x^2 = \pi (25 - 1) = 24\pi \text{ см}^2$$

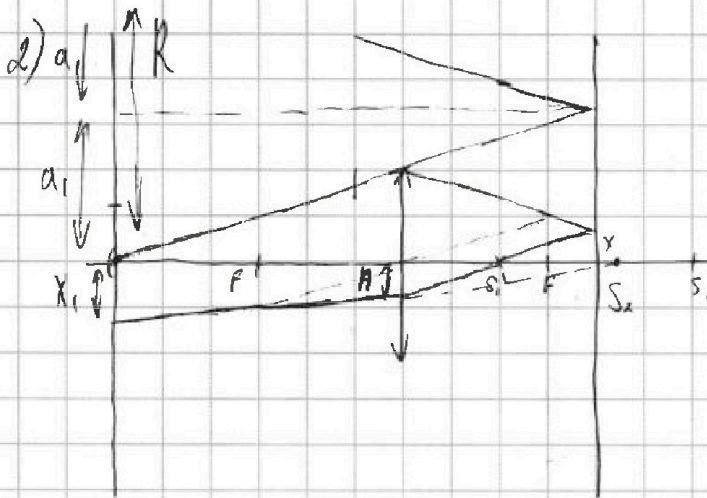


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Т.к. после отражения от зеркала  $S_1$  находится ~~лучи~~ в фокальной плоскости, то лучи ~~будут~~ после прох. линзы будут рассеиваться. Т.о.

~~из подобия треугольников~~ из  $\Delta$  <sup>милые:</sup>  $AB_1$  и  $\Delta$   $AB_2$  (в-угодр. от. линз до  $S_2$ ):

$$\frac{1}{l-(b-l)} = \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow b_1 = \frac{F(l-(b-l))}{F-l-(b-l)} = \frac{\frac{h}{2} \cdot \frac{1}{3}h}{\frac{h}{2}h - \frac{1}{3}h} = \frac{\frac{1}{6}h^2}{\frac{1}{6}h^2} = h.$$

из подобия треугольников:

$$\frac{x}{n} = \frac{b-l}{l-(b-l)} \Rightarrow x = n = 1 \text{ см.}$$

$$\frac{b_1}{n} = \frac{b_1+h}{x_1} \Rightarrow x_1 = \frac{b_1+h}{b_1} n = 2n = 2 \text{ см.}$$

Также из геометрии  $R = da = 10 \text{ см}$

Т.о. Крив. обл. линзы имеет форму кольца и площадь:

$$S_2 = \pi R^2 - \pi x_1^2 = \pi(100 - 4) = 96\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1)  $S_1 = 24\pi \text{ см}^2$

2)  $S_2 = 96\pi \text{ см}^2$



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  
\_\_ 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!

$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x}$

$$\begin{array}{r} 100 \\ \times 25 \\ \hline 120 \\ + 48 \\ \hline 6000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 12 \\ \hline 338 \\ + 109 \\ \hline 2028 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ \times 15 \\ \hline 168 \\ + 56 \\ \hline 728 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 110 \\ \times 13 \\ \hline 1430 \\ \times 25 \\ \hline 6000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 125 \\ \hline 24375 \\ + 3900 \\ \hline 28275 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 125 \\ \hline 24375 \\ + 3900 \\ \hline 28275 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 125 \\ \hline 24375 \\ + 3900 \\ \hline 28275 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 55 \\ + 12 \\ \hline 110 \\ + 55 \\ \hline 660 \\ + 60 \\ \times 11 \\ \hline 990 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 125 \\ \hline 24375 \\ + 3900 \\ \hline 28275 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \cdot 6 \\ \hline 13^2 = \frac{6}{78} \cdot 2 \\ \hline 39 \cdot 13 \\ \hline 3 \cdot 3 \end{array}$$

$$\vec{m}\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_p$$

$$ma_1 = mg \sin \alpha - Mg \cos \alpha, \mu$$

$$\mu = \frac{g \sin \alpha - a_1}{g \cos \alpha} = \frac{9 \cdot \frac{5}{13} - \frac{5}{13} \cdot 9}{9 \cdot \frac{4}{13}}$$

$$\mu = \frac{3g - \frac{25}{13}g}{4g} = \frac{60 - 25}{13 \cdot 4} = \frac{45}{42}$$

$$\mu = \frac{4mg \sin \alpha_2 - 4a_2}{4mg \cos \alpha_2}$$

$$400 = \frac{5}{13} - \frac{3 \cdot \frac{5}{13} \cdot g}{2910}$$

$$\frac{20 - \frac{150}{12}}{48} = \frac{110}{12 \cdot 48}$$

$$13^2 \cdot 5^2 \cdot 6$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ + 150 \\ \hline 120 \\ + 24 \\ \hline 36000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ \times 25 \\ \hline 1200 \\ + 24 \\ \hline 36000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \cdot 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 25 \\ \hline 175 \cdot 78 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\mu = \frac{4mg \sin \alpha_2 - 4a_2}{4mg \cos \alpha_2}$$

$$400 = \frac{5}{13} - \frac{3 \cdot \frac{5}{13} \cdot g}{2910}$$

$$\frac{20 - \frac{150}{12}}{48} = \frac{110}{12 \cdot 48}$$

$$13^2 \cdot 5^2 \cdot 6$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ + 150 \\ \hline 120 \\ + 24 \\ \hline 36000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \cdot 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 25 \\ \hline 175 \cdot 78 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\mu = \frac{4mg \sin \alpha_2 - 4a_2}{4mg \cos \alpha_2}$$

$$400 = \frac{5}{13} - \frac{3 \cdot \frac{5}{13} \cdot g}{2910}$$

$$\frac{20 - \frac{150}{12}}{48} = \frac{110}{12 \cdot 48}$$

$$13^2 \cdot 5^2 \cdot 6$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ + 150 \\ \hline 120 \\ + 24 \\ \hline 36000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \cdot 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1950 \\ \times 25 \\ \hline 175 \cdot 78 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\mu = \frac{4mg \sin \alpha_2 - 4a_2}{4mg \cos \alpha_2}$$

$$400 = \frac{5}{13} - \frac{3 \cdot \frac{5}{13} \cdot g}{2910}$$

$$\frac{20 - \frac{150}{12}}{48} = \frac{110}{12 \cdot 48}$$

$$13^2 \cdot 5^2 \cdot 6$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ + 150 \\ \hline 120 \\ + 24 \\ \hline 36000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \cdot 6 \end{array}$$



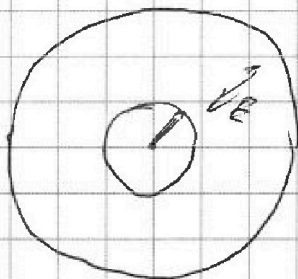
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

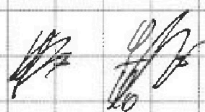
СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

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!

~~40%~~  
x



$$E_0 = E -$$



$$\frac{2R}{3} \cdot \frac{3}{R} + b$$

$$q = \frac{K}{x} + b$$

$$3\varphi_0 = \frac{3K}{2R} + b \quad 4\varphi_0 = \frac{3K}{R} + b$$

$$\varphi_0 = \frac{3K}{R} - \frac{3K}{2R} = \frac{3K}{2R} \quad K = \frac{2R}{3} \varphi_0$$

$$\text{then } b = 4\varphi_0 - 2\varphi_0 = 2\varphi_0$$

$$\varphi = \frac{2R}{3x} \varphi_0 + 2\varphi_0$$

$$\varphi = \frac{KQ}{4\pi\epsilon_0 x} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 x} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{2R}{3x} \varphi_0 + 2\varphi_0 = \frac{2}{3} \varphi_0 + 2\varphi_0 = \frac{14}{3} \varphi_0$$

$$\frac{K}{x} = \frac{R}{6}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} = \frac{14}{3} \varphi_0$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x}$$

$$3\varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{14}{3} \varphi_0 \quad \varphi_0 = \frac{3}{14} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{KQ}{4\pi\epsilon_0 2R} \varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 2R}$$

$$\varphi_0 = \frac{3}{14} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\varphi = \frac{2R}{3} \left( \frac{3}{14} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \right) + 2 \left( \frac{3}{14} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \right)$$

$$\varphi = 4\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x} = \frac{6}{7} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{6}{7} \frac{1}{R} \quad x = \frac{7}{6} R$$



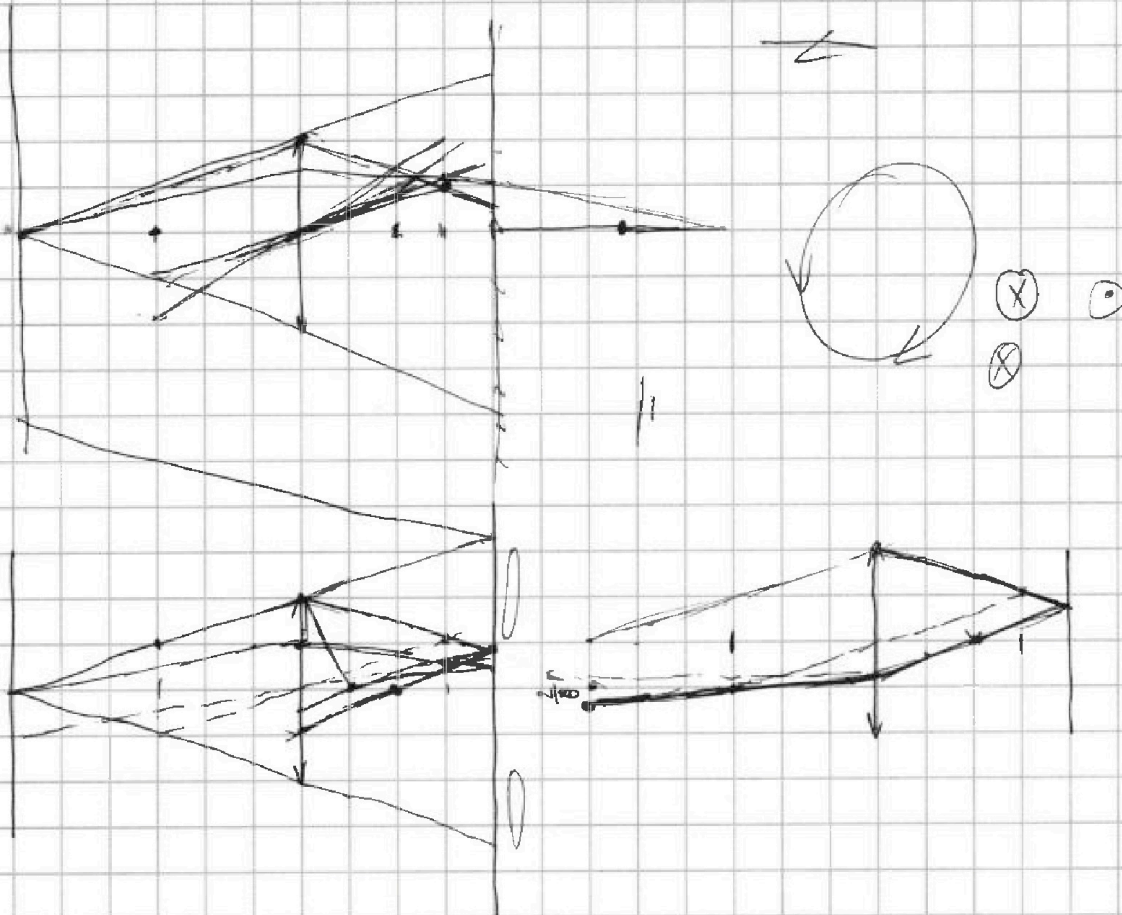


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} n_q = \frac{S \alpha dt}{dt} n_1 = S \alpha n_1$$

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = I(L_1 + L_2)$$

$$\mathcal{E}_i = I_g L_1 + I L_2$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{S dB}{dt} = \frac{S dB_1}{dt} + \frac{S dB_2}{dt} = \frac{dI}{dt} (L_1 + L_2)$$

$B_0$

$$\mathcal{E}_1 = \frac{S dB}{dt}$$

$$\int_0^t \mathcal{E}_1 dt = \int_0^t S dB = S(B - B_0)$$

$$\mathcal{E}_1 = - \frac{S B_0}{t}$$

$$\int_0^t \mathcal{E}_2 dt = \int_0^t S dB = S(B - B_0)$$

$$\mathcal{E}_2 = - \frac{2 S B_0}{t}$$



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!

$$\Delta U_{23} = Q$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} R (2,5 p_0 \cdot 7 V_0 - 1 p_0 \cdot 7 V_0) = \frac{21}{2} p_0 V_0 = \frac{63}{4} p_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} 3 V_0 \cdot 1,5 p_0 = \frac{4,5}{2} p_0 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$C_p dT = C_v dT + p dV \quad \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$\frac{(C - C_v)}{R} (dpV + dVp) = p dV \quad dT = T \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right)$$

$$K = \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V \quad (C - C_v) T \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right) = p dV$$

$$\frac{(C - C_v)}{R} (dpV + dVp) = p dV$$

$$p = 6 p_0 = \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\frac{(C - C_v)}{R} dVp - p dV = dpV \frac{(C - C_v)}{R}$$

$$C_T = \infty$$

$$\frac{(C - C_v)}{R} p dV = dpV \frac{(C - C_v)}{R}$$

$$C_{\text{avg}} = 0$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V} \frac{C - C_v - R}{C - C_v}$$

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV}{p} = \frac{dV}{V} \frac{C - C_v}{C - C_v}$$

$$\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} dV = \frac{dV}{V} \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V = p$$



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!

$$4\psi_0 = \frac{3(Q-q)}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$3\psi_0 = \frac{3(Q-q)}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$4\psi_0 - 4\pi\epsilon_0 R = 3Q - 3q + q$$

$$4 = \frac{3}{2}Q - 2\psi_0 - 4\pi\epsilon_0 R$$

$$3\psi_0 = \frac{3Q}{2} - \frac{3Q}{2} - \frac{9Q}{2} - 6\psi_0 - 4\pi\epsilon_0 R + \frac{3}{2}$$

$$= \frac{3Q^2}{8\pi\epsilon_0 R} - \frac{9Q}{16\pi\epsilon_0 R} + 3\psi_0 + \frac{3Q^2}{8\pi\epsilon_0 R} - 2\psi_0$$

$$2\psi_0 = \frac{3}{16} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

$$\psi_0 = \frac{3}{32} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} \quad q = \frac{3}{2}Q - \frac{3}{16}Q - 4 = \frac{3}{4}Q$$

$$\psi_0 = \frac{3}{48\pi\epsilon_0 R} \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} \quad R = \frac{3}{3\pi\epsilon_0 R}$$



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.

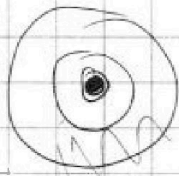
1  2  3  4  5  6  7

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!

Если  $r < R$ , то  $x$  находится в по диаметру.

до.



$$q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$q = q$$

$$x = \frac{R}{3}$$

$$q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

~~#2~~ ~~4:~~

$$q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

$$3q = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 3R} - \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 3R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$3q \cdot 4\pi\epsilon_0 3R = 2Q + 2q + 3q$$

$$q = \frac{3q \cdot 4\pi\epsilon_0 3R - 2Q}{4\pi\epsilon_0 9R}$$

~~x~~  $q_0 =$

$$x q_0 = \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{4q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$= \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0 R} - 12 \cdot 36 q_0 + \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$+ 9 q_0$$

$$q \cdot \frac{1}{3} = \frac{4 \cdot 5 Q}{2 \cdot 4\pi\epsilon_0 R} - 27 q_0$$