



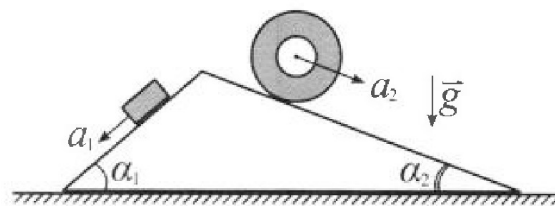
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

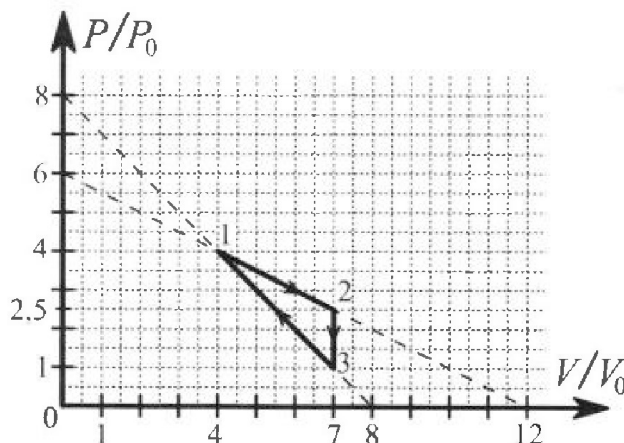


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

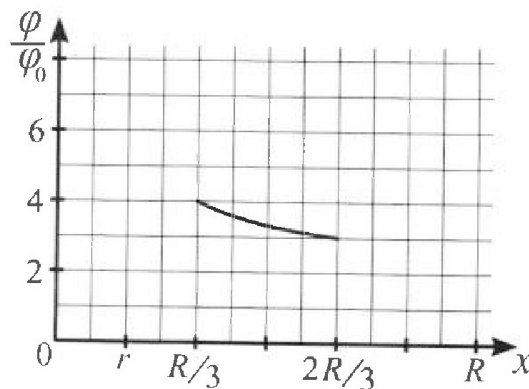
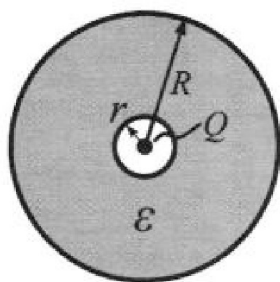
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ε и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

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



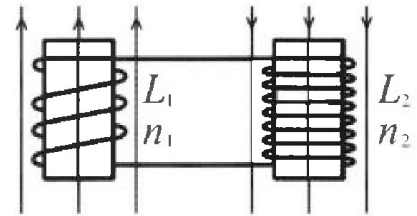
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

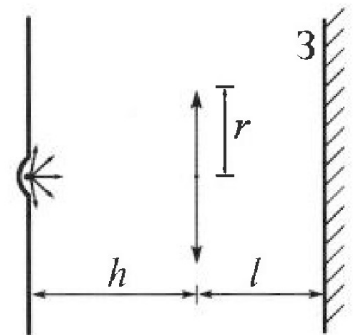


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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) на чнет 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 11

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

Решо:

$$a_1 = \frac{5}{13} g$$

$$a_2 = \frac{5}{24} g$$

$$\sin d_1 = \frac{3}{5}$$

$$\cos d_1 = \frac{4}{5}$$

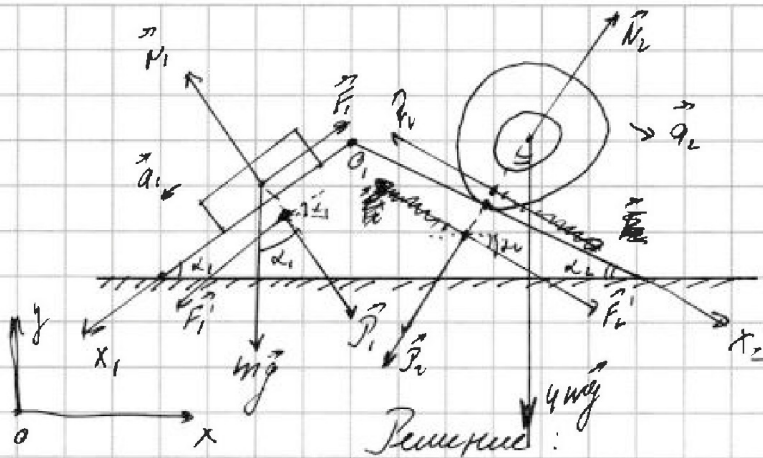
$$\sin d_2 = \frac{5}{13}$$

$$\cos d_2 = \frac{12}{13}$$

Найти F_1 !

$$F_2 = ?$$

$$F_3 = ?$$



Решение:

1) II 3-н Ньютона для бруска:

$$Q_{1x1}: mg \cdot \sin d_1 - F_1 = m a_1$$

$$\Rightarrow F_1 = mg \cdot \sin d_1 - m a_1 = mg \cdot \frac{3}{5} - m \cdot \frac{5}{13} g =$$

$$= mg \cdot \frac{39 - 25}{65} = \frac{14}{65} mg$$

2) Т.к. цилиндр бразуется, а сила трения направлена против скорости, то сила трения бруска направлена против линейной скорости бразущей, т.е. $F_2 \uparrow Q_{1x1}$

II 3-н Ньютона для цилиндра:

$$Q_{1x2}: 4mg \cdot \sin d_2 + F_2 = 4m a_2$$

$$F_2 = 4m a_2 - 4mg \cdot \sin d_2 = 4mg \cdot \frac{5}{24} - 4mg \cdot \frac{5}{13} =$$

$$= 4 \cdot 5 mg \left(\frac{1}{24} - \frac{1}{13} \right) = 20 mg \cdot \frac{13 - 24}{13 \cdot 24} = 20 mg \cdot \frac{-11}{13 \cdot 24} = -\frac{55}{28} mg$$

$$\text{т.е. } F_2 \uparrow Q_{1x2}, \text{ зм. } F_2 = \frac{55}{28} mg$$



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 11

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) Т.к. клин покоится, то векторная сумма всех сил, действующих на него равна 0.

III зп. Ньютона:

$$\begin{array}{l} \vec{N}_2 = -\vec{P}_2 \\ \vec{N}_1 = -\vec{P}_1 \\ \vec{F}_1 = -\vec{F}_1' \\ \vec{F}_2 = -\vec{F}_2' \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} N_2 = P_2 = 4mg \cos \alpha_2 \\ N_1 = P_1 = mg \cos \alpha_1 \\ F_1 = F_1' \\ F_2 = F_2' \end{array}$$

Тогда сила реакции в проекции на Ox равна сумме всех проекций сил, а сумма проекций на Oy уравнивается с силой реакции опоры

$$F_{3x} = -F_1' \cos \alpha_1 + P_1 \sin \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2 + F_2' \cos \alpha_2$$

$$F_{3x} = -F_1 \cos \alpha_1 + mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 - 4mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2$$

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

$$= \frac{4}{25}mg \left(-\frac{14}{13} + \frac{3}{5} \right) + 4mg \cdot \frac{12}{13} \cdot \frac{5}{13} \left(-\frac{1}{4} + \frac{11}{6} \cdot \frac{1}{4} \right) =$$

$$= \frac{4}{25}mg \frac{39-14}{13} + \frac{12 \cdot 5}{13^2}mg \frac{11-24}{6} = \frac{4}{25}mg \cdot \frac{25}{13} - \frac{12 \cdot 5}{13^2} \cdot \frac{13}{6}mg =$$

$$= \frac{4}{13}mg - \frac{10}{13}mg = -\frac{6}{13}mg$$

Т.е. $F_3 = \frac{6}{13}mg$

Ответ: $F_1 = \frac{14}{65}mg$;

$F_2 = \frac{55}{78}mg$;

$F_3 = \frac{6}{13}mg$.

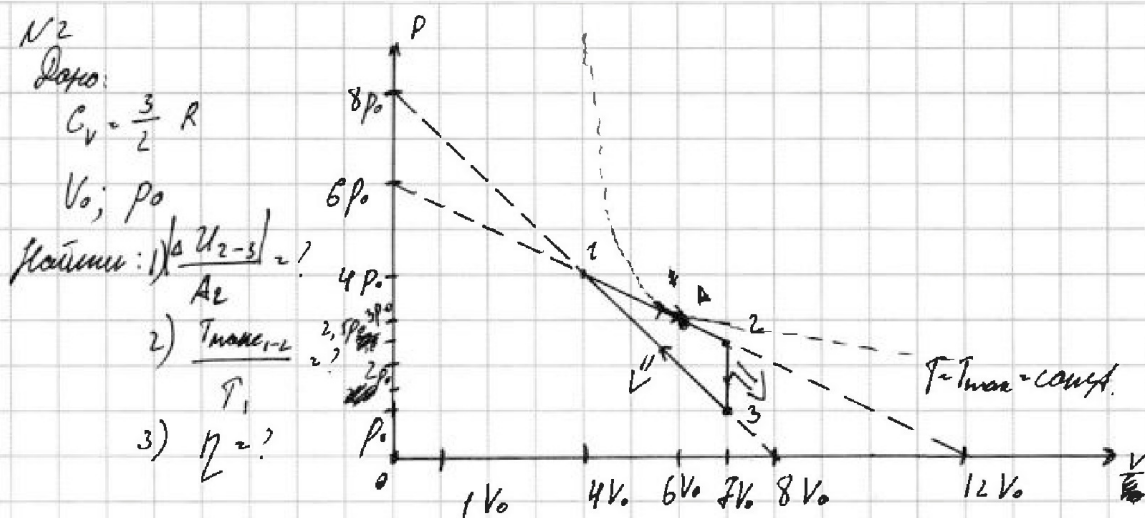


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 11

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:

1) Найдем уравнения прямых 1-2; 3-1

$$1-2: \begin{cases} 0 = K \cdot 6p_0 \\ 0 = K \cdot 12V_0 + b_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_1 = 6p_0 \\ K_1 = \frac{-6p_0}{12V_0} = -\frac{p_0}{2V_0} \end{cases}$$

т.е. $p = -\frac{p_0}{2V_0} \cdot V + 6p_0$ в процессе 1-2

$$3-1: \begin{cases} 8p_0 = b_2 \\ 0 = K \cdot 8V_0 + b_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_2 = 8p_0 \\ K = \frac{-8p_0}{8V_0} = -\frac{p_0}{V_0} \end{cases}$$

т.е. $p = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 8p_0$ в процессе 3-1

2) Работа газа за цикл численно равна площади под графиком.

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot (2V_0 - 4V_0) \cdot (2,5p_0 - p_0) = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot V_0 \cdot \frac{3}{2} p_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\begin{aligned} |\Delta U_{2-3}| &= |C_v \cdot \nu (T_3 - T_2)| = \left| \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) \right| = \frac{3}{2} (p_0 \cdot 2V_0 - 2,5p_0 \cdot 2V_0) = \\ &= \left| \frac{3}{2} \cdot 2p_0 \cdot V_0 \cdot \left(-\frac{3}{2}\right) \right| = \frac{9}{4} \cdot 2p_0 \cdot V_0 \end{aligned}$$

$$\frac{|\Delta U_{2-3}|}{A_2} = \frac{\frac{9}{4} \cdot 2p_0 \cdot V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 2.$$



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

4 ИЗ 11

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) Максимальная температура в процессе 1-2

будет достигаться, когда изотерма будет касаться кривой 1-2.

ур-е изотермы касаний: $p_k = \frac{DRT_{\max}}{V_k}$

Пусть точка касания имеет координаты $(p_k; V_k)$

тогда коэф. касательной к графику изотермы равен

коэф. наклона графика 1-2, т.е. $K_{1-2} = K_{\text{кас}} = p_k'$

$$K_{\text{кас}} = p_k' = DRT_{\max} \left(-\frac{1}{V_k^2} \right) \quad \left. \vphantom{K_{\text{кас}} = p_k'} \right\} \Rightarrow -\frac{DRT_{\max}}{V_k^2} = -\frac{p_0}{2V_0} \quad (1)$$

$$K_{1-2} = K_1 = -\frac{p_0}{2V_0}$$

с другой стороны т. $(p_k; V_k) \in (1-2)$, т.е.

$$p_k = -\frac{p_0}{2V_0} V_k + 6p_0 \quad (3)$$

или т.к. $(p_k; V_k) \in \text{изотерма}$: $p_k = \frac{DRT_{\max}}{V_k} \Rightarrow DRT_{\max} = p_k \cdot V_k \quad (2)$

$$(2) \rightarrow (1): -\frac{p_k V_k}{V_k^2} = -\frac{p_0}{2V_0} \Rightarrow \frac{p_k}{V_k} = \frac{p_0}{2V_0} \Rightarrow p_k = \frac{p_0}{2V_0} V_k$$

$$\text{подставим в (3): } \frac{p_0}{2V_0} V_k = -\frac{p_0}{2V_0} V_k + 6p_0$$

$$\frac{p_0}{V_0} V_k = 6p_0 \Rightarrow V_k = 6V_0$$

$$\text{т.е. } p_k = \frac{p_0}{2V_0} \cdot 6V_0 = 3p_0$$

$$DRT_{\max} = 3p_0 \cdot 6V_0 = 18p_0 V_0 \Rightarrow T_{\max} = \frac{18p_0 V_0}{DR}$$

$$\text{тогда т.к. } p_1 V_1 = DRT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{DR} = \frac{4p_0 \cdot 4V_0}{DR} = \frac{16p_0 V_0}{DR}$$

$$\text{то } \frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18p_0 V_0}{16p_0 V_0} \cdot \frac{DR}{DR} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 ИЗ 11

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) Пусть $T_1(p_1, V_1)$ - это Т. А
касания

тогда т.к. $T_A = T_{max}$, то до Т. А температура росла,
после Т. А температура падала,

т.е. при этом $A_{1-2} = \frac{2,5p_0 + 4p_0}{2} \cdot (2V_0 - 4V_0) = \frac{6,5p_0}{2} \cdot 3V_0 > 0$ всегда.

тогда на промежутке $[1-A]$: $U_{1-2} = \frac{1}{2} DR (T_A - T_1) \geq 0$

$[A-2]$: $U_{2-1} = \frac{3}{2} DR (T_0 - T_A) < 0$

$U_{1-2} = \frac{3}{2} DR (T_A - T_1) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{3}{2} \cdot (18p_0 V_0 - 16p_0 V_0) = 3p_0 V_0$

$U_{2-1} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_A) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} \cdot (2,5p_0 \cdot 2V_0 - 18p_0 V_0) =$
 $= \frac{3}{2} (12,5p_0 V_0 - 18p_0 V_0) = -\frac{3}{4} p_0 V_0$

$A_{2-1} = \frac{2,5p_0 + 3p_0}{2} \cdot (2V_0 - 6V_0) = \frac{11}{4} p_0 V_0$

т.е. $A_{2-1} > U_{2-1}$, т.е. $Q_{2-1} > 0$, т.е. газ получает тепло,

т.е. $Q_{нагр} = Q_{1-2}$

тогда $Q_{нагр} = A_{1-2} + U_{1-2} = \frac{6,5p_0 \cdot 3V_0}{2} + 3p_0 V_0 - \frac{3}{4} p_0 V_0 =$

$= \frac{13 \cdot 3p_0 V_0}{4} - \frac{3}{4} p_0 V_0 + \frac{12}{4} p_0 V_0 = \frac{12 \cdot 3p_0 V_0 + 12p_0 V_0}{4} = \frac{4 \cdot 12 \cdot p_0 V_0}{4} = 12p_0 V_0$

$\eta = \frac{A_{1-2}}{Q_{нагр}} = \frac{\frac{13}{4} p_0 V_0}{12p_0 V_0} = \frac{13}{48}$

Ответ: 1) $\frac{1}{8} U_{2-1} = 2$;

2) $\frac{T_{max}}{T_1} = \frac{9}{8}$;

3) $\eta = \frac{3}{16}$.



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
10 из 11

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!

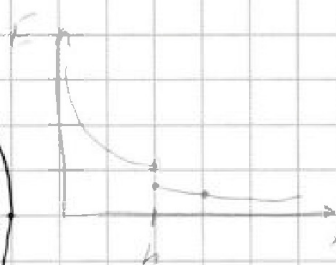
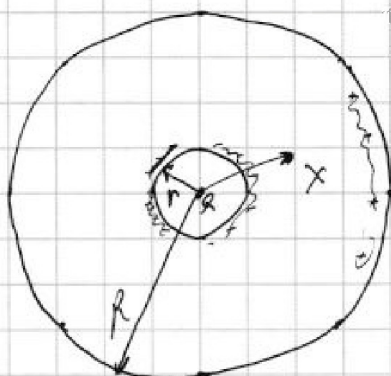
N3

Дано

1) $r: R$
 $q: \epsilon$
 $x = \frac{R}{4}$

Найти U_x ?

2) Найти ϵ ?



Решение

1) потенциал в плоскости шара $U_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x}$, где $x \in (0; r]$

Когда $x \in (r; R]$ ~~тогда~~ r, x будет находиться

в границах шара, тогда $U_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x}$

Решение $\Delta W(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q_{\text{ш}}}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q_{\text{ш}}}{x-r}$
где $\Delta x = (x-r)$ при $x \in (r; R]$

$U_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(x-r)}$
тогда $\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q q_{\text{ш}}}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q q_{\text{ш}}}{x-r}$

Найдем разность потенциалов энергии между

зарядами Q и q - зарядом $q_{\text{ш}} > 0$, на расстоянии $x \in (r; R]$

$$\Delta W(x) = \Delta W_1 + \Delta W_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q q_{\text{ш}}}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q q_{\text{ш}}}{x-r}$$

тогда по определению потенциала:

$$U_x = \frac{\Delta W(x)}{q_{\text{ш}}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(x-r)} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{x-r} \right)$$

тогда при $x = \frac{R}{4}$; $U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\frac{R}{4}-r} \right)$



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

11 из 11

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!

из графика видно, что $v = \frac{R}{6}$

$$\text{тогда } U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{6}{R} + \frac{1}{\epsilon \left(\frac{R}{4} - \frac{R}{6} \right)} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{6}{R} + \frac{12}{\epsilon R} \right) =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{6}{R} \left(1 + \frac{2}{\epsilon} \right)$$

2) Из графика:

б.т. $(4; \frac{R}{3})$: $U(\frac{R}{3}) = 4 U_0$

б.т. $(3; \frac{2R}{3})$: $U(\frac{2R}{3}) = 3 U_0$

$$\Rightarrow U(\frac{R}{3}) = \frac{4}{3} U(\frac{2R}{3})$$

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

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

тогда

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

$$3 \left(1 + \frac{1}{\epsilon} \right) = \frac{4}{3} \left(3 + \frac{1}{\epsilon} \right) \Rightarrow 3 + \frac{3}{\epsilon} = 4 + \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{4}{3}$$

$$\frac{1}{\epsilon} \left(3 - \frac{4}{3} \right) = 1$$

$$\epsilon = \frac{9-4}{3} = \frac{5}{3}$$

Ответ: 1) $U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{v} + \frac{1}{\epsilon \left(\frac{R}{4} - v \right)} \right) = \frac{3Q}{2\pi\epsilon_0 R} \cdot \left(1 + \frac{2}{\epsilon} \right)$;

2) $\epsilon = \frac{5}{3}$.



1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
6 ИЗ 11

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!

N 4

Дано:

$$L_1 = L; \quad h_1 = h; \quad \xi_{12} = -$$

$$L_2 = 4L; \quad h_2 = 2h; \quad \xi_{12} = -$$

S

$$1) \frac{\Delta B}{\Delta t} = 2; \quad (2 > 0)$$

$$\text{Найти: } \frac{\Delta I}{\Delta t} = ?$$

$$2) \Delta B_1 = \frac{B_0}{2} - B_0$$

$$\Delta B_2 = \frac{2B_0}{3} - 2B_0$$

$$I_{\text{н}} = ?$$

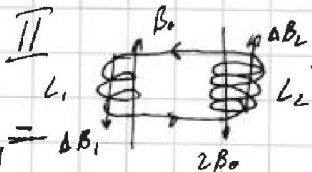
Т.к. при возрастании тока будет максимальная ЭДС

самоиндукции в обеих катушках, тогда

$$-\xi_1 + \xi_{12} + \xi_{12L} = 0$$

$$-L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = -M_1 S \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{M_1 S \Delta}{L_1 + L_2} = \frac{h \cdot S \cdot \Delta}{L + 4L} = \frac{h S \Delta}{5L}$$



$$\xi_{11} = \Delta B_1$$

$$\Delta B_1 = \frac{B_0}{2} - B_0 = -\frac{B_0}{2}$$

$$\Delta B_2 = \frac{2B_0}{3} - 2B_0 = -\frac{4B_0}{3}$$

Пусть индукция в катушке L_1 изменится за Δt на ΔB_{1i}

по з.н.у Фарадея: в катушке L_2 за Δt на ΔB_{2i}

$$\xi_{11} = -\frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta(S_1 B_1)}{\Delta t} = -h S \Delta B_{1i}$$

$$\xi_{12} = -\frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} = -\frac{\Delta(S_2 B_2)}{\Delta t} = -2h S \Delta B_{2i}$$



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
7 ИЗ 11

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!

с другой стороны

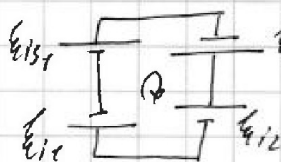
$$\mathcal{E}_{IS_1} = -L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{IS_2} = -L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



тогда:

$$\mathcal{E}_{IS_1} + \mathcal{E}_{IS_2} - \mathcal{E}_{IC} - \mathcal{E}_{I2} = 0$$



$$+ \mu S \frac{\Delta B_1}{\Delta t} + 2 \mu S \frac{\Delta B_2}{\Delta t} - L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

$$(L_1 + L_2) \Delta I = + \mu S (\Delta B_1 + 2 \Delta B_2)$$

$$\Delta I = + \frac{\mu S}{L_1 + L_2} (\Delta B_1 + 2 \Delta B_2)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta I_i = + \frac{\mu S}{5L} \left(\sum_{i=1}^n \Delta B_{1i} + 2 \sum_{i=1}^n \Delta B_{2i} \right)$$

$$I_K = + \frac{\mu S}{5L} (\Delta B_1 + 2 \Delta B_2)$$

$$I_K = + \frac{\mu S}{5L} \left(-\frac{B_0}{2} - 2 \cdot \frac{4}{3} B_0 \right)$$

$$I_K = - \frac{\mu S}{5L} \frac{19}{6} B_0$$

$$|I_K| = \frac{\mu S}{5L} \frac{19}{6} B_0 = \frac{19}{30} \frac{\mu S B_0}{L}$$

Ответ: 1) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mu S K}{5L}$

2) $|I_K| = \frac{19}{30} \frac{\mu S B_0}{L}$



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
8 ИЗ 11

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!

N5

Дано:

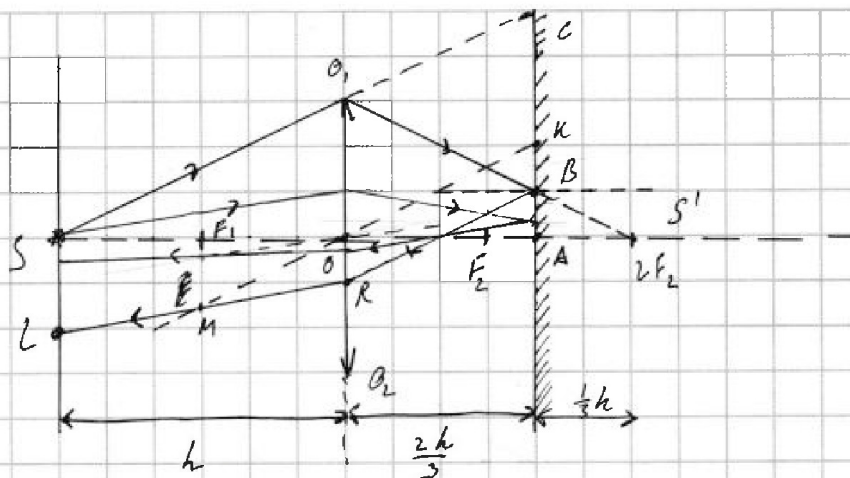
h'

$f = \frac{h}{2}$

$l = \frac{3h}{2}$

$r = 3 \text{ см}$

Найти 1) S_1 !
2) S_2 !



Решение:

1) Т.к. $f = \frac{h}{2}$, то линзочка находится в двойном фокусе линзы, т.е. в отсутствие зеркала, линзочка изображалась тоже в двойном фокусе линзы.

2) Провести луч, через край линзы, дальний этого луча, другие лучи будут идти без преломлений.

Т.е. освещенной частью зеркала будет являться диск со внешним радиусом AC и внутренним BA.

$$3) \triangle SO_1O \sim \triangle SCA \Rightarrow \frac{CO_1}{OO_1} = \frac{SA}{SO} = \frac{h + \frac{2}{3}h}{h} = \frac{5}{3} \Rightarrow CA = \frac{5}{3}OO_1 = \frac{5}{3}r$$

$$\triangle S'AB \sim \triangle S'O_1O \Rightarrow \frac{S'A}{S'O} = \frac{AB}{O_1O} = \frac{\frac{1}{3}h}{h} = \frac{1}{3} \Rightarrow AB = \frac{1}{3}OO_1 = \frac{1}{3}r$$

$$\text{тогда } S_1 = \pi CA^2 - \pi AB^2 = \pi \left(\left(\frac{5}{3}r \right)^2 - \left(\frac{1}{3}r \right)^2 \right) = \pi r^2 \cdot \left(\frac{5}{3} - \frac{1}{3} \right) \cdot \left(\frac{5}{3} + \frac{1}{3} \right) =$$

$$= \pi r^2 \cdot \frac{4}{3} \cdot 2 = \frac{8}{3} \pi r^2 = \frac{8}{3} \pi \cdot 3^2 = 24\pi \text{ см}^2$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
9 ИЗ 11

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) Крайние, не прикоснувшиеся лучи будут отражаться, покрывая всю площадь давшие т.с на зеркале.

Также отражается крайнего луча Q, B , падающий луч B, R , который упадет на точку в т.с.

площадь между S и L будет освещена (см. рис.),

а площадь между т.с и т. пересечения крайнего луча, не прошедшего линзу, со светом будет не освещена.

Точка т. пересечения отраженного от крайнего луча

со светом - т. E , тогда $SE = 2AC = 2 \cdot \frac{5}{3}r = \frac{10}{3}r$

5) $OK \perp AB \Rightarrow AB = \frac{1}{3}r$

$$KO \perp LR \Rightarrow M, \Delta OKA \sim \Delta MFL \Rightarrow \frac{FM}{AK} = \frac{OF}{AO} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{24}{3}} = \frac{3}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow FM = \frac{3}{4}AK = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot KB = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2}r = \frac{1}{4}r$$

6) т.к. F_1 - с.р. SO ; $F_1M \parallel SL \parallel OR$, то F_1M - средняя линия $SORL$

$$\text{тогда } F_1M = \frac{SL + OR}{2} \Rightarrow SL = 2F_1M - OR$$

$$SL = 2 \cdot \frac{1}{4}r - \frac{1}{3}r = r - \frac{1}{3}r = \frac{2}{3}r$$

$$7) S_2 = \pi(SE)^2 - \pi(SL)^2 = \pi\left(\frac{10}{3}r\right)^2 - \pi\left(\frac{2}{3}r\right)^2$$

$$= \frac{\pi r^2}{9} (100 - 4) = \frac{\pi r^2}{9} \cdot 96 = \frac{32}{3} \pi r^2 = \frac{32}{3} \pi \cdot 3^2 = 96 \pi \text{ см}^2$$

$$\text{Ответ: } S_1 = 24 \pi \text{ см}^2;$$

$$S_2 = 96 \pi \text{ см}^2$$



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!

