



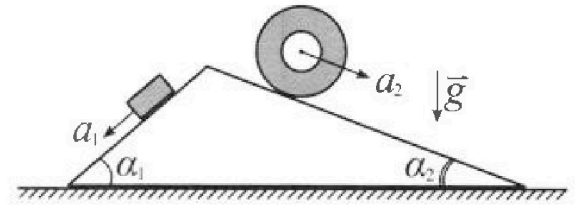
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

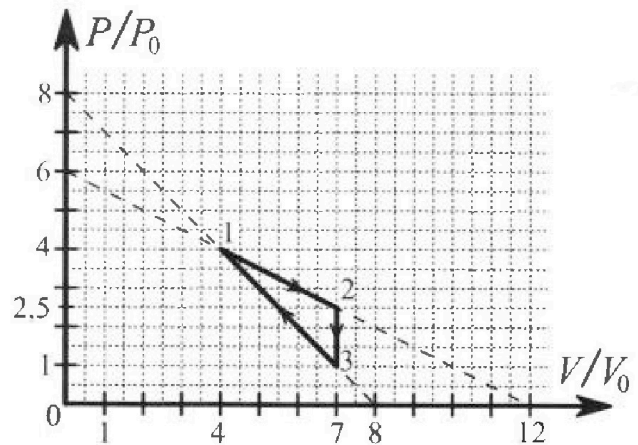


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

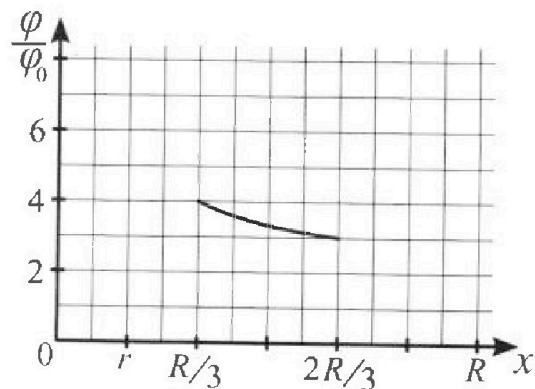
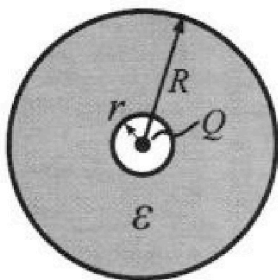
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .



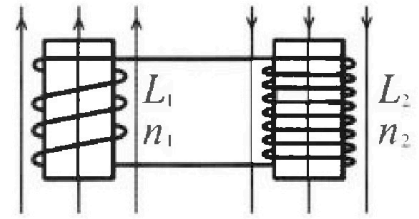
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

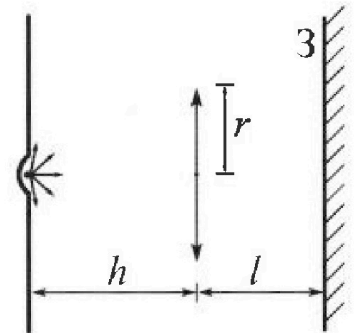


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков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



- 1) С какой скоростью (по модулю) на чет изменяется 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  $[см^2]$  в виде  $у\pi$ , где  $у$  - 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 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!

N1

Рано:

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

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

$$\sin d_1 = \frac{3}{13}$$

$$\cos d_1 = \frac{5}{13}$$

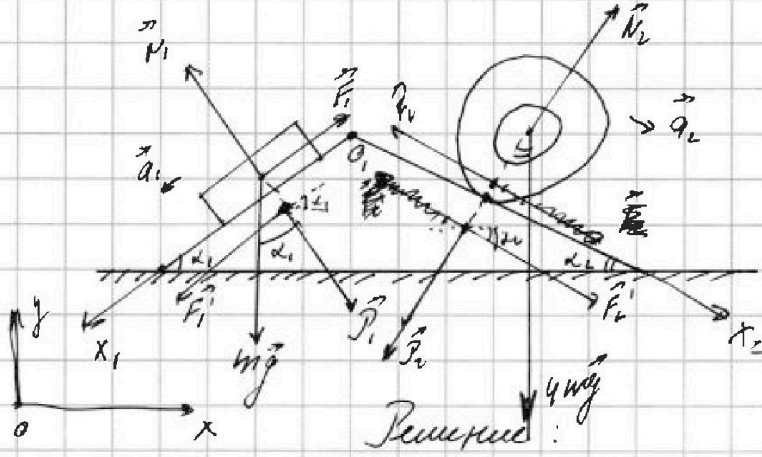
$$\sin d_2 = \frac{5}{13}$$

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

Найти  $F_1$ !

$F_2 = ?$

$F_3 = ?$



Решение:

1) II закон Ньютона для блока:

$$O_{1, x_1}: mg \cdot \sin d_1 - F_1 = m a_1$$

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

$$= mg \frac{3g - 5g}{13} = \frac{14}{13} mg$$

2) Т.к. цилиндр вращается, а сила трения направлена против скорости, то сила трения будет направлена против линейной скорости вращения, т.е.  $F_2 \uparrow O_{2, x_2}$

II закон Ньютона для цилиндра:

$$O_{2, x_2}: 4mg \cdot \sin d_2 + F_2 = 4m a_2$$

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

$$= 4 \cdot 5 mg \left( \frac{1}{24} - \frac{1}{13} \right) = 20 mg \frac{13-24}{13 \cdot 24} = 20 mg \frac{-11}{312} = \frac{-55}{156} mg$$

т.е.  $F_2 \downarrow O_{2, x_2}$ , значит  $F_2 = \frac{55}{156} mg$





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:

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

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

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

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

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

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

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

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

т.е.  $F_3 = \frac{6}{13} mg$

Ответ:  $F_1 = \frac{14}{65} mg;$

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

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



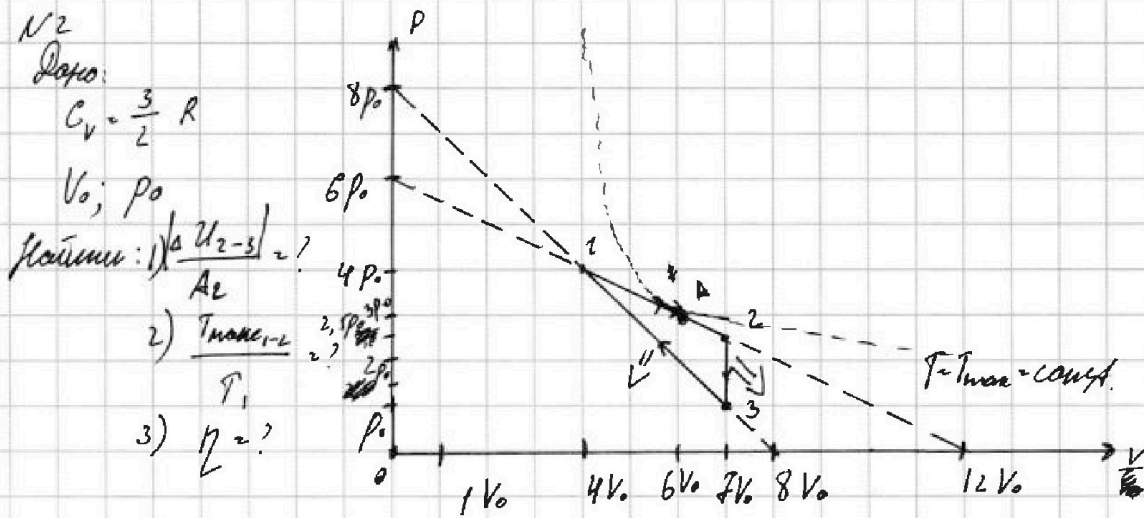


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) Найдем уравнения прямых 1-2; 3-1

$$1-2: \begin{cases} 0 = k \cdot 6p_0 \\ 6p_0 = b_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_1 = 6p_0 \\ k_1 = \frac{-6p_0}{12V_0} = -\frac{p_0}{2V_0} \end{cases}$$

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

$$3-1: \begin{cases} 8p_0 = b_2 \\ 0 = k \cdot 8V_0 + b_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_2 = 8p_0 \\ k_2 = \frac{-8p_0}{8V_0} = -\frac{p_0}{V_0} \end{cases}$$

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

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

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

$$\left| \Delta U_{2-3} \right| = \left| C_V \cdot \nu (T_3 - T_2) \right| = \left| \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) \right| = \frac{3}{2} (p_0 \cdot 7V_0 - 2,5p_0 \cdot 2V_0) =$$

$$= \left| \frac{3}{2} \cdot 2p_0 \cdot V_0 \cdot \left(-\frac{3}{2}\right) \right| = \frac{9}{4} \cdot 2p_0 \cdot V_0$$

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



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:  $p_k = \frac{DRT_{\max}}{V}$

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

тогда коэф. касательной к изотерме изотермы равен

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

$$\left. \begin{aligned} K_{кас} = p_k' &= DRT_{\max} \left( -\frac{1}{V_k^2} \right) \\ K_{1-2} = K_1 &= -\frac{p_0}{2V_0} \end{aligned} \right\} \Rightarrow -\frac{DRT_{\max}}{V_k^2} = -\frac{p_0}{2V_0} \quad (1)$$

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.  $(p_k; V_k) \in$  изотермы:  $p_k = \frac{DRT_{\max}}{V_k} \Rightarrow DRT_{\max} = p_k \cdot V_k \quad (2)$

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

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

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

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

$$DRT_{\max} = 3p_0 \cdot 6V_0 = 18p_0V_0 \Rightarrow T_{\max} = \frac{18p_0V_0}{DR}$$

$$\text{тогда т.к. } p_1 V_1 = DRT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{4p_0 \cdot 4V_0}{DR} = \frac{16p_0V_0}{DR}$$

$$\text{то } \frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18p_0V_0}{16p_0V_0} \cdot \frac{DR}{DR} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$





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) *Итого* Труды Т. (P<sub>K</sub>, V<sub>K</sub>) - это Т. А  
касания

тогда т.к. T<sub>A</sub> = T<sub>max</sub>, то до Т. А температура росла,  
после Т. А температура начала,

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-А]:  $U_{T-A} = \frac{1}{2} DR (T_A - T_1) \geq 0$

[А-2]:  $U_{A-2} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_A) < 0$

$U_{1-A} = \frac{3}{2} DR (T_A - T_1) = \frac{3}{2} (p_K \cdot V_K - p_1 \cdot V_1) = \frac{3}{2} \cdot (18p_0V_0 - 16p_0V_0) = 3p_0V_0$

$U_{A-2} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_A) = \frac{3}{2} (p_2 \cdot V_2 - p_A \cdot V_A) = \frac{3}{2} \cdot (2,5p_0 \cdot 2V_0 - 18p_0V_0) =$   
 $= \frac{3}{2} (12,5p_0V_0 - 18p_0V_0) = -\frac{3}{4} p_0V_0$

$A_{A-2} = \frac{2,5p_0 + 3p_0}{2} \cdot (2V_0 - 6V_0) = \frac{11}{4} p_0V_0$

т.е.  $A_{A-2} > U_{A-2}$ , т.е.  $Q_{A-2} > 0$ , т.е. газ нагревается *всегда,*

т.е.  $Q_{нагр} = Q_{1-2}$

тогда  $Q_{нагр} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} = \frac{6,5p_0 \cdot 3V_0}{2} + 3p_0V_0 - \frac{3}{4} p_0V_0 =$

$= \frac{13 \cdot 3 p_0V_0}{4} - \frac{3}{4} p_0V_0 + \frac{12}{4} p_0V_0 = \frac{12 \cdot 3 p_0V_0 + 12 p_0V_0}{4} = \frac{4 \cdot 12 \cdot p_0V_0}{4} = 12 p_0V_0$

$\eta = \frac{A_{1-2}}{Q_{нагр}} = \frac{\frac{3}{4} p_0V_0}{12 p_0V_0} = \frac{3}{16}$

ответ: 1)  $\frac{| \Delta U_{2-3} |}{A_2} = 2$ ;

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

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





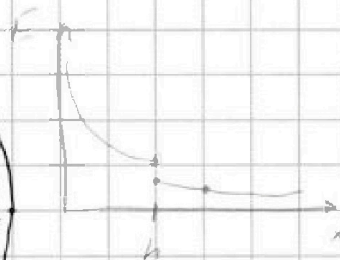
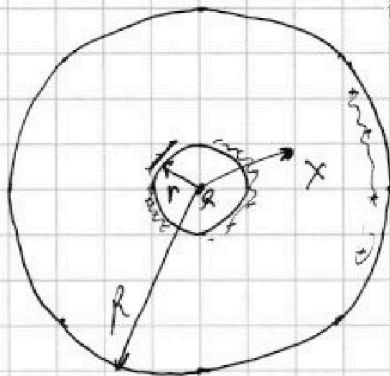
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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  
Доно  
1)  $r = R$   
 $q = \frac{R}{4}$   
 $x = \frac{R}{4}$   
Найти  $\varphi_x = ?$   
2) Найти  $\epsilon = ?$



Решение

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

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

в гравитационном поле, ~~тогда  $\varphi_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x}$ , где  $x \in (0; r]$~~

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

~~$\varphi_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(x-r)} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{x-r} \right)$~~

~~тогда  $\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q_{up}}{r} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q_{up}}{x-r}$~~

Найдем разность потенциалов энергии между

зарядом  $Q$  и  $n$ -й зарядом  $q_{up} > 0$ , но расположить  $x \in (r; R]$

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

тогда по определению потенциалов:

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

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



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  $v = \frac{R}{6}$

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

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

2) Из графика:

$$\begin{aligned} \text{б.т. } (4; \frac{R}{3}) : & \quad G(\frac{R}{3}) = 4 G_0 \\ \text{б.т. } (3; \frac{2R}{3}) : & \quad G(\frac{2R}{3}) = 3 G_0 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad G(\frac{R_0}{3}) = \frac{4}{3} G(\frac{2R}{3})$$

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

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

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

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





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  
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!

N4

Дано:

$$L_1 = L; \quad h_1 = h; \quad \epsilon_{i1} = \dots$$

$$L_2 = 4L; \quad h_2 = 2h; \quad \epsilon_{i2} = \dots$$

S

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

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

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

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

$I_0 = ?$

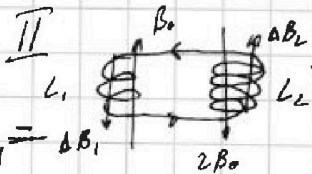
Т.к. при возрастании тока будут нарастать ЭДС

самоиндукции в обеих катушках, тогда

$$-\epsilon_i + \epsilon_{i1} + \epsilon_{i2} = 0$$

$$-L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} - L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = -k_1 \cdot S \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{k_1 \cdot S \cdot d}{L_1 + L_2} = \frac{k \cdot S \cdot d}{L + 4L} = \frac{k S d}{5L}$$



$$\epsilon_{i1} = \Delta B_1$$

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

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

Пусть индукция в катушке  $L_1$  ~~изменилась~~ за  $\Delta t$  на  $\Delta B_{1i}$

в катушке  $L_2$  за  $\Delta t$  на  $\Delta B_{2i}$

по зп-у Фарадея:

$$\epsilon_{i1} = -\frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta(S_1 B_1)}{\Delta t} = -k S \Delta B_{1i}$$

$$\epsilon_{i2} = -\frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} = -\frac{\Delta(S_2 B_2)}{\Delta t} = -2k S \Delta B_{2i}$$





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

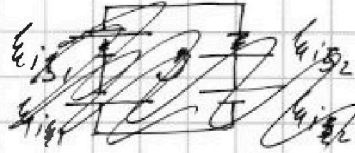
СТРАНИЦА  
7 ИЗ 11

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

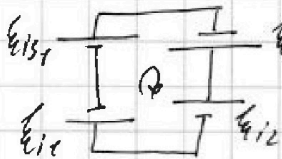
$$\mathcal{E}_{iS_1} = -L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{iS_2} = -L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



моща:

$$\mathcal{E}_{iS_1} + \mathcal{E}_{iS_2} - \mathcal{E}_{iC} - \mathcal{E}_{iZ} = 0$$
~~$$\mathcal{E}_{iS_1} + \mathcal{E}_{iS_2} + \mathcal{E}_{iZ} + \mathcal{E}_{iC} = 0$$~~



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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:

$$k;$$

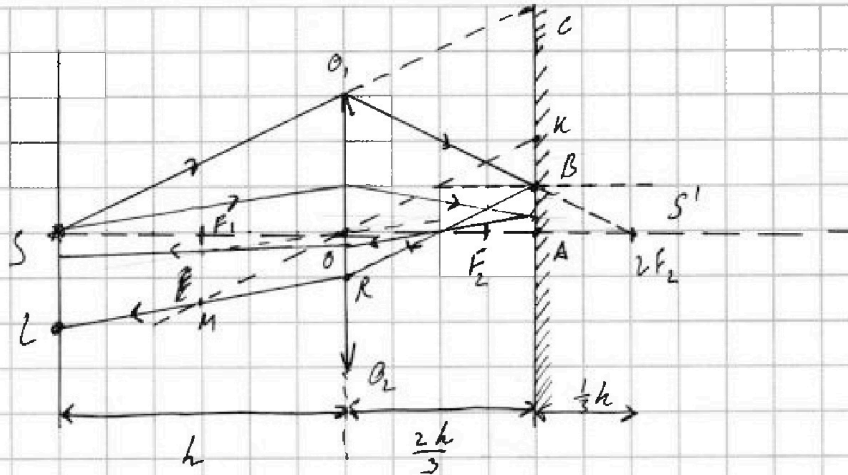
$$r = \frac{k}{2}$$

$$L = \frac{3k}{2}$$

$$n = 3 \text{ см}$$

Найти 1)  $S_1 = ?$

2)  $S_2 = ?$



Решение:

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

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

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

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

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

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

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



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  
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 заданной  $\Gamma.L$  на зеркале.

Таким образом крайнего луча  $A.B$ , касательная луч  $B.R$ , который упадет на точку  $B$   $\Gamma.L$ .

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

а площадь между  $\Gamma.L$  и  $\Gamma$  пересечения крайнего луча, не прошедшего между, со стеной будет не освещена.

Пусть  $\Gamma$  пересечения отраженного от крайнего луча

со стеной -  $\Gamma.E$ , тогда  $SE = 2AC = 2 \cdot \frac{5}{3}v = \frac{10}{3}v$

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

$$KO \perp LR = M, \Delta OKA \sim \Delta MFO \Rightarrow \frac{FM}{AK} = \frac{OF}{AO} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{26}{3}} = \frac{3}{4} \Rightarrow$$

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

6) Т.к.  $F_1$  - центр  $SO$ ;  $F_1M \parallel SL \parallel OR$ , то  $F_1M$  - средняя линия  $SORL$   
тогда  $F_1M = \frac{SL + OR}{2} \Rightarrow SL = 2F_1M - OR$

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

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

$$= \frac{\pi v^2}{9} (10-2)(10+2) = \frac{\pi v^2}{9} \cdot 8 \cdot 12 = \frac{32}{3} \pi v^2 = \frac{32}{3} \pi \cdot 3^2 = 96 \pi \text{ см}^2$$

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

$$S_2 = 96 \pi \text{ см}^2$$





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
<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!

