



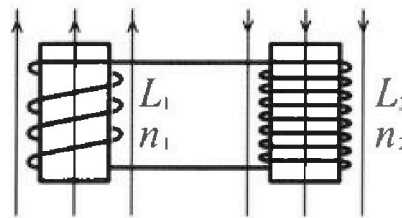
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



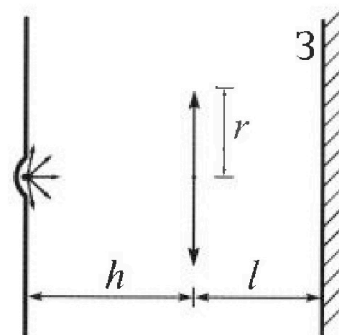
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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



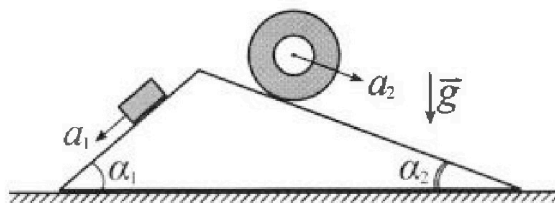
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

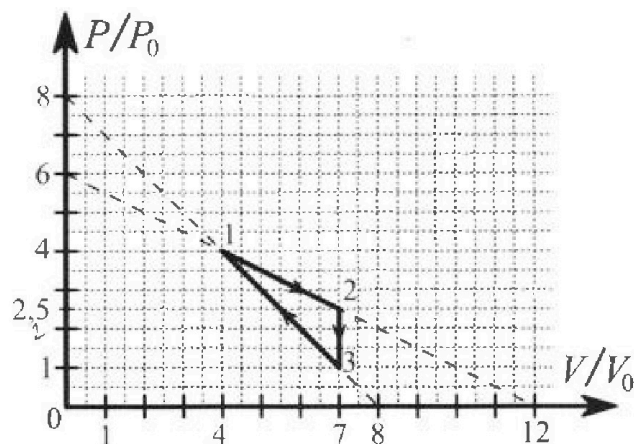


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

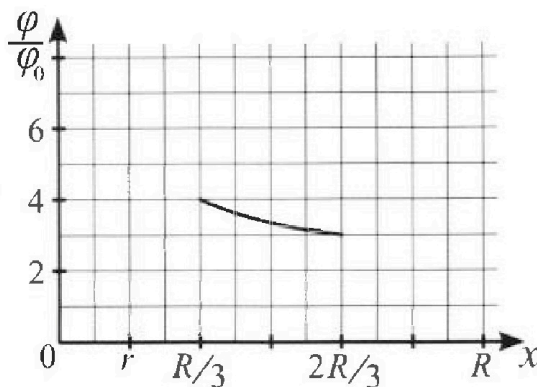
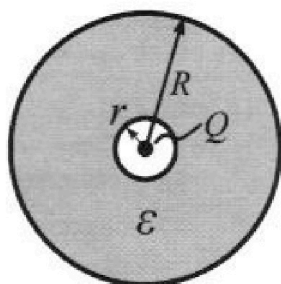
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





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!

$$F_3 = mg \left( -\frac{56}{25 \cdot 13} + \frac{12}{25} - \frac{48 \cdot 5}{13^2} + \frac{110}{13^2} \right) =$$

$$= mg \left( \frac{1}{25} \left( \frac{-56 + 12 \cdot 13}{13} \right) + \frac{-240 + 110}{13^2} \right) =$$

$$= mg \left( \frac{1}{25} \left( \frac{100}{13} \right) - \frac{130}{13} \right) = mg \cdot \left( \frac{4}{13} - 10 \right) = mg \left( -\frac{126}{13} \right)$$

$$\Rightarrow F_3 = mg \cdot \frac{126}{13}$$

$$\text{Order: } mg \cdot \frac{126}{13}$$





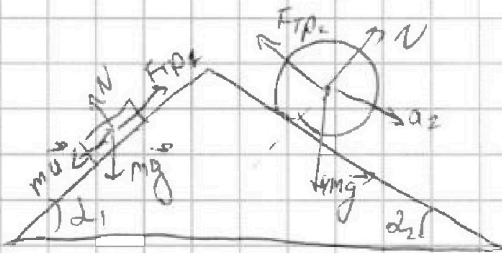
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

1)



$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр1}$$

$$m a_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_{тр1}$$

$$\Rightarrow F_{тр1} = mg \cdot \frac{3}{5} - m \cdot \left( g \cdot \frac{5}{13} \right) = mg \cdot \frac{14}{65}$$

Ответ:  $mg \cdot \frac{14}{65}$

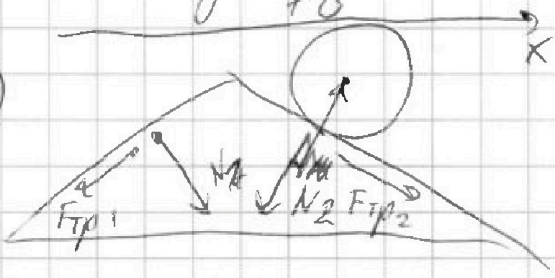
2) Аналогично для цилиндра:  $4m a_2 = 4mg \cdot \sin \alpha_2 - F_{тр2}$

$$\Rightarrow F_{тр2} = 4mg \cdot \frac{5}{13} - 4m \cdot \left( g \cdot \frac{5}{24} \right) = 20mg \left( \frac{1}{13} - \frac{1}{24} \right) =$$

$$= 20mg \left( \frac{11}{13 \cdot 24} \right) = mg \cdot \frac{55}{6 \cdot 13} = mg \cdot \frac{55}{78}$$

Ответ:  $mg \cdot \frac{55}{78}$

3)



По III закону Ньютона силы реакции опоры действуют на цилиндр со стороны блока и на блок со стороны цилиндра. Также не как

или реакции опоры действуют на блок.

Решение:  $N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1$   $N_2 = 4mg \cdot \cos \alpha_2$

На ось OX:  $-F_{тр1} \cdot \cos \alpha_1 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 - N_2 \cdot \sin \alpha_2 + F_{тр2} \cdot \cos \alpha_2 = F_3$

$$F_3 = -mg \cdot \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} + mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + 4mg \cdot \frac{12}{13} \cdot \frac{5}{13} + mg \cdot \frac{55 \cdot 12}{78 \cdot 13}$$





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 3

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

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot 1,5 P_0 V_0 + 6,5 \cdot 1,5 P_0 V_0 = 1,5 \cdot 8 P_0 V_0 = 12 P_0 V_0$$

$$Q_{34} = \Delta U + A = \frac{3}{2} \cdot (3P_0 - 5P_0 - 7P_0 \cdot V_0) - \frac{40 \cdot P_0 + 3P_0 \cdot 2V_0}{2} =$$
$$= \frac{3}{2} \cdot (15 - 7) P_0 V_0 - 4 P_0 V_0 = 12 P_0 V_0 - 4 P_0 V_0 = 8 P_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{1,5 \cdot 1,5 P_0 V_0}{Q_{12} + Q_{34}} = \frac{2,25 P_0 V_0}{(8+12) P_0 V_0} = \frac{2,25}{20} =$$
$$= \frac{9}{80}$$

Order:  $\frac{9}{80}$  в пункте (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  
1 из 3

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

3) КПД цикла  $\eta = \frac{Q_+}{Q_-}$ , где  $Q_+$  - это количество энергии, поступающей в цилиндр,  $Q_-$  - это количество энергии, уходящее из цилиндра. Если известна точка касания изобары, то есть

$$P \cdot V^\chi = \text{const} = C, \quad \chi - \text{показатель адиабаты}, \quad \chi = \frac{i+2}{i} = \frac{5}{3}$$

Для прямой 1-2: 
$$P_1 = \frac{C}{V_1^{5/3}} = P_0 \left(6 - \frac{V_1}{2V_0}\right)$$

$$P_2 = \frac{C}{V_2^{5/3}} = -\frac{P_0}{2V_0}$$

$$C = 6P_0 \cdot V_1^{5/3} - \frac{V_1^{8/3}}{2V_0} P_0$$

$$C = \frac{3P_0}{10V_0} \cdot V_2^{2/3}$$

$$C = C \Rightarrow 6P_0 \cdot V_1^{5/3} - \frac{V_1^{8/3}}{2V_0} P_0 = \frac{3P_0}{10V_0} V_2^{2/3}$$

$$6 - \frac{V_1}{2V_0} = \frac{3V_2}{10V_0}$$

$$\Rightarrow 6 = \frac{3V_2}{10V_0} \Rightarrow V_2 = \frac{60}{3} V_0 = 20 V_0, \text{ но от } 1 \text{ до } 2$$

нет точки  $V = 7,5 \Rightarrow$  весь трапециевидный 1-2 становится Q.

Для прямой 1-3: 
$$\begin{cases} P = 2P_0 - \frac{V \cdot P_0}{V_0} = \frac{C}{V^{5/3}} \\ P_3 = -\frac{P_0}{V_0} = \frac{C}{V_3^{5/3}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{V^{5/3}} = 2P_0 - \frac{V \cdot P_0}{V_0} = \frac{3P_0}{5V_0} V \Rightarrow 2P_0 = \frac{3P_0}{5V_0} V \Rightarrow V = 5V_0$$

$$\Rightarrow P = 2P_0 - \frac{5V_0 \cdot P_0}{V_0} = 3P_0. \text{ Найдем точку } 5V_0, 3P_0$$

- точкой 4. Процесс 3-4 и 1-2 увеличивает Q.

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{i}{2} (3P_0 \cdot 4V_0 - 2P_0 \cdot 5V_0) + \frac{3P_0 + 2P_0}{2} \cdot V_0$$

$$= \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2}\right) P_0 V_0 = 5 P_0 V_0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \cdot ((7 \cdot 2,5 P_0 V_0) - (4 P_0 \cdot 4 V_0)) + \left(\frac{7,5 P_0 + 4 P_0}{2}\right) \cdot 3 V_0$$





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  
1 ИЗ 3

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

$$1) \Delta U = \frac{i}{2} \cdot J R \Delta T \stackrel{J, R = \text{const}}{=} \frac{1}{2} \cdot \Delta(JRT) = \frac{i}{2} \cdot \Delta(PV) \quad \begin{matrix} i=3 \\ \text{т.к. одноат.} \end{matrix}$$

$$\text{т.к. } PV = JRT \Rightarrow |\Delta U_{23}| = \left| \frac{3}{2} \cdot (P_2 V_2 - P_3 V_3) \right| =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (2,5 P_0 \cdot 7 V_0 - 1 P_0 \cdot 7 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 7 P_0 V_0$$

Работу цикла можно рассчитать как площадь под графиком.

$$A = \frac{(P_2 - P_3) \cdot (V_2 - V_1)}{2} = \frac{1,5 P_0 \cdot 3 V_0}{2}$$

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{\frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 7 P_0 V_0}{\frac{3}{2} \cdot 1,5 P_0 V_0} = 7$$

Ответ: 7 (в 1) пункте)

$$2) PV = JRT \Rightarrow T = \frac{P \cdot V}{JR} \Rightarrow T_1 = \frac{4 P_0 \cdot 4 V_0}{JR} = \frac{16 P_0 V_0}{JR}$$

↑ температура точки 1

выразим P через V на прямой 1-2:

$$P = 6 P_0 - \frac{V}{2 V_0} \cdot P_0 = P_0 \left( 6 - \frac{V}{2 V_0} \right) \quad (1) \text{ уравнение}$$

Температура на прямой 1-2:  $T_2 = \frac{P_0 \left( 6 - \frac{V}{2 V_0} \right) \cdot V}{JR}$

получаем параболическую зависимость. максимум в

$$V = \frac{P_0 \cdot 6}{2 \cdot \frac{P_0}{2 V_0}} = 6 V_0 \quad \text{из уравнения (1): } P = 3 P_0$$

⇒ Температура в точке максимума:  $T_{\max} = \frac{3 P_0 \cdot 6 V_0}{JR}$

$$\Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18 P_0 V_0}{16 P_0 V_0} \cdot \frac{JR}{JR} = \frac{9}{8}$$

Ответ:  $\frac{9}{8}$  (в пункте 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 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!

1) Потенциал на расстоянии  $\varphi$  - потенциал  $E$  - напряженность

тогда  $-\frac{d\varphi}{dx} = E \Rightarrow \varphi = E \cdot x$

$E$  в точке вне шара (налого)  $= k \cdot \frac{Q}{x^2}$ , где

$x$  - расстояние до точки от шара  $\Rightarrow$

на расстоянии  $R$  потенциал будет:  $\varphi_R = \varphi_0 + \int_{\infty}^R \frac{kQ}{x^2} dx =$   
 $= \varphi_0 + \frac{kQ}{x} \Big|_{\infty}^R = \frac{kQ}{R}$  ( $\varphi_0 = 0$  т.к. на бесконечности)

Поэтому напряженность внутри шара с радиусом  $R$

$E$ :  $\frac{kQ}{\epsilon x^2} \Rightarrow$  на расстоянии  $\frac{R}{\epsilon}$   $\varphi = \varphi_R - \int_R^{\frac{R}{\epsilon}} \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx$   
 $= \varphi_R + \frac{kQ}{x} \Big|_{\frac{R}{\epsilon}}^R = \varphi_R + \frac{kQ \cdot \epsilon}{R} - \frac{kQ}{R} = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ \cdot 3}{\epsilon R}$

Ответ:  $\frac{kQ \cdot 3}{\epsilon R} + \frac{kQ}{R}$

2) Аналогично: в точке  $\frac{R}{3}$  потенциал  $\varphi_{\frac{R}{3}} = \frac{kQ}{\epsilon R} \cdot 2 + \frac{kQ}{R}$

в точке  $\frac{2R}{3}$ :  $\varphi_{\frac{2R}{3}} = \frac{kQ}{\epsilon 2R} + \frac{kQ}{R} = \frac{kQ}{R} \left( \frac{1}{2\epsilon} + 1 \right)$

$\frac{\varphi_{\frac{R}{3}}}{\varphi_{\frac{2R}{3}}} = \frac{2}{3} = \frac{\frac{kQ}{R} \left( \frac{2}{\epsilon} + 1 \right)}{\frac{kQ}{R} \left( \frac{1}{2\epsilon} + 1 \right)} = \frac{2(2 + \epsilon)}{1 + 2\epsilon} = \frac{4 + 2\epsilon}{1 + 2\epsilon} = \frac{4}{3}$

$(4 + 2\epsilon) \cdot 3 = 4(1 + 2\epsilon) \Rightarrow 2\epsilon + 4 = 4 \Rightarrow \epsilon = 4$

Ответ:  $\epsilon = 4$



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!

$$1) \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = |\mathcal{E}| \quad d\Phi = d(B \cdot S \cdot n) \text{ где } B \text{ магнитное}$$

$$\Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot S \cdot n = \alpha \cdot S \cdot n = \mathcal{E}$$

Заменим <sup>проблемно</sup> ~~закон~~ ~~Курсора~~  $\mathcal{E} = U_1 + U_2$  где

$U_1$  и  $U_2$  - напряжения на катушках 1 и 2 соотв.

$$U_1 = \frac{dI}{dt} \cdot L_1, \quad U_2 = \frac{dI}{dt} \cdot L_2 = \frac{dI}{dt} \cdot 4L$$

$$\Rightarrow \alpha S n = 5L \cdot \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\alpha S n}{5L}$$

Ответ:  $\frac{\alpha \cdot S \cdot n}{5L}$  (пункт 11)

$$2) \frac{dI}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} \cdot 5L \text{ где нашли } \mathcal{E} \text{ и } L$$

$5L \cdot dI = d\Phi = d(B \cdot S \cdot n)$  от времени не зависит  $\Rightarrow$   
можно рассматривать события последовательно  
(изги 1 и катушки)

$$5L \cdot dI = dB \cdot S \cdot n \Rightarrow 5L \cdot \Delta I_1 = (B_0 - \frac{B_0}{2}) \cdot S \cdot n$$

$$\Rightarrow \Delta I_1 = \frac{B_0 \cdot S \cdot n}{2 \cdot 5L}$$

Измен. 2-й катушки:

$$5L \cdot dI_2 = dB \cdot S \cdot 2n$$

$$\Rightarrow \Delta I_2 = \frac{(2B_0 - \frac{2B_0}{3}) \cdot S \cdot 2n}{5L} = \frac{4B_0 \cdot S \cdot 2n}{15L} = \frac{8B_0 \cdot S \cdot n}{15L}$$

$$\Delta I \text{ макс} = |\Delta I_1| + |\Delta I_2| = \frac{B_0 \cdot S \cdot n}{10L} + \frac{8B_0 \cdot S \cdot n}{15L}$$

$$\Rightarrow \text{Ответ: } \frac{19}{30} \frac{B_0 \cdot S \cdot n}{L}$$



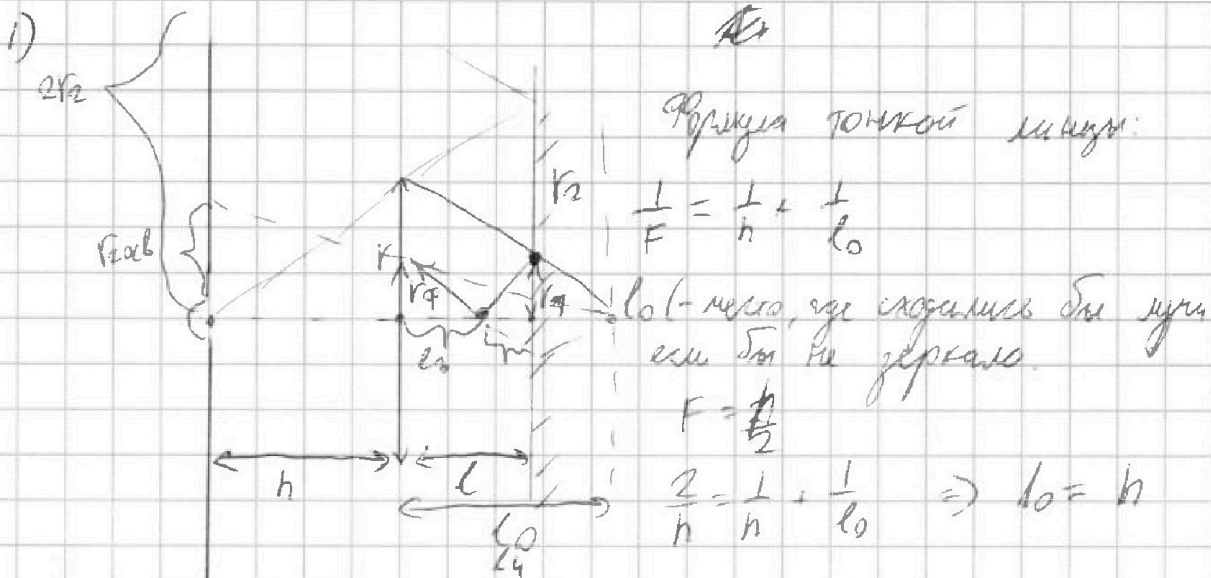


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Если бы линза перекрывала лучи, то

радиусы полостей перекрывали бы  $r_2$ :  $\frac{r_2}{2+h} = \frac{r}{h}$

$$\Rightarrow r_2 = r \cdot \frac{h + \frac{2}{3}h}{h} = r \cdot \frac{5}{3}$$

т.к. лучи сходятся в  $l$  то все на зеркале образуется  
 огибающая полость радиусом  $r_1$ :  $\frac{r_1}{l-l} = \frac{r}{l_0}$

$$\Rightarrow r_1 = r \cdot \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow \text{площадь несвещенной полости } S_1 = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 =$$

$$= \pi \cdot r^2 \left( \left(\frac{5}{3}\right)^2 - \left(\frac{1}{3}\right)^2 \right) = \pi r^2 \cdot \frac{24}{9} = 24\pi \text{ см}^2$$

Ответ:  $24\pi \text{ см}^2$  (10 пункт.)

2) Лучи отражаются от зеркала и попадают  
 на стену. Не прошедшие через линзу лучи  
 образуют на стене окружность радиуса  $2r_2$ .





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!

отрабившиеся от зеркала лучи, прошедшие через линзу  
преломляются фокусируются в точке  $l_3$  от зеркала

$$l_3 = l - (l_0 - l) = 2l - l_0 = \frac{2}{3}h \cdot 2 - h = \frac{1}{3}h$$

лучи выходящие из точки  $l_3$  будут падать не во  
всю линзу, а только в её часть радиуса  $r_0$

$$\frac{r_0}{l_3} = \frac{r}{l_0} \quad (\text{из подобия}) \Rightarrow r_0 = \frac{r}{3}$$

Формула тонкой линзы для тонких лучей:  $\frac{1}{l} = \frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_4}$

$$\Rightarrow \frac{1}{h} = \frac{3}{h} + \frac{1}{l_4} \Rightarrow l_4 = \frac{3h}{2}$$

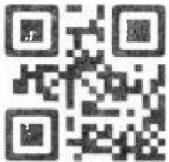
$\Rightarrow$  образуется мнимое изображение, но это не  
значит, что лучи не проходят линзу. Они проходят  
её так, будто выходят из точки на  $l_4$  от линзы и не  
преломляются  $\Rightarrow$  радиусе освещённой области  $r_{ос2}$

$$\frac{r_{ос2}}{r+l_4} = \frac{r_0}{l_4} \Rightarrow r_{ос2} = \frac{2r}{3}$$

$$S_{неосвещ} = \pi (2r_0)^2 - \pi \cdot r_{ос2}^2 = \pi \left( \frac{4 \cdot 5^2}{3^2} - \left( \frac{2 \cdot 5}{3} \right)^2 \right) =$$

$$= \pi \cdot \frac{r^2}{9} \cdot 96 = 96\pi \text{ см}^2$$

Ответ:  $96\pi \text{ см}^2$  в пункте 2.

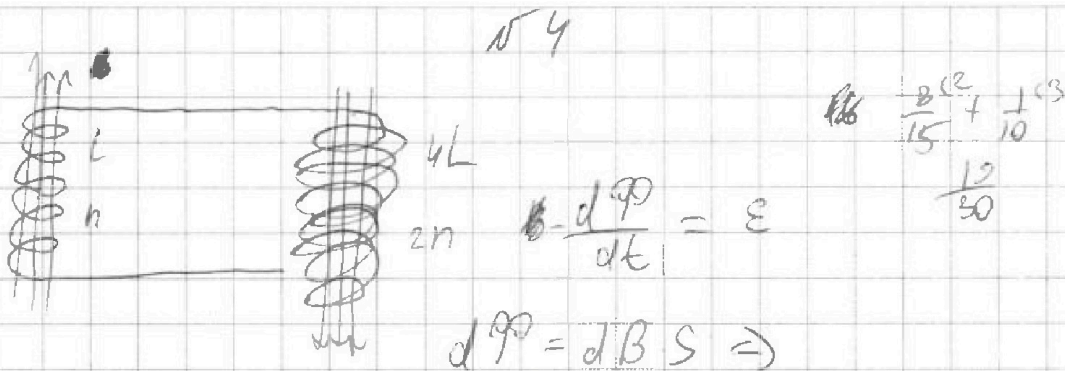


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$d\Phi = dB S \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} S \cdot n \Rightarrow \mathcal{E} = a S n$$

~~$$\frac{dI}{dt} = 4L$$~~

$$\frac{2n}{L} \mu_0 \cdot I = B \Rightarrow$$

$$L = \frac{U}{\frac{dI}{dt}}$$

$$\frac{2n}{L} \mu_0 \cdot I = B$$

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} S \cdot n = \cancel{a S n} \quad a S n = -2L \frac{dI}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \cancel{a S n} = 4L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{a S n}{5L}$$

$$2) \frac{dB}{dt} \cdot S n$$

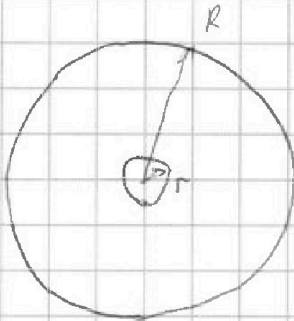


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



№3 Чернышев

$\varphi$  на поверхности шара  $r$ .  $k \frac{Q}{r}$

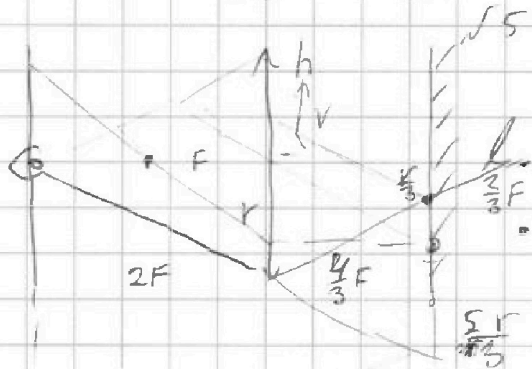
Е вне шара:  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R^2}$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R^2} \Rightarrow \Delta\varphi = \int_r^R \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2} dx =$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right]$$

$$\Rightarrow \varphi = k \frac{Q}{r} - \Delta\varphi = k \frac{Q}{r} - \left[ \frac{kQ}{rR} + \frac{kQ \cdot 4}{\epsilon R} \right]$$

2)  $k \frac{Q \cdot 6}{R} - \left[ \frac{kQ \cdot 6}{R \cdot \epsilon} + \frac{kQ \cdot 3}{\epsilon R} \right]$



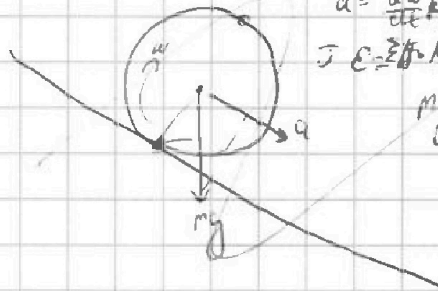
1)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{h}$

$$\Delta S = \left( \frac{5k}{3} \right)^2 \pi c - \left( \frac{1}{3} \right)^2 \pi c = 24\pi \text{ cm}^2$$

2) строится

$v = \omega R$   
 $a = \frac{d\omega}{dt} R = \epsilon R$

$J \epsilon = \sum \tau \cdot M = m R^2 \epsilon = mg$   
 $mg \cdot \frac{\sin \alpha}{R} = R \epsilon$



$\frac{10}{3} v$



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!

*Черновик*

$$1) \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot J R \Delta T = \frac{1}{2} \cdot \Delta(PV) = \frac{1}{2} \cdot (2,5 P_0 \cdot 7 V_0 - P_0 \cdot 7 V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 7 \cdot P_0 \cdot V_0$$

$$A = S = \frac{1,5 P_0 \cdot 3 V_0}{2} = \frac{4,5}{2} P_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U}{A} = \frac{7 \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,5}{\frac{3}{2} \cdot 1,5} \rightarrow$$

$$2) PV = JRT \Rightarrow T = \frac{PV}{JR} = T_1 = \frac{4 P_0 \cdot 4 V_0}{JR}$$

$$P = 6 P_0 - \frac{V \cdot P_0}{2 V_0}$$

$$T_2 = \frac{P_0 (6 - \frac{V}{2 V_0}) \cdot V}{JR} = \frac{6 P_0 V - \frac{V^2 \cdot P_0}{2 V_0}}{JR}$$

$$\text{max. } \frac{d}{dV} = \frac{-\frac{1}{2} P_0}{JR} = \frac{-\frac{1}{2} P_0}{JR} = \frac{1}{6 P_0} \Rightarrow \frac{6 P_0 \cdot 2 V_0}{2 P_0} = 6 V_0$$

$$\Rightarrow P = 3 P_0 \Rightarrow T_{2, \text{max}} = \frac{3 P_0 \cdot 6 V_0}{JR} = \frac{T_1}{16} = \frac{1}{8}$$

$$3) PV^{\frac{5}{3}} = C = PV^{\frac{5}{3}} = C$$

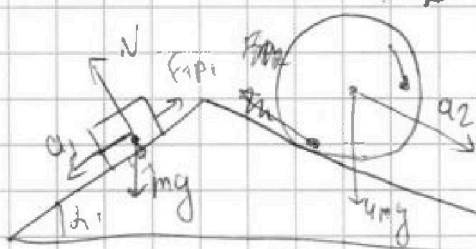
$$P = \frac{C}{V^{\frac{5}{3}}}$$

$$P' = \frac{C \cdot (-\frac{5}{3})}{V^{\frac{8}{3}}} = -\frac{5}{3} \cdot \frac{C}{V^{\frac{8}{3}}} = -\frac{5}{3} \cdot \frac{P_0}{2 V_0}$$

~~P =~~

~~N B~~

$$\frac{v_{\text{max}}}{c^2} \cdot R =$$



$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$m a_1 = mg \cdot \sin \alpha - F_{tr}$$

$$\Rightarrow F_{tr} = m \cdot \frac{5}{13} g - mg \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= mg \left( \frac{32}{13 \cdot 65} - \frac{25}{65} \right) = \left( \frac{14}{65} \right) mg$$

Скорость

$$4 mg \cdot \frac{20}{13} \sin \alpha - F_{tr} = 4 m a_2 = \frac{20}{13} mg$$