



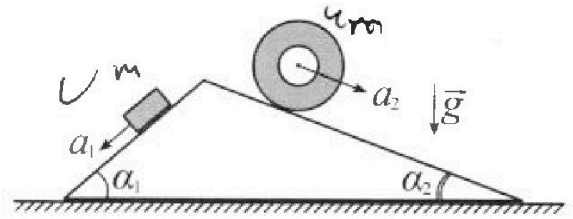
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

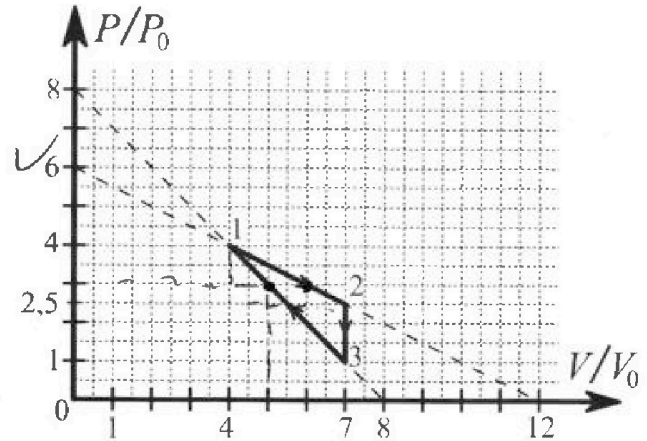
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) 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.



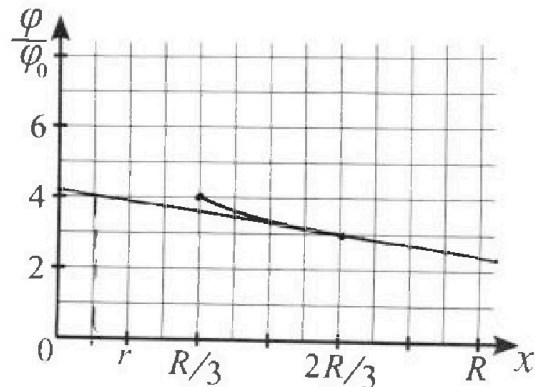
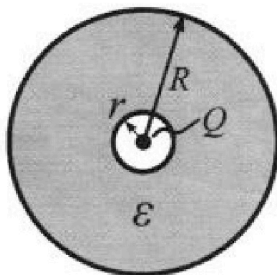
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.

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.

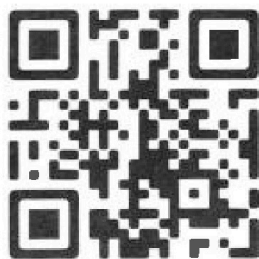
- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



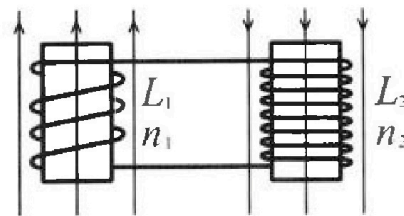
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

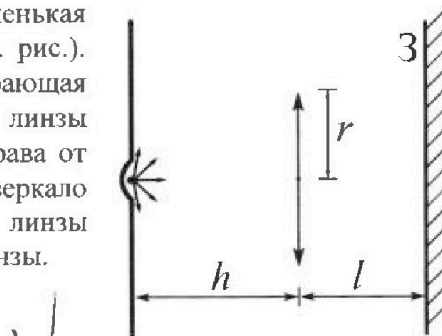


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. 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 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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

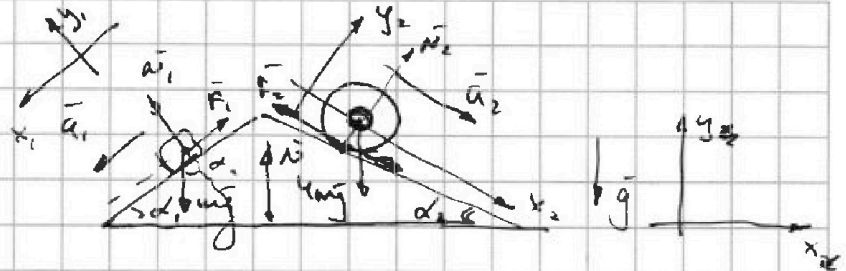


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) Запишем 2-й 3-й законы Ньютона для бруска:

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

$$Ox_1: ma_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_1,$$

$$Oy_1: N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0$$

$$m \cdot \frac{5g}{13} = mg \cdot \frac{3}{5} - F_1,$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1,$$

$$F_1 = mg \cdot \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \left( \frac{39}{65} - \frac{25}{65} \right) mg = \frac{14}{65} mg$$

2) ~~Объём~~ ~~Условие~~

Запишем 2-й 3-й законы Ньютона для шарика, используя теорию обобщённых координат центра масс:

$$\vec{N}_2 + 4m\vec{g} + \vec{F}_2 = 4m\vec{a}_2,$$

$$Ox_2: 4ma_2 = 4mg \cdot \sin \alpha_2 + F_{2x}$$

$$Oy_2: N_2 - mg \cos \alpha_2 = 0$$

$$N_2 = mg \cos \alpha_2,$$

$$F_{2x} = 4ma_2 - 4mg \sin \alpha_2 = 4mg \left( 4 \cdot \frac{5g}{24} - 4 \cdot \frac{5}{13} \right) =$$

$$= mg \cdot \left( \frac{5}{6} - \frac{20}{13} \right) = -mg \cdot \left( \frac{10}{78} - \frac{65}{78} \right) = -\frac{55}{78} mg$$

Таким образом  $F_2 = \frac{55}{78} mg$  — направлено против оси  $Ox_2$

3) Если 3-ий 3-ий законы Ньютона на линии действия сил все равно, с которыми он действует на другие тела, только обратными направлениями.



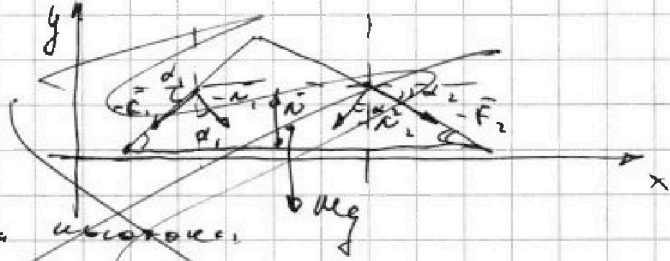
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

~~Условие задачи:~~  
~~Даны~~



~~Даны  $F_1$  и  $F_2$  и  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  и  $Mg$  и  $N_1$  и  $N_2$  и  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  и  $Mg$~~

~~$\vec{F}_3 + \vec{N} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2 - \vec{N}_1 + Mg = 0$  (по координатам)~~

~~Ох:  $N_1 \cdot \sin \alpha_1 - F_1 \cdot \cos \alpha_1 - N_2 \cdot \sin \alpha_2 + F_2 \cdot \cos \alpha_2 + F_{3x} = 0$~~

~~Решение:~~

~~$mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} = mg \cdot \frac{14}{55} - \frac{4}{5}$~~

Заметим, что действительным внешним силам, действующим на систему по горизонтали - это  $F_3$ .

Тогда запишем второй закон Ньютона для всей системы:

$$M\vec{g} + m\vec{g} + 4m\vec{g} + \vec{F}_3 = m\vec{a}_1 + 4m\vec{a}_2$$

$$\text{Ох: } F_{3x} = -m a_1 \cos \alpha_1 + 4m a_2 \cos \alpha_2$$

$$F_{3x} = -m \cdot \frac{8g}{13} \cdot \frac{4}{5} + 4m \cdot \frac{5g}{2 \cdot 13} \cdot \frac{12}{13} = -\frac{4mg}{13} + \frac{10mg}{13} =$$

$$\text{То есть } F_3 = \frac{6mg}{13} \text{ и направлена вправо.} = \frac{6mg}{13}$$

Ответ: 1)  $F_1 = \frac{14}{65} mg$

2)  $F_2 = \frac{55}{78} mg$

3)  $F_3 = \frac{6}{13} mg$



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  
1 из 5

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) Процесс 2-3 - изохорный

Изменение внутр энергии в процессе 2-3:

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R \Delta T, \text{ но из ур-ий Менделеева-Клапейрона}$$

$$p \Delta V = J R \Delta T. \text{ Тогда}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} p \Delta V = (p_0 - 2,5 p_0) \cdot \frac{3}{2} \cdot 7 V_0 = -15,75 p_0 V_0$$

Работа газа за счет расширения как площадь под кривой (стрелка) ↓

$$A = (2,5 p_0 - p_0) \cdot (7 V_0 - 4 V_0) \cdot \frac{1}{2} = 1,5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2} p_0 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

Искомая величина:

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{\frac{63}{4} p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = \frac{63}{9} = 7$$

2) Заметим, что в процессе 1-2 давление выражено как:

$$p_{12} = 6 p_0 - \frac{6 p_0}{2 V_0} V_{12} = 6 p_0 - p_0 \cdot \frac{V_{12}}{V_0} \cdot \frac{1}{2} \quad (\text{линейная зависимость})$$

Можно проинтегрировать:

$$dp_{12} = -\frac{1}{2} \frac{dV_{12}}{V_0} p_0 \quad (\Rightarrow)$$

~~или 1-ю из формул термодинамики:~~

~~$$Q = \Delta U + A$$~~

~~$$dQ = dU + \delta A$$~~

~~$$dQ = \frac{3}{2} J R dT + p dV$$~~

~~$$dQ = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp + p dV$$~~



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 5

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!

$$dU_{12} = \frac{3}{2} \rho R T_{12}$$

$$dU_{12} = \frac{3}{2} \rho R dT_{12} = \frac{3}{2} d(\rho R T_{12}) = \frac{3}{2} d(pU)_{12} = \frac{3}{2} p_{12} dU_{12} + \frac{3}{2} U_{12} dp_{12}$$

Высшая энергия линейно зависит от температуры  $\rightarrow$   
при максимальной энергии будет макс. температура

$$dU_{12} = 0 :$$

$$\frac{3}{2} p_{12} dU_{12} + \frac{3}{2} U_{12} dp_{12} = 0$$

$$\frac{3}{2} (6p_0 - \frac{1}{2} p_0 \cdot \frac{dU_{12}}{U_0})_{U_{12}} + \frac{3}{2} U_{12} \cdot (-\frac{1}{2} \frac{dU_{12}}{U_0} \cdot p_0) = 0$$

$$6p_0 \cdot dU_{12} - \frac{1}{2} p_0 \cdot \frac{U_{12}}{U_0} \cdot dU_{12} = \frac{1}{2} p_0 \cdot U_{12} \cdot \frac{dU_{12}}{U_0} = 0$$

$$\frac{U_{12}}{U_0} = 6 \quad (U_{12}, p_{12} - \text{параметры, соответствующие макс. температуре})$$

$$U_{12} = 6U_0$$

$$p_{12} = 6p_0 - \frac{1}{2} p_0 \cdot \frac{6U_0}{U_0} = 3p_0$$

$$U_{12 \text{ max}} = 6U_0 \cdot 3p_0 = 18p_0 U_0$$

$$U_1 = 4p_0 \cdot 4U_0 = 16p_0 U_0$$

$$18p_0 U_0 = \frac{3}{2} \rho R T_{12 \text{ max}}$$

$$16p_0 U_0 = \frac{3}{2} \rho R T_1$$

$$\frac{T_{12 \text{ max}}}{T_1} = \frac{18}{16} \rightarrow 1.125$$

$$\frac{T_{12 \text{ max}}}{T_1} = \frac{9}{8} \quad \text{Значит, это } T_1 \text{ меньше } T_{12 \text{ max}} \rightarrow \text{исходящим тоном соответствует максимуму}$$



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 5

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) Рассмотрим процесс 1-2. Пусть температура, ~~давление~~ в котором, меняется ~~здесь~~ ~~температура~~ соответствующим образом ~~по~~  $p_A$  и  $p_B$   $U_A$ .

Тогда из 1-го начала термодинамики:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$dQ_{12} = dU_{12} + \delta A_{12}$$

В точке, перемены знака  $\delta Q_{12} = 0$ :

$$dU_{12} + \delta A_{12} = 0$$

$$\frac{5}{2} p_A \cdot dU_A + \frac{3}{2} U_A \cdot dp_A + p_A \cdot dU_A = 0$$

$$\frac{5}{2} p_A \cdot dU_A + \frac{3}{2} U_A \cdot dp_A = 0 \quad \text{используем выражения (1) и (2):}$$

$$\frac{5}{2} \cdot \left( 6p_0 - \frac{1}{2} \frac{U_A}{U_0} \cdot p_0 \right) \cdot dU_A + \frac{3}{2} U_A \cdot \left( -\frac{1}{2} \frac{dU_A}{U_0} \cdot p_0 \right) = 0 \quad | \cdot 2$$

$$30 - \frac{5}{2} \frac{U_A}{U_0} + \frac{3}{2} \frac{U_A}{U_0} = 0$$

$$30 = 4 \frac{U_A}{U_0} \rightarrow U_A = \frac{30}{4} U_0 = 7,5 U_0$$

Заметим, что  $U_A$  не принадлежит графику процесса 1-2  $\Rightarrow$  здесь  $\delta Q$  не меняется  $\neq$ .

~~$$dQ_{12} = \frac{5}{2} \cdot 4p_0 \cdot dU_A + \frac{3}{2} \cdot 4U_A \cdot \left( -\frac{1}{2} p_0 \cdot \frac{dU_A}{U_0} \right) = 10 p_0 \cdot dU_A$$~~

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \cdot (2,5 p_0 \cdot 7U_0 - 4p_0 \cdot 4U_0) + \frac{(2,5p_0 + 4p_0) 3U_0}{2}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 U_0 + \frac{13}{4} \cdot 3 p_0 U_0 = \left( \frac{9}{4} + \frac{39}{4} \right) p_0 U_0 = 12 p_0 U_0$$

$Q_{12} > 0 \Rightarrow$  в процессе 1-2 тепло передается.



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 5

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!

В процессе ~~3-1~~  $p_{31}$  можно выразить следующим образом:

$$p_{31} = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{v_{31}}{v_0} \quad (\text{линейная зависимость})$$

$$dp_{31} = -p_0 \cdot \frac{dv_{31}}{v_0}$$

Аналогично, запишем первую часть приложенных

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$$

$$dQ_{31} = dU_{31} + \delta A_{31}$$

В точке, где знаем  $dQ_{31}$ , имеем  $dQ_{31} = 0$ :

$$dU_{31} + \delta A_{31} = 0$$

$$\frac{3}{2} (dp_{31} \cdot v_{31} + dv_{31} \cdot p_{31}) + p_{31} \cdot dv_{31} = 0$$

$$\frac{5}{2} p_{31} \cdot dv_{31} + \frac{3}{2} v_{31} \cdot dp_{31} = 0 \quad (*)$$

$$5 \left( 2p_0 - p_0 \frac{v_{31}}{v_0} \right) \cdot dv_{31} + \frac{3}{2} \cdot v_{31} \cdot \left( -p_0 \cdot \frac{dv_{31}}{v_0} \right) = 0$$

$$40 - 5 \frac{v_{31}}{v_0} - 3 \frac{v_{31}}{v_0} = 0$$

$$6 \frac{v_{31}}{v_0} = 40 \rightarrow v_{31} = 5v_0 \quad (\text{Здесь } v_{31} \text{ и } p_{31} - \text{параметры искомод точки})$$

$$p_{31} = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{5v_0}{v_0} = 3p_0$$

Назовем эту точку B.

$$\text{Тогда } Q_{B1} = \Delta U_{B1} + A_{B1} = \frac{3}{2} \cdot (4p_0 \cdot 5v_0 - 5p_0 \cdot 3p_0) = 3p_0 + \frac{4p_0 \cdot 5v_0}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} p_0 v_0 - \frac{7}{2} p_0 v_0 = -2p_0 v_0 \quad Q_{B1} < 0 \Rightarrow \text{на этом участке газ совершил работу}$$

$$Q_{3B} = \Delta U_{3B} + A_{3B} = \frac{3}{2} (5p_0 \cdot 3p_0 - p_0 \cdot 7v_0) = 3p_0 + \frac{4p_0 \cdot 2v_0}{2} =$$

$$= 12p_0 v_0 - 4p_0 v_0 = 8p_0 v_0$$

$$Q_{3B} > 0 \Rightarrow \text{на этом участке газ получил работу}$$





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  
5 из 5

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!

каждый к.п.п.:

$$I = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{A}{(2,5p_0 - p_0) \cdot 30} = \frac{9}{4p_0 \cdot 20p_0} = \frac{9}{80}$$

ответ: 1. 7  
2.  $\frac{9}{8}$   
3.  $\frac{9}{80}$



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) Найти потенциал на расстоянии  $r$  от заряда (на границе сферы с радиусом  $R$ ):

$$\varphi(r) = \frac{kQ}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

Если выданы геометрические размеры можно найти по формуле

$$E(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot \frac{Q}{x^2}, \text{ где } x - \text{расстояние от центра сферы до точки, в которой находится } E.$$

Выданы геометрические размеры:

$$d\varphi = -E(x) \cdot dx$$

$$d\varphi = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot \frac{Q}{x^2} \cdot dx$$

Тогда разность потенциалов (взятая на радиусе  $x_0$  от центра сферы) и на радиусе  $r$  от центра:

$$\Delta\varphi(x_0) = \int_r^{x_0} -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot \frac{Q}{x^2} \cdot dx = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot Q \int_r^{x_0} \frac{dx}{x^2} =$$

$$= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot Q \cdot \left( \frac{1}{x} \right) \Big|_r^{x_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot Q \cdot \left( \frac{1}{x_0} - \frac{1}{r} \right)$$

$$\text{Тогда } \varphi(x_0) = \varphi(r) + \Delta\varphi(x_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot Q \cdot \left( \frac{1}{x_0} - \frac{1}{r} \right)$$

$$\varphi(x_0) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{1}{x_0 \cdot \epsilon} \right) (*)$$

Тогда при  $x = \frac{R}{\epsilon}$ :

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



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  
2 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!

2) По графику найдём потенциал в точке  $\frac{R}{3}$  и  $\frac{2R}{3}$ :

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 4\varphi_0$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = 3\varphi_0$$

Воспользуемся выражением (6):

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

$$3\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left( \frac{1}{r} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) + \frac{3}{2R\epsilon} \right) \quad \text{||} \times 2$$

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

$$-2\varphi_0 = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \quad (1)$$

Проведём касательную к точке графика при  $2R/3$ :

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{-\varphi_0}{2R/3 - \frac{R}{3}} = -\frac{\varphi_0 \cdot 2}{R} \quad \text{— коэффициент этой касательной}$$

С другой стороны заметим, что  $\frac{d\varphi}{dx}\left(\frac{2R}{3}\right) = -E\left(\frac{2R}{3}\right)$

$$E\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{12\varphi_0}{7R} \quad (2)$$

Заметим, что по графику  $r = \frac{R}{6}$

Из (1):  $2\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \quad (1')$

Из (2), используя формулу (5):

$$\frac{12\varphi_0}{7R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \cdot \epsilon} \cdot \frac{Q}{4R^2} \cdot 9 \quad (2')$$



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  
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!

$$u_3(1) \text{ и } (2) :$$

$$\frac{6}{400} \cdot \frac{6}{400} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) \cdot \frac{1}{7} = \frac{1}{400 \cdot \varepsilon} \cdot \frac{9}{400}$$

$$\frac{6 \cdot 6}{400 \cdot 7} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) = \frac{9}{4\varepsilon}$$

$$\frac{36}{7} = \left(\frac{36}{7} + \frac{9}{4}\right) \cdot \frac{1}{\varepsilon}$$

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{\frac{36}{7}}{\frac{36}{7} + \frac{9}{4}} = \frac{36}{36 + \frac{63}{4}} = \frac{36 \cdot 4}{144 + 63} = \frac{144}{207}$$

$$\varepsilon = \frac{207}{144} \approx 1,44$$

Ответ: 1)  $\frac{9}{400 \cdot \varepsilon} \cdot \left(\frac{1}{7} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) + \frac{4}{\varepsilon}\right)$

2)  $\varepsilon \approx \frac{207}{144} \approx 1,44$



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!

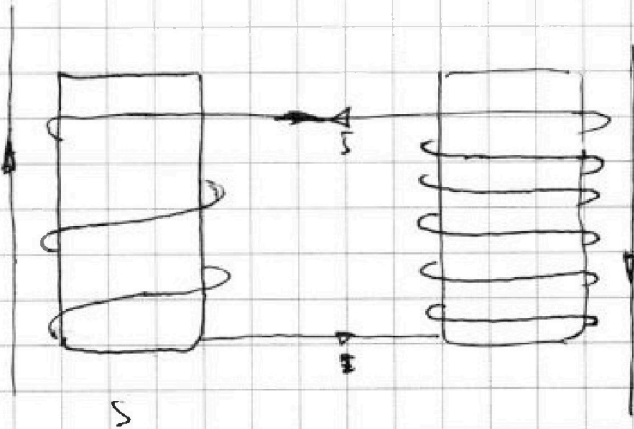
~~Итого  $I$  ток, текущий в обмотке~~

~~В обмотке~~

~~$\mathcal{E} = L \cdot dI$~~

~~$\mathcal{E} = N \cdot \Phi = L \cdot dI$~~

2А,С



1) Сумма всех ЭДС должна быть равна 0, поскольку замкнутая цепь соединяется с источником тока в катушках индуктивности

$$-\frac{d\Phi}{dt} + L \cdot \frac{dI}{dt} + 4L \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$

$$-\frac{dB \cdot S \cdot n}{dt} + 5L \cdot \frac{dI}{dt} = 0$$

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

5



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) ~~Задача 5, по Сизод~~  
 1) Исходя из соотношения изображения источника света из формулы тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}$$

$$\frac{2}{h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{s} \rightarrow s = h$$

Тогда все лучи, параллельные

в линзе будут пересекаться

в одной точке находясь в  $S'$

$\triangle SDE$  подобен  $\triangle SAB$  так как все отрезки  $SD$ ,  $SE$  параллельны  $SA$ ,  $SB$  соответственно.

$$\frac{DE}{AB} = \frac{SE}{SB} \rightarrow \frac{h}{AB} = \frac{h}{Sh} \rightarrow AB = \frac{Sh}{3}$$

Аналогично,  $\triangle S'DE$  подобен  $\triangle S'CB$

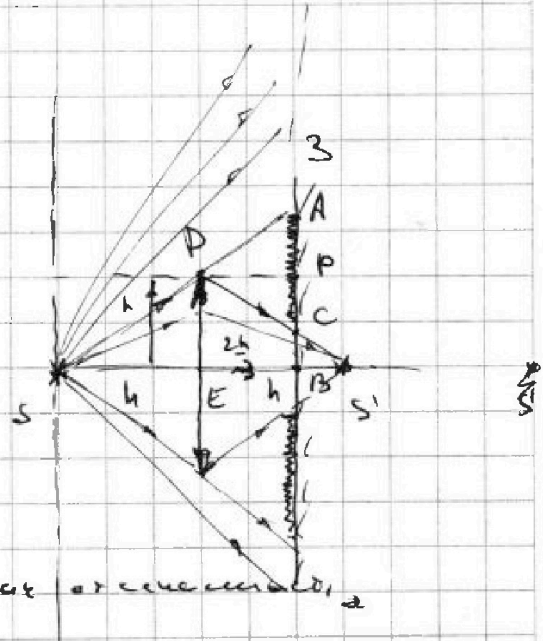
$$\frac{DE}{BC} = \frac{ES'}{S'B} \rightarrow \frac{h}{BC} = \frac{h}{\frac{h}{3}} \rightarrow BC = \frac{h}{3}$$

Тогда наибольшая часть зеркала представляется из себя малый круг (см. рис.)

Площадь наибольшей части:

$$S_3 = \pi \cdot \left(\frac{Sh}{3}\right)^2 - \pi \cdot \left(\frac{h}{3}\right)^2 = \pi \cdot \frac{24h^2}{9} = \frac{8\pi}{3} h^2$$

$$S_3 = \frac{8\pi}{3} \cdot 3^2 \text{ см}^2 = 24\pi \text{ см}^2$$



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

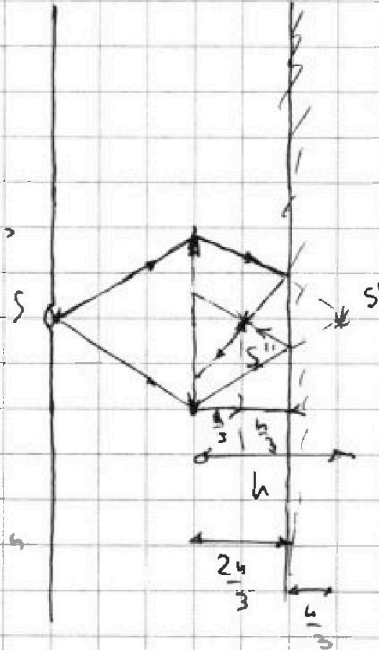
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

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!

2) Зеркало отражает  
минимум изображения  $S'$

Введем изображение  $S''$

Таким образом, все лучи,  
параллельные  $KL$ , при  
проходе и отражении от  
зеркала будут пересекаться  
в точке  $S''$



Тогда изображение точки  
 $S''$  будет на расстоянии  $S_2$  от линзы

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{h}{3}} + \frac{1}{S_2}$$

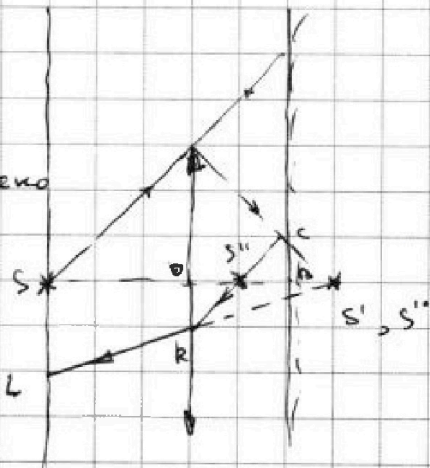
$$\frac{3}{h} = \frac{3}{h} + \frac{1}{S_2}$$

Отсюда  $S_2 = \infty$ . Определяем, значит  
образом о том, что изображение  
будет минимальным, то есть находится  
середина от линзы, и совпадает с  $S'$

На рисунке изображен  
схематично ход крайнего  
луча. Тогда все лучи  
точки  $S - L$  будут сфокусированы

Рассмотрим  $\triangle S''BC$  и  $\triangle S''OR$   
Они равны по двум углам  
и стороне равных сторон  
между ними.

$$\text{Тогда } OR = BC = \frac{h}{3}$$



Рассм.  $\triangle S''OR$  и  $\triangle S''OR$  и  $\triangle S''SL$  — они подобны.

$$\frac{S''O}{S''S} = \frac{OR}{SL} \rightarrow \frac{h}{2h} = \frac{h/3}{SL} \rightarrow SL = \frac{2h}{3}$$



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  
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!

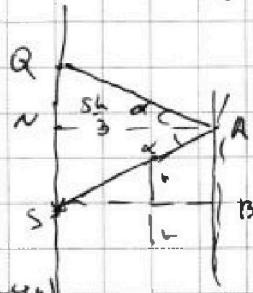
Остатками заготовки склеиваются дуги, образуя поверхность, которую отразим на рисунке и непрозрачными линиями наизу.

AB — хорда круга:  $AB = \frac{5r}{3}$

$$QN = SN = \frac{5h}{3} \cdot \tan \alpha$$

$$SN = AB = \frac{5r}{3} \quad (\triangle ABS \text{ — прямоугольный})$$

$$QN = SN = \frac{5r}{3} \rightarrow SQ = \frac{10r}{3}$$



Такие же величины имеют дуги, образуя поверхность.

$$S_{\text{ср}} = \omega \cdot \left(\frac{10r}{3}\right)^2 - \omega \cdot \left(\frac{2r}{3}\right)^2 =$$

$$= 96 \frac{\omega r^2}{9}$$

$$S_{\text{ср}} = 96 \frac{\omega}{9} \cdot 9 \text{ см}^2 = 96 \omega \text{ см}^2$$



ответ: 1)  $24 \omega \text{ см}^2$

2)  $96 \omega \text{ см}^2$ .





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!

Черновик

$$\frac{2}{4} \cdot 7 = \frac{63}{4} = 15,75$$

~~20~~  
~~13~~

~~13~~  
~~15~~

$$m_a = m_g + F_k$$

$$\begin{array}{r} 207 \phantom{00} | 144 \\ - 144 \phantom{00} \\ \hline 630 \\ - 576 \\ \hline 540 \\ - 432 \\ \hline 1080 \\ \hline 1008 \\ \hline 720 \\ - 720 \\ \hline 0 \end{array}$$

20  
13

$$\begin{array}{r} 207 \phantom{00} | 144 \\ - 144 \phantom{00} \\ \hline 630 \\ - 576 \\ \hline 540 \\ - 432 \\ \hline 1080 \\ \hline 1008 \\ \hline 720 \\ - 720 \\ \hline 0 \end{array}$$



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
<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!

