



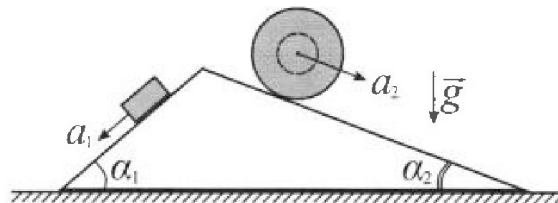
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



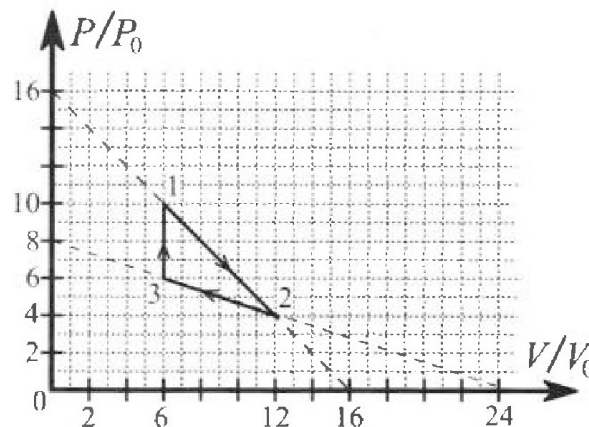
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). 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 шаром 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.

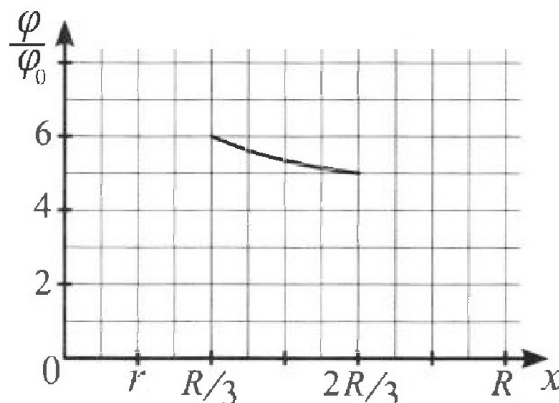
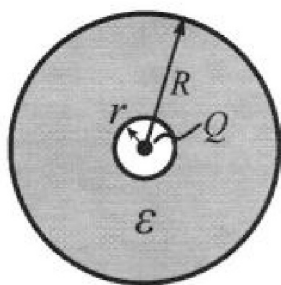


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



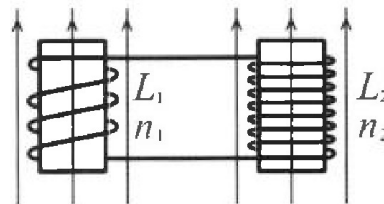
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

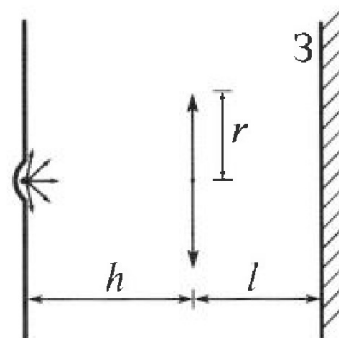


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 уменьшаться 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 $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, 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 $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ 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.

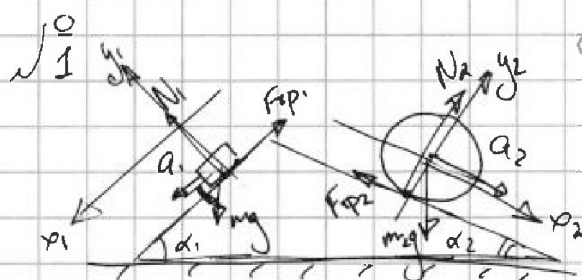
Ответы дайте в $[\text{см}^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!



$$a_1 = \frac{5}{17}g \quad a_2 = \frac{8}{27}g \quad \sin \alpha_1 = \frac{3}{5} \quad \sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

① Клин остается в покое

Решим задачу с бруска

и шара равны $\Rightarrow F_{sp1} < \mu N$
 F_{sp1} - орешко покло

→ Рассмотрим 23H для бруска:

$$x: ma_1 = -F_{sp1} + mg \sin \alpha_1$$

$$y: N = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}mg$$

$$F_{sp1} = m(g \sin \alpha_1 - a_1)$$

$$F_{sp1} = mg \left(\sin \alpha_1 - \frac{5}{17} \right)$$

$$F_{sp1} = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{5}{17} \right) = mg \frac{51-25}{85} = \frac{26}{85}mg$$

$$F_{sp1} = \frac{26}{85}mg$$

Для бруска $F_{sp1} = \mu N$

→ Рассмотрим движение шара

- Он движется без проскальзывания

~~Он движется без проскальзывания~~

Рассмотрим 23H для шара:

$$x: \frac{9}{4}ma_2 = \frac{9}{4}mg \sin \alpha_2 - F_{sp2}$$

$$\Rightarrow F_{sp2} = \frac{9}{4}mg \left(\sin \alpha_2 - \frac{8}{27} \right)$$

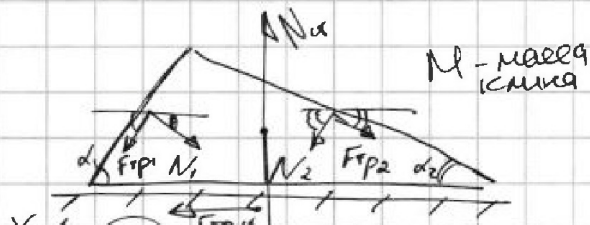
$$F_{sp2} = \frac{9}{4}mg \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{27} \right) = \frac{20}{81}mg$$

$$= \frac{9}{4} \cdot \frac{27 \cdot 8 - 8 \cdot 17}{17 \cdot 27} mg = \frac{9}{4} \cdot \frac{27-17}{34} mg = \frac{20}{81}mg$$

$$F_{sp2} = \frac{20}{81}mg$$

$$y: N_2 = \frac{9}{4}mg \cos \alpha_2 = \frac{15}{17} \cdot \frac{9}{4}mg$$

Теперь рассмотрим сам клин, что будет с ним:



Докажем, что F_{sp1} направлено влево.

Рассмотрим 23H: $x: F_{sp1} + F_{sp1} \cos \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 = N_1 \sin \alpha_1 + F_{sp2} \cos \alpha_2$



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!

Продолжение задачи (1):

$$\begin{array}{r} 4 \\ 12 \\ \hline 12 \\ 113 \\ \hline 125 \\ 289 \end{array} \quad \begin{array}{r} 17 \\ 12 \\ \hline 34 \\ 17 \\ \hline 204 \end{array}$$

$$F_{rp.cr} = N_1 \sin \alpha_1 + F_{rp2} \cos \alpha_2 - F_{rp1} \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2$$

$$F_{rp.cr} = mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + \frac{20}{51} mg \cos \alpha_2 - \frac{26}{85} mg \cos \alpha_1 - \frac{9}{4} mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2$$

$$F_{rp.cr} = mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{20}{51} mg \cdot \frac{15}{17} - \frac{26}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{9}{4} mg \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{17}$$

$$F_{rp.cr} = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{20}{17} \cdot \frac{15}{17} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{9}{4} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{17} \right) = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{20 \cdot 15 - 9 \cdot 15 \cdot 2}{17^2} - \frac{26 \cdot 4}{85 \cdot 5} \right)$$

$$= mg \left(\frac{12}{25} + \frac{15(20-18)}{17^2} - \frac{26 \cdot 4}{17 \cdot 25} + \frac{12}{25} \right) = mg \left(\frac{30}{17^2} + \frac{-104 + 17 \cdot 12}{25 \cdot 17} \right) = mg \left(\frac{30}{17^2} + \frac{104}{25 \cdot 17} \right) =$$

$$= mg \frac{30 + 4 \cdot 17}{17^2} = mg \frac{98}{17^2} = mg \frac{98}{289}$$

Ответ: ~~$\frac{98}{289} mg$~~ ~~$\frac{26}{85} mg$~~ ~~$\frac{20}{51} mg$~~

Ответ: 1) $F_{rp1} = \frac{26}{85} mg$
2) $F_{rp2} = \frac{20}{51} mg$
3) $F_{rp3} = \frac{9}{4} mg$

$$F_{rp.cr} = \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{20}{51} mg \cdot \frac{15}{17} - \frac{26}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{9 \cdot 9}{17 \cdot 4} mg \cdot \frac{8}{17}$$

$$F_{rp.cr} = mg \left(\frac{12}{25} + \frac{20 \cdot 15}{17^2 \cdot 3} - \frac{26 \cdot 4}{85 \cdot 5} - \frac{15 \cdot 9 \cdot 2}{17^2} \right) = mg \left(\frac{12 \cdot 17 - 26 \cdot 4}{25 \cdot 17} + \frac{20 \cdot 15 - 30 \cdot 9}{17^2 \cdot 3} \right)$$

$$F_{rp.cr} = mg \left(\frac{4(51-26)}{25 \cdot 17} + \frac{3 \cdot 5(20-27)}{17^2 \cdot 3} \right) = mg \left(\frac{4}{17} - \frac{34 \cdot 5}{17^2} \right) =$$

$$= \frac{mg}{17^2} (17 \cdot 4 - 218) = mg \left(\frac{4}{17} - \frac{10}{17} \right) = -\frac{6}{17} mg$$

- Минус получилось, т.к. мы не угадали с направлением:

$$\Rightarrow F_{rp.cr} = \frac{6}{17} mg$$

$\overrightarrow{F_{rp.cr}}$

Ответ: 1) $F_{rp1} = \frac{26}{85} mg$

2) $F_{rp2} = \frac{20}{51} mg$

3) $F_{rp3} = \frac{6}{17} mg$



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!

$\sqrt{2}$

① Рассмотрим процесс 1-2:

Зависимость линейная.

Расширим первое начало термодинамики для данного процесса:

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

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_2$$

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

→ Рассмотрим линейную зависимость $p(V)$ на 1-2:

$$1: 10 p_0, 6 V_0$$

$$2: 4 p_0, 12 V_0$$

Линейную зависимость выведем из формулы

$y = kx + b$, в нашем случае

$$p = kV + b$$

• Найдем ΔU_{12} :

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2 = \frac{3}{2} (48 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0)$$

$$\begin{cases} 48 p_0 V_0 = \nu R T_2 \\ 60 p_0 V_0 = \nu R T_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = -18 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 10 p_0 = k \cdot 6 V_0 + b \\ 4 p_0 = k \cdot 12 V_0 + b \end{cases} \Rightarrow 6 p_0 = -6 k V_0$$

$$\Rightarrow 10 p_0 = -p_0 V_0 + b \Rightarrow b = 11 p_0 V_0$$

• Найдем A_{12} : (Как площадь под графиком) $\Rightarrow b = 10 p_0 + 6 p_0 = 16 p_0$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (4 p_0 + 10 p_0) 6 V_0 = 42 p_0 V_0$$

• Найдем A_{23} (Аналогично)

$$A_{23} = -\frac{1}{2} (4 p_0 + 6 p_0) 6 V_0 = -30 p_0 V_0$$

Из $pV = \nu RT$ (Менделеев-Клапейрон)

найдем $T(V) \Rightarrow$

$$T = \frac{pV}{\nu R} = -\frac{p_0}{V_0} V + 16 p_0$$

$$T(V) = -\frac{p_0}{V_0} \cdot \frac{V^2}{2R} + 16 p_0 \frac{V}{R}$$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Продолжение задачи 2:

$$A_{\text{цикл}} = A_{12} + A_{23} = 42p_0V_0 - 36p_0V_0 = 12p_0V_0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{|dU_{12}|}{A_{\text{цикл}}} = \frac{18p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{3}{2} \right) \textcircled{1}$$

Найдем T_3 :

$$36p_0V_0 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{36p_0V_0}{\nu R}$$

$$\Rightarrow \frac{64}{36} = \left(\frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{26}{9} \right)$$

$$\frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{16}{9}$$

Для нахождения КПД цикла найдем, где отводится и подводится тепло:

$\rightarrow 3-1 \rightarrow$ очевидно, что подводится, т.к. $A > 0, dU > 0$

$\rightarrow 1-2: Q_{12} = A_{12} = 42p_0V_0 - 18p_0V_0 = 24p_0V_0 > 0 \rightarrow$ подводится

На этом графике тепло отводится и отводится, найдем dQ :

$$dQ = dU + dA = \frac{5}{2} \nu R dT + p dV = \nu C_V dT \Rightarrow C = \frac{3}{2} R + \frac{p dV}{\nu dT}$$

$$\frac{dT}{dV} - \text{найдем из } T(V) \Rightarrow T(V) = \frac{16}{\nu R} p_0 - \frac{2p_0V_0}{\nu R V_0} = \frac{16p_0V_0 - 2p_0V}{\nu R V_0}$$

$$\Rightarrow C = \frac{3}{2} R + \frac{p dV}{\nu dT} = \frac{3}{2} R + \frac{16p_0V_0 - 2p_0V}{16p_0V_0 - 2p_0V} = \frac{3}{2} R \rightarrow \text{Также найдем } p:$$

$\Rightarrow T(V)$ - квадратичная ф-та

с ветвями, направленными

вверх $\Rightarrow$ Максимум в вершине.

$$V_{\text{max}} = -\frac{b}{2a} = -\frac{-\frac{18}{\nu R} p_0}{2 \cdot -\frac{2}{\nu R V_0}} = -\frac{16p_0}{2 \cdot \frac{2p_0}{V_0}} = \frac{16p_0}{2 \cdot \frac{2p_0}{V_0}} = 8V_0$$

При $V=V_0 - T_{\text{max}} \Rightarrow$ Найдем:

$$T_{\text{max}} = -\frac{p_0 \cdot 64V_0^2}{V_0 \nu R} + \frac{16p_0 \cdot 8V_0}{\nu R} = \frac{128 - 64}{\nu R} p_0 V_0 = \frac{64}{\nu R} p_0 V_0$$

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

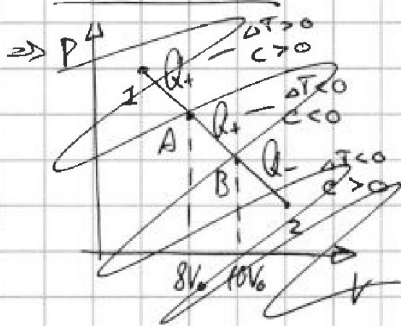
СТРАНИЦА
3 из 5

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!

Продолжение задачи 3:

$$C(V) = \frac{3}{2}R + \frac{-p_0 V + 16p_0}{V} \cdot \frac{\partial R V_0}{16p_0 V_0 - 2p_0 V} = \frac{3}{2}R + \frac{-p_0 V + 16p_0}{16p_0 V_0 - 2p_0 V} R =$$

$$= \frac{3}{2}R + \frac{16V_0 - V}{16V_0 - 2V} R$$



б $V = 8V_0$ с ~~начало~~ бесконечности

$$Q = c(T) \Delta T$$

Траектория по δV , после нагрева
 $c > 0$ на $(-\infty; 8V_0) \cup (16V_0; +\infty)$
 $c < 0$ на $(8V_0; 16V_0)$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{3}{2}R(T(16V_0) - T(8V_0)) + A_{AB}$$

$$Q_1 = \frac{3}{2}R \left(\frac{16p_0 V_0}{V_0 R} + \frac{16p_0 \cdot 16V_0}{R} - \frac{3}{2} \cdot \frac{6p_0 V_0}{R} - \frac{6p_0 V_0}{R} \right) = \frac{3}{2}R \cdot 0$$

$$A_{AB} = \frac{1}{2}(6p_0 + 16p_0) \cdot 8V_0 = 2 \cdot 16p_0 V_0 = 32p_0 V_0$$

$$\Rightarrow Q_{12} = 32p_0 V_0 \quad \text{б}$$

• Усредняем пропусе 2-3. (Аналогично 1-2)

$$p(V) = k_2 V_0 + b$$

$$6p_0 = k_2 \cdot 6V_0 + b$$

$$16p_0 = k_2 \cdot 12V_0 + b \Rightarrow 6k_2 V_0 = -2p_0 \Rightarrow 6p_0 = -2V_0 + b \Rightarrow b = 8p_0$$

$$\Rightarrow k_2 = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} \quad \text{б.}$$

$$p(V) = -\frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V + 8p_0$$

$$T(V) = \frac{p(V)V}{R} = -\frac{V}{R} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{p_0}{V_0} V + \frac{8p_0 V}{R}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 5

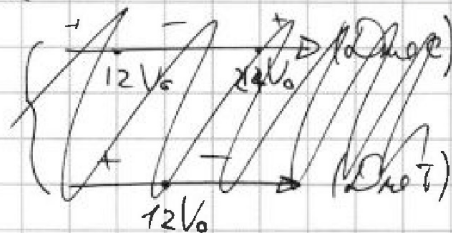
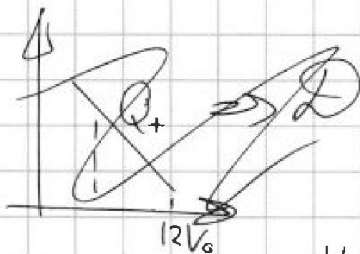
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Продолжение задачи 2:

$$dQ = A + dU$$

$$C_{23}(T) = \frac{3}{2}R + \frac{p dV}{dV} = \frac{3}{2}R + \frac{-\frac{2}{3}p_0 V_0 + 8p_0}{\frac{3}{2}dV_0} = \frac{-2p_0 V_0 + 24p_0 V_0}{3 \cdot \frac{3}{2}dV_0} = \frac{-2p_0 V_0 + 24p_0 V_0}{4.5 dV_0}$$

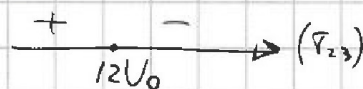
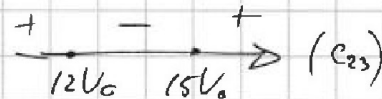
$$\Rightarrow \frac{3}{2}R + \frac{(8V_0 - \frac{1}{3}V) \cdot 3R}{-2V + 24V_0} = \frac{3}{2}R + \frac{24V_0 - V}{2(12V_0 - V)}R$$



$$\Rightarrow C_{23} = \frac{36V_0 - 3V + 24V_0 - V}{2(12V_0 - V)}R = \frac{60V_0 - 4V}{2(12V_0 - V)} = \frac{2(15V_0 - V)}{12V_0 - V}$$

Т.к. график процесса в другую сторону, то $Q = -$ со знаком $-$.

$\Rightarrow$ Как видим 2-3 тепло отводится (график от 2-3)



$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = -\frac{1}{2}R - 30p_0 V_0 + \frac{3}{2}dV_0 \left(\frac{48p_0 V_0}{dV_0} - \frac{36p_0 V_0}{dV_0} \right) = -42p_0 V_0$$

$\Rightarrow$ Во время нахождения $C(V)$ на 1-2 я ошибся в знаке, поэтому здесь переисчисляю:

$$C_{12}(T) = \frac{3}{2}R + \frac{16V_0 - V}{16V_0 - 2V}R = \frac{3 \cdot 8V_0 - 3V + 16V_0 - V}{2(8V_0 - V)} = \frac{40V_0 - 4V}{2(8V_0 - V)} = \frac{20V_0 - 2V}{8V_0 - V}$$

$$= 2 \frac{10V_0 - V}{8V_0 - V} \quad (\text{убавление, но не разность не повлило})$$



$\Rightarrow Q_{12}$ - тепло подводится



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!

Продолжение 2 задачи:

$$Q_{1B} = A_{1B} + \Delta U_{1B} = 26 p_0 V_0$$

$$A_{1B} = \frac{r}{2} \cdot 4 V_0 (p_0 + 6 p_0 + 10 p_0) = 32 p_0 V_0$$

$$\Delta U_{1B} = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{48 p_0 V_0}{\nu R} - \frac{60 p_0 V_0}{\nu R} \right) = -6 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q_{1B} + Q_{31}} = \frac{12 p_0 V_0}{32 p_0 V_0 + 36 p_0 V_0} = \frac{12}{68} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) $\frac{|\Delta U_{1B}|}{A_{\text{цикл}}} = \frac{3}{2}$

2) $\frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{16}{9}$

3) $\eta = \frac{3}{17}$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{60 p_0 V_0}{\nu R} - \frac{48 p_0 V_0}{\nu R} \right) = 36 p_0 V_0$$



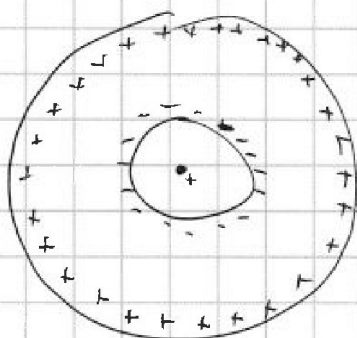
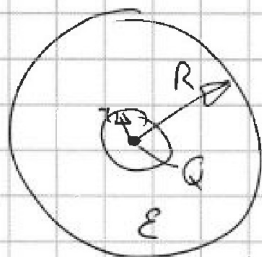
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

№3



• Заряд внутри шарик внутри сферы имеет заряд $Q \Rightarrow$

Диэлектрик внутри сф. перераспределяет заряды так, что по краям будет $-q$ и $+q$.

Заряд создает поле с напряженностью

$E = \frac{kQ}{r^2}$, а сам диэлектрик уменьшает его значение в ϵ раз $\Rightarrow$

$$E_{\epsilon} = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$$

• Разность потенциалов между точками легко посчитать, как $(\varphi_1 - \varphi_2) = E \cdot d$, но поле неоднородно, поэтому посчитать так будет труднее.

$$\frac{\varphi(R/3)}{\varphi_0} = 6 \Rightarrow \varphi(R/3) = 6\varphi_0$$

$$\varphi(2R/3) = 5\varphi_0$$

ЗСЗ:

$$\cdot \text{Распишем } \varphi(R/12) = \varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$$

$$\Rightarrow \varphi(R/12) = \varphi_0 + \frac{kQ \cdot 12}{11R} + \frac{kQ \cdot 12}{11R} + \frac{kQ \cdot 12}{11R} =$$

$$\Rightarrow \varphi(R/12) =$$



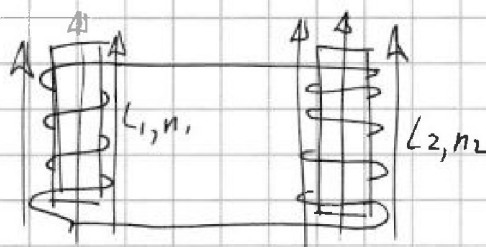
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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!

$$\sqrt{\frac{10}{4}}$$



$$L_1 = L \quad L_2 = \frac{9L}{4} \quad \oint$$

$$n_1 = n \quad n_2 = \frac{3}{2}n$$

① Внешнее поле ^(уменьшается) уменьшается, как

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha \Rightarrow \Delta B = -\alpha \Delta t \Rightarrow (\text{Промножим на } S)$$

⇒ Внешнее напряжение на катушке:

$$B_k - B_0 = -\alpha \Delta t$$

Но где начало нуля рассматривать поток:

$$\Phi_{\text{внеш}} = B S \cdot n \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{внеш}} = \frac{d\Phi_{\text{внеш}}}{dt} = S n \cdot \alpha = \alpha n S$$

$$\mathcal{E}_{\text{сам}} = (\Phi)' = (\Phi_{\text{внеш}} + \Phi_{\text{внут}})' = L_1 I_0' + n S \cdot \alpha$$

↑ напряжение на L_1

$$\Phi_{\text{внут}} = L_2 I_0 \quad \text{напряжение на } L_2$$

$\mathcal{E}_{\text{сам}2} = -L_2 I_0' \Rightarrow$ Тогда по из напряжений следует, что

$$\mathcal{E}_{\text{сам}2} = -\mathcal{E}_{\text{сам}1}$$

$$L_1 I_0' - n S \alpha = -L_2 I_0' \Rightarrow I_0' = \frac{n S \alpha}{L_1 + L_2} = \frac{n S \alpha}{L + \frac{9L}{4}} = \frac{4n S \alpha}{13L}$$

② Во втором случае магнитный поток уменьшается в обеих катушках:

↑ напр. на L_1 во втором случае

$$\mathcal{U}_{L1} = L_1 I' + (\Phi_{\text{внеш}1})' \quad \Phi_{\text{внеш}1} = B_1 S n_1$$

$$\mathcal{U}_{L2} = L_2 I' + (\Phi_{\text{внеш}2})' \quad \Phi_{\text{внеш}2} = B_2 S n_2$$

$$\mathcal{U}_{L1} = -\mathcal{U}_{L2}$$



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!

Всего Проведено $\sqrt{4}$

$$L_1 I' + (\Phi_{\text{внеш.}})' = -(L_2 I' + (\Phi_{\text{внеш.}})') \cdot dt$$

$$L_1 dI + d\Phi_{\text{внеш.}} = -(L_2 dI + d\Phi_{\text{внеш.}})$$

→ Аппроксимация

$$L_1 dI + S n_1 dB_1 = -L_2 dI - S n_2 dB_2 \Rightarrow (L_1 + L_2) dI = -S n_1 dB_1 - S n_2 dB_2$$

→ Проинтегрируем от начального момента до конечного:

$$(L_1 + L_2) (I - 0) = -S n_1 \left(\frac{3}{4} B_0 - B_0 \right) - S n_2 \left(\frac{8}{3} B_0 - 4 B_0 \right) \Rightarrow$$

$$(L_1 + L_2) I = S n_1 \cdot \frac{1}{4} B_0 + S n_2 \cdot \frac{4}{3} B_0$$

$$\left(I = \frac{\frac{1}{4} S n_1 B_0 + \frac{4}{3} S n_2 B_0}{L_1 + L_2} = \frac{\frac{1}{4} \cdot S n B_0 + \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} n S B_0}{L + \frac{9}{4} L} = \right.$$

$$\left. = \frac{\frac{1}{4} S n B_0 + 2 S n B_0}{\frac{13L}{4}} = \frac{S n B_0 + 8 S n B_0}{13L} = \frac{9}{13} \frac{S n B_0}{L} \right)$$

Ответ: 1) $I' = \frac{4 n S d}{13 L}$

2) $I = \frac{9}{13} \cdot \frac{S n B_0}{L}$



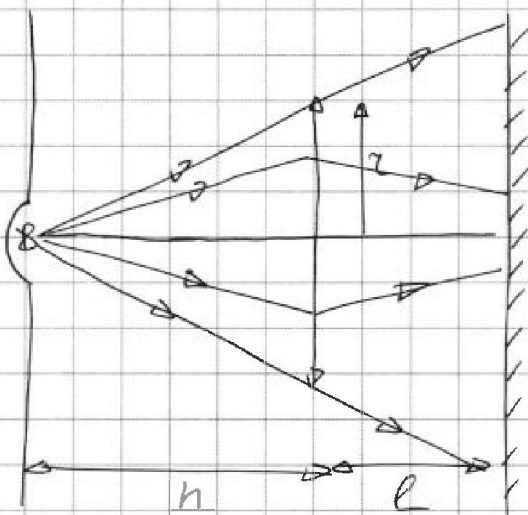
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

✓ 5



$$F = \frac{2}{3}h \quad z = 4\text{ см} \quad R = \frac{h}{2}$$

• Найдем радиус чаши зеркала, на котором не будет света + т.е. свет, что попал через линзу.

⇒ Сделаем из подобия треугольников

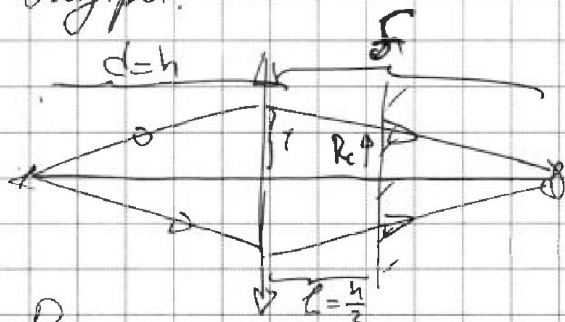


$$\frac{R}{l} = \frac{h+l}{h} = \frac{\frac{3}{2}h}{h} = \frac{3}{2}$$

$$\Rightarrow R = \frac{3}{2}l$$

• Тогда площадь круга с R равна $\pi R^2 = \frac{9}{4} \pi l^2$

• Найдем площадь освещенной поверхности:



• Рассмотрим формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{2}{3}h^2}{h - \frac{2}{3}h} = \frac{2h}{\frac{1}{3}} = 2h$$

• Из подобия найдем R-радиус освещенного места на зеркале:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{f}{f-l} = \frac{2h}{2h - \frac{h}{2}} = \frac{2}{3/2} = \frac{4}{3} \Rightarrow R_0 = \frac{3}{4}f$$



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

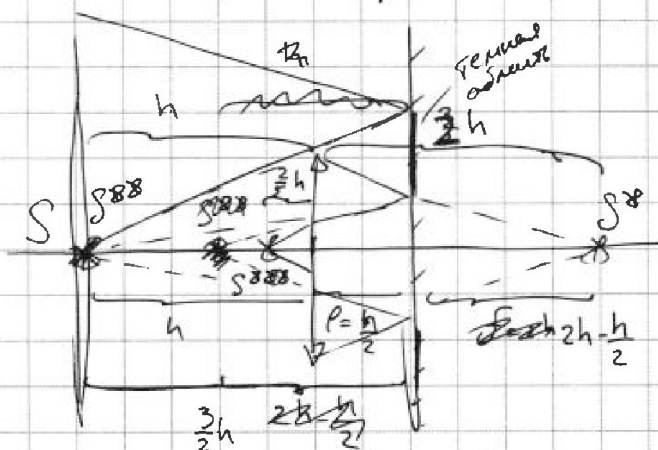
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Предположим $\sqrt{5}$

$$\Rightarrow S_{\text{свет}} = \pi R_c^2 = \frac{9}{16} \pi r^2$$

$$\Rightarrow S_{\text{неосвещ. зеркал}} = \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) \pi r^2 = \frac{27}{16} \pi r^2 = 27 \pi \text{ см}^2$$

② Рассмотрим сечение на сечу:



$\Rightarrow$ Изображение зеркала

будет находиться ниже

линзы $\Rightarrow$ он является

для нее мнимым, левым

Растянем фокусную точку линзы для нее.

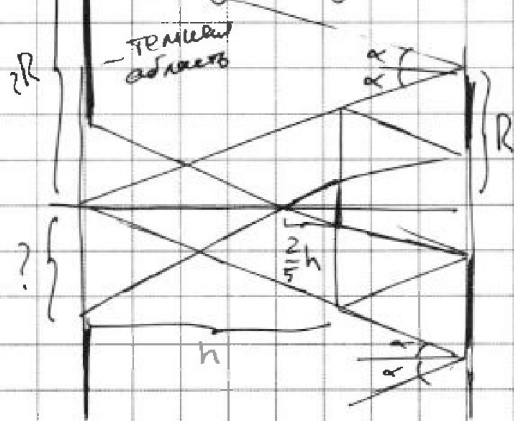
$$2h - \frac{h}{2} = \frac{3}{2}h \Rightarrow \text{изображение} \quad \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow$$

$$d_1 = 2h - \frac{h}{2} - \frac{h}{2} = h$$

Изображение действ. $\Rightarrow$ свет попадет на экран.

$$f_1 = \frac{dF}{d_1 + F} = \frac{h \cdot \frac{3}{2}h}{h + \frac{3}{2}h} = \frac{3h^2}{5h} = \frac{3}{5}h$$

Перерисуем уже только с нашим изображением S''' :



Свет на экране закончился на $2R$ из симметрии (угол отражения $\alpha = \alpha$)

$\Rightarrow$ Каков радиус освещенной области на экране из задачи?

См. на след. стр. $\rightarrow$

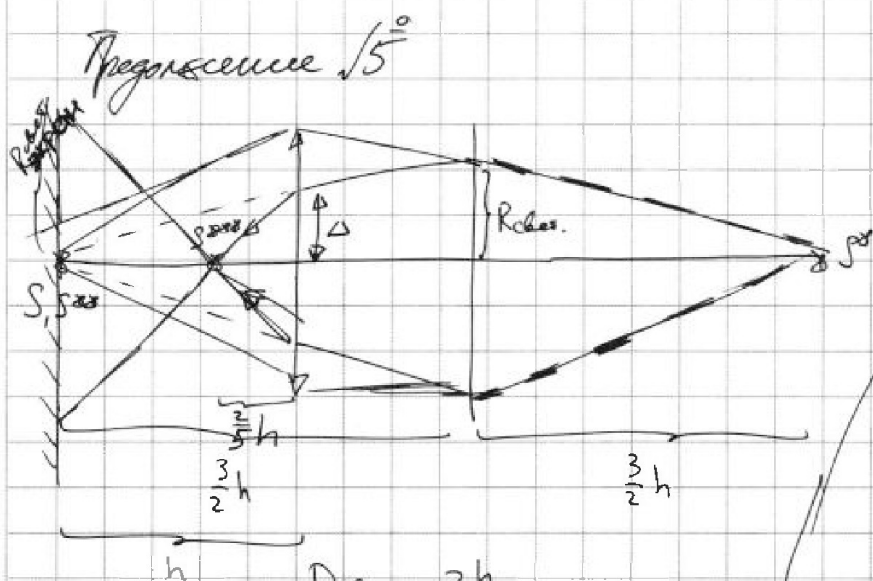


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Полобие:

$$\frac{\frac{2}{5}h}{h - \frac{2}{5}h} = \frac{\Delta}{R_{кр.} - R_{кр.}}$$

Найдем Δ из подобия треугольников.

$$\frac{\Delta}{R_{кр.}} = \frac{\frac{2}{5}h}{\frac{3}{5}h} = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow \Delta = \frac{2}{3} R_{кр.} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4} r =$$

$$= \left(\frac{1}{2} r = \Delta \right)$$

$$R_{кр.} \cdot \frac{2h}{3h} = \Delta$$

$$\Rightarrow R_{кр.} = \frac{3}{2} \Delta = \frac{3}{4} r$$

$\Rightarrow$ Находим Площадь круга $2R$:

$$S_{\text{шара света}} = \pi \cdot (2R)^2 = 4\pi R^2 = 4\pi \cdot \frac{9}{4} r^2 = 9\pi r^2$$

$\Rightarrow$ Находим Площадь круга $R_{кр.}$ - радиус света, образованного через линзу.

$$S_{\text{шара света}} = \pi \cdot R_{кр.}^2 = \frac{9\pi r^2}{16} = \frac{9}{16} \pi r^2$$

$$S_{\text{стены}} = 9\pi r^2 - \frac{9}{16} \pi r^2 = 9\pi r^2 \left(1 - \frac{1}{16} \right) = \frac{15 \cdot 9}{16} \pi r^2 = \frac{135}{16} \pi r^2 = 135\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $27\pi \text{ см}^2$

2) $135\pi \text{ см}^2$



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!

