

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

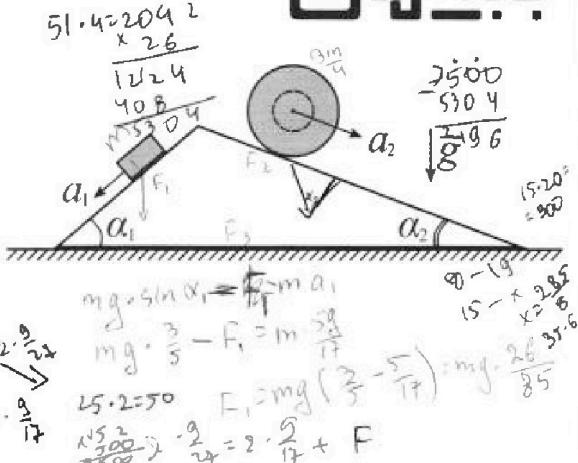
Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок 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 $\alpha_1 (\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$ и $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17)$. 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.

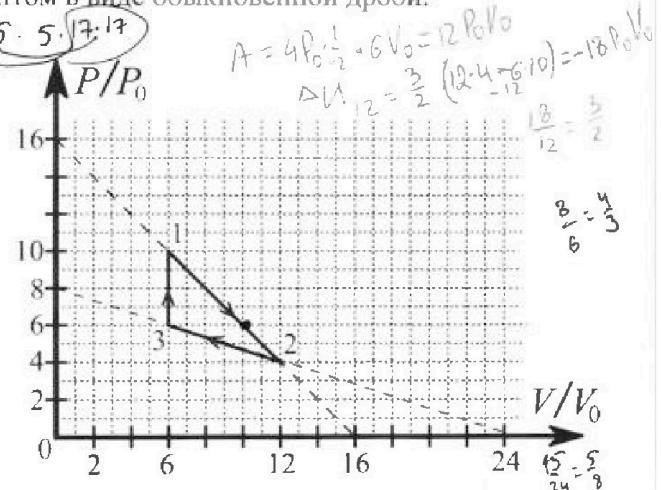
Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.



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.

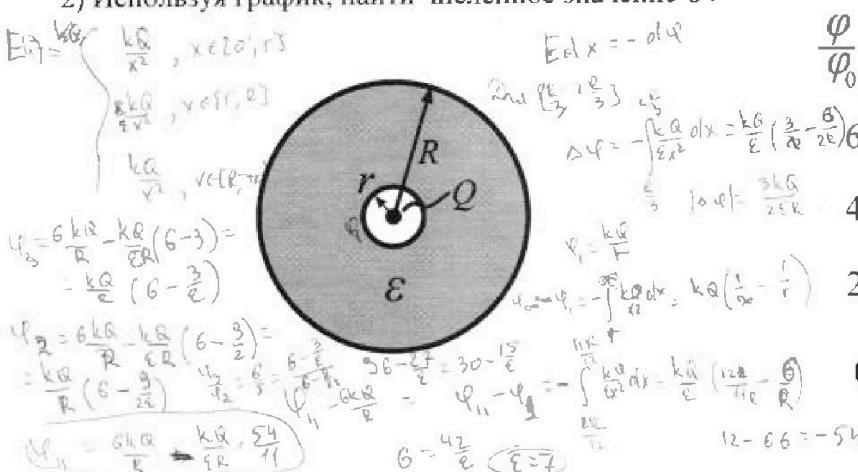
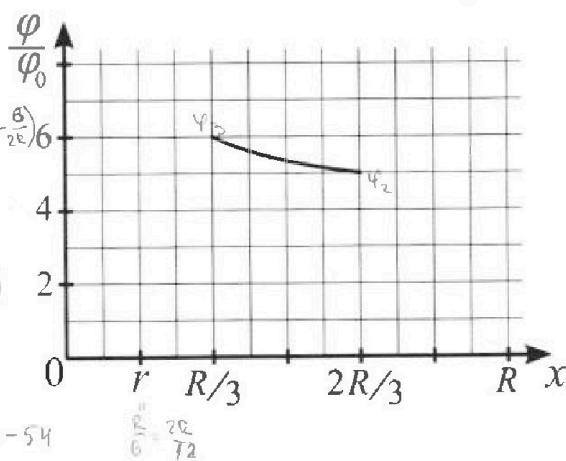
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

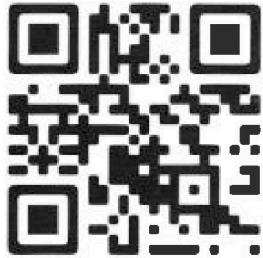


3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. 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 .



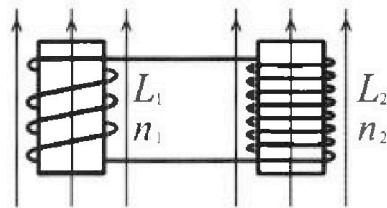
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**



Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

1. 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.

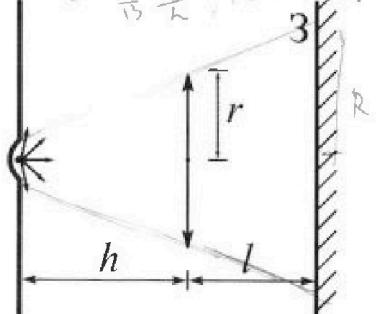


$$\dot{I} = \frac{\alpha n_1 S}{L_1 + L_2} = \frac{\alpha n S}{L_1 + \frac{9L}{4}} = \frac{4}{13} \frac{\alpha n S}{L}$$

- 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 изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

$$\Phi_0 = B_0 \cdot n_1 S - 4B_0 \cdot n_2 S = 3B_0 n_1 S - \frac{8B_0}{3} n_2 S = (4 - \frac{3}{4}) B_0 n S$$

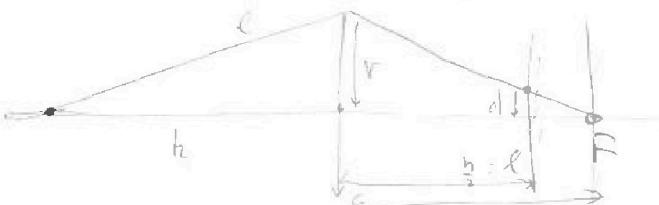
$$I = \frac{4 - \frac{3}{4}}{L_1 + L_2} \frac{B_0 n S}{L} = \frac{13}{13} \frac{B_0 n S}{L} = \frac{B_0 n S}{L}$$



2. 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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



$$\frac{r}{F} = \frac{d}{F - l} \Rightarrow d = r \cdot \left(\frac{2}{\frac{2}{3} - 1}\right)^{-1} = r \cdot \left(\frac{2}{\frac{1}{3}}\right)^{-1} = r \cdot \frac{6}{4} = \frac{3}{2}r$$

$$S = \pi r^2 \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{16} \right) = \pi r^2 \cdot \frac{35}{16} = \pi \cdot 16 \text{ см}^2 \cdot \frac{35}{16} = 35\pi \text{ (см}^2\text{)}$$

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

$$\frac{R}{h+l} = \frac{r}{h} \Rightarrow R = r \cdot \frac{h+l}{h} = r \cdot \frac{1+\frac{l}{h}}{1} = \frac{3}{2}r$$

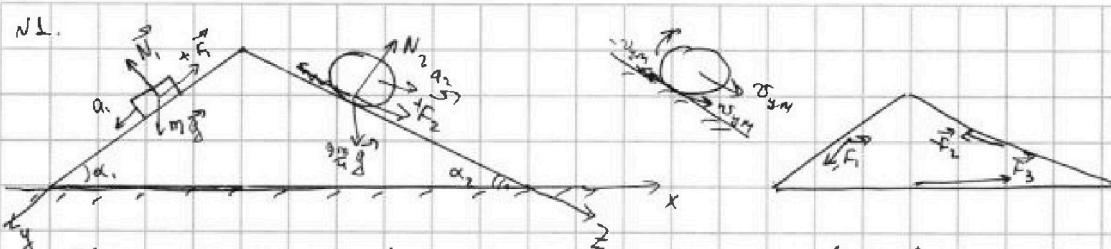


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



Введем О3 вдоль левой поб-ти клина, О7 - вдоль правой, ОХ вдоль падения (см. рис.)

На брускок действует: сила тяжести \vec{mg} (вниз), сила норм. реакции $N_2 \perp O3$, сила

$$\text{трения } F_1 \uparrow \perp O3 \Rightarrow \text{по 2 з. Итоговая в проекции на } O3 : m a_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_1 \\ \Rightarrow F_1 = m (g \sin \alpha_1 - g_1) = mg \left(\frac{2}{3} - \frac{5}{17} \right) = mg \cdot \frac{26}{51} = mg \cdot \frac{26}{5 \cdot 17}$$

F_2' - проекция F_2 на $O2$

~~Чт. шар движется без проскальзывания, его инерция направлена вниз по склону~~ ~~и не имеет касательной силы~~
~~скорости. При этом скорость (или ускорение) центра масс шара направлена вниз по склону~~ ~~и скорость касающейся точки от ц.м. шара направлена вверх по склону~~.
~~Таким образом, сила трения препятствует проскальзыванию этой линии вверх~~
~~⇒ сила $F_1 \parallel O1 O2$. Кроме неё, на шар действует сила норм. реакции $N_2 \perp O2$ и сила тяжести $\frac{9m}{4} \vec{g}$ (вниз) ⇒ по 2 з. Итоговая в проекции на $O2$:~~

$$\frac{9m}{4} a_2 = \frac{9m}{4} g \cdot \sin \alpha_2 + F_2' \Rightarrow F_2' = \frac{9m}{4} g \left(\frac{8}{27} - \frac{8}{17} \right) = mg \cdot \frac{\frac{26}{3}}{4} \cdot \frac{g(17-27)}{27 \cdot 17} = -\frac{20mg}{51} \Rightarrow |F_2'| = \frac{20mg}{51}$$

По 3 з. Итоговая на клин действует сила $-\vec{F}_1$ и $-\vec{F}_2$.

Кроме этого, горизонтальная сила тяжести и норм. реакции стояла, а также горизонтальная сила F_3 . Г.к. шары покоятся,

$$F_{3x} + (-F_1)_x + (-F_2)_x = 0 \Rightarrow F_{3x} = F_{1x} + F_{2x}$$

$$F_{3x} = mg \cdot \underbrace{\frac{26}{5 \cdot 17} \cdot \cos \alpha_1}_{h} + F_2' \cdot \cos \alpha_2 = mg \cdot \frac{26}{5 \cdot 17} \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{20}{3 \cdot 17} \cdot \frac{15}{17}$$

$$F_{3x} = mg \cdot \frac{26 \cdot 4 \cdot 51 - 25 \cdot 20 \cdot 15}{4335} = mg \cdot \frac{5304 - 7500}{4335} = mg \cdot \frac{-2196}{4335}$$

$$\text{Ответ: 1) } F_1 = mg \cdot \frac{26}{51}; 2) F_2 = \frac{20mg}{51}; 3) F_3 = mg \cdot \frac{2196}{4335}$$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

N^o 2.

1) Работа газа в цикле соответствует площади на графике $P(V)$, ограниченной этими циклом. В данном случае P_0 и V_0 \Rightarrow надо площадь замкнуть на $P_0 V_0$. Цикл - треугольник. Его основание $(10 \frac{P_0}{V_0} - 6 \frac{P_0}{V_0}) = 4 \frac{P_0}{V_0}$, высота $(12 - 6) \frac{P_0}{V_0} = 6 \frac{P_0}{V_0}$ \Rightarrow Работа газа за весь цикл $A = \frac{1}{2} \cdot P_0 V_0 \cdot 4 \cdot 6 = 12 P_0 V_0$.

В состоянии 2 внутри термического цикла $U_2 = \frac{3}{2} \cdot 4 P_0 \cdot 12 V_0$, в 1: $U_1 = \frac{3}{2} \cdot 10 P_0 \cdot 6 V_0$ $\Rightarrow |k| U_{1,2}| = |U_2 - U_1| = \frac{3}{2} P_0 V_0 \cdot (4 \cdot 12 - 6 \cdot 10) = 18 P_0 V_0$.

$$\frac{|k| U_{1,2}|}{A} = \frac{18 P_0 V_0}{12 P_0 V_0} = \frac{3}{2} = 1,5$$

2) В состоянии 3 по ур. Менделеева-Клапейрона $6 P_0 \cdot 6 V_0 = \nu k T_3$ (ν - кон. б-воздуха, T_3 - темп. вспышки 3) $\Rightarrow T_3 = 36 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$

Процесс 1-2 описывается как $\frac{P}{P_0} = 16 - \frac{V}{V_0}$ (из уравнения), или $P = P_0 (16 - \frac{V}{V_0})$

По УРС для газа в промеж. моменте $PV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{1}{\nu R} \cdot PV$

Для процесса 1-2 $T = \frac{1}{\nu R} \cdot P_0 (16 - \frac{V}{V_0}) \cdot V \Rightarrow T(V)$ - парабола

Быть может быть \Rightarrow на этой прямой макс. Т при $V = -\frac{16}{2} \cdot V_0 = 8 V_0$. $8 V_0$ лежит в процессе 1-2 ($6 < 8 < 12$) \Rightarrow б-воздухе 1-2 $T_{max} = \frac{1}{\nu R} \cdot P_0 \cdot 8 V_0 (16 - 8)$

$$T_{max} = 64 \frac{P_0 V_0}{\nu R}, \quad \frac{T_{max}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{32}{18} = \underline{\underline{\frac{16}{9}}}$$

3) КПД цикла $\eta = \frac{A}{Q_+}$, где Q_+ - подведенное к газу тепло.

В процессе 3-2 по I закону термодинамики $\delta Q_3 = \frac{3}{2} (pdV + Vdp) + pdV^0 = \frac{3}{2} \cdot 6 V_0 \cdot d/p > 0$

\Rightarrow на 1-ом процессе 3-2 $Q_3 = Q_2 = 9 V_0 \cdot (10 - 6) P_0 = 36 P_0 V_0 > 0$, теплоотдача подводится.

В процессе 1-2 $P = P_0 \cdot (16 - \frac{V}{V_0}) \Rightarrow$ по I закону $\delta Q_{1,2} = \frac{3}{2} \cdot (P_0 (16 - \frac{V}{V_0}))dV + V \cdot (-\frac{P_0}{V_0} dV) + P_0 (16 - \frac{V}{V_0})dV$

$$\delta Q_{1,2} = P_0 (40dV - 4 \frac{VdV}{V_0}) = 4 P_0 \cdot dV (10 - \frac{V}{V_0}). \quad \text{В процессе 1-2 } dV > 0, \quad P_0 > 0 \Rightarrow \delta Q_{1,2} > 0$$

тогда итогово тепло, когда $10 - \frac{V}{V_0} > 0 \Leftrightarrow V < 10 V_0 \Rightarrow$ Подведенное тепло $\xrightarrow{\delta Q_{1,2}} \text{максимум тепло}$

$$Q_{2+} = \frac{3}{2} \cdot (6 P_0 \cdot 10 V_0 - 10 P_0 \cdot 6 V_0) + \frac{10 P_0 + 6 P_0}{2} \cdot (10 V_0 - 6 V_0) = 32 P_0 V_0.$$

В процессе 2-3 $P = P_0 (8 - \frac{24}{8} \frac{V}{V_0}) = P_0 (8 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0}) \xrightarrow{\delta Q_{2,3} = \frac{5}{2} P_0 dV + \frac{3}{2} V dP}$

$$\delta Q_{2,3} = \frac{5}{2} \cdot P_0 \cdot (8 - \frac{1}{2} \frac{V}{V_0})dV + \frac{3}{2} V \cdot \left(-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0}\right)dV = P_0 dV \left(20 - \frac{5}{6} \frac{V}{V_0} - \frac{3}{8} \frac{V}{V_0}\right) = 4 P_0 dV \left(5 - \frac{V}{3 V_0}\right)$$

Здесь $dV < 0, P_0 > 0 \Rightarrow \delta Q_{2,3} > 0$ при $5 < \frac{V}{3 V_0}, V > 15 V_0$. В нашем процессе не реализуется

$$\Rightarrow Q_+ = Q_{2+} + Q_{3+} = 32 P_0 V_0 + 36 P_0 V_0 = 68 P_0 V_0.$$

$$\eta = \frac{12 P_0 V_0}{68 P_0 V_0} = \frac{6}{34} = \frac{3}{17}.$$

Ответ: 1) $\frac{3}{2}$; 2) $\frac{16}{3}$; 3) $\frac{3}{17}$.



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

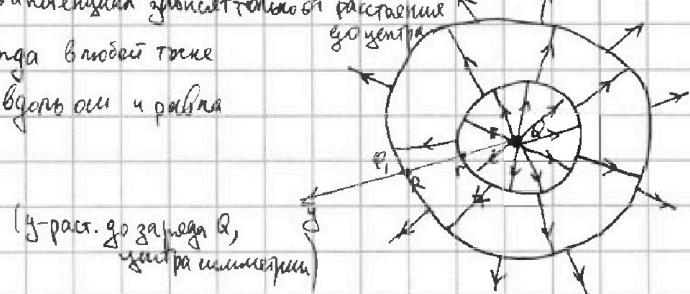
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

N3. Так как система симметрична, то поле (заряд Q) тоже будет исходить из него симметрично во все стороны (радиально). Потенциал зависит только от расстояния до центра

Введём вектор \vec{y} с началом в заряде. Тогда в любой точке на этой оси направлена вдоль оси y равна

$$\text{Ба}E_y = \begin{cases} \frac{kQ}{y^2}, & 0 < y < R \text{ или } y > R \\ \frac{kQ}{\varepsilon y^2}, & r < y < R \end{cases}$$



Также видно что ток на оси $dI = -E_y dy$

$$\text{Пусть } \varphi_1 - \text{потенциал на } \text{внешней радиус-стороне шара} \Rightarrow \varphi_1 = \frac{kQ}{R}, \text{ т.е. } (\varphi_1 - \varphi_{\infty}) = \int_R^{\infty} \frac{kQ}{\varepsilon y^2} dy$$

$$\Rightarrow \varphi_1 = kQ \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \varphi_1 = \frac{kQ}{R}$$

$$\varphi_{11} - \text{потенциал на расстоянии } x = y = \frac{11R}{12} \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_{11} = - \int_{\frac{11R}{12}}^R \frac{kQ}{\varepsilon y^2} dy = \frac{kQ}{\varepsilon} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\frac{11R}{12}} \right) = - \frac{kQ}{11\varepsilon R}$$

$$\Rightarrow \varphi_{11} = \varphi_1 + \frac{kQ}{11\varepsilon R} = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{11\varepsilon} \right), \text{ где } \varepsilon = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

$$\text{Аналогично находим потенциал при } x = \frac{2R}{3}: \quad \varphi_{12} - \varphi_1 = - \int_{\frac{2R}{3}}^R \frac{kQ}{\varepsilon y^2} dy = \frac{kQ}{\varepsilon R} \left(1 - \frac{3}{2} \right) = - \frac{kQ}{2\varepsilon R}$$

$$\Rightarrow \varphi_{12} = \varphi_1 + \frac{kQ}{2\varepsilon R} = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{2\varepsilon} \right)$$

$$\text{и при } x = \frac{R}{3}: \quad \varphi_1 - \varphi_3 = - \int_{\frac{R}{3}}^R \frac{kQ}{\varepsilon y^2} dy = \frac{kQ}{\varepsilon R} (1 - 3) = - \frac{2kQ}{\varepsilon R}$$

$$\Rightarrow \varphi_3 = \varphi_1 + \frac{2kQ}{\varepsilon R} = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{2}{\varepsilon} \right)$$

$$\text{Из графика: } \frac{\varphi_3}{\varphi_0} = 6; \quad \frac{\varphi_2}{\varphi_0} = 5 \Rightarrow \frac{\varphi_3}{\varphi_2} = \frac{6}{5} \Rightarrow \frac{1 + \frac{2}{\varepsilon}}{1 + \frac{1}{2\varepsilon}} = \frac{6}{5}$$

$$\Rightarrow 5 + \frac{10}{\varepsilon} = 6 + \frac{2}{\varepsilon} \Rightarrow \frac{3}{\varepsilon} = 1, \quad \underline{\varepsilon = 7}$$

из графика $\varepsilon = \frac{2}{6}$

$$(\text{Ответ: 1) } \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{11\varepsilon} \right); \quad 2) \varepsilon = 7.$$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

N⁴. Решение контура из катушек, по II приближению

$$\Rightarrow \sum \mathcal{E} = 0$$

$$\text{ЭДС } \mathcal{E} = I \cdot R \rightarrow 0, \text{ т.к. } R = 0$$

сопротивление

$$I_{10} \quad \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = -\frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt}$$

($\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ - ЭДС индукции в 1 и 2 катушках,
 Φ_1, Φ_2 - потоки через них при токе во втором)

$$\Rightarrow \frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = 0 \Rightarrow \text{суммарный поток через катушки } \Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$$

I-ток в контуре, B_1 - поле через 1 катушку, B_2 - через вторую. (в пружинки)

Входящий ток I

Выходной ток I

на схеме обозначены $B_1, S \cdot n_1$ и $B_2, S \cdot n_2$

($B_{10} = B_0, B_{20} = 4B_0$ по условию пункта 2 - параллельное магнитное поле). $B_1 = B_0, B_2 = 4B_0$

В пружинном моменте $\Phi_0 = B_1 \cdot S \cdot n_1 + L_1 \cdot I - B_2 \cdot S \cdot n_2 + L_2 \cdot I$

$$\Rightarrow \frac{d\Phi_0}{dt} = 0 = B_1 \cdot S \cdot n_1 + (L_1 + L_2) \dot{I} - B_2 \cdot S \cdot n_2 + L_2 \cdot I$$

1) $B_2 = 0, B_1 = -\alpha \Rightarrow -\alpha S n_1 + (L_1 + L_2) \dot{I} = 0, \quad \dot{I} = \frac{\alpha S n_1}{L_1 + L_2} = \frac{\alpha S n}{L + \frac{9}{4}L} = \underline{\underline{\frac{4}{13} \frac{\alpha S n}{L}}}$

2) $\Phi_0 = B_0 \cdot S \cdot n_1 - 4B_0 S \cdot n_2 = B_0 S n \left(1 - 4 \cdot \frac{3}{2}\right) = -5B_0 S n$

$$\Phi_0 = \frac{3}{4}B_0 S n_1 - \frac{B_0}{3}S n_2 + (L_1 + L_2) \cdot I = B_0 S n \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2}\right) + L \cdot \left(1 + \frac{9}{4}\right) I$$

$$\Rightarrow -5B_0 S n = -\frac{13}{4}B_0 S n + \frac{13}{4}L I \Rightarrow I = \frac{4}{13} \frac{B_0 S n}{L} \cdot \left(\frac{13}{4} - 5\right) = -\frac{7}{13} \frac{B_0 S n}{L}$$

$$|I| = \frac{7}{13} \frac{B_0 S n}{L}$$

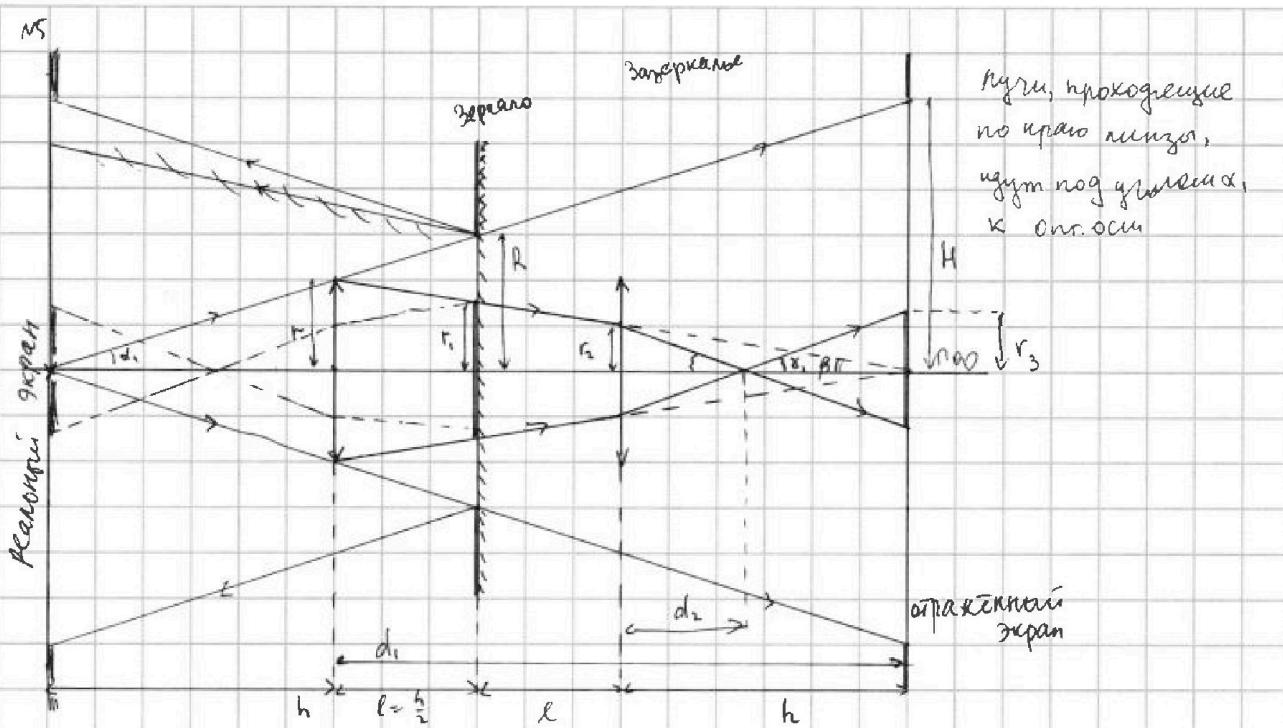
Ответ: 1) $\frac{4}{13} \frac{\alpha S n}{L}$; 2) $\frac{7}{13} \frac{B_0 S n}{L}$

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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!



Две линзы ^{часто} между собой не имеют общего хода, т.к. не попали в линзу. Они обсвечают зеркало на расстоянии $\Rightarrow R$ от оси. Из геометрии $\tan \alpha_1 = \frac{r}{h+l} = \frac{r}{h}$ (см. рис.) $\Rightarrow R = r \cdot \frac{1+\frac{l}{h}}{\frac{1}{h}} = \frac{3}{2} r$.

Линзы, прошедшие через линзу, будут идти в линзу на оси на расстоянии d_1 от линзы.

$$\text{По ФТЛ } \frac{1}{h} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{F} = \frac{3}{2h} \Rightarrow d_1 = \frac{Fh}{h-F} = h \cdot \frac{\frac{3}{2}}{\frac{3}{2}-\frac{1}{2}} = 2h.$$

Линзы попадут под углом β к оси: $\tan \beta = \frac{r_1}{2h} = \frac{r_1}{2h-l}$, где r_1 - расстояние от оси, на котором они пересекут зеркало $\Rightarrow r_1 = r \cdot \frac{2h-\frac{l}{2}}{2h} = \frac{3}{4}r < r$

1) Таким образом, у зеркала обсвещена ~~весь~~ торкет, падающие не далее, чем на $\frac{3}{4}r$ от оси и не менее, чем на $R = \frac{3}{2}r$ от оси \Rightarrow не обсвещена площадь $S_1 = \pi R^2 - \pi r^2$

$$S_1 = \pi r^2 \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = 9\pi r^2 \cdot \frac{3}{16} = \frac{27\pi r^2}{16} \quad S_1 = \frac{27\pi \cdot 16 \text{ см}^2}{16} = 27\pi \text{ см}^2$$

2) отразим всю систему от зеркала: тогда все лучи, можно считать, что проходят через зеркало прямые, а на "отраженном" экране светят точки, что и реальные лучи на реальном экране.

Лучи, которые не попали в линзу, пойдут дальше под углом α к оси (удаление от неё), и попадут на отр. экран на расстоянии $H = 2(h+l) \cdot \frac{F}{h} = r \cdot \frac{2(1+\frac{l}{h})}{\frac{1}{h}} = 3r$ от оси

Лучи, которые после первой линзы сбились к оси, пропадают (все) и во второй. Для неё они

будут идти в линейной истинке \Rightarrow на расстоянии $d_2 = 2h - 2 \cdot \frac{l}{2} = h$ дальше

\Rightarrow они сбьются на расстоянии d_2 за отраженной линзой: по ФТЛ $-\frac{1}{h} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} = \frac{3}{2h}$

$$\Rightarrow d_2 = \frac{2}{3}h$$



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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

После прекращения во 2 лице преподавателя (краине) лучи пулька будут идти под углом δ к оси.

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{r_2}{h-d_2} = \frac{r_3}{h-d_2}, \text{ где } r_2 - \text{радиус освещенного места на 2 лице}, \quad r_3 - \text{расстояние}$$

на котором эти лучи попадут на экран. $r_2 = h \cdot \operatorname{tg} \beta = h \cdot \frac{r}{2h} = \frac{r}{2}$

$$\Rightarrow r_3 = r_2 \cdot \frac{h-d_2}{d_2} = \frac{r}{2} \cdot \frac{h-\frac{2}{3}r}{\frac{2}{3}h} = \frac{r}{2} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{4}r$$

Таким образом, на экране будет видимо кружево тепло вокруг оси с радиусом $r_3 = \frac{3}{4}r$, а также все, что находится на $H = 3r$ и дальше от оси

$$\Rightarrow \text{площадь неосвещенной части } S_2 = \pi H^2 - \pi r_3^2 = \pi r^2 \left(9 - \frac{9}{16} \right) = 9\pi r^2 \cdot \frac{15}{16}$$

$$S_2 = 135\pi \cdot \frac{16 \text{ см}^2}{16} = 135\pi \text{ см}^2.$$

$$\text{Ответ: 1) } 27\pi \text{ (см}^2\text{); 2) } 135\pi \text{ (см}^2\text{)}$$



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.

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!



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.

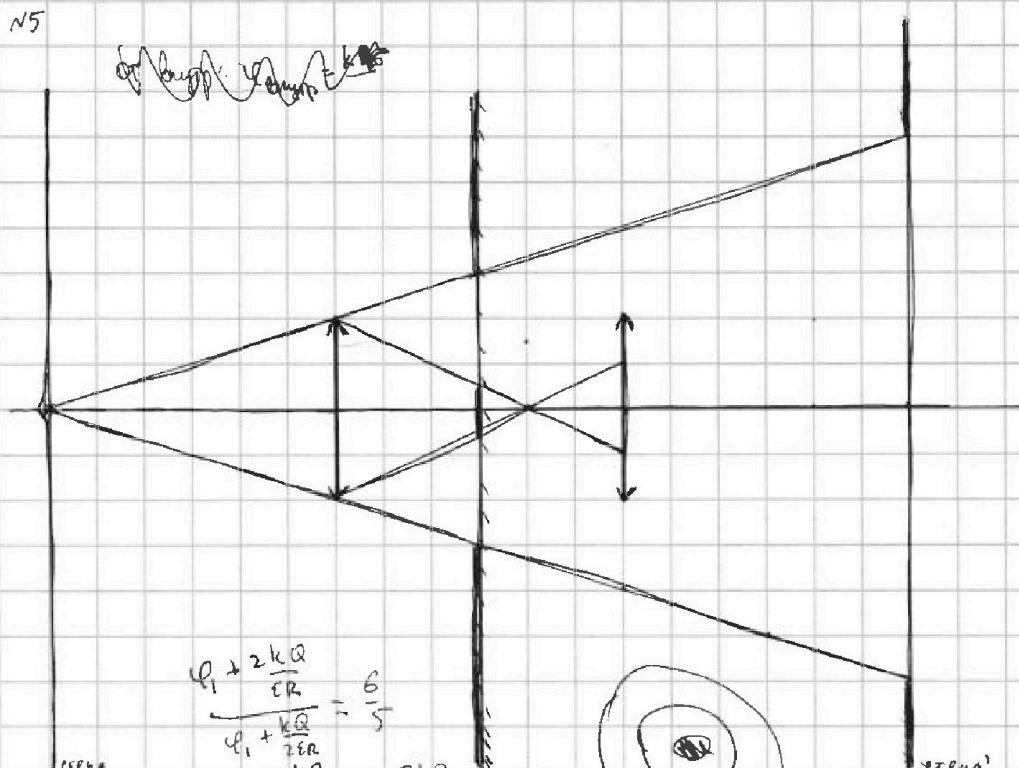
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 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!

N5

Бесконечный узел



$$\frac{q_1 + 2kQ}{\epsilon R} = \frac{6}{5}$$

$$5q_1 + 10kQ = 6q_1 + 3kQ$$

$$\frac{kQ}{R} \left(6 - \frac{5q_1}{11Q}\right) \frac{1}{2h} + \frac{1}{x} = \frac{3}{2h} \quad \frac{1}{x} = \frac{5}{2h}$$

$$1 + \frac{1}{11Q}$$

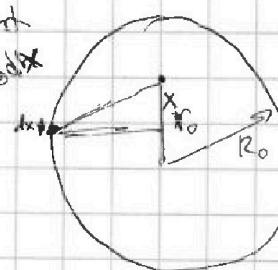
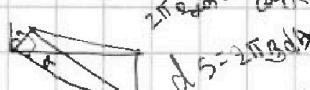
$$\frac{2}{5} \cdot 6 = \frac{12}{3} = 2,4$$

$$\frac{7kQ}{\epsilon R} = q_1$$

$$\frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon R^2} = \frac{Q + q_{\text{наг}}}{\epsilon R^2} \Rightarrow q_{\text{наг}} = Q \left(\frac{1}{2} - 1\right) \quad g_1 = \frac{Q \cdot \frac{1-\frac{1}{2}}{4\pi r^2}}{\epsilon R^2}$$

$$6 - \frac{5q_1}{11Q} = 1 + \frac{1}{11Q}$$

$$5 = \frac{55}{11Q}$$



$$x \in [R_0 - r_0, R_0 + r_0]$$

$$d\varphi = \frac{k \cdot 2\pi R_0 dx}{\sqrt{x^2 + R_0^2 - (r_0 - x)^2}}$$

$$d\varphi = \frac{k \cdot 2\pi R_0 \cdot dx}{\sqrt{R_0^2 - r_0^2 + 2r_0 x}} = \frac{k \cdot 2\pi R_0 \cdot d(x^2 - r_0^2 + 2r_0 x)}{2r_0 \sqrt{R_0^2 - r_0^2 + 2r_0 x}}$$

$$\varphi = \frac{k R_0}{r_0} \cdot \pi \cdot \cancel{2\pi} \cdot 2 \int_{R_0 - r_0}^{R_0 + r_0} \sqrt{R_0^2 - x^2 + 2r_0 x + 2r_0^2} dx = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$\frac{dx}{Jx} = \frac{dx}{x^2}$$

$$(r_0 + x)^2 - R_0^2 = (r_0 - x)^2 - R_0^2$$

$$r_0 \rightarrow R_0$$

$$R_0^2 + 2r_0 x - 3r_0^2 = 0$$

$$\varphi = \frac{k R_0}{r_0} \cdot 2\pi \int_{R_0 - r_0}^{R_0 + r_0} \sqrt{R_0^2 + 2r_0 x - 3r_0^2} dx$$



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

•

1

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!



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.

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!