



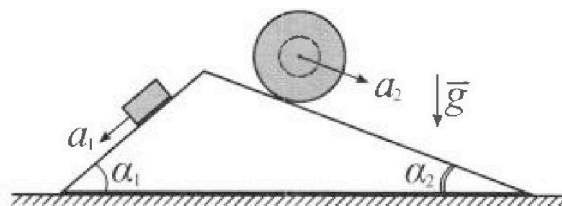
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



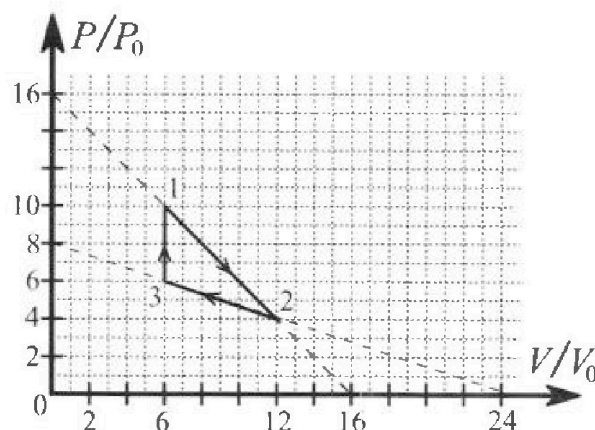
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

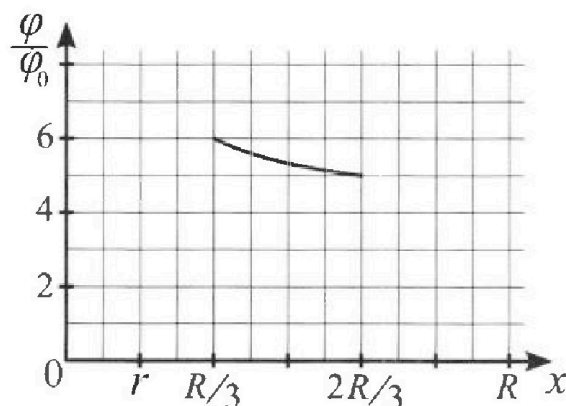
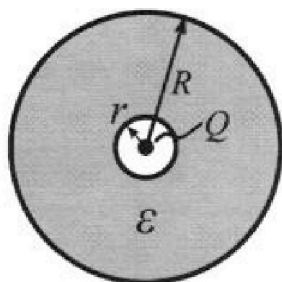


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .





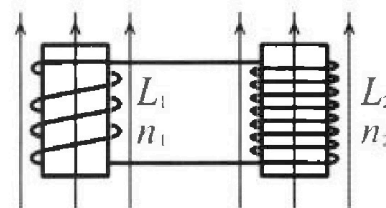
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

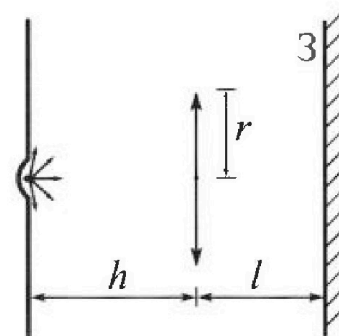


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой 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!

№ 1

$$a_1 = \frac{5g}{17}$$

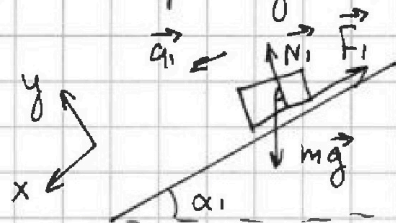
$$a_2 = \frac{8g}{27}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

$F_1 = ? F_2 = ? F_3 = ?$

1) Рассмотрим движение бруска:



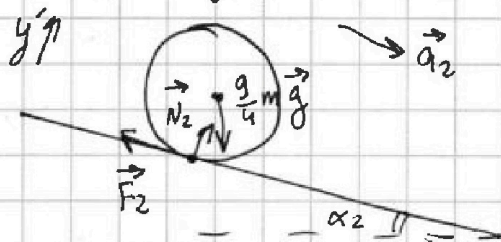
$$y: N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$x: mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$$

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1)$$

$$F_1 = m \left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5}{17} g \right) = mg \cdot \frac{51 - 25}{85} = \frac{26}{85} mg$$

2) Рассмотрим движение шара:



Уравнение моментов для центра шара:

$$F_2 R = \gamma \epsilon; \text{ для полного шара:}$$

$$\gamma = \frac{1}{2} MR^2 = \frac{1}{2} m R^2; F_2 R = \frac{1}{2} m R^2 \epsilon; F_2 = \frac{1}{2} m \epsilon R, \text{ где } \epsilon - \text{угловое}$$

ускорение крайней точки шара, R - радиус шара, γ - момент инерции шара

Заметим, что за равные промежутки времени длина дуги, которую описывает относительно центра шара точка на его поверхности, равна перемещению центра шара. Тогда и ускорение этой точки совпадает с ускорением шара: $a = a_2$



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 ☐

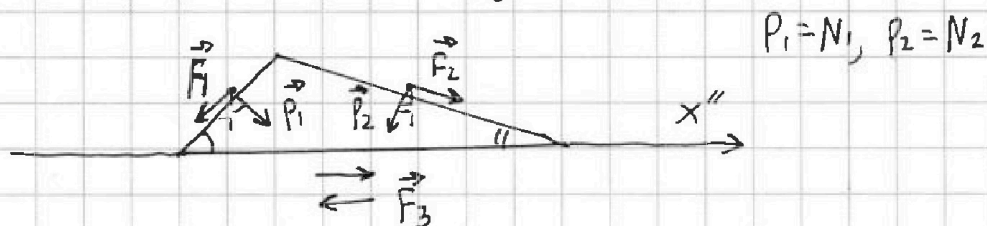
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$$\varepsilon = \frac{a}{R}; \varepsilon = \frac{a_2}{R}; F_2 = \frac{9}{4} m \cdot \frac{a_2}{R} R = \frac{9}{4} m a_2; F_2 = \frac{9}{4} m \cdot \frac{8g}{24} = \frac{2}{3} mg$$

$$y': N_2 = \frac{9}{4} mg \cos \alpha_2$$

3) Рассмотрим силы, действующие на клин:



$$x'': F_2 \cos \alpha_2 + P_1 \sin \alpha_1 = F_1 \cos \alpha_1 + P_2 \sin \alpha_2 + F_3$$

$$F_3 = F_2 \cos \alpha_2 + N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 = \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{15}{17} + \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{9}{4} \cdot \frac{15}{17} \right) mg = \left(\frac{30}{51} + \frac{12}{25} - \frac{104}{17 \cdot 25} - \frac{135}{4 \cdot 17} \right) mg = \left(\frac{120 - 405}{12 \cdot 17} + \frac{204 - 104}{17 \cdot 25} \right) mg = \left(\frac{4}{17} - \frac{285}{17 \cdot 12} \right) mg = -mg \cdot \frac{285 - 48}{17 \cdot 12} = -\frac{237}{17 \cdot 12} mg = -\frac{79}{68} mg$$

$$|F_3| = \frac{79}{68} mg$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{26}{85} mg$ 2) $F_2 = \frac{2}{3} mg$ 3) $F_3 = \frac{79}{68} mg$



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 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!

N 2

1) Найдём $|\Delta U_{12}|$ - модуль приращения вн. эн. в процессе 1-2

$$|\Delta U_{12}| = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2) = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 48 p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 12 p_0 V_0$$

$$|\Delta U_{12}| = 18 p_0 V_0$$

Найдём работу газа за цикл как разность площадей треугольников с координатами вершин $A(6;4)$, $B(6;10)$, $C(12;4)$ и $A_0(6;4)$,

и $D(6;6)$, $C(12;4)$

$$S_{ABC} = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 6 = 18, A_{ABC} = 18 p_0 V_0$$

$$S_{ADC} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6 = 6, A_{ADC} = 6 p_0 V_0$$

$$A_{\text{ц}} = A_{ABC} - A_{ADC} = 12 p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{\text{ц}}} = \frac{18}{12} = \frac{6}{4} = 1,5$$

2) Зависимость давления газа от объёма в процессе 1-2:

$$p(V) = 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V; pV = \nu R T \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R}$$

$$T(V) = \frac{V(16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V)}{\nu R}; T(V) = T_{\text{max}} \Rightarrow T'(V) = 0$$

$$T'(V) = \frac{16 p_0 - 2 \frac{p_0}{V_0} V}{\nu R} = 0; V = 8 V_0 \text{ проверим знак производной:}$$

$$T'(V) \begin{array}{c} + \\ - \end{array} \xrightarrow{8 V_0} V = 8 V_0 - \text{точка максимума}$$



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!

$$T_{\max} = T(16 p_0 - 8 \frac{p_0}{V_0} V_0) = \frac{(16 p_0 - 8 \frac{p_0}{V_0} V_0) \cdot 8 V_0}{2R} = 64 \frac{p_0 V_0}{2R}$$

Найдём температуру в состоянии 3:

$$36 p_0 V_0 = 2R T_3; \quad T_3 = 36 \frac{p_0 V_0}{2R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$

$$3) \quad \eta = \frac{A_{\text{ч}}}{Q^+} \cdot 100\%, \quad \text{где } Q^+ - \text{кол. теплоты, полученное газом}$$

В процессе 1-2 теплоёмкость газа меняет знак.

Пусть это происходит в точке $x (V_x; p_x)$

$$C=0 \Rightarrow \frac{\delta Q}{dT} = 0; \quad \delta Q = \delta A + dU; \quad \delta Q = p dV + \frac{3}{2} (p dV + V dp) =$$

$$= \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp; \quad p(V) = 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \Rightarrow dp = - \frac{p_0}{V_0} dV$$

$$\delta Q = \frac{5}{2} (16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V) dV + \frac{3}{2} V (- \frac{p_0}{V_0}) dV = 40 p_0 dV - \frac{5}{2} \cdot \frac{p_0 V}{V_0} dV - \frac{3}{2} \cdot$$

$$\cdot \frac{p_0 V}{V_0} dV; \quad \delta Q = dV (40 p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V)$$

$$\delta Q = 0, \quad dV \neq 0 \Rightarrow 40 p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V = 0 \Rightarrow V = 10 V_0, \quad V_x = 10 V_0, \quad p_x =$$

$$= 16 p_0 - 10 p_0 = 6 p_0$$

До точки x газ получает тепло. Найдём Q_1 - количество теплоты, полученное газом в процессе 1-2.

$$Q_1 = \frac{10 p_0 + 6 p_0}{2} \cdot 4 V_0 + \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) = 32 p_0 V_0$$



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
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!

$$Q^+ = Q_{31} + Q_1, \text{ где } Q_{31} - \text{ кол. теплоты, полученное в процессе 3-1}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 24 p_0 V_0 = 36 p_0 V_0$$

$$Q^+ = 68 p_0 V_0; \quad \eta = \frac{12}{68} = \frac{3}{17}$$

$$\text{Ответ: 1) } 1,5 \quad 2) \frac{16}{9} \quad 3) \frac{3}{17}$$



1 2 3 4 5 6 7

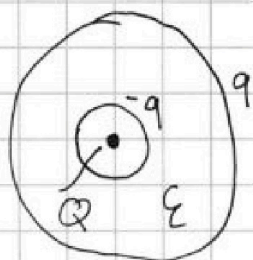
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

N 3

Когда внутри диэлектрика расположим заряд, материал диэлектрика поляризуется: его внутренняя и внешняя поверхности приобретают одинаковый по модулю и противоположный по знаку заряд (в толще диэлектрика заряда нет, т.к. поляризованные молекулы компенсируют заряд рядом расположенных "соседей")



Таким образом, можно заметить диэлектрик на две равномерно заряженные сферы. Напряжённость поля внутри диэлектрика

равна: $E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$; с другой стороны: $E(x) = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2}$

$$\frac{kQ}{\epsilon x^2} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2}; \quad \frac{Q}{\epsilon} = Q - q; \quad q = Q \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$

Тогда потенциал внутри диэлектрика: $\varphi_1(x) = \frac{kQ}{x} + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon}$

для $x \leq R$ и $\varphi_2(x) = \frac{kQ}{x} + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{x}$ для $R \leq x \leq R$

$$\varphi_1(x) = \frac{kQ}{x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon R} - \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon \epsilon} = \frac{kQ}{x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)(R - R)}{\epsilon R \epsilon}$$

$$\begin{aligned} \varphi_2(x) &= \frac{kQ}{x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon R} - \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon x} = \frac{kQ(\epsilon - \epsilon + 1)}{\epsilon x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon R} \\ &= \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon R} \end{aligned}$$



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!

$$1) \varphi\left(\frac{11R}{12}\right) = \begin{cases} \frac{12kQ}{11R} + \frac{kQ(\varepsilon-1)(\gamma-R)}{\varepsilon R \gamma}, & \text{для } \gamma \geq \frac{11R}{12} \\ \frac{12kQ}{11R\varepsilon} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{R\varepsilon} = \frac{kQ(\varepsilon+1)}{11R\varepsilon}, & \gamma \leq \frac{11R}{12} \end{cases}$$

$$2) \varphi_2\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{3kQ}{\varepsilon R} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon R} = \frac{kQ(\varepsilon+2)}{\varepsilon R}$$

$$\varphi_2\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{3kQ}{2\varepsilon R} + \frac{kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon R} = \frac{kQ(2\varepsilon+1)}{2\varepsilon R}$$

из графика: $\frac{\varphi_2\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi_2\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{6}{5} \Rightarrow \frac{kQ(\varepsilon+2)}{\varepsilon R} \cdot \frac{2\varepsilon R}{kQ(2\varepsilon+1)} = \frac{6}{5}$

$$\frac{2(\varepsilon+2)}{2\varepsilon+1} = \frac{6}{5}; \quad \frac{\varepsilon+2}{2\varepsilon+1} = \frac{3}{5}; \quad 5\varepsilon+10 = 6\varepsilon+3; \quad \varepsilon = 7$$

Ответ: 1) $\frac{12kQ}{11R} + \frac{kQ(\varepsilon-1)(\gamma-R)}{\varepsilon R \gamma}, \text{ для } \gamma \geq \frac{11R}{12};$

$$\frac{kQ(11\varepsilon+1)}{11R\varepsilon}, \text{ для } \gamma \leq \frac{11R}{12}$$

2) 7



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!

N 4

$$L_1 = L$$

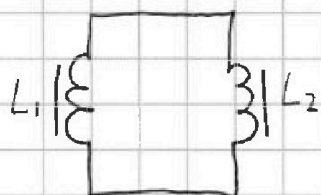
$$L_2 = \frac{3}{4}L$$

$$n_1 = n$$

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

S

Изобразим катушки на схеме:



1) Когда поле катушки умень-
 шается:

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0, \text{ т.к. сопротивле-}$$

ние в цепи мало $\mathcal{E}_{1,2} \gg \mathcal{E}$ индукции в катушках

1) $\left| \frac{dY}{dt} \right| = ?$

1 и 2, совм.

$$\mathcal{E}_1 = - \frac{d\Phi_1}{dt} = - \frac{d\Phi_{\text{ск1}}}{dt} + L_1 \frac{dY}{dt}; \Phi_{\text{ск1}} = B n S,$$

$$\mathcal{E}_1 = - \frac{n S dB}{dt} - L_1 \frac{dY}{dt} = \alpha n S - L_1 \frac{dY}{dt}$$

$$\mathcal{E}_2 = - L_2 \frac{dY}{dt}; \alpha n S - L_1 \frac{dY}{dt} - L_2 \frac{dY}{dt} = 0; \frac{dY}{dt} = \frac{\alpha n S}{L_1 + L_2} = \frac{4 \alpha n S}{13 L}$$

2) $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0; \frac{d\Phi_{\text{ск1}}}{dt} + \frac{d\Phi_{\text{ск2}}}{dt} + (L_1 + L_2) \frac{dY}{dt} = 0 \quad | \cdot dt$

$$d\Phi_{\text{ск1}} + d\Phi_{\text{ск2}} + (L_1 + L_2) dY = 0; (L_1 + L_2) dY = - (d\Phi_{\text{ск1}} + d\Phi_{\text{ск2}})$$

$$(L_1 + L_2) dY = - (n S dB_1 + \frac{3}{2} n S dB_2)$$

$$(L_1 + L_2) \Delta Y = - n S (\Delta B_1 + \frac{3}{2} \Delta B_2); (L_1 + L_2) (Y - 0) = - n S (\frac{3B_0}{4} - B_0 + \frac{3}{2} \cdot \frac{8B_0}{3} - \frac{3}{2} \cdot 4B_0); Y(L_1 + L_2) = n S (B_0 - \frac{3B_0}{4} + 6B_0 - 4B_0)$$

$$Y(L_1 + L_2) = n S (3B_0 - \frac{3B_0}{4}); \frac{13}{4} Y L = \frac{9B_0 n S}{4}; Y = \frac{9}{13} \frac{B_0 n S}{L}$$



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
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!

Answer: 1) $\frac{4 \text{ ans}}{13L}$ 2) $\frac{9 \text{ ans}}{13L}$



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!

N 5

$$h$$

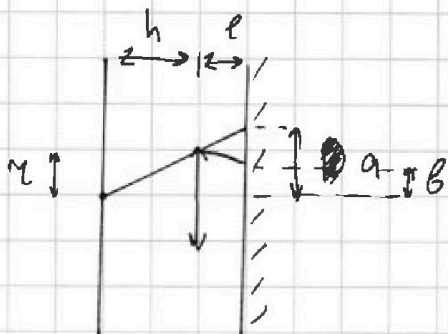
$$F = \frac{2}{3} h$$

$$z = 4 \text{ cm}$$

$$l = \frac{h}{2}$$

1) S_1 - ?

2) S_2 - ?



1) Часть зеркала будет
неосвещенной, т.к. если луч
проходит чуть выше линзы, он
не преломляется и падает на

зеркало выше, чем преломленный луч ниже линзы.

Пусть b - радиус начала тени, a - радиус конца тени

$$\text{Из подобия: } \frac{a}{z} = \frac{l+h}{h} \Rightarrow a = z \frac{l+h}{h} = \frac{3}{2} z$$

Найдем расстояние от изображения лампочки до линзы с помощью

формулы тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f}$ где f - искомое расстояние

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{h} = \frac{3}{2h} - \frac{1}{h} = \frac{1}{2h} ; f = 2h$$

$$\text{Из другого подобия: } \frac{z}{b} = \frac{f}{f-l} ; z = b \frac{f}{f-l} ; b = z \frac{f-l}{f} =$$

$$= z \cdot \frac{2h - 0,5h}{2h} = z \cdot \frac{3}{4}$$

S_1 - площадь между окружностями с радиусами a и b

$$S_1 = \pi (a^2 - b^2) = \pi z^2 \cdot \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = \frac{27}{16} \pi z^2 = 27 \pi \text{ cm}^2$$

2) Рассмотрим потоки изображений лампочки после каждого
изменения направления хода лучей



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!

Найдём параметр X - точки пересечения трапециевидного луча с линзой:

$$\frac{b}{OX} = \frac{h+l}{h} ; OX = b \frac{h}{h+l} = \frac{3}{4}z \cdot \frac{2h}{3h} = \frac{z}{2}$$

$$\text{или } \frac{OX}{b'} = \frac{OS_3}{SS_3} ; b' = OX \frac{SS_3}{OS_3} = OX \cdot \frac{h-OS_3}{OS_3} = \frac{z}{2} \cdot \frac{3}{5}h \cdot \frac{5}{2h}$$

$$b' = \frac{3}{4}z$$

теперь найдём a' :

$$\frac{a}{a'} = \frac{OS^*}{S^*S} ; \frac{a}{a'} = \frac{h+l+l}{2(h+l)} ; a' = a \cdot \frac{2(h+0,5h)}{h+2l} =$$

$$= a \cdot \frac{3}{2}$$

$$S_2 = \bar{n}(a'^2 - b'^2) = \bar{n}z^2 \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = \frac{27}{16} \bar{n}z^2 = 27\bar{n} \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $27\bar{n}$ 2) $27\bar{n}$

$$\frac{a}{a'} = \frac{S^*Z}{S^*S} ; a' = a \frac{S^*S}{S^*Z} = a \frac{2(h+l)}{h+l} = 2a = 3z$$

$$S_2 = \bar{n}(a'^2 - b'^2) = \bar{n}z^2 \left(9 - \frac{9}{16} \right) = 16\bar{n} \cdot \left(9 - \frac{9}{16} \right) = \bar{n}(9 \cdot 16 - 9) =$$

$$= 135\bar{n} \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $27\bar{n}$ 2) $135\bar{n}$

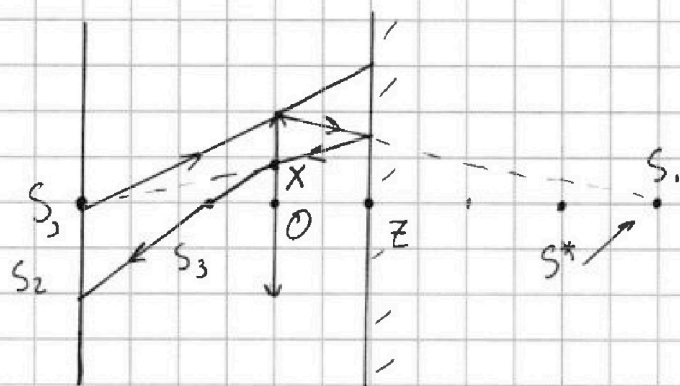


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



S - положение лампы

S_1 - положение I изображения при отсутствии зеркала

S_2 - положение отражённого изображения

S_3 - последнее изображение лампы

Заметим, что крайний луч, преломившись 2 раза в воде, отклоняется на максимальный угол от горизонтали, поэтому он будет являться границей тени. Обозначим расстояние от оптической оси до пересечения граничного луча со стеной за b' .

Другой границей тени будет являться тот же луч, идущий чуть выше воды. После отражения от зеркала он пойдёт так, будто он исходил от источника S^* . Обозначим расстояние от оптической оси до пересечения этого луча со стеной за a' .

$$ZS_1 = ZS_2 \Rightarrow ZS_2 = f - l = 2h - \frac{h}{2} = \frac{3}{2}h$$

$$OS_2 = ZS_2 - l = h$$

Найдём положение S_3 : $\frac{1}{f} = \frac{1}{OS_3} - \frac{1}{OS_2}$; $\frac{1}{OS_3} = \frac{3}{2h} + \frac{1}{h} = \frac{5}{2h}$

$$OS_3 = \frac{2}{5}h$$



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
☐

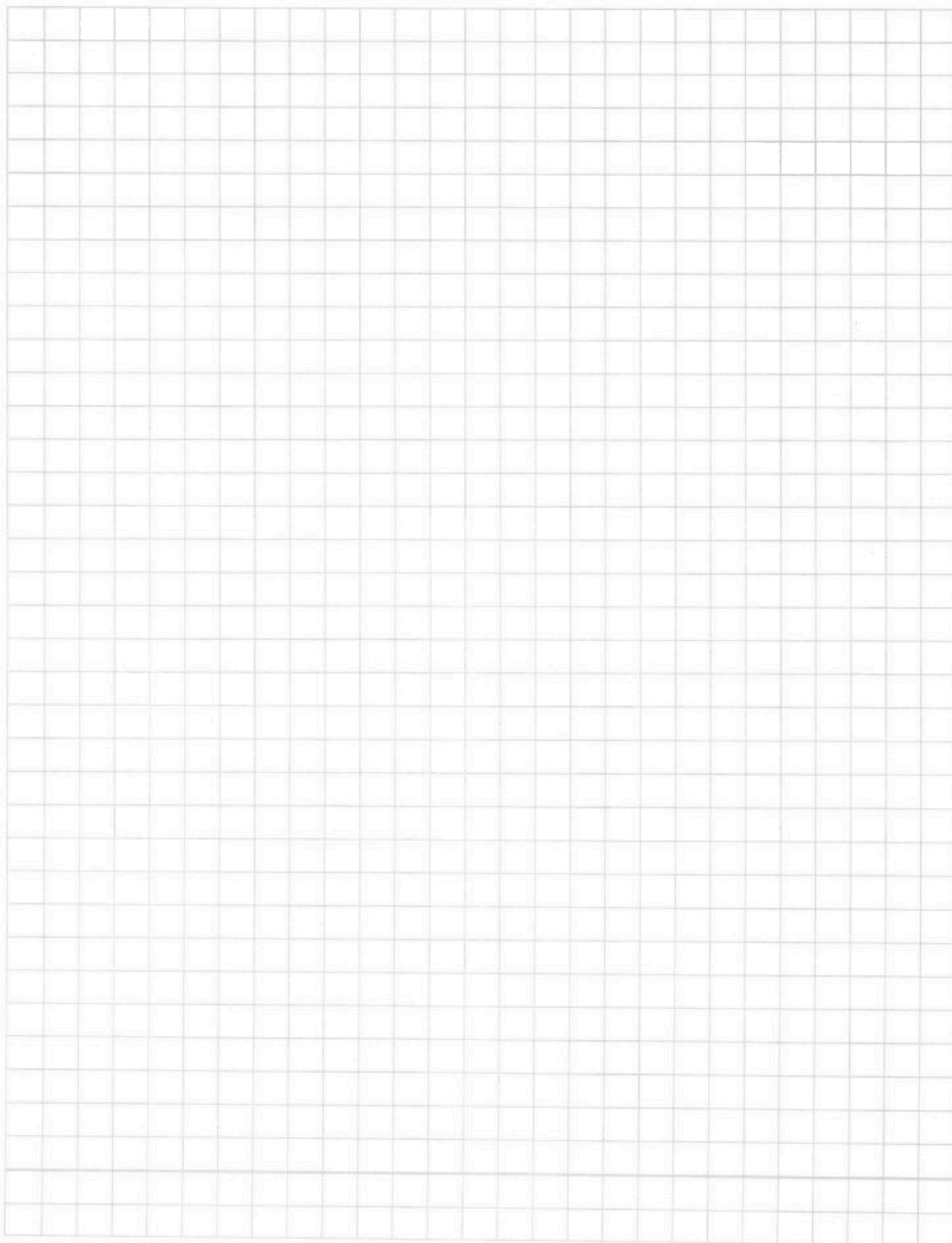
5
☐

6
☐

7
☐

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.

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!

$\Sigma M = J \varepsilon; J = m R^2; \varepsilon = \frac{F_{mp} R}{m R^2}; \varepsilon = \frac{F_{mp}}{m R}; a = \frac{a}{R}; a = \frac{F_{mp}}{m}$

$F_{mp} R = m R^2 \varepsilon; \varepsilon = \frac{F_{mp}}{m R}; a = \frac{a}{R}; a = \frac{F_{mp}}{m}$

$\frac{17}{12} \times 12 = 34$
 $\frac{135}{3} = 405$
 $\frac{4}{5} = \frac{16}{x}; x = \frac{16}{4} = 4$

$245 - 8 - 237 = 204$
 $285 - 0 = 285$

$E = \frac{kQ}{\varepsilon x^2}$

$E = -\frac{d\varphi}{dx}$

$\varphi = -\int E dx = -\int \frac{kQ}{\varepsilon x^2} dx = \frac{kQ}{\varepsilon x}$

$\frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} = \frac{kQ}{\varepsilon x^2}; Q - q = \frac{Q}{\varepsilon}; q = Q \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$

$150 - 15 = 135$