



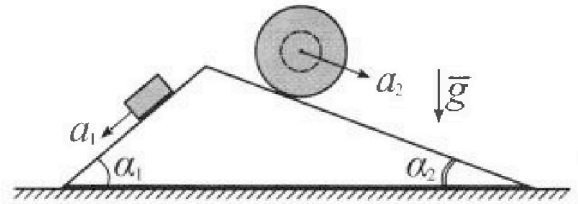
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (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.

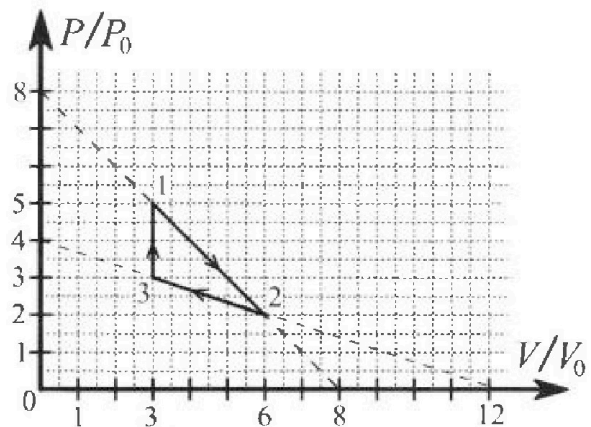


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

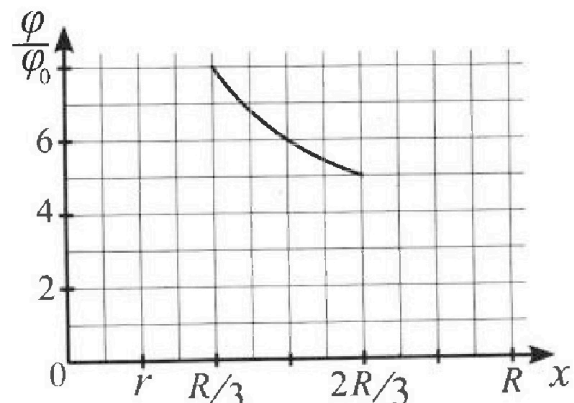
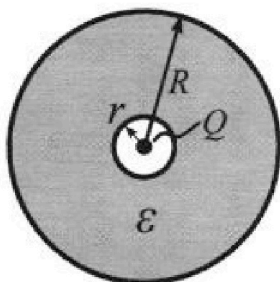
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





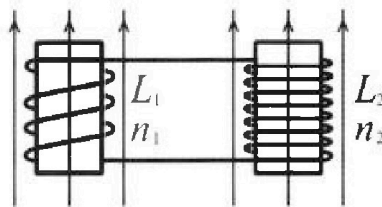
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

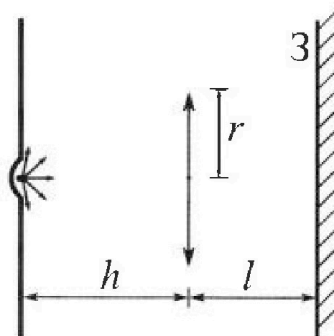


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, 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 $F = 2h$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 2$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h$ 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.

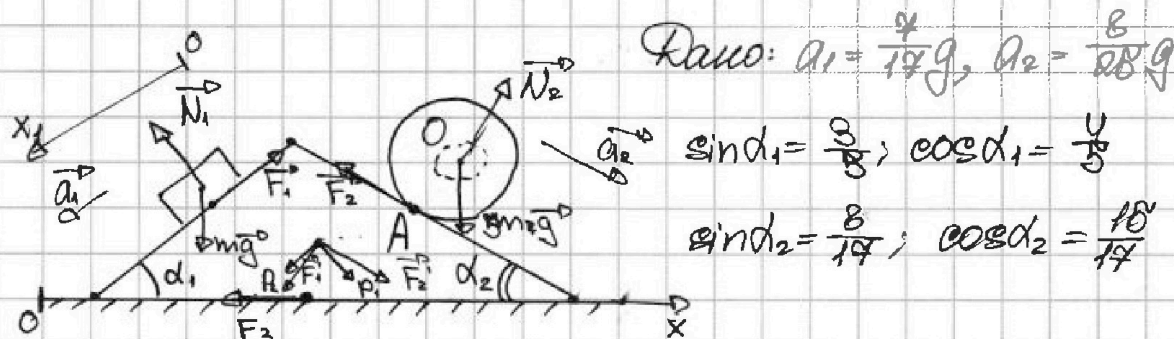


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

01



1) $F_1 = ?$

Проекция II закона Ньютона на Ox_1 :

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1 \rightarrow F_1 = mg \left(\sin \alpha_1 - \frac{4}{14} \right) = \frac{16}{25}mg$$

2) $F_2 = ?$

Пусть инертность шара I , угловое ускорение ϵ , а радиус большой окружности R .

Тогда $a_2 = \epsilon R$.

Вращение вокруг O : $I\epsilon = F_{тр}R$.

Вращение вокруг A : $(I + 5mR^2)\epsilon = 5mg \cdot R \sin \alpha_2$

Решая систему, получаем: $F_2 = 5mg \sin \alpha_2 - 5ma_2 =$
 $= 5mg \left(\frac{8}{14} - \frac{8}{25} \right) = 40mg \cdot \frac{8}{14 \cdot 25} = \frac{64}{25}mg$

3) $N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}mg$; $N_2 = 5mg \cos \alpha_2 = \frac{45}{14}mg$

Проекция II закона Ньютона для клина на Ox :

$$F_2 \cos \alpha_2 + N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 = F_3$$



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.



СТРАНИЦА

2 из 2

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

$$F_3 = \frac{84}{88} mg \cdot \frac{16}{17} + \frac{4}{8} mg \cdot \frac{3}{5} - \frac{16}{88} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{45}{17} mg \cdot \frac{8}{17} =$$
$$= -\frac{92}{85} mg. (\vec{F}_3 \text{ направлена вправо}, |\vec{F}_3| = \frac{92}{85} mg)$$

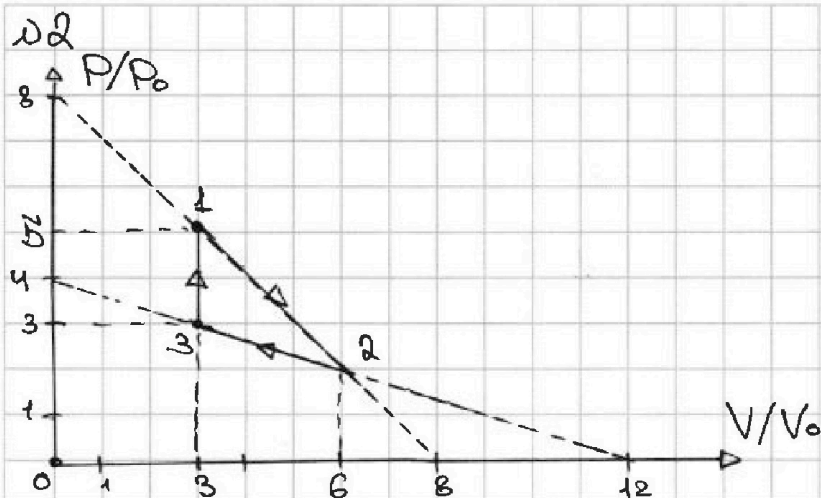
Ответ: 1) $\frac{16}{85} mg$; 2) $\frac{84}{85} mg$; $\frac{92}{85} mg$, вправо;



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!



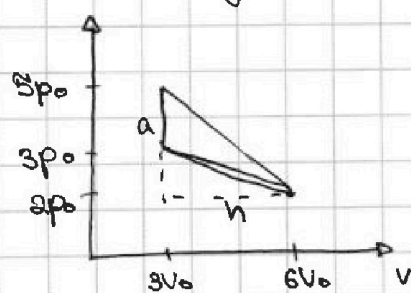
1) $\frac{\Delta U_{31}}{A_{12}} = ?$ (отношение приращения внутренней энергии в 3-1 к работе за цикл)

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3)$$

$$p_1 = 5p_0, p_3 = 3p_0, V_1 = V_3 = 3V_0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (5p_0 V_0 - 3p_0 V_0) = 3p_0 V_0$$

A_{12} найдем как площадь:



$$h = 3V_0$$

$$a = 2p_0$$

$$S = \frac{1}{2} a \cdot h = 3p_0 V_0 = A_{12}$$

$$\text{Тогда } \frac{\Delta U_{31}}{A_{12}} = \frac{3p_0 V_0}{3p_0 V_0} = 3.$$

2) Пусть $y = \frac{P}{P_0}$, $x = \frac{V}{V_0}$; процесс 1-2 лежит на прямой $y = 8 - x \Rightarrow p = p_0 (8 - \frac{V}{V_0})$



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!

$$pV = \nu RT \rightarrow p_0 \left(8V_0 - \frac{V_0^2}{V_0} \right) = \nu RT$$

$$\frac{V_0}{2} = \frac{-8}{2 \cdot (-\frac{1}{V_0})} = 4V_0 - \text{вершина параболы}$$

$$p_0 (32V_0 - 16V_0) = \nu RT_{\max} \rightarrow T_{\max} = \frac{16p_0V_0}{\nu R}$$

$$p_2 = 2p_0, V_2 = 3V_0$$

$$p_2 V_2 = \nu RT_2 \rightarrow T_2 = \frac{12p_0V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{4}{3}$$

$$3) \eta = ?$$

$$\text{1-2): газ получает тепло: } Q_{12} = \frac{3}{2} (12p_0V_0 - 16p_0V_0) + \frac{1}{2} (3p_0 + 2p_0) \cdot 3V_0 = -\frac{3}{2} p_0V_0 + \frac{21}{2} p_0V_0 = 9p_0V_0$$

$$\text{2-3): газ отдаёт тепло}$$

$$\text{3-1): газ получает тепло } Q_{31} = \frac{3}{2} \Delta U_{31} = 9p_0V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{A}{Q_{12} + Q_{31}} = \frac{3p_0V_0}{9p_0V_0 + 9p_0V_0} = 0,2 = \frac{1}{5}$$

$$\text{Ответ: 1) 3; 2) } \frac{4}{3}; \text{ 3) } \frac{1}{5}$$

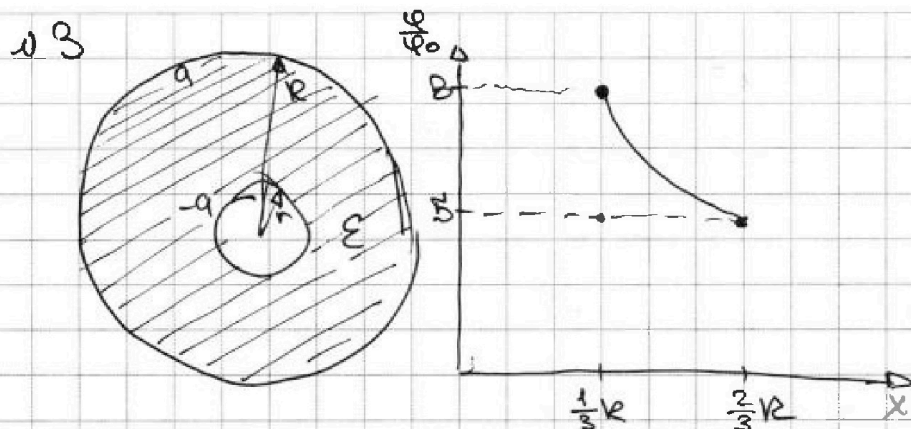


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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) Даны: $r, R, Q, \epsilon, x = \frac{3}{4}R$; $\varphi(x) = ?$

Пусть на внутренней сфере диэлектрика индуцировался заряд $-q$, а на внешней q .

2.

Рассмотрим произвольную точку внутри диэлектрика.

Без диэлектрика в ней было бы поле

$$E_0 = \frac{kQ}{x^2}$$

С диэлектриком: $E = \frac{E_0}{\epsilon} = E_0 - \frac{kq}{x^2}$, откуда находим, что $q = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} Q$

$$\text{В точке } x \text{ потенциал } \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kQ}{R} =$$

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

$$\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{\epsilon \cdot \frac{3}{4}R} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) = \frac{(1 + 3\epsilon)Q}{12\pi\epsilon_0 \epsilon R}$$



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.

☐☐☒☐☐☐☐

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!

2) $\varepsilon = ?$

По формуле из пункта (1):

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

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

По графику: $\varphi\left(\frac{1}{3}R\right) = 8\varphi_0$; $\varphi\left(\frac{2}{3}R\right) = 5\varphi_0$

$$\begin{cases} \frac{kQ(\varepsilon+2)}{\varepsilon R} = 8\varphi_0 \\ \frac{kQ(2\varepsilon+1)}{2\varepsilon R} = 5\varphi_0 \end{cases}$$

Решив уравнения, получаем $\frac{(\varepsilon+2) \cdot 2}{2\varepsilon+1} = \frac{8}{5}$

$$10\varepsilon+20 = 16\varepsilon+8$$

Отсюда $\varepsilon = 2$

Ответ: 1) $\frac{(1+3\varepsilon)Q}{18\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}$; 2) $\varepsilon = 2$;

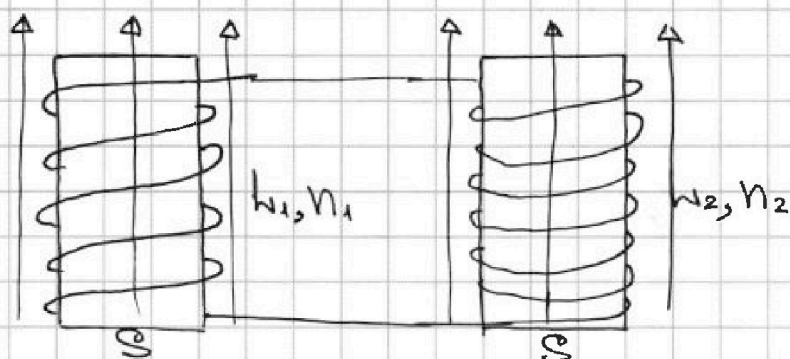


1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

24



Дано:

$$l_1 = l, l_2 = 9l, \\ N_1 = N, N_2 = 3N, \\ S$$

1) В катушке l_2 : $\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha$; $\dot{I} = ?$

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{S N \Delta B}{\Delta t} = S N \alpha$$

ЭДС, создаваемые катушками: $\mathcal{E} = (l_1 + l_2) \dot{I}$

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = \mathcal{E} \rightarrow \dot{I} = \frac{S N \alpha}{10l}$$

2) В катушке l_1 : $B_0 \rightarrow \frac{2}{3} B_0$

В катушке l_2 : $\frac{1}{3} B_0 \rightarrow \frac{1}{12} B_0$

$$-\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \dot{I} (l_1 + l_2) = \frac{\Delta I}{\Delta t} (l_1 + l_2)$$

Суммируем, получаем $-(\Phi_k - \Phi_n) = (I_k - 0) \cdot 10l$

$$\Phi_k = \frac{2}{3} B_0 S \cdot N_1 + \frac{1}{12} B_0 S \cdot N_2 = \frac{2 B_0 S N}{3} + \frac{B_0 S N}{4} = \frac{11 B_0 S N}{12}$$

$$\Phi_n = B_0 S \cdot N_1 + \frac{1}{3} B_0 S \cdot N_2 = 2 B_0 S N$$

$$I_k = \frac{2 B_0 S N - \frac{11}{12} B_0 S N}{10l} = \frac{13 B_0 S N}{120l}$$

Ответ: 1) $\frac{S N \alpha}{10l}$; 2) $\frac{13 B_0 S N}{120l}$;



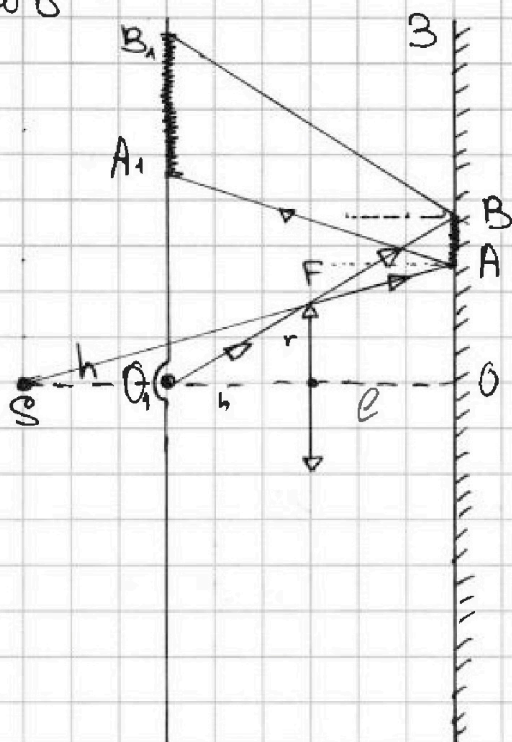
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

20



Дано: $F=2h, r=2a, l=h$

Решение:

$\frac{1}{2h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f}$ (формула тонкой линзы) $\rightarrow f = -2h$

1) Несовмещенная область зеркала.

$$\frac{OA}{r} = \frac{3h}{2h} \rightarrow OA = \frac{3}{2}r$$

$$\frac{OB}{r} = \frac{2h}{h} \rightarrow OB = 2r$$

$$S = \pi OB^2 - \pi OA^2 = \pi \left(4r^2 - \frac{9}{4}r^2 \right) = \frac{7}{4}\pi r^2$$

$$S = \frac{7}{4}\pi a^2$$

$$2) \frac{OA_1}{OA} = \frac{8h}{3h} = \frac{8}{3} \rightarrow OA_1 = \frac{8}{3}OA = \frac{8}{3} \cdot \frac{3}{2}r = 4r$$

$$\frac{OB_1}{OB} = \frac{4h}{2h} = 2 \rightarrow OB_1 = 2OB = 4r$$

$$S = \pi OB_1^2 - \pi OA_1^2 = \pi \left(\frac{16}{9}r^2 - 16r^2 \right) = \frac{16}{9}\pi r^2$$

$$S = \frac{16}{9}\pi a^2$$

$$S = \pi \left(\frac{25}{9}r^2 + 16r^2 \right) = \pi \frac{39}{9}r^2$$

$$S = 39\pi a^2$$

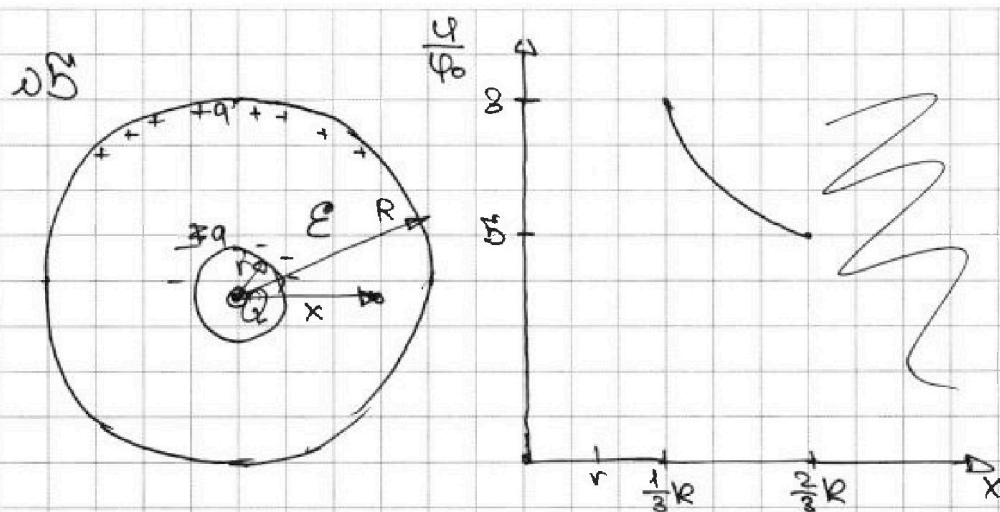
Ответ: 1) $\frac{7}{4}\pi a^2$; 2) $39\pi a^2$



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
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) Даны: $r, R, Q, \epsilon, x = \frac{3}{4}R, \varphi_x = ?$

Пусть на внутренней сфере диэлектрика индуцировался заряд $-q$, а на внешней q . Пусть. Рассмотрим произвольную точку внутри диэлектрика.

Без диэлектрика в ней было бы поле $E_0 = \frac{kQ}{x^2}$.

С диэлектриком: $E = \frac{E_0}{\epsilon} = E_0 - \frac{kq}{x^2}$.

Тогда $q = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$.

$$\varphi_x = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R} = kQ \left(\frac{1}{x} - \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{1}{x} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) =$$

$$= kQ \cdot \left(\frac{1}{\epsilon x} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right)$$

$$\text{При } x = \frac{3}{4}R: \varphi_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{4}{3\epsilon R} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) = \frac{Q(1 + 3\epsilon)}{12\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$

2) По формуле из пункта 1):



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!

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

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

$$\frac{\varphi\left(\frac{1}{3}R\right)}{\varphi_0} = 8 = \frac{kQ(2\varepsilon + 1)}{\varphi_0 \cdot 2\varepsilon R} \cdot \frac{kQ(\varepsilon + 2)}{\varphi_0 \varepsilon R} \quad \left| \rightarrow \right.$$

$$\frac{\varphi\left(\frac{2}{3}R\right)}{\varphi_0} = 8 = \frac{kQ(2\varepsilon + 1)}{\varphi_0 \cdot 2\varepsilon R}$$

Разделив, получаем: $\frac{\varepsilon + 2}{\varepsilon} \cdot \frac{2\varepsilon}{2\varepsilon + 1} = \frac{8}{8} ;$

$$10\varepsilon + 20 = 16\varepsilon + 8 ;$$

$$\varepsilon = 2$$

Ответ: 1) $\varphi = \frac{Q(1 + 3\varepsilon)}{12\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}$; 2) $\varepsilon = 2$;

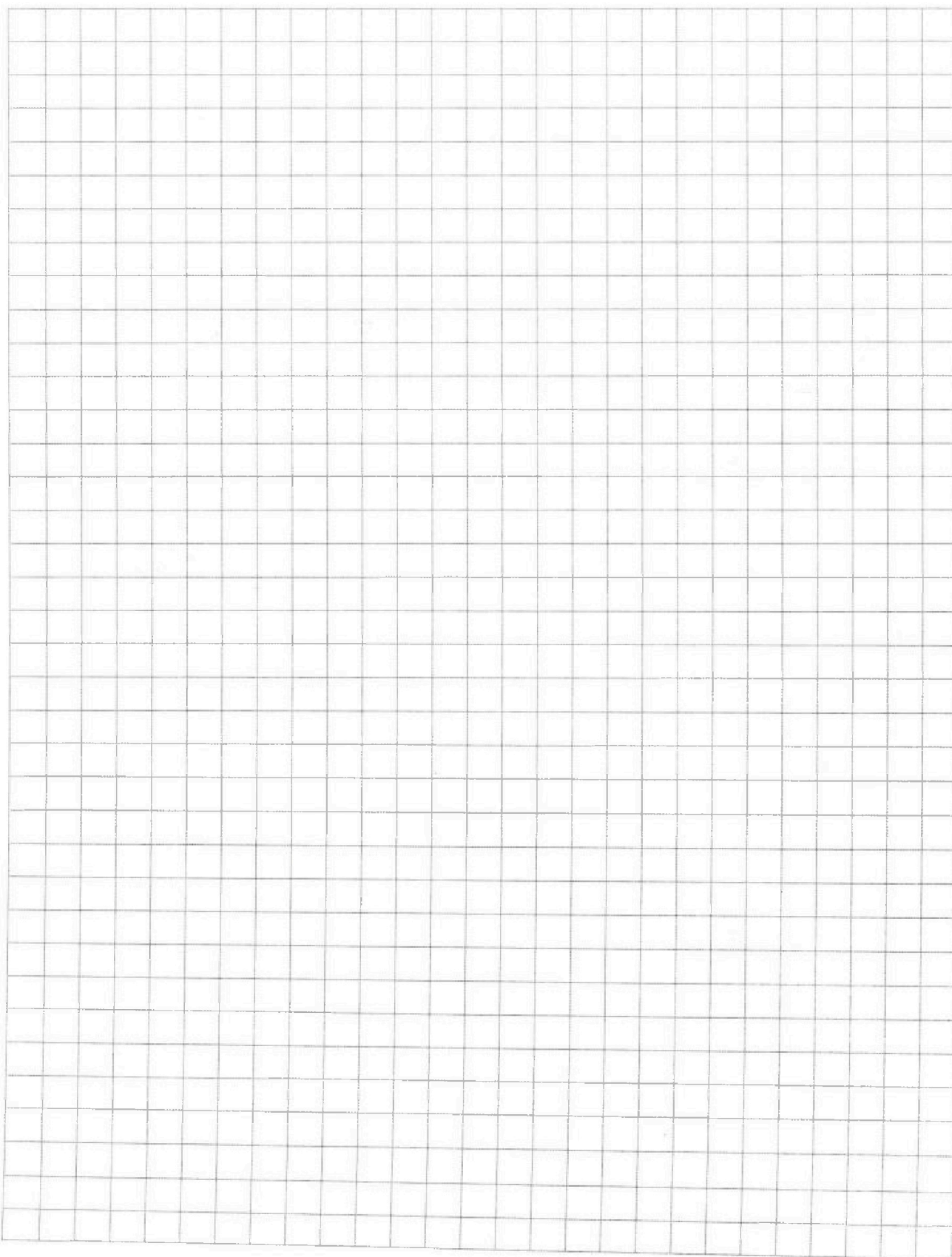


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

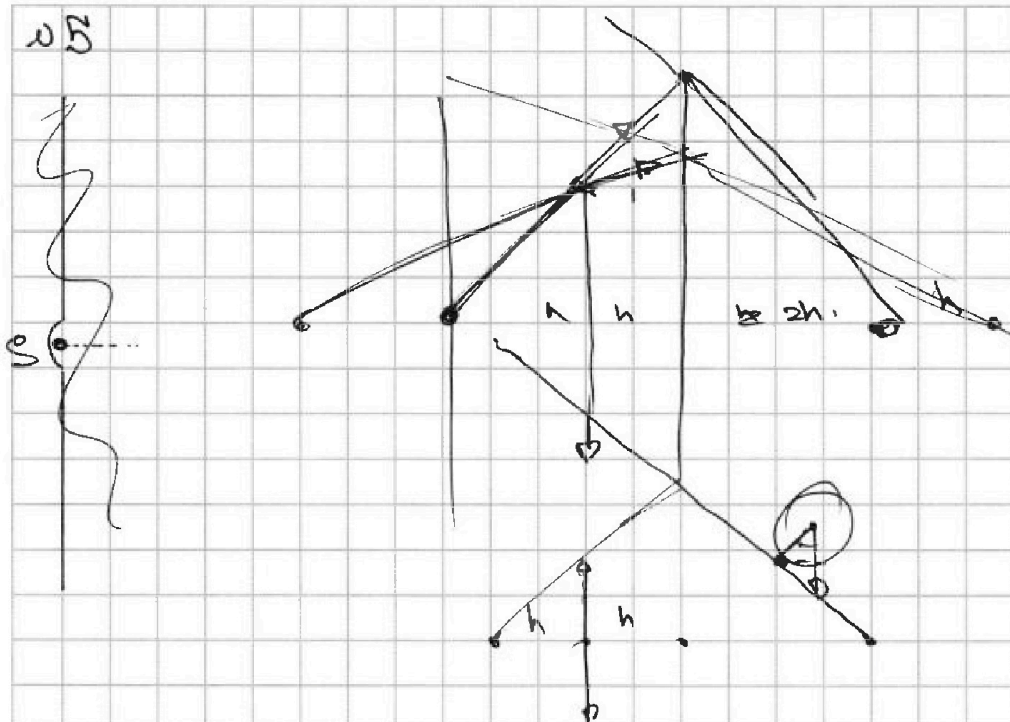


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

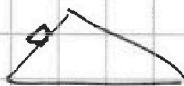
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



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



$$1) F_1 = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{7}{14} \right) = \frac{51-25}{80} mg = \frac{16}{80} mg$$

$$2) \frac{1}{2} (I + Br^2) \epsilon = 8mg R \sin \alpha_2$$

$F_2 R = I \epsilon$

$$F_2 R + 8mk^2 \epsilon = 8mg R \sin \alpha_2 \quad I \epsilon = F_2 R$$

$$a_2 = R \epsilon$$

$$F_2 + 8ma_2 = 8mg \sin \alpha_2$$

$$F_2 = 8mg \left(\frac{8}{14} - \frac{8}{28} \right) = 40mg \cdot \frac{25}{14 \cdot 28} = \frac{34}{80} mg$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg \quad N_2 = 8mg \cos \alpha_2 = \frac{45}{14} mg$$

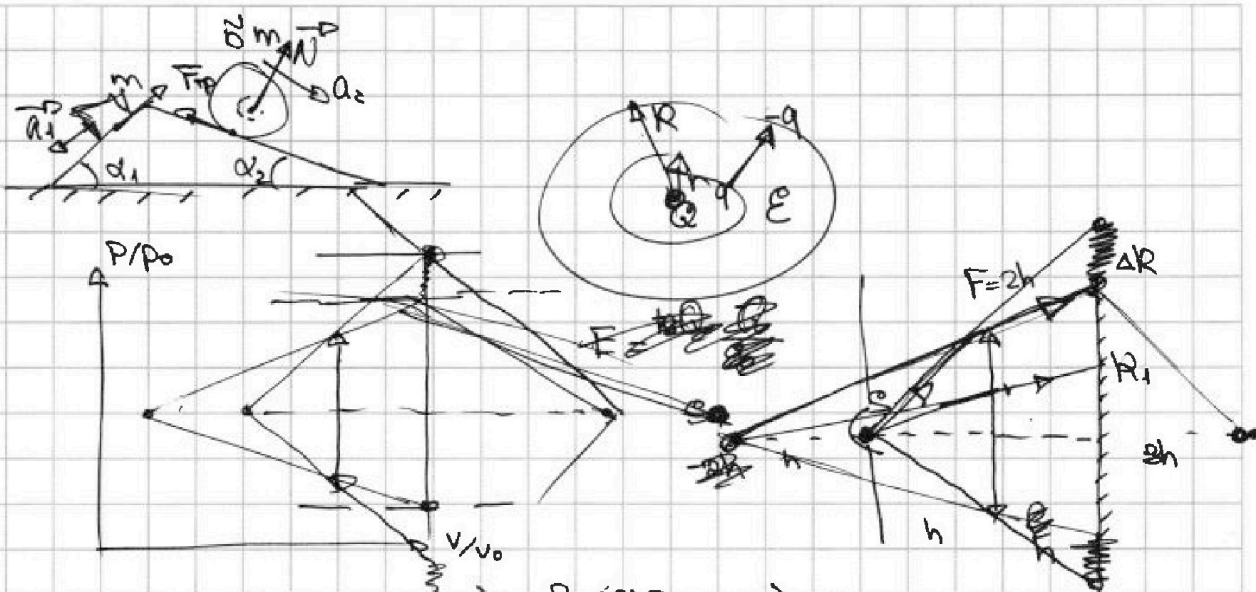


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



$$1) \Delta U_{31} = \frac{3}{2}(p_0 V_0 - 3p_0 V_0) = \frac{3}{2}(p_0 V_0 - 3p_0 V_0) = 9p_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 3V_0 = 3p_0 V_0$$

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

$$\frac{\Delta U_{31}}{A} = 3$$

$$2) \frac{p}{p_0} = 8 - \frac{V}{V_0}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{p}{p_0} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{\nu RT}{p_0 V_0} \quad (8 - \frac{V}{V_0}) \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{\nu RT}{p_0 V_0}$$

$$T_2 = \frac{12p_0 V_0}{5R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_2} = 1$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

$$T = \frac{p_0 V_0}{5R} \left(-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + 8\left(\frac{V}{V_0}\right) \right)$$

$$T_{\max} \rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{-8}{2 \cdot (-2)} = 2$$

$$T = \frac{p_0 V_0}{5R} (-4 + 16) = 12 \cdot \frac{p_0 V_0}{5R}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}(12p_0 V_0 - 18p_0 V_0) + \frac{1}{2}(8p_0 + 2p_0) \cdot 3V_0 =$$

$$= -\frac{9}{2}p_0 V_0 + \frac{21}{2}p_0 V_0 = 6p_0 V_0$$

$$Q_{23} < 0, Q_{31} = \frac{3}{2}(18p_0 V_0 - 9p_0 V_0) = 9p_0 V_0$$

$$Q_+ = 18p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{3}{18} = 0.2$$

$$\frac{R_1}{r} = \frac{8h}{2h} \rightarrow R_1 = \frac{3}{2}r$$

$$\frac{R_2}{r} = \frac{2h}{h} \rightarrow R_2 = 2r$$

$$S = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi r^2 \left(4 - \frac{9}{4} \right) =$$

$$= \frac{7}{4} \pi r^2$$

$$S = \frac{7}{4} \cdot 4 \pi = 7\pi \text{ см}^2$$

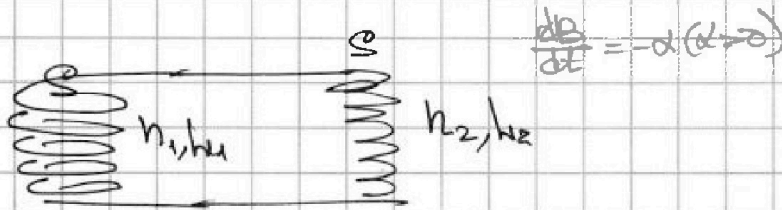
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{S N_1 dB}{dt} = S N_1 \alpha = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} \rightarrow \dot{I} = \frac{S N_1 \alpha}{L_1 + L_2} = \frac{S N_1 \alpha}{10 L}$$

$$L_1: B_0 \rightarrow \frac{2}{3} B_0$$

$$L_2: \frac{1}{3} B_0 \rightarrow \frac{1}{12} B_0$$

$$I = ?$$

$$\Phi_0 = S N_1 B_0 + S N_2 \cdot \frac{1}{3} B_0 = S N B_0 + S N B_0 = 2 S N B_0$$

$$\Phi = S N \cdot \frac{2}{3} B_0 + S \cdot 3 N \cdot \frac{1}{12} B_0 = S N B_0 \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{4} \right) = S N B_0 \cdot \frac{8+3}{12} = \frac{11}{12} S N B_0$$

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{\Delta t} L \Rightarrow (L_1 + L_2) (I - 0) = - \left(\frac{11}{12} S N B_0 - 2 S N B_0 \right) = \frac{13}{12} S N B_0$$

$$I = \frac{13 S N B_0}{100 L}$$



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

$$F_1 = m g \left(\frac{3}{5} - \frac{4}{14} \right) = \frac{51}{85} m g = \frac{35}{85} m g = \frac{10}{25} m g$$

$$a_2 = \frac{g}{2}$$

$$m R^2 \varepsilon = F_{\text{fr}} R$$

$$5 m R^2 \varepsilon = F_{\text{fr}} R$$

$$5 m a_2 = F_{\text{fr}}$$

$$5 m a_2 = F_2 + m g \sin \alpha_2$$

$$5 m \cdot \frac{g}{2} = F_2 + 8 m g \cdot \frac{8}{14}$$

$$F_2 = \left(\frac{3}{5} - \frac{10}{14} \right) g$$

$$\frac{8 \cdot 14 - 200}{5 \cdot 14}$$

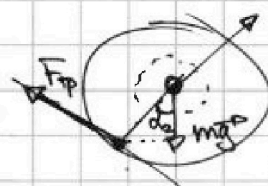
$$5 m a_2 R^2 = F_{\text{fr}} R$$



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!



$$F_0 = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kQ}{x^2} = \frac{kQ}{x^2}$$

$$F_1 = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kQ}{x^2} = \frac{kQ}{x^2}$$

$$Q - q = \frac{Q}{\epsilon}$$

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1 \rightarrow F_1 = mg \left(\frac{8}{8} - \frac{1}{14} \right) = \frac{3.14 - 3.6}{3.14} = \frac{81 - 35}{28} mg = \frac{46}{28} mg$$

$$a_2 = \omega R \quad \text{и} \quad mR^2 \omega = F_{Tp} \cdot R \quad q = (1 - \frac{1}{\epsilon}) Q$$

$$2mR^2 \cdot \epsilon = 2mgR \cdot \frac{8}{14} = 2 \cdot 3mk^2 \cdot \epsilon = 2 \cdot F_{Tp} R \quad F_2 = 5m \cdot \frac{8}{28} g = \frac{8}{5} mg$$

$$F_{Tp} = \frac{820}{14} mg$$

$$5mg \cdot 5m \cdot \frac{8}{28} g = mg \cdot \frac{8}{14} + F_2$$

$$F_2 = \left(\frac{8}{14} - \frac{8}{14} \right) mg = 2mg \cdot \frac{12}{5 \cdot 14} = kQ \left(\frac{1}{28x} + \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{R} \right) = \frac{120}{28 - 120} = \frac{120}{98}$$

$$F_3 = \frac{kQ}{R^2}$$

Итого E без диэлектрика

$$\varphi = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x - R} + \frac{kq}{R}$$

$$E_0 = \frac{kQ}{x^2} = kQ \cdot \left(\frac{4}{32R^2} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) = kQ \cdot \frac{1 + 3\epsilon}{32R}$$

$$\Delta E = \frac{kQ}{x^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) - \text{none} \quad \text{зарядов диэлектрика}$$

$$q = Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) \quad \varphi(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} - \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{x - R} - \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{R} \right)$$

$$\varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4}{32R} - \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{4 - 3\epsilon + 3}{32R} = \frac{7 - 3\epsilon}{32R} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\frac{61.3 \cdot 4}{14 \cdot 28g} + \frac{12}{25} - \frac{16 \cdot 8}{14 \cdot 5^2} - \frac{8}{28g} = \frac{8}{28g} (24 - 48) + \frac{12}{25 \cdot 14}$$

$$\cdot (12 \cdot 14 - 61) = \frac{-8}{14^2} \cdot 3.14 = -\frac{24}{14} + \frac{4 \cdot 4 \cdot 8}{14 \cdot 28} =$$

$$= \frac{28 - 24 \cdot 5}{14 \cdot 5} = -\frac{92}{70} mg \quad \varphi\left(\frac{3}{4}R\right) = kQ \left(\frac{3}{32R} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) = kQ \cdot \frac{2\epsilon + 1}{2\epsilon R} = 54$$



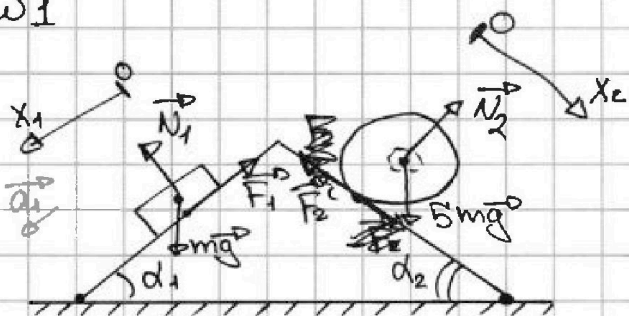
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

У1



$$\varphi = \frac{kx}{x} - \frac{kx}{x} + \frac{kx}{R}$$

$$\varphi_A = \frac{kx}{R} - \frac{kx}{R} \quad \varphi_B = \frac{kx}{R} - \frac{kx}{R} \quad \Delta\varphi = kx\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R}\right)$$

1) II закон Ньютона для бруска в проекции на

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

$$\text{Отсюда } F_1 = mg \left(\sin \alpha_1 - \frac{8}{14} \right) = \left(\frac{8}{5} - \frac{8}{14} \right) mg = \frac{16}{85} mg$$

2) Сила трения $\vec{F}_2$ закручивает шар, запишем

$$Ox_2: 5ma_2 = 5mg \sin \alpha_2 + F_2, \text{ отсюда:}$$

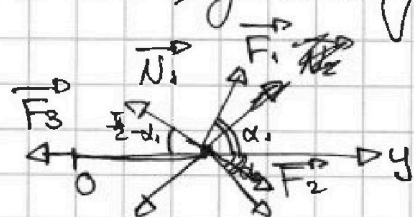
$$F_2 = 5m(a_2 - g \sin \alpha_2) = 5mg \left(\frac{8}{25} - \frac{8}{14} \right)$$

$5mR^2 \cdot \varepsilon = F_2 R$ - вращение вокруг центра шара,
 ε - угловое ускорение

$$a_2 = \varepsilon \cdot R$$

$$\text{Тогда получаем } 5ma_2 = F_2 = \frac{8}{5} mg$$

3) Силы, действующие на килли:



$$\begin{aligned} 0 = & N_2 \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha_2) + F_2 \cos \alpha_2 + \\ & + F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha_1) - F_3 \end{aligned}$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg, \quad N_2 = 5mg \cdot \frac{16}{14} = \frac{40}{7} mg$$

$$F_3 = -\frac{40}{14} mg \cdot \frac{8}{14} + \frac{8}{5} mg \cdot \frac{16}{14} + \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{5} mg \cdot \frac{5}{5} = mg \left(-\frac{600}{229} + \right)$$