

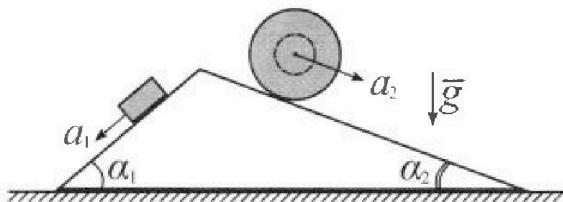
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024**

**Вариант 11-02**



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок 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  $\alpha_1 (\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$  и  $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17)$ . Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



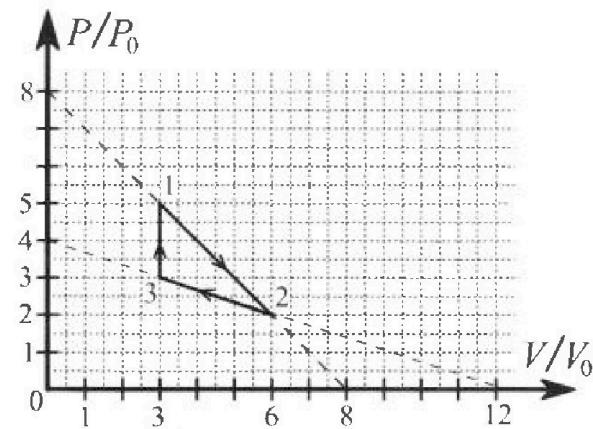
- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

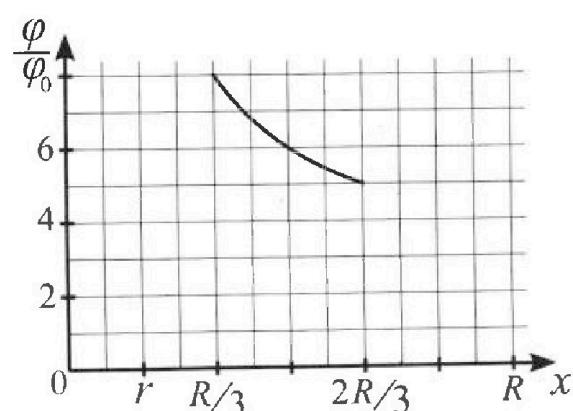
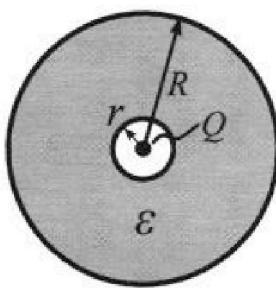
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.



3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .

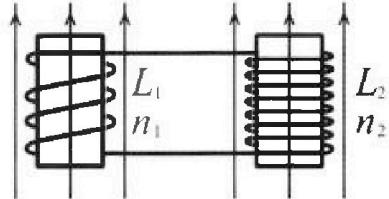


**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024**  
**Вариант 11-02**



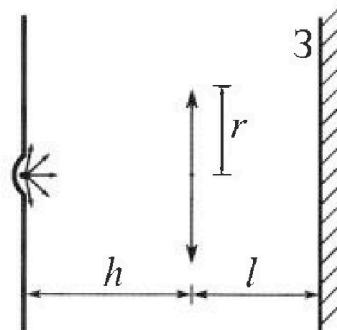
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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 изменились 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 З. 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  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



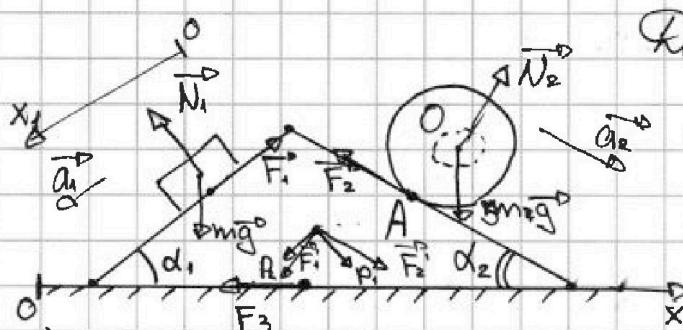
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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



$$\text{Дано: } \alpha_1 = \frac{\pi}{17} \text{ град}, \alpha_2 = \frac{\pi}{28} \text{ град}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{8}; \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}; \cos \alpha_2 = \frac{15}{17}$$

1)  $F_1 = ?$

Проекция II закона Ньютона на  $Ox_1$ :

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1 \rightarrow F_1 = mg (\sin \alpha_1 - \frac{3}{8}) = \frac{16}{85} mg$$

2)  $F_2 = ?$

Пусть инертиность шара I, угловое ускорение  $\epsilon$ , а радиус большой окружности  $R$ .

Тогда  $\alpha_2 = \epsilon R$ .

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

Вращение вокруг A:  $(I + 8mR^2)\epsilon = 8mg \cdot R \sin \alpha_2$

Решая систему, получаем:  $F_2 = 8mg \sin \alpha_2 - 8ma_2 = 8mg \left( \frac{8}{17} + \frac{6}{28} \right) = 40mg \cdot \frac{8}{17 \cdot 25} = \frac{64}{85} mg$

3)  $N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg; N_2 = 3mg \cos \alpha_2 = \frac{48}{17} mg$

Проекция II закона Ньютона дает уравнение 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.

- 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!

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

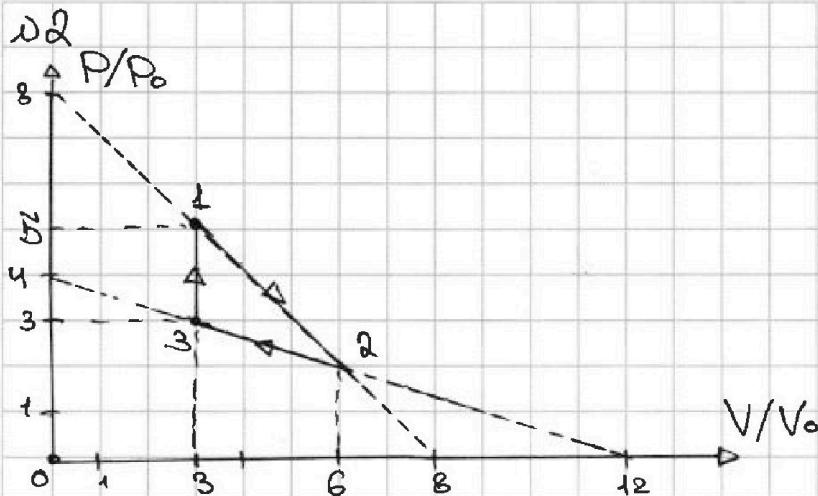
Ответ: 1)  $\frac{16}{88}mg$ ; 2)  $\frac{84}{88}mg$ ;  $\frac{92}{88}mg$ , вправо;

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 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!



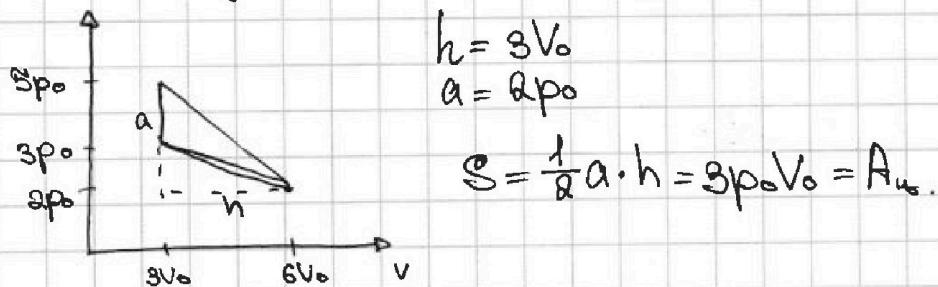
1)  $\frac{\Delta U_{31}}{A_u} = ?$  (отношение приращения внутренней энергии в 3-1 к работе за цикл)

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \cdot 0.1 R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3)$$

$$p_1 = 8p_0, p_3 = 3p_0, V_1 = V_3 = 3V_0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (18p_0 V_0 - 9p_0 V_0) = 9p_0 V_0$$

$A_u$  найдем как площадь:



$$\text{Тогда } \frac{\Delta U_{31}}{A_u} = \frac{8p_0 V_0}{3p_0 V_0} = 3.$$

2) Пусть  $y = \frac{P}{P_0}$ ,  $x = \frac{V}{V_0}$ ; Процесс 1-2 лежит

$$\text{на прямой } y = 8 - x \Rightarrow P = P_0 (8 - \frac{V}{V_0})$$



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  
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!

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

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

$$p_0 \left( 8V_0 - 18V_0 \right) = \nu RT_{\max} \rightarrow T_{\max} = \frac{18\nu p_0 V_0}{\nu R}$$

$$P_2 = 2 p_0, V_2 = 3V_0$$

$$p_2 V_2 = \nu RT_2 \rightarrow T_2 = \frac{18\nu p_0 V_0}{\nu R}$$

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

$$\text{3) } \eta = ?$$

$$\text{1) (1-2):} \quad \text{заг получаем тепло: } Q_{12} = \frac{3}{2} (18\nu p_0 V_0 - 15\nu p_0 V_0) + \\ + \frac{1}{2} (3p_0 + 2p_0) \cdot 3V_0 = -\frac{9}{2}\nu p_0 V_0 + \frac{21}{2}\nu p_0 V_0 = 6\nu p_0 V_0$$

$$\text{2) (2-3):} \quad \text{заг получаем тепло} \quad Q_{23} = \frac{3}{2} \Delta U_{31} = 9\nu p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{A}{Q_2 + Q_3} = \frac{3\nu p_0 V_0}{6\nu p_0 V_0 + 9\nu p_0 V_0} = 0, \eta = \frac{1}{5}$$

$$\text{Ответ: 1) 6; 2) } \frac{4}{3}; \text{ 3) } \frac{1}{5}$$

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.



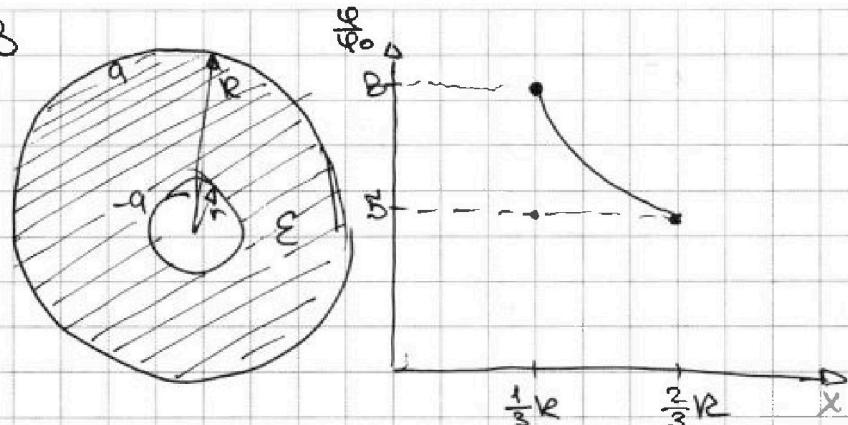




СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

13



1) Данные:  $r, R, Q, \epsilon, x = \frac{3}{4}R$ ;  $\psi(x) = ?$

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

2.

Рассмотрим произвольную точку внутри диэлектрика.

Без диэлектрика в этой точке  $E_0$

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

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

$$\text{В точке } x \text{ потенциал } \psi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kQ}{R} = \\ = kQ \left( \frac{1}{Ex} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon R} \right)$$

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



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.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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!

$$2) E = ?$$

По формуле из пункта (1):

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

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

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

$$\frac{kQ(E+2)}{ER} = 8\varphi_0$$

$$\frac{kQ(2E+1)}{2ER} = 5\varphi_0$$

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

$$10E+20 = 16E+8$$

$$\text{Отсюда } E=2$$

Ответ: 1)  $\frac{(1+3E)Q}{12\pi E_0 R}$ ; 2)  $E=2$ ;

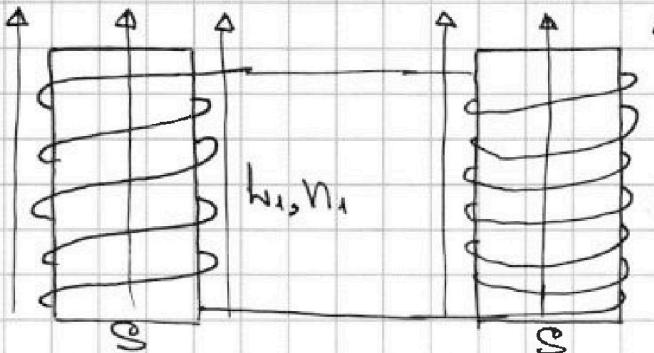
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

№4



Дано:

$$h_1 = h, h_2 = 9h,$$

$$n_1 = n, n_2 = 3n,$$

с

1) В катушке  $h_2$ :  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -d; \quad I = ?$

$$E_{ind} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{S \Delta B}{\Delta t} = Snd$$

ЭДС, создаваемое катушками:  $E = (h_1 + h_2)I$

$$E_{ind} = E \rightarrow I = \frac{Snd}{10h}$$

2) В катушке  $h_1$ :  $B_0 \rightarrow \frac{2}{3}B_0$

В катушке  $h_2$ :  $\frac{1}{3}B_0 \rightarrow \frac{1}{12}B_0$

$$-\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = I(h_1 + h_2) = \frac{\Delta I}{\Delta t}(h_1 + h_2)$$

Суммируем, получаем  $-(\Phi_k - \Phi_u) = (I_k - 0) \cdot 10h$

$$\Phi_k = \frac{2}{3}B_0 S \cdot n_1 + \frac{1}{12}B_0 S \cdot n_2 = \frac{8B_0 Sn}{3} + \frac{B_0 Sn}{4} = \frac{11B_0 Sn}{12}$$

$$\Phi_u = B_0 S \cdot n_1 + \frac{1}{3}B_0 S \cdot n_2 = 2B_0 Sn$$

$$I_k = \frac{8B_0 Sn - \frac{1}{12}B_0 Sn}{10h} = \frac{13B_0 Sn}{120h}$$

Ответ: 1)  $\frac{Snd}{10h}$ ; 2)  $\frac{13B_0 Sn}{120h}$ .



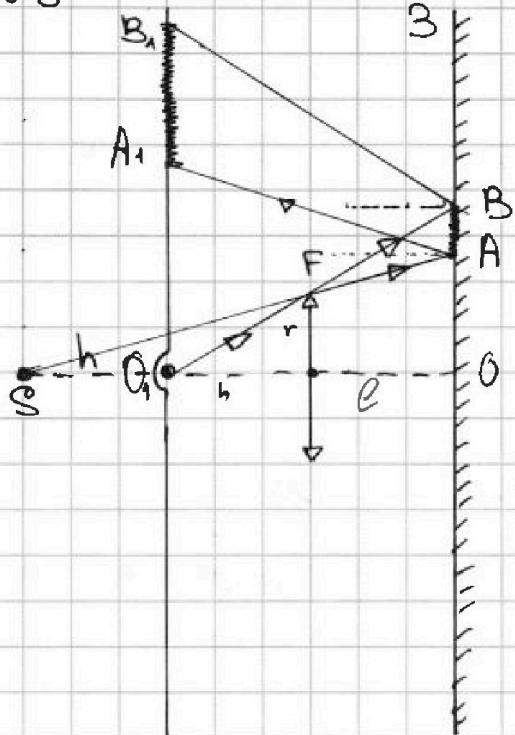
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

№ 8



Дано:  $F=2h$ ,  $r=2\pi n$ ,  $l=h$

Решение:

$$\frac{l}{2h} = \frac{l}{h} + \frac{f}{F} \text{ (пропущена}$$

такой же линии)  $\rightarrow f = -2h$

1) Несовпадающая область  
шерпала.

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

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

$$S = \pi OB^2 - \pi OA^2 = \pi \left( \frac{4}{3}4\pi n^2 - \frac{9}{4}\pi n^2 \right) = \frac{7}{4}\pi n^2$$

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

$$2) \frac{OA_1}{OA} = \frac{8h}{8h} = 1 \rightarrow OA_1 = OA = \cancel{\frac{3}{2}} \frac{8}{2}r$$

$$\frac{O_1B_1}{OB} = \frac{8h}{28h} = \cancel{\frac{8}{28}} \frac{2}{7} \rightarrow O_1B_1 = \cancel{\frac{16}{7}} 4r$$

$$S = \pi OB_1^2 - \pi OA_1^2 = \pi \left( \frac{100}{7} - 9 \right) r^2 = \cancel{\frac{19}{7}} \frac{13}{7}\pi r^2$$

$$S = \frac{46}{7}\pi n^2$$

$$S = \pi \left( \frac{28}{7}r^2 + 10r^2 \right) = \pi \frac{39}{7}r^2$$

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

Ответ: 1)  $\frac{7}{4}\pi n^2$ ; 2)  $\frac{46}{7}\pi n^2$

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

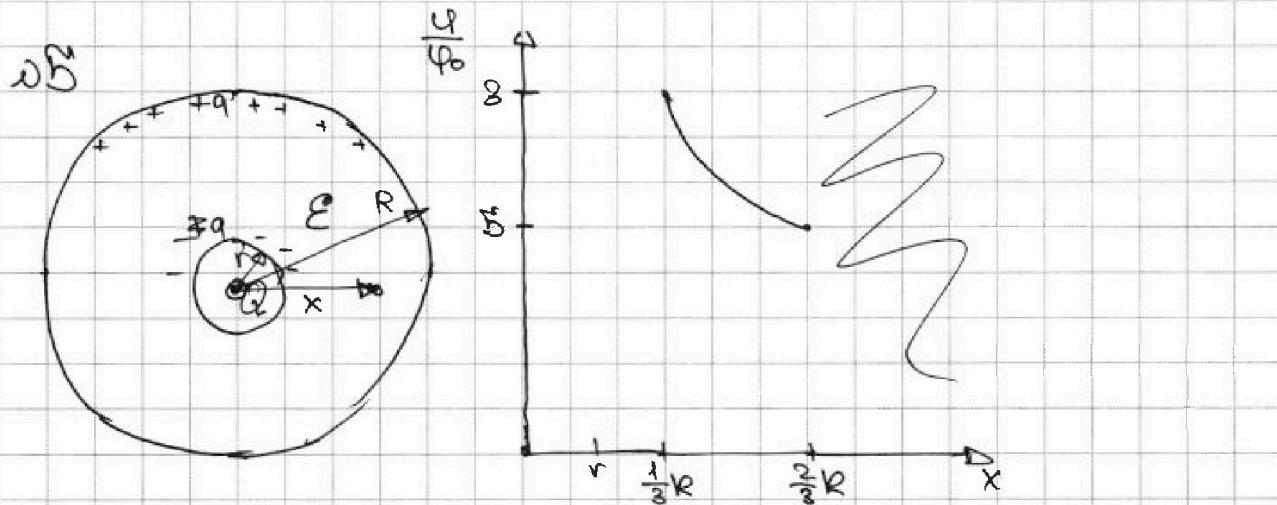
5

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

Нусть на внутренней сфере диэлектрика  
индукционная 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  $q = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$

$$\psi_x = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x^2} + \frac{kq}{R} = kQ \left( \frac{1}{x} - \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{x^2} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right) = \\ = kQ \cdot \left( \frac{1}{\epsilon x} + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon R} \right)$$

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

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.

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

$$\Psi\left(\frac{1}{3}R\right) = kQ \left( \frac{3}{ER} + \frac{E-1}{ER^2} \right) = \frac{kQ(E+2)}{ER}$$

$$\Psi\left(\frac{2}{3}R\right) = kQ \left( \frac{3}{2ER} + \frac{E-1}{ER^2} \right) = \frac{kQ(2E+1)}{2ER}$$

$$\frac{\Psi\left(\frac{1}{3}R\right)}{\Psi_0} = 8 = \frac{kQ(E+2)}{\Psi_0 \cdot 2ER} \quad \left| \begin{array}{l} \cancel{kQ(E+2)} \\ \cancel{\Psi_0 \cdot 2ER} \end{array} \right. \quad \rightarrow$$

$$\frac{\Psi\left(\frac{2}{3}R\right)}{\Psi_0} = 8 = \frac{kQ(2E+1)}{\Psi_0 \cdot 2ER}$$

$$\text{Разделив, получаем: } \frac{E+2}{E} \cdot \frac{2E}{2E+1} = \frac{8}{5};$$

$$10E + 20 = 16E + 8;$$

$$E=2$$

$$\text{Ответ: 1) } \Psi = \frac{Q(1+3E)}{12\pi\epsilon_0 R}; \text{ 2) } E=2;$$



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!



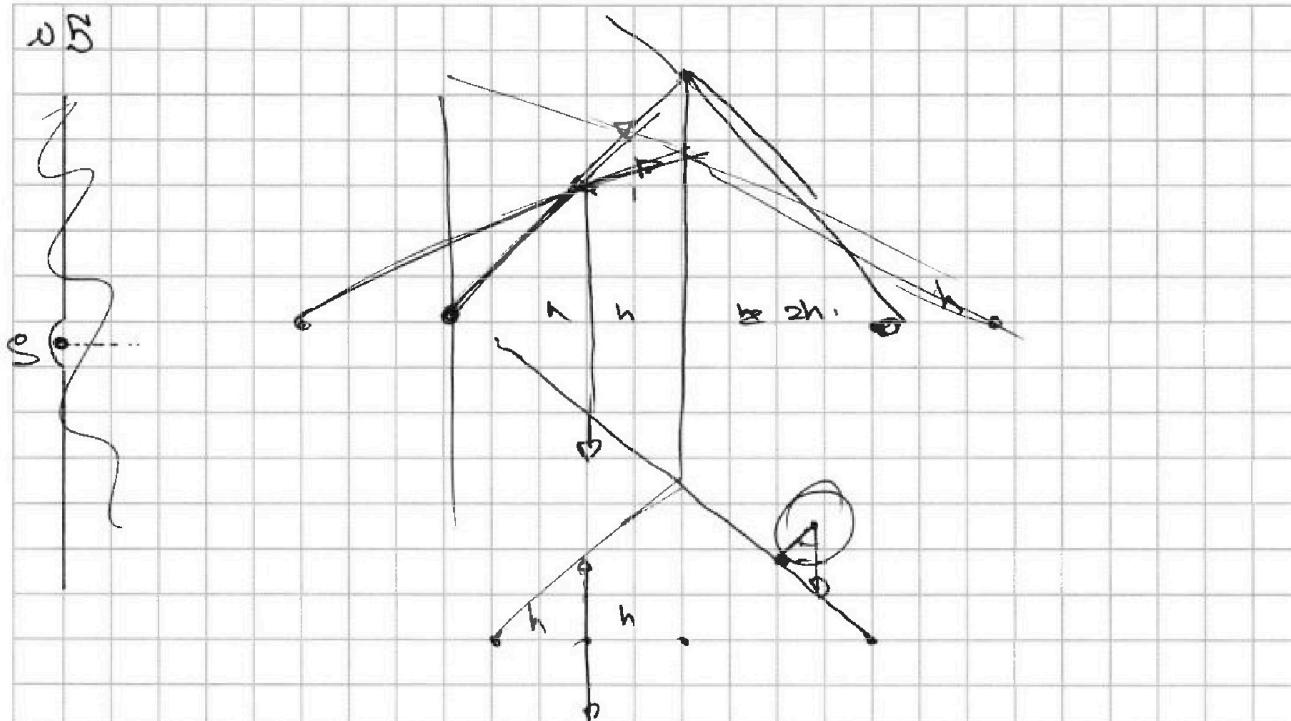
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input 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  
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!

№5



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

1)  $F_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{4}{25} \right) = \frac{81-35}{25} mg = \frac{16}{25} mg$

2)  $\cancel{mg} (I + mR^2)\epsilon = \cancel{mg} R \sin \alpha_2$

$F_{\text{тр}} R \epsilon$

$$F_2 R + \cancel{8mg} R^2 \epsilon = \cancel{8mg} R \sin \alpha_2 \quad I \epsilon = F_{\text{тр}} R$$

$$\alpha_2 = R \epsilon \quad F_2 + 8ma_2 = 8mg \cancel{\sin \alpha_2}$$

$$F_2 = 8mg \left( \frac{8}{14} - \frac{8}{25} \right) = \frac{40}{14} mg = \frac{20}{7} mg = \frac{80}{21} mg$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg \quad N_2 = 8mg \cos \alpha_2 = \frac{40}{7} mg$$

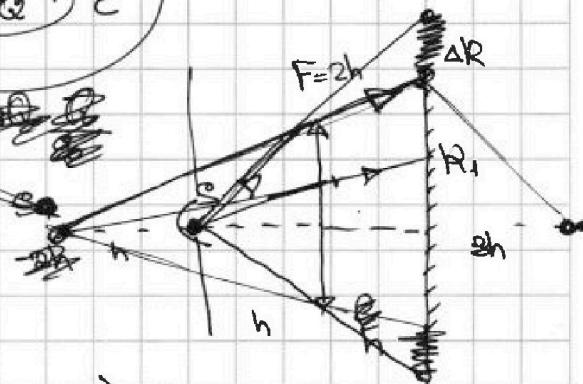
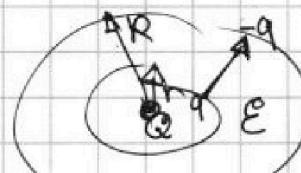
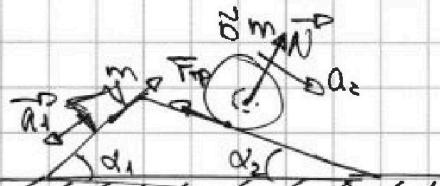


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input 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  
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!



$$1) \Delta U_{31} = \frac{3}{2}(\partial RT_1 - \partial RT_3) = \frac{3}{2}(5P_0 - 3P_0) \cdot 3V_0 = 9P_0V_0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 2P_0 \cdot 3V_0 = 3P_0V_0$$

$$\frac{1}{\Delta h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{\frac{3}{2}h} \rightarrow f^0 = -2h$$

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

$$-\frac{1}{2h}$$

$$2) \text{ Из } \frac{P}{P_0} = 8 - \frac{V}{V_0} \quad PV = \partial RT \Rightarrow$$

$$\frac{P}{P_0} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{\partial RT}{P_0 V_0} \quad \left(8 - \frac{V}{V_0}\right) \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{\partial RT}{P_0 V_0}$$

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

$$T = \frac{P_0 V_0}{5K} \left( -\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + 8\left(\frac{V}{V_0}\right) \right)$$

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

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (12P_0V_0 - 18P_0V_0) + T = \frac{P_0 V_0}{5K} (-4 + 16) = 12 \cdot \frac{12P_0V_0}{5K}$$

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

$$= -\frac{9}{2}P_0V_0 + \frac{21}{2}P_0V_0 = 6P_0V_0$$

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

$$Q_{23} < 0, Q_{31} = \frac{3}{2} (18P_0V_0 - 8P_0V_0) = 9P_0V_0$$

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

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

$$Q_+ = 6P_0V_0$$

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

$$\zeta = \frac{3}{28} = 0.2$$

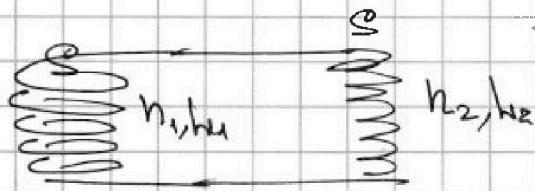


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input 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  
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!



$$\frac{dB}{dt} = -\alpha(B - B_0)$$

$$E_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{S h_1 dB}{dt} = S h_1 \alpha = h_1 I + h_2 I \rightarrow I = \frac{S h_1 \alpha}{h_1 + h_2} = \frac{S h_1 \alpha}{h_0}$$

$$h_1: B_0 \rightarrow \frac{2}{3}B_0$$

$$I = ?$$

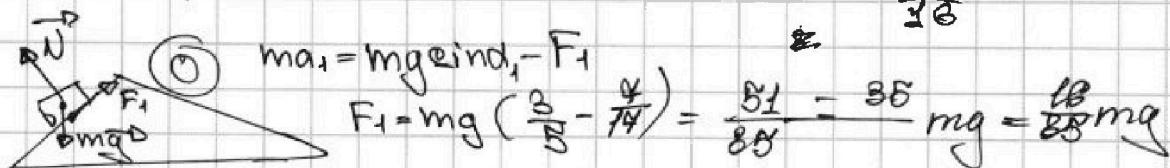
$$h_2: \frac{1}{3}B_0 \rightarrow \frac{1}{12}B_0$$

$$\Phi_0 = S h_1 B_0 + S h_2 \cdot \frac{1}{3}B_0 = S h B_0 + S h B_0 = 2 S h B_0$$

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

$$E_{ind} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{\Delta t} h \approx (h_1 + h_2)(I - 0) = - \left( \frac{11}{12} S h B_0 - 2 S h B_0 \right) = - \frac{13}{12} S h B_0$$

$$I = \frac{13 S h B_0}{120 h}$$



$$-\frac{B_0}{30}$$

$$a_2 = \omega^2 R$$

~~$$m \omega^2 R = F_{fr} R$$~~

$$5mR^2 \omega^2 = F_{fr} R$$

$$5mg = F_{fr}$$

$$5ma_2 = F_2 + 5mg \omega^2$$

$$5m \cdot \frac{8}{25}g = F_2 + 5mg \cdot \frac{8}{25}$$

$$F_2 = \left( \frac{8}{5} - \frac{40}{25} \right) g$$

$$\frac{8 \cdot 17 - 200}{5 \cdot 17}$$

$$5m \omega^2 R^2 = 8F_{fr} R$$

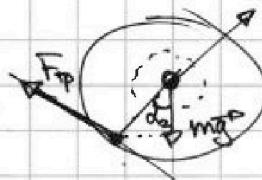


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input 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  
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!



$$E_0 = \frac{kq}{x^2} + \frac{kQ}{R}$$

$$E_1 = \frac{kQ}{R^2} - \frac{kq}{x^2} = \frac{kQ}{R^2}$$

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

$$m\alpha_1 = mg \sin \theta - F_1 \rightarrow F_1 = mg \left( \frac{g}{\epsilon} - \frac{q}{R} \right) = \frac{3.14 \cdot 36}{3.14} = \frac{31-36}{28} mg$$

$$= \frac{10}{28} mg \quad a_2 = \omega R \quad \delta m R^2 \dot{\omega} = F_{tp} \cdot R \quad q = (1-\frac{1}{\epsilon}) Q$$

~~$$\delta m R^2 \cdot \epsilon = \delta mg R \cdot \frac{g}{\epsilon} = 2 \cdot \delta m R^2 \cdot \epsilon = 2 \cdot F_{tp} R \quad F_2 = \delta m \cdot \frac{R}{28} \cdot \frac{g}{\epsilon} = \frac{8}{28} mg$$~~

~~$$F_{tp} = \frac{80}{14} mg$$~~

$$F_{tp} = \frac{40}{7} mg$$

$$F_1 = \frac{8}{7} mg \cdot \frac{8}{\epsilon} = mg \cdot \frac{8}{7} + F_2 \quad k \cdot \left( \frac{Q}{x} - \frac{(1-\frac{1}{\epsilon})q}{x} \right) = \frac{120}{28}$$

$$F_2 = \left( \frac{8}{7} - \frac{8}{\epsilon} \right) mg = 8mg \cdot \frac{1}{\epsilon} = kQ \left( \frac{1}{\epsilon x} + \frac{1-\frac{1}{\epsilon}}{R} \right) = \frac{120}{28}$$

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

Начать с  $E_0$  без диэлектрика

~~$$e! \quad E = \frac{E_0}{\epsilon} \quad \varphi = \frac{kQ}{x} + \frac{kq}{x-R} + \frac{kq}{R}$$~~

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

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

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

$$\frac{kq}{x^2} \quad q = Q(1 - \frac{1}{\epsilon}) \quad \varphi(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{x} - \frac{1-\frac{1}{\epsilon}}{x-R} - \frac{1-\frac{1}{\epsilon}}{R} \right) =$$

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

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

$$= \frac{4-3\epsilon}{3\epsilon R} \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \quad \frac{2\epsilon+1}{2\epsilon} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon+2} = \frac{5}{8} \quad \epsilon = 12 \quad \epsilon = \frac{Q}{2R}$$

$$\frac{16\epsilon+8}{16\epsilon+8} = \frac{10\epsilon+10}{10\epsilon+10} \quad \frac{1}{12} = -3 \cdot \frac{1}{14}$$

$$\frac{8U \cdot 3 \cdot \frac{12}{14}}{28g} + \frac{12}{25} - \frac{56 \cdot 64}{14 \cdot 5^2} - \frac{48 \cdot 8}{28g} = \frac{8}{28g} (8U - 48) + \frac{12 \cdot 12}{25 \cdot 14} \cdot \frac{1}{14} =$$

$$\cdot (12 \cdot 14 - 8U) = -\frac{8}{14^2} \cdot 3 \cdot 14 = -\frac{24}{14} + \frac{4 \cdot 4 \cdot 12}{14 \cdot 28} =$$

$$= \frac{28-8U \cdot 5}{14 \cdot 5} - \frac{96 \cdot 96}{28g} mg \quad \varphi(\frac{3}{4}R) = \frac{kQ}{\epsilon R^2} \left( \frac{3}{4} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon R} \right) = kQ \cdot \frac{2\epsilon+1}{2\epsilon R^2} = 54$$

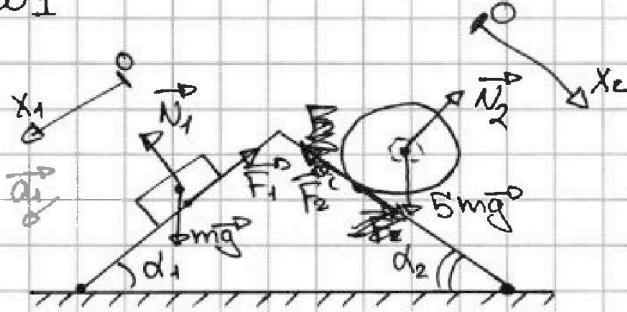
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
ИЗ

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

№1



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

$$\varphi_A = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{R}$$

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

1) II закон Ньютона для труска в проекциях на

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

$$\text{Отсюда } F_1 = mg \left( \sin \alpha_1 - \frac{8}{17} \right) = \left( \frac{8}{15} - \frac{8}{17} \right) mg = \frac{16}{85} mg$$

2) Сила трения  $\overrightarrow{F_2}$  запускает шар, значит

$$Ox_2: 8m a_2 = 8mg \sin \alpha_2 + F_2, \text{ отсюда:}$$

$$F_2 = 8m \left( a_2 - g \sin \alpha_2 \right) = 8mg \left( \frac{8}{28} - \frac{8}{17} \right)$$

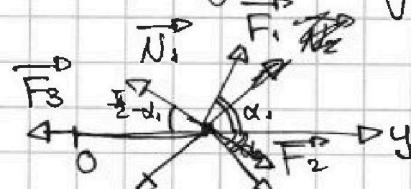
$8mR^2 \cdot \varepsilon = F_2 R$  - вращение вокруг центра шара,

$\varepsilon$ -центробежное ускорение

$$a_2 = \varepsilon \cdot R$$

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

3) Сила, действующая на колесо:



$$0 = N_2 \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha_2) + F_2 \cos \alpha_2 +$$

$$+ F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha_1) - F_3$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg \quad N_2 = 8mg \cdot \frac{10}{17} = \frac{80}{17} mg$$

$$F_3 = - \frac{16}{85} mg \cdot \frac{8}{17} + \frac{8}{15} mg \cdot \frac{10}{17} + \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{5} mg \cdot \frac{8}{5} = mg \left( - \frac{600}{225} + \right)$$