



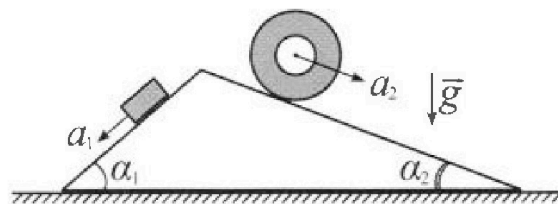
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (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 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

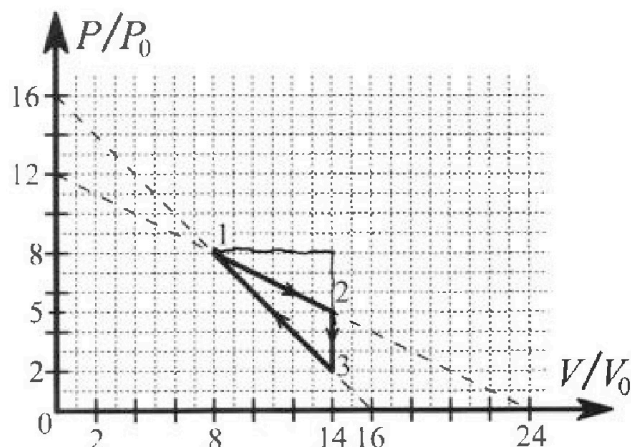


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

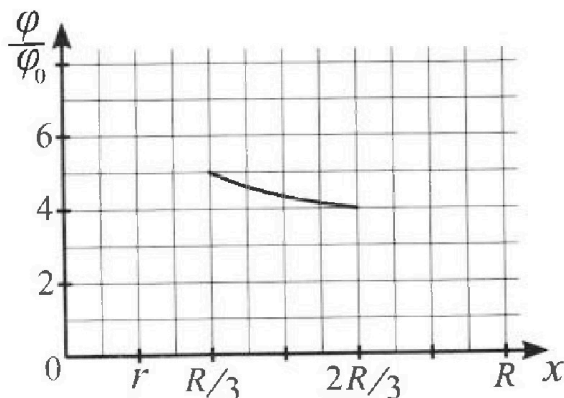
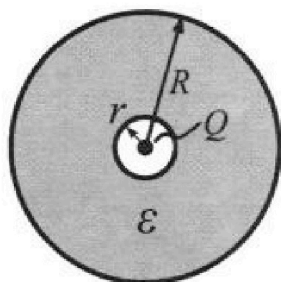
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 $x = 5R/6$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





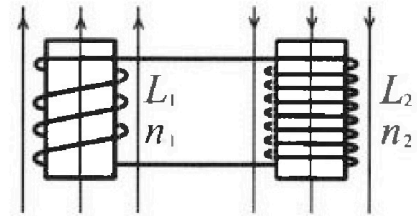
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

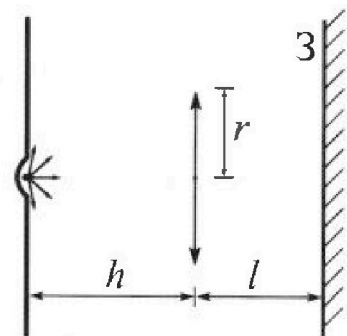


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 возрастать 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0$ до $9B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = 2h/3$ 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.



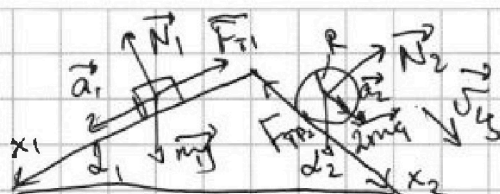
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) \text{ по } x_1: m a_1 = m g \sin \alpha_1 - F_{fp1}$$

$$F_{fp1} = m g \sin \alpha_1 - m a_1 = \frac{3}{5} m g - \frac{6}{13} m g = \frac{9}{65} m g$$

2) ω - угл. скорость цилиндра

Проскальзывания нет

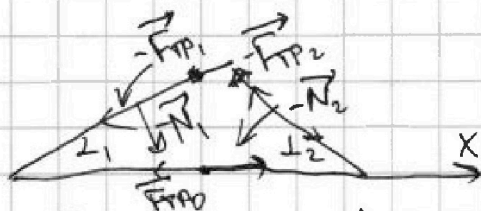
$$a_2 = \omega R$$

$$2 m a_2 = \omega R$$

$$2 m \omega R = F_{fp2} = F_{fp2} \cdot R$$

$$2 m \omega R = F_{fp2} = 2 m \cdot a_2 = 2 \cdot \frac{1}{4} m g = \frac{m g}{2}$$

3)



$$N_1 = m g \sin \alpha_1 = \frac{3}{5} m g$$

$$N_2 = m g \sin \alpha_2 \cdot 2 = \frac{10}{13} m g$$

$$F_{fp1} = \frac{9}{65} m g$$

$$F_{fp2} = \frac{m g}{2}$$

$$F_{fp0} = N_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_{fp1} \cos \alpha_1 + F_{fp2} \cos \alpha_2 - N_2 \sin \alpha_2 = \frac{9}{25} m g + \frac{36}{325} m g + \frac{6}{13} m g - \frac{50}{165} m g = \frac{3121}{4225} m g$$



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.

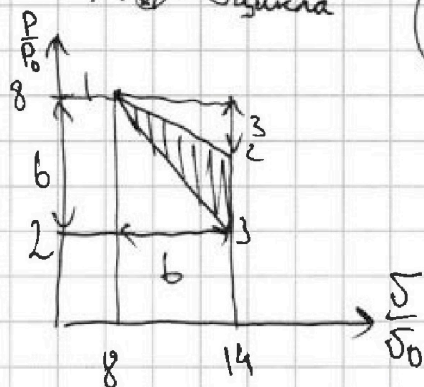
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

$$1) \Delta U = \frac{3}{2}(-P_1 V_1 + P_2 V_2) = \frac{3}{2} \cdot (70 P_0 V_0 - 64 P_0 V_0) = 9 P_0 V_0$$

$$A = S_{\text{цикла}} = \left(\frac{6 \cdot 6}{2} - \frac{3 \cdot 6}{2} \right) P_0 V_0 = 9 P_0 V_0$$



$$\frac{\Delta U}{A} = 1 \leftarrow \text{Ответ:}$$

$$2) T_{12} = \frac{3}{2} P_0 V_0 = \text{const.}$$

$$\text{const.} \cdot \left(\frac{12}{V_0} - \frac{1}{2} \right) \frac{V}{V_0}$$

$$\frac{\partial T_{12}}{\partial (V/V_0)} = 0 \text{ при } V/V_0 = 12$$

$$\text{const.} \cdot \frac{24}{12} = \frac{12}{2}$$

$$T_{\text{max}} = \text{const.} \cdot 28$$

$$T_3 = 14 \cdot 2 \cdot P_0 V_0 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{V} = \text{const.} \cdot 28$$

$$\frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{18}{28} = \frac{9}{14} \leftarrow \text{Ответ:}$$

$$3) \eta_{\text{КПД}} = \frac{A}{Q_{\text{in}}} = \frac{9 P_0 V_0}{9 P_0 V_0 + 9 P_0 V_0 + \frac{3}{2} P_0 V_0 (64 - 28)} = \frac{9}{9 + 9 + \frac{3}{2} \cdot 36} = \frac{9}{72} = \frac{1}{8} \leftarrow \text{Ответ:}$$



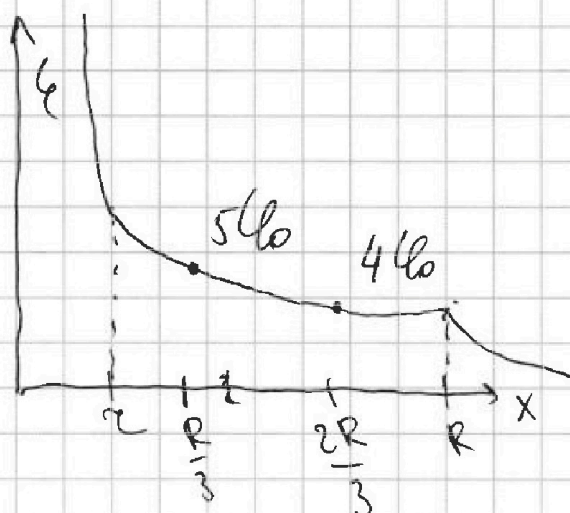
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!



1) Найдем зависимость $\varphi(x)$. $\varphi(\infty) = 0$,

$$\varphi(R) = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R},$$

из-за непрерывности

φ :

$$\varphi(x) = \frac{q}{\epsilon_0} \left(\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right) \cdot \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{R} \right)$$

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \frac{q}{\epsilon_0} \left(\left(\frac{6}{5R} - \frac{1}{R} \right) \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{R} \right) = \frac{q}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{5R\epsilon} + \frac{1}{R} \right)$$

$$2) \frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{\left(\frac{3}{R} - \frac{1}{R}\right) \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{R}}{\left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{R}\right) \frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{R}} = \frac{2\frac{1}{\epsilon} + 1}{\frac{1}{2\epsilon} + 1} = \frac{5}{4} \quad \text{Отв.}$$

$$2,5 \cdot \frac{1}{\epsilon} + 5 = 8 \cdot \frac{1}{\epsilon} + 4$$

$$1 = 5,5 \frac{1}{\epsilon} \Rightarrow \epsilon = 5,5$$

Отв.

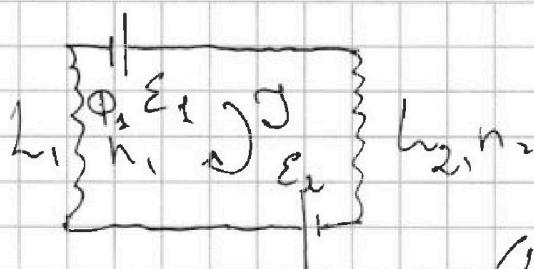


1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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!



$$1) \quad \mathcal{E}_1 = \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} = \frac{\partial B}{\partial t} \cdot S \cdot n = 2Sn$$

$$\mathcal{J}' = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} = \frac{\mathcal{E}}{17L} = \frac{2Sn}{17L} \leftarrow \text{Ответ:}$$

$$2) \quad \mathcal{E}_1 = \frac{\partial \Phi_1}{\partial t}, \quad \mathcal{E}_2 = \frac{\partial \Phi_2}{\partial t}$$

$$\mathcal{J}'_{\text{fin}} = \left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial t} + \frac{\partial \Phi_2}{\partial t} \right) \cdot \frac{1}{17L}$$

$$\mathcal{J}'_{\text{fin}} = \int_0^T \mathcal{J}' dt = \frac{1}{17L} \cdot \left(S n \cdot \Phi_1 \Big|_0^T + \Phi_2 \Big|_0^T \right) =$$

$$= \frac{1}{17L} \left(B_0 - \frac{2}{3} B_0 + 3B_0 - \frac{9}{4} B_0 \right) = \frac{1}{17L} \cdot B_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{3}{4} \right) =$$

$$= \frac{16}{12 \cdot 17} \cdot \frac{B_0}{L}$$

$$= \frac{1}{17L} \cdot \left(\Phi_1 \Big|_0^T + \Phi_2 \Big|_0^T \right) = \frac{16}{17L} \left(B_0 - \frac{2}{3} B_0 + 12B_0 - 9B_0 \right) =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{16 B_0}{17L} = \frac{4}{51} \cdot \frac{16 B_0}{L} \leftarrow \text{Ответ:}$$

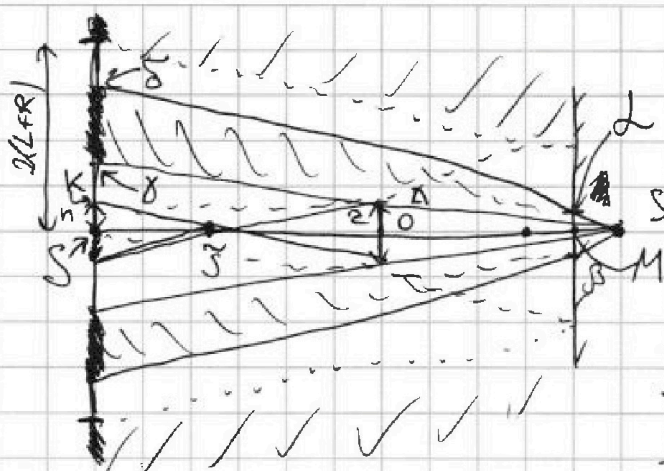


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Заштрих. области
здесь освещенные

Расстояние $OS'' = \frac{2}{3}h + \frac{1}{6}h$
 $= \frac{5}{6}h$, найдем его изобр-е

$\tilde{f}$ в мм:

$$\frac{1}{f} + \frac{6}{5h} = \frac{3}{h}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{15}{5h} - \frac{6}{5h} = \frac{9}{5h} \Rightarrow f = \frac{5}{9}h$$

$$\Delta \tilde{S}K \sim \Delta \tilde{S}OA \Rightarrow \frac{SK}{AO} = \frac{\frac{4}{3}h}{\frac{5}{9}h} = \frac{4}{5} \Rightarrow SK = \frac{4}{5}z$$

из подобия $\Delta S''SX$ и $\Delta S''OA$:

$$\frac{SX}{z} = \frac{\frac{11}{6}h}{\frac{5}{6}h} = \frac{11}{5} \Rightarrow SX = \frac{11}{5}z$$

из подобия $\Delta S''ML$ и $\Delta S''SO$:

$$\frac{SO}{ML} = \frac{\frac{11}{6}h}{\frac{1}{6}h} = 11 \Rightarrow SO = 11ML = \frac{11}{3}z$$

$$2(L+R) = \frac{10}{3}z < \frac{11}{3}z \Rightarrow \text{не освещенный}$$

прямоугольн сечен: $k - \delta$, а $S - k$ и $X - \delta$

$$\Rightarrow \delta - \text{д} - \text{мех} \Rightarrow S_{\text{осв.}} = \pi(SX^2 - SK^2) =$$

$$= \pi\left(\frac{121}{25}z^2 - \frac{16}{25}z^2\right) = \pi(121 - 16)z^2 = \boxed{105\pi z^2} \leftarrow \text{Ответ:}$$

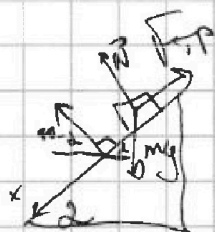


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$a = \frac{1}{m} \cdot (mgs \sin \alpha - mg \mu) = g \sin \alpha - g \mu$$

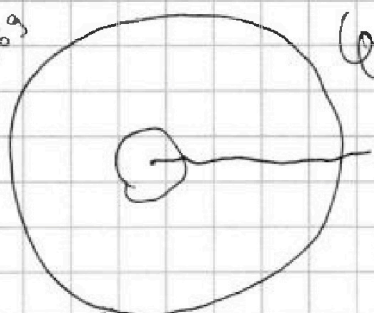
$$g(-\mu + \sin \alpha) = \frac{6}{13}g$$

$$P = a \Delta t \cdot b$$

$$-\mu + \frac{3}{5} = \frac{6}{13}$$

$$\mu = \frac{-30 + 39}{65} = \frac{9}{65}$$

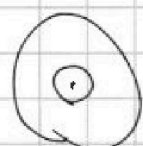
$$g \cdot 169 + 36 \cdot 25 \cdot 169$$



$$Q = \frac{a}{b} \left(\frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{\epsilon_0} \right)$$

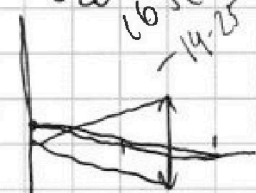
$$\frac{169 \times 159}{1521}$$

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = 2mg \sin \beta$$

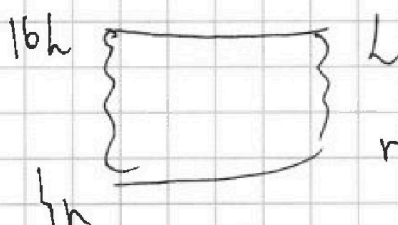


$$Q(r) = \frac{q}{2} \cdot \frac{1}{\epsilon \epsilon_0}$$

$$\frac{62}{17} \frac{5}{50} - \frac{6}{7} \frac{5}{50}$$



$$\sum \frac{P}{P_0} = \left(-\frac{6}{7} \frac{J}{J_0} + 8 \frac{16}{17} \right) \frac{J}{J_0}$$



$$E = h \frac{\partial \Phi}{\partial t} = n \Delta$$

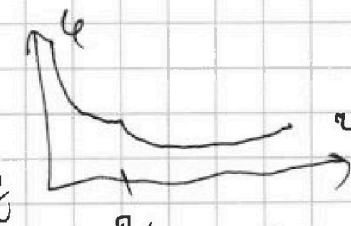
$$Q = Q_0 + \int_0^y E dx$$

$$E = \frac{\partial B_1}{\partial t} n + \frac{\partial B_2}{\partial t} 4n$$

$$y_H = \epsilon$$

$$Q = \frac{q}{2} \frac{1}{\epsilon_0} + \frac{q}{y+2} \frac{1}{\epsilon_0}$$

$$J' = \frac{1}{97L} \left(\frac{\partial B_1}{\partial t} n_1 + \frac{\partial B_2}{\partial t} n_2 \right) y_H = \frac{n \Delta}{\epsilon}$$



$$J = \frac{n \Delta}{\epsilon} \epsilon$$

$$C = \frac{152}{2R} \quad J = \frac{1}{17L}$$

$$\frac{1}{52} = \frac{3}{2RE}$$

$$\frac{q}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{2RE} \right) = \frac{4}{5} \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{RE} \right)$$

$$Q = \frac{q}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{RE} \right)$$

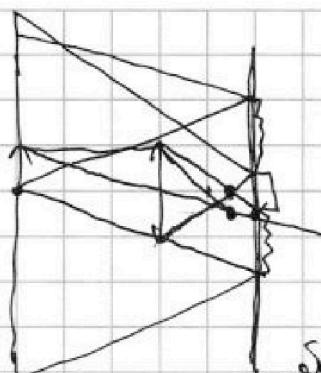


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

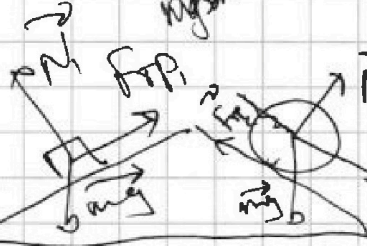
1 2 3 4 5 6 7

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!



$g \sin \alpha = a_2$
 $N \sin \alpha \sin \alpha$
 $mg \sin \alpha$



$$a = \dot{\omega} R$$

$$a_2 = \dot{\omega} R$$

$$\dot{\omega} m R^2 = M_{\text{сп}}$$

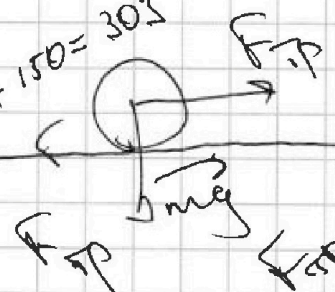
$$F_{\text{сп}} = \dot{\omega} m R$$

$$m a_2$$

$$\dot{\omega} m R^2 = F_{\text{сп}2} \cdot R$$

$$2 m \dot{\omega} R = F_{\text{сп}2}$$

$$117 + 36 + 150 = 303$$



$$R \dot{\omega} = F_{\text{сп}} \cdot R$$

$$9 \rho_0 S_0 + A + (64 - 28) \rho_0 S_0$$

$$R \omega = \int$$

$$R \dot{\omega} = a$$

$$9 \rho_0 S_0 + (64 - 28) \rho_0 S_0$$

$$\frac{9 \rho_0 S_0}{6 + 64 - 28}$$

$$\frac{9}{44} \rho_0 S_0 + 36 \rho_0 S_0$$

$$18 \rho_0 S_0 + 36 \rho_0 S_0$$

$$303 - 11 - 50 - 23$$

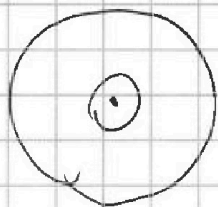


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

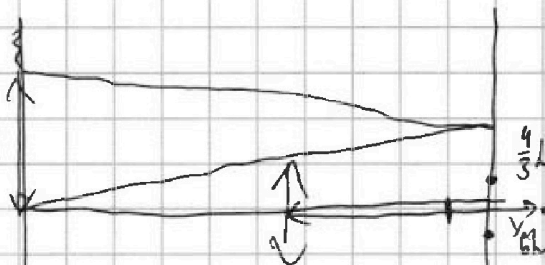
1 2 3 4 5 6 7

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!



$$\begin{array}{r} 312113 \\ -26 \\ \hline 52 \\ -209 \\ \hline \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 95 \\ +168 \\ \hline 263 \\ +840 \\ \hline \end{array}$$

$$Q_R = \frac{Q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R}$$

$$\begin{array}{r} 1690 \\ -169 \\ \hline 1521 \end{array}$$

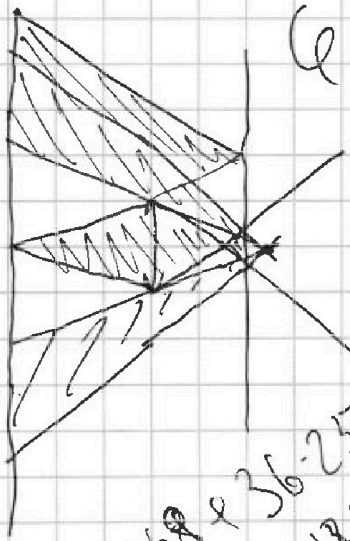
$$\begin{array}{r} +150 \\ +45 \\ \hline 195 \\ +36 \\ \hline 231 \\ +180 \\ \hline 411 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +169 \\ +25 \\ \hline 194 \\ +845 \\ \hline 1039 \end{array}$$

$$Q = \frac{Q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R} + \frac{Q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{d} - \frac{Q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{R} \right)$$

$$\frac{Q}{R} \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\epsilon} + 1}{2 - \frac{1}{\epsilon} + 1} = \frac{4}{5}$$



$$\begin{array}{r} 9 \cdot 168 + 36 \cdot 25 + 6 \cdot 150 \cdot 13 \\ 354 - 177 \\ \hline 1521 + 900 + 1950 \\ -1250 \\ \hline 700 + 900 + 1521 \\ \hline 3121 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 8L + 4 = 2,5L + 5 \\ 5,5L = 1 \end{array}$$



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!

