



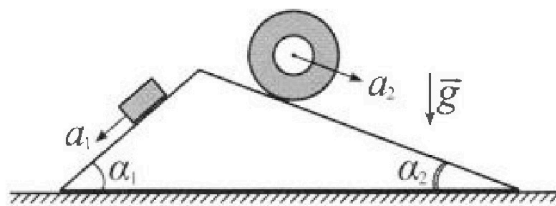
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

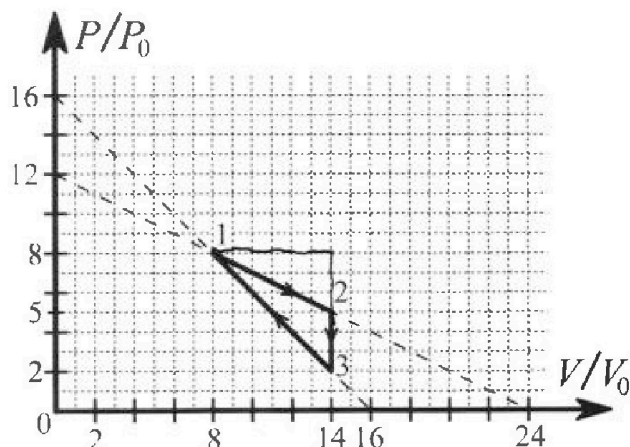


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

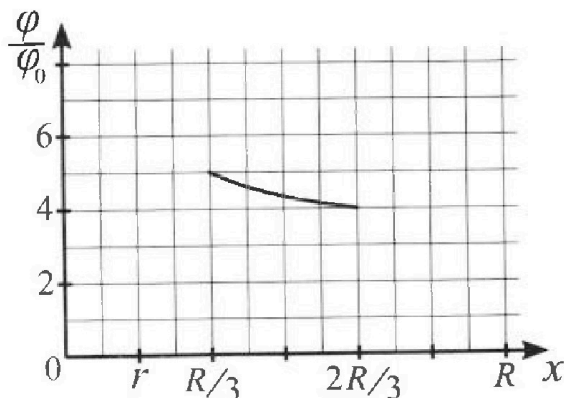
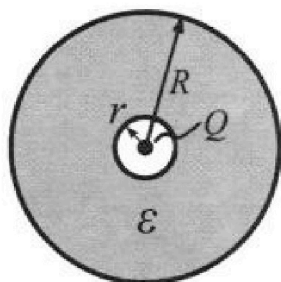


Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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 .





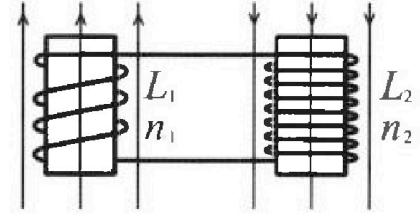
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

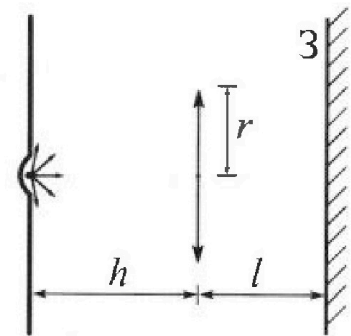


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 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.

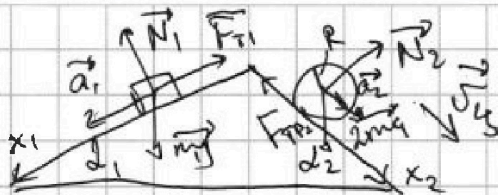


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) ma_1 x_1 : $ma_1 = mgsin\alpha_1 - F_{fp1}$

$$F_{fp1} = mgsin\alpha_1 - ma_1 = \frac{3}{5}mg - \frac{6}{13}mg = \frac{9}{65}mg$$

2) ω - угл. скорость цилиндра

Просьба использовать нет

или $\vec{v}_{цт} = \omega R$

или $a_2 = \dot{\omega} R$

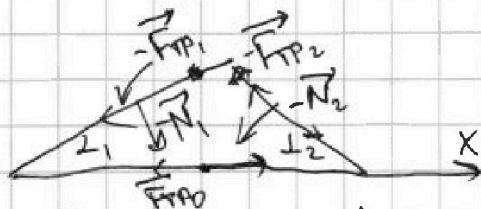
или $\dot{\omega} R \cdot 2m = M_{F_{fp2}} = F_{fp2} \cdot R$

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

Ответ:

Ответ:

3)



$N_1 = mgsin\alpha_1 = \frac{3}{5}mg$

$N_2 = mgsin\alpha_2 \cdot 2 = \frac{10}{13}mg$

$F_{fp1} = \frac{9}{65}mg$

$F_{fp2} = \frac{mg}{2}$

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

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.

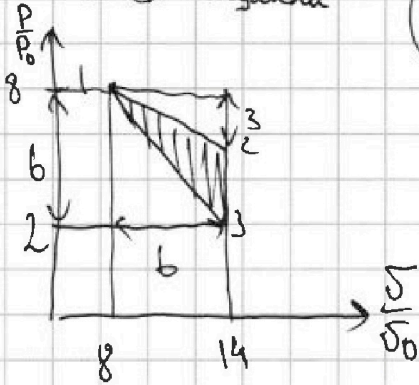
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

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

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



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

$$2) T_{12} = \frac{3}{2} P_0 V_0 = \text{const.} \cdot \frac{1}{\Delta V_0}$$

~~$$\text{const.} \cdot \frac{1}{\Delta V_0} = \frac{3}{2} P_0 V_0$$~~

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

~~$$\frac{\partial T_{12}}{\partial (\frac{1}{\Delta V_0})} = 0 \text{ при } \frac{1}{\Delta V_0} = 12$$~~

~~$$\text{const.} \cdot \frac{24^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$~~

~~$$T_{\max} = \frac{3}{2} P_0 V_0 \cdot \frac{1}{\Delta V_0} = \text{const.} \cdot \frac{1}{\Delta V_0}$$~~

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

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

$$3) \eta_{\text{Кенг}} = \frac{A}{Q_{\text{вх}}} = \frac{9 P_0 \Delta V_0}{9 P_0 \Delta V_0 + 3 P_0 \Delta V_0 (64 - 28)} = \frac{9}{9 + 9 + \frac{3}{2} \cdot 36} = \frac{9}{72} = \frac{1}{8}$$

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

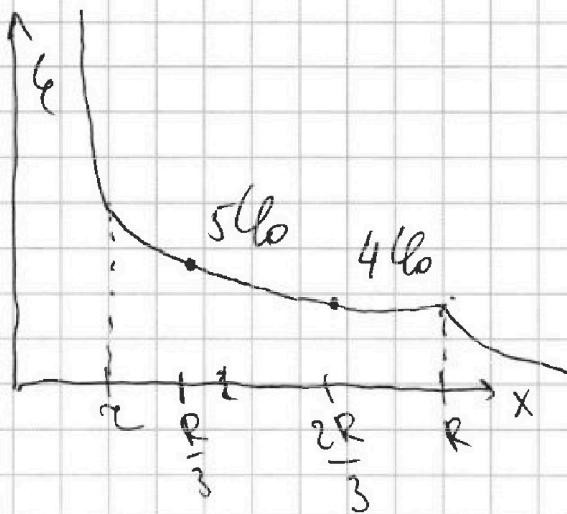


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Найдем зависимость $\varphi(x)$. $\varphi(\infty) = 0$,
 $\varphi(R) = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R}$,
 из-за непрерывности

φ :

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

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

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

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

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

Ответ:

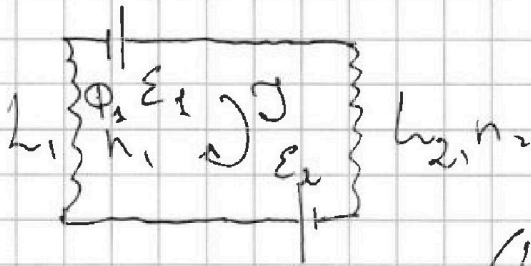


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{4}{3} \frac{nSB_0}{17L} = \frac{4}{51} \cdot \frac{nSB_0}{L} \leftarrow \text{Ответ:}$$

T - промежуток
времени

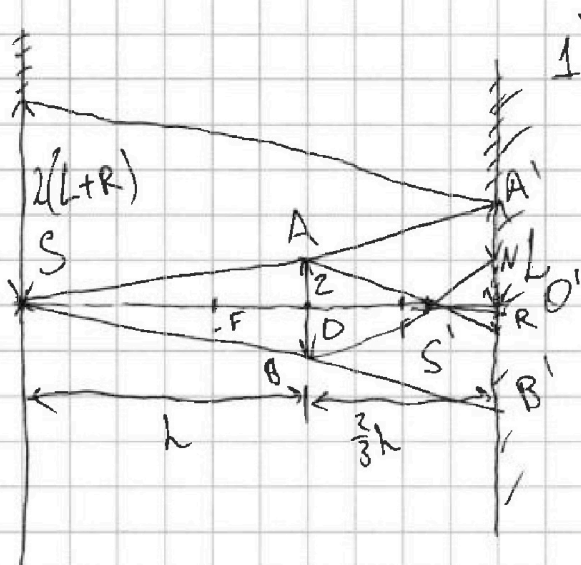
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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) Найдём место изобр-я

$$S': \quad \angle := A'N$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad R := O'N$$

$$\frac{1}{2h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{h}$$

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

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

Отсюда и из подобия $\triangle A'SB'$ и $\triangle ASB$:

$$\frac{R+L}{2} = \frac{5}{3} \Rightarrow R+L = \frac{5}{3}z$$

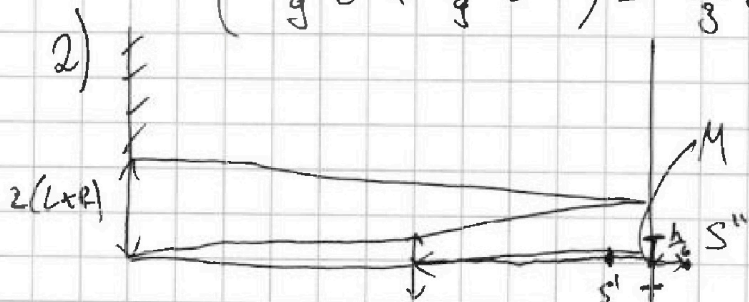
$$\frac{R}{2} = \frac{O'S'}{OS'} = \frac{\frac{2}{3}h - \frac{1}{2}h}{\frac{1}{2}h} = \frac{\frac{1}{6}h}{\frac{1}{2}h} = \frac{1}{3} \Rightarrow R = \frac{1}{3}z$$

$$L = \frac{5}{3}z - R = \frac{4}{3}z$$

Ответ:

$$S_{\text{медв. зерк.}} = \pi \left((L+R)^2 - R^2 \right) = \pi (L^2 + 2RL) =$$

$$= \pi \left(\frac{16}{9}z^2 + \frac{8}{9}z^2 \right) = \frac{8}{3}z^2 \cdot \pi = \boxed{\frac{200\pi}{3} \text{ см}^2}$$



S'' - изображение S'
в зеркале, $MS'' = MS'$
 $S'' = \frac{2}{3}h - OS' = \frac{1}{6}h$

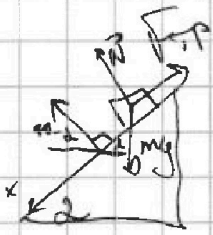


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

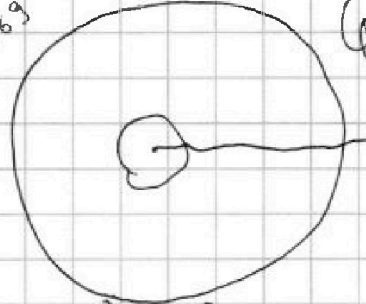
$$g(-\mu + \sin \alpha) = \frac{6}{13}g$$

$$\mu + \frac{3}{7} = \frac{6}{13}$$

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

$$g \cdot 169 + 6 \cdot 25 - 169 \cdot \frac{9}{65} = 1521$$

$$P = a \omega \epsilon b$$

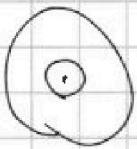


$$C = \frac{a}{b} \left(\frac{1}{\epsilon_0} - \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$\frac{169}{1521}$$

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

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



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

16h

h

$$E = n \frac{\partial \Phi}{\partial t} = n \dot{\Phi}$$

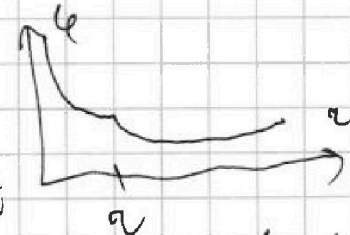
$$C = \frac{q}{2} \frac{1}{\epsilon_0} + \frac{q}{4+2} \frac{1}{\epsilon \epsilon_0}$$

$$C = \epsilon_0 \int_0^a E dx$$

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

$$J = \frac{1}{4\pi L} \left(\frac{\partial B_1}{\partial t} n_1 + \frac{\partial B_2}{\partial t} n_2 \right)$$

$$J = \frac{n \dot{\Phi}}{\epsilon}$$



$$C = \frac{1521}{2R} \quad J = \frac{1}{17L}$$

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

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

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

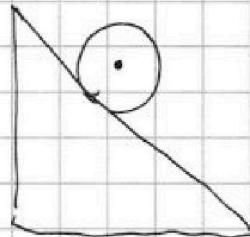
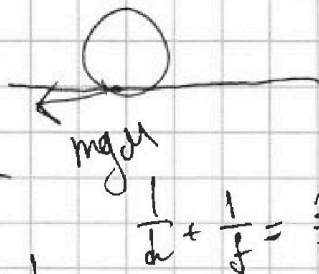
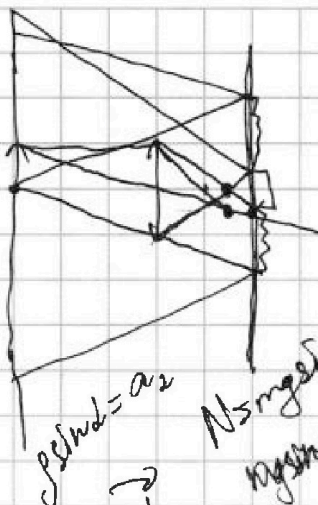


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{r}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{2}$$

$$f = \frac{r}{2}$$

$$I = \frac{1}{2} m R^2$$

$$J = \frac{R^2 m}{2}$$

$$S = n \cdot \cancel{2\pi R^2} \pi R^2 = \frac{m \omega^2 R^2}{2} \times \frac{2\pi R^2 \omega}{2}$$

$$\frac{1}{2} m \omega^2 R^2 (1 + 2\pi)$$

$$a = \omega R$$

$$a_2 = 2a R \omega$$

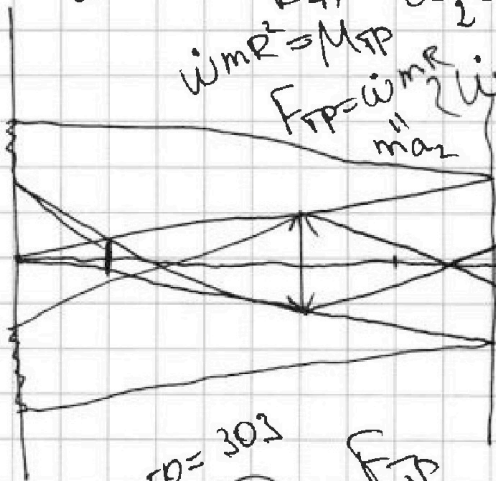
$$\omega m R^2 = M_{sp}$$

$$F_{sp} = \omega m R$$

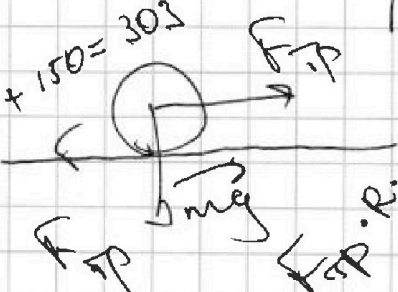
$$\omega m R^2 = F_{sp2} \cdot R$$

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{B^2 \mu_0 \kappa}{2}$$

$$2m\omega R = F_{sp2}$$



$$117 + 36 + 150 = 303$$



$$R\omega = F_{sp} \cdot R$$

$$9\rho_0 \omega_0 + A + (64 - 28)\rho_0 \omega_0$$

$$\frac{9\rho_0 \omega_0}{6 + 64 - 28}$$

$$R\omega = \int \dots$$

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

$$303 - 11 - 50 - 23$$

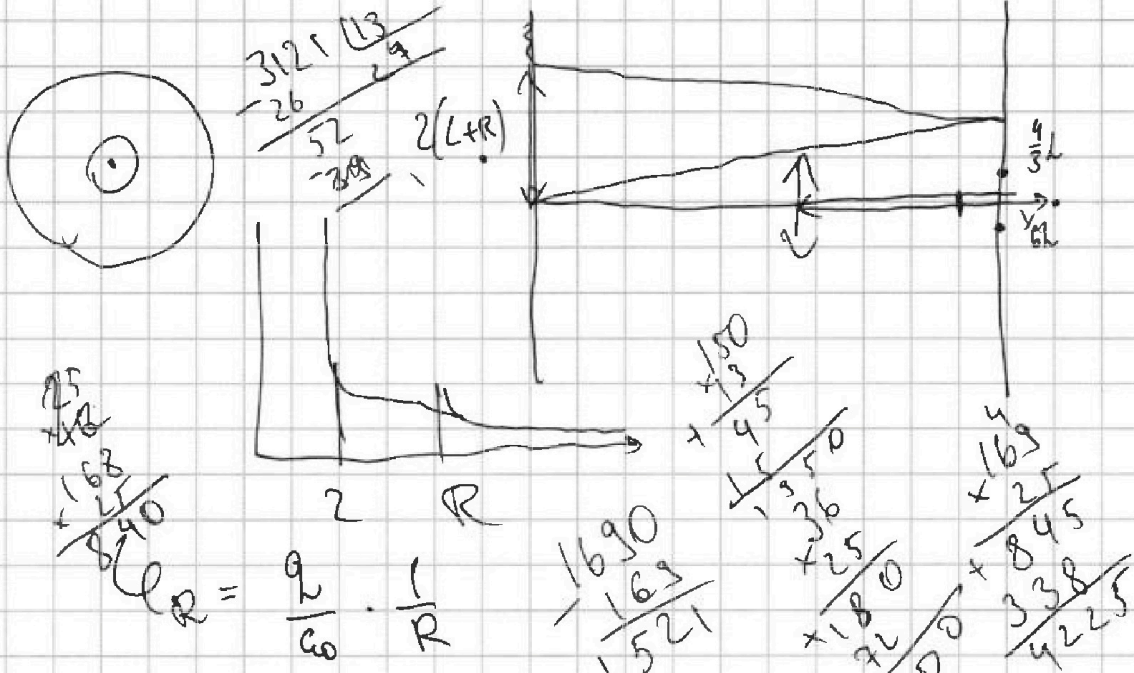


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



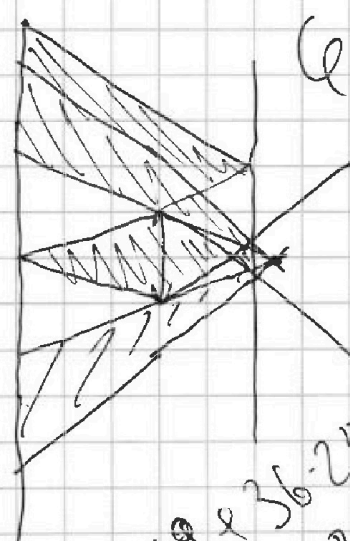
$$\frac{25}{168} + \frac{168}{840}$$

$$q = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R}$$

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

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

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



$$\begin{aligned} 9 \cdot 168 + 36 \cdot 25 &= 150 \cdot 13 \\ 354 - 177 &= 1250 \\ 1521 + 900 &= 1950 \\ 700 + 900 &= 1521 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8d + 4 &= 2,5d + 5 \\ 5,5d &= 1 \end{aligned}$$



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
__ 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!

