



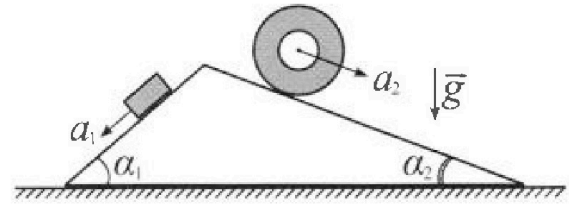
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

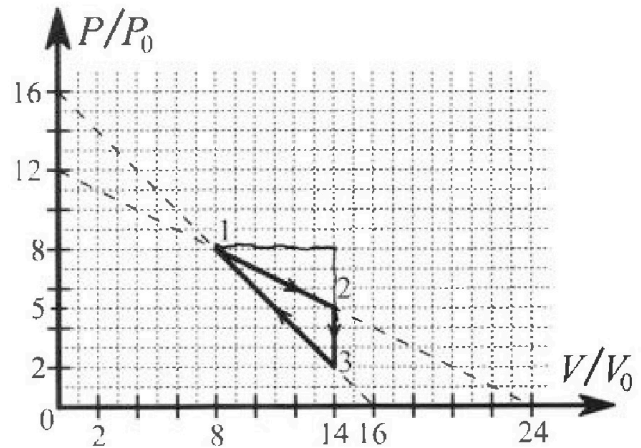


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

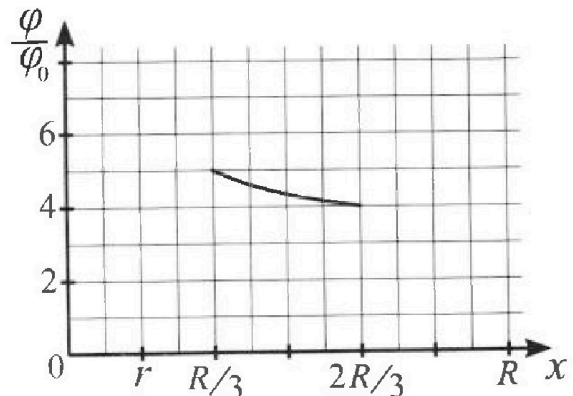
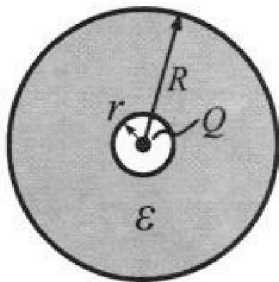
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  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  $x = 5R/6$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





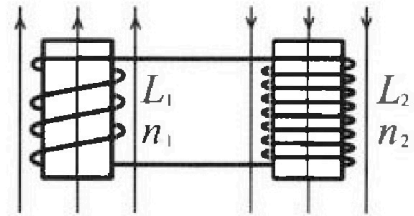
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

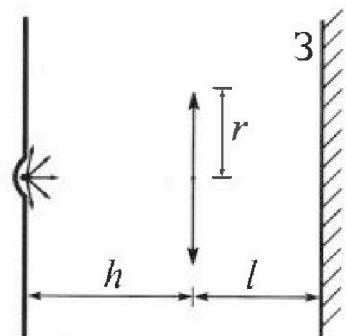


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 16L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 4n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков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

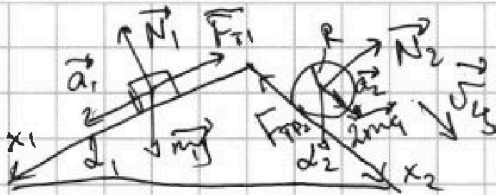


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)  $\omega$  - угл. скорость цилиндра

Просьба использовать нет

или  $\vec{v}_{цт} = \omega R$

или  $a_2 = \dot{\omega} R$

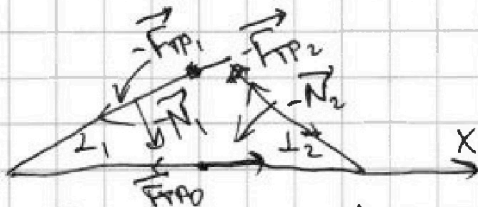
или  $\dot{\omega} R \cdot 2m = M_{F_{fp2}} = F_{fp2} \cdot R$

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

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:



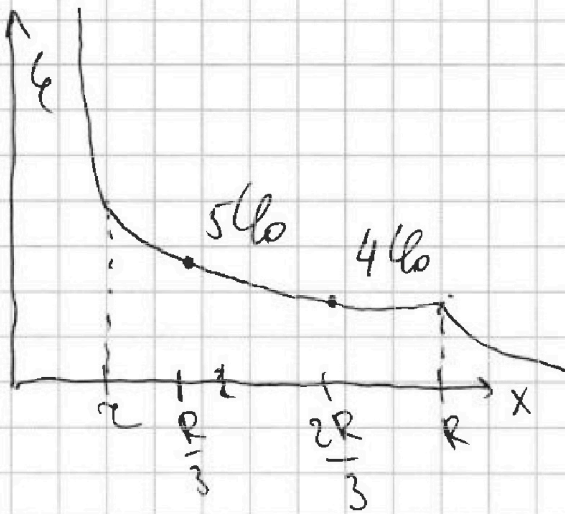


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

$\varphi$ :

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

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

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

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

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

Ответ:

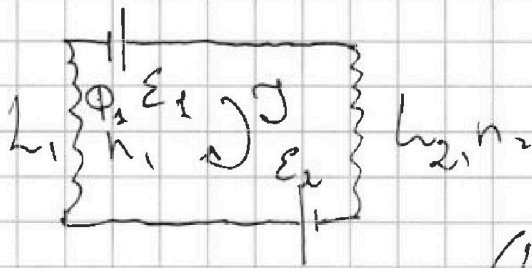


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{4}{3} \frac{nsB_0}{17L} = \frac{4}{51} \cdot \frac{nsB_0}{L} \leftarrow \text{Ответ:}$$

T - промежуток  
время



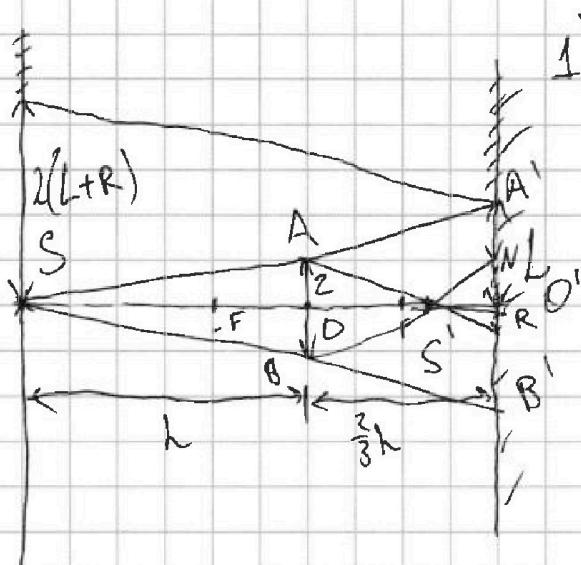
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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

$$S': \quad \begin{aligned} \frac{1}{f} + \frac{1}{d} &= \frac{1}{F} & \angle &= A'N \\ \frac{1}{2h} + \frac{1}{f} &= \frac{1}{h} & R &= O'N \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{h} - \frac{1}{2h} = \frac{1}{2h} \Rightarrow \frac{1}{2} = f \end{aligned}$$

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

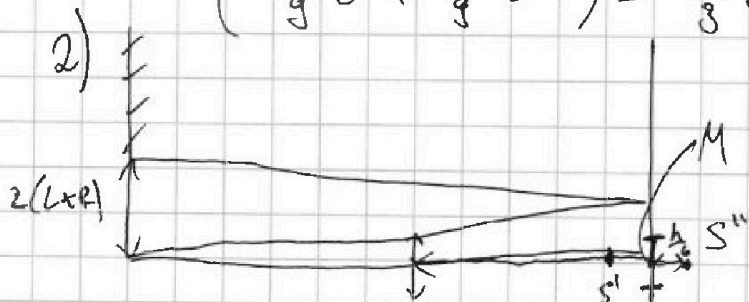
$$\frac{R+L}{2} = \frac{5}{3} \Rightarrow R+L = \frac{5}{3}z$$

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

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

Ответ:

$$\begin{aligned} S_{\text{медв. зерк.}} &= \pi \left( (L+R)^2 - R^2 \right) = \pi (L^2 + 2RL) \\ &= \pi \left( \frac{16}{9}z^2 + \frac{8}{9}z^2 \right) = \frac{8}{3}z^2 \pi = \boxed{\frac{200\pi}{3} \text{ см}^2} \end{aligned}$$



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



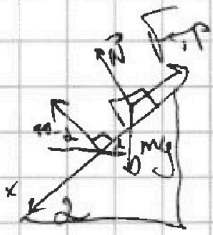


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

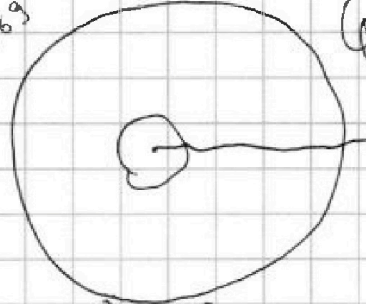
$$g(-\mu + \sin \alpha) = \frac{6}{13}g$$

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

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

$$g \cdot 169 + 6 \cdot 25 - 169 \cdot \frac{9}{65} = 169 \cdot \frac{6}{13}$$

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

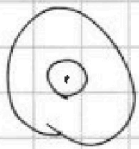


$$\epsilon = \frac{a}{b} \left( \frac{1}{\epsilon_0} - \frac{1}{\epsilon} \right)$$

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

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

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



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

16h

h

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

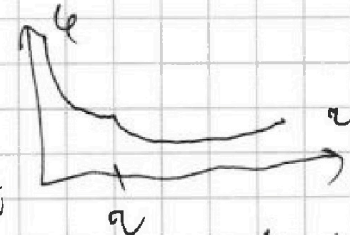
$$\epsilon = \frac{q}{2} \frac{1}{\epsilon_0} + \frac{q}{4\pi R} \frac{1}{\epsilon_0}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 + \int_0^r E dx$$

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

$$j = \frac{1}{4\pi L} \left( \frac{\partial B_1}{\partial t} n_1 + \frac{\partial B_2}{\partial t} n_2 \right) = \frac{n \dot{\phi}}{\epsilon}$$

$$j = \frac{n \dot{\phi}}{\epsilon} \epsilon$$



$$\epsilon = \frac{152}{2R} \quad j = \frac{1}{17L}$$

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

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

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

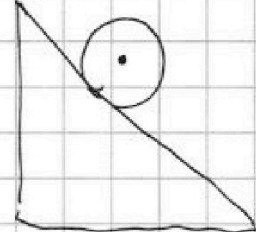
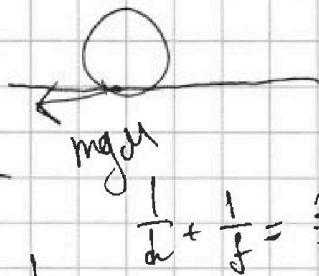
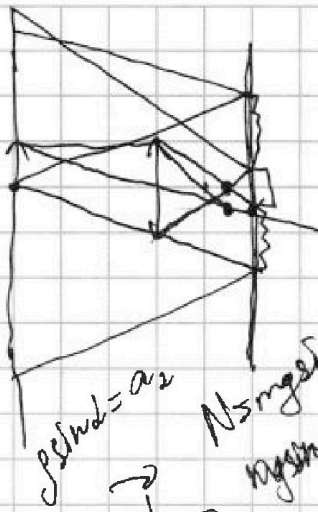


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



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

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

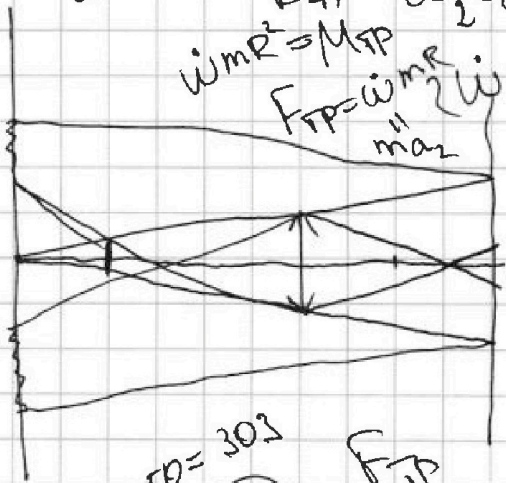
$$f = \frac{r}{2}$$

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

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

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

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



$$a = w R$$

$$w m R^2 = M s p$$

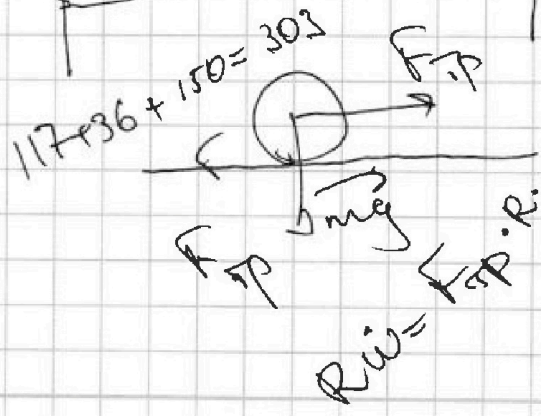
$$F s p = w m R$$

$$a_2 = 2 a R w$$

$$w m R^2 = F s p_2 \cdot R$$

$$2 m w R = F s p_2$$

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



$$117 + 36 + 150 = 303$$

$$R w = F s p \cdot R$$

$$9 \rho_0 \omega_0 + A + (64 - 28) \rho_0 \omega_0 = \frac{9 \rho_0 \omega_0}{6 + 64 - 28}$$

$$R w = \dots$$

$$\frac{9}{44} \rho_0 \omega_0 + 36 \rho_0 \omega_0 = 54 \rho_0 \omega_0$$

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

$$303 - 11 - 50 - 23$$

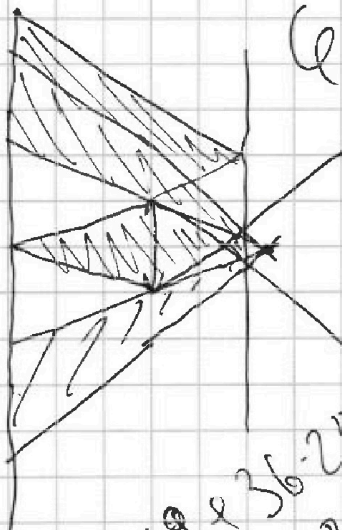
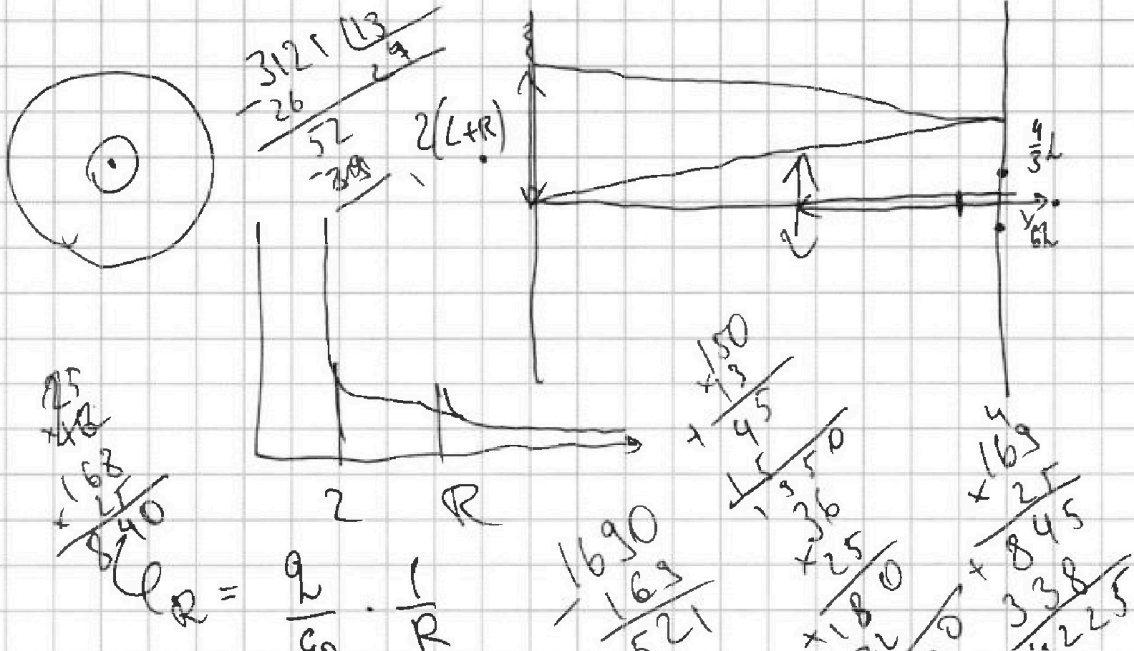


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



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

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

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

$$\begin{aligned}
 & 9 \cdot 169 + 36 \cdot 25 + 150 \cdot 13 \\
 & 354 - 177 = 1250 \\
 & 1521 + 900 + 1950 \\
 & 700 + 900 + 1521 \\
 & 3121
 \end{aligned}$$

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



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!

