



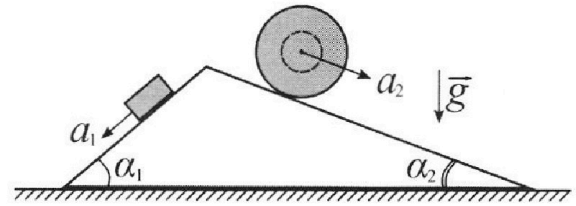
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (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.

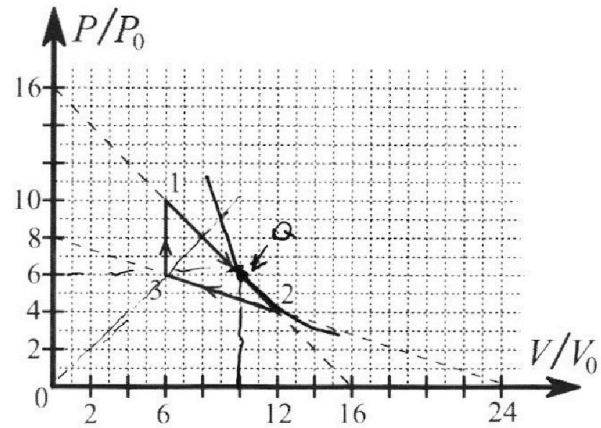


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

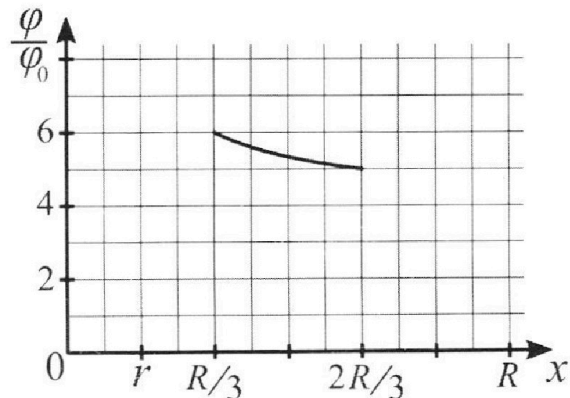
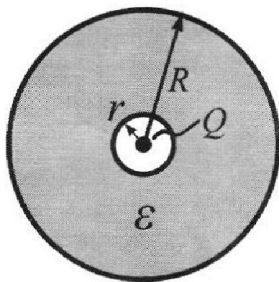
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



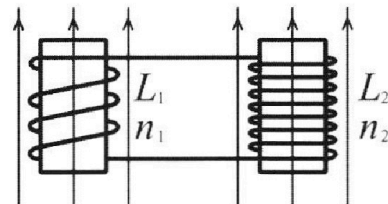
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

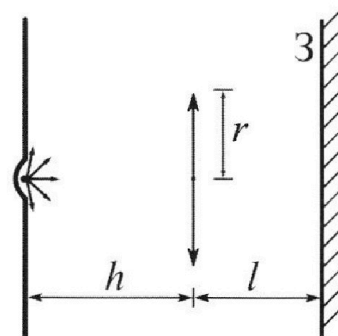


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. В начале 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  $3B_0/4$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $4B_0$  до  $8B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 2h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 4$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h/2$  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.

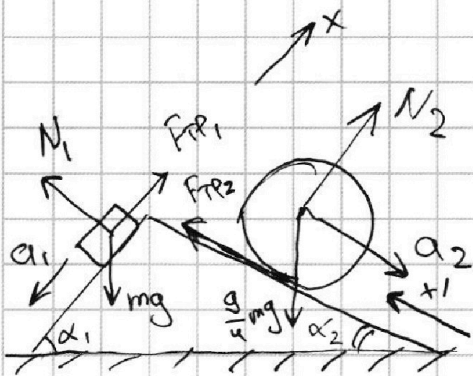


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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

1) Введём ось  $x$ , параллельную левой стороне клина.

II 3-й закон Ньютона на  $Ox$ :

2) Введём ось  $x'$ , параллельную правой стороне клина.

$$-ma_1 = F_{TP1} - mg \sin \alpha_1$$

$$F_{TP1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 =$$

$$= \frac{3}{5} mg - \frac{5}{17} mg$$

III 3-й закон Ньютона на  $Ox'$ :

$$F_{TP2} = \frac{9}{4} mg \sin \alpha_2 = -ma_2 \cdot \frac{9}{4}$$

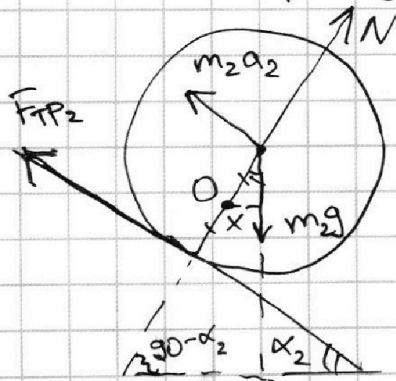
$$\boxed{F_{TP1} = \frac{26}{85} mg}$$

$$F_{TP2} = mg \cdot \frac{9}{4} \sin \alpha_2 - ma_2 \cdot \frac{9}{4}$$

$$F_{TP2} = \left( \frac{9 \cdot 8}{4 \cdot 17} - \frac{9 \cdot 8}{4 \cdot 27} \right) mg = \frac{9}{4} mg \left( \frac{8}{17} - \frac{8}{27} \right) = \frac{9}{4} mg \cdot \frac{80}{459} =$$

$$\boxed{= \frac{20}{51} mg}$$

3) 2) Перейдём в систему шаров:



С учётом  $\vec{F}_H = -m\vec{a}_2$ .

Пусть радиус цилиндра  $R$ , а  $m \cdot O$  на  $R/2$ . Тогда правило моментов отн.  $m \cdot O$ :

$$F_{TP2} \cdot \frac{R}{2} + m_2 g \cdot x = m_2 a_2 \cdot \frac{R}{2}$$

$$x = \frac{R}{2} \cdot \sin \alpha_2$$

$$F_{TP2} = \frac{9}{4} m \frac{8}{27} g - 2 \cdot \frac{9}{4} mg \cdot \frac{\sin \alpha_2}{2} = \frac{2}{3} mg - \frac{9 \cdot 8}{4 \cdot 17} mg = \boxed{\frac{20}{51} mg}$$

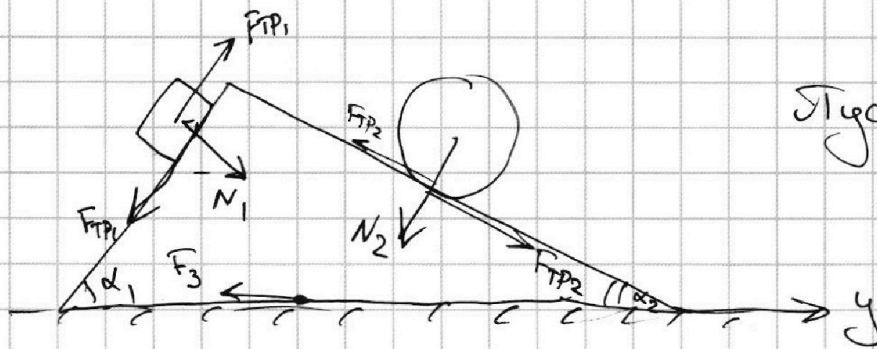


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Пусть  $F_3$  влево:

3) Введём  $Oy$  параллел. столу. Распишем силы на клин, используя III з-н Ньютона.

$N_1$  и  $N_2$  легко получить как:

$$\begin{cases} N_1 = mg \cos \alpha_1 \\ N_2 = \frac{9}{4} mg \cos \alpha_2 \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Просто введём оси,} \\ \text{перпендикулярные } x \text{ и } x'. \end{array} \right.$$

Для клина на  $Oy$ :  $\sum \vec{F}_y = 0$ :

$$N_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_{TP2} \cdot \cos \alpha_2 = F_{TP1} \cdot \cos \alpha_1 + N_2 \cdot \sin \alpha_2 + F_3$$

$$F_3 = N_1 \cdot \sin \alpha_1 - F_{TP2} \cos \alpha_2 - F_{TP1} \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2$$

$$F_3 = \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} - \frac{20}{51} mg \frac{15}{17} - \frac{26}{85} mg \frac{4}{5} - \frac{9}{4} mg \frac{15}{17} \frac{8}{17} =$$

$$= mg \left( \frac{12}{25} - \frac{20 \cdot 15}{51 \cdot 17} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{9 \cdot 15 \cdot 8}{4 \cdot 289} \right)$$

$$F_3 = mg \left( \frac{12}{25} - \frac{20 \cdot 15}{51 \cdot 17} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{9 \cdot 15 \cdot 8}{289 \cdot 4} \right)$$

$$F_3 = mg \frac{125}{289 \cdot 8 \cdot 51 \cdot 17}$$



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 4

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

1) Для начала найдём т. касания адиабаты и графика 1-2: ур-е адиабаты:

$$\delta Q = \frac{3}{2}(PdV + VdP) + PdV = 0$$
$$\Rightarrow 5PdV = -3VdP \Rightarrow \frac{dP}{dV} = -\frac{5P}{3V} \quad (1)$$

Ур-е прямой 1-2:  $P = 16P_0 - \frac{V}{V_0}P_0 = P_0(16 - \frac{V}{V_0})$ ; дифференцируем по  $V$ :

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{V}{V_0} \frac{P_0}{dV} = -\frac{P_0}{V_0}; \text{ подставляем (1):}$$

$$-\frac{P_0}{V_0} = -\frac{5P}{3V} \Rightarrow \frac{P_0}{V_0} = \frac{5P}{3V} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{5P}{3P_0}$$

Подставляем в ур-е прямой:

$$P = P_0(16 - \frac{V}{V_0}) = P_0(16 - \frac{5P}{3P_0}) = P_0 \frac{48P_0 - 5P}{3P_0}$$

$$\Rightarrow 3P = 5P + 48P_0 \Rightarrow 8P = 48P_0 \Rightarrow P = 6P_0 - \text{в т. кас. адиабаты. Тогда } V(6P_0) = 10V_0$$

$\Rightarrow$  координаты касания адиабаты  $6P_0, 10V_0$ .

Для процесса 1-2:

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ , примём  $Q_+$  только от точки касания адиабаты (уда от т. 1), а дальше  $Q_-$ .

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 4

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!

Пусть, точка касания квадрата - Q.

$$Q_{+12} = \Delta U_{1Q} + A_{1Q} = \frac{3}{2} (10P_0 \cdot 6V_0 + 6P_0 \cdot 10V_0) + A_{1Q}$$

$\Rightarrow$  в точке Q ещё и происходит изотерма от точки 1.  $(\Delta U_{1Q}) = 0$

~~$A_{1Q}$~~  Следовательно  $A_{1Q} = \frac{1}{2} (10P_0 + 6P_0) \cdot 4V_0 = 32P_0V_0$

$Q_+ = \cancel{10 \cdot 6 P_0 V_0} + A_{1Q} = 32P_0V_0$

$$|\Delta U_{12}| = \left| \frac{3}{2} (60P_0V_0 - 4P_0 \cdot 12V_0) \right| = \cancel{\frac{3}{2} (60P_0V_0 - 48P_0V_0)}$$

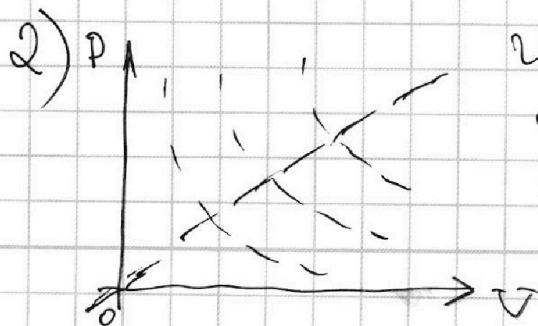
$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A_{12}} = \frac{18}{4} = \frac{9}{2}$   $|\Delta U_{12}| = \frac{3}{2} (12P_0V_0) = 18P_0V_0$

$A_{12}$  - площадь внутри графика. Считаем:

Разбиваем на несколько треугольников.

$$A_{12} = \frac{1}{2} 4V_0 \cdot 4P_0 + \frac{1}{2} \cdot 4V_0 \cdot 2P_0 = 8P_0V_0 + 4P_0V_0 = 12P_0V_0$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A_{12}} = \frac{18}{12} = \frac{3}{2}$$



Известно, что изотермы симметричны отн. прямой, проведенной через начало координат, и чем изотерма дальше, тем  $\pi$  больше



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  
3 ИЗ 4

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!

Ищем на нашем графике прямую через начало координат и смотрим где она пересекает 1-2: в т.  $8P_0 \cdot 8V_0$ .

$$\Rightarrow 8P_0 \cdot 8V_0 = \Delta R T_{12 \max} \text{ - ур-е сост. уг. газа для}$$

$$T_{12 \max} \Rightarrow T_{12 \max} = \frac{64 P_0 V_0}{\Delta R}$$

ур-е сост. для т. 3:

$$6P_0 \cdot 6V_0 = \Delta R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{36 P_0 V_0}{\Delta R} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_{12 \max}}{T_3} = \frac{64 P_0 V_0}{36 P_0 V_0} = \frac{64}{36} = \boxed{\frac{16}{9}}$$

$$3) \eta = \frac{A_y}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}$$

Мы точно можем сказать, на какие участки  $Q_+$ , а на какие  $Q_-$ , т.к. нашли касание с адiabатой.

$$Q_+ = Q_{31} + Q_{1Q} = \Delta U_{31} + \Delta U_{1Q} + A_{1Q} = 32 P_0 V_0$$

$$Q_- = Q_{Q2} + Q_{23} = \Delta U_{Q2} + A_{Q2} + \Delta U_{23} + A_{23} \quad \leftarrow \Delta U$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (10 P_0 - 6 P_0) \cdot 6 V_0 = 24 P_0 V_0$$

$$\Rightarrow Q_+ = 24 P_0 V_0 + 32 P_0 V_0 = 56 P_0 V_0$$

$$Q_- = \frac{3}{2} (12 \cdot 4 P_0 V_0 - 6 \cdot 10 P_0 V_0) + \frac{1}{2} (6 P_0 + 4 P_0) \cdot 2 V_0 +$$

$$+ \frac{3}{2} (36 P_0 V_0 - 4 \cdot 12 P_0 V_0) + \frac{1}{2} (6 P_0 + 4 P_0) \cdot 6 V_0$$



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  
4 ИЗ 4

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!

$$Q_- = P_0 V_0 \left( \frac{3}{2}(-12) + 10 + \frac{3}{2}(-12) * 30 \right)$$

$$Q_- = P_0 V_0 (-18 + 10 - 18 * 30) = 4 P_0 V_0$$

$$= 56 P_0 V_0 ???$$

Процесс посчитать

$$\eta = \ominus \frac{A_y}{Q_+} = \frac{12 P_0 V_0}{56 P_0 V_0} = \boxed{\frac{3}{14}}$$



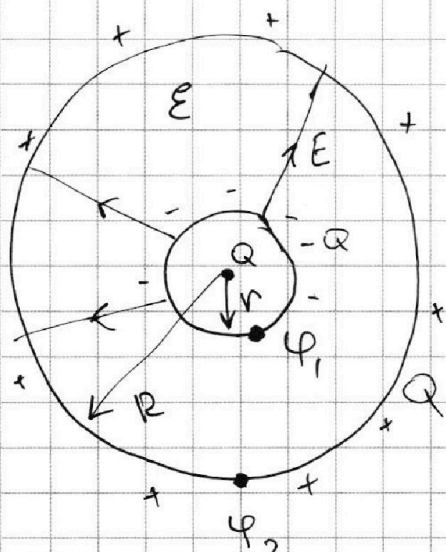


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) На внутренней поверхности индуцируется  $-Q$ , а на внешней  $+Q$ .

$$\varphi_1 = k \frac{Q}{r} \quad \left| \quad \Delta \varphi = k \frac{Q}{R} - k \frac{Q}{r}\right.$$

$$\varphi_2 = k \frac{Q}{R}$$

$$E = \frac{\Delta \varphi}{d}, \text{ где } d - \text{раств.}$$

По теореме Гаусса:  $E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S}$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{при этом поле } E \text{ уст. в} \\ E \text{ раз.} \end{array} \right.$   $W = \int_V w dV$

$$\varphi_x - k \frac{Q}{r} = E d = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \cdot \left( \frac{1}{2} R - r \right)$$

$$\varphi_x = k \frac{Q}{r} + \frac{kQ}{\epsilon r^2} \left( \frac{1}{2} R - r \right) = k \frac{Q \epsilon r + Q \left( \frac{1}{2} R - r \right)}{r^2 \cdot \epsilon}$$

$$\varphi_x = \frac{kQ}{\epsilon r^2} \left( r(\epsilon - 1) + \frac{1}{2} R \right)$$

2)  $\frac{6\varphi}{\varphi_0} - \frac{5\varphi}{\varphi_0} = \frac{\varphi}{\varphi_0}$ , на  $\Delta R = \left( \frac{2R}{3} - \frac{R}{3} \right) = \frac{R}{3}$ .

Но есть на  $\frac{R}{3}$ , потенциал падает как  $\frac{\varphi}{\varphi_0}$ , то есть на  $\varphi_0$ .

$$\varphi_0 = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S} \cdot \frac{R}{3} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \cdot \frac{R}{3} \quad \text{По графику: } r = \frac{R}{6}$$

$$\frac{6\varphi}{\varphi_0} = \frac{kQ \cdot 3}{R} \quad \left| \quad \frac{5\varphi}{\varphi_0} = \frac{kQ \cdot 3}{2R} \right. \Rightarrow \frac{3kQ}{2R} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \cdot \frac{R}{3} = \frac{kQR}{3 \cdot \frac{R}{36} \cdot \epsilon} \Rightarrow \epsilon = 8$$

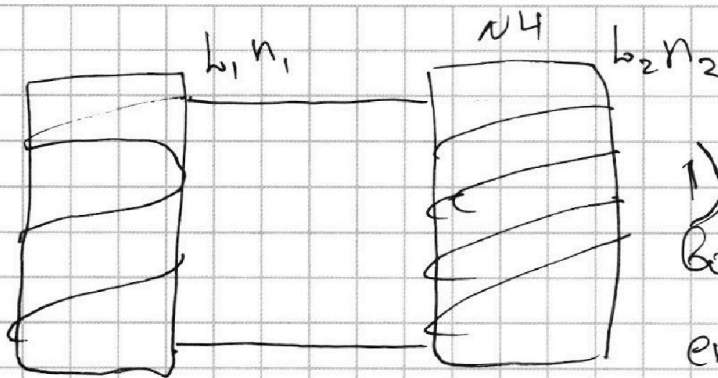


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) контур сверхпроводящий,  $\Rightarrow$  выполняется закон сохранения магнитного потока.

$$\Phi = \text{const.}$$

$$dB \cdot S = 0 \text{ (общее)}$$

$$B \text{ в 1 катушке: } \frac{dB}{dt} = -\alpha$$

$$B \text{ в 2 катушке: } l_2 I = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot S \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dB}{dt} = \frac{l_2 I}{S} \text{ — для второй катушки.}$$

изменение тока, приводит к изменению поля.

$$\frac{dB}{dt} = -\alpha = \frac{l_2 I}{S} \Rightarrow \boxed{I = -\frac{\alpha S}{l_2}}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2) \Phi = \text{const} \\ BS = \text{const} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} dB_1 S + dB_2 S = 0 \\ l_1 dI_1 + l_2 dI_2 = 0 \end{array}$$

$$B = \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi x^2} \text{ — з-н Био - Савара - Лапласа.}$$

$$\text{Потом } \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi} = L \Leftrightarrow BS = LI = \Phi$$

$$\Rightarrow dB \cdot S = L \cdot dI \text{ ; перейдем к конеч. приращ.$$

$$\Delta \frac{BS}{S} = L \Delta I, \text{ где } L = l_1 + l_2$$



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  
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!

$$\Delta B_{\Sigma} S = (l_1 + l_2) \Delta I = (l_1 + l_2) (I_k - 0)$$

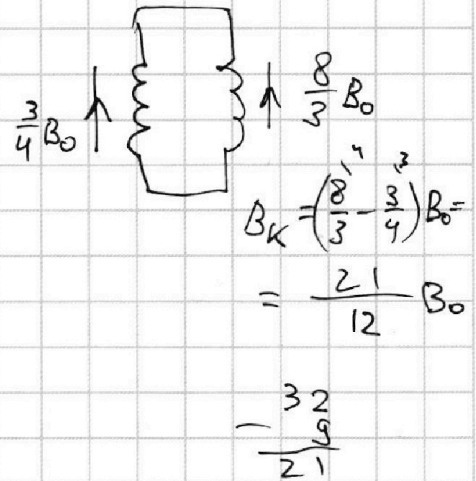
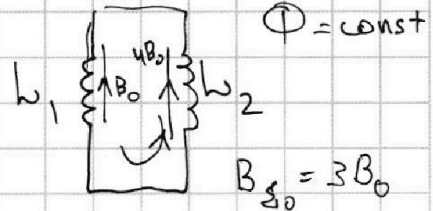
$$\Delta B_{\Sigma} = \frac{(5/12) B_0 - 3B_0}{1}$$

$$\Delta B_{\Sigma} = \left( \frac{5}{12} B_0 - 3B_0 \right)$$

$$|I_k| = S \frac{3B_0 - \frac{5}{12} B_0}{l_1 + l_2}$$

$$|I_k| = S \frac{15B_0}{12} \cdot \frac{1}{l + \frac{9}{4}l} =$$

$$= \frac{15B_0 S}{12} \cdot \frac{4}{13l} = \boxed{\frac{15B_0 S}{39l}}$$



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.

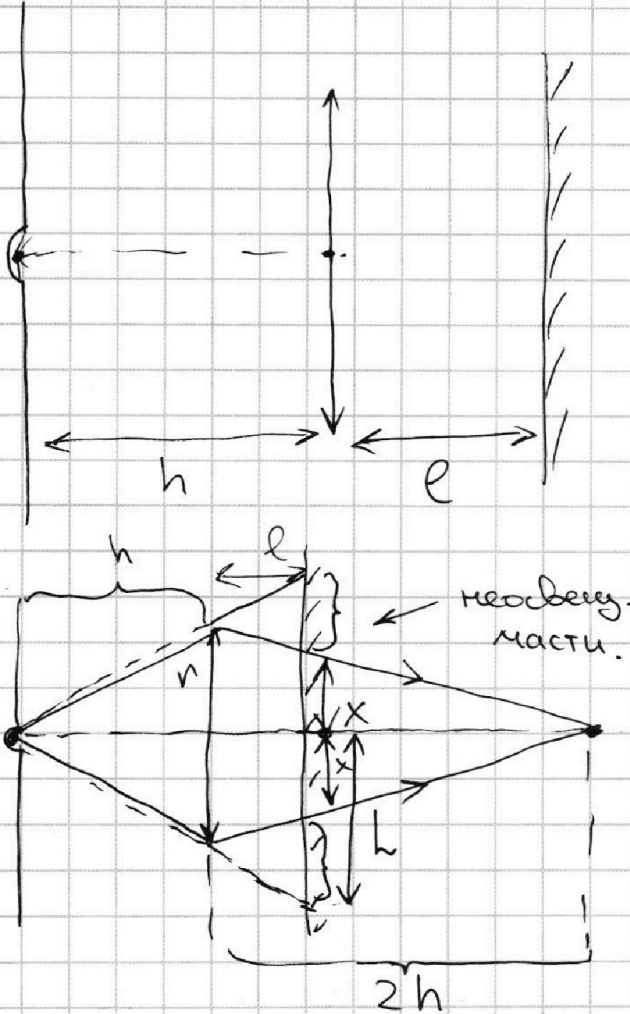


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 3

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



1) Где изображение лампочки в линзе:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ где } F = \frac{2}{3}h$$

$$d = h$$

$$\Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{\frac{2}{3}h \cdot h}{h - \frac{2}{3}h} = \frac{\frac{2}{3}h^2}{\frac{1}{3}h} = 2h$$

Пусть крайний луч, не задевший линзу, приходит на высоте  $h$ , а несвещ. часть на высоте  $x$ .

Тогда диаметр несвещ. части:  $h - x$ . (одной).

Найдём  $x$ : из подобия треугольников:

$$\frac{x}{2h - \frac{h}{2}} = \frac{r}{2h} \Rightarrow \frac{x}{\frac{3}{2}h} = \frac{r}{2h} \Rightarrow x = \frac{3}{4}r$$

$$\frac{h}{e+h} = \frac{r}{h} \Rightarrow h = \frac{r}{h} \cdot (h + \frac{h}{2}) = \frac{3}{2}r$$

$$h - x = \frac{3}{2}r - \frac{3}{4}r = \frac{3}{4}r$$

$$\text{Тогда } S_{\text{несвещ.}} = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{3}{4}r\right)^2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{9}{4} \pi r^2 = \frac{9}{2} \pi$$



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

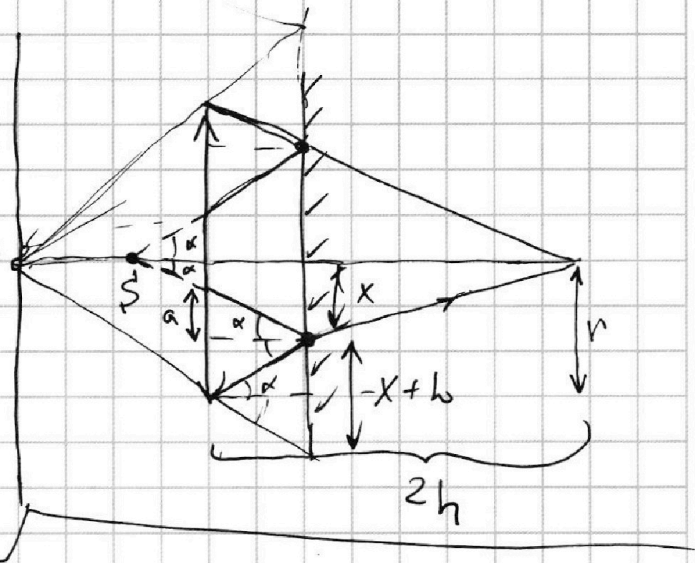
СТРАНИЦА  
2 из 3

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) Отражками крайние лучи от зеркала под теми же углами:

Пусть они собрались бы на  $S$  от зеркала (если не было бы линзы).

Это  $S$  - виртуальный источник для линзы.



$\tan \alpha = \frac{x}{S}$ ; ~~Введем расстояние~~

~~$\tan \alpha = \frac{(x+b)/2}{\ell} \Rightarrow \frac{x}{S} = \frac{(x+b)}{2\ell} \Leftrightarrow \frac{x}{S} = \frac{3/4 R}{2 \cdot \frac{h}{2}}$~~

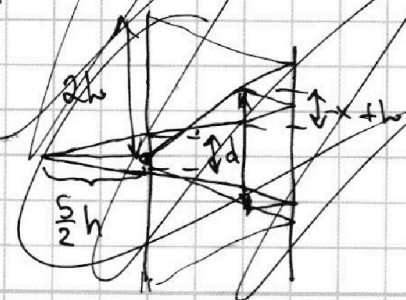
~~$\frac{3R}{4S} = \frac{3/4 R}{2 \cdot \frac{h}{2}} \Rightarrow S = h$  (от зеркала)~~

~~Тогда виртуальный источник на  $\frac{h}{2}$  от линзы.~~

~~$\frac{1}{F} = -\frac{1}{h/2} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} + \frac{1}{h/2} = \frac{h/2 + F}{Fh/2}$~~

~~$f_1 = \frac{h/2 \cdot 2/3h}{h/2 + 2/3h} = \frac{h/3h}{6h} = \frac{1}{2} h$  от линзы~~

~~Высота го освещения сферы  $2h$ . Снизу кусок  $a$  из радиуса.~~



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  
3 из 3

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!

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{s}; \text{ с другой стороны } \operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{2h}$$

Тогда, т.к.  $x = \frac{3}{4}r$

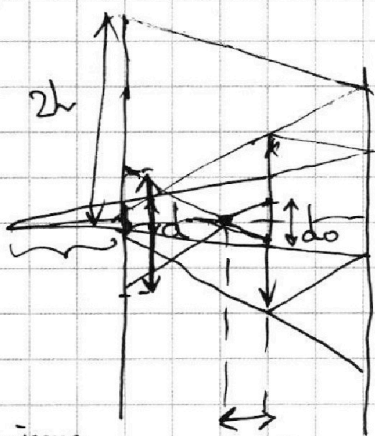
$$\frac{3}{4} \frac{r}{s} = \frac{r}{2h} \Rightarrow s = \frac{3h}{2} \text{ — минимальный искт. на } h$$

для линзы. Ищем где узобр.

~~$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2h} + \frac{1}{s}$$~~
~~$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3h} + \frac{1}{s}$$~~

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{s}$$

~~$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{F} + \frac{2}{8h} = \frac{3}{2h} + \frac{1}{8h} = \frac{13h}{16h^2} \Rightarrow s = \frac{8h^2}{13h} = \frac{8h}{13}$$~~



Ищем высоту  $f' = \frac{2}{5}h$

Высота до объекту. части  $2h$ , лучи, отраж. от зеркала и проходящ. через линзу, объектом  $d$ .

Поздравляю, простите за такую грязь и рисунок, я очень торопился.

~~$$\frac{d}{h - \frac{6}{13}h} = \frac{d_0}{\frac{6}{13}h} \quad \frac{d}{h - \frac{2}{5}h} = \frac{d_0}{\frac{2}{5}h}$$~~

$d_0$  легко найти как  $s \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{2}h \cdot \frac{r}{2h} = \frac{3}{4}r$

$$\left(\frac{3}{5}h - \frac{1}{2}\right) \operatorname{tg} \alpha = h \cdot \frac{r}{2h} = \frac{r}{2}$$

$$\frac{d}{\frac{3}{5}h} = \frac{r/2}{2/5h} \Leftrightarrow \frac{d}{3} = \frac{r}{4} \Rightarrow d = \frac{3}{4}r; \text{ Диаметр}$$

несвещу:  $2h - \frac{d}{2} = 3r - \frac{3}{8}r = \frac{21}{8}r$

$$S_{\text{несвещу}} = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot \left(\frac{21}{8}r\right)^2 = \frac{\pi \cdot 441}{2} \text{ см}^2$$

а)  $\frac{9}{2}\pi$

б)  $\frac{441}{4}\pi$

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!

~~NS~~ WH

$$\Phi = \text{const.}$$

$$\frac{dB}{dt} = -\alpha$$

$$\Phi = \text{const}$$

$\epsilon_i -$

~~$B_1 S_1$~~   $B_1 S_1$

$$L_1 I_1 = L_2 I_2$$

$$L \frac{di}{dt} = \frac{d\Phi}{dt}$$

~~$\Phi = \text{const}$~~   $\Phi = \text{const}$

$$d\Phi = 0$$

$$(L_1 + L_2) I_1$$

$$BS = \text{const}$$

~~$d(BS)$~~   $d(B_1 \cdot S) = d(B_2 \cdot S)$

$$dB(SB_0)$$

$$L_1 \cdot I = \Phi$$

$$BnS$$



~~$d(L_1 I_1)$~~   $L_1 dI_1 + L_2 dI_2 = 0$

$$d\Phi = L dI + I dB \approx 0$$

~~$\frac{36}{21}$~~   
 ~~$\frac{75}{21}$~~

$$dB(I_1 + I_2) = (L_1 + L_2) dI$$

$$B = \frac{\mu \mu_0 I}{4\pi x^2} \approx I$$

$$L = \frac{\mu \mu_0 n^2}{4\pi l}$$

$$B \approx \frac{I}{\mu_0 l}$$



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!

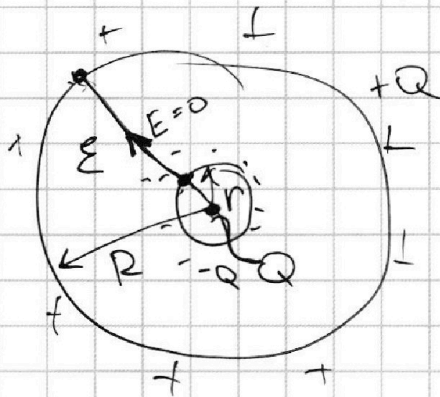
$$v = \frac{Q_+}{A \cdot \rho} = \frac{A \cdot g}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}$$

$$\frac{3}{2}(-12) + 10 + \frac{3}{2}(-12) + 30 = \frac{4}{56}$$

$$\frac{-48}{-36} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{6 \cdot 2}{7 \cdot 84} = \frac{6}{28} = \frac{3}{14}$$

N3



$r, R, Q, \epsilon$

$$E(Q) = \frac{1}{\epsilon x^2}$$

$$E(Q) = \frac{kQ}{x^2}$$

$$x > r$$

$$E = E(Q)$$

N5

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\sim -\frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h^2}{h - \frac{2}{3}h} = \frac{2}{\frac{1}{3}} h = 2h$$



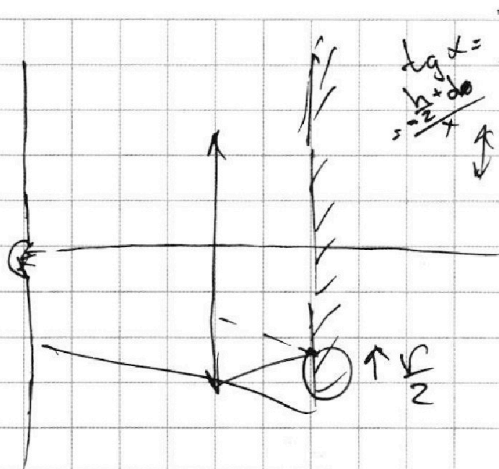
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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!



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{d_0} = \frac{h/2}{2/3 h}$$

$$2) \frac{3}{2} - \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$

$$3) \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right)$$

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

$$3) \frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{7}{6}$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 18 \\ \hline 357 \\ \times 51 \\ \hline 867 \end{array}$$

$$f' = \frac{h/2 \cdot 2/3 h}{h/2 + 2/3 h}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{f} = \frac{r}{2h}$$

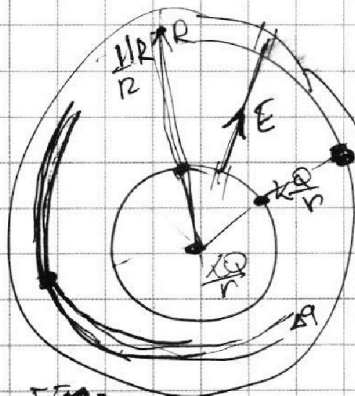
$$\begin{array}{r} \times 3 \\ 289 \\ \hline 568 \end{array}$$

~3

$$E \neq 0$$

$v, R, Q, \epsilon$

$$x = \frac{11R}{12}$$



$$k \frac{Q}{r}$$

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 \Delta \phi}$$

$$\Delta \phi = E d$$

$$W = \Phi \Delta q$$

$$W = \Phi \Delta q$$

$$W = \int_{\Delta V} w^r dV = \int_{\Delta V} \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} 4\pi r^2 dr$$

$$0 = \epsilon \frac{kQ}{R} - k \frac{Q}{r}$$

$$\Delta \phi =$$

$$\phi_x = k \frac{Q}{r}$$

$$\frac{3}{2} = \frac{36}{3\epsilon}$$

$$\frac{3}{2} = \frac{36}{3\epsilon} \Rightarrow \epsilon = \frac{72}{9}$$

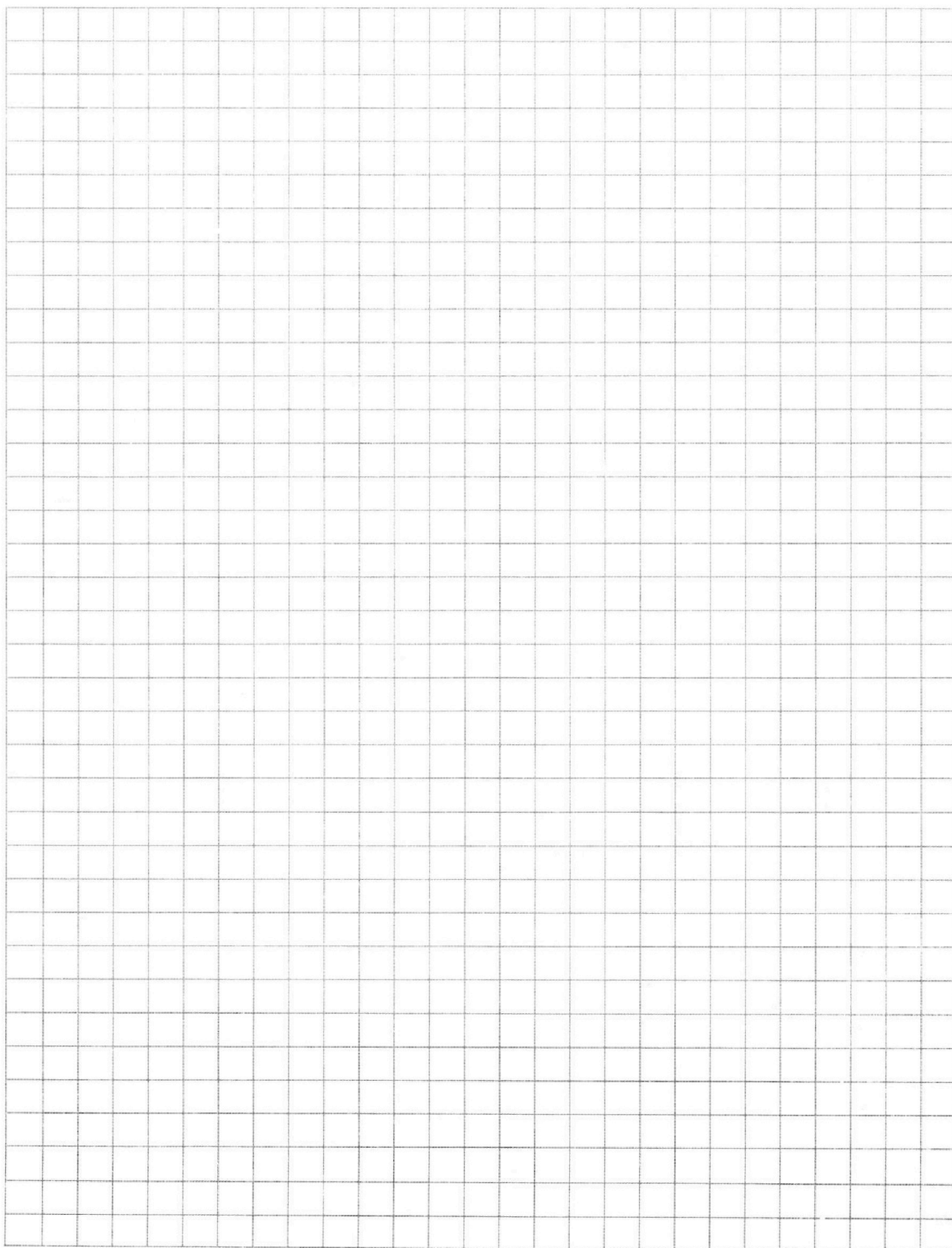


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<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!



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!

$\Delta x = \frac{F}{k}$   
 $F = \frac{3P}{5}$   
 $\frac{3P}{5} = \frac{3P_0}{17}$   
 $P = \frac{P_0}{17}$

$\frac{17}{2} - \frac{3}{17} = \frac{17 \cdot 3}{17 \cdot 2}$   
 $= \frac{34 - 3}{34} = \frac{31}{34}$

$P = \frac{P_0(16 - \frac{V}{V_0})}{3P_0} = P$   
 $48P_0 - 5P = P$   
 $8P = 48P_0 \Rightarrow P = 6P_0$

$\frac{P_0}{V_0} = \frac{5P}{3V}$   
 $\frac{V}{V_0} = \frac{5P}{3P_0}$

$\delta^* Q = \frac{3}{2}(PdV + VdP) + P dV$   
 $0 = \frac{5}{2}PdV + \frac{3}{2}VdP$   
 $5PdV = -3VdP$   
 $\frac{dP}{dV} = -\frac{5P}{3V}$

$P = 16P_0 - \frac{V}{V_0}P$

$\frac{dP}{dV} = 16 - \frac{P}{V_0} = \frac{P}{V_0}$

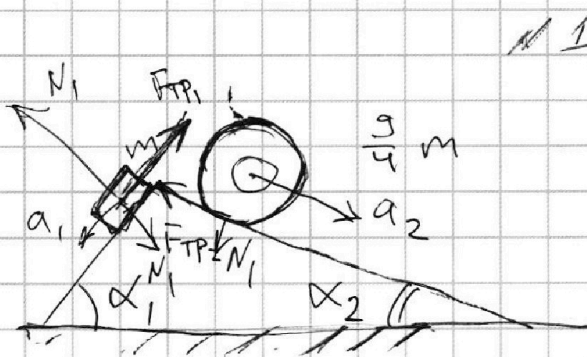


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

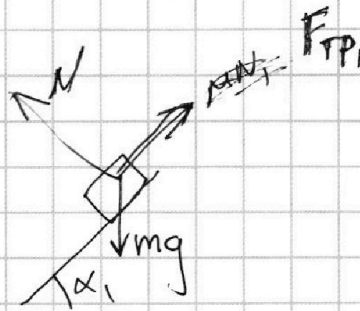
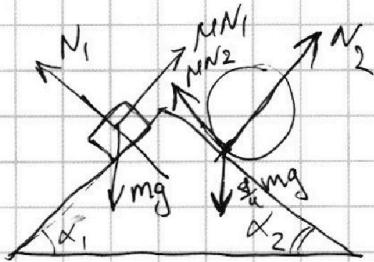
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\alpha_1, \sin \alpha_1 = \frac{12}{17}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

1) Раз кинем ост. в покое,  $\Rightarrow$



$$\frac{3}{5} = \frac{5}{17} \Rightarrow$$

$$= \frac{26}{175}$$

$$\frac{26}{85}$$



$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$\mu = 1$$

$$F_{TP} = \frac{4}{5} mg$$

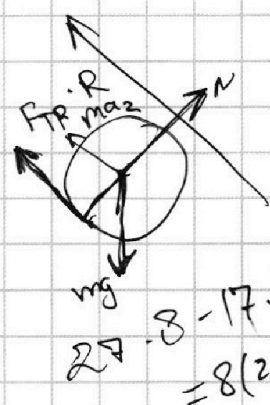
$$\frac{8}{17} - \frac{8 \cdot 17}{27} = \frac{27 \cdot 17}{27 \cdot 17}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 17 \\ \hline 189 \\ 27 \\ \hline 459 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 17 \\ \hline 189 \\ 27 \\ \hline 459 \end{array}$$

$$\frac{80}{459} \frac{g}{4} = 80 \mu$$

$$\frac{459 \cdot 9}{45 \cdot 51}$$



$$27 \cdot 8 - 17 \cdot 8 = 8(27 - 17)$$

