



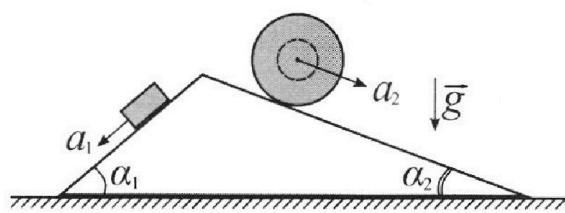
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок 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.

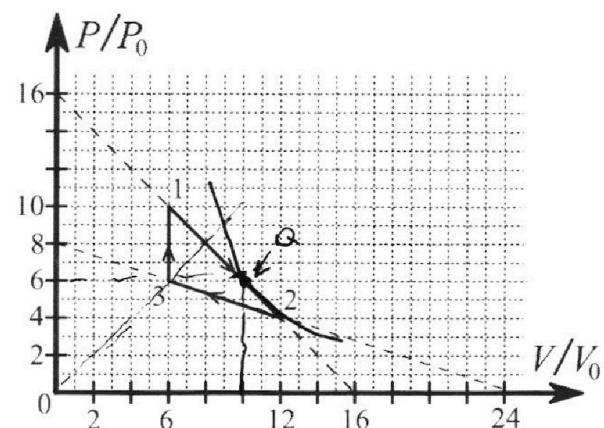


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

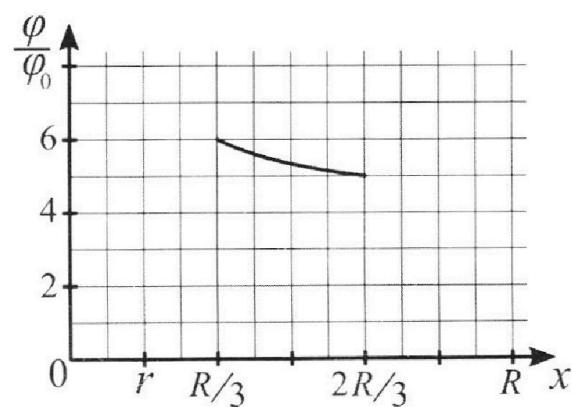
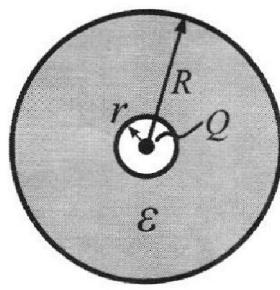
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



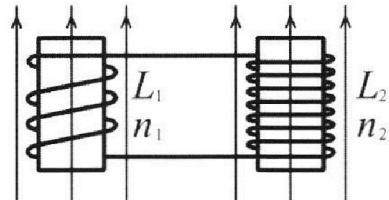
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



Вариант 11-04

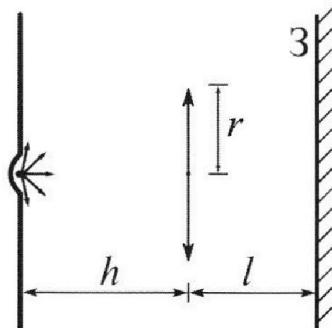
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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. 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 $3B_0/4$, 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 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 $F = 2h/3$. 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 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

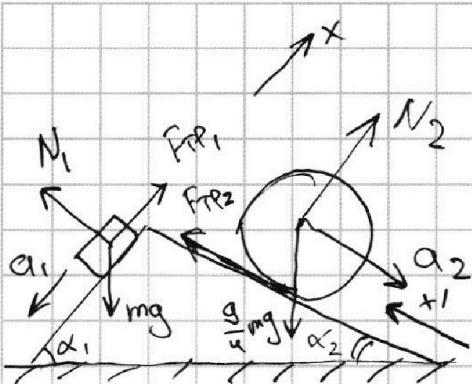


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1
<input checked="" type="checkbox"/> | 2
<input type="checkbox"/> | 3
<input type="checkbox"/> | 4
<input type="checkbox"/> | 5
<input type="checkbox"/> | 6
<input type="checkbox"/> | 7
<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.

1) Введём ось x , параллель левой стороне клина.

II 3-й Ньютона на Ox :

2) Введём ось x' , аналогичн. $-ma_1 = F_{TP1} - mg \cdot \sin \alpha_1$
но, параллель правой стороне клина.

III 3-й Ньютона на Ox' :

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

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

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

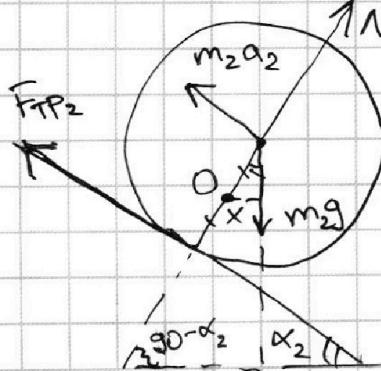
$$\boxed{F_{TP1} = \frac{26}{85}mg}$$

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

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

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

3) 2) Переидём в систему координат:



С учётом $\vec{F}_N = -m_2 \vec{a}_2$.

Пусть радиус кипешника R , а м. О на $R/2$. Тогда правило моментов относ. м. О:

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

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

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

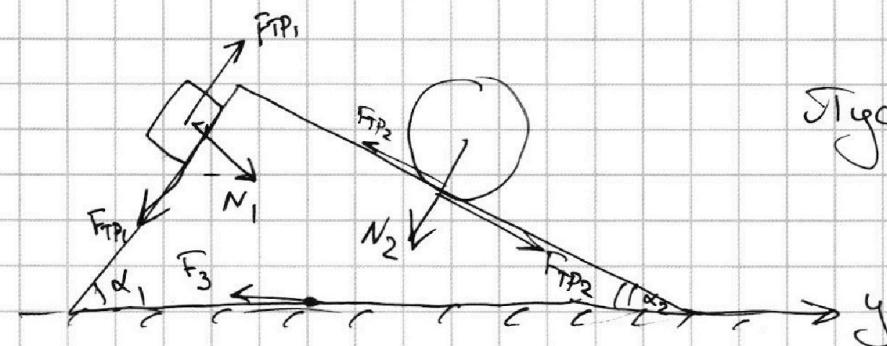


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



Пускай F_3 блюдо.

3) Введём Оy параллел. столу. Распишем силы на клин, используя III з-н Ньютона.
 N_1 и N_2 легко получить как:

$$\begin{cases} N_1 = mg \cos \alpha_1, \\ N_2 = \frac{9}{4} mg \cos \alpha_2 \end{cases}$$

Просто вводим оси, перпендикулярные x и x' .

Для клина на Oy : $\sum F_y = 0$:

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

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

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} - \frac{20}{51} mg \frac{15}{17} - \frac{26}{85} mg \frac{4}{5} - \frac{9}{4} mg \frac{15}{17} \frac{8}{17} = \\ &= mg \left(\frac{12}{25} - \frac{20 \cdot 15}{51 \cdot 17} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{9 \cdot 15 \cdot 8}{4 \cdot 289} \right) \end{aligned}$$

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

$$F_3 = mg \cancel{\frac{12}{25}} \cancel{\frac{15}{51} \frac{26}{85} \frac{4}{5} \frac{9 \cdot 15 \cdot 8}{289 \cdot 4 \cdot 17}}$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" 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 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:

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

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

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

$\Rightarrow 3P = -5P + 48P_0 \Rightarrow 8P = 48P_0 \Rightarrow P = 6P_0$ — т. кас. адиабаты. При этом $V(6P_0) = 10V_0$.

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

Для процесса 1-2:

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, при этом Q_+ только до касания адиабаты (ида от м. 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.

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

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 нас интересует — Q.

$$Q_{+12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (10P_0 \cdot 6V_0 + 6P_0 \cdot 10V_0) + A_{12} = 0$$

⇒ в точке Q сижу и проходит изотерма от точки 1. $(\Delta U_{12}) = 0$

$$A_{12} \text{ Следовательно } A_{12} = \frac{1}{2} (10P_0 + 6P_0) \cdot 4V_0 = 32P_0V_0$$

~~$$Q_{+} = \cancel{10 \cdot 6 P_0 V_0} - \cancel{A_{12}} \quad A_{12} = 32P_0V_0$$~~

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

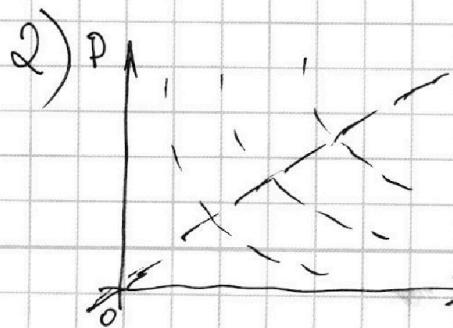
~~$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A_y} = \frac{1}{12} |\Delta U_{12}| = \frac{3}{2} (12P_0V_0) = 18P_0V_0$$~~

Ay — площадь внутри графика. Считаем:

Разбиваем на несколько треугольников.

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

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



Известно, что изотермы симметричны относительно прямой, проведенной через начало координат, и тем изотерма дальше, чем T 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.



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

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!

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

$$\Rightarrow 8P_0 \cdot 8V_0 = DRT_{12\max} - \text{ур-е соотв. уг. задачи}$$

$$T_{12\max} \Rightarrow T_{12\max} = \frac{64P_0V_0}{DR}$$

$$\text{Ур-е соотв. для т. 3:} \quad \Rightarrow$$

$$6P_0 \cdot 6V_0 = DRT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{36P_0V_0}{DR}$$

$$\Rightarrow \frac{T_{12\max}}{T_3} = \frac{64P_0V_0}{36P_0V_0} = \frac{64}{36} = \boxed{\frac{16}{9}}$$

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

Мы точно можем сказать, что какие участки Q_+ , а на какие Q_- , т.к. наши касания с адиабатой.

$$Q_+ = Q_{31} + Q_{1Q} = \Delta u_{31} + \Delta u_{1Q}^0 + A_{1Q} \stackrel{L_0}{=} 32P_0V_0$$

$$Q_- = Q_{Q2} + Q_{23} = \Delta u_{Q2} + A_{Q2} + \Delta u_{23} + A_{23} \stackrel{L_0}{=}$$

$$\Delta u_{31} = \frac{3}{2} (10P_0 - 6P_0) \cdot 6V_0 = 24P_0V_0$$

$$\Rightarrow Q_+ = 24P_0V_0 + 32P_0V_0 = 56P_0V_0$$

$$Q_- = \frac{3}{2} (12 \cdot 4P_0V_0 - 6 \cdot 10P_0V_0) + \frac{1}{2} (6P_0 + 4P_0) \cdot 2V_0 +$$

$$+ \frac{3}{2} (36P_0V_0 - 4 \cdot 12P_0V_0) \stackrel{?}{=} \frac{1}{2} (6P_0 + 4P_0) \cdot 6V_0$$



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
Ч ИЗ Ч

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!

$$\begin{aligned} Q_- &= P_0 V_0 \left(\frac{3}{2}(-12) + 10 + \frac{3}{2}(-12) \cancel{- 30} \right) \\ Q_- &= P_0 V_0 (-18 + 10 - 18 \cancel{- 30}) = 4 P_0 V_0 \\ &\cancel{\geq 56 P_0 V_0 ? ??} \end{aligned}$$

Проще посчитать

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

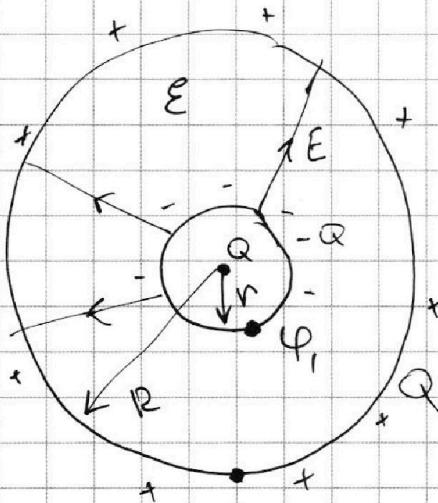
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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

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 $+Q$.

$$\begin{aligned}\Phi_1 &= \kappa \frac{Q}{R} \\ \Phi_2 &= \kappa \frac{Q}{r}\end{aligned} \quad \left| \Delta \Phi = \kappa \frac{Q}{R} - \kappa \frac{Q}{r}\right.$$

$$E = \frac{\Delta \Phi}{d}, \text{ где } d - \text{расст.}$$

По теореме Гаусса:

$$E = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

При этом поле E унів. в

ϵ раз.

$$\mathcal{W} = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

$$\Phi_x - \kappa \frac{Q}{r} = Ed = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \cdot \left(\frac{1}{2} R - r \right)$$

$$\Phi_x = \kappa \frac{Q}{r} + \frac{Q}{8\pi r^2} \left(\frac{1}{2} R - r \right) = \kappa \frac{Q \epsilon r + Q \left(\frac{1}{2} R - r \right)}{r^2 \cdot \epsilon}$$

$$\boxed{\Phi_x = \frac{Q}{\epsilon r^2} \left(r(\epsilon - 1) + \frac{1}{2} R \right)}$$

$$2) \frac{\Phi_x}{\Phi_0} = \frac{6\Phi}{\Phi_0} - \frac{5\Phi}{\Phi_0} = \frac{\Phi}{\Phi_0}, \text{ на } \Delta R = \left(\frac{2R}{3} - \frac{R}{3} \right) = \frac{R}{3}.$$

Но есть на $\frac{R}{3}$, поменувши падает как $\frac{\Phi}{\Phi_0}$,
но есть на Φ_0 .

$$\Phi_0 = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 S} \cdot \frac{R}{3} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 4\pi r^2} \frac{R}{3}. \text{ Но графику: } r = \frac{R}{6}.$$

$$\begin{aligned}\frac{6\Phi}{\Phi_0} &= \frac{KQ \cdot 3}{R} \\ \frac{5\Phi}{\Phi_0} &= \frac{KQ \cdot 3}{2R}\end{aligned} \quad \Rightarrow \frac{3KQ}{2R} - \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 4\pi r^2} \frac{R}{3} = \frac{KQR}{3 \cdot \frac{R}{36} \cdot \epsilon} \Rightarrow$$

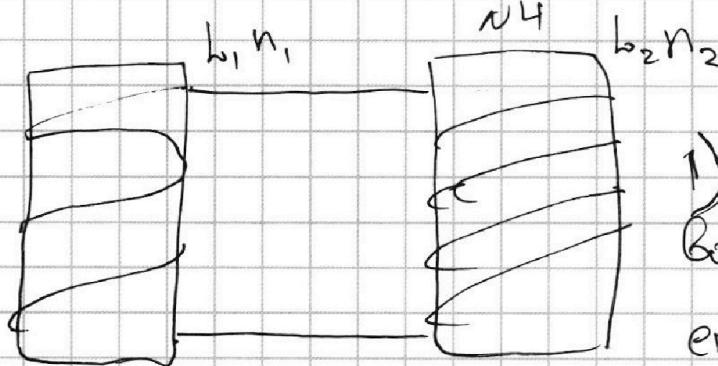
$$\Rightarrow \boxed{\epsilon = 8}$$

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.

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



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

$$dB_P \neq 0 \quad (\text{объясне})$$

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

$$\text{Во 2 катушке: } L_1 \dot{I} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot S \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dB}{dt} = \frac{L_1 \dot{I}}{S} \quad \text{где второй катушка.}$$

$$\frac{dB}{dt} = -\alpha = \frac{L_1 \dot{I}}{S} \Rightarrow \boxed{\dot{I} = -\frac{\alpha S}{L_1}}$$

изменение
тока, привод-
ящее к изменению
поля.

$$\left. \begin{array}{l} 2) \quad \Phi = \text{const} \\ B_S = \text{const} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} dB_1 S + dB_2 S &= 0 \\ L_1 dI_1 + L_2 dI_2 &= 0 \end{aligned}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} - 3-\text{м Факт - Савара - Ампер.}$$

$$\pi \mu_0 \frac{\mu_0 \omega}{4\pi} = L \Leftrightarrow B_S = L I = \Phi$$

$$\Rightarrow dB \cdot S = L \cdot dI \quad \text{Перейдём к конеч. прираз.}$$

$$\Delta B_S = L_S dI, \text{ где } L_S = L_1 + L_2$$



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.

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

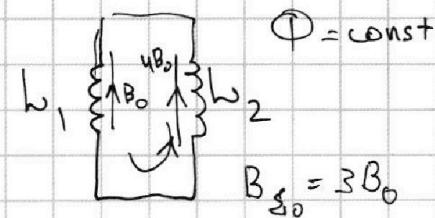
$$\Delta B_{\text{з}} = (b_1 + b_2) \Delta I = (b_1 + b_2)(I_K - 0)$$

$$\Delta B_{\text{з}} = (5B_0 - 3B_0)$$

$$\Delta B_{\text{з}} = \left(\frac{21}{12} B_0 - 3B_0 \right)$$

$$|I_K| = S \frac{3B_0 - \frac{21}{12} B_0}{b_1 + b_2}$$

$$|I_K| = S \frac{15B_0}{12} \cdot \frac{1}{b_1 + \frac{3}{4}b_2} = \\ = \frac{15B_0 S}{12} \cdot \frac{4}{13b} = \boxed{\frac{15B_0 S}{39b}}$$



$$\frac{3}{4}B_0 \uparrow \quad \uparrow \frac{8}{3}B_0 \\ B_K = \left(\frac{8}{3} - \frac{3}{4} \right) B_0 = \\ = \frac{21}{12} B_0 \\ - \frac{32}{21}$$



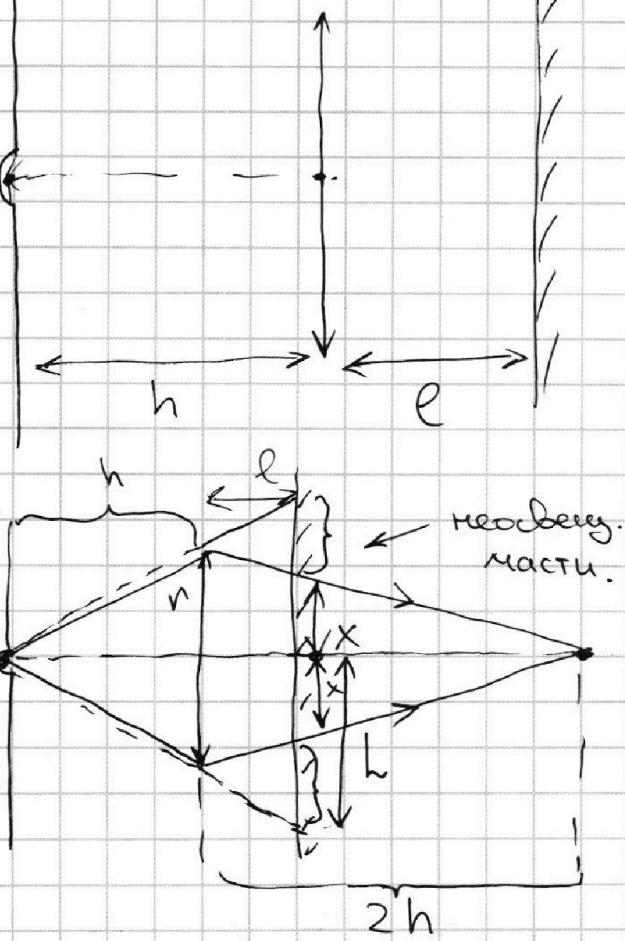
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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 неосвещ. часть на высоте x .

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

Найдём x ! из подобия треугольников:

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

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

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

$$\text{Площадь неосвещ.} = \cancel{3} \cdot \cancel{2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{3}{4}r\right)^2 \cdot \frac{1}{4} = \boxed{\frac{9}{4}\pi \text{ см}^2} = \boxed{\frac{9}{2}\pi}$$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
2 ИЗ 3

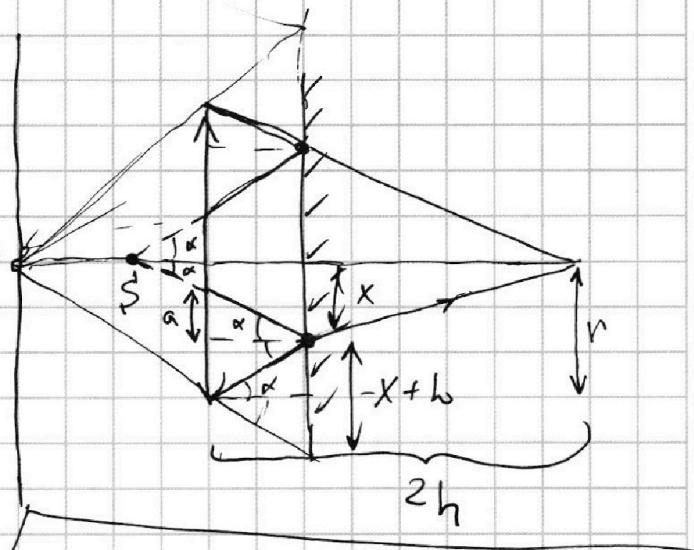
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2) Отражаем крайние лучи от зеркала под теми же углами:

Пусть они собрались бы

на S' от зеркала (если не было бы линзы).

Это S' - линейный источник для линзы.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{S}; \quad \text{Введен расчетное}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(x+h)/2}{l} \Rightarrow \frac{x}{S} = \frac{(x+h)/2}{2l} \Leftrightarrow \frac{x}{S} = \frac{3/4 R}{2 \cdot h/2}$$

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

Итогда линейный источник на $\frac{h}{2}$ от линзы.

$$\frac{3}{4} \frac{R^2}{S} = 2h \quad S = \frac{3}{2} R$$

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

$$f_1 = \frac{h/2 \cdot 2/3h}{h/2 + 2/3h} = \frac{h/3h}{h/6} = 2h \text{ см линзы}$$

Высота до освещения сверху
2h. Снизу кусок Δ из подобия.

$\frac{2h}{\Delta}$



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
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!

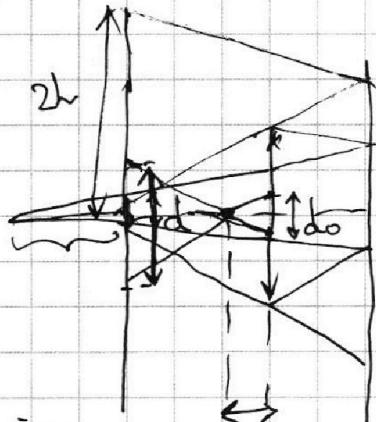
$$\tan \alpha = \frac{x}{s}; \text{ с другой стороны } \tan \alpha = \frac{r}{2h}$$

$$\text{Норма, м.к. } x = \frac{3}{4} r$$

$\frac{3}{4} \frac{r}{s} = \frac{r}{2h} \Rightarrow s = \frac{3h}{8} - \text{ истинный ист. на } \frac{h}{2}$
для линзы. Ищем где изобр.

~~$$\frac{1}{F} = \frac{1}{r} - \frac{1}{2h} + \frac{1}{f'}$$~~
~~$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3h} - \frac{1}{2h} + \frac{1}{f'} \quad \frac{1}{F} = -\frac{1}{h} + \frac{1}{f'}$$~~

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



~~$$f' = \frac{2}{5} h$$~~

Высота до освещ. части $2h$, лучи, отраж. от зеркала и прошедши. через линзу, освещают d .

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

Пожалуйста, прощите за такую грязь и рисунки, я очень торопился.

$$d_0 \text{ легко найти как } \tan \alpha = \frac{3}{2} h \cdot \frac{r}{2h} = \frac{3}{4} r$$

$$(s - \frac{h}{2}) \tan \alpha = h \cdot \frac{r}{2h} = \frac{r}{2}$$

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

$$\text{неосвещ. } 2h - \frac{d}{2} = 3r - \frac{3}{8}r = \frac{21r}{8}$$

$$S_{\text{неосвещ.}} = \pi \cdot \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot \left(\frac{21}{8}r\right)^2 = \boxed{\frac{\pi}{2} \cdot \frac{441}{2} \text{ см}^2} \quad \text{a) } \frac{9}{2}\pi$$

Ответ: б) $\frac{441}{4}\pi$

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.



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

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

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

$$E_i -$$

$$\omega_1 I_1 = \omega_2 I_2$$

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

$$B_S \text{ раз} \quad B_S n,$$

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

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

$$d\Phi = 0$$

$$(\omega_1 + \omega_2) I_1$$

$$B_S = \text{const}$$

~~$$d(B_S) \quad dB_1 \cdot S = dB_2 \cdot S$$~~

$$\omega_1 \cdot I = \Phi$$

$$d\Phi \left(SB_0 \right)$$



~~$$d\Phi \quad L_1 dI_1 + L_2 dI_2 = 0$$~~

$$d\Phi = L_1 dI_1 + L_2 dI_2 \approx d\Phi = 0$$

~~$$\frac{-36}{48}$$~~

$$d\Phi (I_1 + I_2) = (\omega_1 + \omega_2) dI$$

$$L = \frac{\mu_0 N^2}{4\pi r^2}$$

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

$$B = \frac{I}{r}$$

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.



- 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!

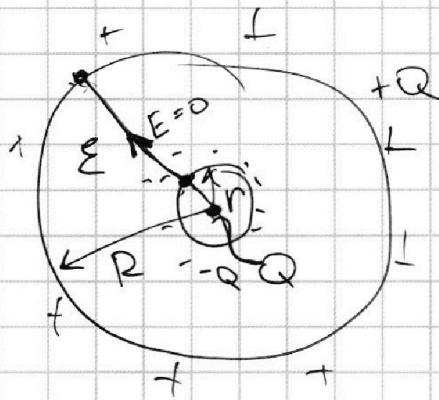
$$\eta = \frac{Q_+}{A_{\text{эф}}} = \frac{A_{\text{эф}}}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}$$

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

$$\frac{-48}{-38} = \frac{12}{19}$$

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

N3



r, R, Q, E.

$$E(Q) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$

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

x > R.

$$E = E(Q)$$

N5

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

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

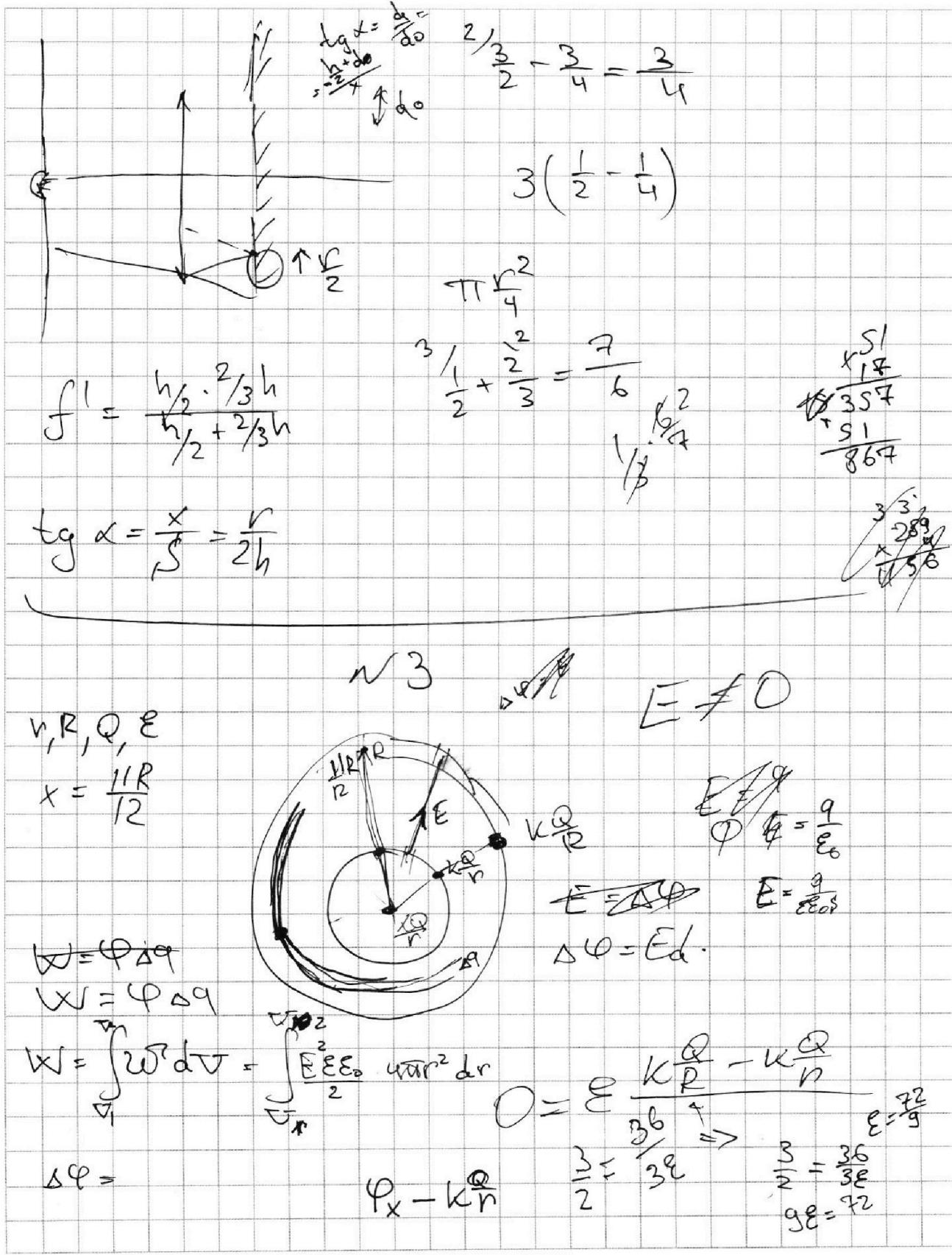
$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h^2}{h - \frac{2}{3}h} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} h = 2h$$



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.

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 —

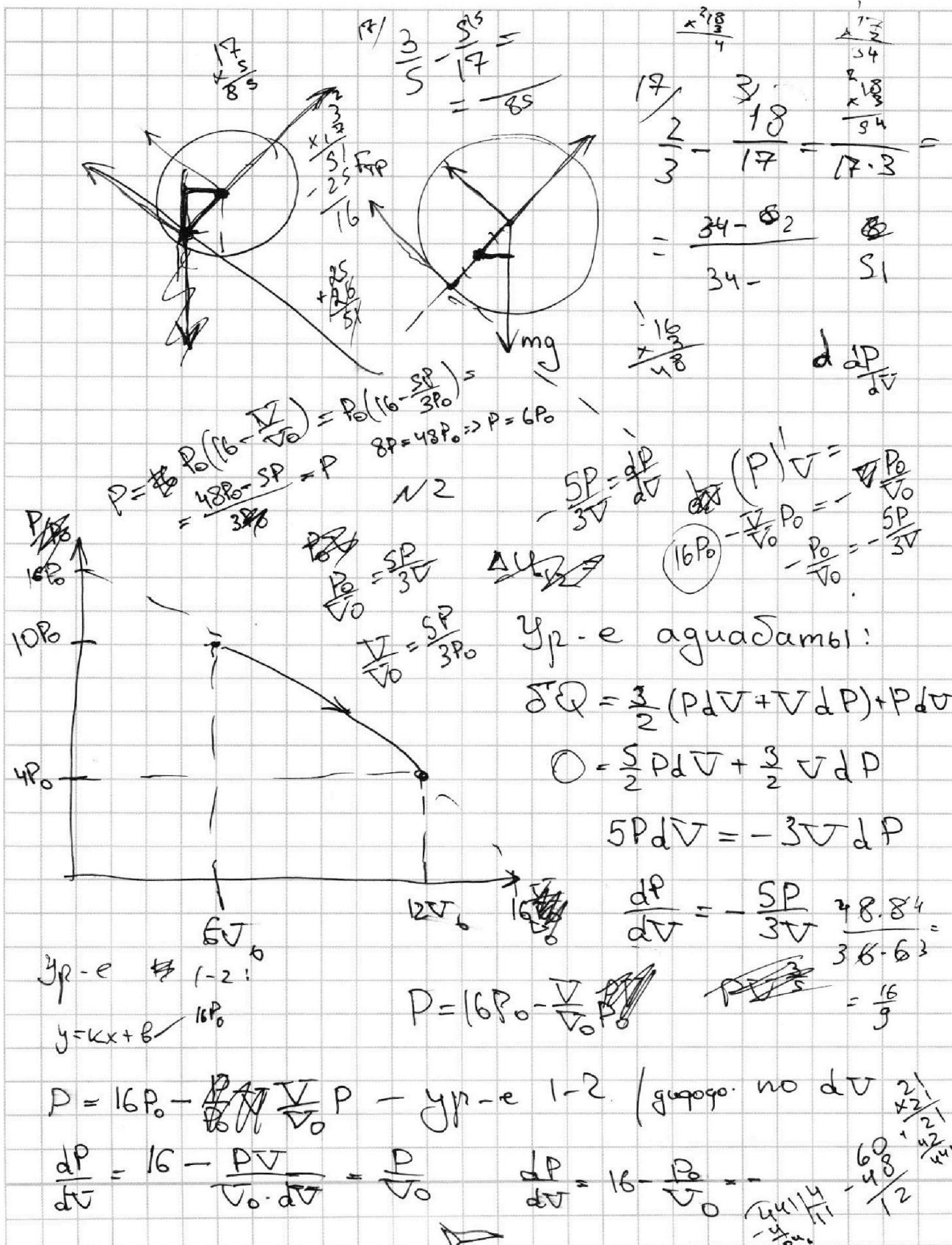
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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
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!

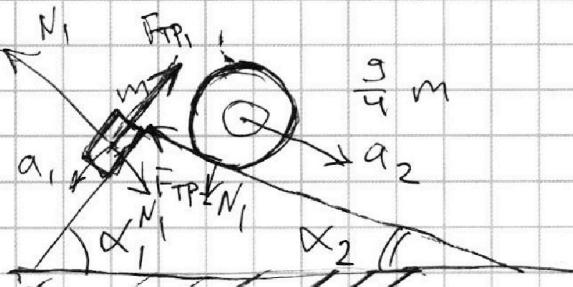




На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



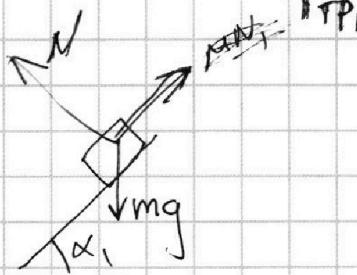
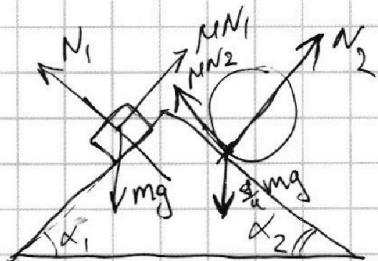
$$\alpha_1, \sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

$$14) \frac{3}{S} - \frac{S}{P} =$$

$$= -\frac{26}{17.5}$$

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r} 2 \\ \times 3 \\ \hline 6 \end{array} & \begin{array}{r} 3 \\ \times 17 \\ \hline 51 \end{array} \\
 - & - \\
 \begin{array}{r} 25 \\ \hline 26 \end{array} & \begin{array}{r} 85 \\ \hline 85 \end{array}
 \end{array}$$

1) Роз'єднання змін. б) нове, \Rightarrow



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

$$\mu = 1 \quad |^{2\frac{F}{17}} \quad F_{TP} = \frac{4}{5} mg \quad \left| \frac{\frac{8}{17}}{2\frac{F}{17}} - \frac{\frac{8}{17}}{2\frac{F}{17}} = \right. -27.17$$

$$\begin{array}{r} \text{mg} \\ \downarrow \\ 27 \cdot 3 - 17 \cdot 3 = \\ = 8(27 - 17) \end{array}$$

$$\frac{80}{456} \qquad \begin{array}{r} 1 \\ 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \cancel{459} \\ - 45 \\ \hline \cancel{45} \end{array}$$

