



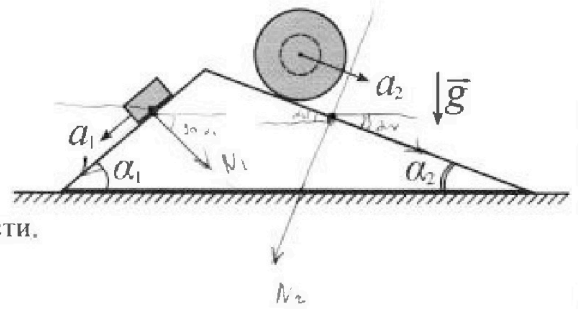
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

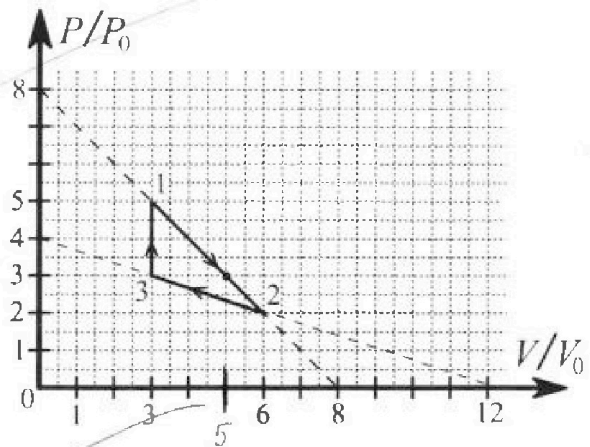
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) 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.

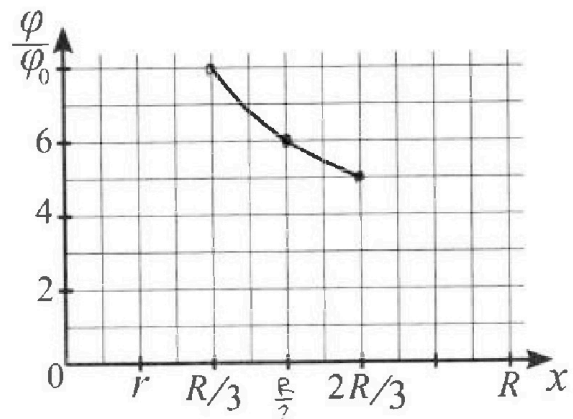
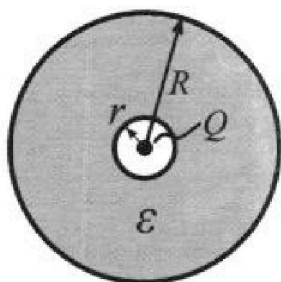


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



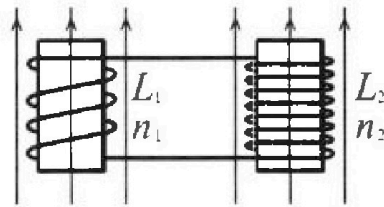
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

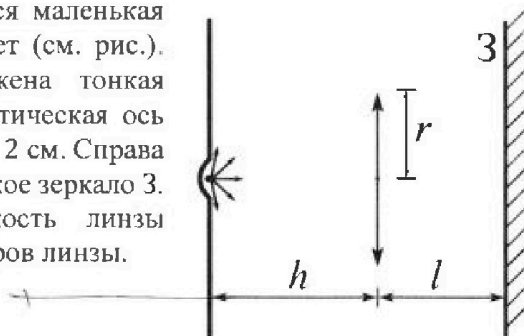


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $2B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $B_0/3$  до  $B_0/12$ , 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  $F = 2h$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 2$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h$  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  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



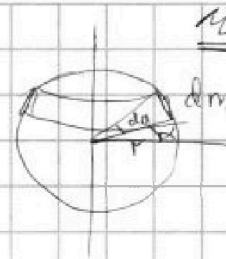
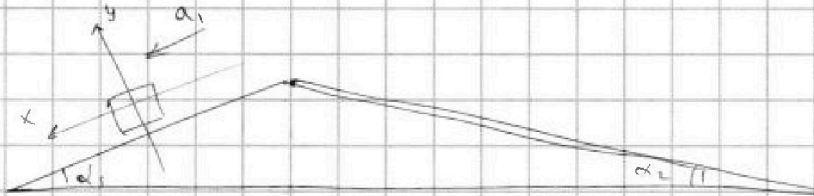
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача 1.



Мустелид

1) На блоке : x :  $mg \sin \alpha_1 - F_{\text{тр}1} = mg \cdot \frac{7}{17}$   
 y :  $mg \cos \alpha_1 = N_1$  ;  $N_1 \sin \alpha_1 = F_{\text{тр}1}$

$F_{\text{тр}1} = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right) = mg \left( \frac{51-35}{85} \right) = \frac{mg \cdot 16}{85}$  Ответ 1

2) На шар можно рассмотреть в центре масс

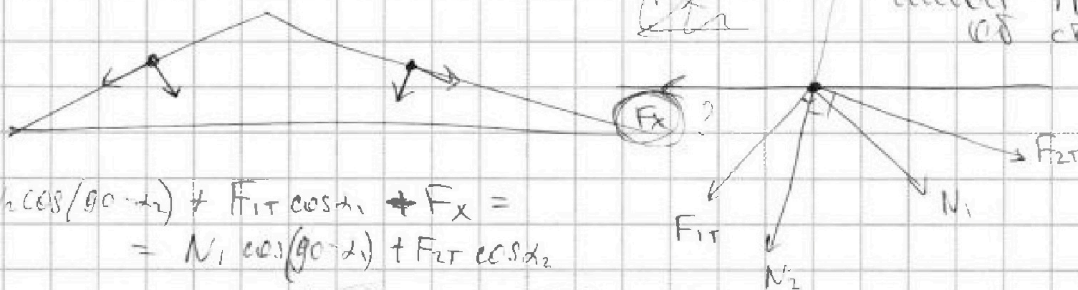
$\Rightarrow$  УДТ  $M_{\text{тр}} = \dot{p}$   $J = \left( \int_{-\frac{R}{2}}^{\frac{R}{2}} \cos^2 \alpha \, dm \right) \cdot \frac{m R^2}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{m R^2}{2} = \frac{1}{3} m R^2$   
(объем на поверхности) тут правильно угол

(Остальные силы в центре масс, они без момента)

$F_{\text{тр}2} = \frac{2}{3} \cdot 5m \cdot \frac{8}{25} g = \frac{16}{15} mg$  Ответ 2  $N_2 = 5m \cos \alpha_2$

3) На блок действуют только  $F_{\text{тр}1}$  и  $F_{\text{тр}2}$  вдоль граней и  $N_1$  и  $N_2$  перпендикулярно граням (по III закону)

Иными словами, если в массе, это полные реакции опор в массе на ось  $x$  сбалансированы, если третья ось  $z$



$N_2 \cos(90-\alpha_2) + F_{\text{тр}1} \cos \alpha_1 + F_x = N_1 \cos(90-\alpha_1) + F_{\text{тр}2} \cos \alpha_2$

$5mg \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{17} + mg \cdot \frac{16}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{4mg \cdot 3}{5} - \frac{16}{15} \cdot \frac{15}{17} mg = -F_{\text{тр}1} x$

$F_{\text{тр}1} x = \frac{5820}{17^2 \cdot 25} mg = \frac{1164}{17^2 \cdot 5} mg$   $2mg + \frac{12mg}{289}$

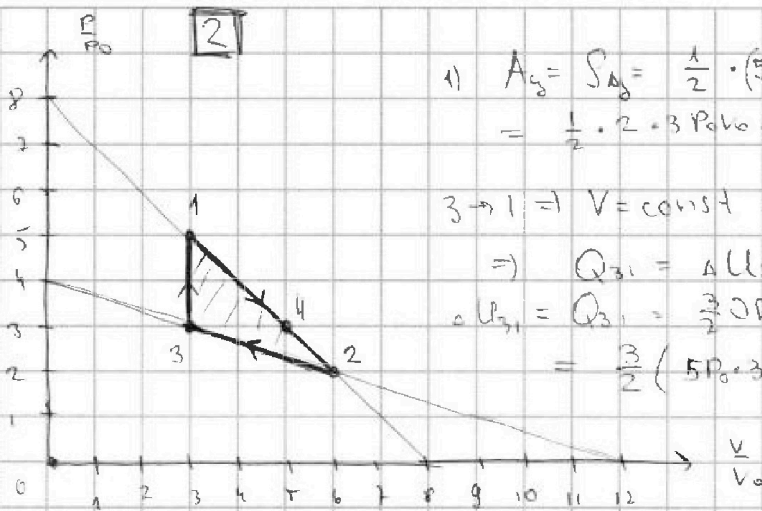


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) A_{cy} = \oint p dV = \frac{1}{2} \cdot (5-3) P_0 \cdot (6-3) V_0 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3 P_0 V_0 = 3 P_0 V_0$$

$$3 \rightarrow 1 \Rightarrow V = \text{const} \Rightarrow A_{3 \rightarrow 1} = \int P dV = 0$$

$$\Rightarrow Q_{31} = \Delta U_{31}$$

$$Q_{31} = Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_2 V_2 = \frac{3}{2} (5 P_0 \cdot 3 V_0 - 2 P_0 \cdot 6 V_0) = \frac{3}{2} (15 - 12) P_0 V_0 = \frac{3}{2} \cdot 3 P_0 V_0 = 4.5 P_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U_{31}}{A_{cy}} = \frac{4.5 P_0 V_0}{3 P_0 V_0} = \boxed{3} \text{ ответ}$$

$$2) \frac{P_i}{P_0} = 8 - \frac{V_i}{V_0} \quad P_2 V_2 = \nu R T_2 \quad 2 P_0 \cdot 6 V_0 = \nu R T_2$$

$$\frac{12 P_0 V_0}{\nu R} = T_2$$

$$P_i V_i = \nu R T_i \quad \left(8 - \frac{V_i}{V_0}\right) P_0 \cdot V_i \cdot \frac{1}{\nu R} = T_i$$

$$\frac{P_0}{\nu R V_0} (8 V_i V_0 - V_i^2) = T_i \quad (8 V_i V_0 - V_i^2) / \text{max} \quad -V_i^2 + 8 V_i V_0 / \text{max}$$

$$\frac{P_0}{\nu R V_0} (8 \cdot 4 V_0 \cdot V_0 - 16 V_0^2) = \frac{P_0}{\nu R V_0} (16 V_0^2)$$

$$\frac{-8 V_0}{-2 \cdot 1} = 4 V_0$$

$$\frac{16 P_0 V_0}{\nu R} = T_{\text{max}} \Rightarrow \frac{T_{\text{max}}}{T_2} = \frac{16}{12} = \boxed{\frac{4}{3}} \text{ ответ}$$

3) В процессе  $1 \rightarrow 2$  происходит нагрев с адиабатой, известной формула, это же температура  $\frac{1+2V^*}{2+2} = \frac{3+2V^*}{2 \cdot 3+2} = 8$  где  $V^*$  на оси абсцисс, т.е. у нас  $V^* = 8 V_0$

$$\Rightarrow 5 V_0 \text{ нагрев адиабатой. } \eta = \frac{A_{cy}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad A_{12} = \frac{1}{2} \cdot (2 P_0 + 5 P_0) \cdot 3 V_0 = \frac{1}{2} (7 P_0) \cdot 3 V_0 = \frac{21}{2} P_0 V_0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (2 P_0 \cdot 6 V_0 - 5 P_0 \cdot 3 V_0) = \frac{3}{2} (12 - 15) P_0 V_0 = -\frac{9}{2} P_0 V_0 \Rightarrow Q_{12} = 6 P_0 V_0$$

$$\eta = \frac{3 P_0 V_0}{6 P_0 V_0 + 9 P_0 V_0} = \frac{3}{15} = \frac{1}{5} \Rightarrow \boxed{20\%} \text{ ответ}$$



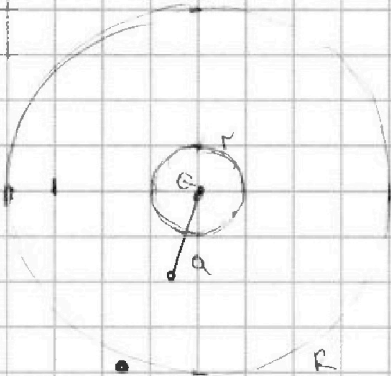
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

3



1) Диаметр так устроен, что индуцируемая зарядом делится в две части  $\frac{Q}{2}$  по половине или если бы его не было.

Черновик

Тут диаметр шариков не связан с радиусом,  $E_{tot} = \frac{kQ}{R^2}$  | else

$$\Rightarrow \text{Найдём } \varphi_{внеш} = \int \frac{kQ}{a^2} da = kQ \left( -\frac{1}{\infty} + \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ}{R}$$

Теперь найдём для области  $R < a < R$

$$\Rightarrow \int \frac{kQ}{\epsilon a^2} + \varphi_{внеш} = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{R} + \frac{1}{a} \right) + \frac{kQ}{R}$$

$$\text{нас просит } \varphi_x = \varphi_a = \frac{3Q}{4} = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{R} + \frac{4}{3R} \right) + \frac{kQ}{R} =$$

$$= \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{1}{3R} + \frac{3\epsilon kQ}{3\epsilon R} = \boxed{\frac{kQ}{3\epsilon R} (3\epsilon + 1)} \text{ Ответ.}$$

(правильно)

$$2) \varphi_0 = \frac{kQ}{A} \quad \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 8\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{R} + \frac{3}{R} \right) + \frac{kQ}{R}$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = 5\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{R} + \frac{3}{2R} \right) + \frac{kQ}{R}$$

$$\frac{8}{A} = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{2}{R} + \frac{1}{R} \quad ; \quad \frac{5}{A} = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{2R} + \frac{1}{R}$$

$$\frac{40}{A} = \frac{10}{\epsilon R} + \frac{5}{R} = \frac{40}{A} = \frac{10}{2\epsilon R} + \frac{8}{R}$$

$$\frac{70}{\epsilon R} - \frac{4}{\epsilon R} = \frac{10}{R} - \frac{8}{R}$$

$$\frac{66}{\epsilon R} = \frac{2}{R}$$

$$2R = \epsilon R$$

$$\boxed{\epsilon = 2} \text{ Ответ}$$

$\frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{2}{R} + \frac{1}{R} = \frac{10}{\epsilon R} + \frac{8}{R}$   
 $\frac{5}{A} = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{2R} + \frac{1}{R}$   
 $\frac{40}{A} = \frac{10}{\epsilon R} + \frac{8}{R}$   
 $\frac{70}{\epsilon R} - \frac{4}{\epsilon R} = \frac{10}{R} - \frac{8}{R}$



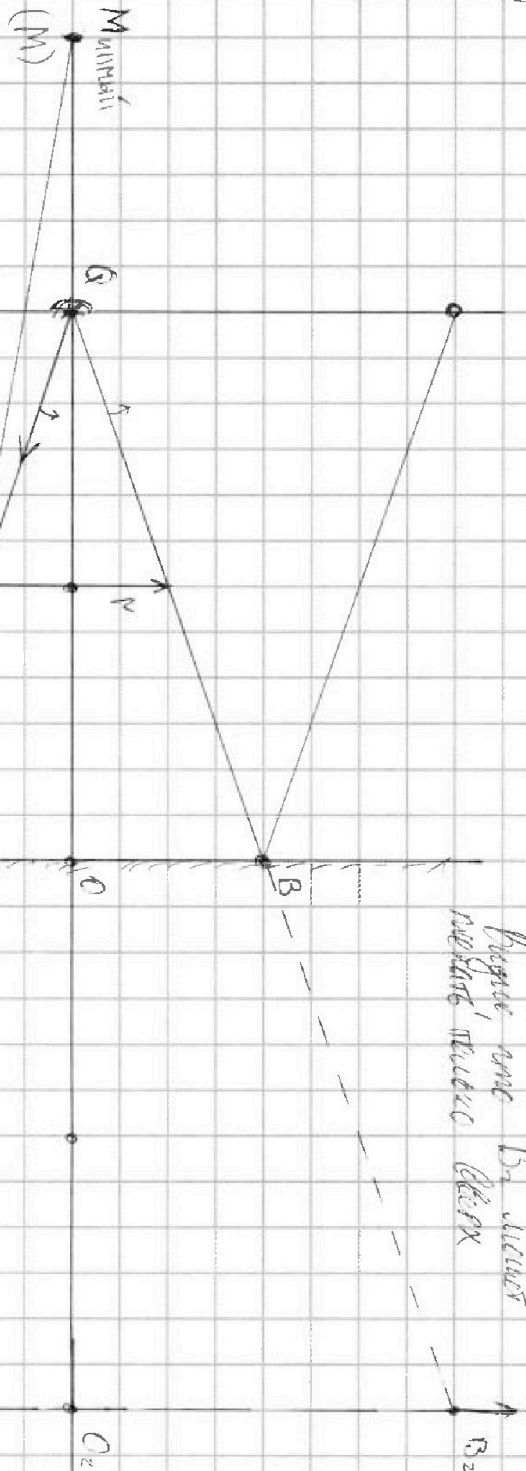
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Черновик

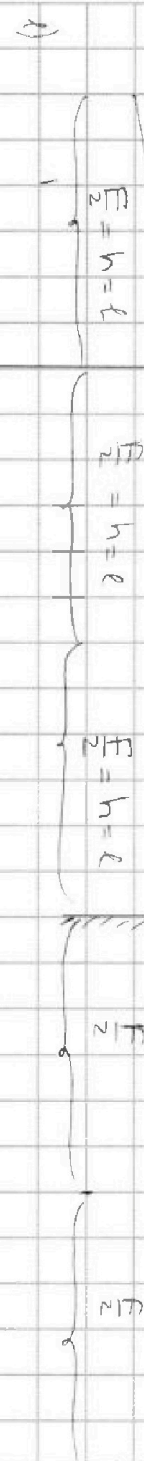


Решение, мне В2 шло  
неудачно, только В2

A2 зная условия равнобе...

$$R_x = -Q_1 B_2 - A_2 Q_1$$

(по условию)



1)

$$\frac{Q_1 A}{\frac{3}{2} F} = \frac{N}{F}$$

$$Q_1 A = \frac{2}{3} N$$

2)

$$\frac{Q_2 A_2}{5 \cdot \frac{F}{2}} = \frac{N}{F}$$

$$Q_2 A_2 = \frac{5}{2} N$$

$$\frac{Q_2 B_2}{4 \cdot \frac{F}{2}} = \frac{N}{\frac{5}{2} N}$$

$$Q_2 B_2 = 4 N$$

⇒ Аналитическое решение задачи. Second =  $57 (16 N - \frac{25}{4} N^2)$  Optact.

$$N_{DB} = \frac{F}{2}$$

$$N_{DC} = 2 N$$

$$S = 57 \cdot N^2 \left( \frac{64 - 25 N}{4} \right) = 57 \cdot \frac{39 N^3}{4} = 57 \cdot \frac{39}{4} \cdot 4 \text{ км}^2 = 39 \cdot 57 \text{ км}^2$$

**39 57 км<sup>2</sup>**

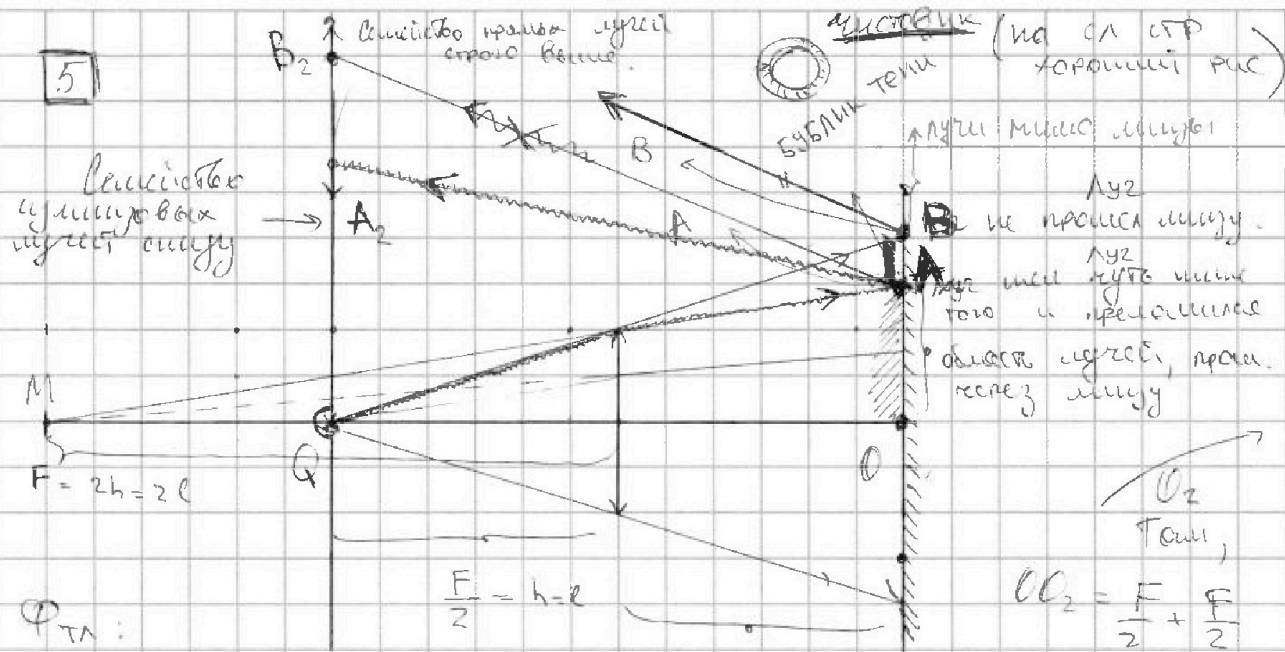


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$\varphi_{\text{ТЛ}}$ :

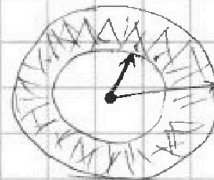
$$\frac{1}{\frac{F}{2}} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{x} = -\frac{1}{F}$$

→ мнимое изображение увеличивается в 2 раза в левом фокусе

$$\frac{OA}{\frac{3}{2}l} = \frac{M}{F} \quad OA = \frac{2}{3}M$$

Линзу для удобства

$$\frac{OB}{F} = \frac{M}{\frac{F}{2}} \quad OB = 2M$$



$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Площадь пятна} &= \pi \left( (2M)^2 - \left(\frac{2}{3}M\right)^2 \right) = \\ &= \pi \cdot \left( 4M^2 - \frac{4}{9}M^2 \right) = \cancel{4\pi M^2} \pi \left( 4M^2 \left( 1 - \frac{1}{9} \right) \right) = \\ &= \pi \cdot 4M^2 \cdot \frac{8}{9} = \frac{32}{9} \cdot 2 \text{ см}^2 \cdot \pi = \boxed{\frac{64}{9} \pi \text{ (см}^2\text{)}} \quad \text{Ответ} \end{aligned}$$

2) На стене образуется аналогичная конусообразная область темноты. Линзу аналогично перевернуть, изображение отразится в заданном треугольнике  $MA_2O_2 \sim MAO$ ,  $QBO \sim QBO_2$

Рисунок погрешен мимими, см. стр. далее.



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!

$$\cos^3 \alpha = \cos \alpha (\cos^2 \alpha) = \cos \alpha \frac{\cos 2\alpha + 1}{2} = \frac{1}{2} (\cos 2\alpha \cos \alpha + \cos \alpha) \text{ неприменяем}$$

$$\cos^3 \alpha = \cos 2\alpha \cos \alpha - \sin 2\alpha \sin \alpha = \cos 2\alpha \cos \alpha - 2 \sin^2 \alpha \cos \alpha =$$

$$= \cos 2\alpha \cos \alpha - 2 \cos \alpha + \cos^3 \alpha \quad - 2(1 - \cos^2) \cos = -2\cos + 2\cos^3$$

$$2\cos^3 = \cos 2\alpha \cos \alpha + \cos \alpha$$

$$2\cos^3 = \cos 3\alpha + 2\cos \alpha + \cos^3 \alpha + \cos \alpha \quad 3\cos^3 \alpha = \cos 3\alpha + 3\cos \alpha$$

$$\cos^3 \alpha = \frac{\cos 3\alpha + 3\cos \alpha}{3}$$

$$3 \int \cos^3 \alpha + 3\cos \alpha d\alpha = 3 \left( \frac{\sin 3\alpha}{3} + 3\sin \alpha \right) = \left( \frac{\sin 3\alpha}{3} \right)' = \frac{3\cos 3\alpha}{3}$$

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

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

$$3 \cdot 2 = 6$$

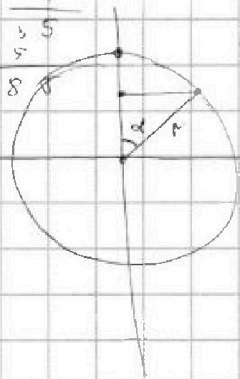


$$\frac{51}{35} = \frac{17}{16}$$

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

$$\frac{3 \cdot 17 - 5 \cdot 7}{5 \cdot 17}$$

$$\frac{51 - 35}{5 \cdot 17}$$



$$dl = dm \cdot N^2 \sin^2 \alpha$$

$$dm = \rho d\alpha \cdot 2\pi r \sin \alpha \cdot \frac{m}{2} = \frac{m}{2} \sin \alpha d\alpha$$

$$\int \frac{m}{2} N^2 \sin^3 \alpha d\alpha$$

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{m}{2} N^2 \cos^3 \alpha d\alpha$$

$$\sin^3 = \sin^2 \sin$$

$$2\cos^3 = \cos \alpha \cos 2\alpha + \cos \alpha$$

$$\sin^2 = 1 - \cos^2 = 1 - \frac{\cos 2\alpha + 1}{2} = 1 - \frac{1}{2} - \frac{\cos 2\alpha}{2} = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$$

$$\left( \frac{1 - \cos 2\alpha}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} (\sin \alpha - \cos 2\alpha \sin \alpha)$$

$$\frac{\pi}{2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2}$$

$\pi$   
 $\emptyset$

$$\sin 3\alpha = \sin 2\alpha \cos \alpha + \sin \alpha \cos 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos^2$$

$$\cos^3 \alpha = \cos^2 \cos = \frac{(\cos 2\alpha + 1) \cos}{2} = \frac{1}{2} (\cos \alpha \cos 2\alpha + \cos \alpha)$$

$$\cos 3\alpha = \cos \alpha \cos 2\alpha - \sin \alpha \sin 2\alpha = \cos \alpha \cos 2\alpha - 2 \sin^2 \alpha \cos \alpha =$$

$$= \cos \alpha \cos 2\alpha - 2(1 - \cos^2) \cos = \cos \alpha \cos 2\alpha - 2\cos + 2\cos^3$$

$$\cos 3\alpha = 2\cos^3 - \cos \alpha - 2\cos \alpha + 2\cos^3 \quad 4\cos^3 = \cos 3\alpha + 3\cos \alpha$$

$$\cos^3 = \frac{\cos 3\alpha + 3\cos \alpha}{4}$$



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.

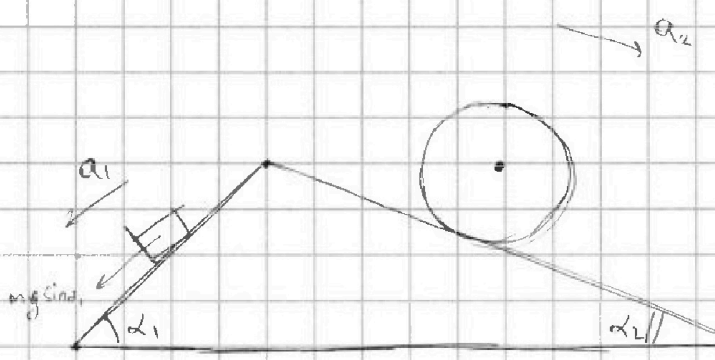
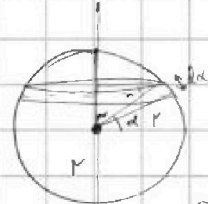
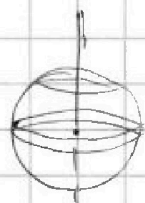


1  2  3  4  5  6  7

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!

$\frac{2}{5} m v^2$  ? Черновик

$mg \sin \alpha$   
 $T \alpha$   
 $a_1$   
 $a_2$   
 $d \ll r$

$mg \sin \alpha - F_{тр1} = m \cdot \frac{7}{17} g$   
 $mg \cos \alpha = N_1$      $F_{тр} = \mu N_1$

$F_{тр2} = \frac{8}{5} mg \alpha$   
 $F_{тр2} = \frac{8}{25} g \cdot d \cdot 5 m$   
 $F_{тр2} = \frac{8}{5} mg \alpha$

$d m = \rho \cdot r d \alpha \cdot 2 \pi r \cos \alpha$   
 $\rho = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi r^3}$   
 $d m = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi r^3} \cdot \rho \cdot r d \alpha \cdot 2 \pi r \cos \alpha = \frac{m}{2} \cos \alpha d \alpha$   
 $d J = d m \cdot r^2 \cos^2 \alpha$   
 $J = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{m}{2} r^2 \cos^2 \alpha d \alpha = \frac{3}{2} \rho r^2 (T_1 - T_2)$

$\cos^3 = \cos^2 \cos = (1 - \sin^2) \cos = \cos - \cos \sin^2$   
 $\cos^3 \cos =$   
 $2 \cos^3 - 1 = \cos 2\alpha$   
 $\cos^3 = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2}$   
 $\cos 2\alpha \cdot \cos \alpha =$

$\frac{\cos 2\alpha + 1}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{\cos \alpha \cdot \cos 2\alpha + \cos \alpha}{2}$   

1	10
2	1
9	
12	

$\cos(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta + \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$   
 $\cos 3\alpha = \cos(2\alpha + \alpha) = \cos 2\alpha \cos \alpha - \sin 2\alpha \sin \alpha =$   
 $= \cos 2\alpha \cos \alpha - 2 \sin^2 \alpha \cos \alpha = \cos 2\alpha \cos \alpha - 2 \cos \alpha - \cos^3 \alpha$

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 \_\_

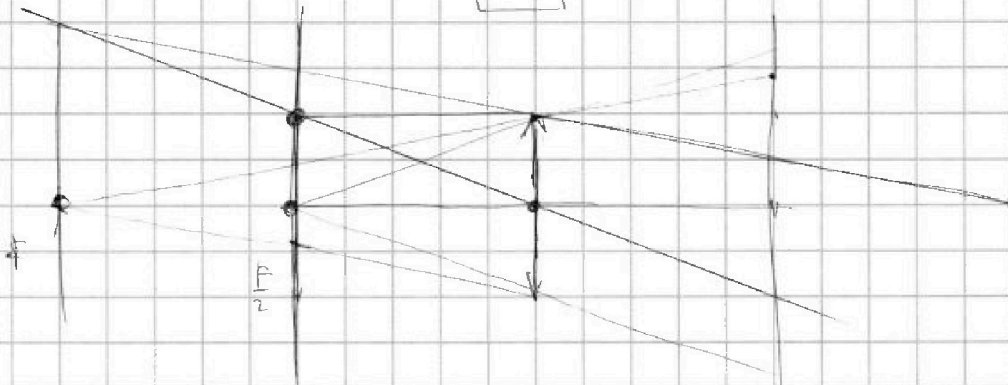
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$B = \mu_0 n I$$



$$L I' = 9 L I$$

Черновик



$$\frac{1}{L_1 I} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{f} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{x} = \frac{1}{f} - \frac{2}{f} = -\frac{1}{f}$$

$$\frac{B_2 Q}{2f + f} = \frac{r}{f}$$

$$A_2 Q$$

$$\Phi_0 = B_0 S (n_1 + n_2) = L_2 I + L_1 I$$

$$B_0 S n_2 - B_0 S n_1 = L_2 I + L_1 I$$





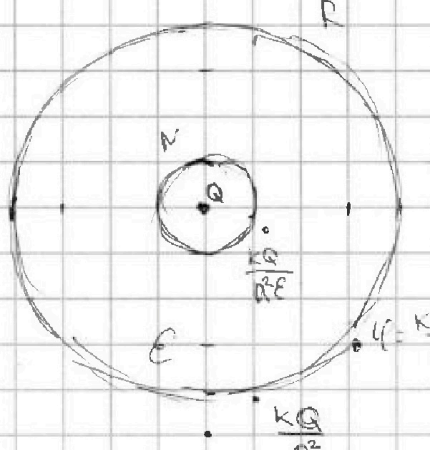
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

**Task 1: Electric Field of a Charged Shell**

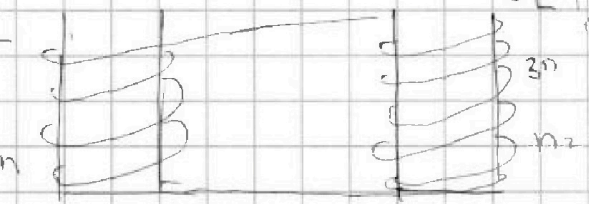


$$\int \frac{1}{R^2} dR = \frac{1}{R} + C$$

$$\frac{KQ}{R^2} dR = \frac{KQ}{R} + \frac{KQ}{R^2} \left( \frac{1}{R} + C \right)$$

$$= \frac{KQ}{R} + \frac{KQ}{R^2} \cdot \frac{2}{R}$$

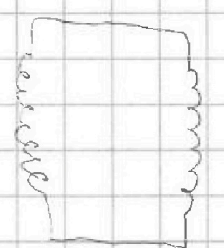
**Task 2: Induced EMF in a Solenoid**



$$B = \mu_0 n I$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = N_2 \frac{d(B \cdot S)}{dt}$$

**Task 3: Forces on a Current Loop**



$$F_{\text{top}} = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{7}{17} \right) = mg \cdot \frac{3 \cdot 17 - 5 \cdot 7}{5 \cdot 17}$$

$$= \frac{51 - 35}{85} mg = \frac{16}{85} mg$$

$$F_{\text{left}} = \frac{16}{25} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5m \cdot \sqrt{3} = F_{\text{right}}$$

$$\frac{16}{25} \cdot 5mg = \frac{16}{5} mg$$

$$5mg \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{17} + \frac{16}{85} mg \cdot \frac{1}{5} = mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} + \frac{16}{1325} mg + X$$

**Task 4: Induced EMF in a Solenoid**

$$\frac{d\Phi}{dt} = N \frac{d(B \cdot S)}{dt}$$

$$\frac{1}{16} = \frac{51 - 35}{85}$$

$$\frac{16}{85} mg$$

$$\frac{16}{15} mg$$

$$\frac{16}{1325} mg$$

$$X$$

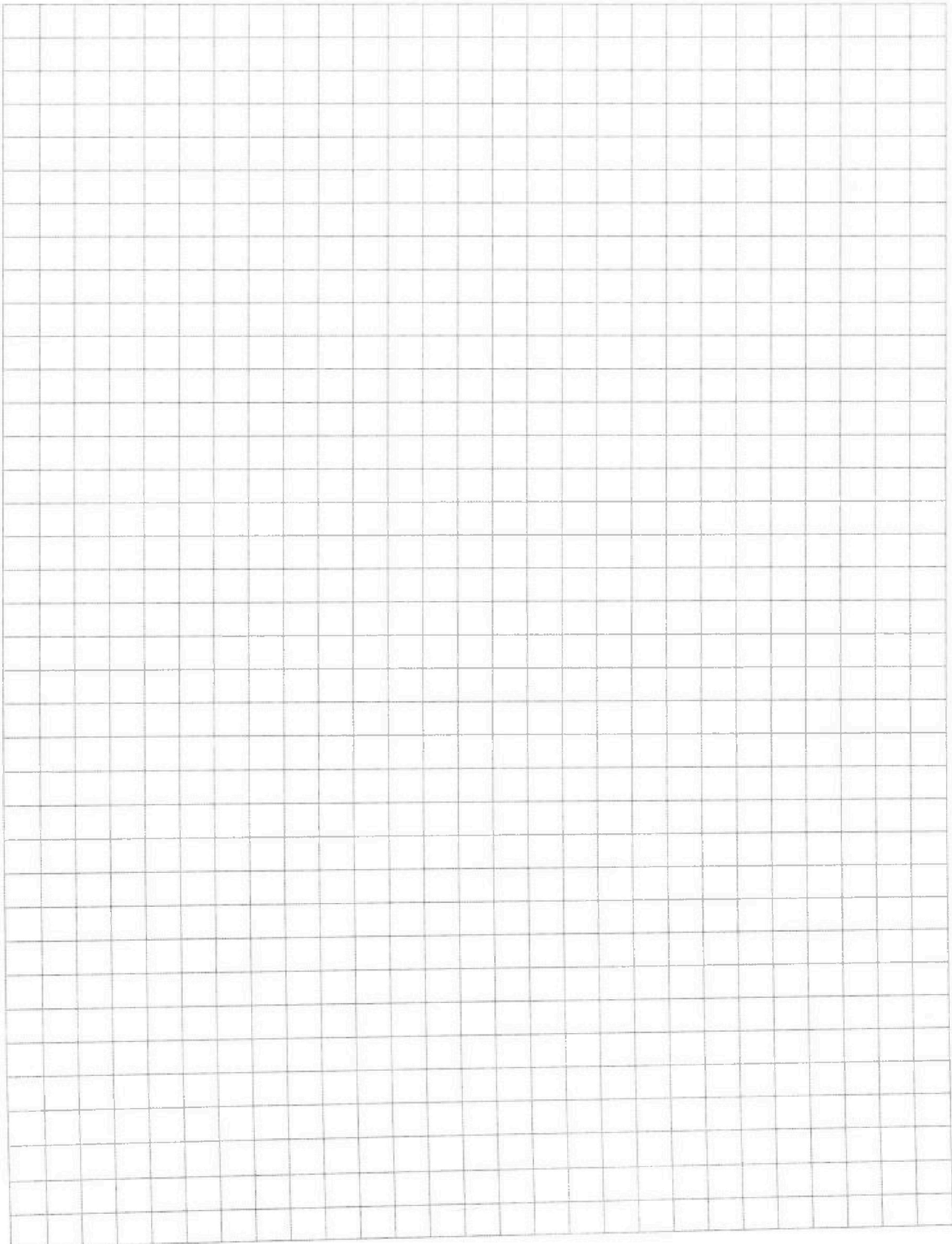


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.



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!

4 Катушка при токе  $I_0$  создает в себе однородное магнитное поле

$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$ . Такие катушки сопротивляются изменению через себя магнитного потока и создают за счет появления тока свое поле  $B$  чтобы вернуть "как было"

В начале катушки соединены и в них выполняется равенство  $B_0 S n_2 = B_0 S n_1$  → протекает ток  $I_0$  через себя катушка  $L$  вызывает ток, что порождает поле  $B$  в катушке  $L$



$$\begin{aligned} B_0 S n_2 &= \mu_0 I_0 N & \left( \text{равенство катушки в} \right. \\ B_0 S n_1 &= L I & \left. \begin{array}{l} \text{с-ку или где} \\ \text{такой ток, } I_0 \neq 0 \end{array} \right) \end{aligned}$$

$$B_0 S n_2 - B_0 S n_1 = L_2 I_0 + L_1 I_0$$

$$B_0 S n_2 - (B_0 + B) S n_1 = L_2 I_0 + L_1 I_0$$

Выражение про дифференциал  $\frac{d}{dt}$

$$B_0 S n_1 = (L_2 + L_1) I_0$$

$$I = \frac{-\frac{d S n_1}{dt}}{L_1 + L_2} \quad \text{Ответ } I = \frac{-\frac{d S n_1}{dt}}{10 L}$$

Проинтегрировав получим

$$-\left(B_0 - \frac{2B_0}{3}\right) S n_1 + \left(\frac{B_0}{3} - \frac{B_0}{12}\right) S n_2 = (L_1 + L_2) \Delta I$$

$$-\frac{B_0}{3} S n_1 + \frac{B_0}{6} \cdot 3 S n_2 = 10 L I$$

$$I = \frac{\frac{1}{6} B_0 S n_2}{10 L} \quad \text{Ответ } I = \frac{B_0 S n_2}{60 L}$$