

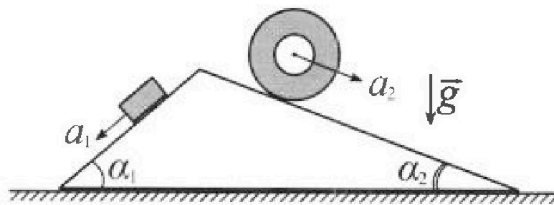
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

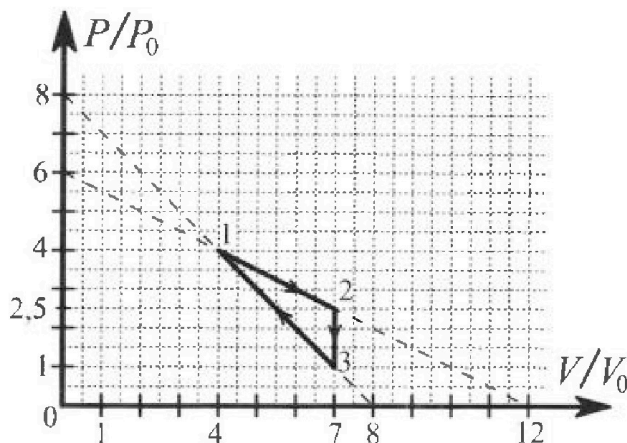


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.

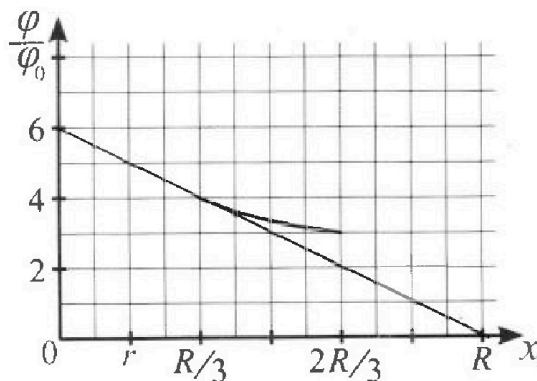
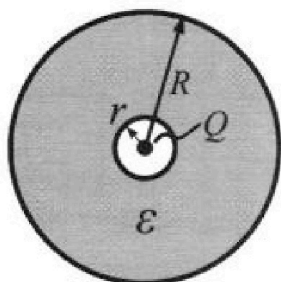
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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





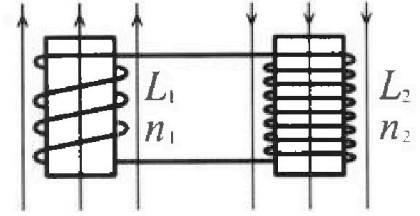
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01



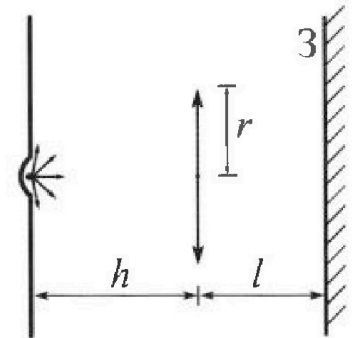
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью  $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , 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  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

Ответы дайте в  $[см^2]$  в виде  $\gamma n$ , 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  
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!

$$4m a_2 = 4mg \sin \alpha_2 + F_2 \quad (3)$$

$$0 = 4mg \cos \alpha_2 - N_2 \quad (4)$$

$$\text{Из (3)} \Rightarrow F_2 = 4m(a_2 - g \sin \alpha_2) = -\frac{15}{26} mg$$

$$N_2 = 4mg \cos \alpha_2 = \frac{48}{13} mg$$

3)

~~На минимальном расстоянии от центра шара~~

Кинематическая связь. Допускаем приращение  $\delta$  центра шара

$$0 = Mg + N_3 + F_3 - F_1 - N_1 - F_2 - N_2$$

Спроецируем на горизонтальную ось Ox:

$$0 = F_{3x} + F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2$$

$$-F_{3x} = \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{48}{13} mg \cdot \frac{5}{13} - \frac{15}{26} mg \cdot \frac{12}{13} =$$

$$|F_{3x}| = |F_3| = \frac{98}{165} mg$$

Ответ: 1)  $\frac{14}{65} mg$ ; 2)  $\frac{15}{26} mg$ ; 3)  $\frac{98}{165} mg$ .

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  
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!

1)  $\rightarrow$  Процесс 2-3 - изохора. Теплоемкость газа  
в этом процессе  $C_V = \frac{3}{2}R$ , тогда

$$\Delta U_{23} = C_V \cdot \nu \cdot \Delta T_{23}$$

$$T_3 = \text{из уравнения состояния: } p = \frac{\nu R T}{V}$$

$$p_0 = \frac{\nu R T_3}{7V_0}$$

$$2,5p_0 = \frac{\nu R T_2}{7V_0}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{23} = T_3 - T_2 = \frac{7p_0V_0 - 7 \cdot 2,5p_0V_0}{\nu R} = -\frac{21}{2} \frac{p_0V_0}{\nu R}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R \cdot \nu \cdot \left(-\frac{21}{2} \cdot \frac{p_0V_0}{\nu R}\right) = -\frac{63}{4} p_0V_0$$

Работу газа изохорой можно вычислить из теоремы Виета для фигуры, которую охватывает весь процесс, - треугольника.

$$A = \frac{1}{2} \cdot (7V_0 - 4V_0) \cdot (2,5p_0 - p_0) = \frac{9}{4} p_0V_0$$

$$\text{Отношение } k_1 = \frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{\frac{63}{4} p_0V_0}{\frac{9}{4} p_0V_0} = 7$$

2) Уравнение  $p(V)$  в процессе 12:

$$p = 6p_0 - \frac{6p_0}{12V_0} \cdot V = 6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V$$

$$\text{Тогда } p = \frac{\nu R T}{V}$$



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!

$$\partial R T = \frac{\partial U}{\partial R} = \frac{(6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V) V}{\partial R} = -\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V \quad \text{— внутренняя}$$

Видно, что для максимума нужно  $\partial R T = 0$ .

$$\left. \begin{aligned} V_x &= \frac{-6p_0}{-\frac{p_0}{V_0}} = 6V_0 \\ p_x &= 3p_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_{\max} = \frac{3p_0 \cdot 6V_0}{\partial R} = \frac{18 p_0 V_0}{\partial R}$$

В состоянии 1 температура газа равна

$$p_1 = \frac{\partial R T_1}{V_1} \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{\partial R} = \left\{ \begin{aligned} p_1 &= 4p_0 \\ V_1 &= 4V_0 \end{aligned} \right\} = \frac{16 p_0 V_0}{\partial R}$$

$$\text{Оно же можно } \kappa_1 = \frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

3) Нужно дать ответ, получим ли работу за цикл:

I. На процессе 23 температура внутренняя энергия газа увеличивается, а работа не совершается.

$\Rightarrow Q_{23} > 0$  — не увеличивает получаемой работы.

II. Нужно дать зависимость  $Q_{12}(V)$  в процессе 12:

$$p \cdot dV + V \cdot dp = \partial R dT$$

$$\left(6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V\right) dV + V \cdot \left(-\frac{p_0}{2V_0} dV\right) = \partial R dT$$



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!

$$\begin{aligned} dQ &= \frac{3}{2} \nu R dT + p \cdot dV = \frac{3}{2} \left( 6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V \right) dV = \frac{p_0 V dV}{2V_0} + \\ &+ \left( 6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V \right) dV = \\ &= 9p_0 dV - \frac{3}{2} \frac{p_0}{2V_0} V dV + 6p_0 dV - \frac{p_0}{2V_0} V dV = \\ &= 15p_0 dV - \frac{5}{4} \frac{p_0}{V_0} V dV \end{aligned}$$

$$\Delta Q(U) = 15p_0 \Delta V - \frac{5}{8} \frac{p_0}{V_0} (V_2^2 - V_1^2)$$

Условия  $Q > 0$ , находим  $V_2$  и  $V_1$ .

$$15p_0 (V_2 - V_1) - \frac{5}{8} \frac{p_0}{V_0} (V_2 - V_1)(V_2 + V_1) > 0$$

$$V_2 + V_1 < \frac{15}{5/8} V_0 = 24 V_0$$

Если брать минимальное значение процесса 1-2  $V_1 = 4V_0$

$V_2 < \frac{24}{2} V_0 = 12 V_0$  — тогда нет процесса 2-3  
 За все это время газ совершает работу  
 $\Rightarrow$  термодинамическая система совершает работу.

$$\begin{aligned} \Delta Q_{12} &= 15p_0 (2V_0 - 4V_0) - \frac{5}{8} \frac{p_0}{V_0} (49V_0^2 - 16V_0^2) = \\ &= 24 p_0 V_0 - 12 p_0 V_0 = 12 p_0 V_0 \\ Q_{23} = \Delta U_{23} &= -\frac{63}{4} p_0 V_0 \end{aligned}$$



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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
⚡ ИЗ ⚡

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

~~Во всем процессе газ получает тепло  $Q = Q_1 + Q_2$~~

Аналогично процесс  $2 \rightarrow 3$  введем как процесс 31:

$$p(V) = p_0 - \frac{p_0}{V_0} V.$$

$$\left(p_0 - \frac{p_0}{V_0} V\right) dV \Rightarrow \frac{p_0}{V_0} V \cdot dV = pRdT.$$

$$\frac{1}{V_0} T(V) = \frac{1}{V_0} \left(p_0(V_0 - V) - \frac{2p_0}{V_0}(V_0^2 - V^2)\right)$$

$$\Delta Q = \int_2^3 \left(p_0 - \frac{p_0}{V_0} V\right) dV - \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V dV =$$

$$= 20 p_0 V - \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} V^2$$

$$\Delta Q = 20 p_0 (V_0 - V_1) - \frac{3 p_0}{2 V_0} (V_0^2 - V_1^2) \Rightarrow$$

$$20 V_0 \Rightarrow 2 V_0 + 2 V_1 \Rightarrow V_0 + V_1 < 10 V_0$$

~~Максимальное  $V_1$  достигается для  $V_0 + V_1 = 10 V_0$~~

~~Возвратимся к процессу  $1 \rightarrow 2$  и введем как процесс 12.~~

$$\Delta Q_{12} = -2 p_0 V_0 \Rightarrow Q_1$$

$$\Delta Q = 0, \text{ когда } V_1 = V_0 = 5 V_0, \text{ введем этот процесс как процесс } 12$$

$$\Delta Q_{12} = 20 p_0 (5 V_0 - 7 V_0) - \frac{3 p_0}{2 V_0} (25 V_0^2 - 49 V_0^2) = 8 p_0 V_0$$

$$Q_+ = \Delta Q_{12} + \Delta Q_{23} = 14 p_0 V_0; \quad A = \frac{9}{4} p_0 V_0.$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{9}{14} = \frac{9}{56}; \quad \text{Ответ: 1) } \frac{9}{14}; \quad 2) \frac{9}{8}; \quad 3) \frac{9}{80}$$

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!

Handwritten physics solution on grid paper. The page contains several diagrams and calculations:

- Top Left:** A diagram of a sphere with radius  $R$  and a smaller sphere of radius  $r$  inside it. Calculations involve  $\frac{kQ}{R^2}$ ,  $\frac{kq}{r^2}$ , and  $E = \frac{kQ}{R^2} - \frac{kq}{r^2}$ .
- Top Right:** A diagram of a sphere with a central point. Calculations include  $\frac{d\varphi}{dt} = E = \frac{kQ}{\epsilon R^2}$  and  $E = \frac{kQ}{\epsilon R^2} - \frac{kq}{\epsilon r^2}$ .
- Middle Left:** Calculations for  $E \cdot dx = d\varphi$  and  $\frac{1}{2} + \frac{3}{2}$ . A diagram shows a rectangular prism with dimensions  $3$ ,  $4$ , and  $5$ .
- Middle Right:** A diagram of a rectangular prism with dimensions  $3$ ,  $4$ , and  $5$ . Calculations include  $\frac{kQ}{\epsilon R^2}$  and  $\frac{kq}{\epsilon r^2}$ .
- Bottom Left:** A diagram of a sphere with radius  $R$  and a smaller sphere of radius  $r$  inside it. Calculations involve  $\frac{1}{2} (6p_0 - \frac{p_1}{2V_0}) dV$  and  $\frac{49}{25} \frac{24}{24}$ .
- Bottom Center:** A diagram of a sphere with radius  $R$  and a smaller sphere of radius  $r$  inside it. Calculations include  $\frac{kQ}{\epsilon R^2}$  and  $\frac{kq}{\epsilon r^2}$ .
- Bottom Right:** A diagram of a rectangular prism with dimensions  $3$ ,  $4$ , and  $5$ . Calculations include  $\frac{3}{2} \frac{3}{20}$  and  $\frac{49}{25} \frac{24}{24}$ .





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!

Задача 3

Потенциал электростатического поля имеет характеристики  $\varphi$  зависимость от  $x$

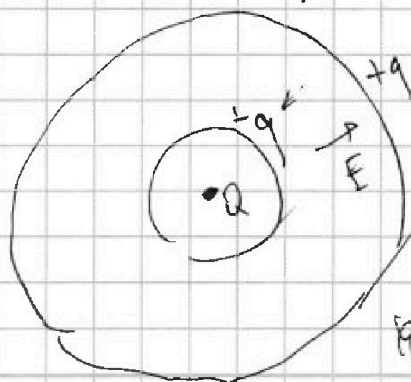
$$\varphi = \begin{cases} \frac{kQ}{x}, & \text{при } x \leq r \\ \frac{kQ}{\epsilon x}, & \text{при } r < x \leq R \\ \frac{kQ}{x}, & \text{при } x > R \end{cases}$$

Разность потенциалов имеет  $\frac{R}{2} = \frac{2R}{3}$  и  $\varphi = \varphi_0$ .

$$\Delta\varphi = \frac{3RQ}{2\epsilon R} = \varphi_0$$

$$\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{4RQ}{\epsilon R}$$

Путь на внутреннем слое имеет заряд  $q$ , а на внешнем  $-q$ , тогда:



$$E_{\text{вн}} = \frac{kQ}{x^2} + \frac{kQ}{\epsilon x^2} + \frac{kQ}{\epsilon R^2}$$

$$E_{\text{вн}} = \frac{kQ}{\epsilon x^2} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kQ}{R^2} - \frac{kQ}{x^2}$$

$$E(x) = \frac{k(Q-q)}{\epsilon x^2} + \frac{kQ}{R^2}$$



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!

Решено для  $\sigma, \kappa = \frac{R}{3}$ . Кинетическая энергия  $E_{\text{кин}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{6 \varphi_0}{12}$

При этом на ~~объекте~~  $\rightarrow$  максимальная сила  $R = \frac{4 \varphi}{\sigma}$

$$E\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{6 \varphi_0}{R}$$



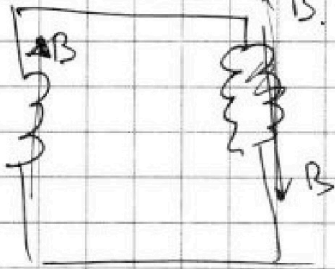
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

Задача 4



1) По заданным условиям вычислим магнитный поток в катушке со сред.  $\mu_0 \mu_r$  сердцем,  $\mu_0 \mu_r$ .

$$\Sigma_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = \left\{ \Phi = BS \right\} = -dS n_1$$

при этом  $\Sigma_1 = -(L_1 + L_2) \dot{I}_1$

$$\Rightarrow |\dot{I}_1| = \left| \frac{dS n_1}{L_1 + L_2} \right| = \frac{dS n}{3L}$$

2) В катушке нет потерь, при этом покажем. Заменим изменение потока для двух катушек:

$$1: \Phi_{I_1}^1 = B_0 S n_1 - L_1 I_1$$

$$\Phi_{I_1}^2 = \frac{B_0 S n_1}{2} - L_1 I_{11}$$

$$2: \Phi_{I_2}^1 = 2B_0 S n_2 + L_2 I_2$$

$$\Phi_{I_2}^2 = \frac{2B_0 S n_2}{3} + L_2 I_{21}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} B_0 S n_1 - L I_1 = \frac{B_0 S n_1}{2} - L I_{11} \\ 4B_0 S n_1 + 4L I_1 = \frac{4B_0 S n_1}{3} + 4L I_{11} \end{array} \right. \quad / \cdot 4$$

$$\left\{ \begin{array}{l} B_0 S n_1 - L I_1 = \frac{B_0 S n_1}{2} - L I_{11} \\ 4B_0 S n_1 + 4L I_1 = \frac{4B_0 S n_1}{3} + 4L I_{11} \end{array} \right.$$

$$\frac{4B_0 S n_1}{3} - 2B_0 S n_1 - 4L I_{11} + 4L I_1 = 0$$



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  
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!

$\text{H}_2$  в смеси видно, но граница конденсации  
небольшая  $\Rightarrow$  там же был процесс кипения  
направлен!

$$\text{Bo Sa} - 4L I_I = \frac{\text{Bo Sa}}{2} + 4L I_{II}$$

$$4\text{Bo Sa} + 4L I_I = \frac{4\text{Bo Sa}}{2} - 4L I_{II}$$



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

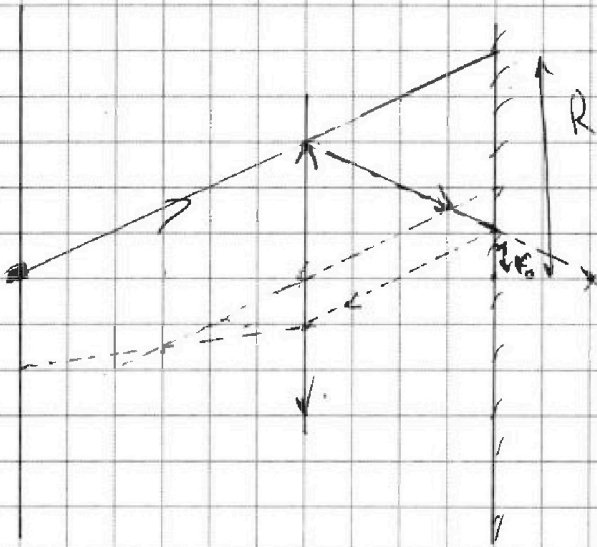
СТРАНИЦА

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!

Задача 5.

Рис. микроскоп. Дана  $f$  объектива,  $R$  радиус кривизны линзы окуляра. Найти  $r$  радиус кривизны линзы объектива.



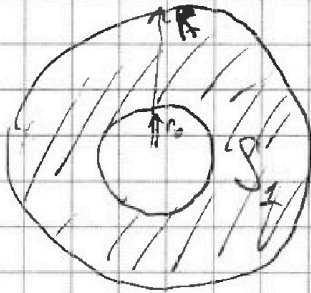
Эквивалентная оптическая система через центр линзы. Тогда для  $r_0$  - радиуса кривизны линзы окуляра  $z = 0$ .

Угол зрения:

$$\frac{r}{2f} = \frac{r_0}{2f - l}$$

$$\frac{r}{h} = \frac{r_0}{\frac{1}{3}h} \Rightarrow r_0 = \frac{r}{3}$$

Вся зеркала будет объективом картинки.



Рассмотрим объектив из линзы, который не упрощается. Он имеет радиус  $R$  или  $r_0$ .

$$\frac{R}{h+l} = \frac{r}{h} \Rightarrow R = \frac{5}{3}r$$

Найти площадь  $S$  и световую силу:

$$S = \pi R^2 - \pi r_0^2 = \pi \left( \frac{25}{9} r^2 - \frac{r^2}{9} \right) = 24\pi r^2 \text{ (см}^2\text{)}$$



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.

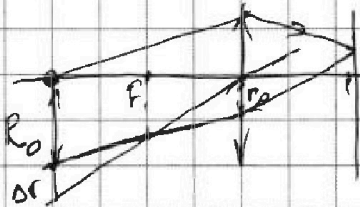
1  2  3  4  5  6  7

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!

2) Рассмотрим точку  $F$  на поверхности и ось прямолинейного зеркала  $\Gamma$  в центре кривизмы. Тогда сферический луч  $RF$  из центра кривизмы  $R$  на ось  $\Gamma$  будет на расстоянии  $2R$  от  $\Gamma$ .

Рассмотрим произвольный луч. После отражения он опрается под тем же углом. Расстояние от произвольного луча до оси  $\Gamma$  равно  $R_0$  и  $r$ .



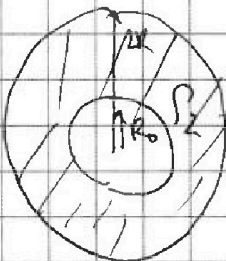
Тогда из геометрии:

Из равенства треугольников:  
 $R_0 = r$ .

$$\text{Из подобия } \frac{R_0 + r}{R} = \frac{r}{R} \Rightarrow R_0 + r = r$$

$$R_0 = r - r_0 = \frac{2}{3} r$$

Коррекция будет аналогично пункту 1, т.е. лучи, которые идут на кривую поверхность будут на расстоянии  $R_0$  от оси  $\Gamma$ .



$$\begin{aligned} S_2 &= \pi \cdot ((2R)^2 - R_0^2) = \\ &= \pi \left( \frac{4 \cdot 25}{9} r^2 - \frac{4}{9} r^2 \right) = \\ &= 96 \pi \text{ (см)}^2 \end{aligned}$$

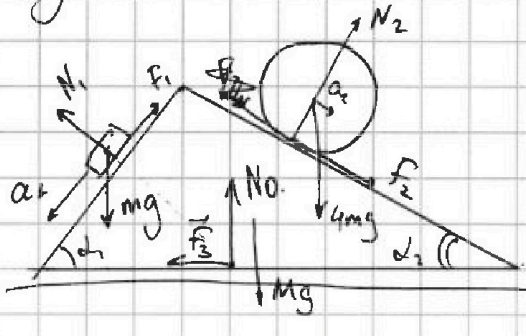


1  2  3  4  5  6  7

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!

Задача 1.



1) Рассмотрим силы, действующие на брусок:

$\vec{N}_1$  - сила реакции опоры со стороны наклона на брусок

$m\vec{g}$  - сила тяжести

$\vec{F}_1$  - сила пружины

По II закону Ньютона:

$$m\vec{a}_1 = \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_1$$

Спроецируем на ось по направлению движения бруска, и перпендикулярно ей:

$$ma_1 = mg \cos(90 - \alpha_1) - F_1 \quad (1)$$

$$0 = mg \sin(90 - \alpha_1) - N_1 \quad (2)$$

$$\text{Из (1)} \Rightarrow F_1 = -m(a_1 - g \sin \alpha_1) = \frac{14}{65} mg$$

$$\text{Из (2)} \Rightarrow N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 = \frac{4mg}{5}$$

2) Аналогично системе 1: Запишем II закон Ньютона для второго бруска. Спроецируем на ось по направлению движения бруска. При этом  $F_2$  направлена по направлению движения.

$$4m\vec{a}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F}_2 + 4m\vec{g}$$

Спроецируем на ось по направлению движения бруска и перпендикулярно ей:



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.

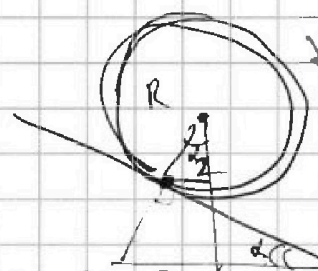
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7   
 СТРАНИЦА \_\_\_\_\_ ИЗ \_\_\_\_\_

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!

Черновик

$$\frac{5^{15}}{13} - \frac{3^{15}}{5} = \frac{25 \cdot 5}{65} = \frac{16}{65}$$

$$\frac{104}{28} / \frac{4}{1} = 2,5$$



$$\Sigma \frac{R}{2} \cdot \frac{3}{2} \quad \Sigma = a_2 \cdot R$$

$$I \Sigma = 4mgR \sin \alpha \cdot \frac{R}{2}$$

$$\frac{3}{2} \times \frac{1}{2} \cdot I \Sigma = F_2 \cdot R$$

$$I_A = I_O + 4mR^2$$

$$I_A = \frac{F_2 R}{\Sigma}$$

$$\frac{15-8}{2} \times \frac{24}{13} = 7,2$$

$$\frac{4mgR \sin \alpha}{\Sigma} = \frac{F_2}{\Sigma} + 4mR$$

$$4mg \sin \alpha = \frac{F_2}{a_2} + 4m$$

$$F_2 = 4mg \sin \alpha \cdot \frac{R}{a_2} - 4mR$$

$$4m \dots + F_2 = 4m a_2$$

$$\frac{15-4}{2} \cdot \frac{5^{13}}{24} - \frac{5^{124}}{13} = \frac{9400}{9400}$$

$$\frac{7}{2} \cdot \frac{16}{5} - \frac{5^{15}}{13} = \frac{14}{65}$$

$$\frac{24}{13} \cdot \frac{3}{2} = 2,77$$

$$\frac{24}{13} \cdot \frac{3}{5} = 1,11$$

$$\frac{5}{24} \cdot \frac{5}{13} = \frac{25}{312}$$

$$\frac{4500}{5,2} = 865,38$$

$$\frac{5,3}{104}$$

$$\frac{12000}{2400} = 5$$

4850.  
41.5.58.  
58.