



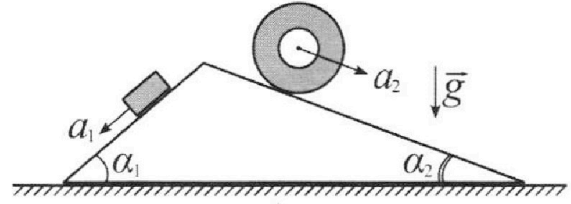
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

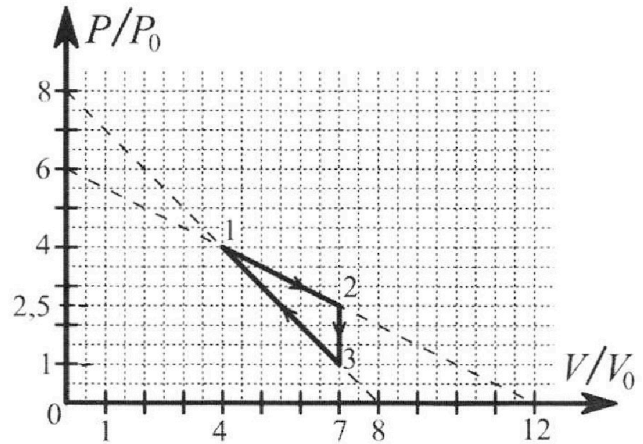


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

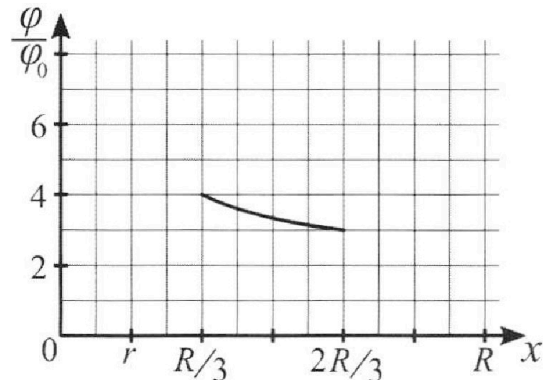
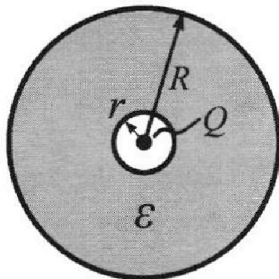
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





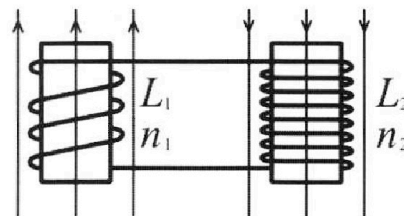
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01



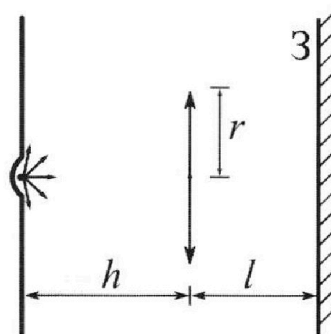
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



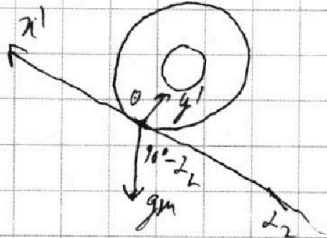


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$Oy'$  и  $Ox'$ .  $Ox'$  параллельно  
стороне клина с углом  $\alpha_2$   
 $Oy' \perp Ox'$

$$Ox': -ma_2 = +F_{TP} - mg \sin \alpha_2$$

$$Oy': 0 = N - mg \cos \alpha_2$$

$$ma_2 - mg \sin \alpha_2 = -\frac{F_{TP}}{2}$$

$$F_{TP} = (-m \cdot \frac{5g}{24} + mg \cdot \frac{5}{13}) \cdot 2$$

$$F_{TP} = \frac{(24 - 13) \cdot 5g \cdot 2 \cdot m}{24 \cdot 13} \quad F_2 = \frac{55g \cdot m}{156}$$

$F_{TP}$  м.к. из  
плеча угла,  
что будет можно  
повторить  
и будет  
и т.д.

Ответ:  $F_1 = \frac{14}{15} \cdot gm$  ,  $F_2 = \frac{55g \cdot m}{156}$



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.

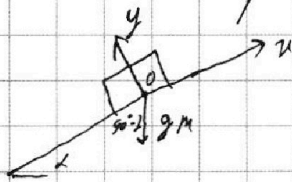
1  2  3  4  5  6  7

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!

П.к. клин не движется это значит, что можно отдельно рассмотреть брусок.

Рассмотрим сначала брусок



Введём оси  $Ox$  и  $Oy$

$Ox$  параллельно стороне клина

с углом  $\alpha$ , и  $Oy \perp Ox$ .

$$Ox: -ma_1 = -mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha - m \frac{5g}{13}$$

$$F_{\text{тр}} = mg \cdot \frac{3}{5} - mg \cdot \frac{5}{13}$$

$$F_{\text{тр}} = mg \cdot \frac{39-25}{65} \quad F_{\text{тр}} = mg \cdot \frac{14}{65} \Rightarrow F_7 = \frac{14}{65} mg$$

~~у цилиндра другая ситуация. Здесь сила трения помогает ускорению~~

~~т.к. нижняя точка цилиндра движется в обратную сторону т.е. вверх, а значит сила трения направлена вниз.~~

Поэтому введём такие оси





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!

Введем обозначения  $T_1, T_2, T_3$  - температуры в соответствующих состояниях,  $p_1, p_2, p_3$  - давления в соответствующих состояниях и  $V_1, V_2, V_3$  - объёмы в соответствующих состояниях.

П. и. из графика процесс 2-3 изохорный, то

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \quad \nu - \text{количество вещества}$$

$\Delta U_{23}$  - изменение внутренней энергии, <sup>для процесса 2-3</sup> Работу

вычисляем через площадь фигуры, заключённой между процессом. Также т.к. 2-3 - адиабатный,

$$\text{то } A_{23} = \frac{1}{2} \Delta p_{23} \cdot \Delta V_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot 1,5 p_0 \cdot 3 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$A_{23}$  - работа за цикл.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона для состояний 2 и 3

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 \text{ и } p_3 V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 - T_2 = \frac{p_3 V_3 - p_2 V_2}{\nu R}$$

Значит  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2)$  Подставим значения

$$\begin{aligned} \text{из графика } \Delta U &= \frac{3}{2} (p_0 \cdot 7 V_0 - 2,5 p_0 \cdot 7 V_0) = \\ &= -\frac{9}{4} p_0 \cdot 7 V_0. \end{aligned}$$





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  
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!

Тогда величина для вопроса 1 будет равна

$$\beta = \frac{10 |u_{23}|}{A_{\text{из}}} = \frac{1 - \frac{9}{4} \cdot 7\%}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7$$

Теперь из графика найдем формулу зависимости  $V_p$  от  $p$  для процесса 1-2.

Это будет линейная функция вида

$$V = 12 V_0 - 2 \frac{p}{p_0} V_0 \quad (\text{проходит через точки } (0; 12 \frac{V_0}{p_0}) \text{ и } (12 \frac{V_0}{p_0}; 0))$$

Подставим в уравнение Менделеева-Клапейрона

$$p V = \nu R T \Rightarrow (12 V_0 - 2 \frac{p V_0}{p_0}) p = \nu R T$$

$$12 V_0 p - 2 \frac{V_0}{p_0} p^2 = \nu R T$$

Это парабола для  $T(p)$  с ветвями вниз (коэффициент перед  $p^2$  меньше 0), а значит максимум будет в

её вершине. Поэтому  $p_2 = \frac{-b}{2a} = \frac{-12 V_0}{-4 \cdot \frac{V_0}{p_0}} = 3 p_0$

$b = 12 V_0$   $a = -2 \frac{V_0}{p_0}$  из стандартного вида  $y = ax^2 + bx + c$

Тогда получаем  $p_2 = 3 p_0$   $V_2 = 6 V_0$  и из откошенной

уравнений идеального газа для нашей точки и

$$\text{состояние 1 получим } \frac{p_2 V_2}{p_1 T_1} = \frac{\nu R T_2}{\nu R T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}$$





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!

$$\frac{T_6}{T_1} = \frac{3p_0 \cdot 6V_0}{4p_0 \cdot 4V_0} = \frac{9}{8}$$

$T_0, p_0, V_0$  - параметры газа для максимальной температуры для 1-2.

Теперь найдём  $Q$  для каждого процесса.

П.к.  $T = \frac{pV}{\nu R}$  из уравнения Менделеева-Клапейрона,

$$\text{то } \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{p_a V_a}{\nu R} - \frac{p_c V_c}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} (p_a V_a - p_c V_c)$$

где  $\nu$  - количество молей  $\Delta U$  - изменение

внутренней энергии. Тогда  $Q = \Delta U + A_c$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (-16 p_0 V_0 + 2,5 \cdot 7 p_0 V_0) + 3 V_0 \cdot \left( \frac{4 p_0 + 2,5 p_0}{2} \right) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{35 - 32}{2} \cdot p_0 V_0 + \frac{3 \cdot 13}{4} \cdot p_0 V_0 = 7,5 p_0 V_0 + 9,75 p_0 V_0 = 17,25 p_0 V_0$$

(А<sub>2</sub> - площадь под процессом)

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = -\frac{63}{4} p_0 V_0 \text{ (изокорный)}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} (16 p_0 V_0 + 7 p_0 V_0) - 3 V_0 \cdot \frac{(p_0 + 4 p_0)}{2} =$$

$$= \frac{17}{2} p_0 V_0 - \frac{15}{2} p_0 V_0 = p_0 V_0$$

Тогда тепло подводится в процессах 12 и 31

$$\text{Тогда } \eta = \frac{A_{31} \cdot 100\%}{Q_{12} + Q_{31}} = \frac{p_0 V_0 \cdot 100\%}{6 p_0 V_0 + 17 p_0 V_0} = \frac{1}{23} \cdot 100\% = 4,3\%$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{|\Delta U_{23}|}{A_2} = 7, \quad 2) \frac{T_6}{T_1} = \frac{9}{8}, \quad 3) \eta = 12,5\%$$





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!

Сначала определим бюджет  $\mu$   $\tau < \frac{R}{4}$ .

Пусть одна клеточка по оси абсцисс ( $x$ ) будет равна  $a$ , тогда  $\tau = 2a$   $\frac{R}{3} = 4a$

$$R = 12a \Rightarrow \frac{R}{4} = 3a > 2a = \tau \Rightarrow \frac{R}{4} > \tau.$$

Тогда представим диэлектрический шар с плотностью, как две концентрические <sup>заряженные</sup> сферы радиусами  $R$  и  $r$ . Тогда для точки  $\tau$  внутри диэлектрика

$E_n = \frac{E}{\epsilon}$ , где  $E$  — поле, создаваемое зарядом, а  $E_n$  — действующее. Пусть диэлектрик создаст поле  $E_g$ , тогда

$$|\vec{E} - \vec{E}_g| = |\vec{E}_n| \Rightarrow |\vec{E}| - |\vec{E}_g| = \frac{|\vec{E}|}{\epsilon} \Rightarrow |\vec{E}_g| = + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} |\vec{E}|$$

И т.к. сфера эквивалентна заряду точечному в её центре, а в данной ситуации внешняя сфера не будет давать эффекта по её свойству, то

$$E_g = \frac{kQr}{r^2} \text{ и т.к. } E = \frac{kQ}{r^2}, \text{ и т.к.}$$





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!

За направление для  $E$  было взято из центра в бесконечность, а для  $E_g$  из бесконечности

в сферу, то

$$E_g = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} E \quad \text{и} \quad \frac{kQ_4}{r^2} = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r^2}$$

$$Q_4 = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

И т.д. на бесконечности действующие электрические поля равно 0 (электрическое поле равно 0)

поле электрическое только внутри себя

Тогда  $0 = E_4 + E_R$   $E_R$  - поле создаваемое сферой  $R$  на бесконечности.

Возьмем точку  $C$   $C > R$ , тогда

Из свойства замкнутой сферы

$$0 = \frac{kQ_4}{C^2} + \frac{Q_4 k}{C^2} \quad \frac{Q_4 k}{C^2} \Rightarrow Q_R = -Q_4 = \frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

Теперь из принципа суперпозиции потенциалов получим, что для  $r = \frac{R}{4}$

$$\varphi_x = \frac{kQ_4}{R} + \frac{kQ_4 r}{R} + \frac{kQ_R}{R} \quad (\text{применим свойства}$$

заята твердых сфер для расчета потенциалов)



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!

$$\varphi_x = \frac{kQ^4}{R} - 4 \cdot \frac{Q(\epsilon-1)k}{\epsilon R} + \frac{Q(\epsilon-1)k}{\epsilon R} =$$

$$= \frac{kQ^4}{R} - 3 \cdot \frac{(\epsilon-1)}{\epsilon} \cdot \frac{Qk}{R} = \frac{Qk}{R} \left( 4 - 3 \frac{(\epsilon-1)}{\epsilon} \right) = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\epsilon+3}{\epsilon}$$

$k$  - постоянная Кулона  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

Теперь найдём  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  для  $x = \frac{R}{3}$  и  $x = \frac{2R}{3}$  соответственно

$$\varphi_1 = \frac{3Qk}{R} - 3 \cdot \frac{Q(\epsilon-1)k}{\epsilon R} + \frac{Q(\epsilon-1)k}{\epsilon R} =$$

$$= \frac{Qk}{R} \cdot \left( 3 - 2 \frac{(\epsilon-1)}{\epsilon} \right) = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\epsilon+2}{\epsilon}$$

$$\varphi_2 = \frac{3Qk}{2R} - \frac{3}{2} \cdot \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} + \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = \frac{Qk}{R} \left( \frac{3}{2} - \frac{1}{2} \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right) =$$

$$= \frac{Qk}{R} \cdot \left( \frac{3\epsilon-3+1}{\epsilon} \right) = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{3\epsilon+1}{2\epsilon}$$

И т.к.  $\frac{\varphi_1}{\varphi_0} = 4$   $\frac{\varphi_2}{\varphi_0} = 3$ , то

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\frac{Qk}{R} \cdot \frac{\epsilon+2}{\epsilon}}{\frac{Qk}{R} \cdot \frac{3\epsilon+1}{2\epsilon}} = \frac{2\epsilon+4}{3\epsilon+1} = \frac{4}{3} \Rightarrow 6\epsilon+12 = 12\epsilon+4$$

$$6\epsilon = 8 \quad \epsilon = \frac{4}{3}$$

Ответ: 1)  $\varphi_x = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\epsilon+3}{\epsilon}$  2)  $\epsilon = \frac{4}{3}$



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!

Используя правило Ленца и правой руки мы выясняем, что увеличение левого и правого ~~полюсов~~ магнитных полюсов (далее 1 и 2 соответственно) создаст ЭДС с в разных направлениях. Поэтому общий ЭДС индукции цепи будет равен  $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt}$  (взяв за положительное направление вправо)

ЭДС индукции 1 катушки)

И т.д. ЭДС самоиндукции не зависит ни от чего, кроме тока, но

$$\mathcal{E}_{\text{сам}} = -L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = -(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = -5L \frac{dI}{dt}$$

$\mathcal{E}_{\text{инд}}$  - ЭДС индукции  $\mathcal{E}_{\text{сам}}$  - ЭДС самоиндукции.

Тогда из ~~за~~ уравнения Ома для полной цепи получаем

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} + \mathcal{E}_{\text{сам}} = I \cdot 0 \Rightarrow \frac{d\Phi_1 - d\Phi_2}{dt} = 5L \frac{dI}{dt}$$

Тогда найдём  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$



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  
\_\_ 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!

~~Из катушек и правила правой руки можно сделать вывод, что поле катушек будут создавать потоки тока в <sup>одинаковые</sup> разн<sup>ые</sup> стороны. Это значит, что если поле левой катушки создаёт положительный ЭДС, то  $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt}$~~





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!

$$\Phi_1 = B_1 S n_1 \quad \Phi_2 = B_2 S n_2 \quad \text{и т.д.}$$

$$S = \text{const} \quad \text{и} \quad n = \text{const}, \text{ но}$$

$$d\Phi_1 = (dB_1) S n_1 \quad d\Phi_2 = S n_2 dB_2$$

( $B_1$  и  $B_2$  - модули векторов индукций левого и правого нама соответственно)

Для первого случая

$$d\Phi_2 = 0 \quad d\Phi_1 = L dt \cdot S n_1$$

$$-\frac{d\Phi_2}{dt} + \frac{d\Phi_1}{dt} = 5L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{L dt \cdot S \cdot n}{5L dt} = \frac{L S n}{5L}$$

Для второго случая нам удобнее выбрать

ситуацию 2

$$-\frac{d\Phi_2}{dt} + \frac{d\Phi_1}{dt} = 5L \frac{dI}{dt} \Rightarrow d\Phi_1 - d\Phi_2 = 5L dI$$

Продифференцируем получаем

$$(\Phi_{1k} - \Phi_{1H}) - (\Phi_{2k} - \Phi_{2H}) = 5L (I_k - I_H)$$

k - конечное состояние H - начальное состояние

$$S n (B_{1k} - B_{1H}) - 2S n (B_{2k} - B_{2H}) = 5L (I_k - I_H)$$

$$S n \cdot \left( \frac{B_0}{2} - B_0 \right) - 2S n \left( \frac{2B_0}{3} - 2B_0 \right) = 5L I_k \quad (I_H = 0)$$



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  
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!

$$-\frac{S_n B_0}{2} + \frac{8 S_n B_0}{3} = 5L I_K$$

$$\frac{(16-3) S_n B_0}{30L} = I_K$$

$$I_K = \frac{13 S_n B_0}{30L}$$

Ответ: 1)  $\frac{dI}{dt} = \frac{2 S_n}{5L}$  2)  $I = \frac{13 S_n B_0}{30L}$





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 5

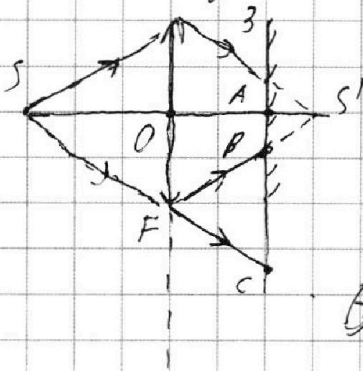
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

III. и. по условиям источника света находимся в двойном фокусе линзы, то его изображение будет тоже находиться в двойном фокусе и будет действительным.

III. е. изображение будет на расстоянии  $l_1 = 2F - l = f - f \cdot \frac{2}{3} = \frac{f}{3}$

Также оно будет не увеличенным и не уменьшенным. А т.к. источник лежит на главной оптической оси, то и его изображение будет и на ней

Получаем рисунок (S - источник, S' - изображение)



Получаем, что в точке F (касание лучей линзы) свет (условно приложимые  $l$ ) точку B и пойдет прямо в C

III. е. область BC будет не освещена, а AB будет. найдем длины AB и AC, чтобы получить всю освещенную область.





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 5

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!

$\triangle SOF \sim \triangle SAC$  по двум углам

$\angle SOF = \angle SAC = 90^\circ$ ,  $\angle CSA$  - общий

$$\frac{SO}{SA} = \frac{OF}{AC} \Rightarrow \frac{h}{h+l} = \frac{r}{AC} \quad AC = \frac{5h}{3} \cdot r$$

$$AC = \frac{5}{3} r \quad AC = \frac{5}{3} \cdot 3 \text{ см} = 5 \text{ см}$$

$\triangle S'AB \sim \triangle S'OF$  по двум углам

$\angle S'OF = \angle S'AB = 90^\circ$ ,  $\angle FS'O$  - общий

$$\frac{S'A}{S'O} = \frac{AB}{OF} \Rightarrow \frac{r_1}{h} = \frac{AB}{r} \Rightarrow AB = r \cdot \frac{1}{3} \frac{r}{h}$$

$$AB = \frac{1}{3} r \quad AB = \frac{1}{3} \cdot 3 \text{ см} = 1 \text{ см}$$

Тогда площадь освещенной части зеркала -

это разность площадей с радиусами  $AC$  и  $AB$

$$S_{\text{нз}} = S_{AC} - S_{AB} = \pi AC^2 - \pi AB^2 = \pi (AC^2 - AB^2) =$$

$$= \pi \cdot \left( \frac{5}{3} r + \frac{1}{3} r \right) \left( \frac{5r}{3} - \frac{1r}{3} \right) = \pi \cdot 2r \cdot \frac{4r}{3} = \frac{8\pi r^2}{3} =$$

$$S_{\text{нз}} = \frac{8\pi \cdot 9 \text{ см}^2}{3} = 24\pi \text{ см}^2$$

Теперь рассмотрим стержень. На нем

будет падать свет, отраженный

от зеркала.





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 5

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!

Само зеркало создаст изображение, уравненное на него изображение  $S$  на расстоянии  $l_1$  с другой стороны. Обозначим его  $Z_1$  в. Также оно отразит луч, уравнивший в  $C$ .

Т.к.  $R$  расположено на расстоянии  $h$  от зеркала в сторону линзы (из законов отражения), то

$$l_2 = l - l_1 = \frac{2h}{3} - \frac{h}{3} = \frac{h}{3} \quad (l_2 - \text{от линзы до } R)$$

Пусть  $l_3$  - расстояние от линзы до изображения

Тогда из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{l_3} = \frac{2}{h} - \frac{3}{h} \Rightarrow l_3 = -h \text{ м.е.}$$

Это изображение мнимое, но его крайние лучи всё равно касаются линзы, а

значит получаем чертёж для координатной огибающей области

$R'$  - мнимое изображение

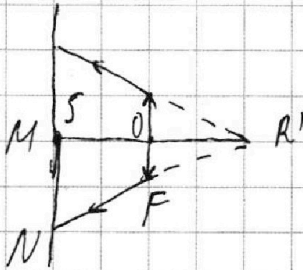
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 5

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!

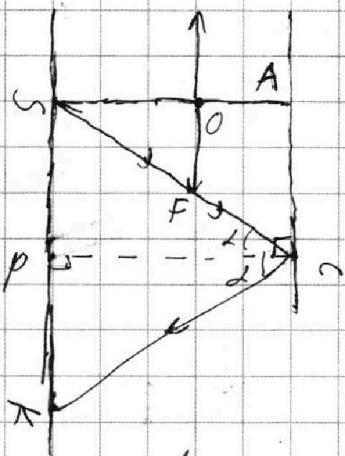


$\triangle R'O F \sim \triangle R'M N$  по двум  
углам  $\angle R'OF = \angle R'MN = 90^\circ$   
 $\angle NR'M$  - общий

$$\frac{R'O}{R'M} = \frac{OF}{MN} \quad MN = r \cdot \left( \frac{|R_3|}{|R_3| + h} \right)^{-1}$$

$$MN = r \cdot \frac{2k}{h} = 2r \quad MN = 2 \cdot 3 \text{ см} = 6 \text{ см}$$

Теперь свет, отраженный в с



и законов геометрической  
оптики углы падения равен  
углу отражения т.е.  
 $\triangle SCP = \triangle KCP$  по двум углам  
и стороне  $\angle C SCP = \angle C KCP$  (по

правильным отразителем)

$\angle KPC = \angle SPC = 90^\circ$ , PC - общая

PC - перпендикуляр к ~~AC~~ AC, как и.

AC  $\parallel$  SP по условию, но  $CP \perp SP$ .

Также получаем, что  $\triangle SCP = \triangle CSA$





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  
5 ИЗ 5

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!

по двум углам и по углу и радиусу  
 $SC$  - общая,  $\angle SCP = \angle CSA$  (накрест

лежащие при  $SA$  и  $PC$  и секущей  $SC$ )

Тогда  $PK = SP = PC \Rightarrow SK = 2PC = \frac{10 \cdot 4}{3}$

Таким образом площадь поперечной  
части сферы

$$S_{\text{поп}} = \pi SK^2 - \pi MN^2 = \pi \left( \left( \frac{10 \cdot 4}{3} \right)^2 - (2 \cdot 4)^2 \right)$$

$$S_{\text{поп}} = \pi \cdot \left( \left( \frac{10 \cdot 3 \text{ см}}{3} \right)^2 - (2 \cdot 3 \text{ см})^2 \right) = \pi \cdot (100 \text{ см}^2 - 36 \text{ см}^2) =$$
$$= 48 \pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1)  $24 \pi \text{ см}^2$  2)  $48 \pi \text{ см}^2$



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  
\_\_ 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!

№3

$$\varphi_{\alpha} = \frac{Qh}{R}$$

$$\varphi_x = \frac{Qh}{R} + \frac{\epsilon(E-E_2)Q}{2\epsilon R}$$

$$\varphi_R = \frac{Qh}{R} + \frac{h(\frac{\epsilon-1}{2\epsilon})Q}{R} + \frac{-h(\frac{\epsilon-1}{2\epsilon})Q}{R}$$

$$2(E-E_2) = E$$

$$\frac{E(\epsilon-1)}{\epsilon} = E_2$$

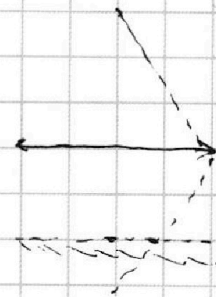
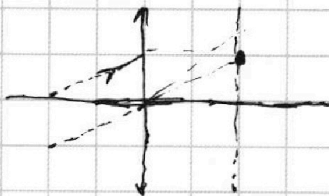
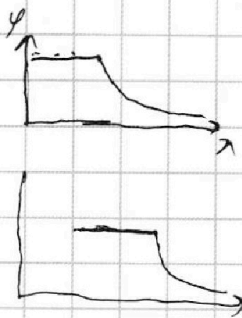
$$Q_2 = \frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

$$\frac{Q_1}{R_1} + \frac{Q_2}{R_2} = 0$$

$$Q_1 - Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$



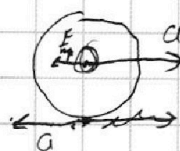
$$r = 2n$$

$$\frac{R}{3} = 4n$$

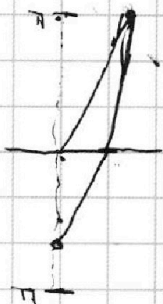
$$r = 2n$$

$$\frac{R}{18} = 12n$$

$$\frac{R}{4} = 3n$$



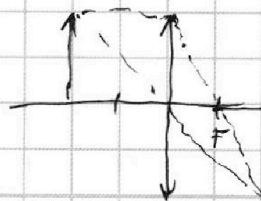
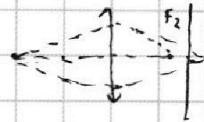
№4



$$\frac{dP_1}{dt} - l \frac{dI}{dt} + \frac{dP_2}{dt} - l_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{dP_1}{dt} + \frac{dP_2}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

№5





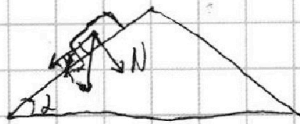


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
— ИЗ —

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



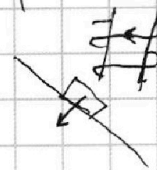
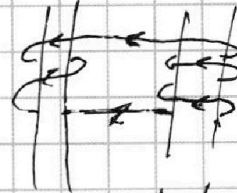
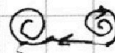
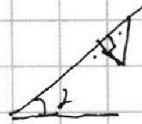
$$a_1 = g \sin \alpha_1 - a_{mp}$$

$$\frac{5g}{13} = g \cdot \frac{3}{5} - a_{mp}$$

$$a_{mp} = \frac{39g - 25g}{13 \cdot 5}$$

$$a_{mp} = \frac{14g}{13 \cdot 5}$$

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



$$N_2 = 4m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 = 4m \cdot g \cdot \frac{12}{13}$$

$N_2$

$$\Delta Q = 4T_1 + 6p_0 V_0$$

$$A_{pr} = \frac{3 \cdot 1.5 \cdot p_0 V_0}{2} = \frac{9}{4} = 2.25 p_0 V_0$$

$$\frac{9}{4} + \frac{39}{4} = \frac{48}{4} = 12$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu p V = \frac{3}{2} \cdot 7 V_0 \cdot 3.5 p_0 = \frac{9}{4} V_0 p_0 \cdot 7$$

$$\frac{\Delta U}{A_{pr}} = 7$$

$$V = 2(6 - p_0) \Rightarrow V = 12V_0 - 6V_0 \frac{p}{p_0}$$

$$pV = \nu RT$$

$$p \cdot (12V_0 - 6V_0 \frac{p}{p_0}) = \nu RT$$

$$-\frac{p^2}{p_0} \cdot 6V_0 + 12V_0 p = 0$$

$$p_2 = -\frac{1}{2a} = \frac{-12V_0}{-12V_0/p_0} = p_0$$

$$\frac{7 \cdot 2.5}{76} = \frac{35}{32} \Rightarrow T_1 < T_2$$

$$T_2 = \frac{35}{32} T_1$$

$$T_3 = \frac{14}{32} = \frac{7}{8} T_1$$

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\nu R \frac{7}{8} T_1 = 4T_1$$

$\eta =$



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!

