



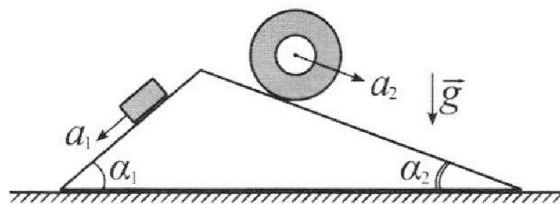
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 5/13$, $\cos \alpha_2 = 12/13$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

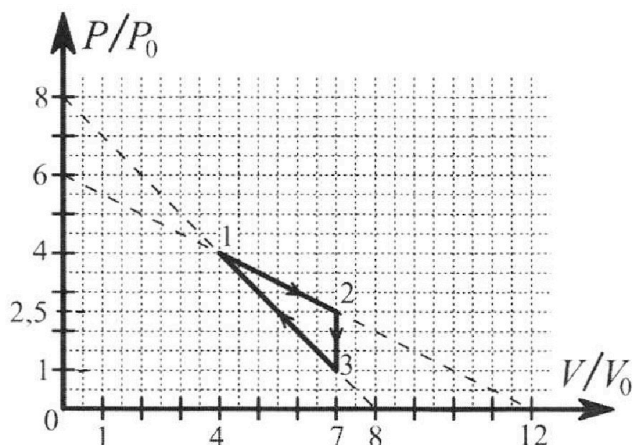


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

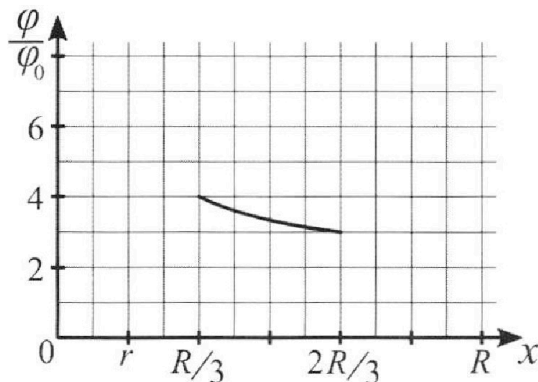
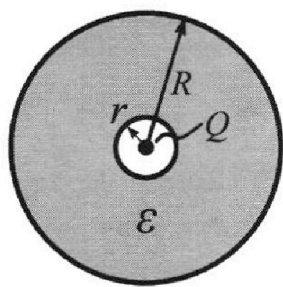
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





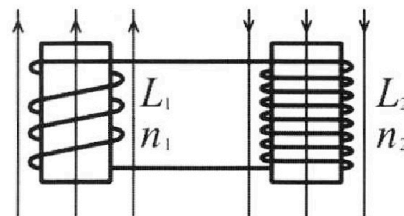
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

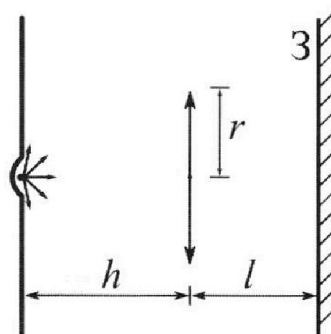


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

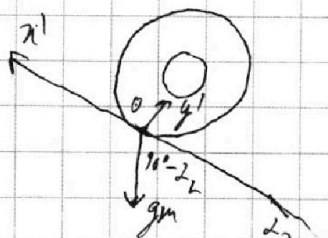


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 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 α_2 и
 $Oy' \perp Ox'$

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

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

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

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

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

$\frac{F_{TP}}{2}$ м.к. из
рычага выйдет,
что будет только
половина
и будет
мн

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.

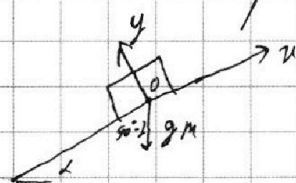
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 ^{мало} брусок.

Рассмотрим сначала брусок



Введём оси Ox и Oy

Ox параллельно стороне клина

силой L_1 и $Oy \perp Ox$.

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

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

$$F_{тр} = \mu N$$

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

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

$$F_{тр} = mg \cdot \frac{39-25}{13 \cdot 5}$$

$$F_{тр} = mg \cdot \frac{14}{65} \Rightarrow F = \frac{14}{65} mg$$

y цилиндры 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!

Введём 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 $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ ν - количество вещества для процесса 2-3
 ΔU_{23} - изменение внутренней энергии. Работу посчитали через площадь фигуры, заключённой между процессами. Также т.к. 2-3 - изохорный, то $A_{23} = \frac{1}{2} \Delta p_{2-3} \cdot \Delta V_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot 1.5 p_0 \cdot 3 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$
 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 из графика $\Delta U = \frac{3}{2} (p_0 \cdot 7 V_0 - 2.5 p_0 \cdot 7 V_0) =$
 $= -\frac{9}{4} p_0 \cdot 7 V_0.$



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

$$\beta = \frac{10 \cdot 11.33}{A_{\text{ч}}} = \frac{1 - \frac{9}{4} \cdot 10^{-7} V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7$$

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

Это будет линейная функция вида

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

Подставим в уравнение Менделеева - Клапейрона

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

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

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

$$\text{Потому } p_f = \frac{-b}{2a} = \frac{-12 V_0}{-4 \cdot \frac{V_0}{p_0}} = 3 p_0$$

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

Тогда получаем $p_f = 3 p_0$ $V_f = 6 V_0$ и из соотношений

уравнений идеального газа для нашей точки и составив 1 получим

$$\frac{p_f V_f}{p_1 T_1} = \frac{\nu R T_f}{\nu R T_1} \Rightarrow \frac{T_f}{T_1} = \frac{p_f V_f}{p_1 V_1}$$



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_6, p_6, V_6 - 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,

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

для двух состояний а и с ΔU - изменение внутренней энергии. Тогда $Q = \Delta U + A$.

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

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{35-32}{2} \cdot p_0 V_0 + \frac{3 \cdot 13}{4} \cdot p_0 V_0 = 7,5 p_0 V_0 \quad (A_2 - \text{мощность по процессу})$$

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

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

$$= \frac{27}{2} p_0 V_0 - \frac{15}{2} p_0 V_0 = 6 p_0 V_0$$

Тогда тепло подводится в процессах 12 и 31

$$\text{Тогда } \eta = \frac{A_{\text{из}} \cdot 100\%}{Q_{12} + Q_{31}} = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0 \cdot 100\%}{6 p_0 V_0 + 12 p_0 V_0} = \frac{1}{8} \cdot 100\% = 12,5\%$$

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



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 будет ли $r < \frac{R}{4}$.

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

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

Тогда представим диэлектрический шар с плотностью, как две концентрические ^{заряженные} сферы радиусами R и r . Тогда для точки τ внутри диэлектрика

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

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

И т.к. сфера эквивалентна заряду точечному в её центре, а в данной ситуации внешняя сфера не будет давать эффекта по её свойствам, то $E_d = \frac{kQr}{r^2}$ и т.к. $E = \frac{kQ}{r^2}$, то 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.н. на бесконечности действующие электрические поля равно 0 (электрическое поле равно 0)

поле электрическое только внутри себя

Тогда $0 = E_4 + E_R$ E_R - ^{электрическое} поле создаваемое сферой R на бесконечности.

Возьмём точку C $C > R$, тогда

Из свойства заземлённой сферы

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

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

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

для заряженных сфер для расчёта 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 φ_1 и φ_2 для $x = \frac{R}{3}$ и $x = \frac{2R}{3}$ соответственно

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

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

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

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

И т.д. $\frac{\varphi_1}{\varphi_0} = 4$ $\frac{\varphi_2}{\varphi_0} = 3$, 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) $\epsilon = \frac{4}{3}$



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 магнитных полей (далее 1 и 2 соответственно) создаёт ЭДС в разном направлении. Поэтому общий ЭДС индукции цепи будет равен $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt}$ (взяли за положительное только направление взято

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 3-го 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 Φ_1 и Φ_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 магнитное будет создаваться потоки токи в ^{одинаковые} разные 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!

$$\Phi_1 = B_1 S_{n1} \quad \Phi_2 = B_2 S_{n2} \quad \text{и т.д.}$$

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

$$d\Phi_1 = (dB_1) S_{n1} \quad d\Phi_2 = S_{n2} dB_2$$

(B_1 и B_2 - модули векторов индукций левого и правого полн соответствующим)

Для первого случая

$$d\Phi_2 = 0 \quad d\Phi_1 = L dt \cdot S_{n1}$$

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

Для второго случая для направления вправо
Ситуация 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. Продифференцируем получаем

$$(\Phi_{1k} - \Phi_{1n}) - (\Phi_{2k} - \Phi_{2n}) = 5L (I_k - I_n)$$

k - конечное состояние n - начальное состояние

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

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



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!

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

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

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

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



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.



СТРАНИЦА

1 из 5

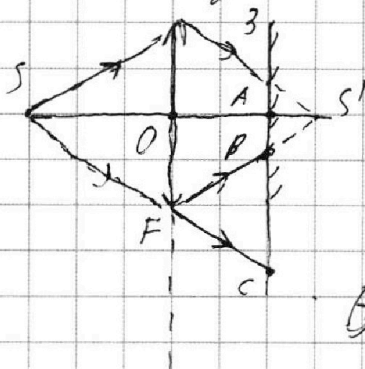
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

III.н. по условию источник света находится 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 луча линзы) свет (условно приходящий в) точку B и пойдет прямо в C

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

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

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

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

Теперь рассмотрим стерж. Капее
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.



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!

Самое зеркало создаст изображение, улавливая на него изображение S на расстоянии l_1 с другой стороны. Обозначим его $3a$ в. Также оно отразит луч, улавливающий в C .

Т.н. 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 плоской 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

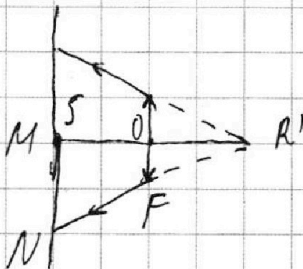
R' - мнимое изображение



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!

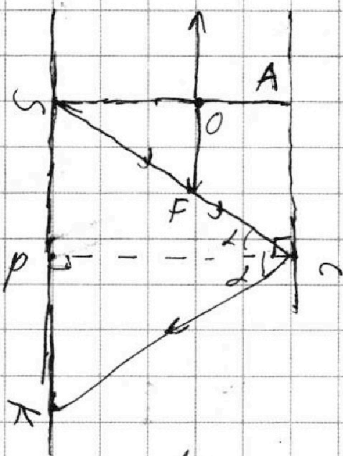


$\triangle R'OF \sim \triangle R'MN$ по двум
углам $\angle R'OF = \angle R'MN = 90^\circ$
 $\angle NR'M$ - общий

$$\frac{R'O}{R'M} = \frac{OF}{MN} \quad MN = r \cdot \left(\frac{|l_3|}{|l_3| + h} \right)^{-1}$$

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

Теперь свет, отразившийся в С



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

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

PC - перпендикуляр к ~~AC~~ AC, по т.п.
 $AC \parallel SP$ 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.

☐☐☐☐☒☐☐

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 углам и гипотенузе
 SC - общая, $\angle SCP = \angle CSA$ (накрест
лежащие при $SA \parallel PC$ и секущей SC)
Тогда $PK = SP = AC \Rightarrow SK = 2AC = \frac{104}{3}$
Таким образом площадь искомого
частей сферы

$$S_{\text{ис}} = \pi SK^2 - \pi MN^2 = \pi \left(\left(\frac{104}{3} \right)^2 - (24)^2 \right)$$

$$S_{\text{ис}} = \pi \cdot \left(\left(\frac{10 \cdot 3 \text{ см}}{3} \right)^2 - (2 \cdot 3 \text{ см})^2 \right) = \pi \cdot (100 \text{ см}^2 - 36 \text{ см}^2) =$$
$$= 64 \pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $24\pi \text{ см}^2$ 2) $64\pi \text{ см}^2$



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 __

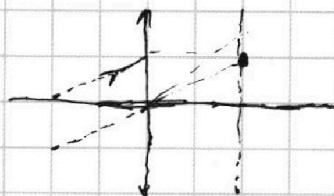
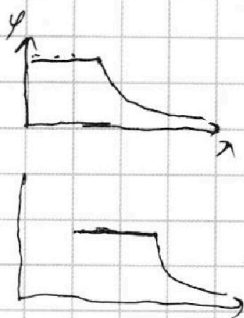
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№3

$$\varphi_r = \frac{Qh}{R}$$

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

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



$$r = 2u$$

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

$$r = 2u$$

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

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

$$\epsilon(E - E_g) = E$$

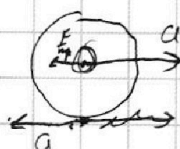
$$\frac{E(\epsilon-1)}{\epsilon} = E_g$$

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

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

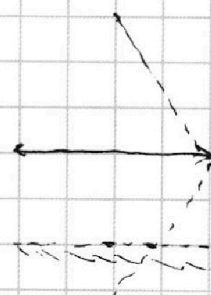
$$Q_1 - Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2$$

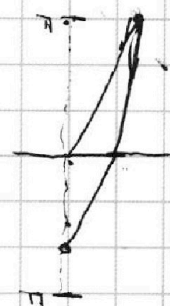


$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

$$E_g = \frac{E}{\epsilon}$$



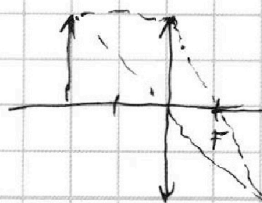
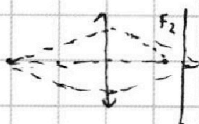
№4



$$\frac{d\varphi_1}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} + \frac{d\varphi_2}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{d\varphi_2}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

№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.

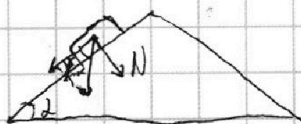


1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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!



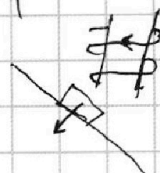
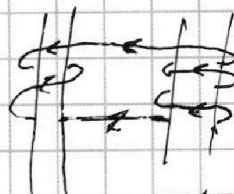
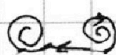
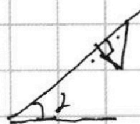
$$a_1 = g \sin \alpha_1 - a_{\text{уп}}$$

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

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

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

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



$$N_2 = 4m \cdot g \cdot \cos \alpha_2$$

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

N_2

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

$$A_{\text{пр}} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 0.3 \cdot 0.15}{2} = \frac{9}{4} = 2.25 p_0 V_0$$

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

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

$$\frac{\Delta U}{A_{\text{пр}}} = 7$$

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

$$pV = \nu R T$$

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

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

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

$$Q =$$

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

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

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

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

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



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
__ 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!

