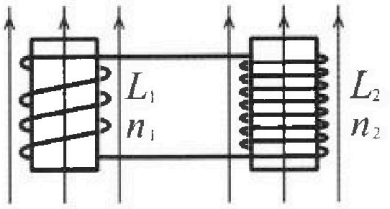
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

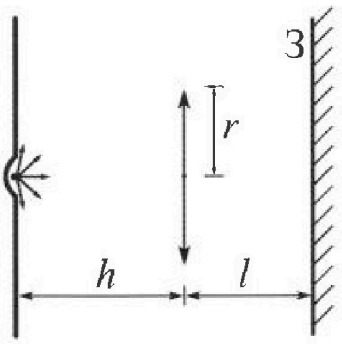
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S. Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



1) С какой скоростью (по модулю) начн ет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках 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 $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ расположено параллельно стене плоское зеркало З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

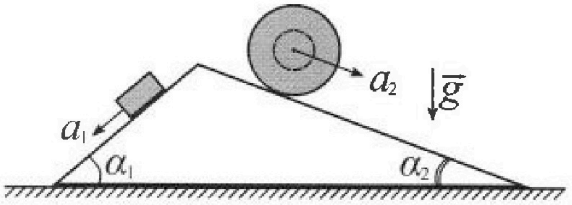
Ответы дайте в [см^2] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

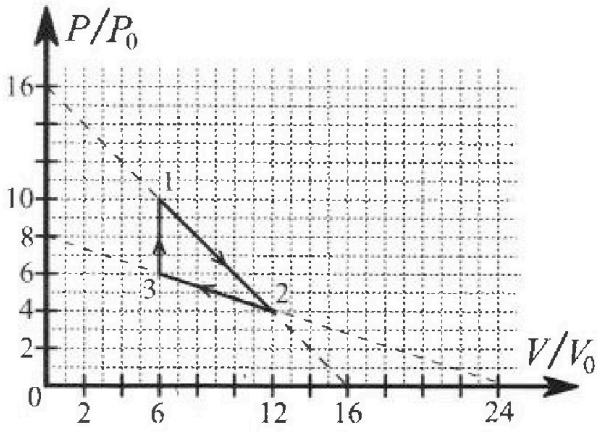
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin\alpha_1 = 3/5, \cos\alpha_1 = 4/5)$ и $\alpha_2 (\sin\alpha_2 = 8/17, \cos\alpha_2 = 15/17)$. Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



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

Каждый ответ выразить через m и g с чи словым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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

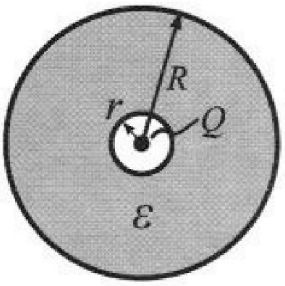


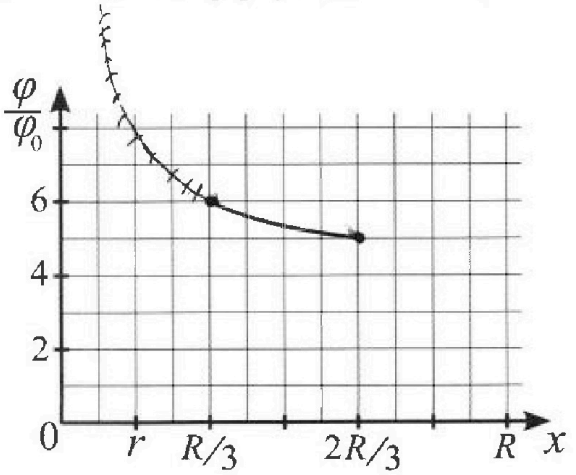
1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ε и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

1) Считая известными r, R, Q, ε, найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 11R/12$.
2) Используя график, найти численное значение ε.





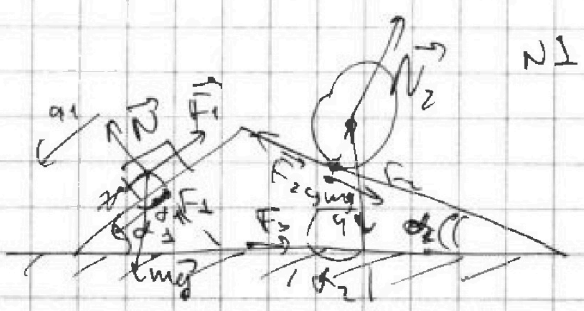
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

N1

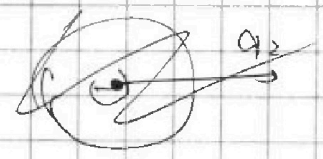


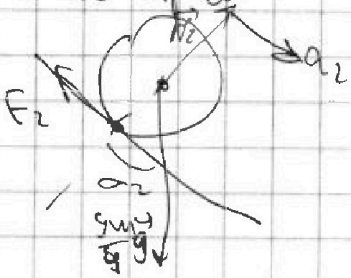
Для бруска $ma_1 = mg\sin\alpha_1 - F_1$

$$F_1 = mg\cdot\frac{3}{5} - m\cdot\frac{5g}{8} = \frac{mg(5-25)}{85} =$$

$$= \frac{26}{85}mg$$

Рассмотрим шар





Если шарик в с.о шара то его центр не вращается, а поверхность катится с ускорением a_2 около ОМ проходящей через его центр перпендикулярно плоскости рисунка.

$\sum M = F_2\cdot r$; где r - радиус с шара, а

ε - угловое ускорение.

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 [X] 2 [ ] 3 [ ] 4 [ ] 5 [ ] 6 [ ] 7 [ ]

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!

$\xi r = a_2$.

$I = \frac{2}{5} m r^2$; $\frac{18}{20} mg r - \xi = F_2 \cdot r$

$\frac{9}{10} m a_2 = F_2$; $F_2 = \frac{8}{10} \cdot \frac{8}{27} mg = \frac{4}{15} mg$

Кинк в центре масс: $F_2 \cdot \cos\alpha_2 - F_1 \cos\alpha_1 = F_3$; $F_3 = \frac{26}{85} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{15} \cdot \frac{15}{17} mg =$

$= \frac{4}{17} mg - \frac{26}{85 \cdot 5} mg = \frac{80 - 26}{85 \cdot 5} mg = \frac{54}{425} mg$

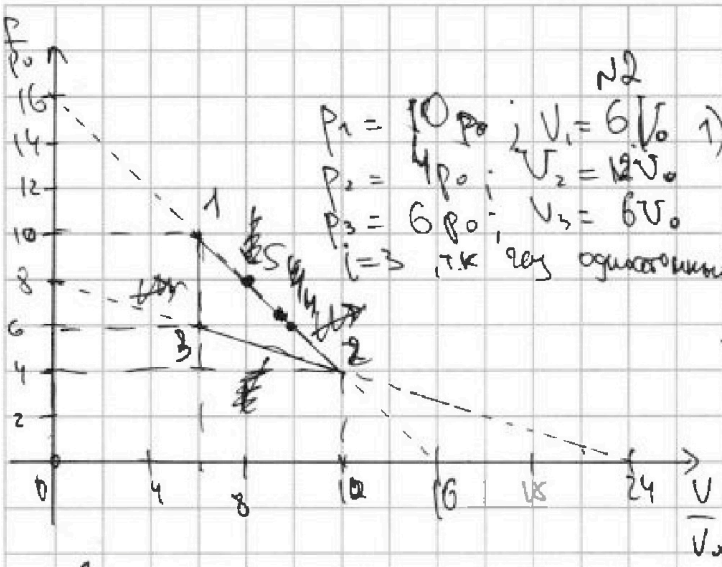
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 3

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

№2



$p_1 = 10p_0$; $V_1 = 6V_0$

$p_2 = 4p_0$; $V_2 = 12V_0$

$p_3 = 6p_0$; $V_3 = 6V_0$

$i = 3$, т.к. газ одноатомный

1) $|\Delta U_{12}| = \left|\frac{i}{2}\nu R\Delta T_{12}\right| = \left|\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)\right| =$

$= \left|\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)\right| =$

$= \left|\frac{3}{2}(48p_0V_0 - 60p_0V_0)\right| =$

$= \frac{3}{2} \cdot 12p_0V_0 = 18p_0V_0$;

A_{12} – площадь под графиком $p(V)$;

$A_{12} = \frac{(10p_0 - 6p_0)\cdot(12V_0 - 6V_0)}{2} = \frac{4p_0 \cdot 6V_0}{2} = 12p_0V_0$

$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{12}} = \frac{18p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{3}{2}$;

2) Максимальная температура газа в процессе 1-2 будет тогда, когда νRT – максимальна, т.е. когда pV – максимально. Это будет в тех местах графика 1-2 с изотермой β т.5.

$\frac{pV}{p_0V_0} = \frac{\alpha}{\left(\frac{V}{V_0}\right)}$ – уравнение изотермы. $\frac{p}{p_0} = k\frac{V}{V_0} + b$ – уравнение 1-2, при $\frac{V}{V_0} = 0$; $\frac{p}{p_0} = 16 = b$;

$b = 16$; при $\frac{p}{p_0} = 0$; $\frac{V}{V_0} = 16$; $16 = -k \cdot 16$; $k = -1$

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 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!

$\left(\frac{P}{P_0}\right)' = -\frac{\alpha}{\left(\frac{V_5}{V_0}\right)^2}$ — 1-ая изотерма

касаются, то $-\frac{\alpha}{\left(\frac{V_5}{V_0}\right)^2} = -1$;

$\alpha = \left(\frac{V_5}{V_0}\right)^2 = \frac{P_5}{P_0} \cdot \frac{V_5}{V_0}$; $\frac{P_5}{P_0} = \frac{V_5}{V_0}$; $\frac{V_5}{V_0} = -\frac{V_5}{V_0} + 16$; $\frac{V_5}{V_0} = 8$;

т.е. T_{max} при $V_5 = 8V_0$; $P_5 = 8P_0$; $\nu R T_{max} = 64 P_0 V_0$;

$T_{max} = \frac{64 P_0 V_0}{\nu R}$;

$T_3 = \frac{P_3 V_3}{\nu R} = \frac{36 P_0 V_0}{\nu R}$; $\frac{T_{max}}{T_3} = \frac{\frac{64 P_0 V_0}{\nu R}}{\frac{36 P_0 V_0}{\nu R}} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$;

3) $\eta = \frac{Q_{цикл}}{A_{12}}$;

$Q_{цикл} = Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}$

В процессе 1-2 теплоёмкость меняется, но только до некоторой точки

сначала в ней тепло принимается, а потом отдаётся после этой точки. Пусть это точка 4.

Тогда эта точка будет точкой касания

адиабаты и 1-2; $\frac{P_4}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}} = P_3$ — ур-ние адиабаты

$\frac{P_4}{P_0} = \frac{P_3}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}}$; $\left(\frac{P_4}{P_0}\right)' = -\frac{5}{3} \cdot \frac{P_3}{\left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}}$;

$\left(\frac{P_4}{P_0}\right)' = -1$ в т.4 $\cdot + \frac{5}{3} \cdot \frac{P_3}{\left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = +1$; $P_3 = \frac{3}{5}\left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}} = \frac{P_4}{P_0} \cdot \left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}$

$\frac{3}{5}\frac{V_4}{V_0} = \frac{P_4}{P_0} = -\frac{V_4}{V_0} + 16$; $\frac{V_4}{V_0} = \frac{16 \cdot 5}{8} = 10$; $V_4 = 10 V_0$; $P_4 = 6 P_0$

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!

$Q_{12\text{пол}} = Q_{14} = A_{14} + \Delta U_{14} = \frac{(10p_0 + 6p_0)(10V_0 - 6V_0)}{2} + \frac{3}{2}(6p_0V_0 -$

$-6p_0V_0) = \frac{16 \cdot 4}{2} p_0V_0 = 32 p_0V_0$

Для процесса 2-3 проведём такие же рассуждения:

$p_2 = \frac{p}{p_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}$ — уравнение адиабаты

$\frac{p}{p_0} = -\frac{1}{3}\frac{V}{V_0} + 8$ — уравнение 2-3. Видно, что касается в т.6. До этой точки в цепь подаётся, после забирается

$\frac{p}{p_0} = \frac{p_2}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}}; \left(\frac{p}{p_0}\right)' = \frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}}; \frac{p_6}{p_0}$

$-\frac{1}{3} = \frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{\left(\frac{V_6}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}}; \left(\frac{V_6}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}-\frac{1}{3}} = 5p_2$

$\frac{1}{5}\left(\frac{V_6}{V_0}\right)^{\frac{7}{3}} = \frac{p_6}{p_0} \cdot \left(\frac{V_6}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}; \frac{p_6}{p_0} = \frac{1}{5}\frac{V_6}{V_0} = -\frac{1}{3}\frac{V_6}{V_0} + 8$

$\frac{8}{15}\frac{V_6}{V_0} = 8; V_0 = 15V_6$; что не удовлетворяет области 2-3, т.е. $Q_{23\text{пол}} = 0$

$Q_{31\text{пол}} = \Delta U_{31} \quad A_{31} = \frac{3}{2}(p_1V_1 - p_3V_3) + 0 =$

$= \frac{3}{2} \cdot 4p_0 \cdot 6V_0 = 36 p_0V_0$;

$Q_{\text{пол}} = Q_{31\text{пол}} + Q_{12\text{пол}} + Q_{23\text{пол}} = 36p_0V_0 + 32p_0V_0 = 68 p_0V_0$

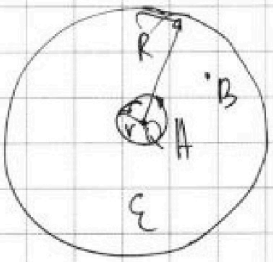
$\eta = \frac{A}{Q_{\text{пол}}} = \frac{12p_0V_0}{68p_0V_0} = \frac{3}{17} = \frac{300}{17}\% \approx 18\%$

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!



~~$\varphi(x) = \frac{kQ}{\varepsilon x}$~~

$r < l < R$

$-\varphi_B + \varphi_A = \int_r^R \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_r^R \frac{kQ}{\varepsilon l^2} \cdot dl =$

$= -\frac{kQ}{\varepsilon l}\Big|_r^R = \frac{kQ}{\varepsilon r} - \frac{kQ}{\varepsilon R}$; $\varphi_B = \frac{kQ}{\varepsilon r} + \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon R} =$

$= \frac{kQ}{r} \cdot \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} + \frac{kQ}{\varepsilon R}$

$\varphi(x) = \frac{kQ}{r} \cdot \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} + \frac{kQ \cdot 12}{11 \varepsilon R} = \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon - 1}{r} + \frac{12}{11R}\right) =$

$= \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon - 1}{r} + \frac{12}{11R}\right)$. Из графика видно, что $r = \frac{R}{6}$

$6\varphi_0 = \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon - 1}{r} + \frac{1}{\ell}\right) = \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{6(\varepsilon - 1)}{R} + \frac{3}{R}\right) =$

$= \frac{3kQ}{\varepsilon R}(2\varepsilon - 2 + 1) = \frac{3kQ}{\varepsilon R}(2\varepsilon - 1)$

$5\varphi_0 = \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{6(\varepsilon - 1)}{R} + \frac{3}{2R}\right) = \frac{3kQ}{\varepsilon R} \cdot \frac{4\varepsilon - 4 + 1}{2} = \frac{3kQ}{\varepsilon R} \cdot \frac{4\varepsilon - 3}{2}$

$\frac{6}{5} = \frac{6\varepsilon - 8}{4\varepsilon - 3}$; $24\varepsilon - 18 = 20\varepsilon - 10$; $4\varepsilon = 8$; $\varepsilon = 2$

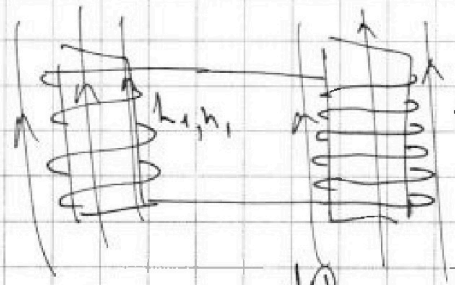
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 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



1) $\mathcal{E}_{ind_1} = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{S n_1 dB}{dt} = S n_1 \alpha = S n \alpha$

$\mathcal{E}_{ind_2} = L_2 \frac{dI_2}{dt} = l_2 \frac{dI_2}{dt}$; $\frac{dI_2}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{ind_2}}{L_2} = \frac{S n \alpha}{l_1} = \frac{S n \alpha}{l}$

$\frac{dI_2}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{ind_2}}{L_2} = \frac{4 S n \alpha}{9 n} = \frac{4 S n \alpha}{9 l}$

2) $L_1 \frac{dI}{dt} = -\frac{S n \, dB_1}{dt} + \frac{3 S n \, dB_2}{l_2 \, dt}$

$L_{12} dI = -S n dB$

Если B_1 меняется со скоростью $\frac{dB_1}{dt}$

А B_2 со скоростью $\frac{dB_2}{dt}$

Тогда $l_1 \frac{dI_1}{dt} = -\frac{S n_1 dB_1}{dt} + \frac{S n_2 dB_2}{dt}$

$l n_1 dI_1 = -S n_1 dB_1 + 3 S n \, dB_2$

$l n_1 I_1 = S n \left(\frac{3B_0}{4}\right) - \frac{3}{2} S n \left(4 B_0 - \frac{8 B_0}{3}\right) =$

$I_1 = \frac{S n \cdot B_0}{4} - \frac{3 S n \cdot 4 B_0}{2 \cdot 3} = -S n$

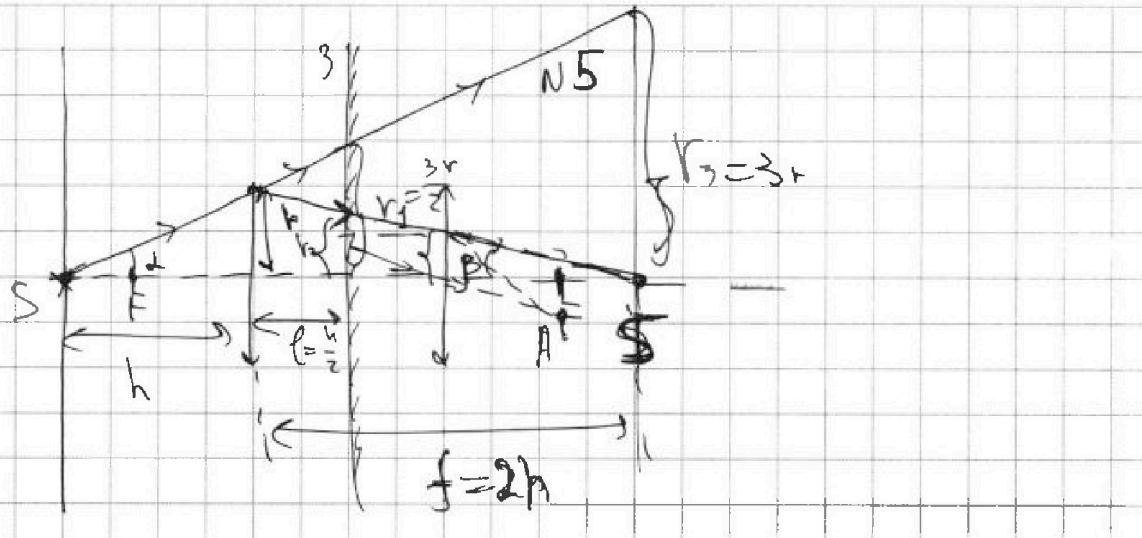
$l_1 I_1 = S n \cdot \frac{B_0}{4} - \frac{3}{2} S n \cdot \frac{4}{3} B_0$; $I_1 = -\frac{7 S n B_0}{4 l_1}$; $|I_1| = \frac{7 S n B_0}{4 l_1}$

Аналогично $l_2 I_2 = -S n \cdot \frac{B_0}{4} + \frac{3}{2} S n \cdot \frac{4}{3} B_0$; $I_2 = \frac{7 S n B_0}{4 \cdot \frac{9l}{4}} = \frac{7 S n B_0}{9 l}$

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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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!



Лучи, которые проходят через ~~зеркало~~ линзу, которые выходят из источника и главной опт. оси под углом α, таким что $tg\alpha > \frac{r}{h}$ не преломляются в линзе они освещают всю область зеркала кроме пятна радиуса r_1.

$\frac{r_1}{h+\ell} = \frac{r}{h}$; $r_1 = \frac{r(h+\ell)}{h} = \frac{3}{2}r$;

~~Лучи, которые~~ если $tg\alpha \le \frac{r}{h}$, то они будут сфокусированы линзой, по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f}$; $f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{1}{2h} - \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{1}{2h}} = 2h$;

~~tg~~ β – угол преломленного луча с главной опт. осью; $tg\beta = \frac{r}{f} = \frac{r}{2h}$;

Лучи света для которых $tg\alpha \le \frac{r}{h}$ ~~освещают зеркало~~ в область освещения на зеркале пятно радиуса 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 ☐

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!

$\frac{r-r_2}{l} = \frac{r}{f}$; $r_2 = r - \frac{rl}{f} = r - \frac{r \cdot \frac{h}{2}}{2h} = \frac{3r}{4}$

Точка выходит на освещённой поверхности будет

$S_3 = \pi r_1^2 - \pi r_2^2 = \pi\left(\left(\frac{3r}{2}\right)^2 - \left(\frac{3r}{4}\right)^2\right) = \pi \cdot \frac{3r}{4} \cdot \frac{9r}{4} =$

$= \frac{27\pi r^2}{16} = \frac{27\pi \cdot 16}{16}\ см^2 = 27\pi\ см^2$;

Чтобы найти общую область освещ. лучи на стене, посмотрим общую область освещ. лучи в зеркале на изображении стены в зеркале. Лучи проходящие мимо линзы Освещ. всё кроме пятна радиуса r_3 ; $\frac{r_3}{h+f} = \frac{r}{h}$; $r_3 = \frac{r(h+f)}{h} = 3r$

Лучи преломлённые линзой попадут в изображение линзы в зеркале в область радиуса r_4.

$\frac{r}{f} = \frac{r_4}{f-h}$; $r_4 = \frac{r}{2}$

Этот пучок будет сфокусирован в т. X на расстоянии X от оптической оси, а пятно освещ. радиуса r_5 на изображении стены $\frac{r_5}{l+x} = \frac{r_4}{x}$;

Лучи проходящие через центр и опт. ось перекрут рассеивающую плоскость в т. A на расстоянии l_1 от опт. оси ; $\frac{l_1}{F} = tg\beta = \frac{r}{2f}$; $l_1 = \frac{rF}{f} = \frac{r\frac{2h}{3}}{2h} = \frac{r}{3}$

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 ☐

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!

$\frac{X}{r_4} = \frac{F}{r_4+l_1} = \frac{h-x}{r_5}$; $x = \frac{Fr_4}{r_4+l_1} = \frac{\frac{1}{3}h \cdot \frac{r}{2}}{\frac{r}{2}+\frac{r}{3}} = \frac{h}{5}$

$= \frac{h}{5} = 0{,}2h$

$r_5 = \frac{h-x}{F}(r_4+l_1) = \frac{\left(\frac{r}{2}+\frac{r}{3}\right)\left(\frac{r}{2}+\frac{r}{3}\right)}{\frac{2r}{3}} = \frac{3r}{4} =$

$= \frac{5}{6}r \cdot \frac{6}{10} \cdot \frac{3}{2} = \frac{15}{20}r = \frac{3}{4}r$

Площадь кольцевидная: $S_2 = \pi r_3^2 - \pi r_5^2 =$

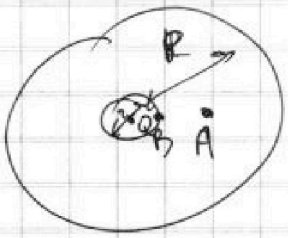
$= \pi\left((3r)^2 - \left(\frac{3r}{4}\right)^2\right) = 9r^2\pi\left(\frac{15}{16}\right) = \frac{135\pi r^2}{16} = 135\pi\,см^2$

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!



$\varphi_B = \frac{kQ}{r}$

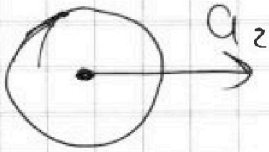
$E\,dx = d\varphi$

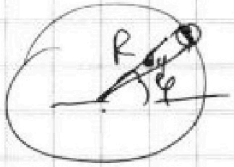
$\cos(\varphi + d\varphi) = \cos\varphi + \sin\varphi \cdot d\varphi$

$\frac{kQ}{\varepsilon x^2} dx = d\varphi \qquad -\frac{kQ}{\varepsilon R_A} + \frac{kQ}{\varepsilon r}$

kQ

$\frac{I\omega^2}{2} = \sum \varepsilon r = a_\tau$





$I\varepsilon r = F_2 \cdot r$

$I\varepsilon = F \cdot r$

$dm \cdot (\omega \cdot R\cos(\varphi + d\varphi))^2$

$\varepsilon r = a_\tau = a_2$

$m\varepsilon r^2 = F_2 r$

$\frac{2}{5} \cdot \frac{9m}{4} \varepsilon \cdot r^2 = F_2 \cdot r$

$ma_\tau = F_2$

$m \frac{d\varphi \cdot R^2 \cdot d\varphi \cdot R}{2 \cdot 4\pi R^2}$

$I = \frac{2}{5} m r^2 = \frac{2}{5} \cdot \frac{9}{4} m R^2$

$\varepsilon r = a_2$

$\frac{9}{10} m a_2 = F_2$

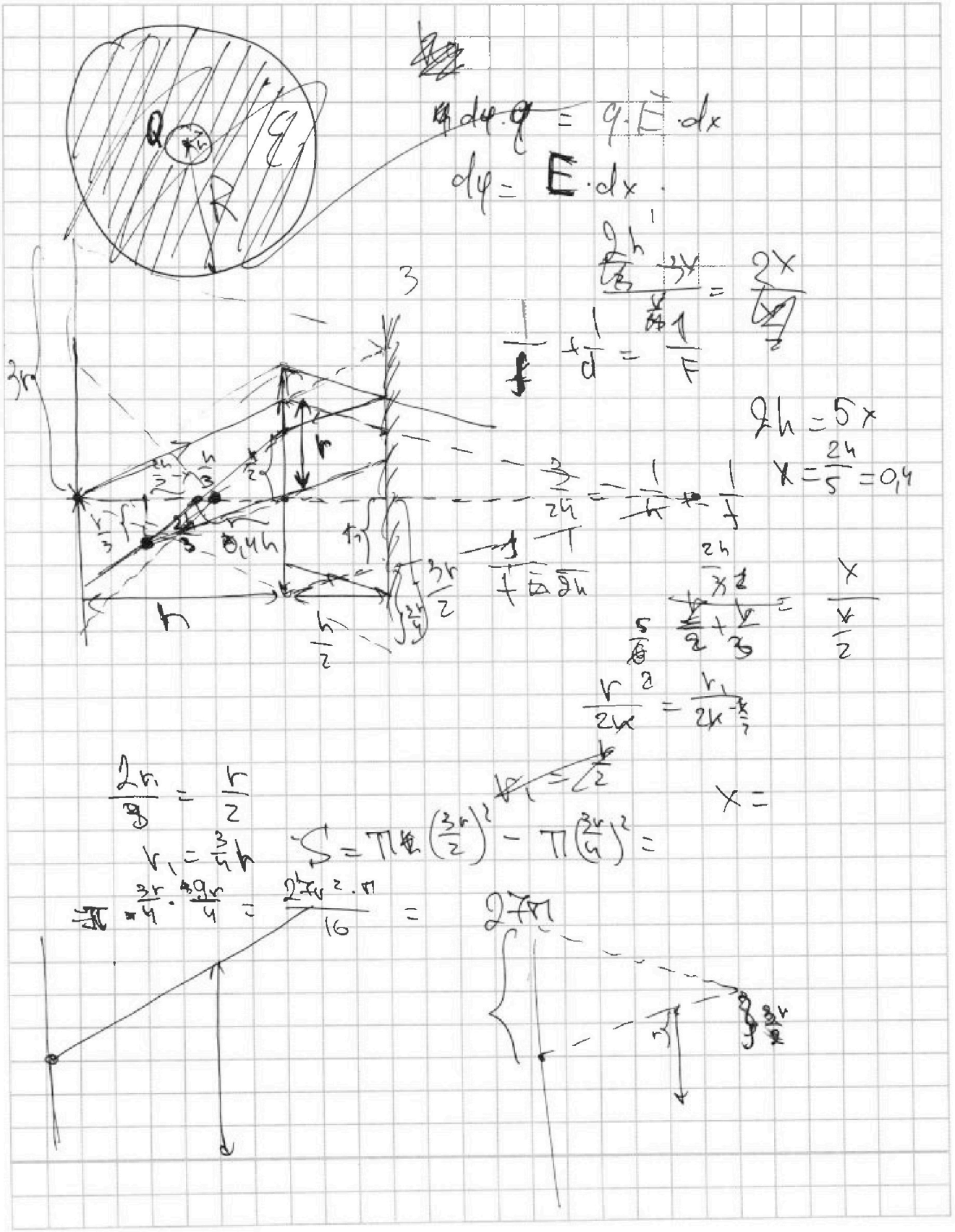
$F_2 = \frac{5m}{5 \cdot 10} \cdot \frac{89}{17} = \frac{4}{15} mg$

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 __ ИЗ __

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

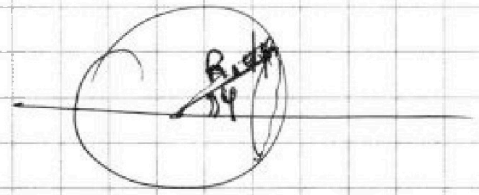


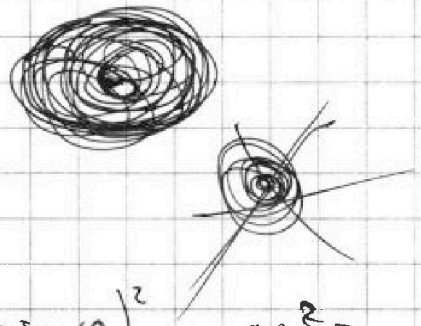
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА __ ИЗ __

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





$$\int \frac{m \cdot d\varphi}{\pi} \cdot (R \sin\varphi)^2 \cdot \omega^2 =$$

$$= I\omega^2$$

$$I = \frac{m}{\pi} R^2 \int \sin^2\varphi \, d\varphi$$

$$\frac{I\omega^2}{2} = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{m \cdot d\varphi}{\pi} \cdot R^2 \cos^2\varphi \omega^2$$

$$= I \frac{m}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\varphi \, d\varphi$$

$$\frac{mR^2}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\varphi \, d\varphi = \int_0^{\pi} (1 - \cos^2\varphi) d\varphi =$$

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\varphi \, d\varphi + \int_0^{\pi} \cos^2\varphi \, d\varphi = \pi$$

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА __ ИЗ __

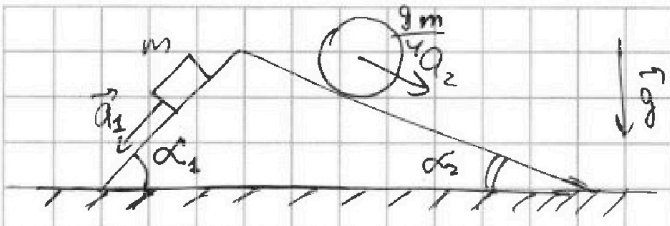
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

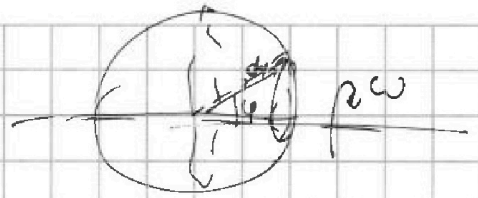
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

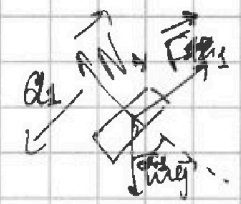
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА __ 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!





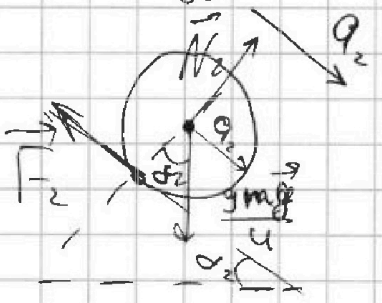


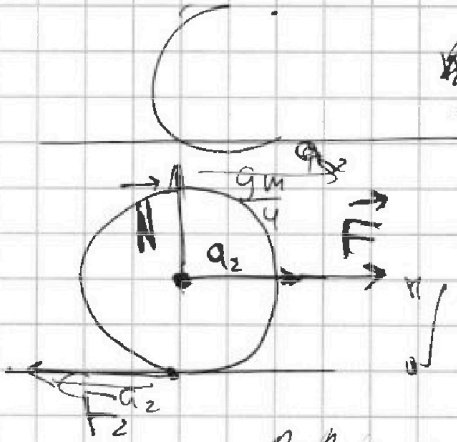
$$ma_1 = mg\sin\alpha_1 - F_{тр1}$$

$$F_1 = mg\sin\alpha_1 - ma_1 =$$

$$= mg\cdot\frac{3}{5} - m\cdot\frac{5g}{17} = mg\cdot\frac{3\cdot17 - 5\cdot5}{5\cdot17} = \frac{mg(51-25)}{85} =$$

$$= \frac{26mg}{85}$$





$$\frac{m\cdot d\varphi\cdot(R\sin\varphi)^2}{\pi}$$

$I = mR$

$$F = \frac{9mg}{4}\cdot\sin\alpha_2$$

$$\frac{9m}{4}\cdot\frac{8g}{27} = \frac{2}{3}mg = ma ;$$

$$\sum M = I\omega \quad ; a = \omega \qquad I = \int\frac{mR}{\pi}(-\cos\varphi) =$$

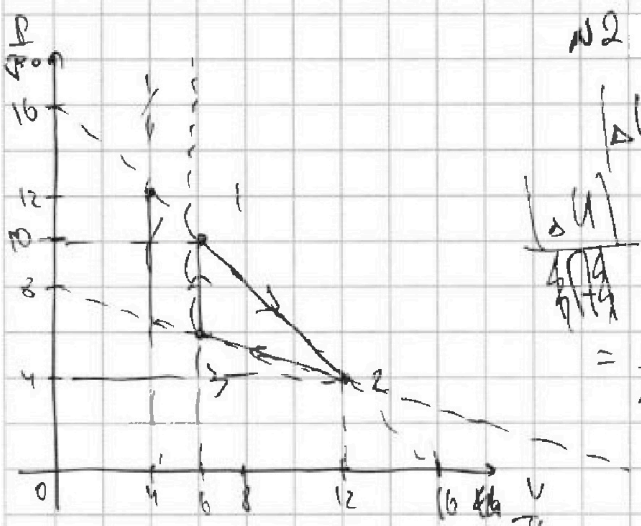
$$\int\sin^2\varphi\cdot d\varphi \qquad = \frac{2mR}{\pi}$$

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

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!



№2

$$|\Delta U| = \left|\frac{3}{2}\nu R\Delta T\right| = \left|\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)\right| =$$

$$\frac{|\Delta U|}{A_{1+4}} = \left|\frac{3}{2}(12.4p_0V_0 - 10.6p_0V_0)\right| =$$

$$= \frac{3}{2}\cdot 12p_0V_0 = 18p_0V_0$$

$$A = 6p_0\cdot 6V_0 - 6V_0\cdot 2p_0 =$$

$$= 6.4\cdot p_0V_0 = 24p_0V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{12}} = \frac{18\cdot p_0V_0}{24\cdot p_0V_0} = \frac{3}{4}$$

$T_3 = \frac{p_3V_3}{\nu R} = \frac{36p_0V_0}{\nu R}$; T_{max} — будет в точке в которой νRT_{max}, т.е. pV_{max} т.е. в точке касания изотермы

$pV = \alpha$

$p = \frac{\alpha}{V}$; $p' = -\frac{\alpha}{V^2}\cdot V$ $\quad \frac{pV}{p_3V_0} = \alpha$; $p = \frac{\alpha p_0V_0}{V}$

$\frac{dp}{dV} = \frac{\alpha}{V^2}$ $\quad \frac{p}{p_0} = k\frac{V}{V_0} + b$

$b = 16\frac{p}{p_0}$; $k\frac{V}{V_0} = 16\frac{p}{p_0}$ $\quad k \neq 1$

$k = \frac{16pV_0}{p_0V}$ $\quad \frac{p}{p_0} = 16\frac{p}{p_0}$ -

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 __ 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!

$$\delta\varphi_0 = \frac{3kQ}{2R} + \frac{kQ}{r}\cdot\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}$$

$$5\varphi_0 = \frac{3kQ}{2R} + \frac{kQ}{r}\cdot\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}$$

$$\delta\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$5\varphi_0 = \frac{\varphi_1}{2} + \varphi_2$$

$$\varphi_1 + 2\varphi_2 = 10\varphi_0;\ \delta\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$4\varphi_0 = \varphi_2$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{4r}$$

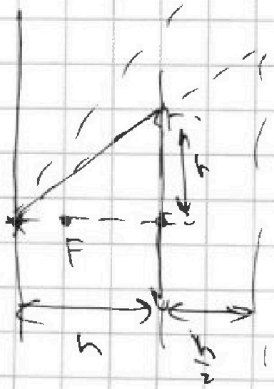
№4

1) $\mathcal{E}_{ind_2} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{S_n \cdot \Delta B}{\Delta t} = \alpha S_n$; $\mathcal{E}_{ind_2} = L_1 \frac{dI_1}{dt}$

$$L_2 \cdot \frac{dI_2}{dt} = \mathcal{E}_{ind_2}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{\alpha S_n}{L_2};\ \frac{dI_2}{dt} = \frac{\alpha S \cdot \frac{3n}{2}}{L_2} = \frac{3\alpha S_n \cdot 2}{2 \cdot 3h} = \frac{2\alpha S_n}{3h}$$

№5



$$\frac{2}{2h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{d};\ f = \frac{1}{\frac{1}{2h}};\ f = 2h$$

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

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!

№7

$\left(\frac{1}{x}\right)' = -1$

$(x^n)' = nx^{n-1}$

$\int x^n dx = \frac{1}{n+1}(x^{n+1})$

$\int x^{-2} \cdot dx =$

$= \int\left(\frac{1}{x^2}\right) = \frac{1}{-1} \cdot \frac{1}{x} = -\frac{1}{x}$

$\varphi_0 = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{r}$

$\varphi_0 = \frac{3Q}{2\pi\varepsilon_0 R}$

1) $\varphi_1 = 6\varphi_0 = \frac{kQ}{\varepsilon(\frac{R}{3}-r)} + \frac{kQ}{r\varepsilon}$

$\varphi_2 = 5\varphi_0 = \frac{kQ}{\varepsilon(\frac{2R}{3}-r)} + \frac{kQ}{r\varepsilon}$

$\varphi_0 = \frac{6}{5} =$

$\frac{kQ}{r}$

1)

$E(x) = \frac{Q}{\varepsilon_0 \cdot x^2 \cdot 4\pi} = \frac{kQ}{\varepsilon x^2}$, если $x > r$

$q \cdot E \cdot dx = d\varphi \cdot q$

$\varphi_2 - \varphi_1 = \int_r^R \frac{kQ}{\varepsilon x^2} \cdot dx$

$(\varphi_2 - \varphi_1)q = q \cdot \int_r^R \frac{kQ}{\varepsilon x^2} \cdot dx$

$\frac{kQ}{r^{11}}$

$\varphi_2 = \frac{kQ}{\varepsilon r} + \frac{kQ}{\varepsilon}$

$-\varphi_2 + \varphi_1 = \frac{kQ}{\varepsilon r} - \frac{kQ}{\varepsilon x}$; $\varphi_1 = \frac{kQ}{r}$; $\varphi_2 = \frac{kQ}{\varepsilon x} + \frac{kQ}{r}\left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right)$

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!

$$\frac{p V^{5/3}}{p_0 V_0^{5/3}} = p_2 \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right) = -\frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{5/3}} = -\frac{1}{\alpha}$$

$$\frac{p_2}{} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}+\alpha} \cdot \frac{1}{5} = \frac{p V_0^5}{p_0 V_0}$$

$$\frac{1}{5} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{p}{p_0}$$

$$\frac{1}{3} \frac{V}{V_0} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{V}{V_0} + \alpha$$

$$\frac{8}{15} \frac{V}{V_0} = 8; \quad \frac{V}{V_0} = 15$$

$$Q = Q_{31\,изох} + Q_{12\,адиаб} + Q_{23\,изох} =$$

$$= \Delta U_{31} + A_{14} + \Delta U_{14} + 0 = \frac{3}{2}\left(60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0\right) =$$

$$= 36 p_0 V_0$$

$$A_{14} = \frac{(10+6)p_0}{2} \cdot (10-6)V_0 = \frac{64 p_0 V_0}{2} = 32 p_0 V_0$$

$$\Delta U_{14} = \frac{3}{2}(60 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) = 0$$

$$Q = 68 p_0 V_0; \quad A = 24 p_0 V_0; \quad \eta = \frac{24}{68} = \frac{6}{17}$$

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

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!

$\frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 16;$

$\frac{p}{p_0} = k\frac{V}{V_0} + b$

$\frac{pV}{p_0V_0} = \alpha$

$16 = b;\ 16 + k \cdot 16 = 0$

$\left(\frac{p}{p_0}\right)' = \frac{\alpha}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2} \Rightarrow k = -1$

$k = -1$

$\alpha = \left(\frac{V_{max}}{V_0}\right)^2$

$\frac{pV}{p_0V_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^2;\ \frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0};$

$2\frac{V}{V_0} = 16;\ \frac{V}{V_0};$

$T_{max} = \frac{p_0V_0}{\nu R}$

$\frac{T_{max}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9};$

$\frac{pV^{\frac{5}{3}}}{p_0V_0^{\frac{5}{3}}} = \frac{p}{p_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}} = B;\ \left(\frac{p}{p_0}\right)' = \frac{\frac{5}{3} \cdot B}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}}} \Rightarrow k = -1$

$\frac{5}{3}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}} = 1;\ B_{2\text{-}3} = \frac{3}{5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}};$

$\frac{pV^{\frac{5}{3}}}{p_0V_0^{\frac{5}{3}}} = \frac{3}{5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{V}{V_0}$

$\frac{p}{p_0} = \frac{3V}{5V_0};\ \frac{3}{5}\frac{V}{V_0} = -\frac{V}{V_0} + 16;\ \frac{8V}{V_0} = 80 \cdot \frac{V}{V_0};$

$2\text{-}3:\ \frac{p}{p_0} = -\frac{1V}{3V_0} + 8;\ B_{2\text{-}3} = \frac{3}{5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}};\ \frac{p}{p_0} = \frac{1}{5}\frac{V}{V_0};\ \frac{6}{5}\frac{V}{V_0} = 8 \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{20}{3} \cdot \frac{V}{V_0}$