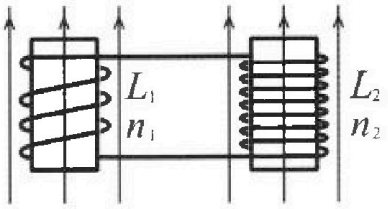
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

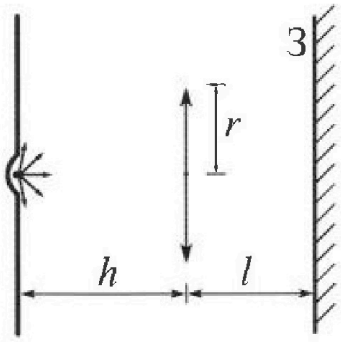
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

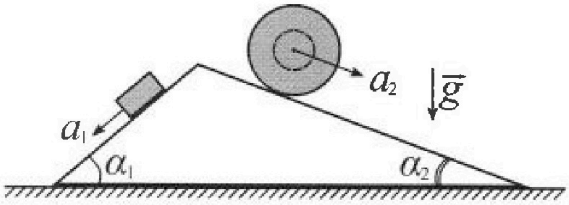
Ответы дайте в [см^2] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

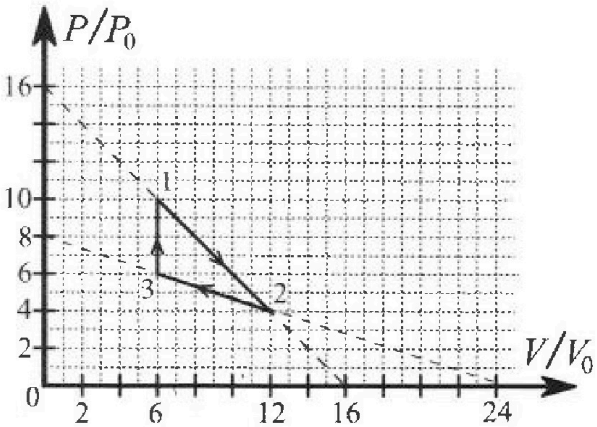
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin\alpha_1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

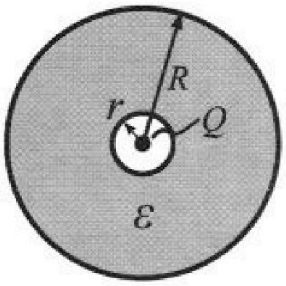


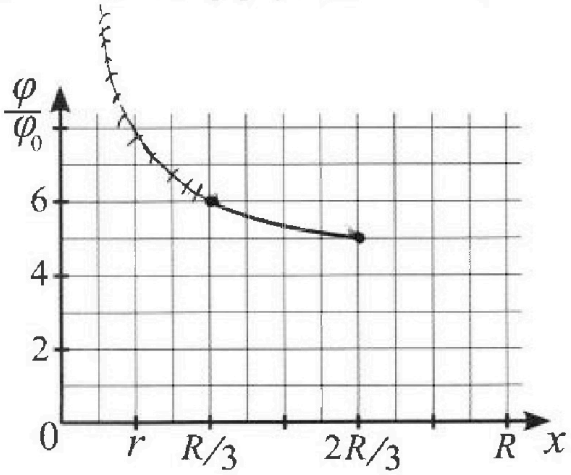
1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
3) Найдите КПД цикла.

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.





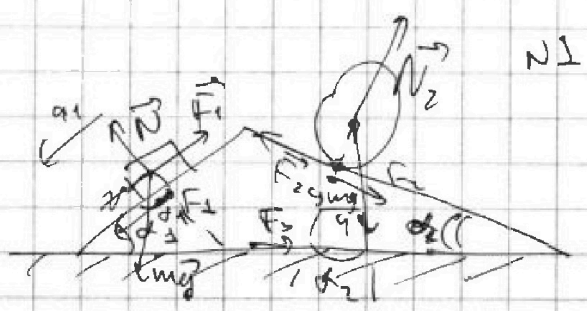
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

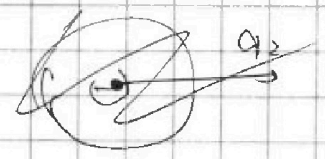


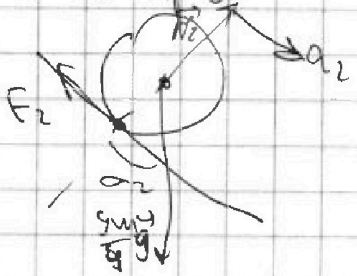
Для бруска $ma_1 = mg\sin\alpha_1 - F_1$

$$F_1 = mg\cdot\frac{3}{5} - m\cdot\frac{5g}{17} = \frac{mg(51-25)}{85} =$$

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

Рассмотрим шар





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

$I\varepsilon = F_2\cdot r$; где r – радиус 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 [ ]

СТРАНИЦА 2 ИЗ 2

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

$\varepsilon r = a_2$.

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

$\frac{9}{90} m a_2 = F_2$; $F_2 = \frac{8}{10} \cdot \frac{8}{27} mg = \frac{4}{15} mg$

Кмк в инде потому: $F_2 \cdot \cos\alpha_2 - F_1 \cos\alpha_1 =$

$= F_3$; $F_3 = \frac{26}{85} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{15} \cdot \frac{15}{17} mg =$

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

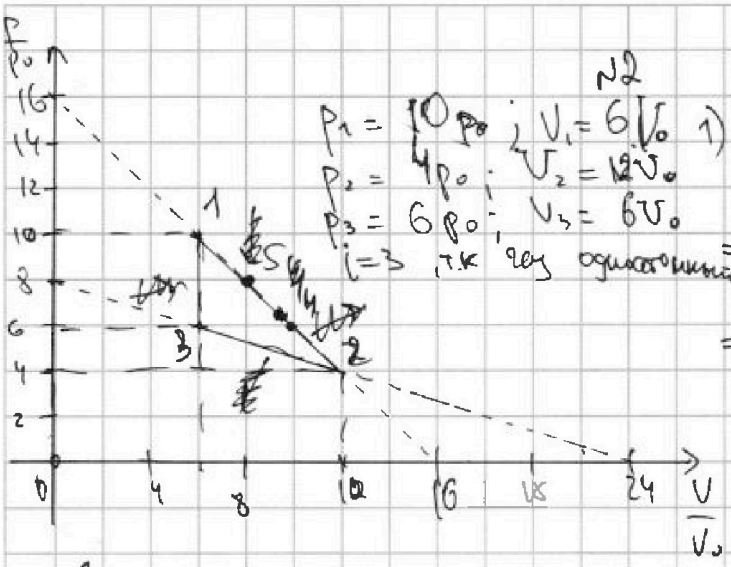
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) $|\Delta U_{12}| = \left|\frac{i}{2}\nu R\Delta T_{12}\right| = \left|\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)\right| = \left|\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)\right| =$

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

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

$A_г$ – площадь под графиком $p(V)$;

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

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

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

$\frac{pV}{p_0V_0} = \alpha$ – уравнение изотермы. $\frac{p}{p_0} = \frac{\alpha}{\left(\frac{V}{V_0}\right)}$

$\frac{p}{p_0} = k\frac{V}{V_0} + b$ – 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 касается, 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) $\eta = \frac{Q_{пол}}{A_г}$;

$Q_{пол} = Q_{12пол} + Q_{23пол} + Q_{31пол}$

В процессе 1-2 теплоёмкость неизменна, поэтому тепло в нём только поглощается до некоторой точки, а потом отдаётся после этой точки. Пусть это точка 4.

Тогда эта точка будет точкой касания адиабаты и 1-2: $\frac{P_1}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}} = \beta_1$ – ур-ние адиабаты

$\frac{P}{P_0} = \frac{\beta_1}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}}$; $\left(\frac{P}{P_0}\right)' = -\frac{5}{3} \cdot \frac{\beta_1}{\left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}}$;

$\left(\frac{P_4}{P_0}\right)' = -1$ т.к. $-\frac{V_4}{V_0} + 16$; $+\frac{5}{3} \cdot \frac{\beta_1}{\left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = +1$; $\beta_1 = \frac{3}{5}\left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}} = \frac{P_4}{P_0} \cdot \left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}$

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

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.

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

$$\frac{p}{p_0} = -\frac{1}{3}\frac{V}{V_0} + 8$$ — ур-ние 2-3. Пусть они касаются в т. б. До точки б тепло подводится, после забирается

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

$$+\frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{\left(\frac{V_б}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = +\frac{1}{3}; \quad \left(\frac{V_б}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}} = \frac{1}{5} = p_2$$

$$\frac{1}{5}\left(\frac{V_б}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}} = \frac{p_б}{p_0} \cdot \left(\frac{V_б}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}; \quad \frac{p_б}{p_0} = \frac{1}{5}\frac{V_б}{V_0} = -\frac{1}{3}\frac{V_б}{V_0} + 8$$

$$\frac{8}{15}\frac{V_б}{V_0} = 8; \quad V_б = 15V_0;$$ т б не принадлежит отрезку 2-3, т.е. $Q_{23\text{пол}} = 0$

$$Q_{31\text{пол}} = \Delta U_{31} - A_{31} = \frac{3}{2}(p_1V_1 - p_3V_3) + 0 = -\frac{3}{2} \cdot 4p_0 \cdot 6V_0 = 36 p_0V_0;$$

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

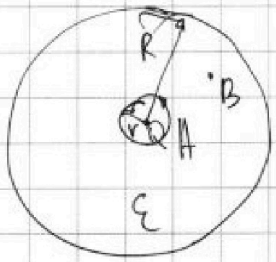
$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{пол}}} = \frac{12p_0V_0}{68p_0V_0} = \frac{3}{17} = \frac{300}{17}\% \approx 18\%$$

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!



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

$r<l<R$

$-\varphi_B + \varphi_A = \int_A^B E\cdot dl = \int \frac{kQ}{\varepsilon l^2}\cdot dl =$

$= -\frac{kQ}{\varepsilon l} + \frac{kQ}{\varepsilon r}$; $\varphi_B = \frac{kQ}{\varepsilon r} + \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon l} =$

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

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

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

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

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

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

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

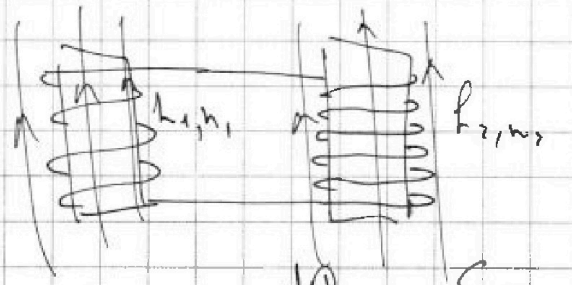
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) $\mathcal{E}_{ind1} = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{S n_1 dB}{dt} = S n_1 \alpha = S n \alpha$

$\mathcal{E}_{ind1} = L_1 \frac{dI_1}{dt} = L_2 \frac{dI_2}{dt}$; $\frac{dI_1}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{ind1}}{L_1} = \frac{S n \alpha}{L}$

$\frac{dI_2}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{ind2}}{L_2} = \frac{4 S n \alpha}{9L} = \frac{4 S n \alpha}{9L}$

~~2) $L_1 \frac{dI}{dt} = -\frac{S n\, dB_1}{dt} + \frac{3 S n\, dB_2}{L_2\, dt}$~~

$L_1 dI = -S n dB$

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

А B_2 со скоростью $\frac{dB_2}{dt}$

Тогда $L_1 \frac{dI_1}{dt} = -\frac{S n_1 dB_1}{dt} + \frac{S n_2 dB_2}{dt}$

$L_1 dI_1 = -S n_1 dB_1 + 3 S n\, dB_2$

$L_1 I_1 = S n \left(-\frac{3B_0}{4}\right) - \frac{3}{2} S n \left(4B_0 - \frac{8B_0}{3}\right) =$

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

$L_1 I_1 = S n \cdot \frac{B_0}{4} - \frac{3}{2} S n \cdot \frac{4}{3} B_0$; $I_1 = -\frac{7 S n B_0}{4 L_1}$; $|I_1| = \frac{7 S n B_0}{4 L_1}$

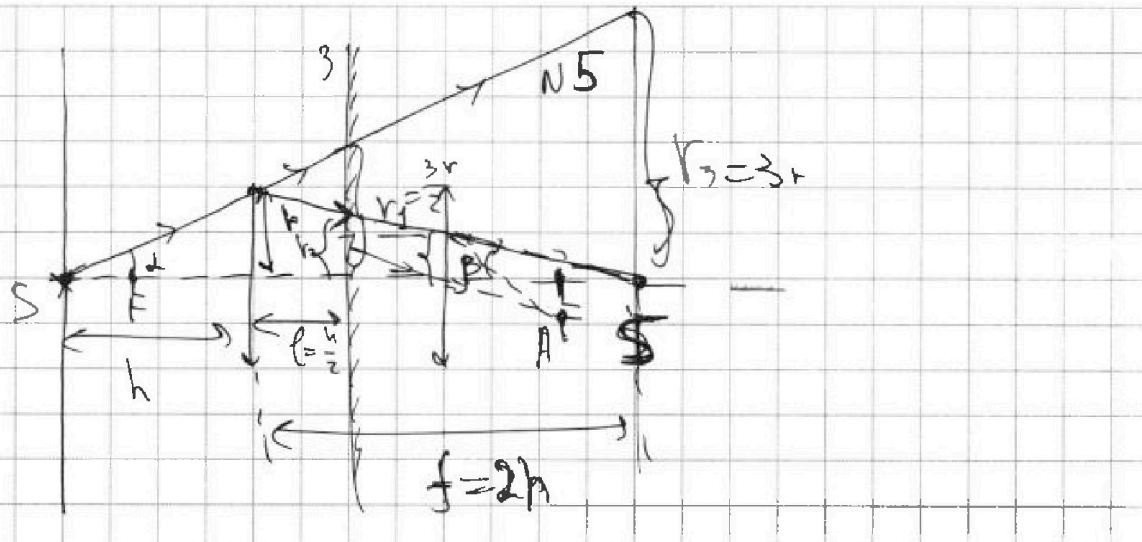
Аналогично $L_2 I_2 = -S n \cdot \frac{B_0}{4} + \frac{3}{2} S n \cdot \frac{4}{3} B_0$; $I_2 = \frac{7 S n B_0}{4 \cdot \frac{9L}{4}} = \frac{7 S n B_0}{9L}$

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!



~~Лучи, который проходят через~~ ~~[illegible]~~ ~~линзы~~ Лучи, которые выходят из источника под углом α к главной опт. оси, таким что $tg\alpha > \frac{r}{h}$ не преломляются в линзе они осветят всю область зеркала кроме пятна радиуса r_1.

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

~~Лучи, [illegible]~~ Если $tg\alpha \le \frac{r}{h}$, то лучи будут сфокусированы линзой, по формуле тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f}$; $f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{3h}{2h} - \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{1}{2h}} = 2h$;

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

Лучи света для которых $tg\alpha \le \frac{r}{h}$ ~~осветят зеркало~~ ~~в области~~ освещ. 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 ☐

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!

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

Тогда площадь неосвещённой 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 = 27π см^2 ;

Чтобы найти нашую область освещ. лучи на стене, посмотрим самую 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 потом освещ. пятно радиуса r_5 на изображении стены $\frac{r_5}{r_4-x} = \frac{r_4}{x}$;

Лучи проходящие мимо углов β и опт. оси пересекут рабочую плоскость в т. A на расстоянии l_1 от опт. оси ; $\frac{l_1}{F} = tg\beta = \frac{r}{f}$; $l_1 = \frac{rF}{f} = \frac{r\cdot\frac{2h}{3}}{2h} = \frac{r}{3}$

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 ☐

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!

$$\frac{x}{r_4} = \frac{F}{r_4+l_1} = \frac{h-x}{r_5}, \quad x = \frac{Fr_4}{r_4+l_1} = \frac{\frac{2h}{3}\cdot\frac{r}{2}}{\frac{r}{2}+\frac{r}{3}} =$$

$$= \frac{h}{\frac{5}{6}} = 0{,}6h$$

$$r_5 = \frac{h-x}{F}(r_4+l_1) = \frac{\left(\frac{r}{2}+\frac{r}{3}\right)\left(h-0{,}6h\right)}{\frac{2h}{3}} =$$

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

Площадь ~~кольцевая~~ стены: $S_2 = \pi r_3^2 - \pi r_5^2 =$

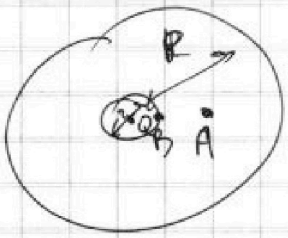
$$= \pi\left((3r)^2 - \left(\frac{3r}{4}\right)^2\right) = 9r^2\pi\left(\frac{15}{16}\right) = \frac{135\pi r^2}{16} = 135\pi\,см^2$$

На одной странице можно оформлить 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 __

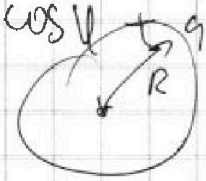
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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

$E\,dx = d\varphi$

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



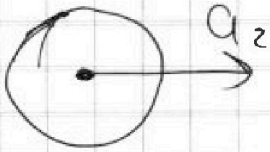
$\frac{kQ}{\varepsilon x^2} dx = d\varphi$

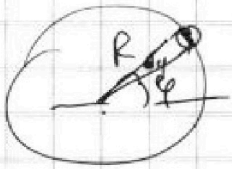
$-\frac{kQ}{\varepsilon R_A} + \frac{kQ}{\varepsilon r}$

kQ

$\frac{I\omega^2}{2} = \sum$

$\varepsilon r = a_\tau$





$I\varepsilon r = F_2 \cdot r$

$I \quad I\varepsilon = F \cdot r$

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

$\varepsilon r = a_\tau = a_2$

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

$ma_\tau = F_2$

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

$I = \frac{2}{5} m r^2$

$\varepsilon r = a_2$

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

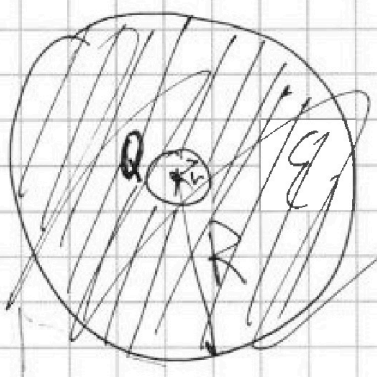
$F_2 = \frac{5m}{5 \cdot 10} \cdot \frac{89}{17} = \frac{4}{5} mg$

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!



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

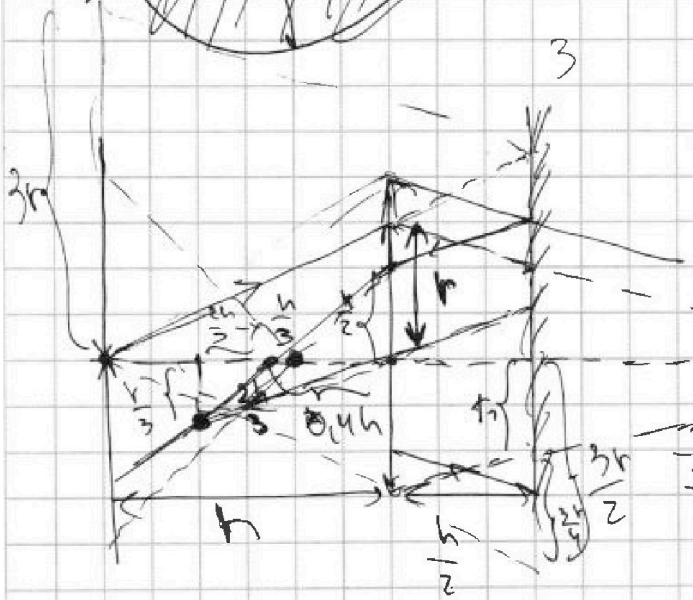
$d\varphi = E \cdot dx$

$\frac{2h}{3} = \frac{3x}{4} = \frac{2x}{1}$

$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$

$2h = 5x$

$x = \frac{2h}{5} = 0{,}4$



$\frac{3}{2h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{2h}$

$\frac{\frac{2h}{3} \cdot 2}{\frac{2}{3} + \frac{2}{3}} = \frac{x}{\frac{x}{2}}$

$\frac{r}{2h} = \frac{r_1}{2h - \frac{x}{2}}$

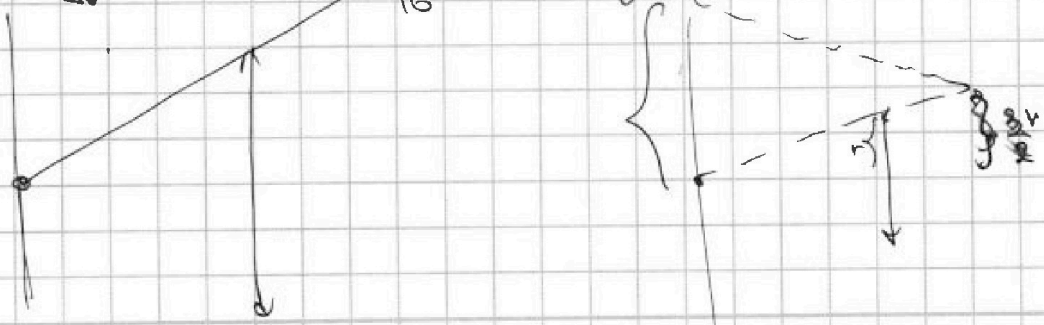
$\frac{2r_1}{3} = \frac{r}{2}$

$r_1 = \frac{3}{4}h$

$x =$

$S = \pi\left(\frac{3r}{2}\right)^2 - \pi\left(\frac{3r}{4}\right)^2 =$

$\pi \cdot \frac{3r}{4} \cdot \frac{9r}{4} = \frac{27r^2 \cdot \pi}{16} = 27\pi$

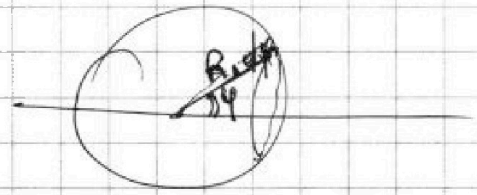


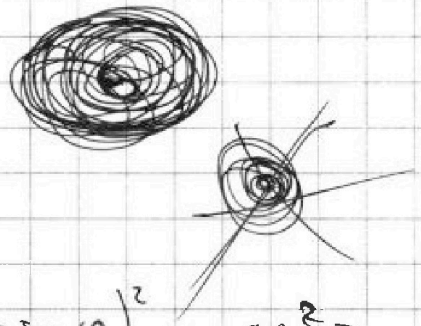
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

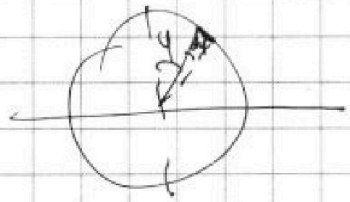




$$\int \frac{m \cdot d\varphi}{\pi} \cdot (R\sin\varphi)^2 \cdot \omega^2 =$$

$$= I\omega^2$$

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



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

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

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

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

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 __

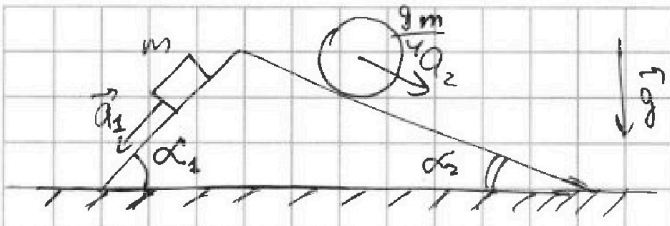
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

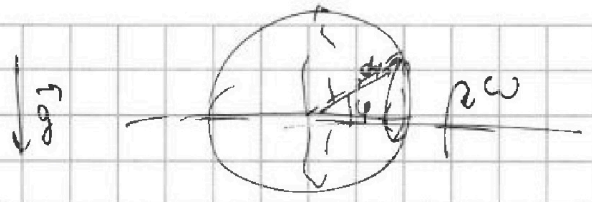
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

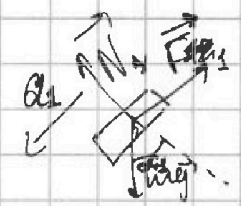
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!







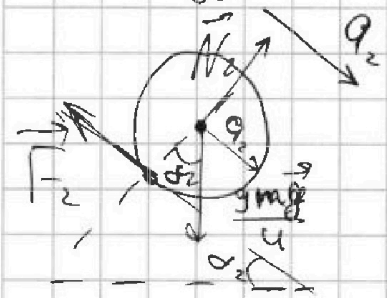
$$ma_1 = mg\sin\alpha_1 - F_{тр1} - \frac{R\omega^2}{2}$$

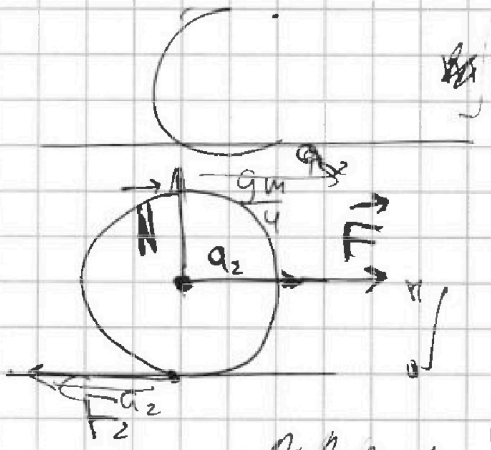
$$F_1 = mg\sin\alpha_1 - ma_1 =$$

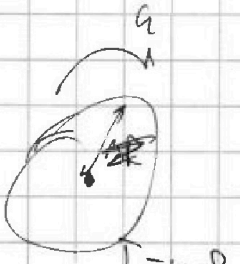
$$= mg\cdot\frac{3}{5} - m\cdot\frac{5g}{17} = mg\cdot\frac{3\cdot17-5\cdot5}{5\cdot17} = \frac{mg(51-25)}{85} =$$

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

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







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

$I = mR$

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

$$\sum M = I\omega \;;\; a = \omega \qquad I = \int_0^{\pi}\frac{mR}{\pi}(-\cos\varphi) =$$

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

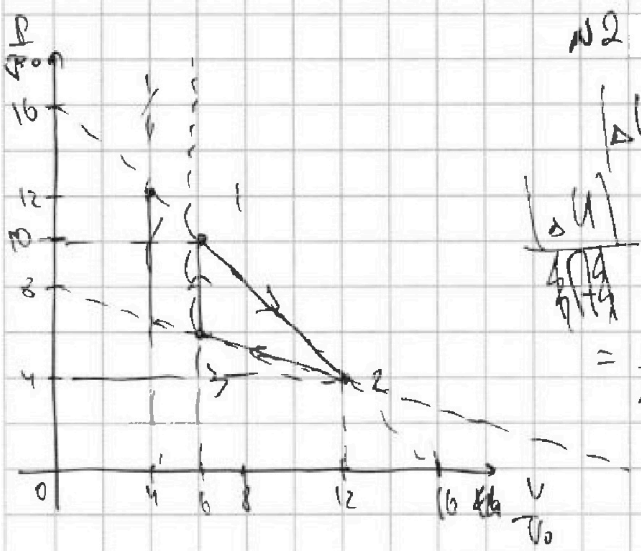
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



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

$\frac{|\Delta U|}{\Delta T_{1-4}} = |\frac{3}{2}(12\cdot 4p_0V_0 - 10\cdot 6p_0V_0)| =$

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

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

$= 6\cdot 4\cdot p_0V_0 = 24p_0V_0$

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

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

$pV = \alpha$

$p = \frac{\alpha}{V}$; $\frac{pV}{p_0V_0} = \alpha$; $p = \frac{\alpha p_0V_0}{V}$

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

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

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

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!

$$6\varphi_0 = \overset{\varphi_1}{\frac{3kQ}{\varepsilon R}} + \overset{\varphi_2}{\frac{kQ}{r}\cdot\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}$$

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

$$6\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2$$

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

$$\varphi_1 + 2\varphi_2 = 10\varphi_0; \quad 6\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$4\varphi_0 = \varphi_2$$

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

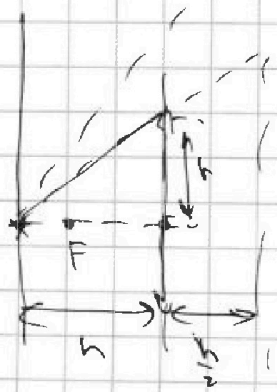
№4

1) $\mathcal{E}_{ind_1} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{S n \Delta B}{\Delta t} = \alpha S n$; $\mathcal{E}_{ind_1} = L_1 \frac{dI_1}{dt}$

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

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{\alpha S n}{L_1}; \quad \frac{dI_2}{dt} = \frac{\alpha S \cdot \frac{3n}{2}}{L_2} = \frac{3\alpha S n \cdot 2}{2 \cdot 3L} = \frac{2\alpha S n}{3L}$$

№5



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

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!

№3

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

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

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

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

$=$

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

$\frac{kQ}{r}$

1)

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

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

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

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

$\frac{kQ}{r}$

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

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!

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

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

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

$$\frac{1}{5}\frac{V}{V_0} = -\frac{1}{3}\frac{V}{V_0} + \gamma$$

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

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

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

$$= \cancel{36 p_0 V_0}$$

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

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

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

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!

$\cancel{\frac{p}{p_0} = k\frac{V}{V_0} + b;\ b = 16\frac{p}{p_0}}$ $\quad \frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 16;$

$\frac{p}{p_0} = k\frac{V}{V_0} + b$ $\quad \frac{pV}{p_0V_0} = \alpha$

$16 = b;\ 16 + k\cdot 16 = 0$ $\quad \left(\frac{p}{p_0}\right)' = \frac{\alpha}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2} = k = -1$

$k = -1$

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

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

$2\frac{V}{V_0} = 16;\ \frac{V}{V_0};\ \boxed{T_{max} = \frac{p_0V_0}{\nu R}}$

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

$\cancel{\frac{pV^{5/3}}{p_0V_0}} = \frac{p}{p_0}\cdot\left(\frac{V}{V_0}\right)^{5/3} = \beta;\ \left(\frac{p}{p_0}\right)' = -\frac{5}{3}\cdot\frac{\beta}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{8/3}} = k = -1$

$\frac{5}{3}\frac{\beta}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{8/3}} = 1;\ \beta = \frac{3}{5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{8/3};$

$\frac{pV^{5/3}}{p_0V_0^{5/3}} = \frac{3}{5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{8/3}$ $\quad \frac{V}{V_0}$

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

2–3: $\frac{p}{p_0} = -\frac{1}{3}\frac{V}{V_0} + 8;\ \beta_2 = \frac{3}{5}\left(\frac{V}{V_0}\right)^{5/3};\ \frac{p}{p_0} = \frac{1}{5}\frac{V}{V_0};\ \frac{6}{5}\frac{V}{V_0} = 8\cdot\frac{V}{V_0} = \frac{20}{3}\frac{V}{V_0}$