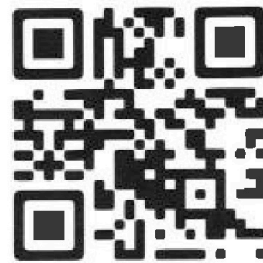


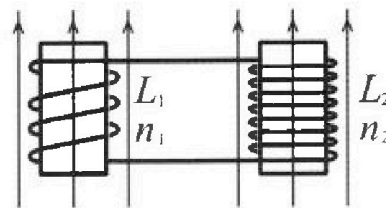
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

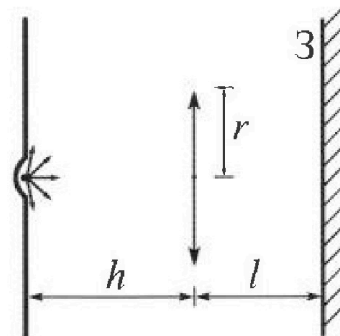


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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) начнет 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 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

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

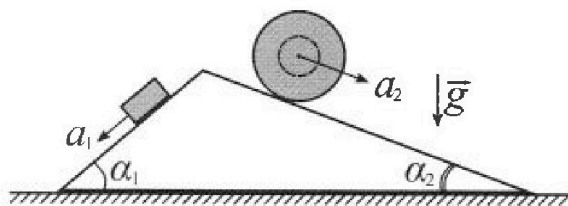
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



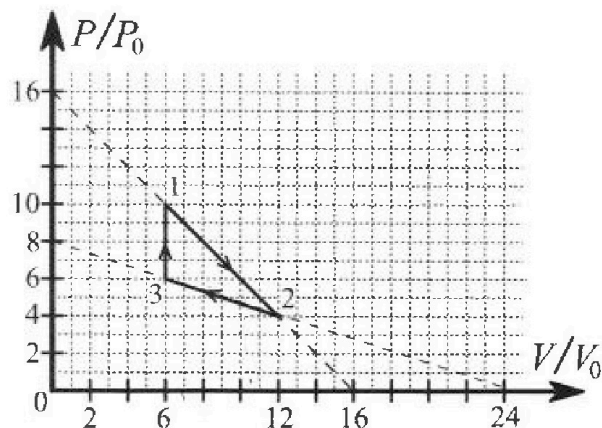
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_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 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.

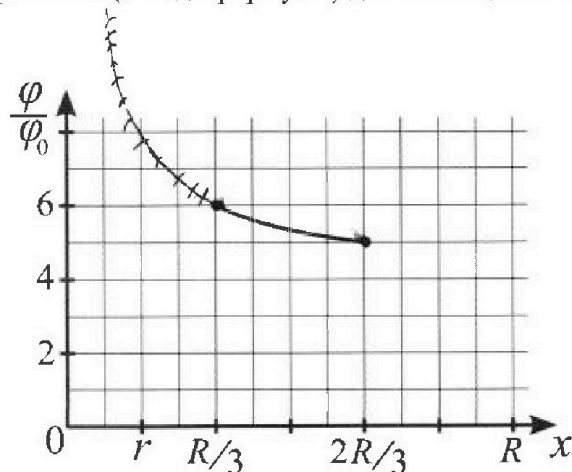
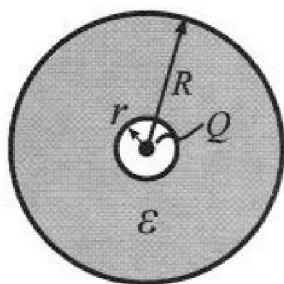


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .



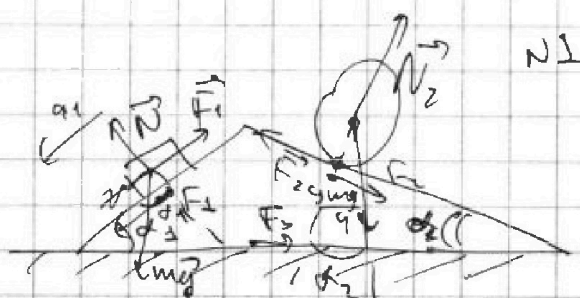


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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. Нормы QR-кода недопустима!

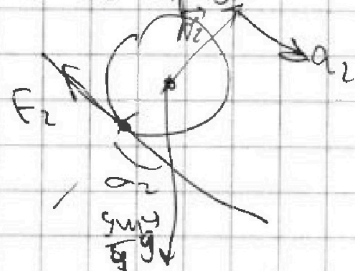


Для сферы $ma_2 = \cancel{mg} \sin \alpha_2 - F_2$

$$F_2 = mg \cdot \frac{3}{5} - m \cdot \frac{5g}{7} = \frac{mg(5(1-25))}{85} =$$

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

Рассмотрим шар



Если центр не вращается, то ось центра не вращается, а поверхность касается с ускорением a_2 около Ош

Ош проходит через ось центра

перпендикулярно плоскости рисунка.

$$I \epsilon = F_2 \cdot r; \text{ где } r - \text{радиус шара, } g - \text{гравитационное ускорение.}$$

g - ускорение свободного падения.



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
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!

$$\ell_1 = a_2$$

$$I = \frac{2}{5} m r^2; \quad \frac{18}{20} m \ell_1 = F_2 \cdot r$$

$$\frac{9}{10} m a_2 = F_2; \quad F_2 = \frac{8}{10} \cdot \frac{8}{24} m g = \frac{4}{15} m g$$

Кинетическая энергия системы: $F_2 \cdot \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1 =$
 $= F_3; \quad F_3 = \frac{26}{85} m g \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{15} \cdot \frac{18}{14} m g =$

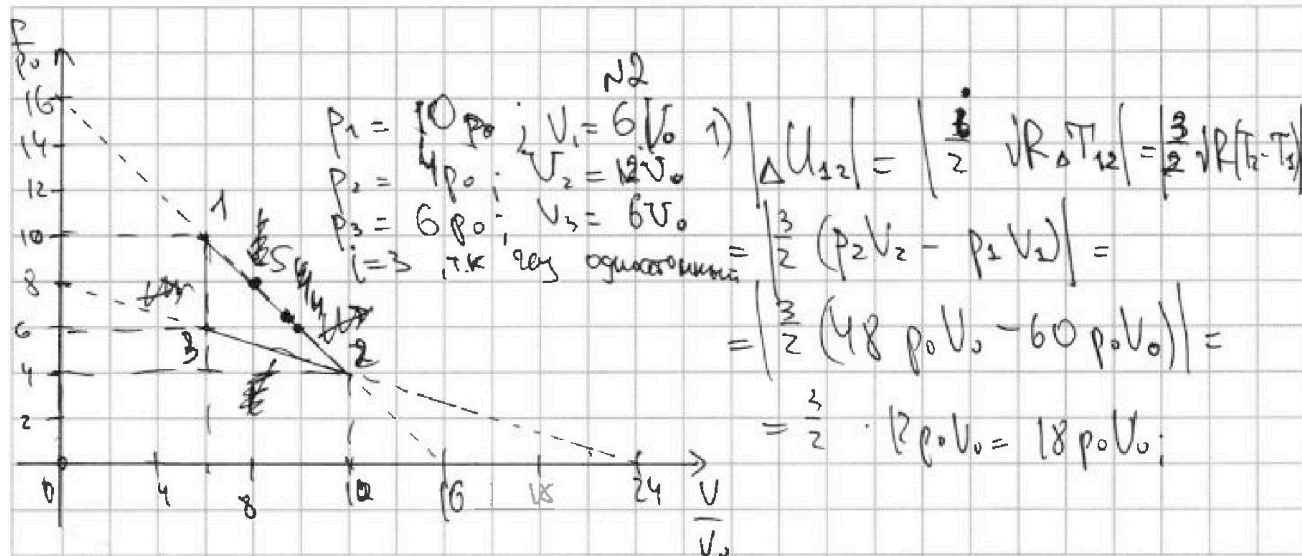
$$= \frac{4}{17} m g - \frac{26}{85.5} m g = \frac{80 - 26}{85.5} m g = \frac{54}{425} m g$$

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!



A_2 — площадь под графиком $p(V)$;

$$A_2 = \frac{(10 p_0 - 4 p_0) \cdot (12 V_0 - 6 V_0)}{2} = \frac{4 p_0 \cdot 6 V_0}{2} = 12 p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_2} = \frac{18 p_0 V_0}{12 p_0 V_0} = \frac{3}{2}$$

2) Максимальная температура газа в процессе 1-2

тогда, когда $\nu R T$ — максимальна, т.е. когда pV — максимальна. Это будет в точке касания

графика 1-2 с изотермой $p = \frac{C}{V}$.

$\frac{pV}{p_0 V_0} = \frac{C}{p_0 V_0}$ — уравнение изотермы. $p = \frac{C}{V}$

$\frac{p}{p_0} = k \frac{V}{V_0} + b$ — уравнение 1-2, $\frac{p}{p_0} = 0; \frac{V}{V_0} = 16; \frac{p}{p_0} = 10; \frac{V}{V_0} = 6$;

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

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!

~~$\left(\frac{P}{P_0}\right)' = \frac{2}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2}$~~ ~~$K = 3$~~ (или изотерма касаются, т.д. $-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = -1$;

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

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

$$T_{\max} = \frac{64P_0 V_0}{\sqrt{P}};$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{\sqrt{P}} = \frac{36P_0 V_0}{\sqrt{P}}; \quad \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{\frac{64P_0 V_0}{\sqrt{P}}}{\frac{36P_0 V_0}{\sqrt{P}}} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9};$$

3) $\eta = \frac{Q_{\text{пол}}}{A_2}$;

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{пол}1} + Q_{\text{пол}2} + Q_{\text{пол}3}$$

В процессе 1-2 температура не постоянна, поэтому по некоторой формуле в ней тепло прикинем, а потом проверим по этой формуле. Пусть это точка 4.

Тогда эта точка будет точкой касания

адиабаты ~ 1-2: $\frac{P}{P_0} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}} = P_3$ — уравнение адиабаты

$$\frac{P}{P_0} = \frac{P_3}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}}; \quad \left(\frac{P}{P_0}\right)' = -\frac{5}{3} \frac{P_3}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}}; \quad \text{т.д.}$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)' = -1 \quad \text{т.е.} \quad -\frac{5}{3} \frac{P_3}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = +1; \quad P_3 = \frac{3V_3^{\frac{8}{3}}}{5V_0^{\frac{8}{3}}} = \frac{P_4}{P_0} \left(\frac{V_4}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}$$

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

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!

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

$$-6 p_0 V_0 = \frac{16 \cdot 4}{2} p_0 V_0 = 32 p_0 V_0$$

На процесс 2-3 проведен такие же

рассуждения:

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

$$\frac{p}{p_0} = -\frac{1}{5} \frac{V}{V_0} + 8 \quad \text{— уравнение}$$

Пусть мы находимся в т.б. 6-го этапа, то есть мы знаем, что процесс 2-3 является изотермическим, то есть $p_2 V_2 = p_3 V_3$.

$$\frac{p}{p_0} = \frac{p_2}{p_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}; \quad \left(\frac{p}{p_0}\right)' = \frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{p_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$+\frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{p_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{3}; \quad \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{5} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{5} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{p_0}{p_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}}; \quad \frac{p_0}{p_0} = \frac{1}{5} \frac{V_0}{V_0} = -\frac{1}{5} \frac{V_0}{V_0} + 8$$

$\frac{8}{5} \frac{V_0}{V_0} = 8; \quad V_0 = 15 V_0$; 7-е не учитываем, т.е. $Q_{23\text{мех}} = 0$

$$Q_{31\text{мех}} = \Delta U_{31} = A_{31} = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3) + 0 = \frac{3}{2} 4 p_0 \cdot 6 V_0 = 36 p_0 V_0$$

$$Q_{\text{мех}} = Q_{12\text{мех}} + Q_{23\text{мех}} + Q_{31\text{мех}} = 36 p_0 V_0 + 32 p_0 V_0 = 68 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{мех}}} = \frac{12 p_0 V_0}{68 p_0 V_0} = \frac{3}{17} = \frac{300}{17} \% \approx 17.6 \% \approx 18 \%$$

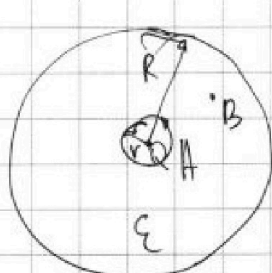


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



~~$\Phi = \frac{kQ}{\epsilon r^2} \cdot 4\pi r^2$~~

$r < l < R$

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

$= -\frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon r}$; $\varphi_B = \frac{kQ}{\epsilon r} + \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R} =$

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

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

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

$6\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{\epsilon-1}{\frac{R}{6}} + \frac{12}{11R} \right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{6(\epsilon-1)}{R} + \frac{12}{11R} \right) =$

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

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

$\frac{6}{5} = \frac{4\epsilon-3}{4\epsilon-1} ; 24\epsilon-18 = 20\epsilon-10 ; 4\epsilon=8 ; \epsilon=2$

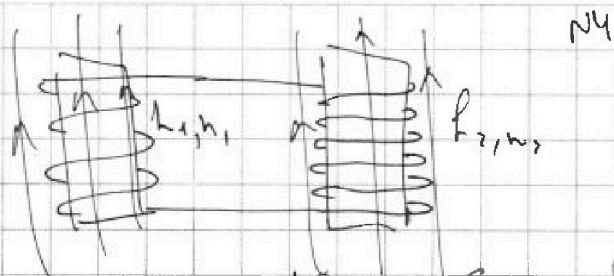


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$1) \mathcal{E}_{\text{инд1}} = - \frac{d\Phi_1}{dt} = - \frac{S n_1 dB}{dt} = S n_1 \alpha = S n \alpha$$

$$\mathcal{E}_{\text{инд1}} = L_1 \frac{dI_1}{dt} = L_2 \frac{dI_2}{dt}; \quad \frac{dI_1}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{\text{инд1}}}{L_1} = \frac{S n \alpha}{L}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{\mathcal{E}_{\text{инд2}}}{L_2} = \frac{4 S n \alpha}{9 L} = \frac{4 S n \alpha}{9 L}$$

$$2) L_1 \frac{dI_1}{dt} = - S n \frac{dB_1}{dt} + \frac{3 S n}{L_2} \frac{dB_2}{dt}$$

$$L_2 \frac{dI_2}{dt} = - S n \frac{dB_2}{dt}$$

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

А B_2 со скоростью $\frac{dB_2}{dt}$

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

$$L_1 dI_1 = - S n_1 dB_1 + 3 S n_2 dB_2$$

$$L_1 I_1 = S n_1 \left(\frac{3 B_0}{4} \right) + \frac{3}{2} S n_2 \left(4 B_0 - \frac{8 B_0}{3} \right) =$$

$$I_1 = \frac{S n_1 B_0}{4} - \frac{3 S n_2 B_0}{2} = - S n$$

$$L_2 I_2 = S n \cdot \frac{B_0}{4} - \frac{3}{2} S n \cdot \frac{4}{3} B_0; \quad I_2 = - \frac{7 S n B_0}{4 L_2}; \quad |I_2| = \frac{7 S n B_0}{4 L_2}$$

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

Правильно
или нет

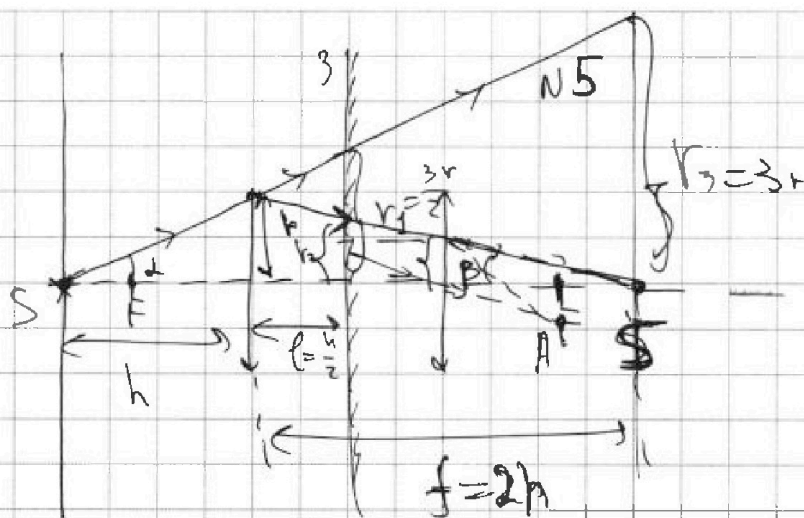


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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, которые проходят через ~~оптику~~ ~~линзу~~ линзы, которые выходят из оптической оси. Если угол α , то $\tan \alpha > \frac{r}{h}$ не преломляются в линзе они освещают всю область зеркала кроме круга радиуса r_2 .

$$\frac{r_2}{h+l} = \frac{r}{h}; \quad r_2 = \frac{r(h+l)}{h} = \frac{3}{2}r;$$

Если $\tan \alpha \leq \frac{r}{h}$, то лучи будут

сфокусированы линзой по формуле тонкой линзы:

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

Если β — угол преломления луча с главной

оптической осью; $\tan \beta = \frac{r}{f} = \frac{r}{2h}$;

Лучи света для которых $\tan \alpha \leq \frac{r}{h}$ освещают зеркало в области освещенной на зеркале площадью 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!

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

Тогда площадь несвещенной поверхности будет

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

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

Чтобы найти нашу область света луча

на стене, рассмотрим такую область света луча в зеркале на изображении стены в

зеркале. Луч прошедший мимо

центра О света все равно падает радиуса

$$r_3 ; \quad \frac{r_3}{h+f} = \frac{r}{h} ; \quad r_3 = \frac{r(h+f)}{h} = 3r$$

Лучи отраженные мизра попадут в

изображение а также в зеркале в области радиуса r_4 .

Этот лучи будет сфокусирован в т. К на

расстоянии x от оптической оси, а лучи света

радиуса r_5 на изображении стены $\frac{r_5}{h} = \frac{r_4}{x}$;

лучи проходящие из углов β и от оп. оси

пересекут радиальную плоскость в т. А на расстоянии l_1 от оп. оси ; $\frac{l_1}{f} = \tan \beta = \frac{r}{h} ; \quad l_1 = \frac{rF}{h} = \frac{r \cdot 2h}{2h}$



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
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!

$$\frac{x}{r_4} = \frac{F}{r_4 + l_1} = \frac{h-x}{r_5} \quad | \quad x = \frac{F r_4}{r_4 + l_1} = \frac{\frac{1}{3} h \cdot \frac{r}{2}}{\frac{r}{2} + \frac{r}{3}} =$$

$$r_5 = \frac{h-x}{F} (r_4 + l_1) = \frac{h}{\frac{r}{2} + \frac{r}{3}} = 0,8 h$$

$$r_5 = \frac{h-x}{F} (r_4 + l_1) = \frac{\left(\frac{h}{2} + \frac{h}{3}\right) \left(\frac{1}{3} h \cdot \frac{r}{2}\right)}{\frac{2 h r}{3}} = \frac{3 r}{4} =$$

$$= \frac{1}{6} r \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{1} = \frac{15}{20} r = \frac{3}{4} r$$

Площадь ^{сечения} криволинейная: $S_2 = \pi r_3^2 - \pi r_5^2 =$
 $= \pi \left((3r)^2 - \left(\frac{3r}{4}\right)^2 \right) = \frac{9 r^2 \pi}{16} = \frac{135 \pi r^2}{16} = 135 \pi \text{ см}^2$

En

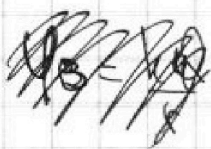
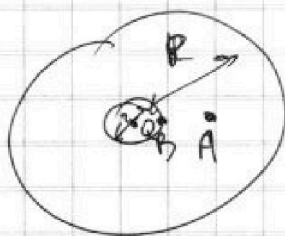


На одной странице можно оформить только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$E dx = d\varphi$$

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

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

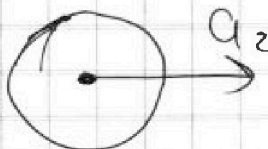
$$-\frac{kQ}{\epsilon R^2} + \frac{kQ}{\epsilon r}$$

kQ

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

$m \cdot$

$$\epsilon r = a r$$



$$I \epsilon r = F_2 \cdot r$$

$$I \epsilon = F_2 \cdot r$$

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



$$\epsilon r = a r = a_2$$

$$m \epsilon r = F_2 \cdot r$$

$$m a_2 = F_2$$

$$\frac{2}{5} \cdot \frac{g_m}{4} \epsilon \cdot r^2 =$$

$$= F_2 \cdot r$$

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

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

$$\epsilon r = a_2$$

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

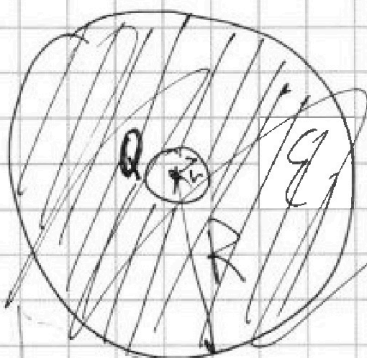
$$F_2 = \frac{1}{5} m g$$

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!

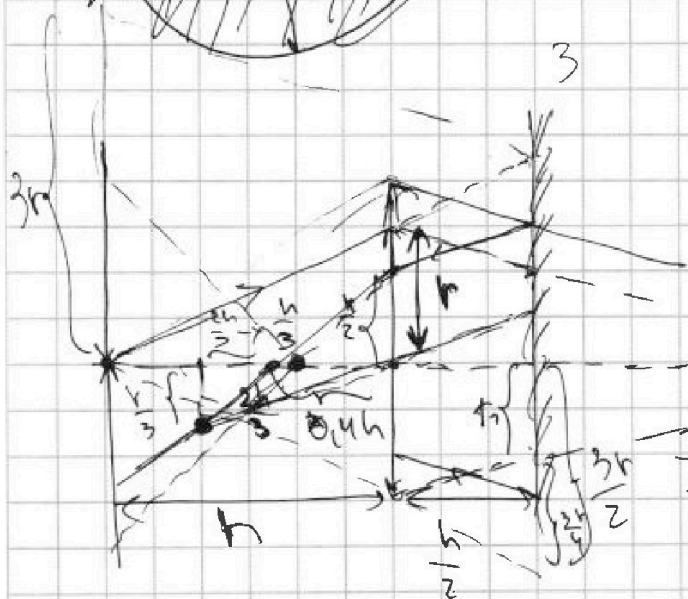


$$q \cdot d\varphi \cdot q = q \cdot E \cdot dx$$

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

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

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$$



$$2h = 5x$$

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

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

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

$$\frac{5}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{x}{\frac{h}{2}}$$

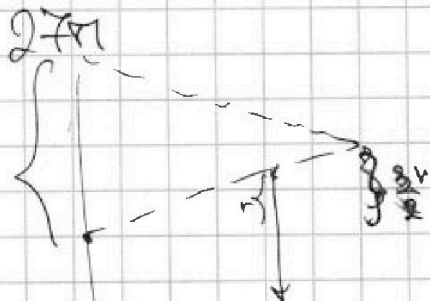
$$\frac{r^2}{2h} = \frac{r_1^2}{2h}$$

$$\frac{2h}{3} = \frac{h}{2}$$

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

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

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



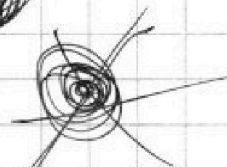
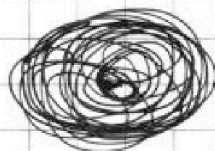
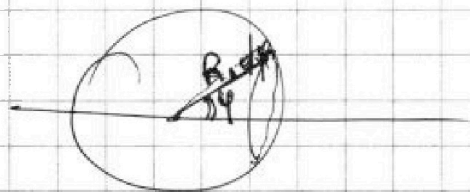


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

$$= I \omega^2$$

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



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

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

$$\frac{m R^2}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \varphi \cdot d\varphi = \int_0^{\pi} (1 - \cos^2 \varphi) d\varphi =$$



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

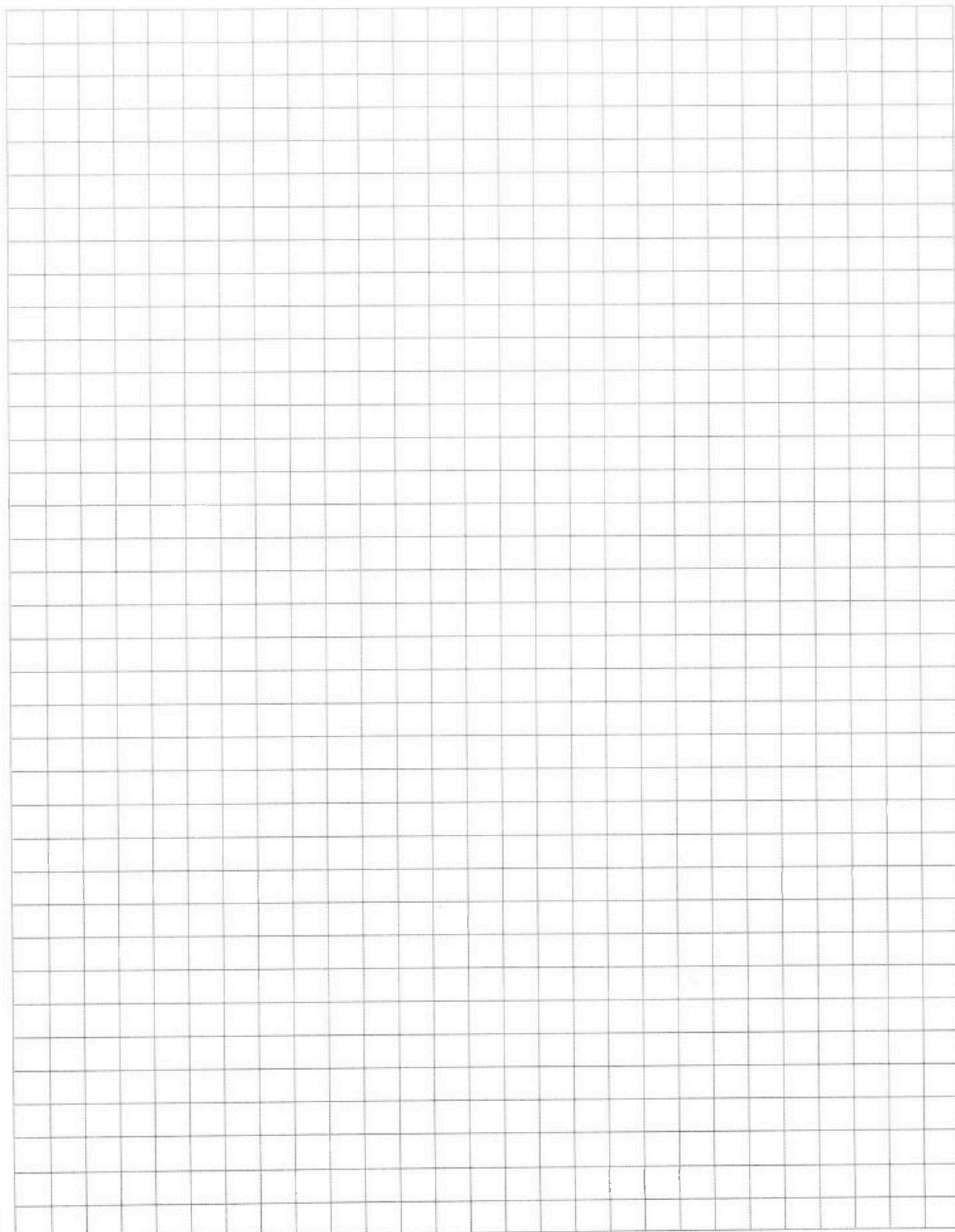


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

The handwritten solution consists of several parts:

- Top Left:** A diagram of a block of mass m on an inclined plane with angle α_1 . The block's acceleration is a_1 . A free-body diagram below shows forces N , F_{sp1} , and mg .
- Top Right:** A diagram of a sphere of mass $\frac{9m}{4}$ and radius R on a horizontal surface. The sphere's acceleration is a_2 and its angular velocity is ω . A free-body diagram shows forces N , F_{sp2} , and mg .
- Middle Left:** A free-body diagram for the sphere showing forces N_2 , F_2 , and mg .
- Middle Right:** A free-body diagram for the sphere showing forces N , F_2 , and mg .
- Bottom Left:** A free-body diagram for the sphere showing forces N_2 , F_2 , and mg .
- Equations:**
 - $ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{sp1} \frac{I \omega^2}{2}$
 - $F_s = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \left(\frac{3.17 - 5.5}{5.17} \right) = \frac{mg(51 - 25)}{85} = \frac{26 mg}{85}$
 - $F = \frac{9mg}{4} \cdot \sin \alpha_2$
 - $\frac{9m}{4} \cdot \frac{8g}{25} = \frac{2}{5} mg = ma$
 - $\sum M = I \omega$; $a = \omega$; $I = \int \frac{m R}{\pi} (-\cos \varphi) = \int \sin^2 \varphi \cdot d\varphi = \frac{2mR}{\pi}$

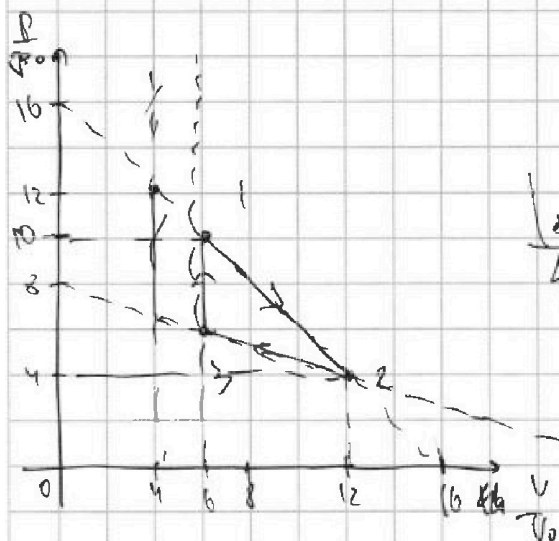


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



102

$$|\Delta U| = \left| \frac{3}{2} \nu R \Delta T \right| = \left| \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \right| =$$

$$\frac{|\Delta U|}{A} = \left| \frac{3}{2} (12 \cdot 4 p_0 V_0 - 10 \cdot 6 p_0 V_0) \right| =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 6 p_0 V_0 = 18 p_0 V_0$$

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

$$= 6 \cdot 4 \cdot p_0 V_0 = 24 p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U|}{A} = \frac{18 p_0 V_0}{24 p_0 V_0} = \frac{3}{4}$$

$$\eta_3 = \frac{p_3 V_3}{\nu R} = \frac{36 p_0 V_0}{\nu R}; T_{\text{max}} - \text{будет в}$$

точке второй ~~и~~ T_{max} , т.е. $p V_{\text{max}}$
т.е. в точке максимума потерь

$$pV = \text{const} \propto$$

$$p = \frac{\alpha}{V}; p \propto \frac{1}{V}$$

$$\frac{pV}{p_0 V_0} = \alpha; p = \frac{\alpha p_0 V_0}{V}$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{\alpha}{V^2}$$

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

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

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

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

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



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!

$$\phi_0 = \frac{3kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{r} \frac{\epsilon-1}{\epsilon}$$

$$5\phi_0 = \frac{3kQ}{2\epsilon R} + \frac{kQ}{r} \frac{\epsilon-1}{\epsilon}$$

$$6\phi_0 = \phi_1 + \phi_2$$

$$5\phi_0 = \frac{\phi_1}{2} + \phi_2$$

$$\phi_1 + 2\phi_2 = 10\phi_0; \quad 6\phi_0 = \phi_1 + \phi_2$$

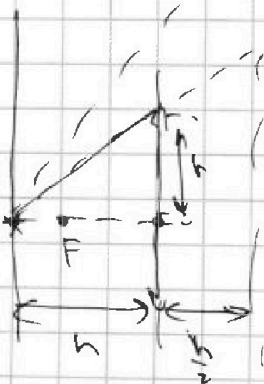
$$4\phi_0 = \phi_2$$

$$\phi_0 = \frac{kQ}{4r}$$

$$1) \quad \epsilon_{ind1} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{S \sin \theta}{\sigma t} = \alpha S \sin \theta; \quad \epsilon_{ind2} = L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$L_2 \frac{dI_2}{dt} = \epsilon_{ind2}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \frac{\alpha S \sin \theta}{L_2}; \quad \frac{dI_2}{dt} = \frac{\alpha S \cdot \frac{3\pi}{2}}{L_2} = \frac{3\alpha S \sin \theta}{\frac{8 \cdot 8 L}{2 \cdot 3}} = \frac{2\alpha S \sin \theta}{3L}$$



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



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!

$$\phi_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\phi_0 = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$\phi_1 = \phi_0 = \frac{kQ}{\epsilon_0 \left(\frac{R}{5} - r\right)} + \frac{kQ}{\epsilon_0 r}$$

$$\phi_2 = 5\phi_0 = \frac{kQ}{\epsilon_0 \left(\frac{2R}{5} - r\right)} + \frac{kQ}{\epsilon_0 r}$$

$$\frac{\phi_0}{5} =$$

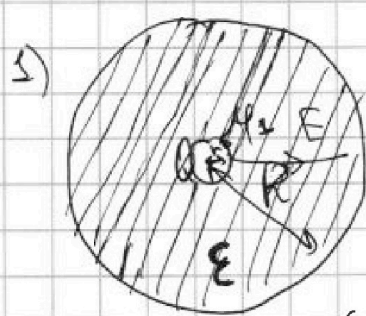
$$\left(\frac{1}{x}\right)' = -\frac{1}{x^2}$$

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

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

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

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



$$\frac{kQ}{r}$$

$$E(x) = \frac{kQ}{\epsilon_0 x^2} = \frac{kQ}{\epsilon_0 x^2}, \text{ если } x \geq R$$

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

$$\int \frac{kQ}{\epsilon_0 x^2} dx = \phi_2 - \phi_1 =$$

$$(\phi_2 - \phi_1) q = q \cdot \int \frac{kQ}{\epsilon_0 x^2} dx$$

$$\phi_2 = \frac{kQ}{\epsilon_0 r} + \frac{kQ}{\epsilon_0 \left(\frac{R}{5} - r\right)}$$

$$\phi_2 + \phi_1 = \frac{kQ}{\epsilon_0 r} + \frac{kQ}{\epsilon_0 \left(\frac{R}{5} - r\right)}$$



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!

$$\frac{p V_3^{\gamma}}{p_0 V_0^{\gamma}} = p_2 \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right)' = -\frac{5}{3} \cdot \frac{p_2}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = -\frac{1}{3}$$

$$p_2 = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{5} = \frac{p V_0^{\frac{5}{2}}}{p_0 V_0}$$

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

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

$$\frac{1}{5} \frac{V}{V_0} = -\frac{1}{3} \frac{V}{V_0} + 8$$

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

$$Q = \cancel{A_{31}} Q_{31} + Q_{12} + Q_{23} =$$

$$= \Delta U_{31} + A_{12} \Delta U_{12} + 0 = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) =$$

$$= 36 p_0 V_0$$

$$A_{12} = \frac{(10+6)p_0}{2} \cdot (10-6)V_0 = \frac{1064 p_0 V_0}{2} = 24 p_0 V_0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) = 0$$

$$Q = 36 p_0 V_0; A = 24 p_0 V_0; \eta = \frac{24}{36} = \frac{2}{3}$$



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
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!

~~$$\frac{P}{P_0} = k \frac{V}{V_0} + b$$~~

$$\frac{P}{P_0} = -\frac{V}{V_0} + 16;$$

~~$$\frac{P}{P_0} = k \frac{V}{V_0} + b$$~~

$$\frac{P V_{\text{max}}}{P_0 V_0} \rightarrow \infty$$

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

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)' = \frac{1}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2} = k = -1$$

$$k = -1$$

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

$$\frac{P V}{P_0 V_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^2; \frac{P}{P_0} = \frac{V}{V_0};$$

$$2 \frac{V}{V_0} = 16; \frac{V}{V_0}; \sqrt{T_{\text{max}}} = \frac{P_0 V_0}{P R}$$

$$\frac{T_{\text{max}}}{T_0} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9};$$

~~$$\frac{P V}{P_0 V_0} = \frac{P}{P_0} \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{5}{3}} = P; \left(\frac{P}{P_0}\right)' = -\frac{5}{3} \frac{P}{\left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = k = -1$$~~

$$\frac{5 P}{3 \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}} = 1; P = \frac{3}{5} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}; \frac{P V^{\frac{2}{3}}}{P_0 V_0^{\frac{2}{3}}} = \frac{3}{5} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}} \frac{V}{V_0}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{3 V}{5 V_0}; \frac{3 V}{5 V_0} = -\frac{V}{V_0} + 16; \frac{8 V}{V_0} = \frac{80 V}{10 V_0}$$

$$2-3: \frac{P}{P_0} = -\frac{1 V}{3 V_0} + 8; P_2 = \frac{3}{5} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{8}{3}}; \frac{P}{P_0} = \frac{2 V}{5 V_0}; \frac{6 V}{5 V_0} = 8; \frac{V}{V_0} = \frac{20 V}{5 V_0}$$