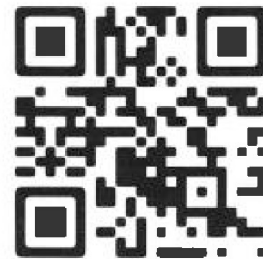




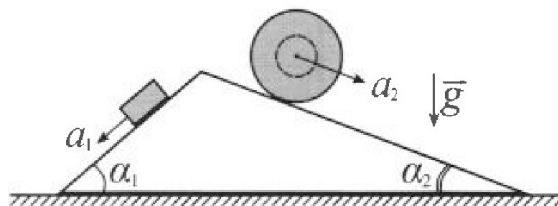
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



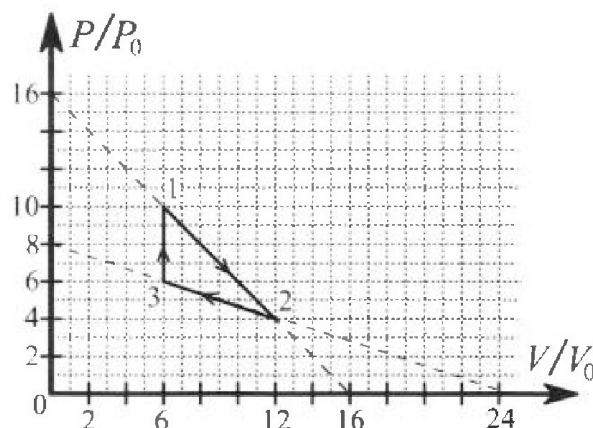
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

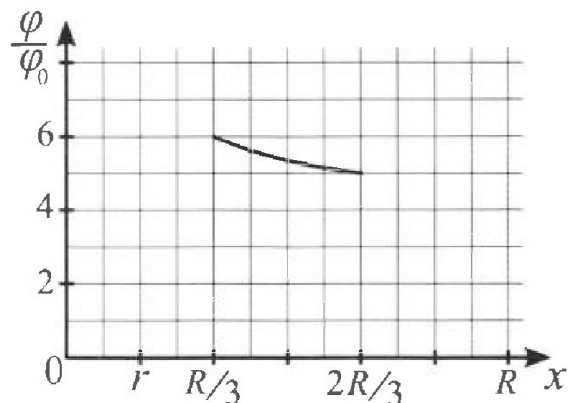
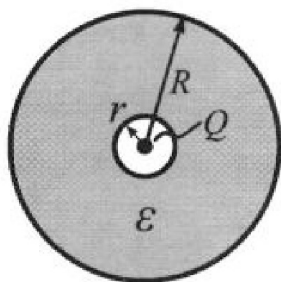


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .



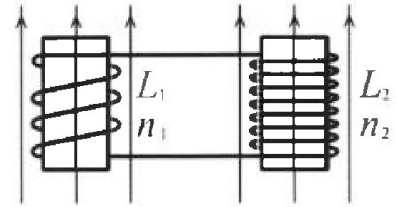
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

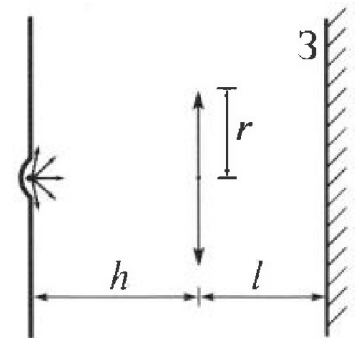


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

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



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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

Дано: Реш-ие: №1

$a_1 = 5g$
 $a_2 = \frac{8g}{24}$
 $\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$
 $\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$

1) Направим
 Ox_1 вдоль на-тиги
 Oy_1 пер-но на-тиги

По 2-й Н:

$Ox_1: ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$

$F_1, F_2, F_3?$ $\Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{5}{11} \right) = \frac{26}{85} mg$

2) Аналогично направим Ox_2 и Oy_2 :
по 2-й Н: $Ox_2: \frac{9m}{4} a_2 = \frac{9mg}{4} \sin \alpha_2 - F_2$

$\Rightarrow F_2 = \frac{9m}{4} (g \sin \alpha_2 - a_2) = \frac{9m}{4} g \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{24} \right) =$

$= \frac{20}{51} mg$

3) По 3-й Н на на-тиги $\sqrt{g}$ -уют сил:

$-N_2x, -N_1x, -F_1x, -F_2x$

Клим по-тиги $\Rightarrow -N_2x - N_1x - F_1x - F_2x + F_3x = 0$

$\Rightarrow F_3x = N_2x + N_1x + F_1x + F_2x$

$Oy_1: N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg \Rightarrow N_1x = \frac{4}{5} mg \sin \alpha_1 = \frac{12}{25} mg$

$Oy_2: N_2 = \frac{9mg}{4} \cos \alpha_2 = \frac{15.9}{17.4} mg \Rightarrow N_2x = -\frac{15.9}{17.4} mg \sin \alpha_2 = -\frac{15.9}{17.4} \cdot \frac{9}{4} \cdot \frac{8}{17} mg$



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
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!

$$F_{1x} = -F_1 \cos \alpha_1 = -\frac{26}{85} \text{ мН} \cdot \frac{4}{5}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = \frac{20}{51} \text{ мН} \cdot \frac{15}{17}$$

$$F_{3x} = -\frac{15}{17} \cdot \frac{9}{4} \cdot \frac{8}{17} \text{ мН} + \frac{12}{25} \text{ мН} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} \text{ мН} + \frac{15}{17} \cdot \frac{20}{51} \text{ мН}$$

$$= -\frac{6}{17} \text{ мН} \Rightarrow F_3 = \frac{6}{17} \text{ мН}$$

$$\text{Ответ: } F_1 = \frac{26}{85} \text{ мН}; F_2 = \frac{20}{51} \text{ мН}; F_3 = \frac{6}{17} \text{ мН}$$



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!

№2

Дано:
см. ур-к

Реш-ие:

ΔU_{12} - ?

A_{1231}

$\frac{T_m}{T_3}$ - ?

η - ?

1) По ур-ю клан. - Менг.: $\sqrt{2} T_2 = 48 p_0 V_0$ (по ур-ю) $\Rightarrow$

$$\sqrt{2} T_1 = 60 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2} (T_2 - T_1) = -18 p_0 V_0$$

$$A_{1231} = S \text{ ур-ка.} = S_{\Delta \text{-ка}}$$

Δ -к с высотой $6 V_0$ и осн-нем $4 p_0$

$$\Rightarrow A_{1231} = \frac{1}{2} \cdot 6 V_0 \cdot 4 p_0 = 12 p_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{1231}} = \frac{-18}{12} = -1.5 = -\frac{3}{2}$$

2) По ур-ю при 1-2 задаются ур-ия:

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

$$pV = \sqrt{2} RT \Rightarrow -\frac{p_0}{V_0} V^2 + 16 p_0 V = \sqrt{2} RT$$

квадрат. завис-ть $\Rightarrow T_m$ в макс $V = \frac{-16 p_0 V_0}{-2 p_0} = 8 V_0$

$$-p_0 \cdot 64 V_0 + 128 p_0 V_0 = 64 p_0 V_0 = \sqrt{2} R T_m = 8 V_0$$

$$\sqrt{2} R T_3 = 36 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{T_m}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$

3) $Q_{31} = \Delta U_{31}$, т.к. 31-изохора $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{31} = \frac{36}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) = 4 p_0 V_0$$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 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!

№ 2

Найдем, где в пр-се 1-2 газу подводим тепло

$$dQ = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

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

$$-\frac{p_0}{V_0} V^2 + 16 p_0 V = \nu R T \Rightarrow \left(-\frac{2 p_0}{V_0} V + 16 p_0 \right) dV = \nu R dT$$

$$\Rightarrow dQ = \left(\frac{3}{2} \left(-\frac{2 p_0}{V_0} V + 16 p_0 \right) + 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) dV =$$

$$= \left(40 p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V \right) dV > 0 \Rightarrow 40 p_0 > \frac{4 p_0}{V_0} V \Rightarrow$$

$\Rightarrow V < 40 V_0 \Rightarrow$ Тепло подводим на участке

$6 V_0 - 10 V_0$, По зр-ку при $V = 6 V_0$, $p = 6 p_0$

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

$$W = S_{\text{мрап}} = \frac{16 p_0 + 6 p_0}{2} \cdot 4 V_0 = 32 p_0 V_0$$

$$Q_+ = W + Q_{31} = 32 p_0 V_0 + \frac{48 p_0 V_0}{36} = 80 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{W_{1231}}{Q_+} = \frac{12 p_0 V_0}{80 p_0 V_0} = \frac{3}{14} \cdot 100\%$$

Ответ: $\frac{W_{1231}}{Q_{1231}} = \frac{3}{14}$; $\frac{T_4}{T_3} = \frac{16}{9}$; $\eta = \frac{300}{14} \%$



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!

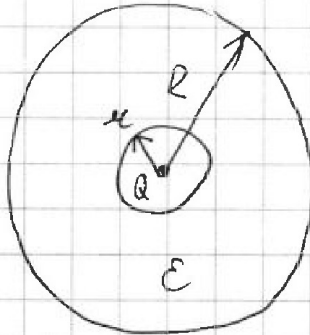
Дано: | Реш-ие:

U, R

$\frac{U}{R_0}(x)$

$\frac{U(11R)}{72}?$

$\varepsilon - 7$



№3

1) При $r < x < R$

$$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon r} \Rightarrow \frac{12kQ}{11\varepsilon R} = \varphi\left(\frac{11R}{72}\right)$$

Ответ: $\varphi = \frac{12kQ}{11\varepsilon R}$



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!

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = \frac{9L}{4}$$

$$N_1 = n$$

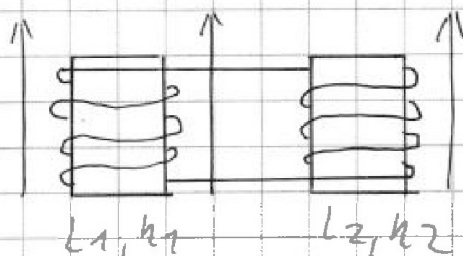
$$N_2 = \frac{3n}{2}$$

$$\frac{dB}{dt} = -2(n > 0)$$

$$\frac{dI}{dt} = ?$$

$$I = ?$$

Реш-ие:



$$\begin{aligned} 1) \frac{d\Phi}{dt} &= \frac{dB}{dt} N_1 S = \\ &= -2 n S = \\ &= -\frac{(L_1 + L_2)}{L} \frac{dI}{dt} = \\ &= -\frac{13}{4} L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = + \frac{4}{13} \frac{2 n S}{L}$$

$$2) \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB_1}{dt} N_1 S$$

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{dB_2}{dt} N_2 S$$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{dB_1 N_1 S}{dt} + \frac{dB_2 N_2 S}{dt} &= \frac{dI}{dt} \\ - (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} &= \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \int_{B_0}^{3B_0/4} dB_1 n S + \int_{4B_0}^{8B_0/3} dB_2 \cdot \frac{3n}{2} S = (L_1 + L_2) \int_0^I dI \quad \Leftarrow \text{по укл.}$$

$$\Rightarrow \frac{B_0}{4} n S + \frac{4}{3} B_0 \cdot \frac{3}{2} n S = (L_1 + L_2) I = \frac{13}{4} L I \quad \Leftarrow$$

$$\Rightarrow \frac{9}{4} B_0 n S = \frac{13}{4} L I \Rightarrow I = \frac{9}{13} \frac{B_0 n S}{L}$$

$$\text{Ответ: } I = \frac{9}{13} \frac{B_0 n S}{L}; \quad \frac{dI}{dt} = \frac{4}{13} \frac{2 n S}{L}$$



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
☐

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!

Дано:

$$F = 2h$$

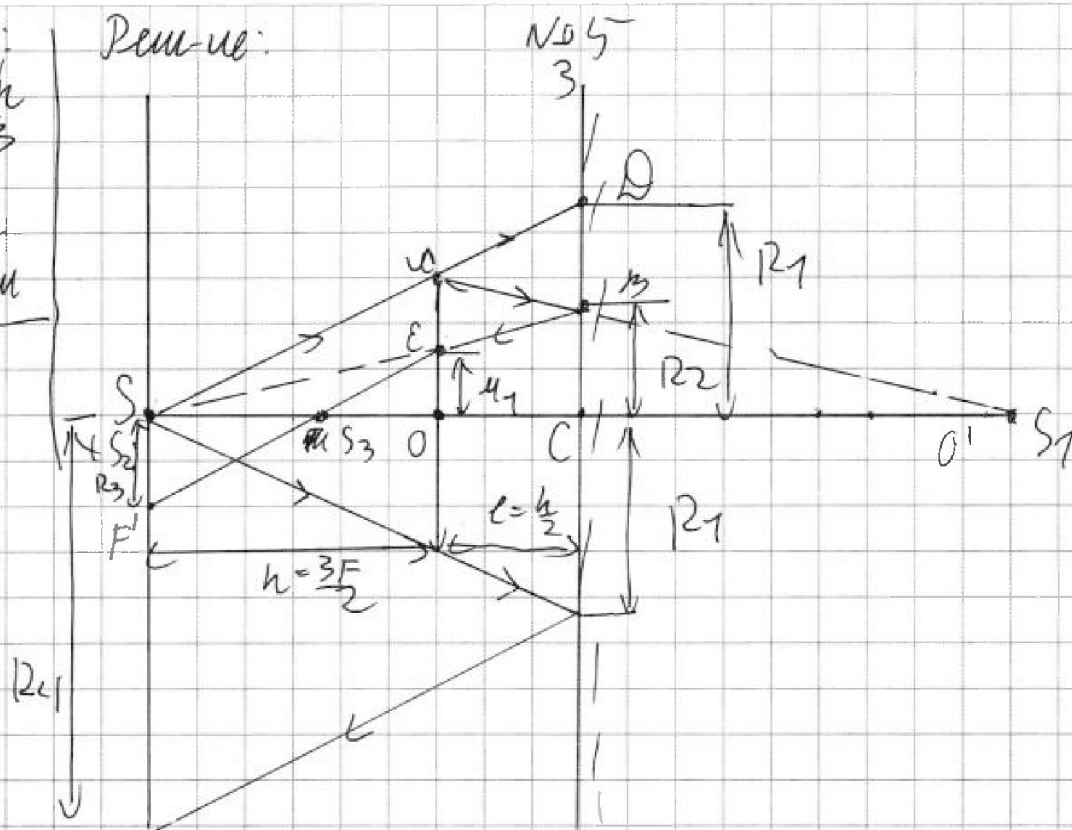
$$l = \frac{h}{2}$$

$$u = 4 \text{ см}$$

$$S_1 - ?$$

$$S_2 - ?$$

Решение:



1) Рассмотрим луч, проходящий через край линзы. Пусть он п-м п-м 3 на расстоянии R_2 от O' . Очевидно, что все лучи, проходящие через линзу п-м п-м 3 ближе, чем первый луч $\Rightarrow$ круг радиуса R_2 в силу симметрии освещен.

$$\text{Пусть } S_1 - \text{из-за линзы } S \text{ в центре} \Rightarrow \frac{1}{S_1} + \frac{1}{h} = \frac{1}{F}$$
$$\text{где } b_1 = OS_1 \Rightarrow b_1 = \frac{hF}{h-F} = 3F$$



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 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!

№5

$$\triangle S_1CB \sim \triangle S_1OA \text{ (см. рис.) по 2-м угл.} \Rightarrow \frac{BC}{AO} = \frac{CS_1}{OS_1}, \text{ где } \left. \begin{array}{l} BC = R_2, AO = 4, CS_1 = 4 - l = 3F - \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4}, OS_1 = 3F \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow BC = 4 \cdot \frac{9F}{4 \cdot 3F} = \frac{3}{4} 4 = R_2$$

Все лучи идущие выше линзы освещают зеркало

Рассмотрим луч, идущий чуть выше u и l -м

$$\triangle SOA \sim \triangle SCA \Rightarrow \frac{OA}{SO} = \frac{CA}{SC}, \text{ где } \left. \begin{array}{l} OA = 4, CA = R_1 \\ SO = \frac{3F}{2}, SC = \frac{3F}{2} + \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{от } OO'$$

$$\Rightarrow CA = R_1 = 4 \cdot \frac{9 \cdot 2}{4 \cdot 3} = \frac{3}{2} 4$$

Пл.о. площадь осв. части зеркала $S_1 = \pi(R_1^2 - R_2^2)$

$$= \pi 4^2 \left(\frac{9}{16} - \frac{9}{21} \right) = \frac{27}{16} \pi 4^2 = 27 \pi \text{ см}^2$$

2) После отражения и продолжение луча l -м

OO' так, чтобы $S_2C = S_1C$, где S_2 - из-за S_1

$$\text{в зеркале. } \left. \begin{array}{l} S_1C = \frac{9F}{4} \\ S_2C = \frac{9F}{4} \end{array} \right\} \Rightarrow S_1 \text{ и } S_2 \text{ совм.}$$

Пусть S_2 - мнимый ист-к, S_3 - действ. из-за h

$$-\frac{1}{OS_2} + \frac{1}{OS_3} = \frac{1}{F} \Rightarrow OS_3 = \frac{F \cdot OS_2}{F + OS_2}, \text{ где } OS_2 = \frac{9F}{4}$$

$$\Rightarrow OS_3 = \frac{\frac{3}{2} F^2}{\frac{3}{2} F + 1} = \frac{3}{5} F$$



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



СТРАНИЦА
3 из 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!

$$\triangle OS_3E \sim \triangle S_3F \Rightarrow \frac{OE}{OS_3} = \frac{SF}{SS_3}, \text{ где } \frac{OS_3}{OE} = \frac{3}{5} F$$

$$\triangle ABE = \triangle ABE:$$

Пусть BH_1 — высота $\triangle ABE$

$$\angle ABH_1 = \angle EBH_1 \text{ (по з-му отраж-ия)}$$

$$SS_3 = \frac{3}{2} F - \frac{3}{5} F = \frac{9}{10} F$$

$$S_1 = R_3$$

$$\left. \begin{aligned} &\Rightarrow AE = 2AH_1 \\ &AH_1 = 4 - R_3 \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow OE = 4 - 2(4 - R_3) = 2R_3 - 4 = \frac{4}{2}$$

$$R_3 = \frac{4}{2} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{5}{3} = \frac{3}{4} u \Rightarrow \text{Круг радиуса } R_3 \text{ на}$$

стене освещен. Лучи, не уходящие через линзу, также отражаются и п-м на-то имеют.

$$\text{В т.к. на расст-ии} \geq R_4 = 2R_1$$

П.б. площадь неосв. части стены (аналог $\triangle ABE$)

$$S_2 = \pi(R_4^2 - R_3^2) = \pi(4R_1^2 - \frac{9}{16}u^2) =$$

$$= \pi(9u^2 - \frac{9}{16}u^2) = \pi \cdot \frac{135}{16}u^2 = 135\pi \text{ см}^2$$

$$\text{Ответ: } S_1 = 27\pi \text{ см}^2, S_2 = 135\pi \text{ см}^2$$

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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
из

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

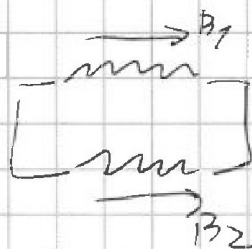


$$\mathcal{E}_1 = \frac{dB_1}{dt} N_1 S = L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{dB_2}{dt} N_2 S = L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$\frac{30\mu_0}{4} \frac{dB_1}{dt} N_1 S = L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$\frac{8\mu_0}{4} \frac{dB_2}{dt} N_2 S = L_2 \frac{dI_2}{dt}$$



$$- \frac{B_0}{L_1} N_1 S = L_1 I$$

$$- \frac{4}{3} B_0 N_2 S = -L_2 I$$

$$- \frac{B_0}{L_1} N_1 S = L I$$

$$- 2 B_0 N_1 S = \frac{9}{4} L I$$

$$4 - R_1 \cdot 4 - 2(4 - R_1) = 2R_1 - 4$$

$$\frac{u}{h} = \frac{R_1}{h+c}$$

$$R_2 = \frac{u}{h} \cdot \frac{h+c}{h} =$$

$$= 4 \frac{h+k}{h} = \frac{3}{2} u$$

$$\beta = \frac{\frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F - F} = 3$$

$$\frac{4 R_1}{9 F} = \frac{u}{3 F} \quad R_2 = \frac{3}{4} u$$

$$R_1 = \frac{3}{2} u$$

$$S_1 = \pi (R_2^2 - R_1^2) = \pi u^2 \left(\frac{9}{16} - \frac{9}{4} \right) = \pi u^2 \frac{9}{16}$$

$$= 9 \pi u^2$$

$$- \frac{1}{c} + \frac{1}{\beta_2} = \frac{1}{F}$$

$$\beta_2 = \frac{c F}{c+F} = \frac{\frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F + F} = \frac{3}{5}$$

$$S_2 = \pi \left(4 R_1^2 \cdot \frac{9}{16} u^2 - \frac{9}{16} u^2 \right) = \pi (9 - 16 - 9) = 135 \pi$$

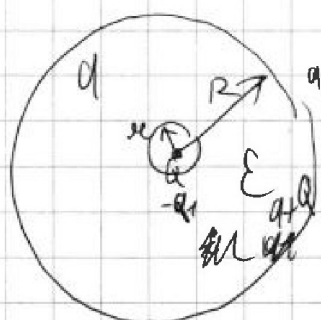


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\varphi_0 = \frac{kq}{a}$$

при $x < R$

$$\varphi = \frac{kq}{x} + k$$

$$\varphi = \frac{kq}{\varepsilon x}$$

$$\frac{12}{11} \frac{kq}{R} \quad \frac{9}{a} \frac{a}{R} = 4$$

$$\frac{kq}{\varepsilon x} = \frac{kq_1}{R} - \frac{kq_1}{x} + \frac{kq}{x} = \frac{kq}{x} \quad \varepsilon = \frac{3}{2} \frac{a}{R}$$

$$\varphi = \frac{kq}{\varepsilon x}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a}{\varepsilon x}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{a}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a}{\varepsilon x}$$

$$\frac{k(q+a)}{x} =$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{a}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a}{\varepsilon x}$$



$$\frac{kq}{\varepsilon x} = \frac{kq_1}{R} - \frac{kq_1}{x} + \frac{kq}{x}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a}{\varepsilon x}$$

$$4 = \frac{2q_1 a}{q_1 R} = \frac{2q_1 k}{q_0 R}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{a}{\varepsilon x} + b$$

$$\frac{kq}{x} + \frac{kq}{a} = \varphi(x)$$

$$6 - 23$$

$$\frac{kq}{\varepsilon x} + \frac{q}{a} \frac{a}{R} = \frac{\varphi}{\varphi_0}$$

$$b = \frac{3a}{R} + b$$

$$1 = \frac{3a}{R} - \frac{3}{2} \frac{a}{R} = \frac{3}{2} \frac{a}{R}$$

$$kq = \varphi_0$$

$$5 = \frac{3a}{2R} + b$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2R}{3x} + 4 \quad b = \frac{2R}{3} \quad \frac{kq}{\varepsilon x} + \frac{kq}{R} = \varphi(x)$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2R}{3x} + 4 = \frac{a}{\varepsilon x} \frac{kq}{a}$$

$$b = 6 - 3 \cdot \frac{2R}{3} = 4$$

$$\frac{a}{\varepsilon x} + \frac{2R}{3x} + 4$$

$$\frac{R}{6} + \frac{R}{3} \quad \frac{R}{2}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{4}{3} + 4$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2R}{3x} + 4$$

$$\varphi(x) = k(q+a)$$

$$\frac{kq_1}{R} - \frac{kq_1}{x} + \frac{kq}{x} = \varphi \frac{\varphi}{\varphi_0}$$

$$\varphi = \frac{kq \cdot 2R}{3ax} + \frac{4kq}{a}$$

$$kq_1 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right) + \frac{kq}{x} = \varphi$$

$$\frac{1}{R} - \frac{3}{2R}$$

$$10 = -\frac{4a}{R} \frac{q_1}{a} + \frac{3a}{R}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{q_1}{q} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right) + \frac{a}{x}$$

$$b = -\frac{q_1}{a} \frac{a^2}{R^2}$$

$$b = -\frac{q_1}{q} \frac{a}{R} \frac{2}{R} + \frac{3a}{R}$$

$$5 = -\frac{q_1}{q} \frac{a}{2R} + \frac{3a}{2R}$$

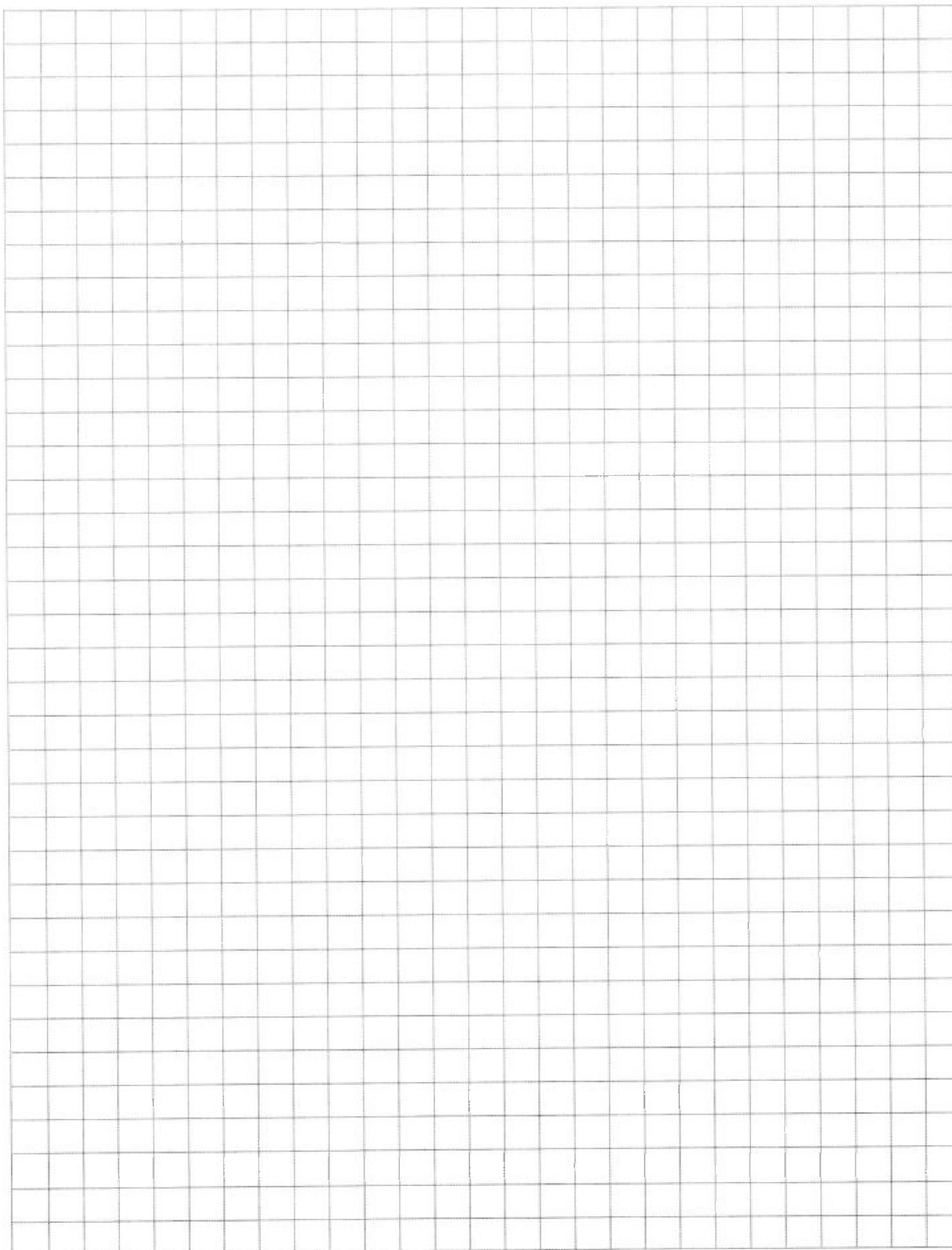


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



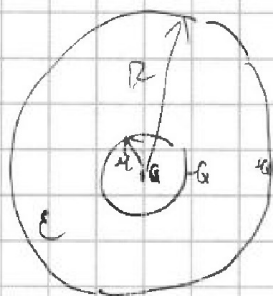


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$-kq + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{x}$$

$$x = \frac{11R}{12}$$

$$U(x) = \frac{kq}{\epsilon R} \cdot \frac{11R}{12}$$

$$\frac{U}{U_0} = \frac{U}{\epsilon R}$$

$$\frac{U}{U_0} = \frac{3U}{\epsilon R} \Rightarrow \frac{U}{U_0} = \frac{U}{\epsilon R}$$

$$\pi_{\text{пл}} \quad x < R$$

$$\varphi = \frac{kq}{x} - \frac{kq}{R} + \frac{kq}{R}$$

$$\pi_{\text{пл}} \quad x > R$$

$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R}$$

$$\frac{U}{U_0} = \frac{kq}{\epsilon R} - \frac{U}{x}$$

$$\frac{3}{5} - \frac{5}{14}$$

$$L = \mu_0 N^2 S$$

$$51-25$$

$$\frac{20}{51} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\mu_0 N^2 S}{2}$$

$$\frac{51}{20} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\mu_0 N^2 S}{2}$$

$$21 \cdot \frac{9}{17} - \frac{1}{3} = \frac{27-17}{4} = \frac{10}{4} = \frac{5}{2}$$

$$\pi_{\text{пл}} \quad x < R$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{R}$$

$$\varphi = \frac{kq}{x}$$

$$E = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$\int \frac{1}{x^2} dx = -\frac{1}{x} + C$$

$$\pi_{\text{пл}} \quad x > R$$

$$E dx = -d\varphi$$

$$R > x > R \quad \frac{kq}{x^2} dx = -d\varphi$$

$$\varphi = \frac{kq}{\epsilon x}$$

$$-\frac{kq}{x} \Big|_x^R = -\varphi \Big|_x^R \varphi_0$$

$$\pi_{\text{пл}} \quad x > R$$

$$\varphi = \frac{kq}{x}$$

$$\frac{kq}{x} = \varphi$$

$$\varphi = \frac{kq}{R}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{R}$$

$$-\frac{kq}{x} + \frac{kq}{R} = \varphi_0 + \varphi$$

$$\frac{5}{7} \cdot \frac{2U}{3\epsilon R} \Rightarrow \frac{U}{\epsilon R} = \frac{U}{R}$$

$$B_0 NS = \mu_0 N^2 S$$

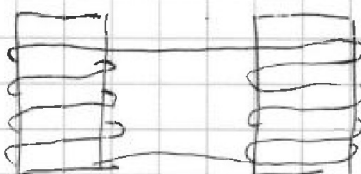
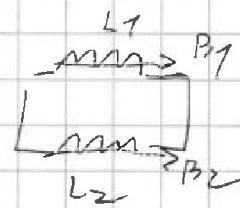
$$\pi_{\text{пл}} \quad x > R$$

$$\varphi = \frac{kq}{x}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{R}$$

$$B_{\text{пл}}$$

$$\frac{kq}{\epsilon x}$$



$$\frac{4-8}{3} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{dB}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} \cdot \frac{1}{S} = -\frac{2NS}{L} \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Rightarrow \dot{I} = \frac{-2NS}{L}$$



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

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

$$\eta = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+ + Q_-} = \frac{60 - 48}{60 + 48} = 12$$

$$1) \frac{\Delta U_{12}}{U_{123T}} = ?$$

$$U_{12} = \frac{3}{2} \cdot (4 \cdot 12 p_0 V_0 - 6 \cdot 10 p_0 V_0) = -18 p_0 V_0$$

$$U_{123T} = \frac{1}{2} \cdot 6 V_0 \cdot 4 V_0 = 12 p_0 V_0$$

$$\frac{(\Delta U_{12})}{U_{123T}} = \frac{18}{12} = 1,5$$

$$2) \quad \Delta R T_3 = 36 p_0 V_0$$

$$10 p_0 - 12 V_0$$

$$U = 40 p_0 V_0$$

$$40 p_0 - 4 p_0 V$$

$$40 > \frac{V}{V_0}$$

$$40 > \frac{V}{V_0} \quad (V < 40 V_0)$$

$$\frac{p}{p_0} = K \frac{V}{V_0} + B$$

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

$$\frac{3}{2} (48 - 60) = -16 p_0 V_0$$

$$-12 \quad dQ = p dV + \frac{3}{2} \Delta R dT =$$

$$(-p_0 \frac{V}{V_0} + 16 p_0) dV + \frac{3}{2} (16 p_0 dV -$$

$$-2 p_0 V dV)$$

$$= (16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V) V = \Delta R T$$

$$- \frac{p_0}{V_0} V^2 + 16 p_0 V = \Delta R T \Rightarrow$$

$$\frac{dT}{dV} = 0 = -\frac{2 p_0 V}{V_0} + 16 p_0$$

$$(16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V) V = \Delta R T$$

$$U_{23} = -30 p_0 V_0$$

$$\frac{3}{2} (36 - 48) = -18 p_0 V_0$$

$$- \frac{p_0}{V_0} V^2 + 16 p_0 V = \Delta R T \Rightarrow$$

$$V = \frac{-16 p_0 V_0}{-2 p_0} = 8 p_0 V_0$$

$$8 \cdot 4$$

$$U_{14} = \frac{10 + 6}{2} p_0 \cdot 4 V_0 = 32 p_0 V_0$$

$$\Delta U_{14} = \frac{3}{2} \cdot 0$$

$$32 p_0 V_0$$

$$(16 p_0 - 8 p_0) \cdot 8 V_0 = \Delta R T_m$$

$$64 p_0 V_0 = \Delta R T_m$$

$$\Rightarrow T_m = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$

$$36 p_0 V_0 = \Delta R T_3$$

$$24 - 32 = -8$$

$$Q_+ = 68 p_0 V_0$$

$$\frac{3}{2} (48 - 60) = -18$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (48 - 60) = -18$$

$$Q_+ = 36 + 32 = 68$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) = 36 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow Q_+ = 60 p_0 V_0$$

$$Q_{12} = -18 p_0 V_0 + 42 p_0 V_0 = 24 p_0 V_0$$

$$U_{12} = \frac{10 p_0 + 4 p_0}{2} \cdot 6 V_0 = 42 p_0 V_0$$

$$\frac{12}{68} = \frac{3}{17}$$

$$\eta = \frac{U_{123T}}{Q_+} = \frac{12}{60} = \frac{1}{5} = 20\%$$

