

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ 2

по учебному курсу «Физика 1»

Вариант 15

Студент Д.И.Чекотина

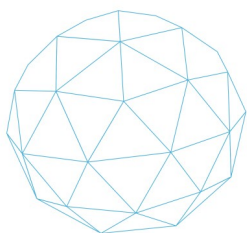
(И.О. Фамилия)

Группа СТРбвд-2003и

Преподаватель Н.М.Смоленская

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2023 г.



Росдистант

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Задача №1

Один моль идеального газа переходит из начального состояния 1 в конечное состояние 3 в результате двух изопроцессов 1-2 и 2-3. Значения давления и объема газа в состояниях 1 и 3 равны соответственно P_1, V_1 и P_3, V_3 . Найти давление, объем и температуру газа P_2, V_2, T_2 в промежуточном состоянии 2. Изобразить процессы в координатах $P - V, P - T$ и $V - T$.

Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$p_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 30 \text{ л} = 0,03 \text{ м}^3$$

$$p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_3 = 15 \text{ л} = 0,015 \text{ м}^3$$

1-2 – Изохорный

2-3 – Изобарный

Найти:

$$p_2 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$T_2 = ?$$

Решение:

Т.к. процесс 1-2 – изохорный, то:

$$V_2 = V_1 = 0,03 \text{ м}^3$$

А т.к. процесс 2-3 – изобарный, то

$$p_2 = p_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

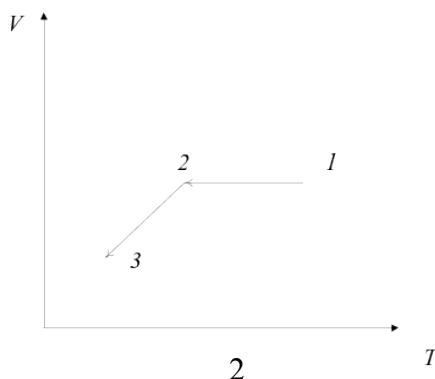
Тогда из уравнений Менделеева-Клапейрона для 1 моля газа

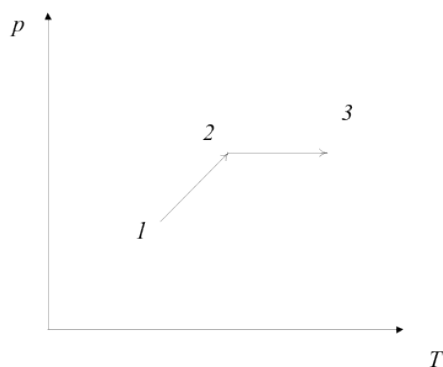
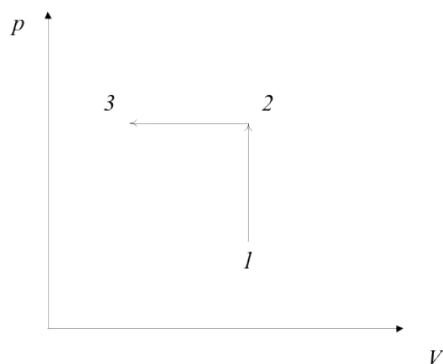
$$p_2 V_2 = \nu R T_2,$$

где $R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ – универсальная газовая постоянная, получим

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,03}{1 \cdot 8,314} \approx 722 \text{ (К)}$$

Построим графики процессов 1-2 и 2-3





Ответ: $p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_2 = 0,03 \text{ м}^3$, $T_2 = 722 \text{ К}$.

Задача №2

Идеальный газ совершает замкнутый цикл, состоящий из трех процессов 1-2, 2-3 и 3-1, идущий по часовой стрелке. Значения давления и объема газа в состояниях 1, 2 и 3 равны соответственно P_1 , V_1 , P_2 , V_2 и P_3 , V_3 . Найти термический к.п.д. цикла.

Дано:

$$M = 14 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$i = 5$$

$$p_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 2 \text{ л} = 0,002 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 6 \text{ л} = 0,006 \text{ м}^3$$

1-2 – Изобарный

2-3 – Адиабатный

3-1 – Изотермический

Найти:

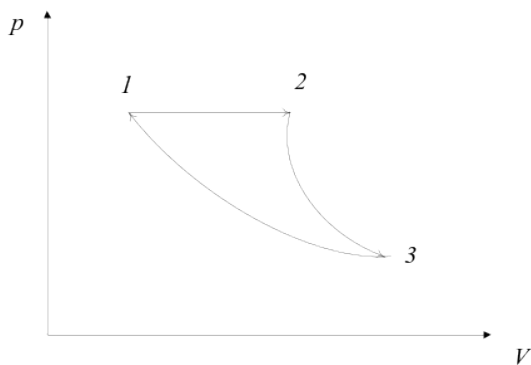
$$\eta = ?$$

Решение:

Коэффициент полезного действия η термодинамического цикла определяется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{Q_x}{Q_n}, \quad (1)$$

где Q_n - количество теплоты, полученное газом от нагревателя, Q_x - количество теплоты, переданное газом холодильнику.



В нашем случае как видно по графику

$$Q_n = Q_{12} + Q_{23}, \quad (2)$$

$$Q_x = Q_{31}. \quad (3)$$

По первому закону термодинамики

$$Q = \Delta U + A \quad (4)$$

Тогда для процессов

1-2 Изобарный

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = p_1(V_2 - V_1) + \frac{i}{2} \frac{m}{M} R(T_2 - T_1) \quad (5)$$

2-3 Адиабатный

$$Q_{23} = 0 = A_{23} + \Delta U_{23} = A_{23} + \frac{i}{2} \frac{m}{M} R(T_3 - T_2) \quad (6)$$

3-1 Изотермический

$$Q_{31} = A_{31} = p_3(V_3 - V_1) \quad (7)$$

Из уравнений Менделеева-Клайперона для состояний газа 1 и 2 изобарного процесса:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$$

$$p_2 V_2 = p_1 V_2 = \frac{m}{M} R T_2$$

выразим температуры T_1 и T_2

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\frac{m}{M} R} \quad (8)$$

$$T_2 = \frac{p_1 V_2}{\frac{m}{M} R} \quad (9)$$

Подставив уравнения (8) и (9) в уравнение (5), получим

$$\begin{aligned} Q_{12} &= p_1 (V_2 - V_1) + \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \left(\frac{p_1 V_2}{\frac{m}{M} R} - \frac{p_1 V_1}{\frac{m}{M} R} \right) = p_1 (V_2 - V_1) + \frac{i}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1) = \\ &= p_1 (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{i}{2} \right) = p_1 (V_2 - V_1) \frac{i+2}{2} \end{aligned} \quad (10)$$

Из уравнения для изотермического процесса $p_3 V_3 = p_1 V_1$ выразим

$$p_3 = \frac{V_1}{V_3} p_1 \quad (11)$$

Далее воспользовавшись уравнением адиабатического процесса для двухатомного газа ($k=7/5$) $p_2 V_2^k = p_3 V_3^k$ выразим

$$p_3 = \frac{V_2^k}{V_3^k} p_2 = \frac{V_1}{V_3} p_1 \quad (12)$$

$$\frac{V_2^k}{V_3^k} p_2 = \frac{V_1}{V_3} p_1$$

$$V_2^k p_2 = V_1 p_1 V_3^{k-1}$$

$$V_3^{k-1} = \frac{V_2^k p_2}{V_1 p_1}$$

$$V_3 = \left(\frac{V_2^k p_2}{V_1 p_1} \right)^{\frac{1}{k-1}} = \left(\frac{V_2^k}{V_1} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$V_3 = \left(\frac{V_2^k p_2}{V_1 p_1} \right)^{\frac{1}{k-1}} = \left(\frac{0,006^{\frac{7}{5}}}{0,002} \right)^{\frac{1}{7/5-1}} \left(\frac{0,006^{\frac{7}{5}}}{0,002} \right)^{\frac{5}{2}} \approx 0,09353 \text{ (м}^3\text{)}$$

Откуда из уравнения (11) найдем

$$p_3 = \frac{0,002}{0,09353} * 10^5 = 2138,35 \text{ (Па)}$$

Подставив формулы (6), (7), (10) в формулы (2), (3) получим

$$Q_n = Q_{12} + Q_{23} = p_1 (V_2 - V_1) \frac{i+2}{2} + 0 = p_1 (V_2 - V_1) \frac{i+2}{2}, \quad (13)$$

$$Q_x = Q_{31} = p_3 (V_3 - V_1) \quad (14)$$

И подставив формулы (13) и (14) в формулу (1) получим в итоге

$$\eta = 1 - \frac{p_3 (V_3 - V_1)}{p_1 (V_2 - V_1) \frac{i+2}{2}}$$

$$\eta = 1 - \frac{2138,35 * (0,09353 - 0,002)}{10^5 (0,006 - 0,002) \frac{5+2}{2}} \approx 1 - 0,14 = 0,86$$

Ответ: $\eta = 0,86 = 86\%$.

Задача №3

Идеальный газ находится в однородном поле тяжести Земли. Молярная

масса газа $M = 29 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$. Абсолютная температура газа меняется с высотой h по закону $T(h) = T_0(1 + ah)$. Найти давление газа P на высоте h . На высоте $h=0$ давление газа $P_0 = 10^5 \text{ Па}$.

Дано:

$$M = 29 * 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$T_0 = 300 \text{ К}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$a = 5 * 10^{-5} \text{ м}^{-1}$$

$$h = 500 \text{ м}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} * \text{К}}$$

Найти:

$$P = ?$$

Решение:

Изменение давления с высотой dh воздуха определяется следующим образом:

$$dp = \rho g * dh \quad (1)$$

По закону Менделеева-Клайперона:

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \text{или} \quad p = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M} \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT} \quad (2)$$

Из этих двух уравнений

$$dp = \frac{pM}{RT} g * dh$$

или

$$\frac{dp}{p} = \frac{gM}{RT} * dh = \frac{gM}{RT_0(1+ah)} * dh \quad (3)$$

Проинтегрируем обе части уравнения (3):

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = \frac{gM}{RT_0} * \int_0^h \frac{dh}{(1+ah)}$$

и получим

$$\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = \frac{gM}{RT_0} * \frac{1}{a} (\ln(1+ah) - \ln(1+0)) = \frac{gM}{RT_0 a} * \ln(1+ah)$$

или

$$\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = \ln(1+ah)^{\frac{gM}{RT_0 a}} \quad (4)$$

Тогда из формулы (4) получим

$$p = p_0 (1+ah)^{\frac{gM}{RT_0 a}}$$

Следовательно

$$p = 10^5 * (1 + 5 * 10^{-5} * 500)^{\frac{9,81 * 29 * 10^{-3}}{8,314 * 300 * 5 * 10^{-5}}} = 1,06 * 10^5 \text{ (Па)}$$

Ответ: $p = 1,06 * 10^5 \text{ (Па)}$