

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность.

Противопожарные системы.

(код и наименование направления подготовки, специальности)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2

по учебному курсу «Физика. Механика. Молекулярная физика.»

(наименование учебного курса)

Вариант 4

Студент

Д. А. Гаврилюк

(И.О. Фамилия)

Группа

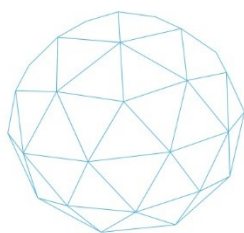
ТБбп-2206а

Преподаватель

И. В. Мелешко

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2023



Росдистант

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Задача 1

Условие:

Один моль идеального газа переходит из начального состояния 1 в конечное состояние 3 в результате двух изопроецессов 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, V-T.

Дано: СИ:

Изохорный 1-2

$$P_1 = 10^5 \text{ Па}$$

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

Изотермический 2-3

$$P_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_3 = 20 \text{ л.} \quad 0,02 \text{ м}^3$$

Найти:

$$p_2 - ?$$

$$V_2 - ?$$

$$T_2 - ?$$

Изобразить:

$$P - V$$

$$P - T$$

$$V - T$$

Решение:

Поскольку процесс 1-2 изохорный, то $V_1 = V_2 = 0,03 \text{ м}^3$.

Поскольку процесс 2-3 изотермический, то $T_2 = T_3$

Запишем уравнение Менделеева –Клапейрона для второго состояния

газа:

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

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R}.$$

При изотермическом процессе:

$$\frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2}{V_3} \Rightarrow p_2 = \frac{p_3 V_3}{V_2} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,02 \text{ м}^3}{0,03 \text{ м}^3} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Где $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - универсальная газовая постоянная.

Подставим численные значения и произведём вычисления:

$$T_2 = \frac{1,3 \cdot 10^5 \cdot 0,03}{1 \cdot 8,31} = 469 \text{ К}$$

Для состояния 1 запишем уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1;$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}.$$

Подставим численные значения и произведём вычисления:

$$T_1 = \frac{10^5 \cdot 0,03}{1 \cdot 8,31} = 361 \text{ К}.$$

Для состояния 3 запишем уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$T_3 = 469 \text{ К}$$

Для построения графиков процессов запишем параметры газа в каждой точке.

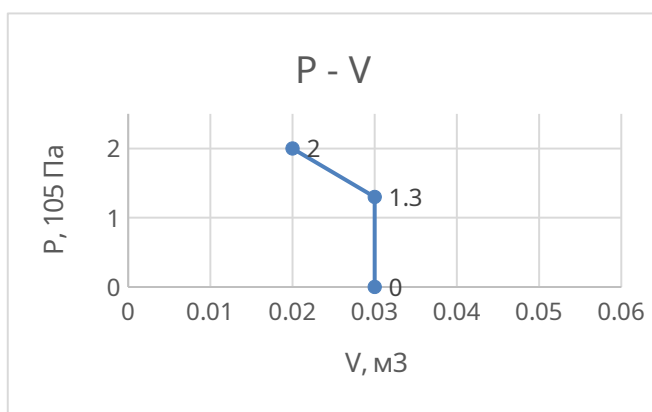
В 1-й точке - $T_1 = 361 \text{ К}$, $P_1 = 10^5 \text{ Па}$, $V_1 = 0,03 \text{ м}^3$.

Во 2-й точке - $T_2 = 469 \text{ К}$, $P_2 = 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_2 = 0,03 \text{ м}^3$.

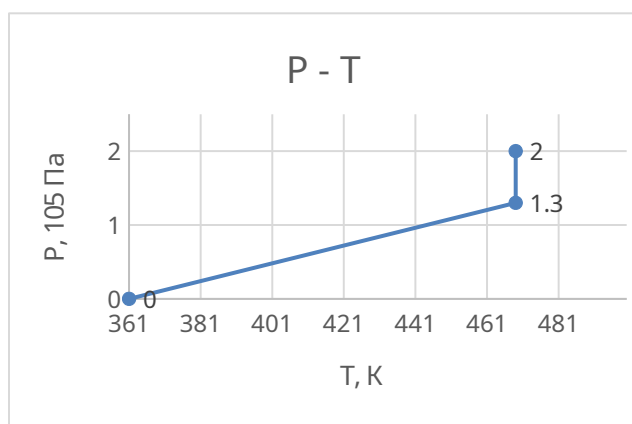
В 3-й точке - $T_3 = 469 \text{ К}$, $P_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $V_3 = 0,02 \text{ м}^3$.

Изобразим процесс в координатах $P - V$.

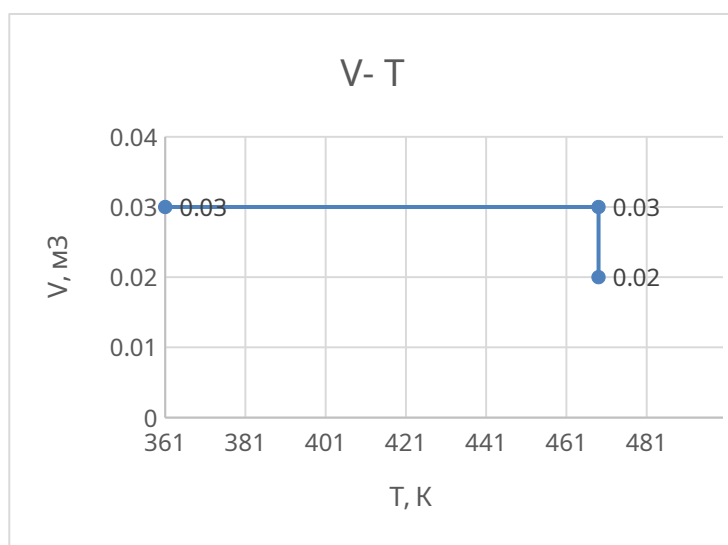
Процесс в координатах $P - V$:



P-T:



V-T:



Ответ: $T_2 = 469$ K, $P_2 = 1,3 \cdot 10^5$ Па, $V_2 = 0,03$ м³.

Задача 2

Идеальный газ (N_2) совершает замкнутый цикл, состоящий из трех процессов 1-2 (изобарный), 2-3 (адиабатный), 3-1 (изотермический), 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: СИ:

Изохорный 1-2

$$P_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 3 \text{ л} \quad 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 0.003 \text{ м}^3$$

Изотермический 2-3

$$P_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Изобарный 3-1

газ – N_2

Найти:

$$\eta - ?$$

Решение:

КПД цикла вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

Где Q_1 - количество теплоты, переданное газу за цикл от нагревателя;
 Q_2 - количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику.

Работа газа при изохорном процессе равна 0.

Изменение внутренней энергии в процессе 1 – 2 вычисляется по формуле:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1).$$

На основании первого закона термодинамики $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2}$

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для процесса 1-2

$$p_1 V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{10^5 * 3 * 10^{-3}}{8,31} = 36 \text{ K}$$

Где $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$ - универсальная газовая постоянная,

При изохорном процессе давление прямо пропорционально его абсолютной температуре.

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1} = \frac{2 * 10^5 * 36}{10^5} = 72 \text{ K}$$

$$\text{Тогда } Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{5}{2} * 8,31 * (72 - 36) = 747,9 \text{ Дж}$$

$i = 5$ - степень свободы молекул двухатомного газа.

Учитывая, что для изотермического процесса $2 - 3$ $\Delta U_{2-3} = 0$, по первому закону термодинамики, получаем:

$$\Delta U_{2-3} = Q_{2-3} - A_{2-3};$$

$$Q_{2-3} = A_{2-3}.$$

Работа газа при изотермическом процессе вычисляется по формуле:

$$A_{2-3} = \nu RT_1 \ln \frac{V_3}{V_2}.$$

Согласно уравнению Менделеева – Клапейрона для третьего состояния газа, получаем:

$$\nu RT_3 = p_3 V_3.$$

После подстановки, получаем:

$$Q_{2-3} = p_3 V_3 \cdot \ln \frac{V_3}{V_2}.$$

Найдём объём азота V_3 для третьего состояния.

Для изобарного процесса $3-1$ $p_3 = p_1$.

Для изотермического процесса $2 - 3$, имеем:

$$p_2 V_2 = p_3 V_3;$$

$$\frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2}{V_3} \Rightarrow V_3 = \frac{p_2 V_2}{p_3} = \frac{2 * 10^5 * 3 * 10^{-3}}{10^5} = 6 * 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$A_{2-3} = Q_{2-3} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \ln \frac{6 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3}} = 1200 \text{ Дж}$$

Работа газа при изобарном процессе 3-1 вычисляется по формуле:

$$A_{3-1} = P_1 (V_1 - V_3).$$

Подставим численные значения и произведём вычисления:

$$A_{3-1} = 10^5 \cdot (3 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}) = -300 \text{ Дж}.$$

Изменение внутренней энергии в процессе 3-1 вычисляется по формуле:

$$\Delta U_{3-1} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3).$$

Применим уравнение Менделеева - Клапейрона для первого и третьего состояний газа:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1;$$

$$p_1 V_3 = \nu R T_3.$$

Находим разность второго и первого уравнений:

$$p_1 V_3 - p_1 V_1 = \nu R T_3 - \nu R T_1;$$

$$\nu R (T_1 - T_3) = p_1 (V_1 - V_3).$$

После подстановки в формулу изменения внутренней энергии, получаем:

$$\Delta U_{3-1} = \frac{i}{2} p_1 (V_1 - V_3);$$

$$\Delta U_{3-1} = \frac{i}{2} A_{3-1} = \frac{5}{2} \cdot (-300) = -750 \text{ Дж}$$

Вычисляем количество теплоты Q_{3-1} , полученное газом в процессе 3-1, применяя первый закон термодинамики:

$$\Delta U_{3-1} = Q_{3-1} - A_{3-1};$$

$$Q_{3-1} = \Delta U_{3-1} + A_{3-1};$$

$$Q_{3-1} = \frac{i}{2} A_{3-1} + A_{3-1};$$

$$Q_{3-1} = \frac{i+2}{2} A_{3-1}.$$

Подставим численные значения и произведём вычисления:

$$Q_{1-2} = \frac{5+2}{2} \cdot (-300) = -1050 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя:

$$Q_1 = 747,9 + 1200 = 1947,9 \text{ Дж.}$$

Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику:

$$Q_2 = 1050 \text{ Дж}$$

Теперь вычисляем КПД цикла:

$$\eta = 1 - \frac{1050}{1947,9} = 0,46.$$

Ответ: $\eta = 0,46$

Задача 3

Условие:

Идеальный газ находится в однородном поле тяжести Земли. Молярная масса газа $M=29 \cdot 10^{-3}$ кг/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 $P_0=10^5$ Па.

Дано:

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

$$T(h) = T_0(1+ah);$$

$$h = 0 \text{ м};$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па.}$$

$$T_0 = 300 \text{ К,}$$

$$a = 10^{-5} \text{ м}^{-1}$$

$$h = 400 \text{ м.}$$

Найти:

P -?

Решение:

Применим барометрическую формулу:

$$p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

Где $g = 9,81 \frac{M}{c^2}$ - ускорение свободного падения, $R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$ - универсальная газовая постоянная.

Учитывая условие задачи, получаем:

Подставим численные значения и вычислим:

$$p = 10^5 \cdot e^{-\frac{2940 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 400}{8,31 \cdot 300 \cdot (1 + 10^{-3} \cdot 400)}} = 99998,859 \text{ Па.}$$

Ответ: $p = 99998,859 \text{ Па.}$