

Вопрос 46

Адиабатический, процесс

Адиабатический, процесс — термодинамический процесс в макроскопической системе, при котором система не обменивается теплотой с окружающим пространством. Адиабатические процессы обратимы только тогда, когда в каждый момент времени система остаётся равновесной (например, изменение состояния происходит достаточно медленно) и изменения энтропии не происходит.

Так как при адиабатических процессах $\Delta Q = 0$, то первое начало термодинамики для них можно записать в форме:

$$\delta A = -dU \quad (2.74)$$

Совместное применение этого выражения и уравнения Клапейрона-Менделеева позволяет получить уравнение, описывающее адиабатический процесс в идеальном газе. Для этого представим выражение (2.74) в виде:

$$PdV = -\frac{M}{\mu} C_V dT \quad (2.75)$$

Нахождение полных дифференциалов от правой и левой частей уравнения Клапейрона-Менделеева дает:

$$PdV + VdP = \frac{M}{\mu} R dT \quad (2.76)$$

Вычитание из этой формулы выражения (2.75) приводит его к виду

$$VdP = \frac{M}{\mu} R dT + \frac{M}{\mu} C_V dT \quad (2.77)$$

С учетом соотношения Майера (2.70) имеем:

$$VdP = \frac{M}{\mu} C_P dT \quad (2.78)$$

Умножим выражение (2.75) на отношение теплоемкостей C_P/C_V и сложим его с формулой (2.78). Тогда получим

$$\gamma PdV + VdP = 0, (2.79)$$

где введено обозначение

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} . (2.80)$$

Величина γ называется показателем адиабаты. Формулы (2.65) и (2.71) позволяют определить показатель адиабаты через количество степеней свободы i :

$$\gamma = \frac{i + 2}{i} . (2.81)$$

Из этого выражения следует, что показатель адиабаты для идеального газа всегда больше единицы. Для одноатомных газов этот показатель равен 1,67, а для двухатомных и многоатомных соответственно 1,4 и 1,33.

Поделив уравнение (2.79) на произведение PV преобразуем его к виду

$$\gamma \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0 \quad (2.82)$$

Или

$$\gamma d(\ln V) + d(\ln P) = 0 . (2.83)$$

Отсюда следует:

$$d \ln(PV^\gamma) = 0 . (2.84)$$

Интегрирование этого уравнения позволяет получить формулу

$$PV^\gamma = \text{const} . (2.85)$$

которая называется уравнением Пуассона в честь французского механика, математика и физика Симеона Дени Пуассона (1781 - 1840). Это уравнение адиабатического процесса для идеального газа, или адиабаты - кривой, описываемой этим уравнением в переменных P и V .

С помощью уравнения Клапейрона-Менделеева уравнение (2.85) можно переписать, используя другие параметры состояния идеального газа:

$$TV^{\gamma-1} = \text{const}, (2.86)$$

$$P^{1-\gamma} T^\gamma = \text{const}. (2.87)$$

