

Топлинен капацитет. Моларни топлинни капацитети при газове. Уравнение на Майер

Топлинен капацитет

Когато нагряваме (охлаждаме) едно тяло ние му предаваме (отнемаме) някакво количество топлина и то повишава (намалява) температурата си. Различни тела могат да повишат температурата си с различна стойност при приемане на еднакво количество топлина. Величината, която показва какво количество топлина трябва да предадем на едно тяло за да се повиши температурата му с **1 K**, се нарича топлинен капацитет **C**:

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

и се измерва в единици **[J/K]**. В много случаи е по-удобно да използваме величина, която зависи само от веществото, от което е направено тялото. Такава величина е специфичният топлинен капацитет **c** – количеството топлина, което трябва да предадем на единица маса от дадено вещество за да повишим температурата му с **1 K**:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{dQ}{mdT} = \frac{dq}{dT}.$$

Вижда се, че мерната единица за специфичен топлинен капацитет е **[J/(kg.K)]**. Тази величина е удобна за описание на топлинните свойства на телата и веществата, ако плътността им не се променя забележимо при термодинамичните процеси т.е. за веществата в твърдо и течно агрегатно състояние, тъй като те са едни и същи, независимо от процеса, който протича. Така можем да определяме за практически цели количеството топлина, което ни е необходимо за загреване на дадено вещество до определена температура:

$$dQ = cmdT \Rightarrow Q = \int_{T_1}^{T_2} cmdT = cm(T_2 - T_1), \text{ ако } c = \text{const}$$

и съответно $q = c(T_2 - T_1)$ за единица маса от веществото.

Моларни топлинни капацитети при газове. Уравнение на Майер

За газовете обаче е съществено какъв е термодинамичният процес, в който участват. Затова за тях имаме различни топлинни капацитети в зависимост от термодинамичния процес. Тъй като за газовете е по-съществен броят на моловете, а не масата на газа, най-често се използват т.нар. моларни топлинни капацитети **C_μ** – топлинният капацитет на **1 mol** газ при съответния процес т.е. топлинният капацитет разделен на броя на моловете **m/μ**

$$C_{\mu} = \frac{1}{m/\mu} C.$$

Ще намерим моларните топлинни капацитети на идеален едноатомен газ при изохорен и изобарен процес, като използваме първият принцип на термодинамиката (4 въпрос). Първо ще намерим моларният топлинен капацитет **C_V** при постоянен обем (изохорен процес) за **1 mol** идеален газ (**m/μ=1**):

$$C_V = \frac{1}{m/\mu} C|_{V=\text{const}} = \frac{1}{(m/\mu)} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_V \quad \frac{m}{\mu} = 1 \Rightarrow C_V = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_V = \frac{dU}{dT}.$$

За идеалния едноатомен газ $U = E_k = \frac{3}{2} NkT$. Тъй като имаме **1 mol** газ $N=N_A$, а $N_A k=R$:

$$(1) \quad C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{3}{2} N_A k = \frac{3}{2} R.$$

От (1) се вижда, че мерната единица за моларен топлинен капацитет е същата, както на универсалната газова константа **R** – **[J/(mol.K)]**.

Нека сега предположим, че газът, който разглеждаме, се нагрява при постоянно налягане, т.е. протича изобарен процес. Тогава за моларния топлинен капацитет при постоянно налягане **C_P** ще получим:

$$C_P = \frac{1}{m/\mu} C|_{P=\text{const}} = \frac{1}{(m/\mu)} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_P \quad \frac{m}{\mu} = 1 \Rightarrow C_P = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_P = \frac{dU}{dT} + P \frac{dV}{dT}.$$

Като имам предвид, че $\frac{dU}{dT} = C_V$ и използваме закона на Клапейрон – Менделеев за **1 mol** газ:

$$PV = RT \Rightarrow V = \frac{RT}{P} \Rightarrow \frac{dV}{dT} = \frac{R}{P}$$

окончателно получаваме:

$$(2) C_P = C_V + R.$$

Тази връзка между двата моларни топлинни капацитета при газовете се нарича уравнение на Майер. Ако заместим (1) в (2) ще получим и моларния топлинен капацитет при постоянно налягане за едноатомен газ:

$$C_P = \frac{5}{2} R.$$

За многоатомни газове моларните топлинни капацитети ще бъдат съответно

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

$$C_P = C_V + R = \frac{i+2}{2} R,$$

където i е броят на степените на свобода на молекулите на газа. Както знаем, за едноатомен газ броят на степените на свобода е $i=3$ – молекулите могат да извършват само постъпателни движения по трите оси. Двуатомните газове могат да извършват и въртеливи движения около две от осите и имат 5 степени на свобода, а при реалните газове има и допълнителни ротационни и вибрационни степени на свобода.