

KYM 202

TERMODİNAMİK

The background is a gradient from light yellow at the top to orange at the bottom. On the right side, there are several parallel white lines that start from the top right and extend towards the bottom left, creating a sense of motion or a stylized graphic element.

BÖLÜM VI

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

- Faz kuralından değişken sayıları belirlenir, ancak diğer niceliklerin nasıl hesaplandığı hakkında bilgi edinilemez.
- Termodinamik özellikler ilişkilendirilerek eşitlikler türetilir. Bunun için I. ve II. Yasalar ışığında matematiksel ifadelerden yararlanır.
- Örneğin PVT ve ısı kapasiteleri verilerinden entalpi ve entropi değerlerini hesaplamaya olanak sağlayan eşitlikler türetilebilir.

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Homojen Fazlar için Özelik Bağlılıları:

Daha önce verildiği gibi;

$d(nU) = dQ + dW$, Eğer proses tersinir ise;

$$d(nU) = dQ_{\text{rev}} + dW_{\text{rev}}$$

Daha önce gösterdiği gibi;

$$dW_{\text{rev}} = -P d(nV), \text{ ve } dQ_{\text{rev}} = T d(nS)$$

Bu üç eşitliğin kombinasyonu (I. Yasa ile II. Yasanın) sonucu;

$$d(nU) = T d(nS) - P d(nV) \text{ elde edilir.}$$

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Homojen Fazlar için Özelik Bağlıntıları:

Benzer şekilde

$$d(nH) = T d(nS) + (nV) dP$$

$$d(nA) = -P d(nV) - (nS) dT$$

$$d(nG) = (nV) dP - (nS) dT$$

Eşitlikler basitleştirildiğinde;

$$\begin{aligned}dU &= T dS - P dV \\dH &= T dS + V dP \\dA &= -P dV - S dT \\dG &= V dP - S dT\end{aligned}$$

Homojen akışkanlar için temel özellik eşitlikleri (bağlıntıları).

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Homojen Fazlar için Özelik Bağlıntıları:

$F = F(x, y)$ ise, F in toplam (tam) diferansiyeli;

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial x} \right)_y dx + \left(\frac{\partial F}{\partial y} \right)_x dy$$

$dF = M dx + N dy$ burada;

$$M = \left(\frac{\partial F}{\partial x} \right)_y \quad N = \left(\frac{\partial F}{\partial y} \right)_x \quad \text{buradan} \quad \left(\frac{\partial M}{\partial y} \right)_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x} \quad \text{ve} \quad \left(\frac{\partial N}{\partial x} \right)_y = \frac{\partial^2 F}{\partial y \partial x}$$

yazılabilir. İfadelerin sağ tarafları aynı olduğundan,

$$\left(\frac{\partial M}{\partial y} \right)_x = \left(\frac{\partial N}{\partial x} \right)_y \quad \text{elde edilir.}$$

Homojen akışkanlar için temel özellik eşitliklerinden yola çıkılarak;

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

$$dF = M dx + N dy \rightarrow \left(\frac{\partial M}{\partial y} \right)_x = \left(\frac{\partial N}{\partial x} \right)_y$$

$$\text{Ör. } dU = T dS - P dV \rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_S = - \left(\frac{\partial P}{\partial S} \right)_V$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_S = - \left(\frac{\partial P}{\partial S} \right)_V$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S} \right)_P$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T$$

Bu ifadeler **Maxwell** eşitlikleri olarak bilinirler.

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Temel özellik eşitlikleri ve Maxwell ilişkilerini kullanarak çok yararlı ifadeler türetilebilir.

Ör. Homojen bir fazın entalpi ve entropi ilişkilerini T ve P'nin fonksiyonu olarak vermek son derece yararlıdır.

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P, \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P, \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T, \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$$

$$dH = TdS + VdP$$

Sabit basınçta dT'ye bölünmesi sonucu;

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P + V\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_P$$

$$\underbrace{\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P}_{C_p} = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \frac{C_p}{T}$$

elde edilir.

AKIŞKANLARIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Benzer şekilde sabit sıcaklıkta dP 'ye bölünmesi sonucu;

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + V$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

elde edilir.

$$H=H(T,P) \rightarrow dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T dP \rightarrow dH = C_P dT + \left[V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \right] dP$$

$$S=S(T,P) \rightarrow dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP \rightarrow dS = \frac{C_P}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP$$

PVT özellikleri bakımından, ideal gaz için;

$$PV^{ig} = RT \Rightarrow \left(\frac{\partial V^{ig}}{\partial T}\right) = \frac{R}{P}$$

$$dH^{ig} = C_P^{ig} dT$$

$$dS^{ig} = C_P^{ig} \frac{dT}{T} - \frac{R}{P} dP$$

yazılabilir.

KAYNAKLAR

Ders kitabı: J. M. Smith, C. Van Ness, M. M. Abbott, **Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics**, Fifth Edition, McGraw-Hill International Editions, 1996.

Diğer Kaynaklar:

Stanley I. Sandler, **Chemical and Engineering Thermodynamics**, Third edition **John Wiley & Sons Inc, 1998.**

M. David Burghardt, **Engineering Thermodynamics with Application**, Third Ed. Harper & Row Inc, 1986.

G. J. Van Wylen, R. E. Sonntag, **Fundamentals of Classical Thermodynamics**, Third Ed. John Wiley & Sons Inc, 1985

Y. A. Çengel, Michael A.Boles, **Thermodynamics: An Engineering Approach**, ISE Edition, McGraw-Hill, 1997.