

ÖZELİK TABLOLARI

Birçok madde için termodinamik özellikler arasındaki ilişkiler basit denklemlerle ifade edilemeyecek kadar karmaşıktır. Bu nedenle özellikler genellikle tablolar aracılığıyla verilir. Bazı termodinamik özellikler kolaylıkla ölçülebilir, fakat bazıları da doğrudan ölçülemez. Bu özellikler, ölçülebilen özelliklerle aralarındaki ilişkiyi veren bağıntılardan hesaplanır. Ölçümler ve daha sonra bunlara dayanarak yapılan hesaplar kolaylıkla kullanılabilecek tablolara sunulur.

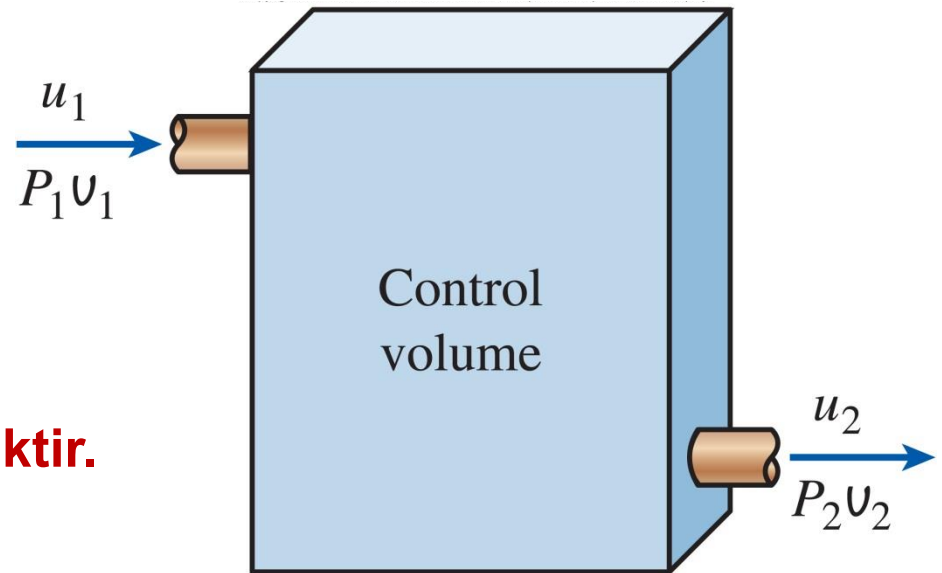
ÖZELİK TABLOLARI

Entalpi- Bir Karma Özelik

$$h = u + Pv \quad (\text{kJ/kg})$$

$$H = U + PV \quad (\text{kJ})$$

Entalpi, termlodinamik bir özeliştir.



Doymuş Sıvı ve Doymuş Buhar Halleri

Tablo A–4: Suyun doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri doyma sıcaklığına göre.

Tablo A–5: Suyun doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri doyma basıncına göre.

ν_f = specific volume of saturated liquid

ν_g = specific volume of saturated vapor

ν_{fg} = difference between ν_g and ν_f (that is $\nu_{fg} = \nu_g - \nu_f$)

Tablo A-4'ün bir bölümü

Temp. °C T	Sat. press. kPa P_{sat}	Specific volume m^3/kg	
		Sat. liquid ν_f	Sat. vapor ν_g
85	57.868	0.001032	2.8261
90	70.183	0.001036	2.3593
95	84.609	0.001040	1.9808

Temperature

Specific volume of saturated liquid

Corresponding saturation pressure

Specific volume of saturated vapor

Doymuş Sıvı ve Doymuş Buhar Halleri

Buharlaştırma entalpisi, h_{fg} (Buharlaştırma gizli ısı):

Verilen bir basınç veya sıcaklıkta doymuş sıvının birim kütlesini buharlaştırmak için gereken enerjidir.

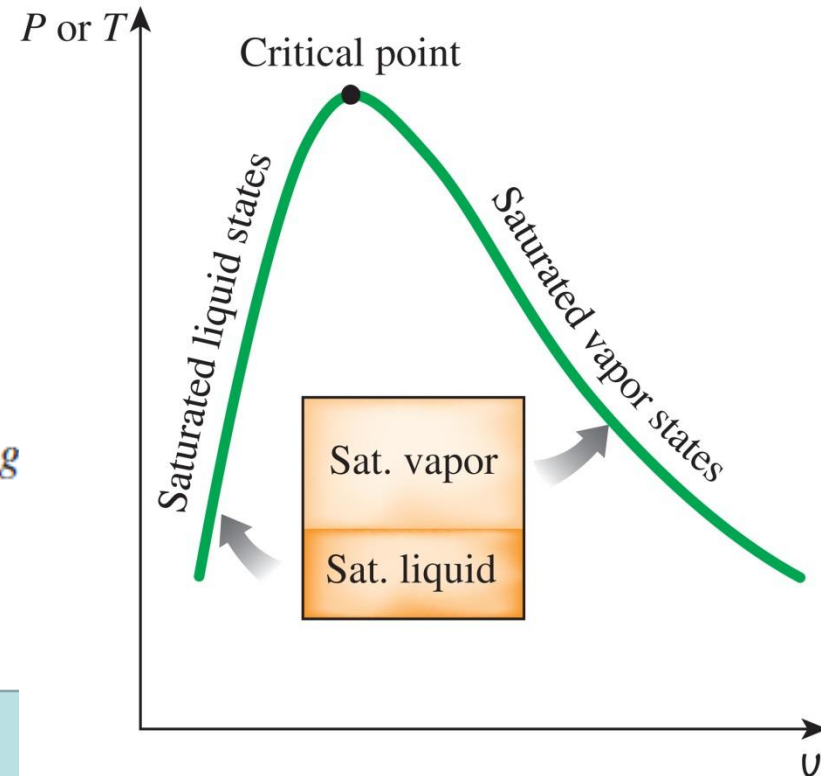
Doymuş Sıvı-Buhar Karışımı

Kuruluk derecesi, x : Karışımındaki sıvı ve buhar fazlarının kütleli oranı

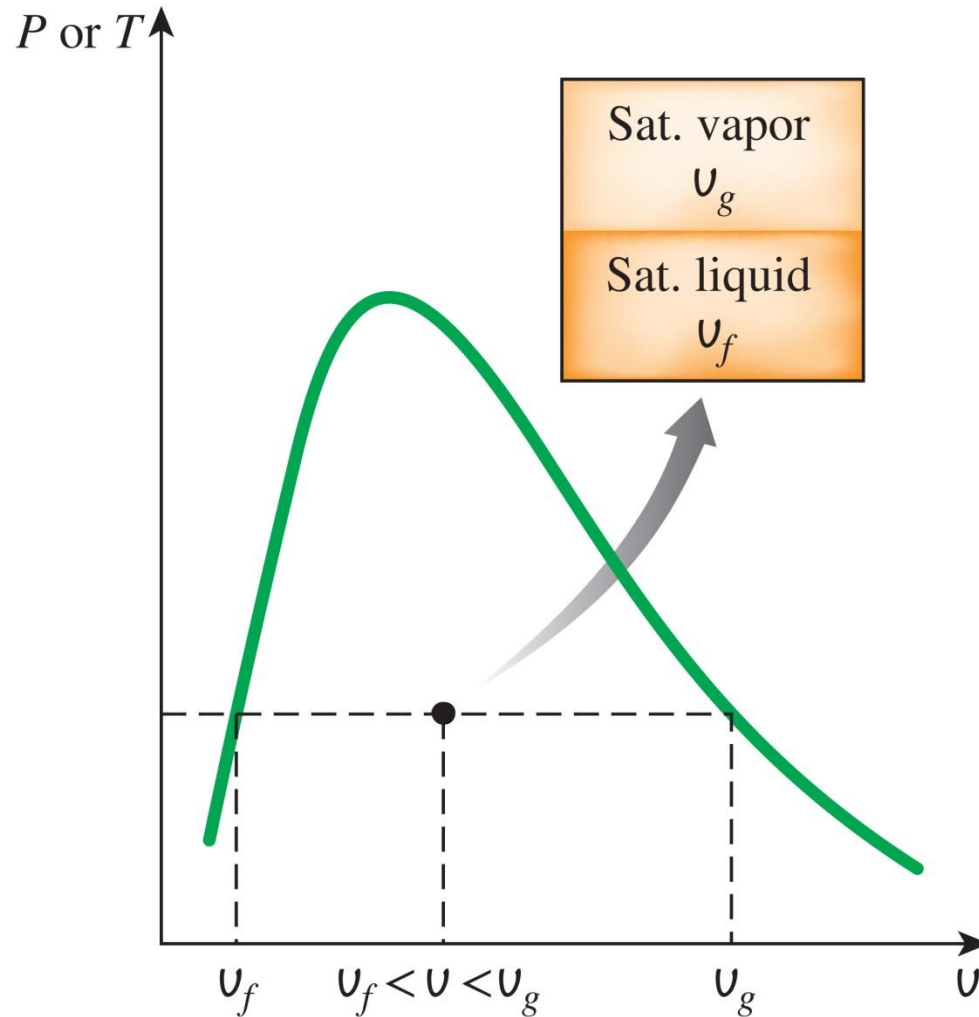
Değeri her zaman 0 (%0) ile 1 (%100) arasındadır. Doymuş sıvı halinde 0, doymuş buhar halinde 1 değerini alır. Aradaki değerler $0 < x < 1$ şeklinde değişir.

$$x = \frac{m_{\text{vapor}}}{m_{\text{total}}}$$

$$m_{\text{total}} = m_{\text{liquid}} + m_{\text{vapor}} = m_f + m_g$$



Örnekler: Doymuş sıvı-buhar karışımları genel çizimler ve T - v ve P - v diyagramları.

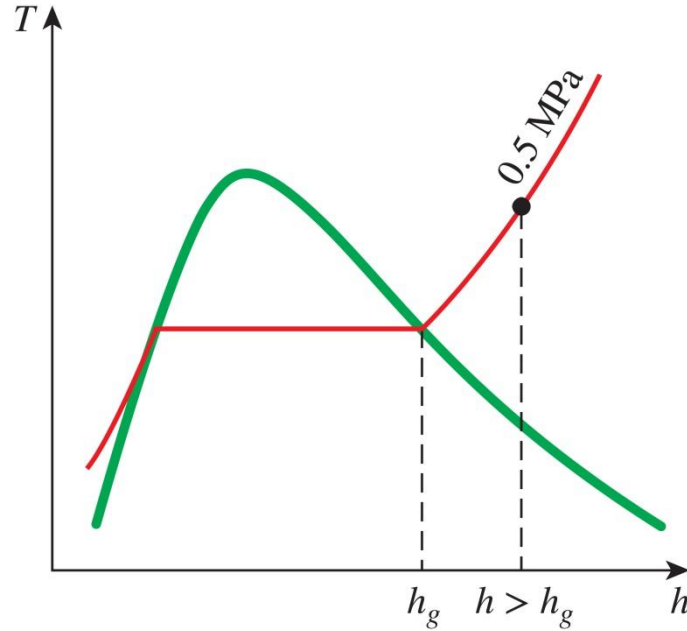


Kızgın Buhar

Doymuş buhar eğrisinin sağındaki bölgede ve kritik noktasal sıcaklığın üzerindeki sıcaklıkta madde kızgın buhardır.

Kızgın buhar bölgesi tek fazlı (sadece buhar fazı) bir bölge olduğundan, sıcaklık ve basınç artık birbirlerine bağlı değildir.

Belirli bir P noktası için kızgın buharın entalpisi, doymuş buharından daha yüksektir



Kızgın Buhar

Tablo A-6'nın
bir bölümü

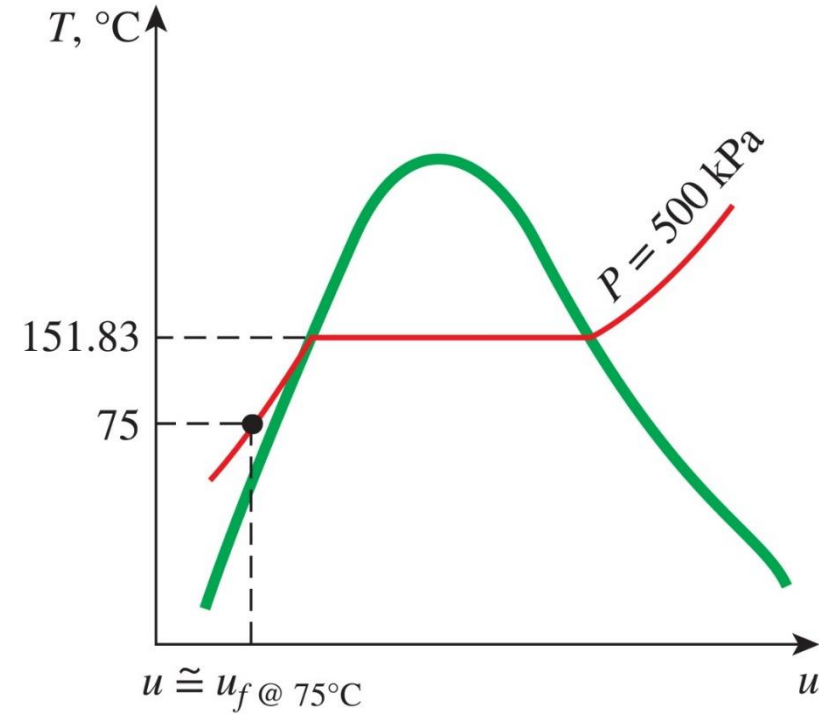
$T, ^\circ\text{C}$	v	u	h
	m^3/kg	kJ/kg	kJ/kg
$P = 0.1 \text{ MPa} (99.61^\circ\text{C})$			
Sat.	1.6941	2505.6	2675.0
100	1.6959	2506.2	2675.8
150	1.9367	2582.9	2776.6
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
1300	7.2605	4687.2	5413.3
$P = 0.5 \text{ MPa} (151.83^\circ\text{C})$			
Sat.	0.37483	2560.7	2748.1
200	0.42503	2643.3	2855.8
250	0.47443	2723.8	2961.0

Sıkıştırılmış Sıvı

Sıkıştırılmış sıvıya ilişkin bilgilerin yokluğunda, *sıkıştırılmış sıvı özelliklerini doymuş sıvı özelliklerine eşit almak, genellikle benimsenen bir uygulamadır.*

Hassas olarak “h” ilişkisini hesaplamak için;

$$h \cong h_{f@T} + v_{f@T} (P - P_{\text{sat}@T})$$



Verilen bir sıcaklıkta sıkıştırılmış sıvının özellikleri doymuş sıvı özelliklerine yaklaşık olarak eşit alınabilir.

MÜKEMMEL GAZ HAL DENKLEMİ

- **Hal denklemi:** Bir maddenin basıncı, sıcaklığı ve özgül hacmi arasındaki ilişkiyi veren herhangi bir bağıntıya denir.
- Bu denklemlerin en basit ve en çok bilineni mükemmel (ideal) gaz hal denklemidir. Bu denklem belirli sınırlar içinde gazların P - v - T ilişkisini oldukça hassas bir biçimde verir.

İdeal gaz hal denklemi

$$Pv = RT$$

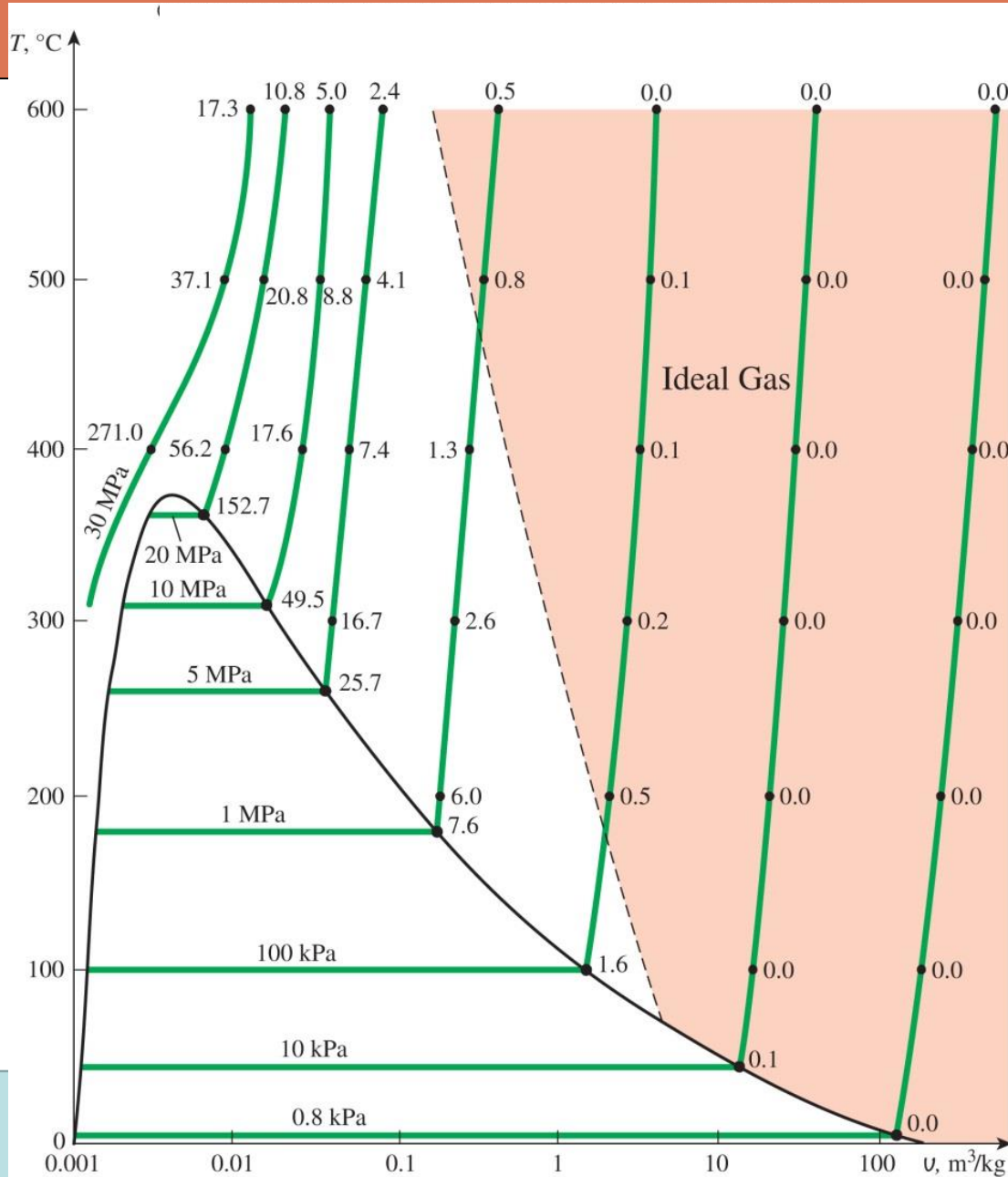
$$PV = mRT$$

Düşük basınç ve yüksek sıcaklıklarda bir gazın yoğunluğu azalır ve mükemmel gaz gibi davranır.

Su Buharı Mükemmel bir Gaz mıdır ?

- 10 kPa basıncın altındaki basınçlar için su buharı sıcaklık ne olursa olsun (yüzde 0.1'den daha az bir hatayla) mükemmel gaz kabul edilebilir.
- Fakat daha yüksek basınçlarda mükemmel gaz varsayımı özellikle kritik nokta ve doymuş buhar eğrisi yakınlarında kabul edilemeyecek hatalara yol açar.
- Isıtma–havalandırma–iklimlendirme uygulamalarında, havadaki su buharının kısmi basıncı çok düşük olduğundan, su buharı neredeyse sıfır hatayla mükemmel gaz sayılabilir.
- Fakat buharlı güç santrallerinde uygulama basınçları çok yüksektir, bu nedenle mükemmel gaz bağıntıları kullanılmamalıdır.

Su Buharı Mükemmel bir Gaz mıdır ?



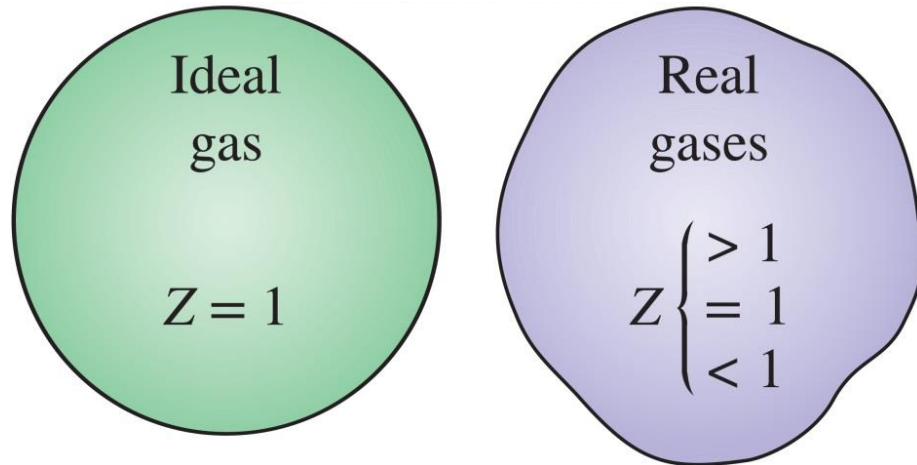
SIKIŞTIRILABİLME ÇARPANI - MÜKEMMEL GAZ DAVRANIŞINDAN SAPMANIN ÖLÇÜSÜ

Sıkıştırılabilme çarpanı Z: Verilen bir sıcaklık ve basınçta mükemmel gaz davranışından sapma sıkıştırılabilme çarpanı Z adı verilen bir parametre kullanılarak giderilebilir.

$$Z = \frac{Pv}{RT}$$

$$Pv = ZRT$$

$$Z = \frac{v_{\text{actual}}}{v_{\text{ideal}}} \quad v_{\text{ideal}} = RT/P.$$



SIKIŞTIRILABİLME ÇARPANI

$$P_R = \frac{P}{P_{cr}}$$

İndirgenmiş
basınç

$$T_R = \frac{T}{T_{cr}}$$

İndirgenmiş
sıcaklık

$$v_R = \frac{v_{actual}}{RT_{cr}/P_{cr}}$$

İndirgenmiş
özel hacim

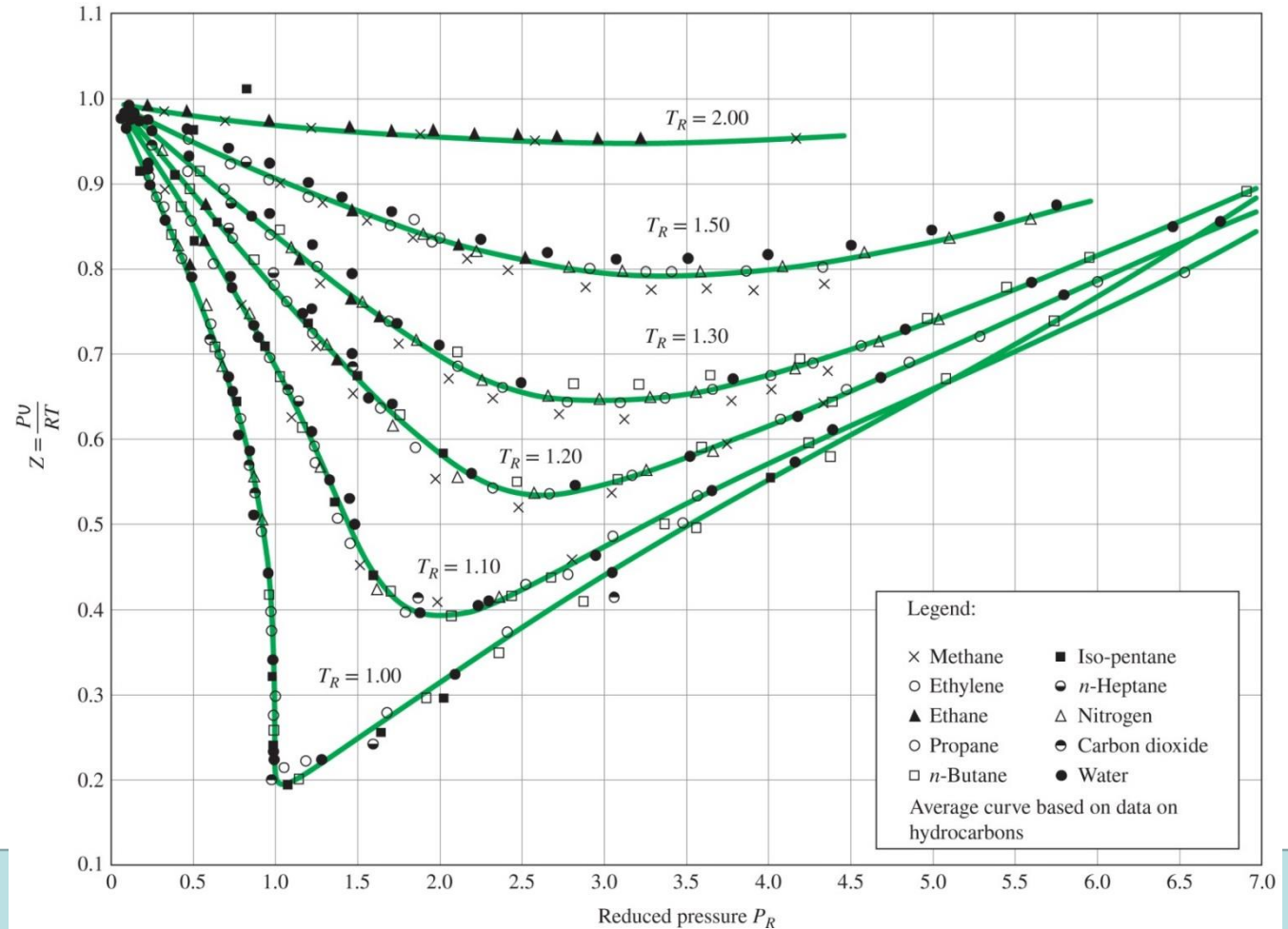
Sıkıştırılabilirlik çarpanı (Z), P_R ve v_R değerlerinden de elde edilebilir.

SIKIŞTIRILABİLME ÇARPANI

İndirgenmiş
basınç

İndirgenmiş
sıcaklık

İndirgenmiş
özellik hacim



DİĞER HAL DENKLEMLERİ

Van der Waals Hal Denklemi

Beattie-Bridgeman Hal Denklemi

Benedict-Webb-Rubin Hal Denklemi

Etki Katsayılı Hal Denklemi

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

‘Thermodynamics: An Engineering Approach’, 9th Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Mehmet Kanoglu, McGraw-Hill Education, 2019.

‘Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla’, Yedinci Baskıdan Çeviri, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Palme Yayıncılık, 2015.

Bu bilgi notu yukarıda verilen kitaplardan ve ilgili sunumlarından yararlanılarak/ilham alınarak hazırlanmıştır.