

Termodinamik 1

Ders 03: Saf Maddelerin Özellikleri

Saf madde → Kimyasal bileşimi her noktasında aynı ve değişmeyen maddeye SAF MADDE denir.

Örnek: Su (H_2O), azot (N), karbondioksit (CO_2), Hava, ...

↓ Farklı gazlardan oluşan ama kimyasal bileşimi her noktasında aynı olan karışım.

Yağ+suy karışımı: Saf madde değil. Neden?

Sıvı su+buz karışımı: Saf madde. Neden?

(Her iki fazında kimyasal bileşimi aynı).

Sıvılaştırılmış hava+gaz halindeki hava karışımı:

Saf madde değil. Neden?

Havada bulunan farklı gazlar, belli

basıncıta farklı sıralıklarda yoğunlaşır.

Saf maddelerin fazları: KATI/SIVI/GAZ

Faz: Fiziksel olarak belirgin sınırların içinde her noktada aynı olan belirli bir moleköl düzenini simgeler.

Karbon katı fazda: Grafit fazı

Elmas fazı

(2)

KATI $\rightarrow$ moleküller arası bağlar kuvvetli $\uparrow$

SIVI

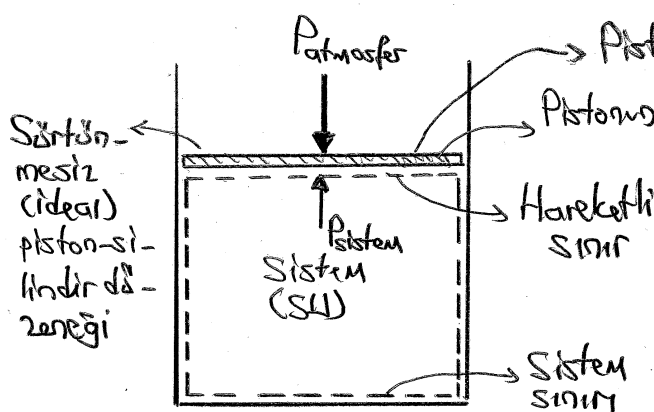
GAZ $\rightarrow$ moleküller arası bağlar zayıf $\downarrow$ Basit saf maddenin katı-sıvı-gaz denge durumu: $\hookrightarrow$ Üzerinde sadece bir yolla iş yapılabilen maddeler (Sıkıştırma, genleşme,...) $\checkmark$ Yoğun/yengin 2 adet birbirinden bağımsız özellik

Saf maddelerin faz değişimi işlemleri:

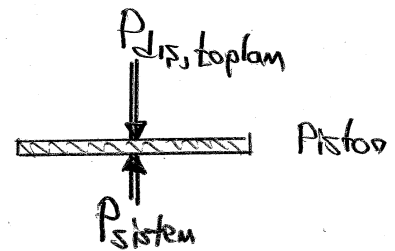
Sıvı fazı / Gaz (Buhar) fazı / Sıvı + buhar fazları karışımları

Bir piston-silindir düzenğinde saf maddenin faz değişimi işlemi:

Piston-silindir düzeni:



Sistem sınırından enerji geçişi yoksa, sistem termodinamik olarak dengededir.



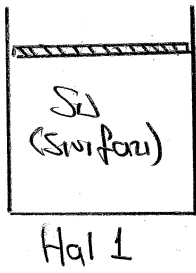
Dengede:

$$P_{dış, toplam} = P_{sistem}$$

$$P_{dış, toplam} = P_{atm} + \frac{m_{piston} \cdot g}{A_{piston}} \quad (Pa)$$

$$P_{sistem} = P_{sw} \quad (iç \text{ basınç})$$

(3)

Suyun faz değişimi:

2 değişim özelliği $\rightarrow P_1$ ve T_1 / P_1 ve v_1 / T_1 ve v_1 / (Birbirinden bağımsız 2 özellik)

$$P_1 = 1 \text{ atm } (\approx 100 \text{ kPa}), 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$v_1 = 0,001002 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\rho_1 = 998 \text{ kg/m}^3$$

Sistem $\rightarrow$ Su (Sıvı faza)

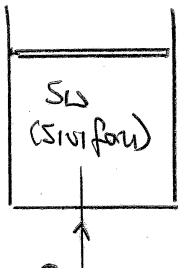
Sıkıştırılmış Sıvı (SS)

Sğutulmuş Sıvı (SS)

(Su henüz buharlaşma aşamasında değil)

Suyun basıncı;
ancak üzerindeki
 $P_{\text{atm}} + P_{\text{piston}} = P_{\text{sis, toplam}}$
basıncı değişirse, değişir.

Sabit basınç işlemi $\rightarrow$ İZOBARİK $\rightarrow$ Piston-silindir dengesi



Hal 2

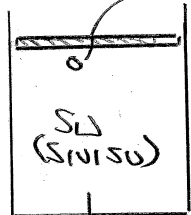
$$P_2 = P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$T_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$v_2 = 0,001008 \text{ m}^3/\text{kg}$$

(S.S.) sıkıştırılmış sıvı

$$Q_{\text{ısı}} \Rightarrow \begin{array}{|c|} \hline v_2 > v_1 \\ \hline T_2 > T_1 \\ \hline \end{array} \text{ Özgül hacim ve sıcaklık arttı.}$$



ilk buhar tanecığı oluşuyor

$$P_3 = P_2 = 1 \text{ atm} \approx 100 \text{ kPa}$$

$$T_3 = 100^\circ\text{C } (99,61^\circ\text{C})$$

$$v_3 = 0,001043 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$Q_{\text{ısı}} \Rightarrow \begin{array}{|c|} \hline v_3 > v_2 \\ \hline T_3 > T_2 \\ \hline \end{array} \text{ Özgül hacim ve sıcaklık arttı.}$$

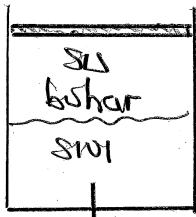
Birbirinden bağımsız
2 değişim özelliği

$$P_3 \text{ ve } v_3 \text{ ?}$$

$$T_3 \text{ ve } v_3$$

Su; sıvı halde ve ilk buhar tanecığı oluşuyor. Faz değişimi (sıvı $\rightarrow$ buhar) başlamak üzere. Doymuş Sıvı (D.S.)

(4)



Hal 4

$$P_4 = P_3 = 1 \text{ atm}$$

$$T_4 = 100^\circ\text{C}$$

$$v_4 = 1,0036 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Dikkat: P_4 ve T_4 birbirinden bağımsız değil, faz değişimi başlamış.

 $Q_{ısı} \Rightarrow$

$$\frac{v_4 > v_3}{T_4 = T_3}$$

Özgöl hacim arttı.

Sıcaklık sabit kaldı.

Isı geçişi devam ediyor ve özgül hacim artıyor.

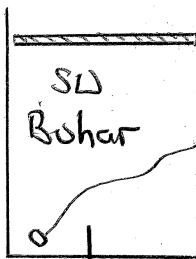
P_4 ve T_4 sabit hale geldi.

Faz değişimi başlamış ve sıvı buhara dönüşüyor.

P_4 ve v_4 } Birbirinden bağımsız 2
 T_4 ve v_4 } yoğun (yoğun) özellik

Doymuş sıvı doymuş buhar karışımı (DS-DB karışımı)

ISLAK BUHAR



son sıvı taneği buharlaşıyor

Hal 5

$$P_5 = P_4 = 1 \text{ atm}$$

$$T_5 = 100^\circ\text{C}$$

$$v_5 = 1,6720 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\frac{v_5 > v_4}{T_5 = T_4}$$

Özgöl hacim arttı

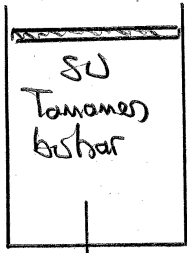
Sıcaklık sabit kaldı.

Son sıvı taneği buharlaşıyor ve faz değişimi bitiyor.

Doymuş Buhar (D.B.)

(Yoğuşma sınırındaki gara doymuş buhar denir).

(5)



Hal 6

$$P_6 = P_5 = 1 \text{ atm}$$

$$T_6 = 200^\circ\text{C}$$

$$v_6 = 2,1724 \text{ m}^3/\text{kg}$$

 $Q_{\text{ısı}} \Rightarrow$

$$\frac{v_6 > v_5}{T_6 > T_5}$$

Özgöl hacim
arttı, sıcaklık
arttı.

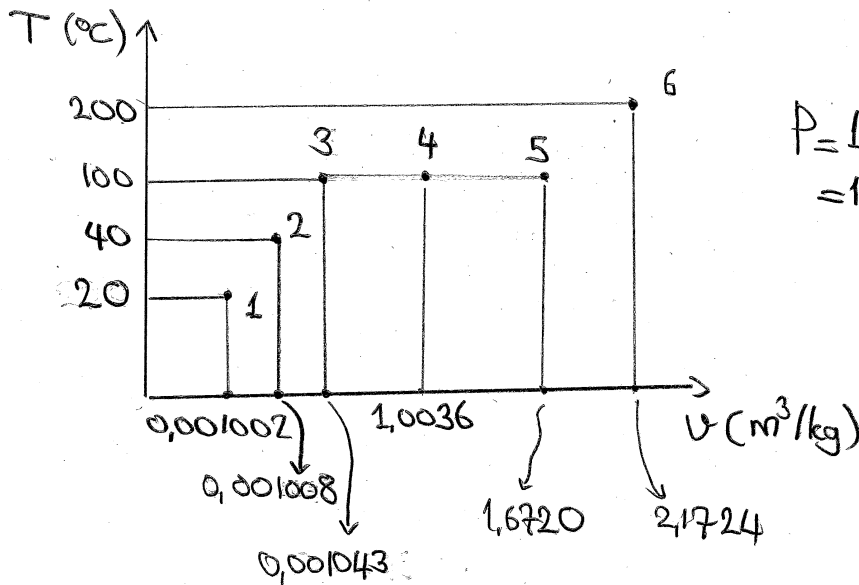
Far değışimini bitti.

Dışarıya ısı tamamen
buhar (gaz) oldu.

Kızgın Buhar (K.B.)

Kızgın buhar sabit basınç altında SOĞUTULURSA 6.halden 1.hale doğru benzer yollar izlenerek sıvı su (S.S.) elde edilir.

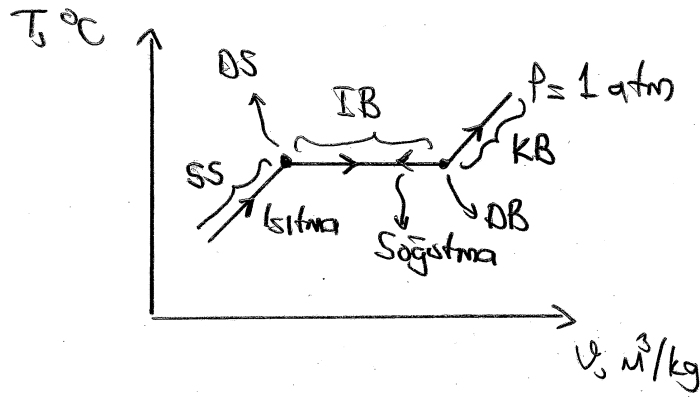
Sıcaklık-özgül hacim diyagramı:



$$P = 1 \text{ atm} \\ = 100 \text{ kPa (Sabit)}$$

- Haller {
- 1 ve 2 → Sıkıştırılmış Sıvı (SS)
 - 3 → Doymuş Sıvı (DS)
 - 4 → Islak Buhar (IB), (DS-DB karışımı)
 - 5 → Doymuş Buhar (DB)
 - 6 → Kızgın Buhar (KB)

(6)



SİSTEM
ISIL ENERJİ
SS } Döşüyor ISI
KB }
IB } Girdi ISI

Su, 1 atm basınçta 100°C sıcaklıkta kaynar.

$100\text{ kPa} \rightarrow \sim 100^{\circ}\text{C}$

$500\text{ kPa} \rightarrow 151,83^{\circ}\text{C}$

Suyun kaynamaya başladığı sıcaklık, basınca bağılıdır.

Verilen bir basınçta saf maddenin faz değişimine başladığı sıcaklığa DOYMA sıcaklığı denir.

$$T_{\text{doyma}} = T_d \rightarrow (T_3 = T_4 = T_5 = 100^{\circ}\text{C}, 1\text{ atm}), (\text{Su})$$

Saf maddenin faz değişimine başladığı basınç ise DOYMA basıncı olarak tanımlanır.

$$P_{\text{doyma}} = P_d \rightarrow (P_3 = P_4 = P_5 = 1\text{ atm}, 100^{\circ}\text{C}), (\text{Su})$$

	T_{doyma}	P_{doyma}
Su 1 atm	-10°C	0,26 kPa
	0°C	0,61 kPa
	100°C	101,325 kPa
	200°C	1554,9 kPa

$$P_{\text{doyma}} = f(T_{\text{doyma}})$$

(7)

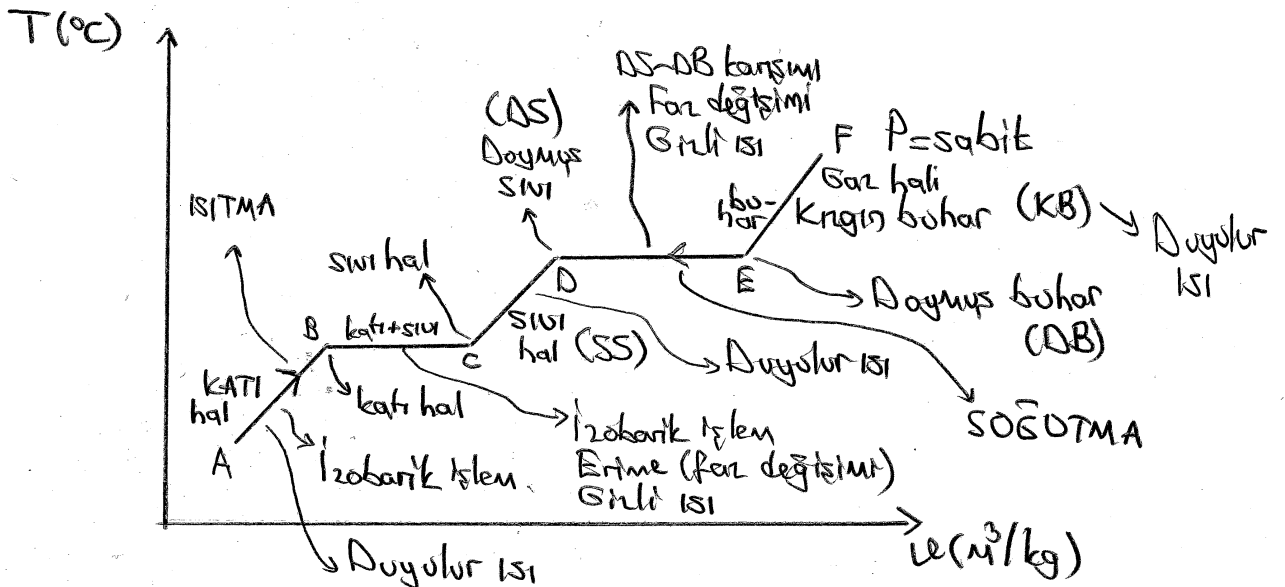
Gizli Isı → Bir sıvıyı buharlaştırmak için büyük miktarda ısı enerjisi (sınırdan ısı girişi) gerekir.

Faz değişimi süreci boyunca sistemdeki enerjinin adı gizli ısıdır. Tüm enerji (sınırdan giren tüm enerji) faz değişimine harcandığı için sıcaklık sabit kalır. (Sistemin sıcaklığı).

Donma - Erime
Buharlaşma - Yoğuşma } Gizli ısı içerir.

Buharlaşma süreci boyunca gelen enerjiye (gerekten enerjiye)
"Gizli Buharlaşma Isısı" denir. (Yoğuşmaya da eşittir).

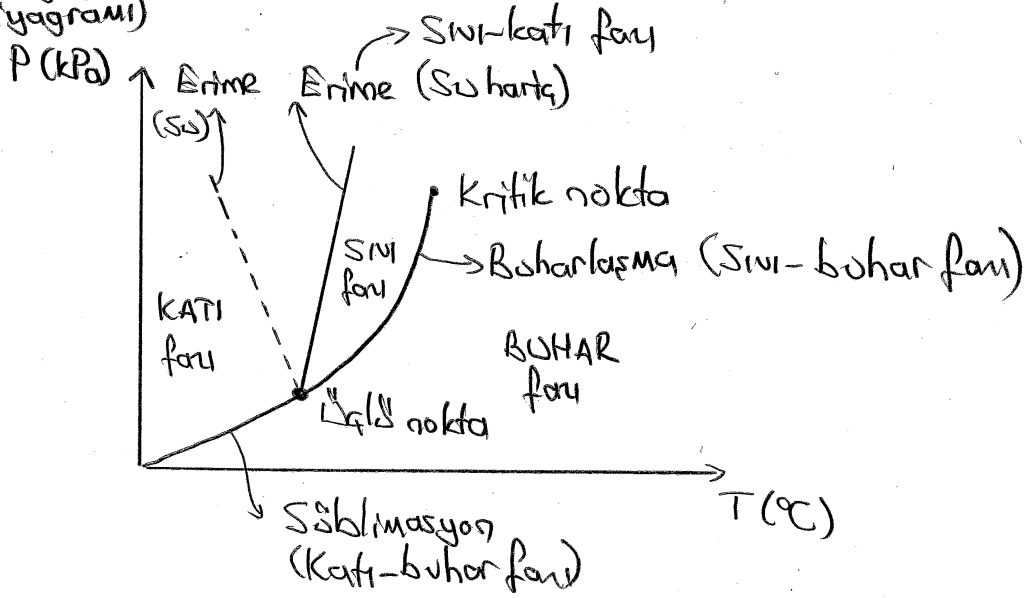
Saf maddenin T-ve diyagramı (Su harik):



8

Sıvıdan katıya faz değişimi sırasında bütün maddenin hacmi azalır. Ama suyun hacmi artar. Bu nedenle suyun T- ρ diyagramı diğerlerinden farklıdır. $\rightarrow$ Araştırma bir bilgi notu oluşturunuz.

P-T diyagramı:
(FAZ diyagramı)



Araştırma konuları:

Gizli ısıya dönüşüm ısıları

Buharlaşma ısıları / Buharlaşma entalpileri

Sıvı-buhar doyuma eğrileri

Kritik nokta

Dönüşüm noktası / Dönüşüm doğrusu

P (kPa) - ρ (kg/m³) diyagramı

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

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

“Termodinamiğin Temelleri”, SI Basım, Claus Borgnakke, Richard E. Sonntag, Sekizinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, çeviri editörü yardımcıları arasında yer almaktadır), Palme Yayıncılık, 2018, Ankara.

“Principles of Engineering Thermodynamics”, SI Edition, John R. Reisel, Cengage Learning, 2016.

“Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla”, Yedinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, editör yardımcıları arasında yer almaktadır), Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Palme Yayıncılık, 2015.

“Engineering Thermodynamics”, 8th Edition, Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, John Wiley, 2014.

Bu bilgi notunun bazı bölümleri, yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

“Termodinamik 1” derslerine ait bilgi notları; Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hüseyin GÜNERHAN tarafından çeşitli kaynaklardan da yararlanılarak ve emek ve zaman harcanarak hazırlanmış özgün bir eserdir. İzin alınmadan çoğaltılması ve kullanılması telif hakları gereği yasaktır.

(Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Kanun Numarası: 5846, Kabul Tarihi: 5/12/1951, Yayımlandığı Resmi Gazete: 13/12/1951 Sayı: 7981, Yayımlandığı Düstur: Tertip 3 Cilt 33 Sayfa 49).