

ترمودینامیک

جلسه چهارم

مدرس:

"مریم براتی"

"دکتری مهندسی شیمی"

"دانشکده فنی و حرفه ای شهید رجایی"



ادامہ فصل دوم:

خواص مادہ خالص

بررسی جدول های ترمودینامیکی و استفاده از آنها

اولین قدم برای تعیین خواص ، تعیین فاز است .



برای آب جدول های $A-4$ و $A-5$ برای حالت اشباع ، جدول $A-6$ برای بخار فوق گرم و جدول $A-7$ برای مایع متراکم است .



$$\text{water} \begin{cases} A-4 \\ A-5 \end{cases} \begin{matrix} T \\ P \end{matrix} \Rightarrow \text{Saturated}$$

$$A-6 \Rightarrow \text{Super Heated Vapor}$$

$$A-7 \Rightarrow \text{Compressed Liquid}$$





روش تشخیص فاز (هنگامیکه دما و فشار معلوم باشند)

اگر فشار معلوم باشد:

$$\text{if: } P_{\text{given}} \xrightarrow{A-5} T_{\text{sat}} \begin{cases} \text{if: } T_{\text{given}} > T_{\text{sat}} \rightarrow \text{superheated vapor} \\ \text{if: } T_{\text{given}} < T_{\text{sat}} \rightarrow \text{compressed liquid} \end{cases}$$

توضیح: اگر فشار معلوم باشد به جدول A-5 می‌رویم، T_{sat} برای آن فشار را می‌خوانیم. اگر دمای داده شده از T_{sat} بزرگتر بود، فاز بخار فوق گرم است. اما اگر دما از کوچکتر بود فاز مایع متراکم است.



اگر دما معلوم باشد :

$$\text{if: } T_{\text{given}} \xrightarrow{A-4} P_{\text{sat}} \begin{cases} \text{if: } P_{\text{given}} > P_{\text{sat}} \rightarrow \text{compressed liquid} \\ \text{if: } P_{\text{given}} < P_{\text{sat}} \rightarrow \text{superheated vapor} \end{cases}$$

توضیح : اگر دما معلوم باشد به جدول A-4 می‌رویم . P_{sat} را برای آن دما می‌خوانیم ، اگر فشار داده شده از P_{sat} بزرگتر بود فاز مایع متراکم است . اما اگر فشار داده شده از P_{sat} کوچکتر بود فاز بخار فوق گرم است

نکته : برای تشخیص فاز آب می‌توان از دیاگرام P-T هم استفاده کرد .

نکته : ابتدا با توجه به جداول A-4 و A-5 (برای آب) فاز را تشخیص می‌دهیم . سپس با توجه به جداول A-6 (برای بخار فوق گرم) و A-7 (برای مایع متراکم) بقیه خواص را بدست می‌آوریم .



مثال:

$$\begin{cases} T_1 = 100^\circ\text{C} \\ P_1 = 125\text{KPa} \end{cases} \xrightarrow{A-5} T_{\text{sat}} = 105.99^\circ\text{C}$$

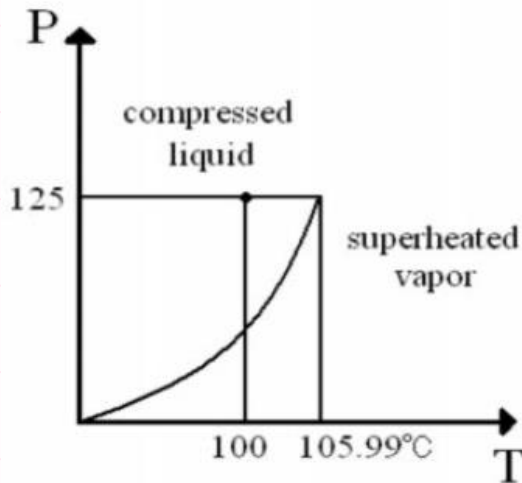


$$T_1 < T_{\text{sat}} \rightarrow \text{compressed liquid}$$

پس فاز آن مایع متراکم است.



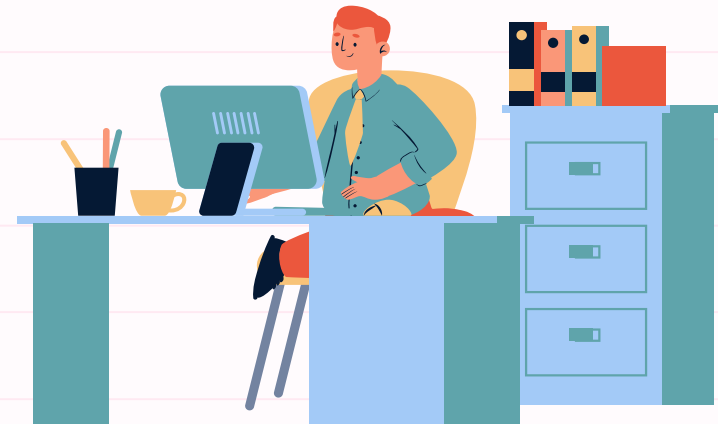
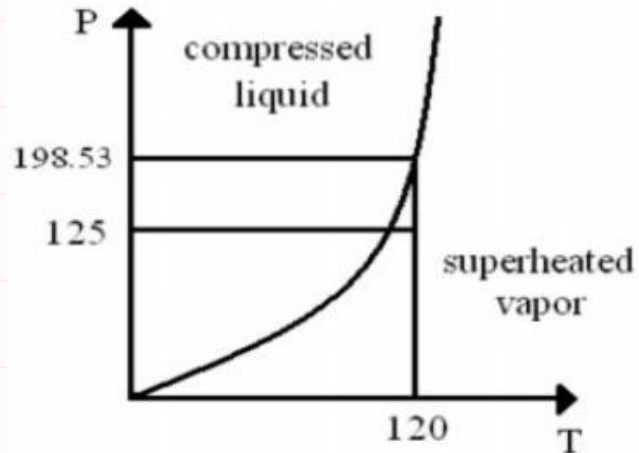
همچنین می توانستیم از دیاگرام P-T استفاده کنیم:



حال با توجه به جدول A-7 می توان بقیه خواص را بدست آورد.

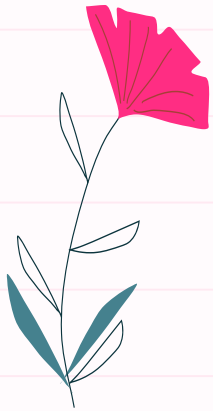
$$\begin{cases} T_2 = 120^\circ\text{C} \\ P_2 = 125 \text{ KPa} \end{cases} \xrightarrow{\text{A-4}} P_{\text{sat}} = 198.53 \text{ KPa} \quad P_2 < P_{\text{sat}} \Rightarrow \text{superheated vapor}$$

$$\begin{cases} T_2 = 120^\circ\text{C} \\ P_2 = 125 \text{ KPa} \end{cases} \xrightarrow{\text{A-4}} P_{\text{sat}} = 198.53 \text{ KPa} \quad T_2 > T_{\text{sat}} \Rightarrow \text{super heated vapor}$$

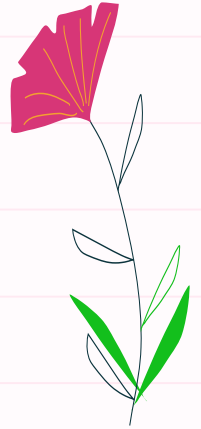


روش تشخیص فاز (هنگامی که دما و خاصیتی مثل y معلوم باشند).

($y = u, v, h, s, \dots$)



$$T_{\text{given}} \xrightarrow{A-4} y_f, y_g \begin{cases} y < y_f & \text{com.liq} \\ y > y_g & \text{sup.vapor} \\ \begin{cases} y = y_f & \text{sat.liq} \\ y = y_g & \text{sat.vapor} \end{cases} \\ y_f < y < y_g & \text{sat.mix} \end{cases}$$



توضیح: ابتدا در جدول A-4 خاصیت های y_f و y_g را در دمای داده شده می خوانیم حال y داده شده را با آنها مقایسه می کنیم تا فاز بدست آید. پس تعیین فاز از جدولهای مربوطه بقیه خواص را بدست می آوریم.

روش تشخیص فاز (هنگامی که فشار و خاصیتی مثل Y معلوم باشد.)



در اینجا از جدول A-5 استفاده می کنیم .

$$(y = u, v, h, s, \dots)$$

$$P_{\text{given}} \xrightarrow{A-5} y_f, y_g \left\{ \begin{array}{l} y < y_f \rightarrow \text{com. liq} \\ y > y_g \rightarrow \text{sup. vapor} \\ \left\{ \begin{array}{l} y = y_f \rightarrow \text{sat. liq} \\ y = y_g \rightarrow \text{sat. vapor} \end{array} \right. \\ y_f < y < y_g \rightarrow \text{sat. mix} \end{array} \right.$$



	$T^{\circ}\text{C}$	P_{KPa}	$u \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$	x	Phase	$h \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$
α	120.23	200	1719.49	0.6	Sat mixture	1825.84

از دو راه می توان فاز را تشخیص داد :

چون در این حالت کیفیت تعریف شده پس حالت اشباع است و چون $0 < x < 1$ است پس مخلوط اشباع است. برای حل این قسمت با توجه به اینکه فشار را داریم از جدول A-5 استفاده می کنیم:

$$T_{\text{sat @ 200 KPa}} = 120.23^{\circ}\text{C} \quad y = y_f + x y_{fg}$$

$$\begin{cases} u_f = 504.49 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \\ u_{fg} = 2025 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \end{cases} \Rightarrow u = u_f + x u_{fg} = 504.49 + 0.6(2025) = 1719.49 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{cases} h_f = 504.70 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \\ h_{fg} = 2201 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \end{cases} \Rightarrow h = h_f + x h_{fg} = 504.70 + 0.6(2201.9) = 1825.84 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$



	$T^{\circ}\text{C}$	P_{KPa}	$u \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$	x	Phase
b	125	232.1	1600	0.535	Sat mixture

چون دما را داده از جدول A-4 استفاده می کنیم. چون حالت اشباع است پس کیفیت معنا دارد:

$u_f < u < u_g \Rightarrow \text{saturated mixture}$ مخلوط اشباع

$$\xrightarrow[T=125]{A-4} \begin{cases} u_f = 524.74 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \\ u_g = 2534.5 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \end{cases}$$

$$x = \frac{y - y_f}{y_{fg}} = \frac{u - u_f}{u_{fg}} = \frac{1600 - 524.74}{2009.9} = 0.5349 \cong 0.535$$



$$P_{\text{sat @ } 125^{\circ}\text{C}} = 232.1 \text{ KPa}$$

	$T^{\circ}\text{C}$	P_{KPa}	$u \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$	x	Phase
C	395.55	1000	2950		Superheat vapor

چون فشار را داریم به جدول A-5 مراجعه می کنیم

$$\xrightarrow[A-5]{F=1\text{MPa}} \begin{cases} u_f = 761.68 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \\ u_g = 2583.6 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \end{cases} \quad u > u_g \Rightarrow \text{superheated vapor} \quad \text{بخار فین گرم}$$

در جدول A-6 ابتدا فشار 1MPa را پیدا می کنیم . حال با توجه به قسمت $P=1\text{MPa}$ و $u=2950$ را پیدا می کنیم چون این مقدار u در جدول نیست از روش میانه یابی که در صفحه بعد توضیح داده شده است استفاده می کنیم :

	$1\text{MPa } (T_{\text{sat}}=?)$	u	
$T=350$	_____	2875.2	
$T=?$	_____	2950	
$T=400$	_____	2957.3	

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \rightarrow \frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{u - u_1}{u_2 - u_1} \rightarrow \frac{T - 350}{400 - 350} = \frac{2950 - 2875.2}{2957.3 - 2875.2} \rightarrow T = 395.55$$

	$T^{\circ}\text{C}$	P_{KPa}	$u \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$	x	Phase
d	75	500	313.9		Compressed liquid

حالت d مایع متراکم است چون فشار از فشار اتمسفر بیشتر است پس دمای جوش آن باید از 100 بیشتر باشد در اینجا چون کمتر است پس مایع متراکم است. پس چون حالت اشباع نیست کیفیت معنا ندارد. با توجه به داده‌ها نیز می‌توان فهمید:

$$P = 500 \text{ KPa} \xrightarrow{A-5} T_{\text{sat}} = 151.86^{\circ}\text{C} \quad T_{\text{given}} < T_{\text{sat}} \rightarrow \text{compressed liquid}$$

در جدول A-7 چون فشار از 5MPa شروع می‌شود، پس باید از روش زیر استفاده کرد. (در اینجا $P=0.5\text{MPa}$ است.)

اگر در قسمت مایع متراکم فشار داده شده در جدول موجود نباشد (فشارهای موجود در جدول خیلی بیشتر از فشار داده شده باشند). می‌توان خواص را از روی جدول A-4 (در حالت اشباع) در همان دمای داده شده بدست آورد چون خواص مایعات به فشار زیاد بستگی ندارند.

$$u \approx u_f @ 75^{\circ}\text{C} = 313.90 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$h \approx h_f @ 75^{\circ}\text{C} = 313.93 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

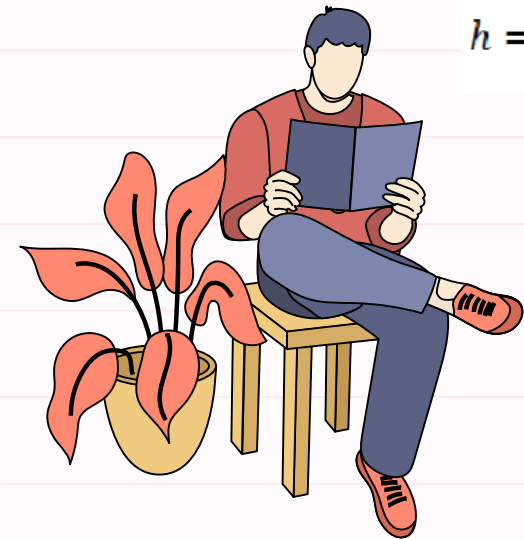
	$T^{\circ}\text{C}$	P_{KPa}	$u \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$	x	Phase
e	172.96	850	731.27	0.0	Sat liquid

چون کیفیت در آن معنا دارد پس حالت اشباع است و چون $x=0$ است مایع اشباع است.
 $T_{\text{sat}} = 172.96^{\circ}\text{C}$

$$u = u_f = 731.27 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$h = h_f = 732.22 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

در اینجا از جدول A-5 استفاده می کنیم.



پایان جلسه چهارم

