

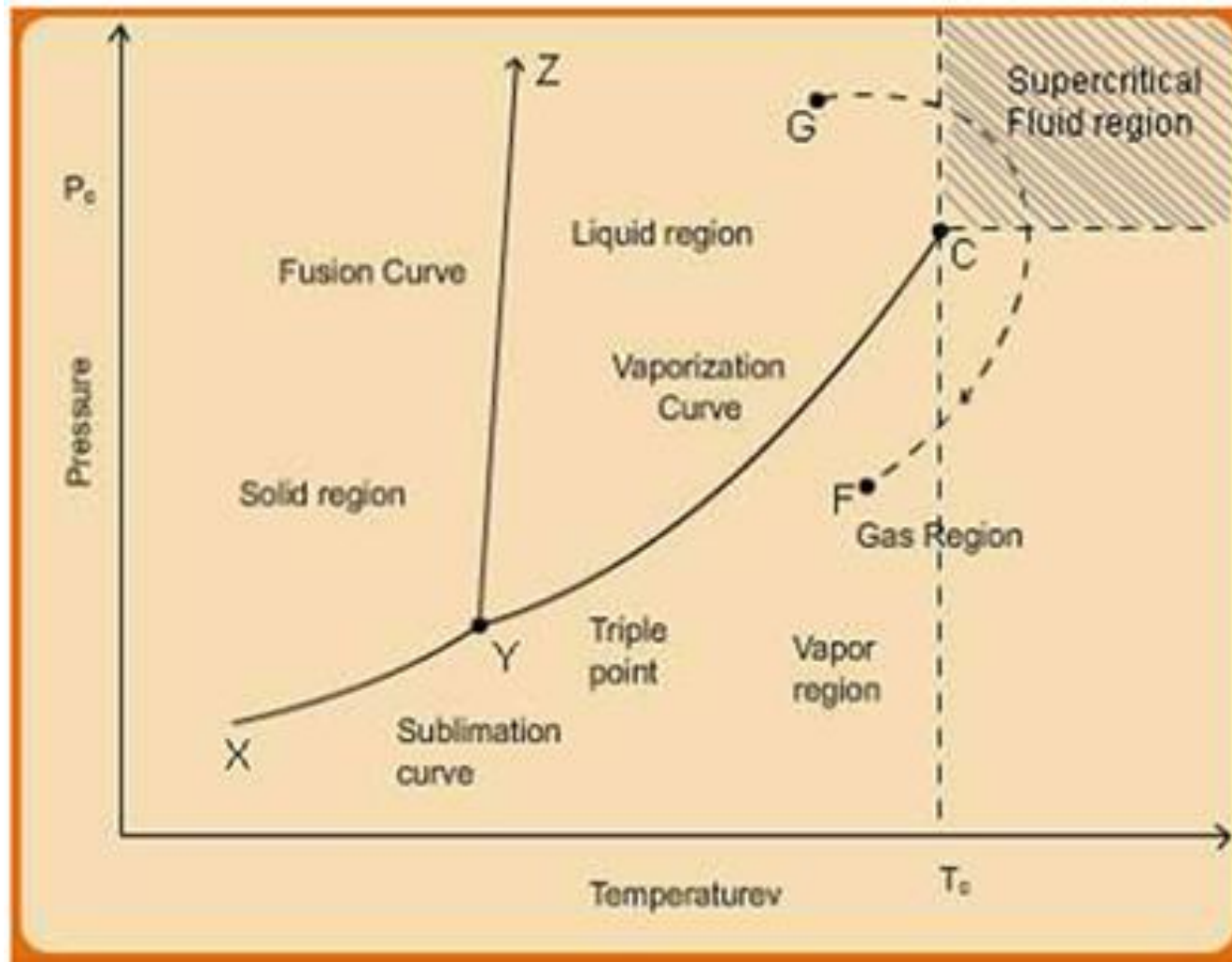
به نام خدا

ترمودینامیک مهندسی شیمی

جلسه نهم

فصل سوم

خواص حجمی سیالات خالص



X-Y: منحنی جامد-بخار (تصعید)

Y-Z: منحنی جامد-مایع (ذوب)

Y-C: منحنی تبخیر

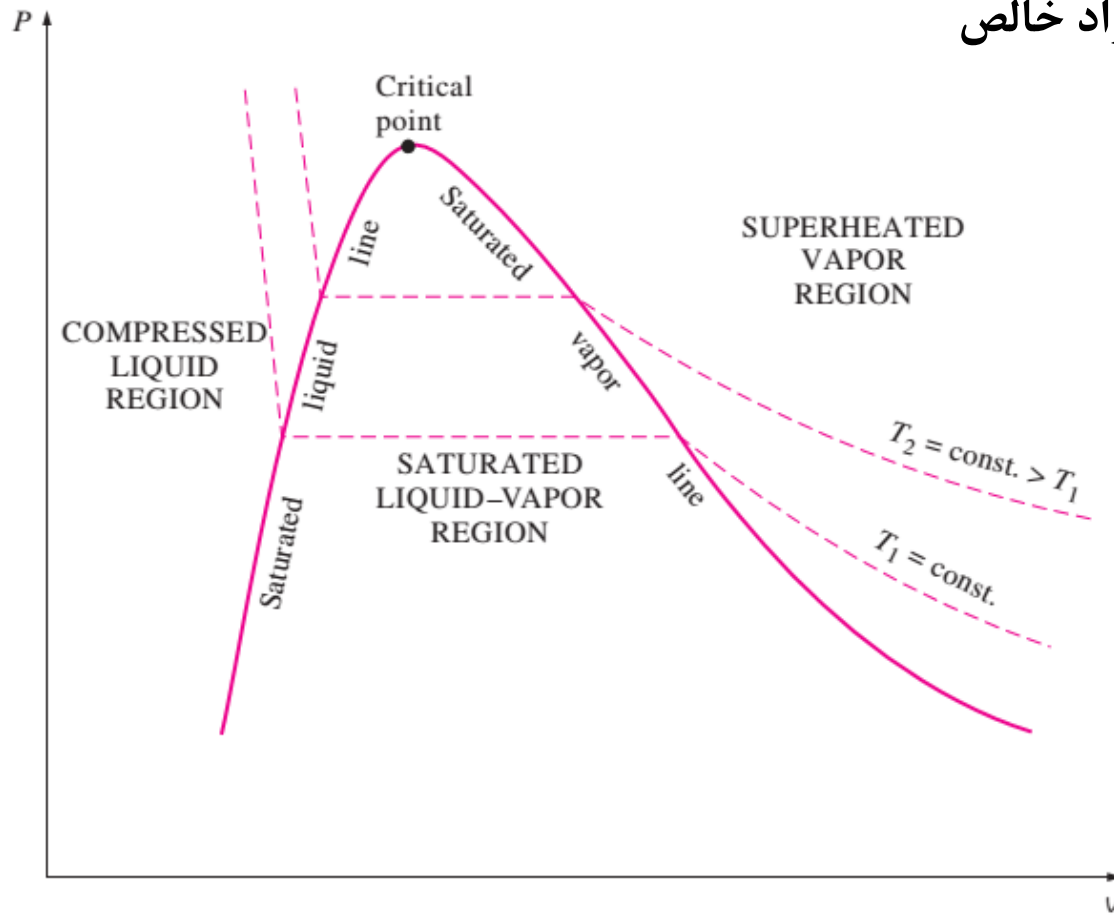
Y: نقطه سه گانه

C: نقطه بحرانی

نقاط روی خطوط: دو فازی ( $F=1$ )

نقاط بین خطوط: تک فازی ( $F=2$ )

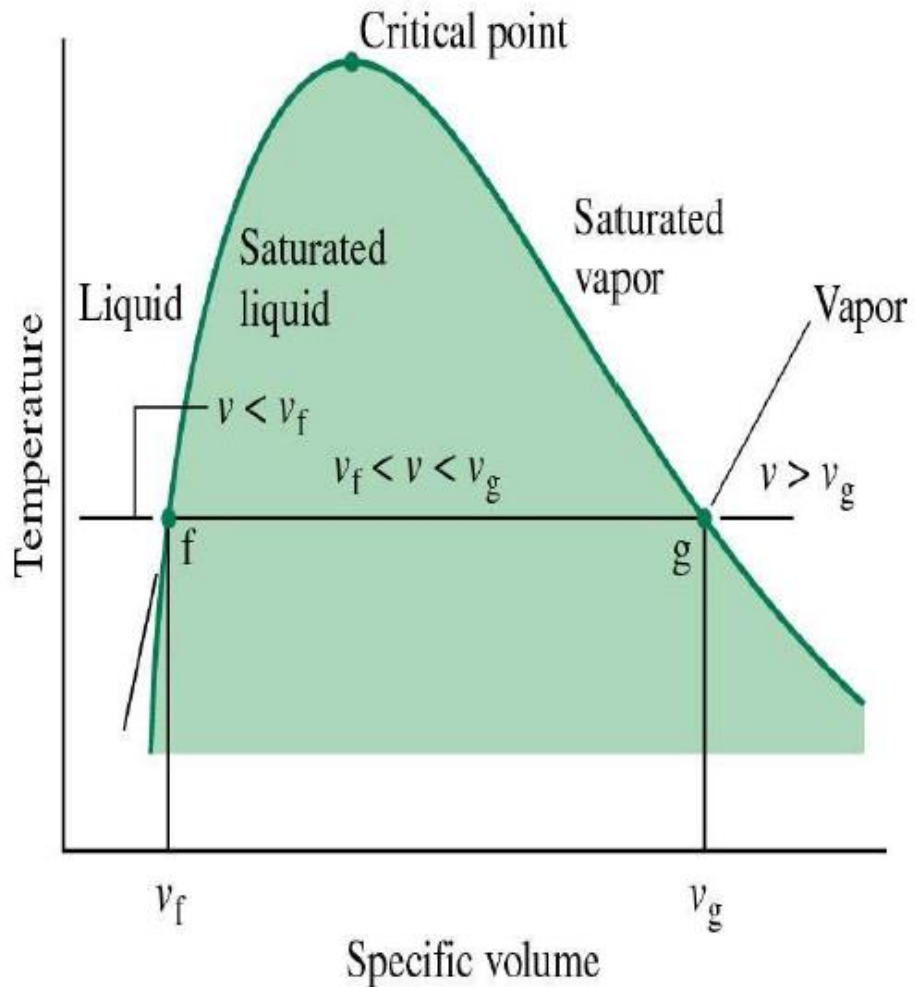
نقطه سه گانه: ( $F=0$ )



روی خط دوفازی فشار سیستم ثابت و برابر فشار اشباع ( $P^{\text{sat}}$ ) است.

مایع متراکم (مادون سرد، sub-cooled): در یک دمای مشخص فشار بیشتر از فشار اشباع و یا در یک فشار مشخص دما کمتر از دمای اشباع باشد.  
بخار فوق گرم (Superheated vapor): در یک دمای مشخص فشار کمتر از فشار اشباع و یا در یک فشار مشخص دما بیشتر از دمای اشباع باشد.

## رفتار PVT مواد خالص



compressed liquid ✓

$$p > p_{\text{sat}}$$

$$T < T_{\text{sat}}$$

$$v < v_f$$

$$u < u_f$$

two phase ✓

$$p = p_{\text{sat}}$$

$$T = T_{\text{sat}}$$

$$v_f < v < v_g$$

$$u_f < u < u_g$$

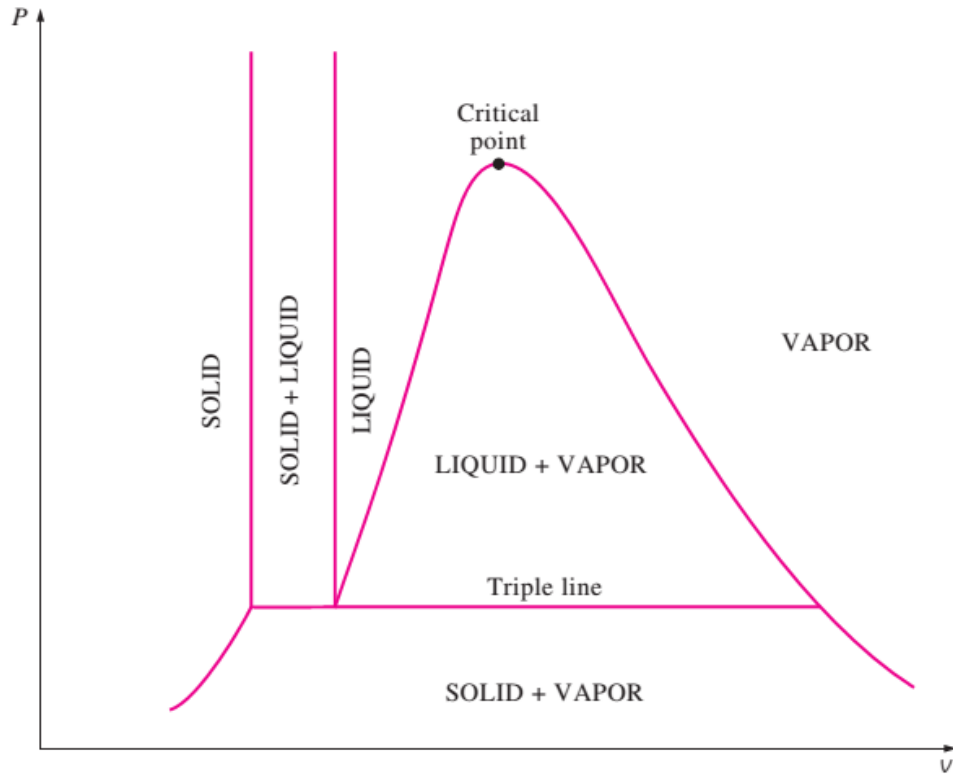
Super heated vapor ✓

$$p < p_{\text{sat}}$$

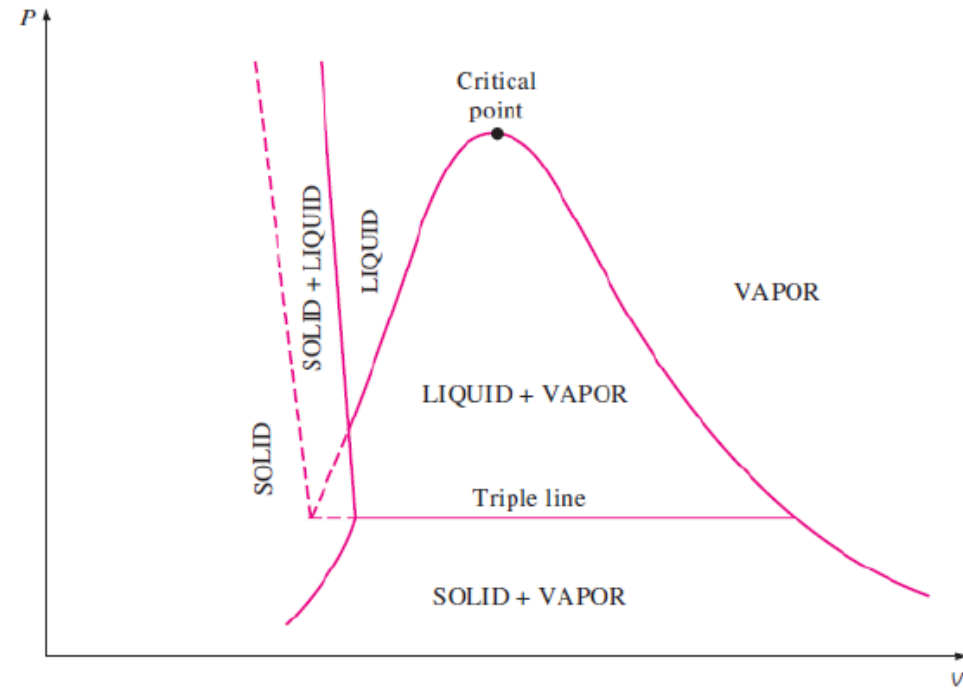
$$T > T_{\text{sat}}$$

$$v > v_g$$

$$u > u_g$$

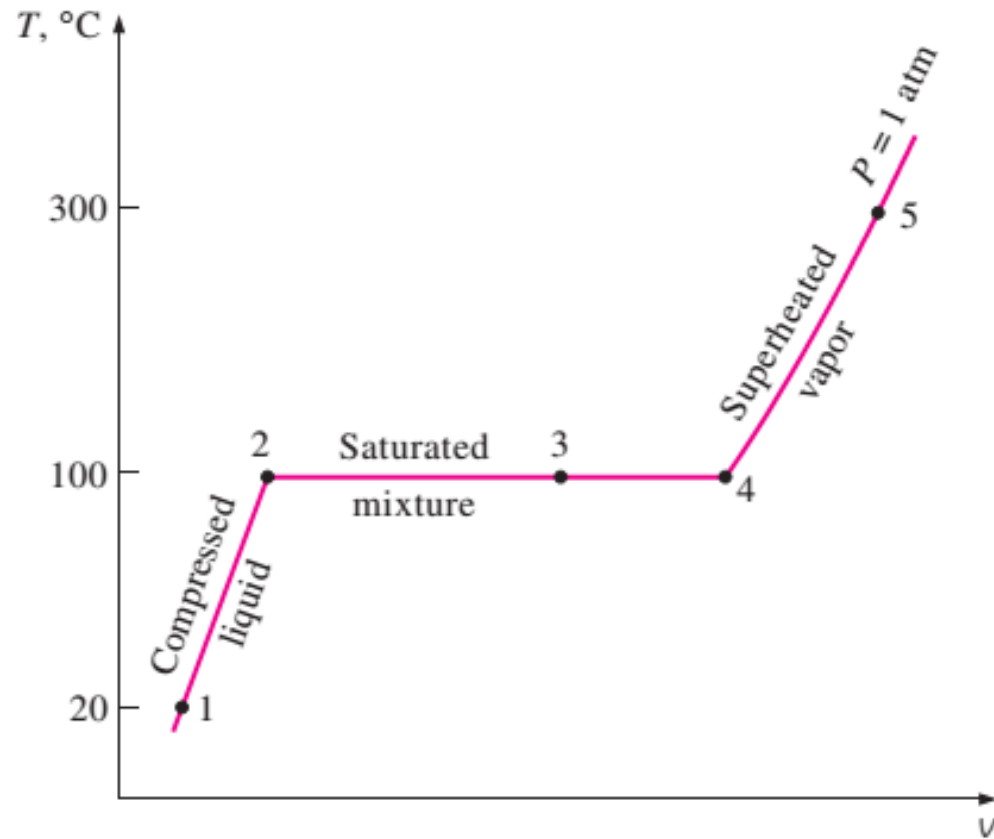


موادی که با انجماد منقبض می شوند.



موادی که با انجماد منبسط می شوند.

نمودار T-V برای فرایند گرم شدن آب در فشار ثابت



# رفتار PVT مواد خالص

جدول خواص بحرانی:

**Table B.1** Properties of Pure Species

	Molar mass	$\omega$	$T_c/K$	$P_c/\text{bar}$	$Z_c$	$V_c$ $\text{cm}^3 \text{mol}^{-1}$ or $10^{-3} \text{m}^3 \text{kmol}^{-1}$	$T_n/K$
Methane	16.043	0.012	190.6	45.99	0.286	98.6	111.4
Ethane	30.070	0.100	305.3	48.72	0.279	145.5	184.6
Propane	44.097	0.152	369.8	42.48	0.276	200.0	231.1
n-Butane	58.123	0.200	425.1	37.96	0.274	255.	272.7
n-Pentane	72.150	0.252	469.7	33.70	0.270	313.	309.2
n-Hexane	86.177	0.301	507.6	30.25	0.266	371.	341.9
n-Heptane	100.204	0.350	540.2	27.40	0.261	428.	371.6
n-Octane	114.231	0.400	568.7	24.90	0.256	486.	398.8
n-Nonane	128.258	0.444	594.6	22.90	0.252	544.	424.0
n-Decane	142.285	0.492	617.7	21.10	0.247	600.	447.3
Isobutane	58.123	0.181	408.1	36.48	0.282	262.7	261.4
Isooctane	114.231	0.302	544.0	25.68	0.266	468.	372.4
Cyclopentane	70.134	0.196	511.8	45.02	0.273	258.	322.4
Cyclohexane	84.161	0.210	553.6	40.73	0.273	308.	353.9
Methylcyclopentane	84.161	0.230	532.8	37.85	0.272	319.	345.0
Methylcyclohexane	98.188	0.235	572.2	34.71	0.269	368.	374.1
Ethylene	28.054	0.087	282.3	50.40	0.281	131.	169.4
Propylene	42.081	0.140	365.6	46.65	0.289	188.4	225.5
1-Butene	56.108	0.191	420.0	40.43	0.277	239.3	266.9
cis-2-Butene	56.108	0.205	435.6	42.43	0.273	233.8	276.9
trans-2-Butene	56.108	0.218	428.6	41.00	0.275	237.7	274.0
1-Hexene	84.161	0.280	504.0	31.40	0.265	354.	336.3
Isobutylene	56.108	0.194	417.9	40.00	0.275	238.9	266.3
1,3-Butadiene	54.092	0.190	425.2	42.77	0.267	220.4	268.7
Cyclohexene	82.145	0.212	560.4	43.50	0.272	291.	356.1
Acetylene	26.038	0.187	308.3	61.39	0.271	113.	189.4
Benzene	78.114	0.210	562.2	48.98	0.271	259.	353.2
Toluene	92.141	0.262	591.8	41.06	0.264	316.	383.8
Ethylbenzene	106.167	0.303	617.2	36.06	0.263	374.	409.4
Cumene	120.194	0.326	631.1	32.09	0.261	427.	425.6