

هواشناسی فیزیکی 1

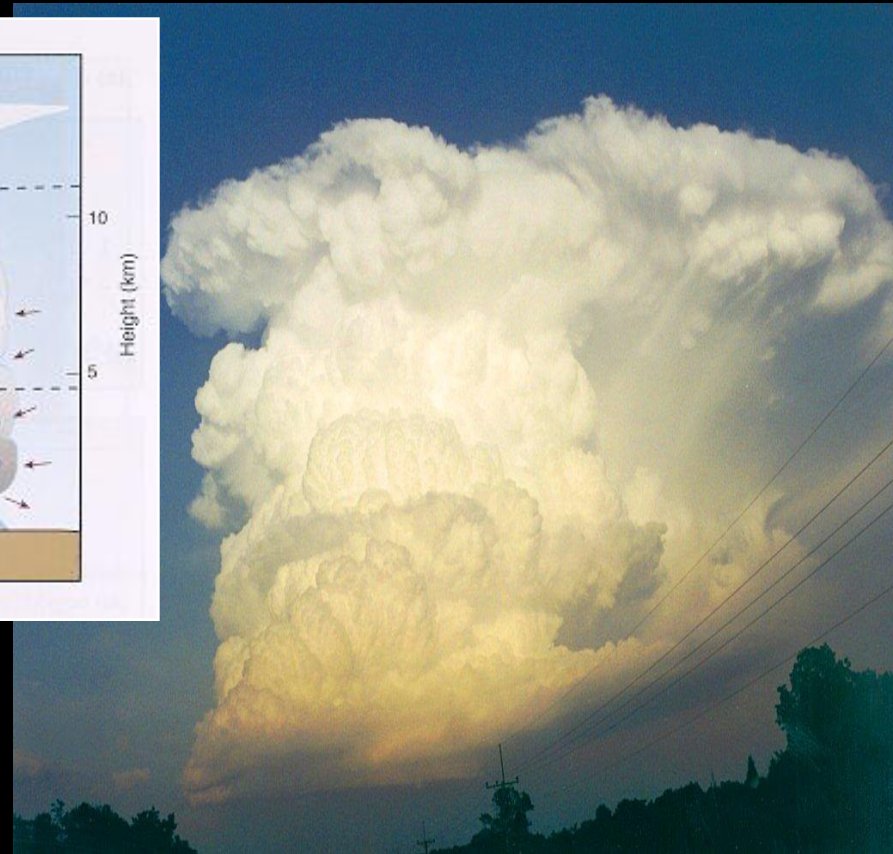
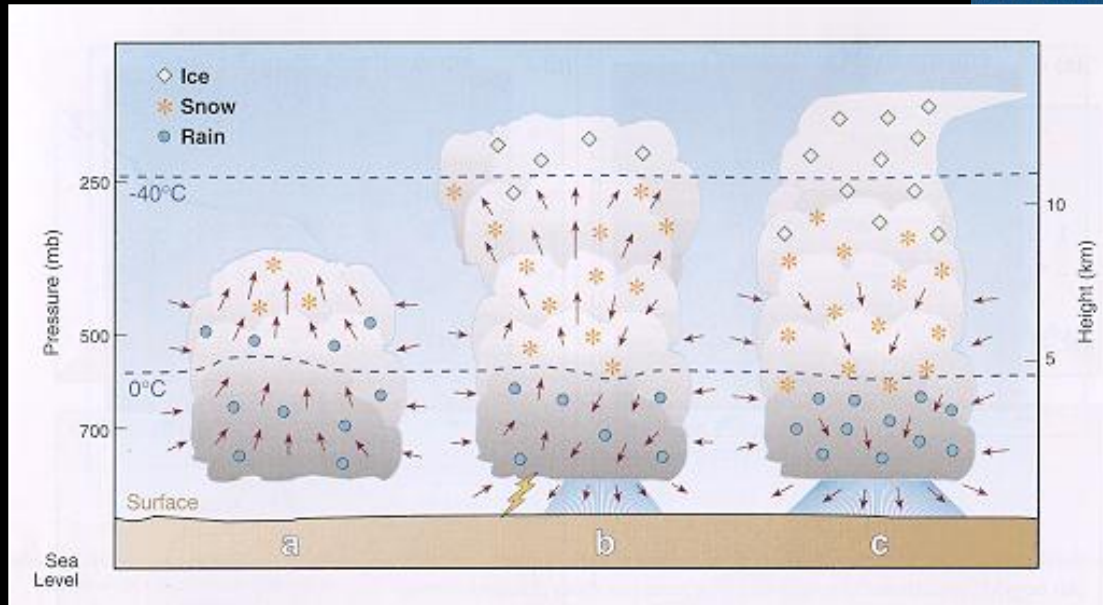
درس هشتم

صحرائی

گروه فیزیک دانشگاه رازی

<http://www.razi.ac.ir/sahraei>

Water Vapor and its thermodynamic effects



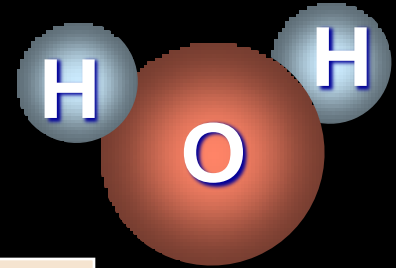
Our atmosphere contains dry air and water vapor
Clouds contain dry air, water vapor, liquid water, and ice

ترمودینامیک هوای نمناک

در جو علاوه بر اجزای تشکیل دهنده هوای خشک مقادیر متغیر بخار آب نیز موجود است.

هرگاه بخار آب از حالتی به حالت دیگر تغییر شکل دهد بعطت دفع یا جذب گرمای نهان تبدیل انرژی روی می دهد. بنابراین برای درک فرآیندهای فیزیکی که در جو روی می دهد آگاهی از ترمودینامیک نمناک ضروری است.

Water In the Atmosphere



- *Unique Substance*

States of Water		
Solid	Liquid	Gas
✕	●	☼
Snow	Rain	Water Vapor

- *Occurs in Three Phases Under Normal Atmospheric Pressures and Temperatures*
- *Gaseous State*
 - *Variable 0 – 4%*

سہ حالت آب

هرگاه بخار آب از حالت میعان یا نهشت دور باشد مثلا در شرف تبدیل به آب یا یخ نباشد تقریبا مانند گاز ایده آل رفتار می کند.

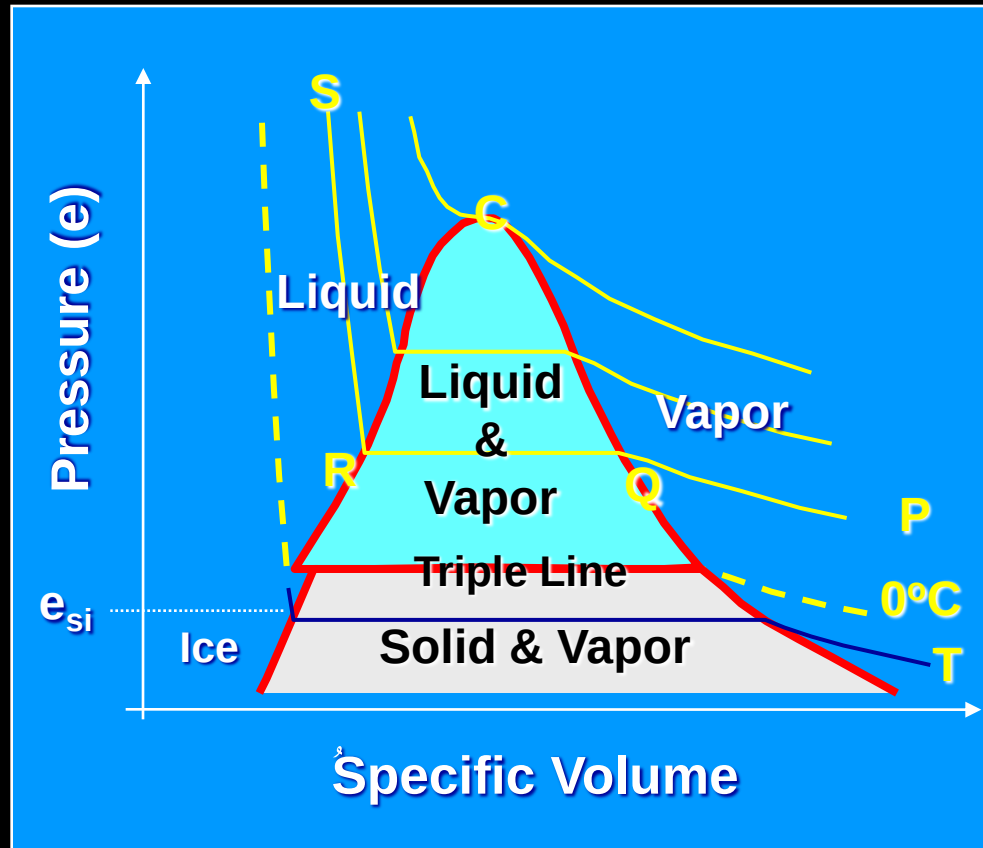
- *Phase Change (e- α Diagram)*

- *Triple Line*

- $T = 273.16K$
- $e = 6.107 mb$

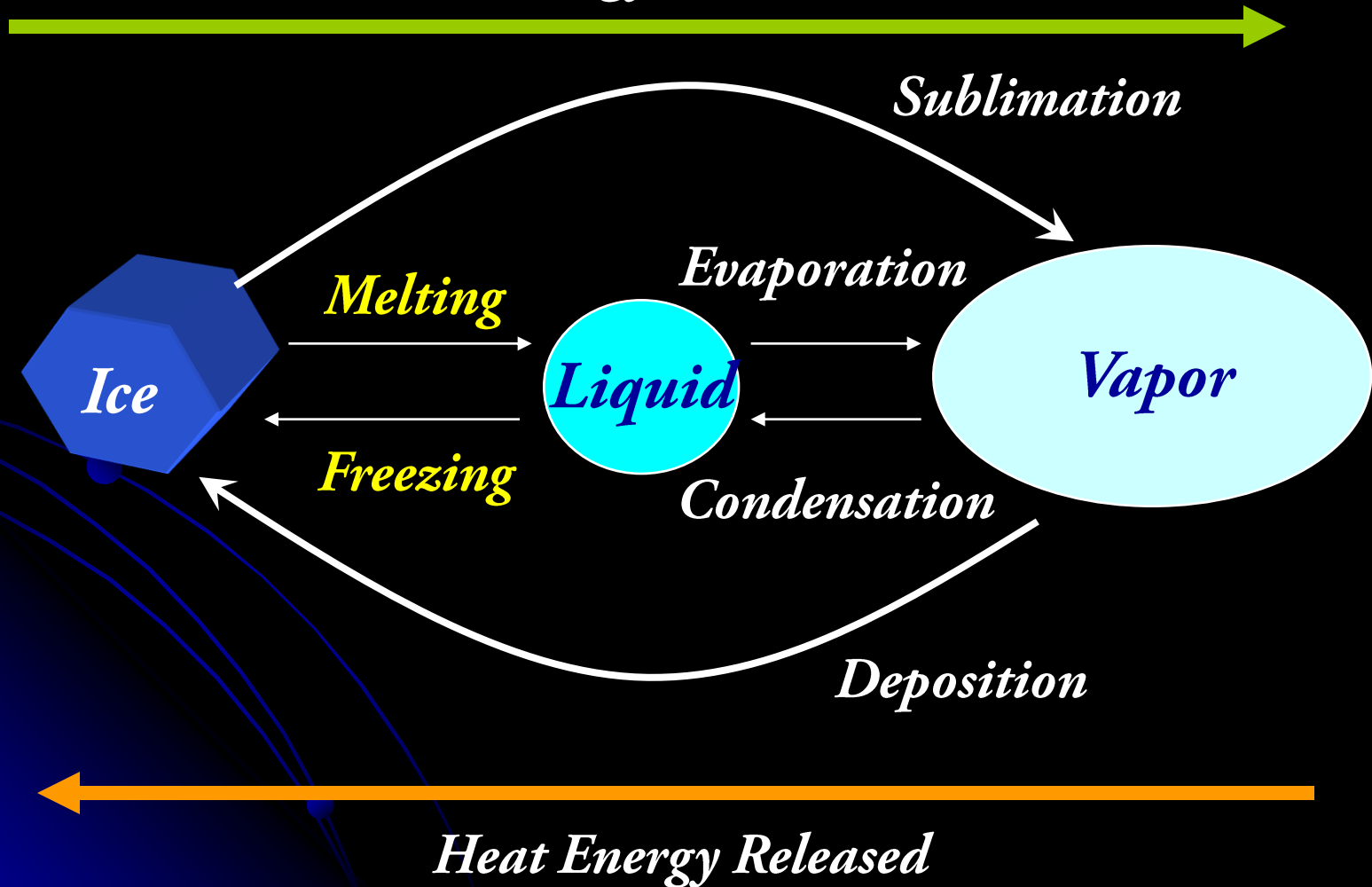
- *Critical Point*

- $T = 374^{\circ}\text{C}$
- $e = 221000 \text{ mb}$



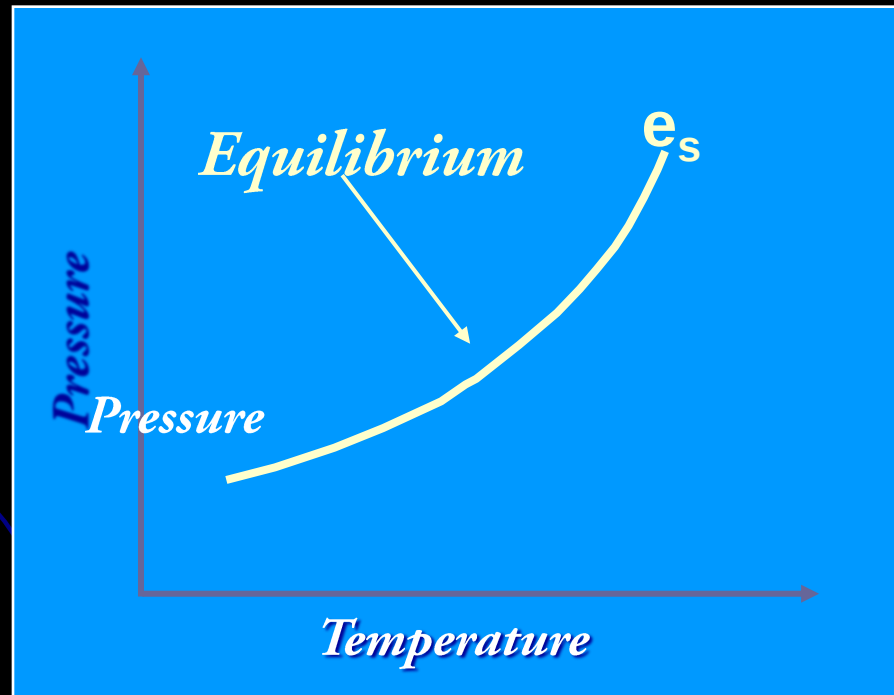
Phase Changes of Water- Latent Heat

Heat Energy Absorbed



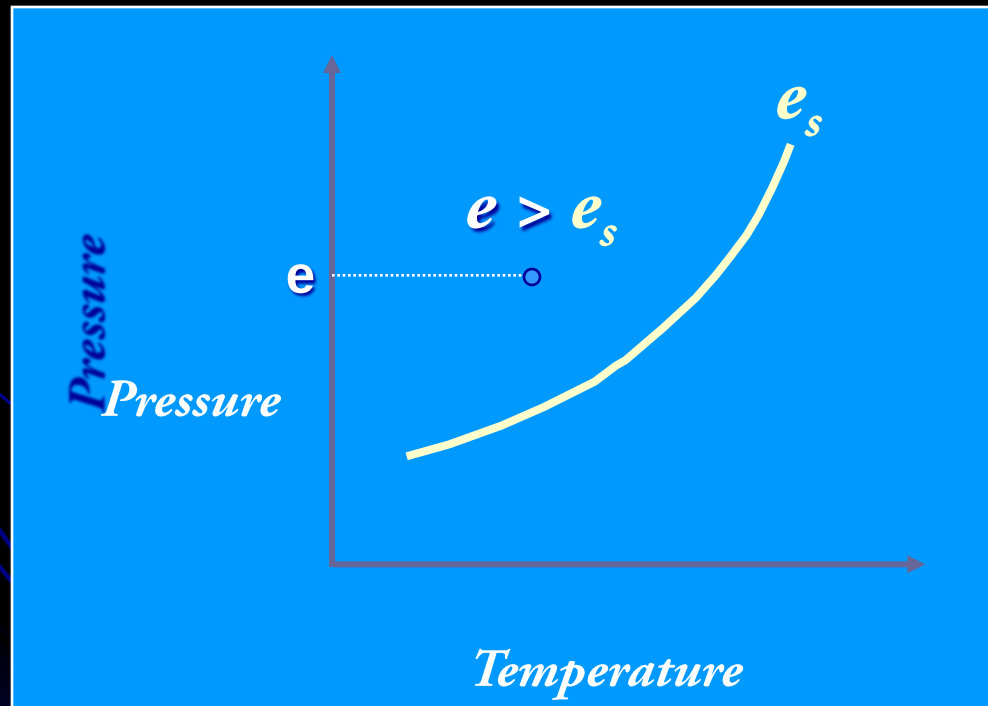
Equilibrium Curve

- *Equilibrium: Rate of condensation = Rate of evaporation*
- e_s : *water vapor pressure at equilibrium (saturation)*



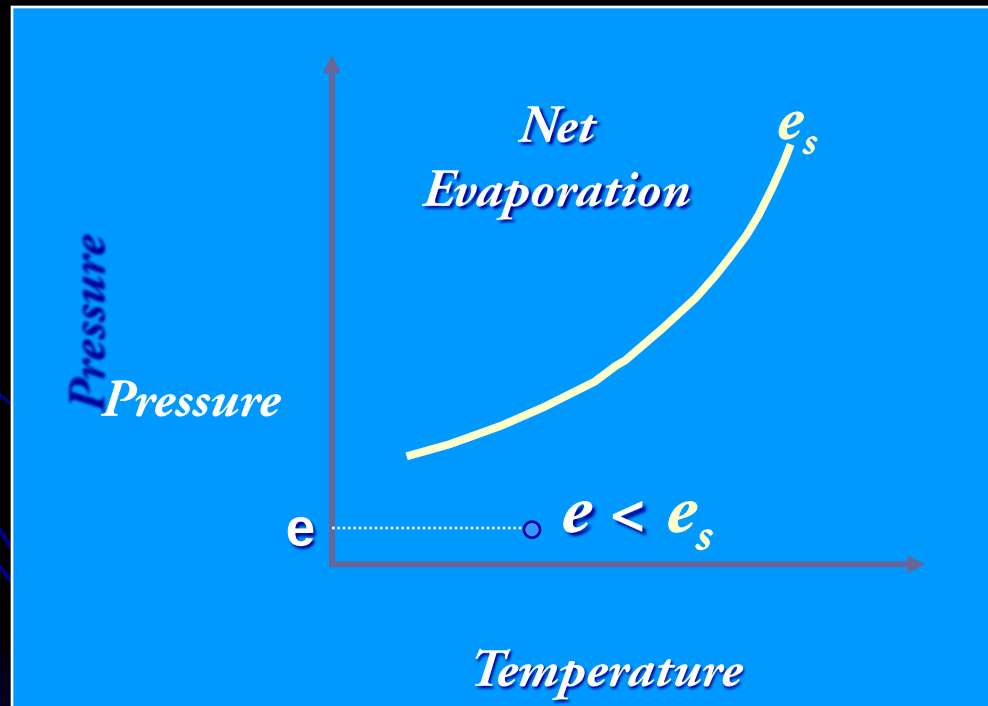
Condensation

Water Vapor Pressure > Equilibrium



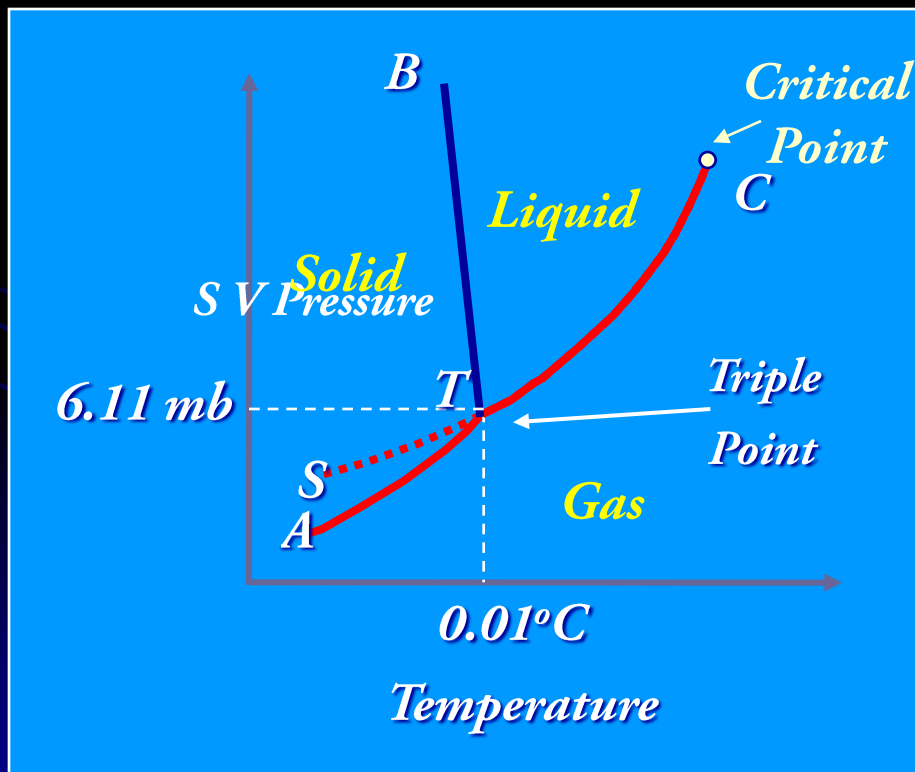
Evaporation

Water Vapor Pressure < Equilibrium



Applications of Clausius-Clapeyron Equation

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_{12}}{(\alpha_2 - \alpha_1)T}$$



$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_{wv}}{T(\alpha_v - \alpha_w)}$$

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_{iv}}{T(\alpha_v - \alpha_i)}$$

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_{iw}}{T(\alpha_w - \alpha_i)}$$

Water in Equilibrium

Critical Point:

- Thermodynamic state in which liquid and gas phases can co-exist in equilibrium at the highest possible temperature

$$T_c = 374^\circ\text{C}$$

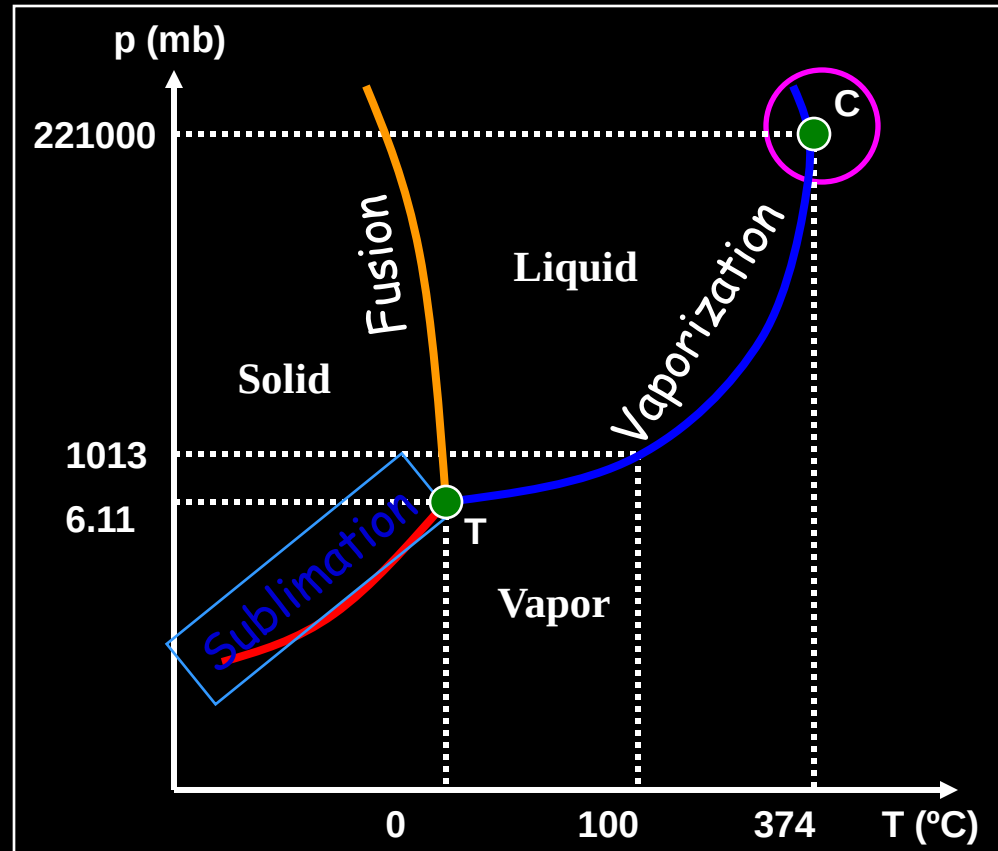
$$p_c = 221,000 \text{ mb}$$

- Above this temperature, water can **NOT** exist in the liquid phase

Other Atmospheric Gases:

$$\text{O}_2 \rightarrow T_c = -119^\circ\text{C}$$

$$\text{N}_2 \rightarrow T_c = -147^\circ\text{C}$$



$$\text{CO}_2 \rightarrow T_c = 31^\circ\text{C}$$

SATURATION VAPOUR PRESSURE

