

### HUMEDAD ATMOSFERICA

(a) El "Aire" es una mezcla de **aire seco** ( $M_d = 29 \text{ g/mol}$ ) y **vapor de agua** ( $M_v = 18 \text{ g/mol}$ ).

Luego  $p = p_d + e$ ; en que  $p_d$  es la presión parcial del aire seco y  $e$  la del vapor de agua

(b) **Ecuaciones de estado:** Vapor de agua  $e = \rho_v R_v T$  en que  $R_v = R^*/M_v = 0.461 \text{ [Joule mol}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}]$ . Aire seco  $p_d = \rho_d R_d T$  en que  $R_d = R^*/M_d = 0.286 \text{ [Joule mol}^{-1} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}]$ .

- **Humedad absoluta:**  $\rho_v = e/R_v T = 217 e/T$ , con  $e$  en [hPa] y  $T$  en [ $^\circ\text{K}$ ].

Cuando el Aire está "saturado" de vapor de agua tiene un  $e$  (**max**) =  $e_s$  que depende solo de la temperatura:  $e_s(T) = \text{ecuación de Clausius-Clapeyron}$ :

$$\frac{1}{e_s} \frac{de_s}{dT} = \frac{L_{lv}}{R_v T^2} \text{ en que } L \text{ es el calor latente asociado a un cambio de fase: } L_{lv} = 2500 \text{ [Joule g}^{-1}]$$

para cambio de fase líquida a vapor. Para cambio de sólido a vapor  $L_{lv} = 2834 \text{ [Joule g}^{-1}]$

| T             | -40   | -20  | 0    | 20    | 40    | [ $^\circ\text{C}$ ] |
|---------------|-------|------|------|-------|-------|----------------------|
| $e_s$ (agua)  | 0.189 | 1.25 | 6.11 | 23.37 | 73.78 | [hPa]                |
| $e_s$ (hielo) | 0.128 | 1.03 | 6.11 |       |       | [hPa]                |

- **Razón de mezcla:**  $r = \frac{\rho_v}{\rho_d} = \frac{e}{p_d} \frac{R_d}{R_v} = \frac{e}{p-e} 0.622$ ;  $r_s = 0.622 \frac{e_s}{p-e_s}$

- **Humedad relativa:**  $HR = \frac{r}{r_s} = \frac{e(p-e_s)}{e_s(p-e)} \cong \frac{e}{e_s}$

- **Humedad específica:**  $q = \frac{\rho_v}{(\rho_d + \rho_v)} = \frac{0.622 e}{p - 0.378 e}$ . Como en general  $p \gg e$ ,  $q \sim r$

- **Temperatura virtual  $T_v$ :** es la temperatura que una muestra de aire seco a la presión  $p$  tendría que tener para que su densidad fuese igual a la de una muestra de aire húmedo a la presión  $p$ , temperatura  $T$  y razón de mezcla  $r$ . La  $T_v$  permite escribir la ecuación de estado para el aire húmedo como:  $p = \rho R_d T_v = \rho R_M T$  en que  $R_M = R_d(1-q) + R_v q$ .

$$T_v = T(1-q + \frac{R_v}{R_d} q) = T(1 + 0.608 q) \text{ en que } R_v/R_d = 1.608.$$

- **Temperatura del punto de rocío  $T_d$ :** Al enfriar aire inicialmente a temperatura  $T$  y presión parcial  $e$  (que se conserva durante el enfriamiento), en un proceso a presión constante, se alcanza la saturación a  $T_d$ , donde  $e = e_s(T_d)$ . (Ecuación de Clausius-Clapeyron)

1. Se desea calcular el espesor de una capa de aire comprendida entre 1000 y 900 hPa de presión cuya temperatura media es de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  y cuya razón de mezcla media  $r = 0.010 = 10 \text{ g/Kg}$ . Analice la consecuencia de tomar  $T$  en lugar de  $T_v$ . (Ojo, ambas  $T$  deben estar en  $^\circ\text{K}$ )

2. Calcule la  $HR$ , *humedad absoluta* y *presión parcial de vapor* en la capa mencionada en el problema 1. ¿Cuánto vapor de agua se debería agregar a un volumen de aire de  $200 \text{ m}^3$  en el seno de dicha capa para producir saturación? ¿Cuánta energía se consumiría en el vaporizador?