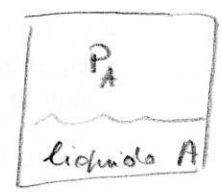
COLONNA DI DISTILLAZIONE

Introduzione: relazioni di equilibrio di liquido e vapore in miscele

LEGGE DI RAOULT

Se introduciamo un liquido A in un contenitore vuoto, si instaura una pressione P_A che dipende dalla temperatura, $P_A(T)$. Osservo che $T = P_A^{-1}(P)$ è la temperatura di ebollizione alla pressione P.



Se introduciamo un altro liquido B avverrà la stessa cosa con pressione $P_B(T)$

Se introduciamo entrambi, si instaurerà una pressione proporzionale alla porzione di A rispetto a B.

Più precisamente sia $\overline{X}_A$ le moli di liquido A

$\overline{X}_B$ le moli di liquido B

Sia $x_A = \dfrac{\overline{X}_A}{\overline{X}_A + \overline{X}_B}$ frazione molare di liquido A

$x_B = \dfrac{\overline{X}_B}{\overline{X}_A + \overline{X}_B} = 1 - x_A$ frazione molare di liquido B

Allora la pressione totale P_{Tot} sarà data da

LEGGE DI RAOULT

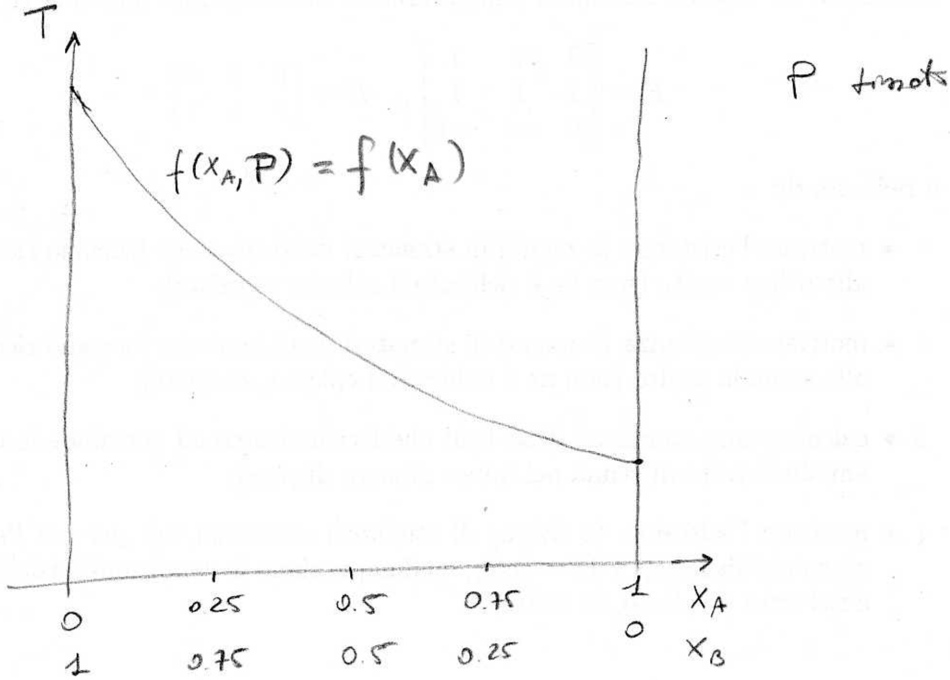
$$\boxed{P_{Tot} = P_A(T)\,x_A + P_B(T)\,x_B = P_A(T)\,x_A + P_B(T)(1-x_A)}$$

dovuta ad A

Allora fissato $P_{Tot}(T) = P$ e fissato x_A, dalla condizione precedente si può ricavare T

$$T = f(x_A, P) = f(x_A)$$

Questa temperatura può essere considerata la temperatura di ebollizione della miscela a quella pressione



LEGGE DI DALTON

Supponiamo che si sia una miscela di vapori di componenti A e B e siano y_A, y_B le loro frazioni molari (quindi $y_B = 1 - y_A$).

Allora si ha che

LEGGE DI DALTON

$$\boxed{\begin{aligned} p_A &= P_{Tot}\, y_A \\ p_B &= P_{Tot}\, y_B \end{aligned}}$$

p_A: frazione di pressione dovuta ad A

p_B: frazione di pressione dovuta a B

Quindi

$$y_A = \frac{p_A}{P_{Tot}} = \frac{P_A(T)}{P_{Tot}}\, x_A$$

Noto che fissato T otteniamo

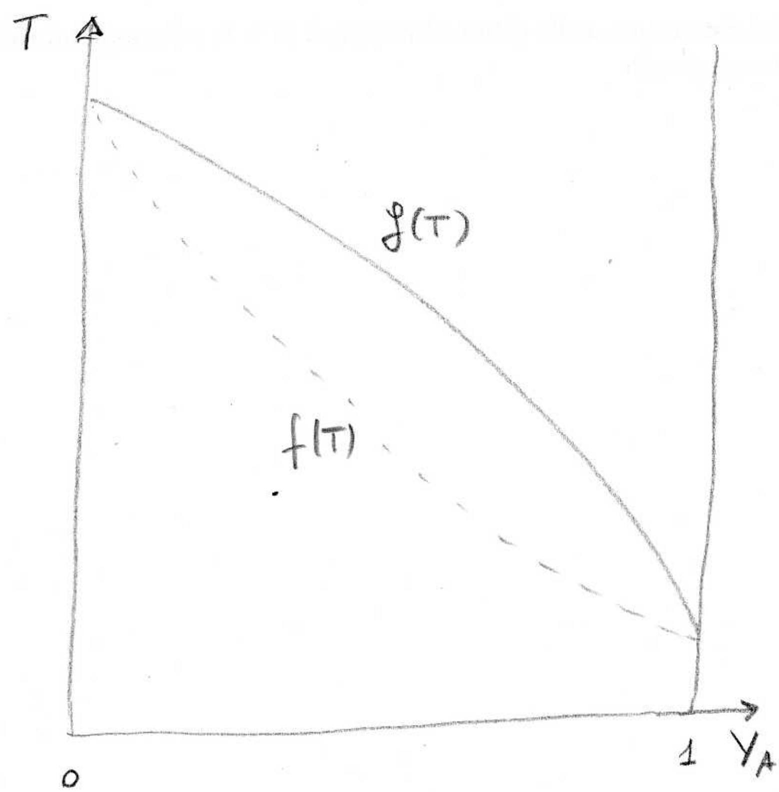
$$\begin{cases} P_A(T)\, x_A + P_B(T)\,(1-x_A) = P_{Tot} \\ y_A = \dfrac{P_A(T)}{P_{Tot}}\, x_A \end{cases}$$

$$x_A = \frac{P_{Tot} - P_B(T)}{P_A(T) - P_B(T)} = f^{-1}(T)$$

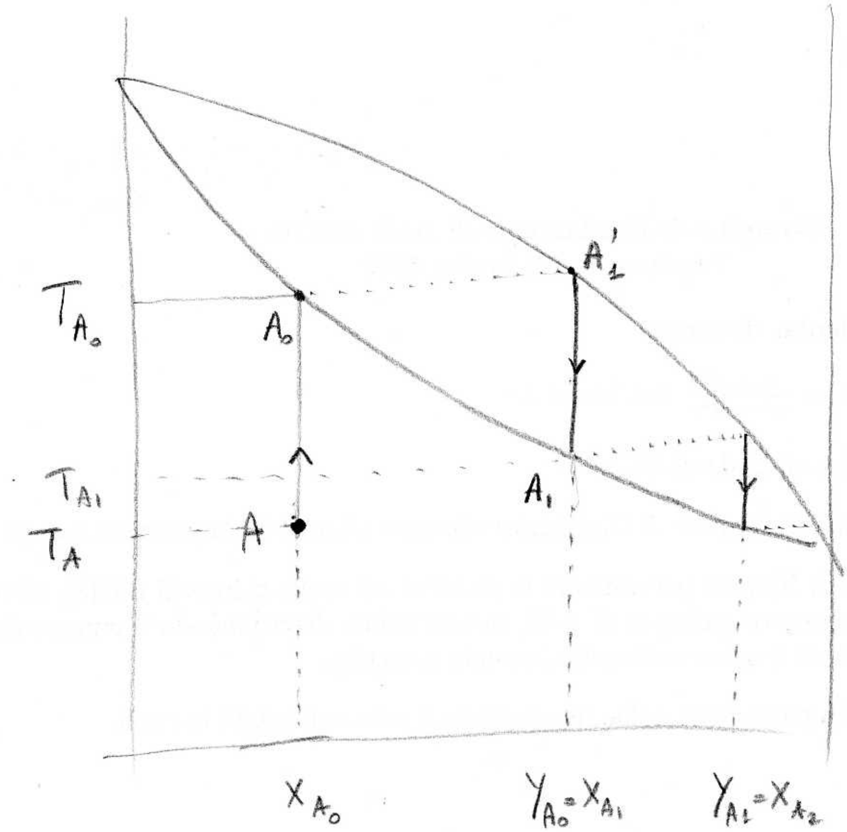
funzione inversa di
$T = f(x_A)$
P_{Tot} fissato

Risolvendo in y_A

$$y_A = \frac{P_A(T)}{P_{Tot}} \frac{P_{Tot} - P_B(T)}{P_A(T) - P_B(T)} = \frac{1 - \dfrac{P_B(T)}{P_{Tot}}}{1 - \dfrac{P_B(T)}{P_A(T)}} = g(T)$$



Quindi $g(T)$ mi dà la frazione di A nel vapore quando siamo a temperatura T



Pressione fissa

Il processo di distillazione procede nel modo seguente. Si parte dal punto A (frazione liquido X_A temperatura T_A). Si scalda la miscela fino a raggiungere la temperatura di ebollizione T_{A_0}.

In quel punto si ottiene Y_{A_0} frazione di vapore A

Nota che $Y_{A_0} = f(T_{A_0})$ che si ottiene attraverso la linea orizzontale passante per A_0 e A_1'.

A questo punto il vapore è salito e si è raffreddato e ritorna liquido con una frazione $X_{A_1} = Y_{A_0}$

Si porta alla temperatura T_{A_1} che porta alla produzione di una frazione di vapore $Y_{A_1} = f(T_{A_1})$ che poi viene raffreddato e diventa liquido con frazione

Un'oltro utile diagramma è quello che dà Y_A in funzione di X_A nei vari passi precedenti

$$\text{Dato } X_A \longrightarrow T = f(X_A) \longrightarrow Y_A = g(T) = g(f(X_A))$$

Noto che

$$Y_A = \frac{P_A(T)}{P_{Tot}} X_A = \frac{P_A(f(X_A))}{P_{Tot}} X_A$$

e quindi se $X_A = 0 \Rightarrow Y_A = 0$

se $X_A = 1 \Rightarrow P_{Tot} = P_A(T) \Rightarrow Y_A = X_A = 1$

Normalmente

$$\frac{P_A(f(x_A))}{P_{Tot}} > 1 \qquad \forall x_A$$

se B è + volatile di A (Ad esempio A = acqua, B = alcol) ?

Idealmente si ha che

$$P_A(T) = \alpha P_B(T) \qquad 0 < \alpha < 1$$

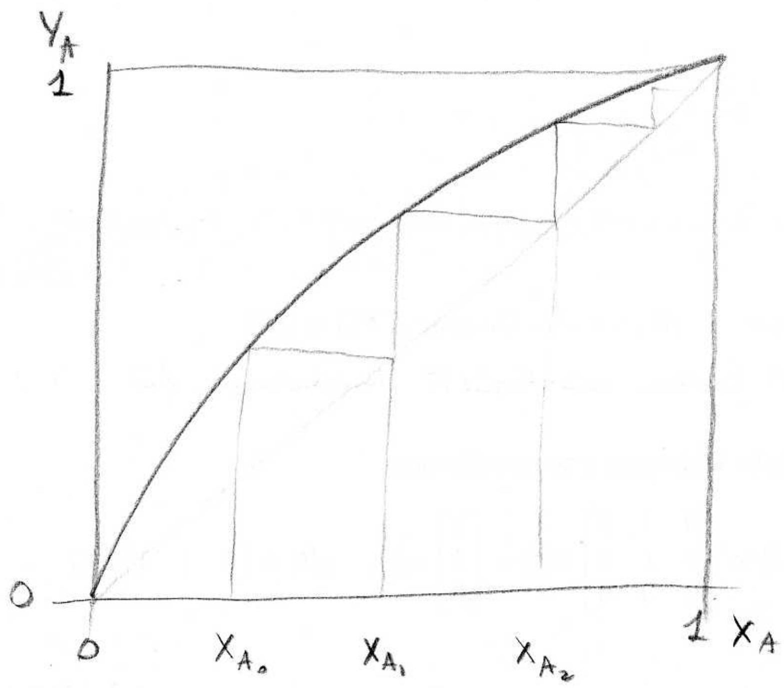
A meno volatile di B
$P_A(T) < P_B(T)$

Allora

$$\begin{cases} P_A(T) X_A + P_B(T)(1 - X_A) = P_{Tot} \\ Y_A = \dfrac{P_A(T)}{P_{Tot}} X_A \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha P_B(T) X_A + P_B(T)(1 - X_A) = P_{Tot} \\ Y_A = \dfrac{\alpha P_B(T)}{P_{Tot}} X_A \end{cases} \qquad P_B(T) = \frac{P_{Tot}}{\alpha X_A + 1 - X_A}$$

$$Y_A = \alpha \cancel{P_{Tot}} \quad X_A \quad \alpha X_A$$


Y_A
1
0
0
X_{A_0}
X_{A_1}
X_{A_2}
1
X_A