

◆ Mass Transfer ◆

مثال : در برج جداره مرطوبی به قطر داخل 1" آب از بالا و مخلوط آمونیاک و هوا از پائین برج وارد می شود. آب از روی دیواره و گاز از وسط برج حرکت می کند. در برش معینی از این برج، جزء مولی آمونیاک در توده گاز 0.8 و در توده مایع 0.05 است. درجه حرارت و فشار به ترتیب 80°F و یک جو است. شدت جریان دو فاز به میزانی است که، برای انتقال جرم از سیستمهای دقیق، ضریب انتقال جرم در فاز مایع برابر $k_L = 0.34 \frac{\text{lb}_{\text{mol}}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2}$ و عدد شرود برای فاز گاز 40 می باشد. ضریب نفوذ مولکولی آمونیاک در هوا $0.89 \text{ ft}^2/\text{hr}$ است. به فرض اینکه آب تبخیر نگردد، شدت موضعی جذب آمونیاک در این برش را محاسبه نمایید.



Mass Transfer

اطلاعات زیر در مورد نحوه توزیع تعادل آمونیاک بین آب و هوا در 80°F در دسترس است.

جزء مولی آمونیاک در هوا $y_A = P_A / 14.7$	فشار جزئی آمونیاک در هوا $P_A: \text{lb}_f/\text{in}^2$	جزء مولی آمونیاک در آب x_A
0	0	0
0.0707	1.04	0.05
0.1347	1.98	0.1
0.590	8.69	0.25
0.920	13.52	0.3



Mass Transfer

حل: به علت زیاد بودن غلظت آمونیاک در فاز گازی به جای ضرائب نوع K باید از ضریب عمومی F استفاده کرد.

From Table 1.3 : $F_L = K_L x_{BM} C$

با توجه به اینکه جرم مولکولی آمونیاک تقریباً برابر آب است، جرم ویژه محلول رقیق آمونیاک در آب تقریباً برابر با جرم ویژه آب خالص است.

$$C = \frac{\rho}{M} = \frac{62.3}{18} = 3.44 \frac{lb_{mol}}{ft^3}$$

به خاطر رقیق بودن $x_{BM} \approx 1$ می باشد پس

$$F_L = (0.34)(3.44)(1) = 1.17 \frac{lb_{mol}}{hr \cdot ft^2}$$

در فاز گاز داریم:

$$Sh = \frac{F_G \cdot d}{C \cdot D_A}$$



◆ Mass Transfer ◆

$$C = \frac{P}{RT} \quad \text{or} \quad C = \frac{1}{359} \frac{492}{460 + 80} = 0.00254 \quad \frac{lb_{mol}}{ft^3}$$

$$F_G = \frac{40.C.D_A}{d} = \frac{(40)(0.00254)(0.89)}{1/12} = 1.085 \quad \frac{lb_{mol}}{ft^2}$$

از آنجائی که تنها مولکولهای آمونیاک انتقال می یابند پس $N_B=0$ و $\frac{N_A}{\sum N}=1$ خواهد بود. با تغییر

دادن y_{Ai} به y_A و x_{Ai} به x_A و معادله ی زیر

$$\frac{\frac{N_A}{\sum N} - y_{Ai}}{\frac{N_A}{\sum N} - y_{AG}} = \left(\frac{\frac{N_A}{\sum N} - x_{AL}}{\frac{N_A}{\sum N} - x_{Ai}} \right)^{\frac{F_L}{F_G}}$$



Mass Transfer

خواهیم داشت :

$$\frac{1 - y_A}{1 - y_{AG}} = \left(\frac{1 - x_{AL}}{1 - x_A} \right)^{\frac{F_L}{F_G}} \Rightarrow 1 - y_A = (1 - y_{AG}) \left(\frac{1 - x_{AL}}{1 - x_A} \right)^{\frac{F_L}{F_G}}$$

$$\Rightarrow y_A = 1 - (1 - y_{AG}) \left(\frac{1 - x_{AL}}{1 - x_A} \right)^{\frac{F_L}{F_G}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_A = 1 - (1 - 0.8) \left(\frac{1 - 0.05}{1 - x_A} \right)^{1.078} \Rightarrow$$

x_A	0.05	0.15	0.25	0.3
y_A	0.8	0.78	0.742	0.722



Mass Transfer

منحنی به دست آمده از این نقاط منحنی تعادل را در نقطه ای به مختصات x_{Ai} و y_{Ai} قطع می کند. این مختصات که برابر با غلظت آمونیاک در فصل مشترک است از روی شکل برابر $x_{Ai}=0.274$ و

$y_{Ai}=0.732$ خوانده می شود. حال با داشتن معادله

$$N_A = \frac{N_A}{\sum N} \cdot F_L \cdot \ln \left[\frac{\frac{N_A}{\sum N} - x_{AL}}{\frac{N_A}{\sum N} - x_{Ai}} \right] = (1)(1.17) \ln \left[\frac{1 - 0.05}{1 - 0.274} \right] = 0.316 \quad \frac{lb_{mol}}{hr \cdot ft^2}$$

یا

$$N_A = \frac{N_A}{\sum N} \cdot F_G \cdot \ln \left[\frac{\frac{N_A}{\sum N} - y_{Ai}}{\frac{N_A}{\sum N} - y_{AG}} \right] = (1)(1.085) \ln \left[\frac{1 - 0.732}{1 - 0.8} \right] = 0.316 \quad \frac{lb_{mol}}{hr \cdot ft^2}$$



موازنه مواد در عملیات انتقال جرم



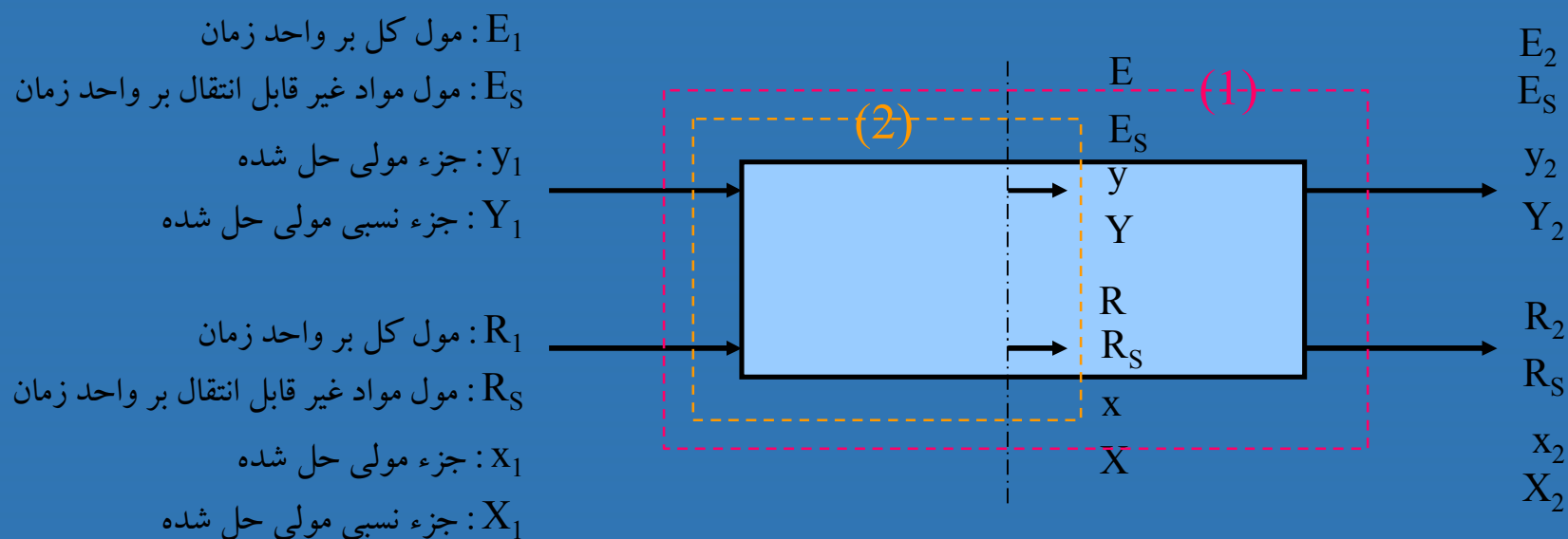
◆ Mass Transfer ◆

عملیات انتقال جرم را در فرایندهای هم جهت در حالت پایا و یا در فرایندهای غیر هم جهت در حالت پایا می توان بررسی نمود. ابتدا فرایندهای هم جهت را بررسی می نمائیم. اگر دو فاز E و R را به عنوان دو فاز مخلوط نشدنی در نظر بگیریم. اگر شدت جریان R در هنگام ورود به دستگاه برابر R_1 مول بر واحد زمان فرض شود. از این مقدار R_S مول بر واحد زمان شامل اجزائی است که انتقال نمی یابد. جزء مولی جزء A در فاز R هنگام ورود به دستگاه x_1 است که ضمن عبور از دستگاه و تماس با فاز E، جزء A از فاز R به فاز E منتقل شده و موجب می گردد که در انتهای دستگاه مقدار فاز R به R_2 مول بر واحد زمان و جزء A در آن به x_2 کاهش یابد. بدیهی است که شدت جریان اجزای غیر A در این فاز، به علت عدم انتقال آنها، به میزان R_S مول بر واحد زمان ثابت باقی می ماند. به همین ترتیب شدت جریان E در نقطه ورود E_1 مول بر واحد زمان است که از این مقدار E_S مول بر واحد زمان مربوط به شدت



Mass Transfer

جریان اجزائی است که انتقال نمی یابند. جزء مولی جزء A در این فاز هنگام ورود به دستگاه y_1 است. به خاطر افزایش تدریجی مقدار جزء A در فاز E در طول دستگاه شدت جریان این فاز هنگام خروج به E_2 و جزء مولی جزء A در آن به y_2 افزایش می یابد در حالی که شدت جریان اجزای غیر A در آن برابر با E_S ثابت باقی می ماند.



◆ Mass Transfer ◆

تغییرات غلظت جزء A را می توان با نوشتن موازنه برای جزء A نوشت:

$$R_1 + E_1 = R_2 + E_2 \quad \text{or} \quad R_1 - R_2 = E_2 - E_1$$

موازنه کلی

$$R_1 x_1 + E_1 y_1 = R_2 x_2 + E_2 y_2 \quad \text{or} \quad R_1 x_1 - R_2 x_2 = E_2 y_2 - E_1 y_1$$

موازنه جزئی

می توان این رابطه را بر اساس اجزاء منتقل نشونده نیز نوشت:

$$R_S = R_1(1-x_1) = R_2(1-x_2)$$

$$E_S = E_1(1-y_1) = E_2(1-y_2)$$



◆ Mass Transfer ◆

$$\text{موازنه کلی : } R_1 + E_1 = R_2 + E_2$$

$$\text{موازنه جزئی : } R_1 x_1 + E_1 y_1 = R_2 x_2 + E_2 y_2$$

$$R_S = R_1(1-x_1) = R_2(1-x_2)$$

$$E_S = E_1(1-y_1) = E_2(1-y_2)$$

$$\Rightarrow R_1 \frac{x_1}{1-x_1} + E_1 \frac{y_1}{1-y_1} = R_2 \frac{x_2}{1-x_2} + E_2 \frac{y_2}{1-y_2}$$



◆ Mass Transfer ◆

$$R_S X_1 + E_S Y_1 = R_S X_2 + E_S Y_2$$

$$R_S (X_1 - X_2) = E_S (Y_2 - Y_1)$$

با جایگذاری :

$$R_1 x_1 = R_s \frac{x_1}{1 - x_1} = R_s X_1 \quad \& \quad R_2 x_2 = R_s \frac{x_2}{1 - x_2} = R_s X_2$$

$$E_1 y_1 = E_s \frac{y_1}{1 - y_1} = E_s Y_1 \quad \& \quad E_2 y_2 = E_s \frac{y_2}{1 - y_2} = E_s Y_2$$

می توان نوشت :

$$R_S X_1 - R_S X_2 = E_S Y_2 - E_S Y_1 \quad or \quad R_S (X_1 - X_2) = E_S (Y_2 - Y_1)$$

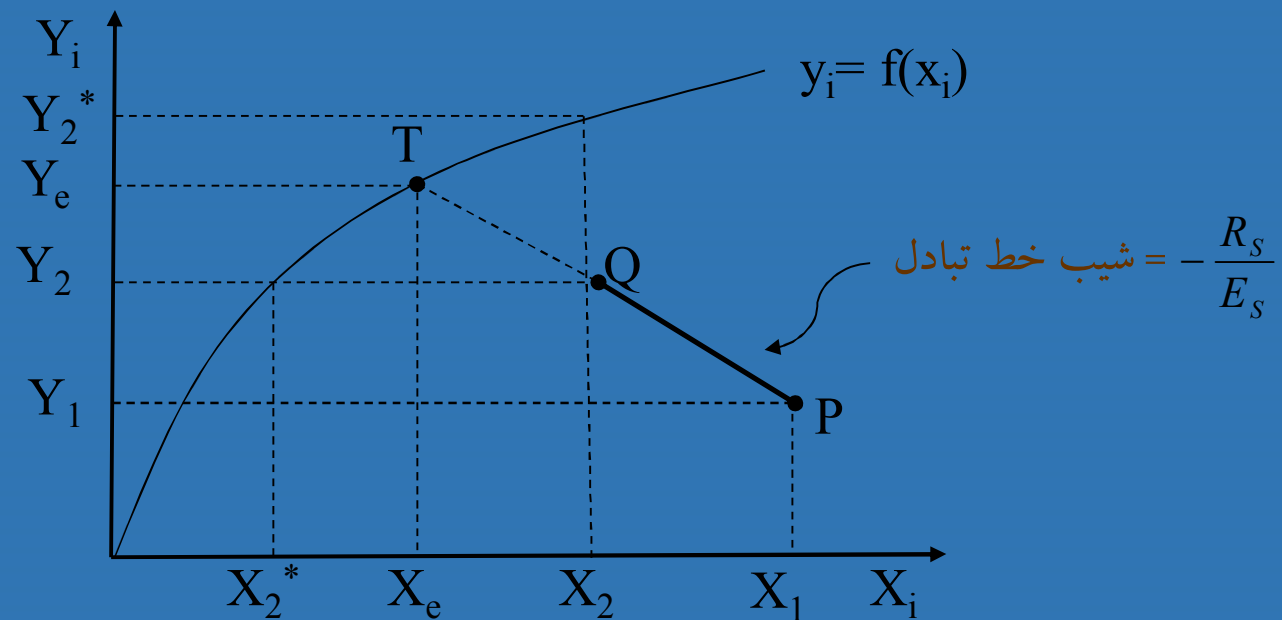
$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = - \frac{R_S}{E_S}$$

خط تبادل :



Mass Transfer

اگر منحنی تعادلی Y (مول A بر مول غیر A) در فاز E را بر حسب X (مول A بر مول غیر A) در فاز R رسم کنیم خط QP خط تبادل نامیده می شود.

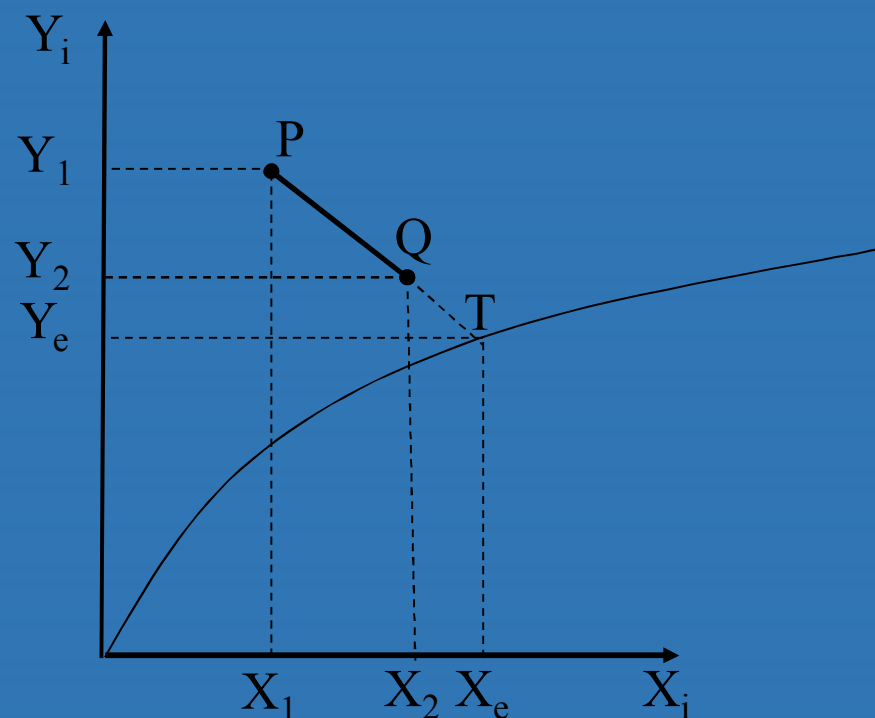


نمودار انتقال جرم از R به فاز E در یک فرایند هم جهت در حالت پایا



Mass Transfer

چنانچه جهت انتقال جرم از فاز E به فاز R باشد، خط تبادل در بالای منحنی تعادل قرار می گیرد.

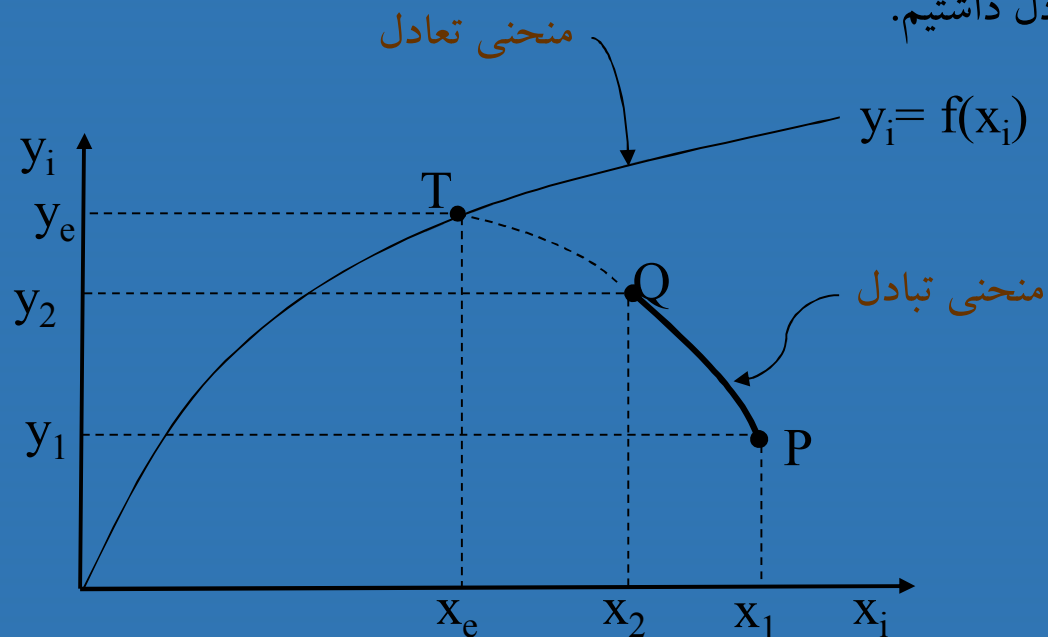


نمودار انتقال جرم از فاز E به فاز R در یک فرایند هم جهت در حالت پایا



Mass Transfer

اگر در منحنی های رسم شده به جای مختصات X و Y از مختصات x و y استفاده می شد به جای خط تبادل، منحنی تبادل داشتیم.



x : جز مولی A در فاز R

انتقال جرم از فاز R به فاز E در یک فرایند هم جهت در حالت پایا



◆ Mass Transfer ◆

*در مواردی که مثلاً، به خاطر نفوذ متقابل اجزای مختلف، با وجود تغییر غلظت جزء مورد نظر در هر فاز مقادیر R و E ثابت باقی بماند، استفاده از مختصات XY منجر به حصول خط مستقیم تبادل خواهد گردید.

$$R_2=R_1=R$$

$$E_2=E_1=E$$

