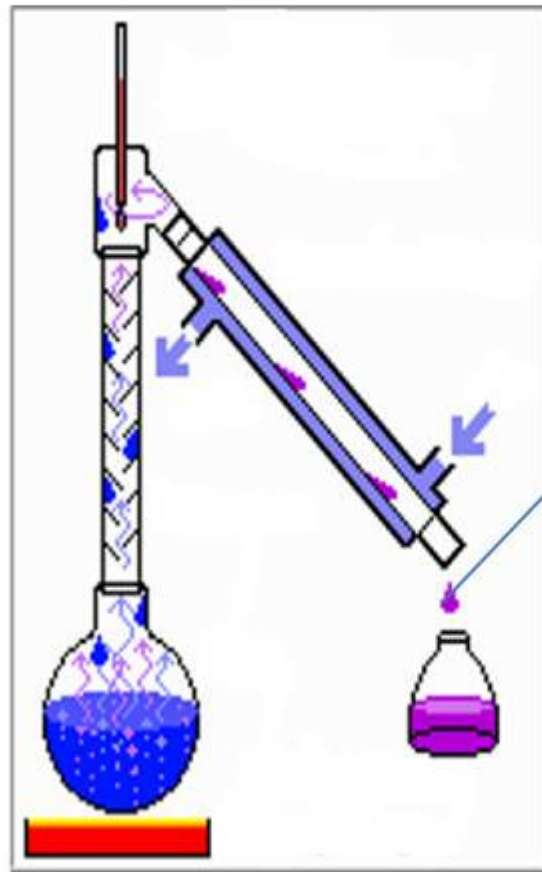


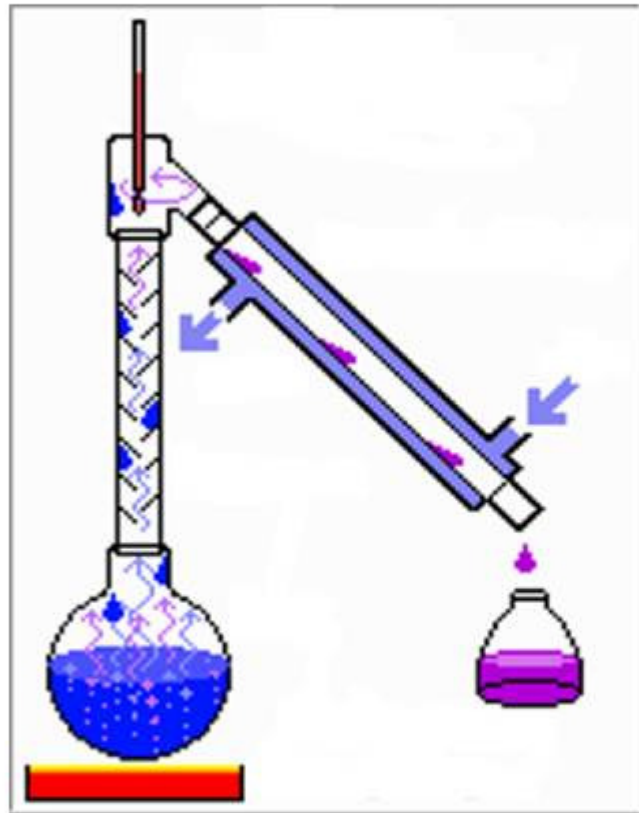
۱-۵-۲- تقطیر دیفرانسیلی یا ساده یا ناپیوسته



محصول مقطر

شکل (۱-۱۵): تقطیر دیفرانسیلی

- اگر یک مایع را به دفعات بیشماری به صورت متوالی تبخیر آنی نمایند به طوری که در هر مرحله فقط مقدار ناچیزی تبخیر گردد، به این فرآیند، تقطیر دیفرانسیلی و یا ساده گفته می شود.
- در یک تقطیر دیفرانسیلی واقعی، بخار خروجی در هر لحظه با مایع باقی مانده در حال تعادل است اما ترکیب درصد فاز بخار همواره با زمان تغییر می کند. از آنجا که کسر مولی و مقدار فازهای مایع و بخار با گذشت زمان تغییر می کنند، به همین دلیل به این عملیات، تقطیر ناپیوسته نیز گفته می شود.
- بخار ایجاد شده پس از عبور از کندانسور مایع شده و به عنوان محصول مقطر جمع آوری می شود. بعد از پایان عملیات تقطیر، به مایعی که در محفظه تقطیر باقی می ماند، محصول پسماند گفته می شود.



۱-۲-۵-۱- تقطیر دیفرانسیلی برای مخلوط های دوجزئی

فرض کنید مقدار اولیه ی L مول مایع که کسر مولی جزء فرار در آن x می باشد، تحت تقطیر دیفرانسیلی قرار می گیرد، طی عملیات تقطیر در بازه ای از زمان، dD مول از فاز مایع به بخار تبدیل می شود و کسر مولی جزء فرار در بخار تولیدی، y می باشد که با مایع در حال تعادل است.

موازنه کلی و جزئی جرم برای عملیات تقطیر دیفرانسیلی در هر لحظه را می توان به صورت زیر نوشت:

خروجی - ورودی = تجمع

$$0 - dD = dL \quad \text{موازنه جرم کلی:}$$

$$-y dD = d(xL) \quad \text{موازنه جرم جزئی برای جز ۱:}$$

$$-y dD = L dx + x dL \quad \text{در نتیجه:}$$

$$\int_F^W \frac{dL}{L} = \int_{x_F}^{x_W} \frac{dx}{y-x} \rightarrow \ln \frac{F}{W} = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y-x}$$

معادله رایلی (Rayleigh)

$$\ln \frac{F}{W} = \int_{x_W}^{x_F} \frac{dx}{y-x}$$

➤ در این معادله F تعداد مولهای خوراک اولیه با جزء مولی x_F و W تعداد مولهای محصول باقیمانده با جزء مولی x_W است.

➤ از رابطه رابلی می توان برای تعیین یکی از کمیات F, W, x_f و x_w در صورت معلوم بودن سه کمیت دیگر استفاده نمود.

➤ غلظت یا ترکیب درصد متوسط فاز بخار

$$F = D + W$$

$$F x_f = D y_{D,ave} + W x_w$$

➤ اولین حباب بخار بالاترین کسر مولی جزء فرار را داراست (شروع عملیات تقطیر دیفرانسیلی)، و کمترین مقدار کسر مولی جزء فرار در محصول مقطر، مربوط به آخرین حبابهای بخار می باشد (پایان عملیات تقطیر دیفرانسیلی).

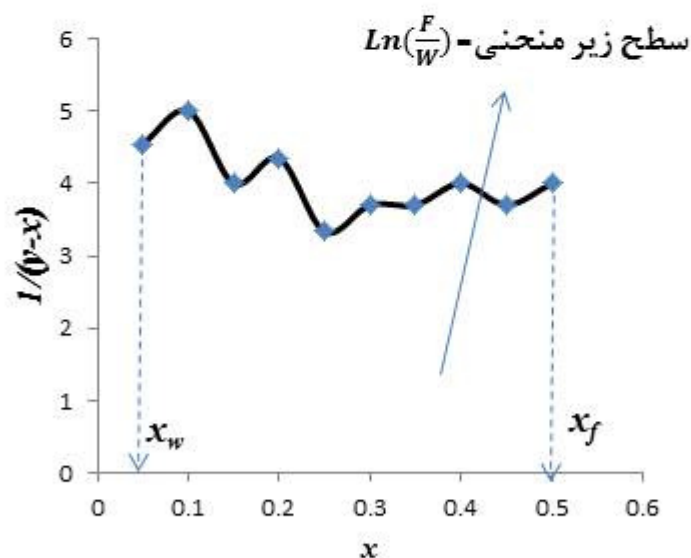
برای حل مسائل تقطیر دیفرانسیلی سه روش کلی وجود دارد:

۱- روش ترسیمی

۲- روش ضریب فراریت

۳- روش ضریب توزیع

الف) روش ترسیمی



در صورتی که فقط داده‌های تعادلی در دسترس باشد و رابطه جبری بین ترکیب درصد بخار و مایع موجود نباشد، می‌توان از نمودار $1/(y-x)$ بر حسب x برای انجام محاسبات بهره برد. همانطور که معادله ریلی نشان می‌دهد، سطح زیر منحنی $1/(y-x)$ بر حسب x بین دو حد معین x_w و

x_F (ترکیب درصد محصول باقیمانده و خوراک) برابر $\ln \frac{F}{W}$

می‌باشد.

ب) روش ضریب توزیع

در صورتی که مقدار ضریب توزیع برای سیستم ثابت و مشخص باشد، می‌توان با جایگذاری رابطه $y=kx$ در رابطه ریلی و انتگرال‌گیری از آن، رابطه انتگرالی ریلی را به رابطه جبری تبدیل کرد.

$$\ln\left(\frac{F}{W}\right) = \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{y-x} = \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{kx-x} = \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{(k-1)x}$$

$$\ln\left(\frac{F}{W}\right) = \frac{1}{k-1} \ln\left(\frac{x_f}{x_w}\right)$$

$$\left(\frac{F}{W}\right)^{k-1} = \left(\frac{x_f}{x_w}\right)$$

ج) روش ضریب فراریت

$$y = \frac{\alpha x}{(\alpha - 1)x + 1}$$

$$\int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{y - x} = \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{\left(\frac{\alpha x}{(\alpha - 1)x + 1} \right) - x}$$

$$= \frac{1}{\alpha - 1} \ln \frac{x_f(1 - x_w)}{x_w(1 - x_f)} + \ln \frac{(1 - x_w)}{(1 - x_f)}$$



$$\ln \left(\frac{F}{W} \right) = \frac{1}{\alpha - 1} \ln \frac{x_f(1 - x_w)}{x_w(1 - x_f)} + \ln \frac{(1 - x_w)}{(1 - x_f)}$$

$$\alpha \ln \frac{F(1 - x_f)}{W(1 - x_w)} = \ln \frac{Fx_f}{Wx_w} \Rightarrow \left[\frac{F(1 - x_f)}{W(1 - x_w)} \right]^\alpha = \left[\frac{Fx_f}{Wx_w} \right]$$

$$\frac{n_{A, F}}{n_{A, W}} = \left(\frac{n_{B, F}}{n_{B, W}} \right)^\alpha$$

n بیانگر تعداد مول‌ها می‌باشد

با توجه به اینکه اولین حباب خروجی که بالاترین کسر مولی جزء فرار را دارد، در تعادل با خوراک اولیه و آخرین حبابهای خروجی که پایینترین کسر مولی جزء فرار را دارند، در تعادل با محصول مایع باقی مانده می باشند، بیشترین و کمترین کسر مولی جزء فرار در محصول مقطر با استفاده از ضریب فراریت، به صورت زیر بدست می آید:

$$y_{D,max} = \frac{\alpha x_f}{(\alpha - 1)x_f + 1}$$

$$y_{D,min} = \frac{\alpha x_w}{(\alpha - 1)x_w + 1}$$

$$y_{D,min} < y_{D,ave} < y_{D,max}$$

مثال: یک مخلوط دوجزئی از نرمال هپتان (A) و نرمال اکتان (B) تحت تقطیر دیفرانسیلی قرار می گیرد، مقدار خوراک اولیه ۵۰ مول و ترکیب درصد مولی نرمال هپتان در آن ۰/۴۰ می باشد. عملیات تقطیر تا زمانی ادامه می یابد که ترکیب درصد نرمال اکتان در محصول پسماند ۰/۸۵ شود. ترکیب درصد نرمال هپتان در محصول مقطر را محاسبه نمایید.

x	0.5	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
y	0.75	0.72	0.65	0.62	0.57	0.55	0.43	0.4	0.3

حل:

$$\ln \frac{F}{W} = \int_{x_w}^{x_F} \frac{dx}{y-x}$$

x	0.5	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
$1/(y-x)$	4.00	3.70	4.00	3.70	3.70	3.33	4.35	4.00	5.00

$$x_f = 0.4$$

$$x_w = 0.15$$

$$h = \Delta x = 0.05$$

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{h}{2} [f(a) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + f(b)]$$

$$\int_{0.15}^{0.40} \frac{dx}{y^* - x} = \frac{0.05}{2} [4 + 2(3.7) + 2(3.7) + 2(3.33) + 2(4.35) + 4] = 0.954$$

$$\ln\left(\frac{F}{W}\right) = 0.954 \Rightarrow \ln\left(\frac{50}{W}\right) = 0.954 \Rightarrow W = 19.26 \text{ mol}$$

مقادیر محصول مقطر و کسر مولی جزء فرار موجود در آن با نوشتن موازنه جرم کلی و جزئی به دست می آیند.

$$F = D + W \Rightarrow 50 = D + 19.26 \Rightarrow D = 30.74 \text{ mol}$$

$$Fx_f = Dy_{D,ave} + Wx_w \Rightarrow y_{D,ave} = 0.5566$$

۱-۵-۲-۳- میعان دیفرانسیلی (Differential Condensation)

در این عملیات، خوراک به صورت بخار می‌باشد و به آرامی و تحت شرایط تعادلی میعان می‌گردد. این عملیات دقیقاً عکس تقطیر دیفرانسیلی است. برای این فرآیند می‌توان رابطه زیر را ارائه نمود:

$$\ln\left(\frac{F}{D}\right) = \int_{y_F}^{y_D} \frac{dy}{y-x}$$

در رابطه بالا، F مول خوراک با جزء مولی y_F و D مول بخار باقیمانده با جزء مولی y_d می‌باشد.