

فهرست مطالب:	
عنوان	شماره صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فرایندهای جداسازی	۱
عملیات بر مبنای نفوذ و انتقال جرم بین فازها	۱
فاز	۲
انواع انتقال فاز	۲
فازهای گاز-مایع	۴
جذب	۴
عاری سازی	۴
تقطیر	۴
تبخیر	۴
مرطوب سازی	۴
فازهای مایع-مایع	۴
استخراج مایع-مایع	۴
فازهای جامد-مایع	۵
استخراج جامد-مایع	۵
تبلور	۵
جذب سطحی از مایعات	۵
فازهای گاز-جامد	۵
خشک کردن	۵
جذب سطحی از گازها	۵
استخراج با سیال فوق بحرانی	۶
جداسازی به کمک غشا	۶
انواع فرایندهای غشایی	۷
عملیات بر مبنای خواص و رفتار فیزیکی	۸
انواع فرایندهای جداسازی فیزیکی	۸
غربال کردن	۸
ته نشینی ثقلی	۸
استفاده از نیروی گریز از مرکز	۹
صاف کردن	۹
شناور سازی	۹
استفاده از میدان الکتروستاتیک	۹
استفاده از میدان مغناطیسی	۹
انتخاب فرایند جداسازی	۹
فصل دوم: تقطیر	۱۱
تقطیر	۱۱

۶۱	فصل سوم: استخراج مایع-مایع
۶۱	مقدمه
۶۲	حالت‌های استفاده از عمل استخراج
۶۳	دیاگرام مثلثی
۶۵	انتخاب حلال
۶۷	مراحل عمل استخراج
۶۷	انواع سیستم‌های استخراج
۷۰	استخراج تک مرحله‌ای
۷۲	حداقل مقدار حلال
۷۲	حداکثر مقدار حلال
۷۲	استخراج چند مرحله‌ای

نام درس:	استاد:	مقطع:	پیش نیاز:
شیمی صنعتی ۲	دکتر ولی اله ماندنی پور	کارشناسی	شیمی صنعتی ۱
نحوه‌ی ارزشیابی:			
میانترم: ۸ نمره	کوئیز و فعالیت در کلاس: ۲ نمره	پایانترم: ۱۰ نمره	
هدف کلی: آشنایی دانشجویان با عملیات واحدهای مختلف (تقطیر، استخراج، خشک کردن، جذب، دفع و ...) در صنایع مختلف			
مرجع: عملیات انتقال جرم تریبال، عملیات واحد مهندسی شیمی مک کیپ			
هفته	موارد مورد بحث		
اول	معارف، مقدمه‌ای راجع به جداسازی و خالص سازی		
دوم	عملیات بر مبنای نفوذ و انتقال جرم بین فازها، فاز و انواع انتقال فاز		
دوم	معرفی فرایندهای جذب، عاری سازی، تقطیر		
سوم	تبخیر و مرطوب سازی، استخراج مایع-مایع، استخراج جامد-مایع، تبلور		
چهارم	معرفی عملیات جذب سطحی از مایعات، خشک کردن،		
چهارم	جذب سطحی از گازها و استخراج با سیال فوق بحرانی		
پنجم	جداسازی به کمک غشا، انواع فرایندهای غشایی، عملیات بر مبنای خواص و رفتار فیزیکی		
ششم	انواع فرایندهای جداسازی فیزیکی (غریبال کردن، ته نشینی ثقلی، صاف کردن، شناور سازی و ...)، تعادل بخار-مایع، نمودارهای حالت بر حسب فشار، درجه حرارت و غلظت		
ششم	قانون دالتون، قانون اهرم ها، قانون راولت، فراریت نسبی و محاسبات مربوط به آن		
هفتم	انحراف مثبت و منفی از حالت ایده آل		
هشتم	معرفی تقطیر تعادلی و محاسبات مربوطه		
هشتم	ادامه معرفت تقطیر تعادلی و محاسبات مربوطه، معرفت تقطیر دیفرانسیلی و محاسبات مربوطه		
نهم	معرفی میعان دیفرانسیلی و محاسبات مربوطه		



فاز (phase): یک محیط همگن و قابل تمایز از بقیه می باشد.

\* اجسام در سه فاز متعارف گاز، مایع و جامد به سر می برند.

\* هر فاز می تواند به صورت ترکیبی خالص یا متشکل از چند ماده باشد. مثلاً بخار آب اغلب همراه با هوای باشد.

یا آب و اتانول را با هم شستنی مخلوط کنیم یک محلول یک فاز مایع بدست می آوریم. ولی آب و روغن تشکیل دو فاز مایع را می دهند.

\* تغییر حالت هر ماده به علت تأثیر دمای فاکتور یا انجام واکنش، به عنوان یک انتقال فاز شناخته می شود.

\* انواع انتقال فاز:

Solid  $\xrightarrow[\text{تصعید}]{\text{sublimation}}$  gas

gas  $\xrightarrow[\text{ترسب}]{\text{deposition}}$  solid

Solid  $\xrightarrow[\text{ذوب}]{\text{melting}}$  liquid

liquid  $\xrightarrow[\text{انجماد}]{\text{freezing}}$  solid

gas  $\xrightarrow[\text{میعان}]{\text{condensation}}$  liquid

liquid  $\xrightarrow[\text{تبخیر}]{\text{vaporizing}}$  gas

\* هرگاه انتقال جرم یک ماده فقط درون یک فاز انجام شود، منجر به حباب در مایع نمی شود. از این رو

حداقل دو فاز لازم است تا پس از انتقال، فازها جدا و توزیع جدیدی بین دو فاز حاصل شود. جسم منتقل شونده

درون فاز که به صورت شراکت است به سوی فصل مشترک حرکت می دهد و پس وارد فاز دیگر می شود. انتقال جرم



فازهای گاز-مایع :

جذب (absorption) : یک یا چند زنده از مخلوط گازی با حلال مایع جدا می‌شوند.

مثال: حذف  $\text{CO}_2$  از گاز متانول و جدا سازی  $\text{NH}_3$  از هوا با حلال

عاری سازی (stripping) : اجزاء فرار گازی موجود در یک مایع با گرمایش و یا با جریان گاز جدا می‌شوند.

مثال: حذف هیدروکربن‌ها از محلول نفتی و حذف  $\text{NH}_3$  از آب، یا هوازدا را گرم و سرد در تصفیه آب.

تقطیر (distillation) : با تبادل گرمایی زنده‌های یک محلول بر حسب فشار بخار خود جدا می‌شوند.

مثال: جدا کردن برش‌های نفتی از نفت خام

تبخیر (evaporation) : با اعمال گرما بخشی از حلال تبخیر و محلول غلیظ حاصل می‌شود.

مثال: تغلیظ سود سوزآور

مرطوب سازی (humidification) : فاز مایع خالص در تماس با فاز گاز دوا چند زنده‌ای قرار گرفته

و تبخیر یا سیعان انجام می‌شود.

مثال: خشک کردن آب-گرم و کاهش رطوبت هوا، چلرها

فازهای مایع-مایع :

استخراج-مایع-مایع (liquid-liquid extraction) : یک یا چند زنده از محلول مایع به یک حلال

مایع منتقل می‌شوند.

مثال: جدا سازی مواد حلال غیر آلی از حلال‌های آلی یا خطی

# استخراج با سیال فوق بحرانی (supercritical extraction): سیال فوق بحرانی بادما و

فشار بیشتر از مقدار بحرانی، برضای زنده‌های فاز جامد را جدا می‌کند.   
 مثال: زدودن کافئین از قهوه، استخراج روغن و مواد دارویی از گیاهان.   
 چگال ماده مایع، قدرت حل‌کنندگی بالا،   
 ویسکوزیته و نفوذپذیری مثل گاز، نفوذ   
 آسان در سطح به درون مواد

از طرفی فرایندهای جداسازی که بر مبنای انتقال جرم انجام می‌شوند، در یک دسته بندی کلی به دو نوع مستقیم و

غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. در فرایندهای مستقیم، جداسازی فقط با تبادل گرما انجام می‌شود مانند فرایندهای

تقطیر و تبلور، اما در فرایندهای غیرمستقیم یک جسم خارجی مانند حلال یا جاذب متجانس، حذرات اضافه و

پس این جسم خارجی باز یاب می‌شود. اضافه نمودن جسم خارجی ممکن است موجب کاهش خلوص محصول

شود. ضمن این که حداقل یک فرایند اضافه برای بازیابی جسم خارجی نیاز است که خود مستلزم هزینه‌ی

بیشتری می‌باشد. بنابراین اگر جداسازی به روش مستقیم امکان پذیر باشد دارای اولویت است. البته در برخی

موارد ناچاراً باید از روش‌های غیرمستقیم استفاده کرد مانند استفاده از موادی که به دماهای بالا رسیده یا سازنده

موارد نظیر دارای غلظت کم باشد.

## جداسازی به کمک غشاء:

فرایندهای غشایی جزء روش‌های نوین جداسازی محسوب می‌شوند که مبتنی بر انتقال جرم می‌باشند. این

این فرایندها استفاده از یک ماده حائل به نام غشاء (membrane) بین دو فاز همگن است. این محیط

معمولاً از یک ماده پلیمری یا فلزی ساخته می‌شود که دارای منافذ ریز است که می‌تواند بر اساس اندازه ذرات یا بار الکتریکی آن‌ها عمل جداسازی را انجام دهد.

## \* محلیات بر مبنای خواص و رفتار فیزیکی :

این فرایندها، عمدتاً برای مخلوط‌های ناهمگن به کار می‌روند و شامل جداسازی ذرات جامد از گاز یا مایع و جداسازی قطرات مایع از گازها می‌شود. همچنین جداسازی یک نوع از ذرات جامد از نوع دیگر آن (بابا اندازها و دیگر) می‌تواند مطرح باشد. در این روش مبنای جداسازی خواص فیزیکی ساکندها مانند اندازه، شکل و چگالی آن‌ها می‌باشد.

## روش‌های کلی برای این نوع فرایندهای جداسازی :

1. استفاده از غریال یا محیط‌های صاف و متخلخل
2. استفاده از تفاوت سرعت ته‌نشینی ذرات جامد یا مایع در فاز مایع یا گاز
3. استفاده از تفاوت ضریب پذیرش و خواص الکتریکی و مغناطیسی ساکندها

## انواع فرایندهای جداسازی فیزیکی :

غریال کردن (Screening) : بر مبنای تفاوت اندازه ذرات جامد انجام می‌شود.

مثال : دانه‌نبدی ذرات جامد توسط غریال با مش‌های مختلف

ته‌نشینی ثقلی (gravitational) : بر مبنای تفاوت چگالی مایع، جامد و گاز، همچنین تفاوت

چگالی ذرات جامد و جداسازی به صورت ته‌نشینی انجام می‌شود.

مثال : جداسازی (ته‌نشینی) جامدات معلق از گازها درون سیلندرها



استفادہ از نیروی گریز از مرکز (Centrifuge): با نیروی ثقلی قوی، ذرات جامد از محیط خود (با اختلاف چگالی کم) جدا می شوند.

مثال: جداسازی بلورهای ایزوتوپ هائی اورانیوم

صاف کردن (Filtration): ذرات مناسب با اندازه خود و حفره های محیط فیلتر، تحت یک اختلاف فشار جدا می شوند.

مثال: تمیز نمودن مایع و گازها قبل از ورود به پمپ ها و نازل ها

شناور سازی (Flotation): ذرات جامد بر مبنای خاص پذیرش در آب و به کمک مواد کف ساز و حباب هوا جدا می شوند.

مثال: جداسازی چربی و مواد شناور از آب، بازیابی مواد معدنی مانند مس، نیکل و ...

استفادہ از میدان الکتروستاتیک (electrostatic field): با اعمال میدان الکتریکی، ذرات دارای بار الکتریکی جدا می شوند.

مثال: حذف ذرات جامد باردار از گازها

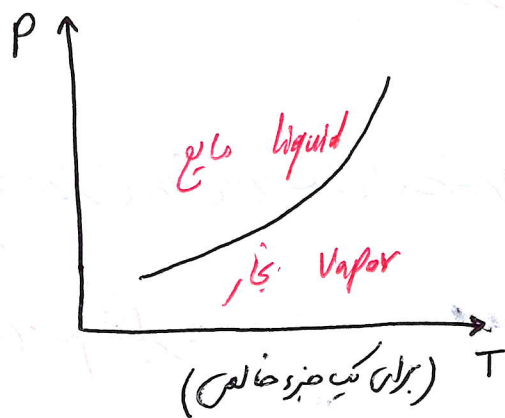
استفادہ از میدان مغناطیسی (magnetic field): با اعمال میدان مغناطیسی ذرات بار مغناطیسی از

مخلوط جدا می شوند.

مثال: حذف ذرات آهن از مواد معدنی

انتخاب فرایند جداسازی

انتخاب یک فرایند جداسازی از بین روش های مختلف، در مرحله اول بستگی به خواص فیزیکی مانند فشار بخار



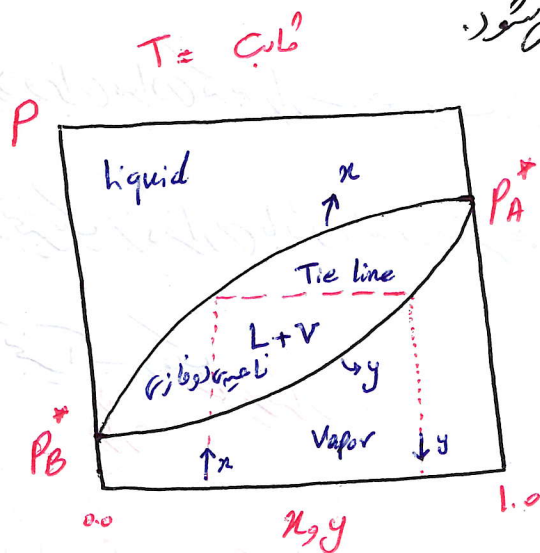
\* در مورد سیستم های دو جزئی با اتمتد دیگر به نام غلظت هم وجود دارد که وارد نمودار فاز می شود. با ثابت نگه داشتن یک پارامتر، می توان چند نمودار دو جزئی تهیه کرد.

\* نمودار حالت بر حسب فشار، دما و غلظت:

\* نمودار  $P - x, y$   $T = \text{constant}$

جزء مول مناسب ترین جهت برای غلظت است و در این جا  $x$  را به عنوان جزء مول ماده فرارتر A در مایع و

$y$  جزء مول A در بخار، در حالت تعادل با مایع در نظر گرفته می شود.



خط رابط  
Tie line: خطوطی که تعادل بین  $x$  و  $y$  را تعیین می کنند.

\* نکته: وقتی بالا را تعیین کرده  $x$  را باید زیرا در مایع با فاز مایع است و وقتی پایین را تعیین کرده  $y$  را باید.



$$\frac{\text{تعداد مول های D}}{\text{تعداد مول های F}} = \frac{\text{طول خط EF}}{\text{طول خط DE}} \Rightarrow \text{قانون اهم ها}$$

\* **قانون دالتون:** در یک مخلوط گازی هر کدام از اجزاء فشار مختص به خود را دارند که مجموع فشارهای جزئی هر یک از اجزاء، فشار کل را تشکیل میدهد.

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i \rightarrow \text{partial pressure}$$

total pressure

\* با استفاده از کسر مولی گاز می توان فشار جزئی هر جزء را بدست آورد:

کسر مولی A در فاز بخار

$$P_A = y_A \cdot P_t \rightarrow \text{فشار کل}$$

فشار جزئی A

\* **قانون راؤولت:** فشار جزئی تعادل یک سازنده در فاز بخار برابر با حاصل ضرب کسر مولی سازنده در فاز مایع و فشار بخار خالص آن می باشد.

\* برای یک محلول مثلاً A (فاز مایع) و B داریم:

کسر مولی A در فاز مایع

$$P_A = x_A \cdot P_A^* \rightarrow \text{فشار بخار خالص A در همان محلول}$$

فشار جزئی A

$$P_B = x_B \cdot P_B^*$$

\* **فشار بخار (Vapor pressure)  $(P^*)$ :** اگر مایعی با بخار خود در حال تعادل باشد، در این صورت فشار را

که مویکول های بخار بر سطح مایع وارد و خارج می شوند

فاز مایع و بخار را بدست آورید.

$$P_A^* = 106 \text{ kPa}$$

$$P_B^* = 73.7 \text{ kPa}$$

با استفاده از دما از جدول خوانده شود  $\rightarrow$

$$P_t = P_A + P_B = P_A^* \cdot x + P_B^* (1-x) \Rightarrow x_A = \frac{P_t - P_B^*}{P_A^* - P_B^*} = \frac{101.3 - 73.7}{106 - 73.7} = 0.854$$

$$x_B = 1 - 0.854 = 0.146$$

$$y_A = \frac{P_A^* \cdot x_A}{P_t} = \frac{(106)(0.854)}{101.3} = 0.898$$

$$y_B = 1 - 0.898 = 0.102$$

\* مطلوبیت فشار کل سیستم ایده آل ۱.۶۰ مول بنزن و ۱.۴۰ مول تولوئن در ۷۵ °C و ترکیب بخار حاصل

A بنزن

B تولوئن

$$P_A^* = 1.8 \text{ psia}$$

$$P_B^* = 0.5 \text{ psia}$$

بازبینی شود.

از جدول ایده آل بنزن - تولوئن ؟

$$P_t = x_A \cdot P_A^* + x_B \cdot P_B^* = (0.6 \times 1.8) + (0.4 \times 0.5) = 1.28 \text{ psia}$$

$$y_A = \frac{x_A \cdot P_A^*}{P_t} = \frac{0.6 \times 1.8}{1.28} = 0.843$$

$$y_B = 1 - 0.843 = 0.157$$

\* فراریت نسبی (Relative Volatility) :

با داره حاصل از نمودار تعادل T-xy یک نمودار تعادل y-x می توان ارائه نمود.

\* بنابراین اگر سیستم ایده آل باشد، نسبت فشار بخار جزء A به فشار بخار جزء B، برابر

$$\alpha = \frac{p_A^* \rightarrow \text{فشار بخار A}}{p_B^* \rightarrow \text{فشار بخار B}}$$

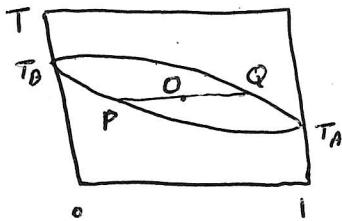
فشاریت نسبت خواهد بود.

نکته  
\* پس در محلول ایده آل فشار بخار معیار برای تقطیر است.

مثال قانون اهم ها،

\* با توجه به مختصات زیر، در صورتی که تعداد کل مول های مخلوط، ۱۰ مول باشد. این مخلوط شامل چند مول بخار

(V) و چند مول مایع (L) می باشد. ( $p_O = 3$  ،  $p_Q = 7$ )



$$\frac{p \text{ تعداد مول های } P}{q \text{ تعداد مول های } Q} = \frac{p_O}{p_Q} \Rightarrow \frac{L}{V} = \frac{7-3}{3} \Rightarrow L = \frac{4}{3} V$$

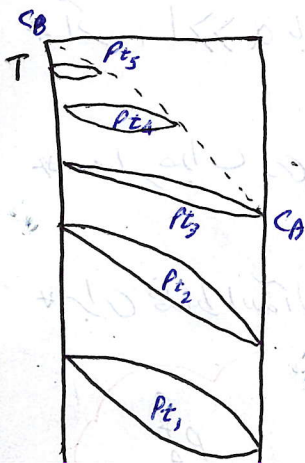
$$L + V = 10 \Rightarrow \frac{4}{3} V + V = 10 \Rightarrow V = 4.29 \text{ mol}$$

$$L = 10 - 4.29 = 5.71 \text{ mol}$$

\* ها طور که در شکل زیر مشخص است، در فشارهای بالاتر، فشاریت نسبت و در نتیجه قابلیت های تفکیک، کاهش

می یابد. با بالا رفتن فشار بخار از یک جزء، دیگر تشخیص بین بخار و مایع برای آن جزء ممکن نیست و مختصات حلقه

مخلوط، مانند فشارهای بالاتر از  $P_{t3}$  کوتاه تر می شوند.



نکته  
\* حساب از با تقطیر فقط در محدوده ای که مختصات حلقه وجود دارند، امکان پذیر است

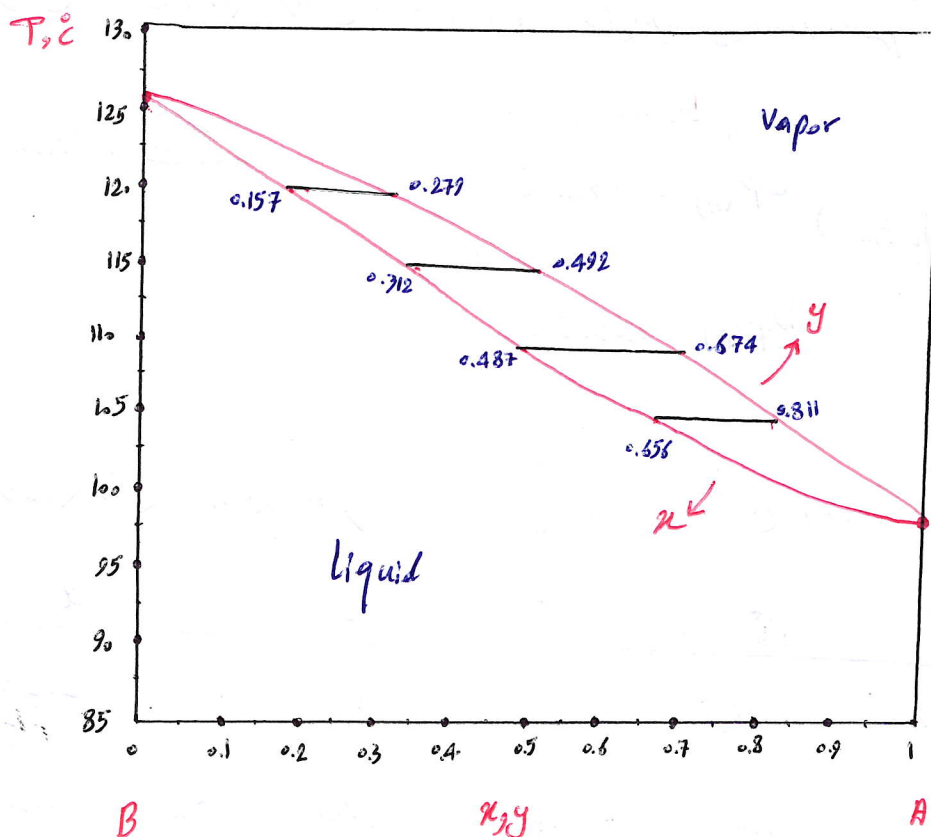
$T_{atm}$ 

$$T = 105 \left\{ \begin{aligned} x &= \frac{P_t - P_B^*}{P_A^* - P_B^*} = \frac{760 - 417}{940 - 417} = 0.656 \\ y &= \frac{P_A^* \cdot x}{P_t} = \frac{940 \times 0.656}{760} = 0.811 \end{aligned} \right.$$

$$\alpha = \frac{P_A^*}{P_B^*} = \frac{940}{417} = 2.25$$

همین کار را برای دماهای دیگر نیز انجام دهیم و جدول را کامل می‌کنیم.

\* حال می‌توانیم متغیر زیر را رسم کنیم.



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

\* مقدار متوسط غلظت نسبت  $\alpha = 2.16$  را باید برابر این:

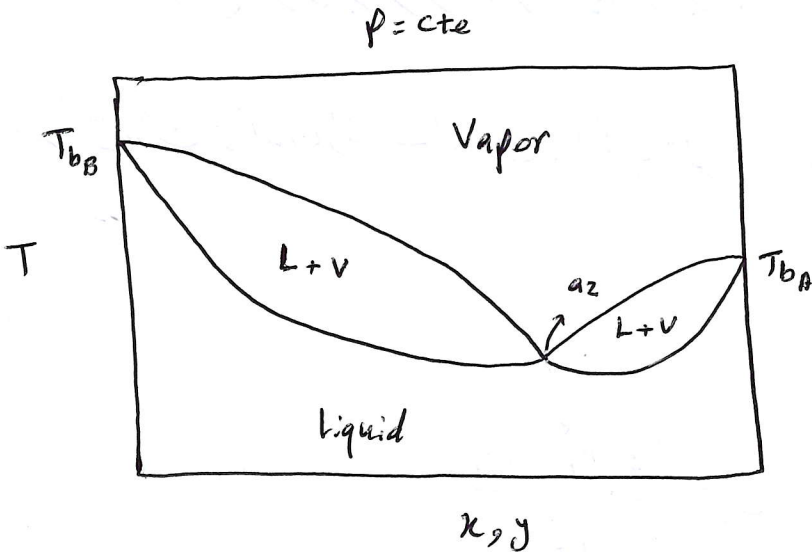
$$y = \frac{2.16 x}{1 + 1.16 x}$$

رابطه تجربی بین  $y$  و  $x$  برای این سیستم  
در یک دیک امضا



22 / نکته: در سیستم‌هایی که اجزای آن‌ها اختلاف زیادی در نقطه جوش داشته باشند، آزنوتروپ به شکل

نمایش داده می‌شود.



\* نمودار  $T-x-y$  در انحراف مثبت:

\* در سمت چپ B از آزنوتروپ جدا می‌شود.

\* در سمت راست A از آزنوتروپ جدا می‌شود.

نکته

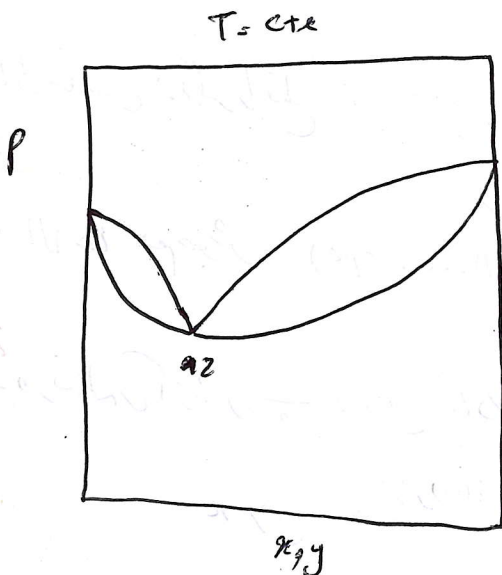
\* روش مناسب جهت تقطیر مواد بالا، گاهش فشارخا بر (تقطیر در خلأ) می‌باشد.

\* موارد استفاده از تقطیر خلأ: 1. دمای عملیات بالا باشد و نخواهیم دما را کاهش دهیم (برای مواد حساس به دما)

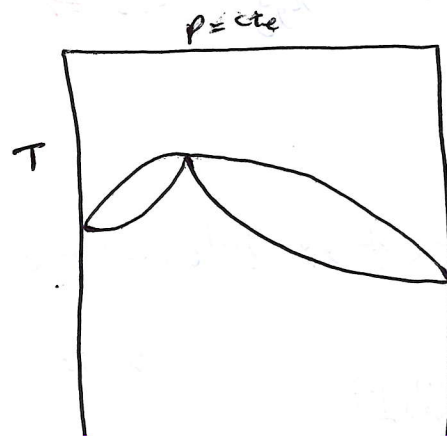
2. وجود نقطه آزنوتروپ و عدم تشکیل بالا

\* انحراف منفی از حالت ایده آل:

$$p_t < [p_A^* \cdot x_A + p_B^* \cdot (1 - x_A)]$$



\* نمودارهای  $p-x-y$  و  $T-x-y$ :





24/ نکته: برای تجزیه کردن یک ماده از غلظت غلظت جداکننده (separator) به روش باید در دسترس باشد.   
 کندول این فرآیند را نباید آن قدر پایین باشد که آب سردکننده نتواند بخار را میعان کند.

\* موازنه مواد:

موازنه کل:  $F = D + W$   
 موازنه جزء A:  $Z_f \cdot F = y_D \cdot D + x_W \cdot W$

$Z_f$ : کسر مول A در خوراک اولیه

$y_D$ : کسر مول A در بخار کنده شده

$x_W$ : کسر مول A در مایع باقی مانده

$\rightarrow D+W$   
 $F \cdot Z_f = D \cdot y_D + W \cdot x_W \implies (D+W) Z_f = D \cdot y_D + W \cdot x_W$

$$D \cdot Z_f + W \cdot Z_f = D \cdot y_D + W \cdot x_W \implies D \cdot Z_f - D \cdot y_D = W \cdot x_W - W \cdot Z_f$$

$$-D(y_D - Z_f) = W(x_W - Z_f) \implies -\frac{W}{D} = \frac{y_D - Z_f}{x_W - Z_f}$$

\* موازنه انرژی:

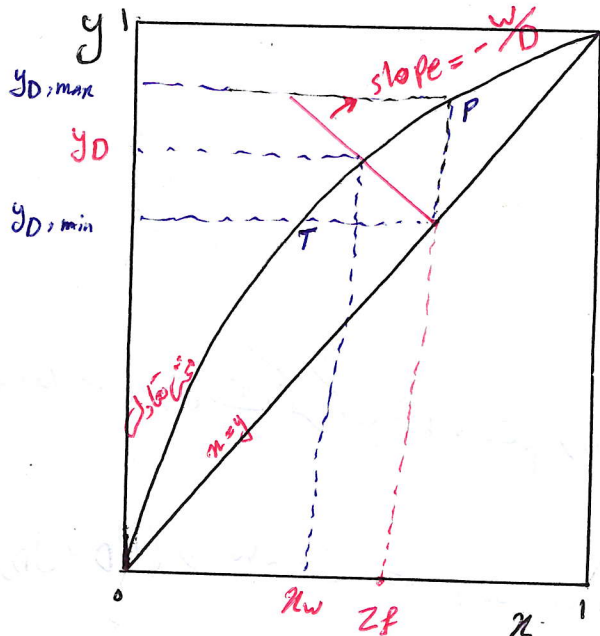
$$F \cdot H_f + Q = D \cdot H_D + W \cdot H_W \implies (W+D) H_f + Q = D \cdot H_D + W \cdot H_W$$

$$W \cdot H_f - W \cdot H_W + Q = D \cdot H_D - D \cdot H_f \quad (1)$$

$$Q = \frac{Q \cdot F}{F} = \frac{Q(W+D)}{F} = \frac{Q \cdot W}{F} + \frac{Q \cdot D}{F} \quad (2)$$

$$(1) \text{ و } (2) \quad W \cdot H_f - W \cdot H_W + \frac{Q \cdot W}{F} = D \cdot H_D - D \cdot H_f + \frac{Q \cdot D}{F}$$

این خط منحنی تعادل را در نقطه‌ای با مختصات  $(x_w, y_D)$  قطع می‌کند.



نکته:  $y_{D,max}$  در خوراک در دما حساب قرار دارد و یک قطره

حساب ایجاد می‌شود که بیشترین بخار است و حداکثر دما را داریم.

$$x_w = z_f \Rightarrow y_{D,max} \xrightarrow{\text{در تعادل با}} z_f$$

نکته:  $y_{D,min}$  در خوراک در نقطه صفر (شبنم) است

و دقیقترین مایع و حداقل دما را داریم  $y_D = z_f$   
 $\rightarrow y_{D,min} \xrightarrow{\text{در تعادل با}} x_w$

نکته: دما فرایند همواره بین دما حساب و دمای شبنم قرار دارد و مایع و بخار در تعادل با هم هستند.

مثال: مخلوط A و B که حاوی ۱۵ مول از هر یک از اجزاء می‌باشد به طور ناگهانی تبخیر می‌شود، به نحوی که مایع بدست

آمده از تبخیر ناگهانی ۱۵ خوراک اولیه می‌باشد. رابطه میان غلظت جزء فرارتر (A) در فاز بخار و فاز مایع را

$$-\frac{w}{D} = \frac{y_D - z_f}{x_w - z_f}$$

$$z_f = 0.5$$

$$w = \frac{1}{2} F$$

بدست آورده

$$D = \frac{1}{2} F \quad \text{از سازه کل} \quad F = D + w \quad \text{مابرای}$$

$$-1 = \frac{y_D - 0.5}{x_w - 0.5} \Rightarrow y_D = 1 - x_w$$

مثال

\* به یک مخلوط دو جزئی با دین ۱۰۰ kg به میزان ۴۵۰۰۰ kg/۱۱۱ داده می‌شود و مخلوط گرم شده دارد

27/ بخار آب با  $900 \text{ kg/kg}$  و آب شایع با  $100 \text{ kg/kg}$  باشد. در صد وزنی بخار تشکیل شده چقدر است؟

$$F = 100 \text{ kg/h}$$

$$Q = 45000 \text{ kg/h}$$

$$H_f = 50 \text{ kg/kg}$$

$$H_D = 900 \text{ kg/kg}$$

$$H_w = 100 \text{ kg/kg}$$

$$-\frac{W}{D} = \frac{H_D - (H_f + Q/F)}{H_w - (H_f + Q/F)} \Rightarrow -\frac{W}{D} = \frac{900 - (50 + \frac{45000}{100})}{100 - (50 + \frac{45000}{100})}$$

$$-\frac{W}{D} = \frac{400}{-400} \Rightarrow W = D$$

$$F = W + D \Rightarrow 100 = W + W \Rightarrow W = 50$$

$$D = 50$$

مثال  
\* مخلوط مایع شامل  $50 \text{ kg}$  مول هپتان نرمال (جزء فرار A) و  $50 \text{ kg}$  مول اوکتان نرمال (جزء غیر فرار B)

در دما  $30^\circ \text{C}$  و فشار  $1 \text{ atm}$  به طور مداوم با تغییر آنرا تفکیک می شود. در این عمل  $60 \text{ kg}$  مول از مواد بخار

صاف گردد. اگر فراریت نسبی برای این سیستم  $2.16$  باشد. غلظت مایع و بخار خروجی از جداکننده را محاسبه نمایید؟

(ب) اگر مقادیر  $x$  در دماهای مختلف به صورت زیر باشد، درجه واری در جداکننده چقدر است؟

T	125.6	120	115	110	105	98.4
x	0	0.157	0.312	0.487	0.656	1
y	0	0.286	0.494	0.672	0.804	1

\* از رابطه فراریت نسبی مقادیر  $x$  را بدست می آوریم.



30/ در این صورت محسوساً مقطر باد در هر دو خلوص متفاوت بدست می آید. برای مثال، اگر یک مخلوط با جزئی

(که دارای مقدار کمی از جزء قابلتر A، مقدار زیادی جزء با فشاریت متوسط B و مقدار کمی جزء با فشاریت کم C

است) وجود داشته باشد، اولین برش که مقدار آن نیز کم است، دارای درجه بیشتر از A است. برش دوم

که زیاد است، بیشتر مل B و تقریباً خالص است ولی دارای A و C نیز هست و آفرین برش بیشتر مل

C است. با این که هر سه برش، هر سه جزء را دارند، عبات از مناسبی صورت گرفته است.

\* نکات در مورد تقطیر که باید در نظر گرفته شوند:

1. حرارت دهانه آواص صورت گیرد تا در هر لحظه بخار با مایع باقیمانده در تعادل باشد.

2. مانند از میان (مایع شدن) بخار را تا قبل از کنداستور (به وسیله عایق بندی) جلوگیری شود. برای جلوگیری از سرد شدن

انزیر اینها کار صورت میگیرد.

3. کنداستور کامل باشد یعنی تمام بخار اشیاع را به مایع اشیاع تبدیل کند.

\* فرض کنید در هر لحظه  $n$  مول مایع با جزء مول  $n$  موجود باشد و در آن لحظه  $dD$  مول بخار با جزء مول  $y$  تولید شود

حال اگر موازنه انرژی را بر این ظرف تجربه کنیم، داریم:

$$in = out - acc + gen = 0 \Rightarrow in - out = acc$$

مقدار مایعی که در ظرف کم می‌نهد است

$$0 - dD = dL$$

موازنه کلی

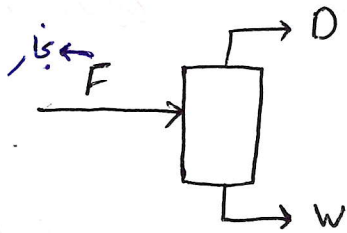
تغییرات جزء A در مایع

$$0 - y dD = d(L \cdot n) = L dx + n dL$$

# \* معیاد دفرانسیل (Differential Condensation) :

این عملیات هم مشابه تقطیر دفرانسیل است که در آن بخار آب به صورت بخار است و تحت شرایط تعادل و به

آهسته مایع می شود و بخش مایع می شود به سرعت خارج می شود. (حرارت به کندی از آن گرفته می شود)



\* با محاسبات مشابه حالت قبل خواهیم داشت:

$$\ln \frac{F}{D} = \int_{y_f}^{y_0} \frac{dy}{y-x}$$

مثال  
\* مخلوط مایع شامل 50 درصد مول هپتان نرمال (A) و 50 درصد مول اوکتان نرمال (B). این مخلوط را با

تقطیر دفرانسیل در فشار 1 atm تفکیک می کنیم، 60٪ مول از مایع تقطیر می شود. غلظت متوسط محصول مقطر و

x	0.50	0.46	0.42	0.38	0.34	0.32
y	0.689	0.648	0.608	0.567	0.523	0.497
$\frac{1}{y-x}$	5.29	5.32	5.32	5.35	5.46	5.65

مایع باقی مانده را بدست آوریم.

روش اول:

ابتدا  $\frac{1}{y-x}$  را بدست می آوریم

base: 100 mol/hr

$$x_f = 0.5$$

$$D = 60 \text{ mol/hr}$$

$$W = 40 \text{ mol/hr}$$

$$\ln \frac{F}{W} = \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{y-x} \Rightarrow \int_{x_w}^{x_f} \frac{dx}{y-x} = 0.9163$$



موجود در بخار عباز شده و باعث برگردد. چون در این مورد برخلاف فرایند جذب، ماده در دلیتری به سیستم اضافه

نمی شود، مایع می شود در اثر میان بخار خروجی از بالای دستگاه که از ماده در فرایند غشایی است، تأمین می شود، مایع برگردانده شده

به بالای دستگاه به نام جریان برگشتی (Reflex) و ماده ای که به طور کلی از سیستم خارج می شود به محصول مقطر (Distillate)

موسوم است که از ماده در فرایند غشایی است و ممکن است به حالت بخار و یا مایع باشد. در ناصیه در پایین عمل ورود بخار

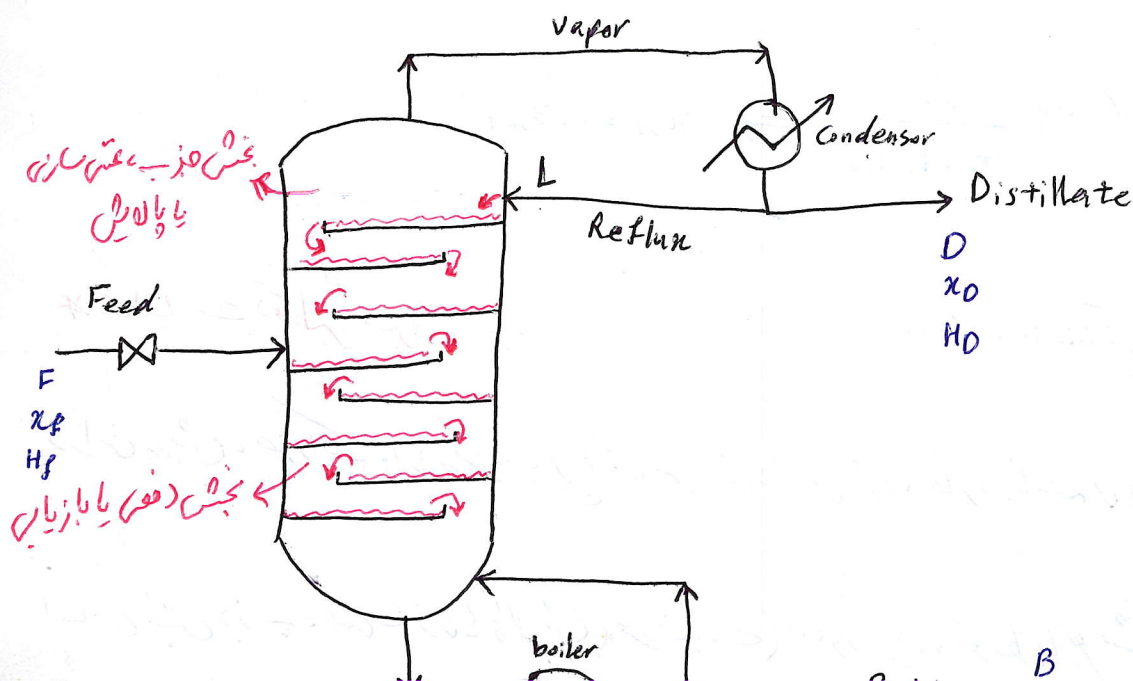
(ناصیه در دفعی یا باز یابی) مایع به وسیله بخار حاصل از بخار حیزتی مایع بخار در جوش آور (Reboiler)، از

سازنده، فرار عاری می شود، مایع خروجی که از سازنده کمتر فرار، غشایی است به نام همانند (Residual) یا محصول

بخار (Bottom) معروف است. در داخل برج همواره مایع و بخار به ترتیب در دماهای حساب و مشتم می باشد

بنابراین حد اکثر دما در پایین برج و حداقل دما در بالای برج قرار دارد. کل دستگاه به تفکیک کشیده (Fractionator)

موسوم است. میزان خلوص دو محصول خروجی بستگی به نسبت مایع به گاز و تعداد واحدهای کامل در دو قسمت برج



موازنه انرژی را هم دارد و از مختصات  $Hxy$  استفاده می‌شود.

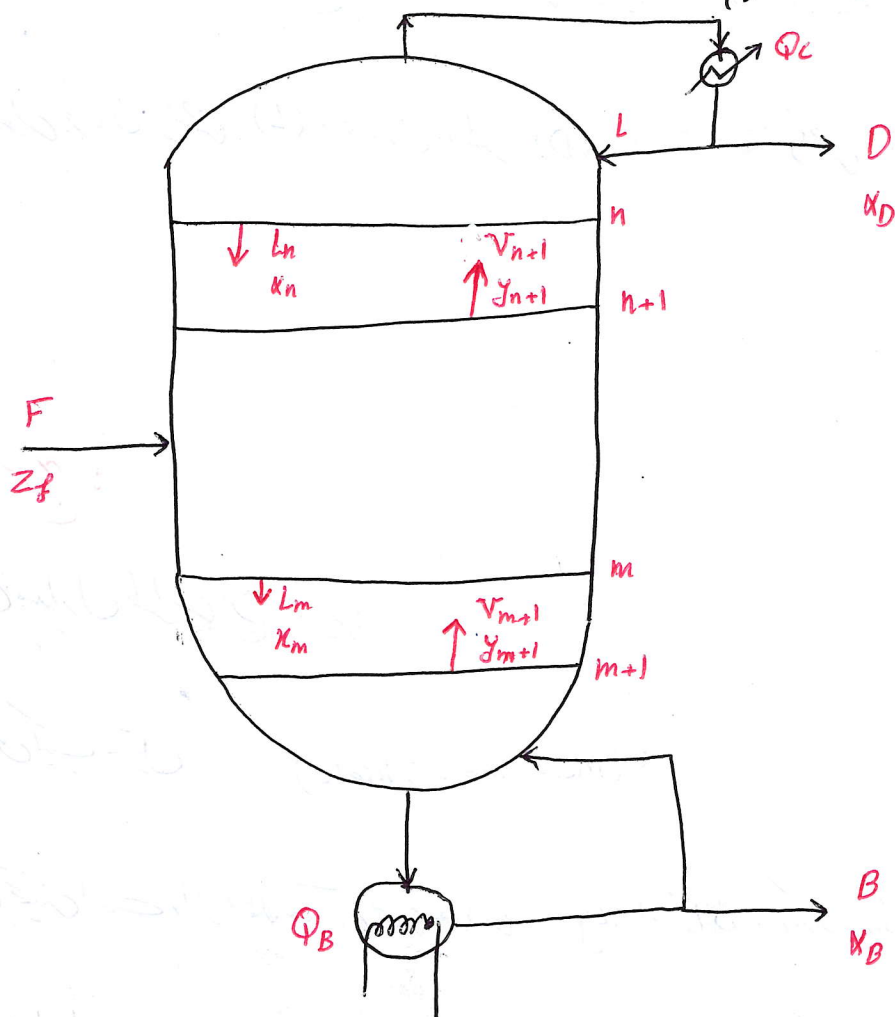
### \* روش مک کیب - تیل :

این روش با آن که نسبت به روش پانچون - سواریت از دقت کمتری برخوردار است، با این وجود بسیار مفید است

چرا که نیازی به داده‌های دقیق آنالیزی ندارد به جزء مواردی که تلفات وارسی و یا گرمای اخلال زیاد باشند، روش

مک کیب - تیل بسیار مناسب است. در این روش، متغیرهای تبادل (عامل) مربوط به دوقسمت برج تقطیر (زیر خوراک

و بالایی خوراک) در نمودار  $xy$ ، دو خط مستقیم فرض می‌شود.



فرضیات روش مک کیب - تیل :

۱. در هر قفسه از برج، دما و ترکیب ثابت است (یعنی تغییرات دما و ترکیب را از قفسه به قفسه در نظر می‌گیریم).

\* موازنه برای جرم قسمت پایین برج :

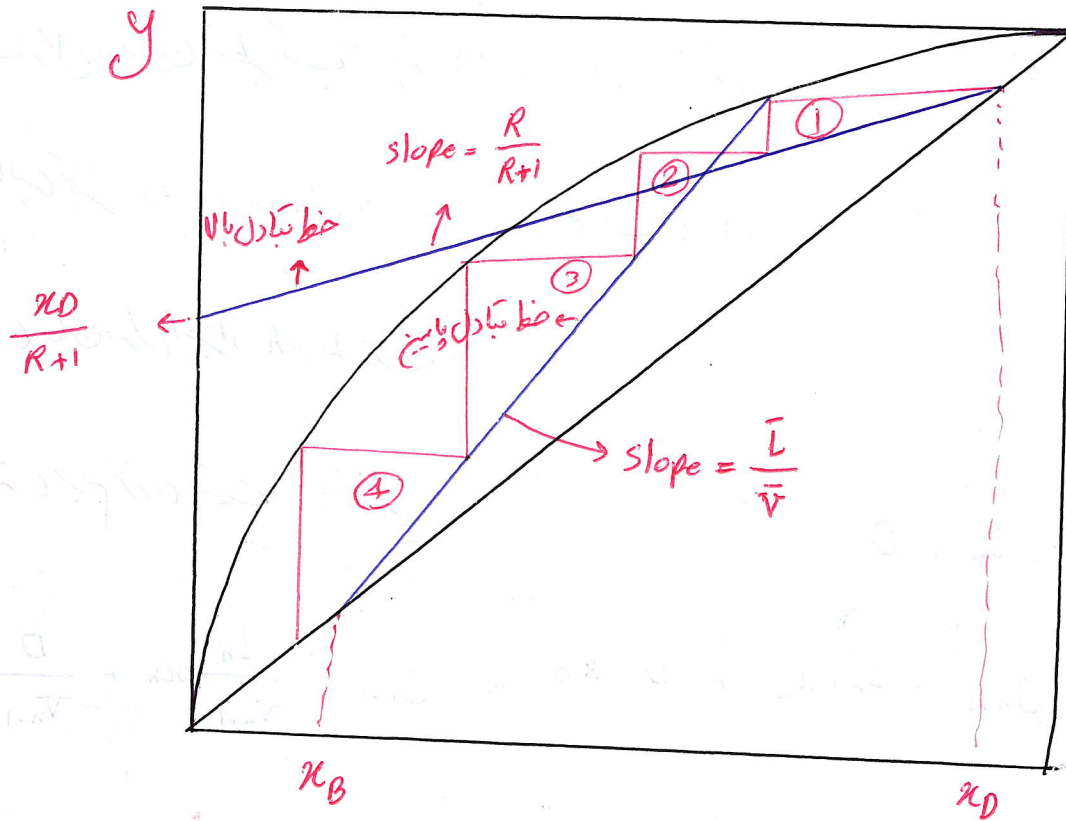
موازنه کل:  $V_{m+1} = L_m - B$

موازنه جزئی:  $V_{m+1} \cdot y_{m+1} = L_m \cdot x_m - B \cdot x_B$

$$y_{m+1} = \frac{\bar{L}}{\bar{V}} x_m - \frac{B \cdot x_B}{\bar{V}}$$

خط تعادل پایین

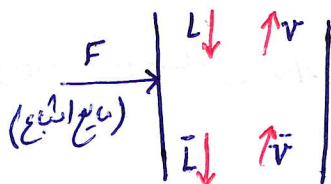
\* در نتیجه اگر بخواهیم یک شکل کلی از روش مک کیب رسم کنیم به صورت زیر است:



در این شکل  
تعداد سینی  $\rightarrow 4 - 1 = 3$  سینی بویلر  $\rightarrow 1$  - تعداد پکیج = تعداد سینی

دارای ۲ دستگاه سینی  $\rightarrow$  محل تقاطع خطوط تعادل بالا = سینی حفار

40/



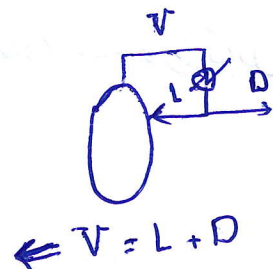
$$\bar{L} = F + L$$

$$\bar{V} = V$$

$$R = \frac{L}{D} \Rightarrow L = R \cdot D = 3 \times 37.5 = 112.5 \text{ kmol/hr}$$

$$\bar{L} = 100 + 112.5 = 212.5 \text{ kmol/hr}$$

$$\bar{V} = V = L + D = 112.5 + 37.5 = 150 \text{ kmol/hr}$$



$$y_{m+1} = \frac{212.5}{150} x_m = \frac{62.5 (0.1)}{150} \Rightarrow y_{m+1} = 1.417 x_m = 0.042$$

خط تيار پایین

\* برای حل این مثال به دو روش می توان اعتماد کرد.

روش اول: رسم منحنی تعادل با استفاده از  $\alpha$ : (روش پیکانه)

$$\alpha = 2.5 \rightarrow y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x} = \frac{2.5x}{1 + 1.5x}$$

x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
y	0	0.217	0.385	0.517	0.625	0.714	0.790	0.854	0.910	0.960	1

مقادیر را به  $x$  و  $y$  در رسم می کشیم. پس منحنی تعادل  $y$  را رسم می کنیم.



حل تله خطی تبدیل بالا و پایین تغییر کنند و نیز خوراک می باشد

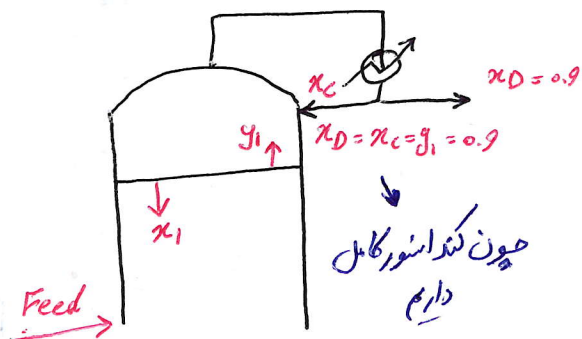
$$y = \frac{2.5x}{1 + 1.5x} \Rightarrow x = \frac{y}{2.5 - 1.5y}$$

معادله تعادل

روش دوم، روش محاسبه:

خط تبدیل بالا:  $y_{n+1} = 0.75x_n + 0.225$

خط تبدیل پایین:  $y_{m+1} = 1.417x_m - 0.042$



$(x_1, y_1)$  یک نقطه تعادل است و  $(x_2, y_2)$  یک نقطه تبدیل است

معادله تعادل:  $x_1 = \frac{y_1}{2.5 - 1.5y_1} = \frac{0.9}{2.5 - 1.5(0.9)} = 0.783$

تبدیل بالا تعادل  
 $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2)$

معادله تبدیل:  $y_2 = 0.75(0.783) + 0.225 = 0.812$

معادله تعادل:  $x_2 = \frac{0.812}{2.5 - 1.5(0.812)} = 0.633$

تبدیل بالا تعادل  
 $(x_2, y_2) \rightarrow (x_3, y_3)$

معادله تبدیل:  $y_3 = 0.75(0.633) + 0.225 = 0.7$

معادله تعادل:  $x_3 = \frac{0.7}{2.5 - 1.5(0.7)} = 0.483$

تبدیل بالا تعادل  
 $(x_3, y_3) \rightarrow (x_4, y_4)$

معادله تبدیل:  $y_4 = 0.75(0.483) + 0.225 = 0.587$

\* تا وقتی که  $x_n$  از

معادله تعادل

0.587



\* بهترین محل ورود خوراک منته چهارم می باشد.

معادله تبادل:  $y_5 = 1.417(0.362) - 0.042 = 0.471$

تبادل  $(x_4, y_4) \rightarrow (x_4, y_5)$

معادله تبادل:  $x_5 = \frac{0.471}{2.5 - 1.5(0.471)} = 0.263$

تبادل  $(x_5, y_5) \rightarrow (x_5, y_6)$

معادله تبادل:  $y_6 = 1.417(0.263) - 0.042 = 0.331$

معادله تبادل:  $x_6 = \frac{0.331}{2.5 - 1.5(0.331)} = 0.165$

تبادل  $(x_6, y_6) \rightarrow (x_6, y_7)$

معادله تبادل:  $y_7 = 1.417(0.165) - 0.042 = 0.192$

معادله تبادل:  $x_7 = \frac{0.192}{2.5 - 1.5(0.192)} = 0.087 < 0.1 = x_B$

\* 5 زمان ادامه دهیم که

$x_n$  از  $x_B$  کمتر شود.

$6 < \text{تعداد مراحل} < 7$

\* تعداد مراحل کمتر از 7 می باشد.

تعداد مراحل =  $6 + \frac{x_6 - x_B}{x_6 - x_7} = 6 + \frac{0.165 - 0.1}{0.165 - 0.087} = 6.83$

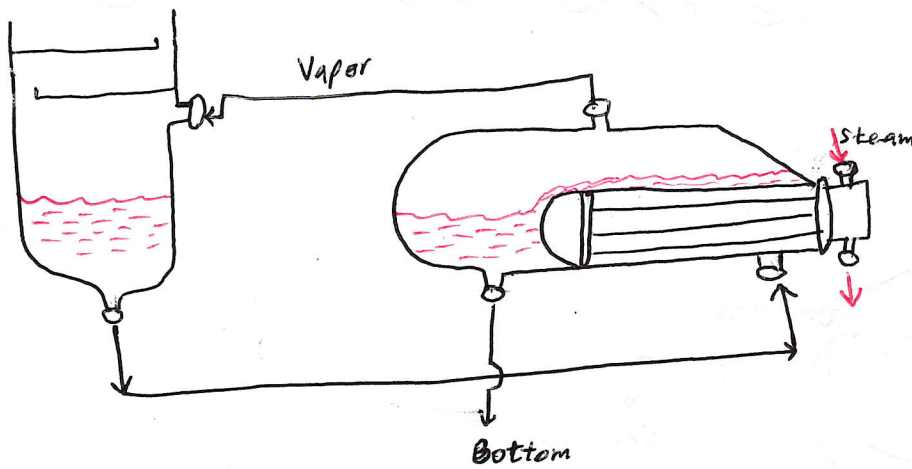
تعداد منته مورد نیاز =  $7 - 1 = 6$

مربوط به ریویز

\* برای مقایسه های بزرگتر، معمولاً از انواع مختلف بویلرهای خارجی استفاده می شود که می توان از دیگران را نیز برای مواقع تمیز کردن و تست استفاده کرد.

\* ریبویلرهای کتری مانند (Kettle-type): در این نوع ریبویلر که ماده گرم کننده داخل لوله های جری دارد

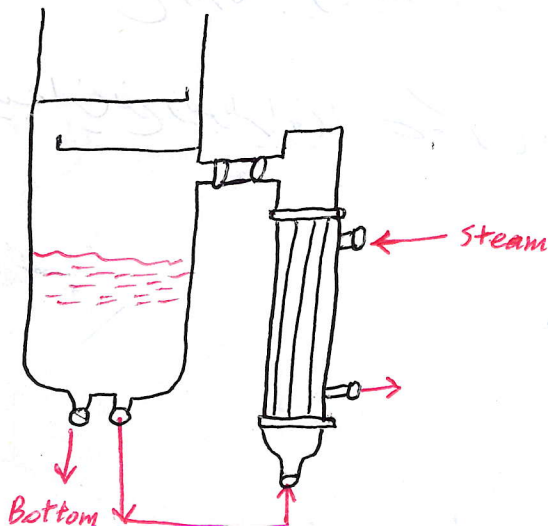
تجاری در تعادل با محصول باقی مانده تولید می کنند، بنابراین یک مرحله تعادل را شامل می شوند.



\* ریبویلر ترموسیفون (Thermo-syphon): در این نوع ریبویلر ماده گرم کننده خارج از لوله ها جری دارد

و می تواند به گونه ای عمل کند که تمام مایع وارد شده را به تجاری با همان غلظت محصول باقی مانده تبدیل کند. در این صورت،

تفکیک در آن صورت نمی گیرد.



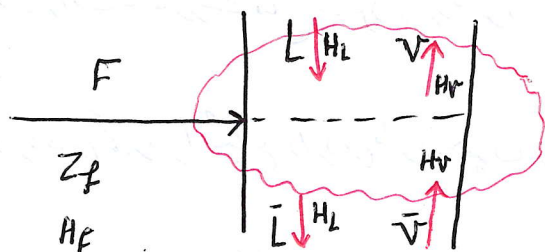
\* فقط این نوع دارای مرحله تعادل

نمی باشد، یعنی مایع و تجاری را به هم ندارند.

\* اگر در مسئله از این نوع ریبویلر استفاده شود، باید آن را به عنوان یک

مرحله در نظر بگیریم، در حالی که بقیه ریبویلرهای یک مرحله تعادل در نظر

\* استفاد از موازنه انرژی برای بدست آوردن سینه خوراک (روش استفاد از q):



فرقی می شود تلف انرژی نداشته باشیم.

(۲۲) موازنه سیم:  $F + L + \bar{V} = \bar{L} + v \rightarrow \bar{v} - v = \bar{L} - L - F$

موازنه انرژی سیم:  $F \cdot H_f + L \cdot H_L + \bar{V} \cdot H_v = \bar{L} \cdot H_L + v \cdot H_v \Rightarrow (\bar{L} - L) H_L = (\bar{v} - v) H_v + F \cdot H_f$

$$(\bar{L} - L)(H_v - H_L) = F(H_v - H_f) \Rightarrow \frac{\bar{L} - L}{F} = \frac{H_v - H_f}{H_v - H_L} = q$$

۹: تغییر آنتالپی لازم برای تبدیل یک مول خوراک، از حالت اولیه آن با آنتالپی  $H_f$  به بخار اشباع، تقسیم بر

گرمای بخار مولی غیر خوراک  $(H_v - H_L)$ .

\* خوراک می تواند در هر شرایطی باشد. یعنی از مایع فوق سرد گرفته، که خیلی پایین تر از نقطه ی حباب خود

است، تا بخار فوق داغ، بنابراین در هر حالت مقدار q فرق می کند.

(e) فوق اشباع  $q < 0$

(c) مایع اشباع  $q = 1$

۹ در شرایط مختلف خوراک ورودی:

(a) مایع سرد  $q > 1$



بالا سرچ ←  $V \cdot y = L \cdot x + D \cdot x_D$

پایین سرچ ←  $\bar{V} \cdot y = \bar{L} \cdot x - B \cdot x_B$

$$\Rightarrow \frac{F(q-1)}{(\bar{V}-V)} y = \frac{F \cdot q}{(\bar{L}-L)} x - \frac{F \cdot z_F}{(D \cdot x_D + B \cdot x_B)}$$

\* مکان هندسه محل تلاقی دو خط تبادل را باند:

هم  $y = \frac{q}{q-1} x - \frac{z_F}{q-1}$

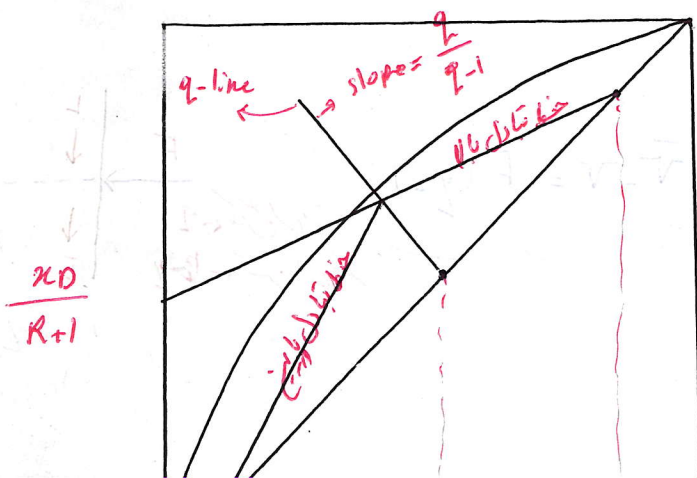
\* باراشن  $q$  و  $z_F$  (شرایط خوراک)

این خط (خط خوراک) را به راحتی قابل ترسیم است.

خط خوراک از نقطه  $(z_F, z_F)$  با شیب  $\frac{q}{q-1}$  رسم می شود. از نقطه  $(z_F, z_F)$  خط  $q$ -line

را رسم می کنیم. از نقطه  $(x_D, x_D)$ ، خط تبادل بالا را رسم می کنیم تا خط  $q$ -line را قطع کند. از این نقطه

خط به نقطه  $(x_B, x_B)$  رسم می کنیم تا خط تبادل پایینی بدست آید.





وزن مولکولی

$$\text{الف) } Z_F = \frac{40/78}{(40/78) + (60/92)} = 0.44$$

وزن مولکولی

$$x_D = \frac{97/78}{(97/78) + (3/92)} = 0.974$$

$$x_B = \frac{2/78}{(2/78) + (98/92)} = 0.0235$$

$$M_{wF} = \sum x_i M_{wi} = (0.4 \times 78) + (0.6 \times 92) = 86.4 \frac{\text{lb}}{\text{lb mol}}$$

مجموعه خوراک (مجموعه)

$$F = \frac{3000 \text{ lb/hr}}{86.4 \text{ lb/lb mol}} = 347.2 \text{ lb mol/hr}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F = B + D \Rightarrow B + D = 347.2 \end{array} \right.$$

$$B = 195.06 \frac{\text{lb mol}}{\text{hr}}$$

$$F \cdot Z_F = B \cdot x_B + D \cdot x_D \Rightarrow (347.2 \times 0.44) = 0.0235 B + 0.974 D$$

$$D = 152.14 \frac{\text{lb mol}}{\text{hr}}$$

①: خوراک مایع الباقی  $q=1$

$$y = \frac{a x}{1 + (a-1)x} = \frac{2.5 x}{1 + 1.5 x} \rightarrow$$

معادله متقارن

(ب) ②: خوراک در  $20^\circ\text{C}$

$$q = 1 + \frac{C_p(T_b - T_F)}{\lambda}$$

\* اگر به عنوان تغییر برای یک مول تعریف می شود بنابراین  $x_i$  باید  
گرمول باشد.

$$\lambda_F = \sum x_i \lambda_i = (0.44)(7360) + (0.56)(7960) = 7696 \frac{\text{cal}}{\text{gr.mol}}$$

گرمول

$$q = 1 + \frac{0.44 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 86.4 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}} (95^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})}{7696 \frac{\text{cal}}{\text{gr.mol}}} = 1.37$$

$q$ -line :

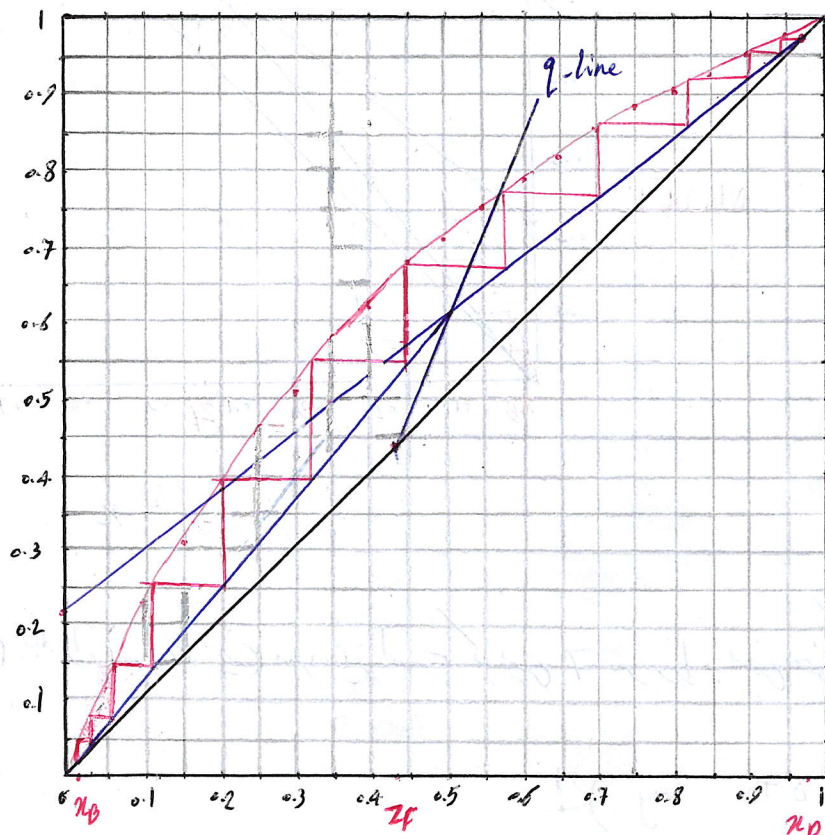
$$y = \frac{q}{q-1} x - \frac{z_F}{q-1} \Rightarrow y = \frac{1.37}{0.37} x - \frac{0.44}{0.37}$$

$$y = 3.7x - 1.19$$

\* با توجه به شکل 13 مرحله

داریم و 12 این مورد نیاز است

و این خوراک نیز 6 ص باشد.



\* جریان برگشتی کامل (Total Reflux):

هرچه نسبت جریان برگشتی اضافه شود مقدار  $\frac{x_D}{R+1}$  کاهش می یابد.

\* در تقریبی نسبت جریان برگشتی  $R = \frac{L}{D}$ ،  $D$  به سمت صفر میل می کند ( $D \rightarrow 0$ ) یعنی تمام محصول مقطر برج

طی جریان برگشتی به برج بازگردانده می شود و نیز کلیه محصول به مانند  $(W)$  مجدداً تبخیر می گردد، واضح است

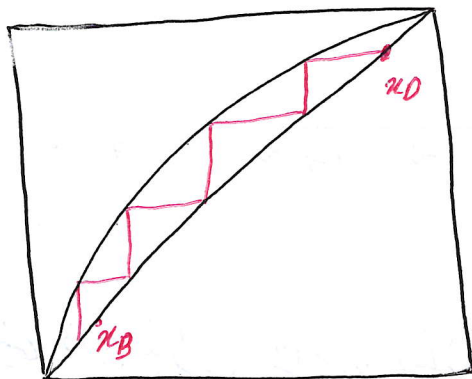
که ورود خوراک تازه نیز باید متوقف گردد تا آبشار شکل صورت نگیرد.

\* هر وقت گفته شد که حداقل سینی ها را بدست آورید، منظور آن است که جریان برگشتی کامل داریم.

مشاهده می شود که هنگامی که  $R \rightarrow \infty$  می شود، تعداد سینی ها حداقل شد و خطوط تبادل بر خط  $y=x$

منطبق می شود. در این قسمت دیگر نیاز به خطوط تبادل بالا و پایین نیست. از  $x_D$  شروع به رسم پیکان می کنیم

تا به  $x_B$  برسیم.



\* در موارد زیر از جریان برگشتی کامل استفاده می شود:

start-up

۱. در ابتدای راه اندازی جهت رساندن سیستم به حالت پایدار (Steady state).

\* مخلوط مایع شامل بنزن و تولوئن در برج تقطیر دارای فشار  $101.3 \text{ kPa}$  و نقطه جوش خوراکی

شامل 45٪ مول بنزن و 55٪ مول تولوئن (در دما  $327.6 \text{ K}$ ) می باشد. محصول مقطر شامل 95٪

مول بنزن و باقی ماند شامل 10٪ مول بنزن می باشد. نسبت جریان برگشتی 4 به 1 است. ظرفیت داری و گرمای مخزن (Bottom)

خوراکی به ترتیب  $c_p = 159 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$  و  $\lambda = 32099 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$  می باشد برای دان های متقابل زیر برای این سیستم

$$\alpha = 2.5$$

مطلوبت:

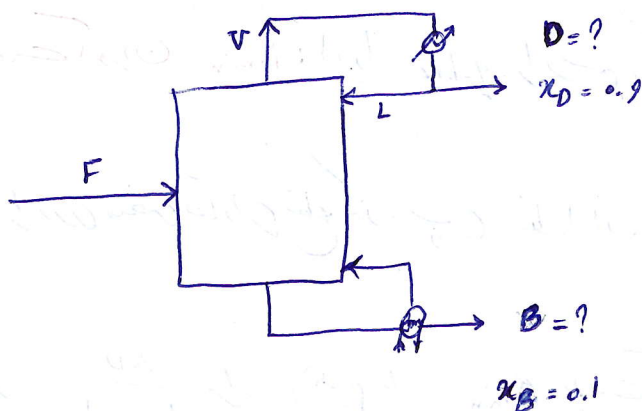
(1) مقدار محصول مقطر و محصول پسماند؟  
 مقدار محصول مقطر:  $93.5^\circ \text{C} = 366.7 \text{ K}$

(2) تعداد سینی های لازم و سینی خوراکی؟  
 خوراکی در دما  $327.6 \text{ K}$  باشد.  $10 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$  (در خوراکی)

(3) مینیمم جریان برگشتی؟ برای تمام حالت ها؟  
 خوراکی با دما  $327.6 \text{ K}$  باشد.

(4) حداقل نسبت لازم برای جریان برگشتی کامل

$x_A$	0	0.13	0.258	0.411	0.581	0.78	1
$y_A$	0	0.261	0.456	0.632	0.777	0.9	1





3. برای یافتن  $R_{min}$ ، اگر خط هوا را از امتداد هم نامی تعدادی را قطع کند نقطه 2 بدست می آید.

$\alpha_D$  را درون خط  $45^\circ$  پرویابی می کنیم. از نقطه حاصل خطی رسم می کنیم تا از نقطه A بگذرد. خط را امتداد

دارد تا محور Y را قطع کند. میزان Y در این نقطه را می خوانیم.

$$y = 0.438$$

$$y = \frac{\alpha_D}{R_{min} + 1} \Rightarrow 0.438 = \frac{0.95}{R_{min} + 1} \Rightarrow R_{min} = 1.17$$

4. خط تبادل و بالا و پایین را در نظر نمی گیریم و از  $\alpha_D$  تا  $\alpha_B$  یکسان رسم می کنیم (خط چین منگه در شکل):

تعداد مراحل 4، تعداد سینی 5 می باشد.

محلولی که استخراج از آن انجام می شود حوراک (Feed) نامیده می شود. مایعی که حوراک با آن مجاور می شود

حلال (Solvent) نامیده می شود. محلولی که از حلال عبور باشد استخراج شود. (Extract) گویند و مایع باقیمانده

که حل شوند. از آن جدا می گردد و همانند (Raffinate) نامیده می شود

### \* حالت های استفاده از عمل استخراج :

از عمل استخراج مایع در حالت های استفاده می شود که عمل استخراج به طور متعمق قابل رقابت با فرایندها

جدا از دیگر است و یا تنها روش جدا از به نظر می رسد.

۱. در رقابت با دیگر عملیات انتقال جرم : در این حالت قیمت نسبی اهمیت پیدا می کند. تقطیر و تبخیر در روش های

جدا از متعمق هستند و محصول بدست آمده تقریباً خالص است. در استخراج، محصول به صورت محلول جدا

است که اغلب با تقطیر یا تبخیر خالص می شود. برای مثال در تقطیر محلول رقیق اسید به بخار از آب جدا می شود،

ولی با استخراج توسط حلال مناسب روش عمل تقطیر به صورت نسبی جدا می شود. برای محلول های رقیق

و آب باید در عمل تقطیر جدا شود، عمل استخراج اقتصادیک است به خصوص که هزینه تبخیر حلال های

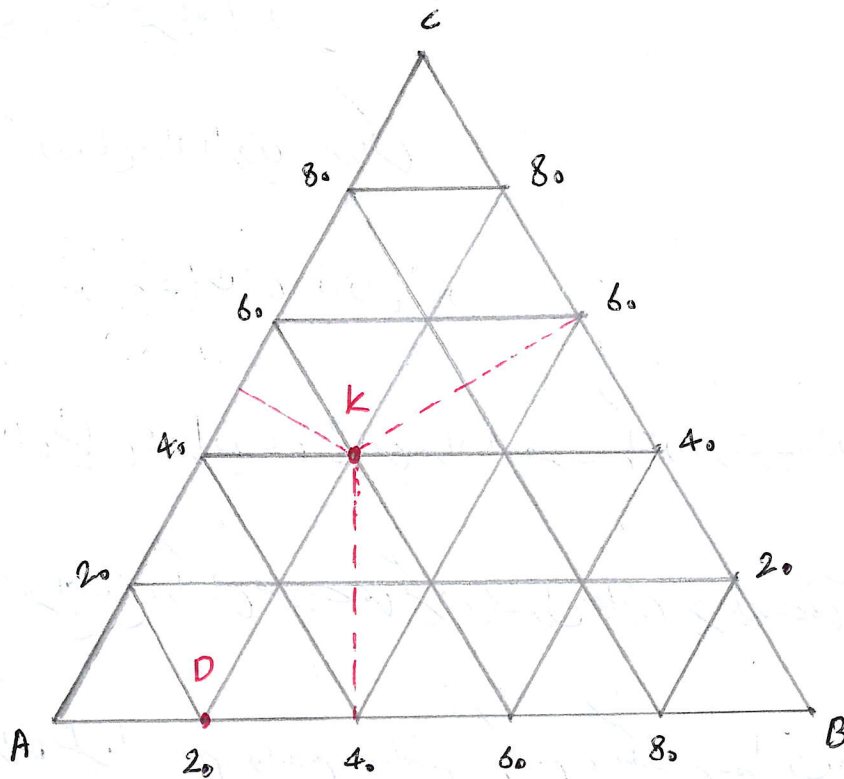
آب خالص کمتر از آب است.

\* در مواردی که برای جلوگیری از تبخیر واری مواد به دمای کمتر نیاز داریم. استخراج می تواند جایگزین خوبی برای

تقطیر یا تبخیر باشد.

در استخراج، فاسد برای کسر کردن است. جزء صبر در درواز extract را با y و جزء در

آن درواز Raffinate را با x نشان می‌دهیم.



\* در دیاگرام مثلثی، جمع فواصل هر نقطه داخل مثلث تا سه ضلع برابر با ارتفاع مثلث است پس می‌توان

ارتفاع مثلث را برابر ۱۰۰٪ غلظت قرار داد و فواصل از سه ضلع را ترکیب در صد ها را به جزء اختیار کرد. هر رأس نشان دهنده یک از مواد به صد٪ خالص است.

\* در مثلث متساوی الاضلاع، فاصله عمود از هر نقطه مثل K بر ضلع AB، نشان دهنده درصد C در مخلوط

K است و فاصله تا ضلع AC درصد B و فاصله تا ضلع CB درصد A را نشان می‌دهد پس  $x_K = 0.4$  (درصد)

است.

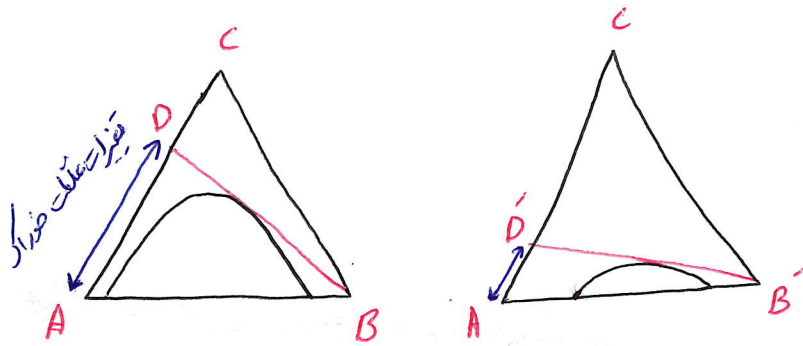
نشان دهنده یک از مواد به صد٪ خالص است. فواصل از هر نقطه داخل مثلث تا سه ضلع برابر با ارتفاع مثلث است پس می‌توان

2. ضریب توزیع (Distribution Coefficient): این کمیت برابر  $k = \frac{y}{x}$  در نقطه تعادل است

و بیانگر توزیع جزء  $C$  می باشد.  $k$  هم می تواند کوچکتر و هم بزرگتر از یک باشد ولی هر چه بزرگتر باشد، حلال کمتر نیاز است.

3. نامحلول بودن حلال (Insolubility of solvent): هر چه قدر  $A$  و  $B$  در هم نامحلول تر باشند، حلال

انعطاف پذیرتر است. برای مثال بین دو حلال  $B$  و  $B'$  در شکل های مقابل، حلال  $B$  بهتر است چرا که نامحلول



غیر محلول (نامحلول دو فاز) بیشتر دارد. و نسبت

به تغییرات غلظت ضواری و حلال انعطاف پذیرتر است.

4. قابلیت بازیابی (Recoverability): از آنجایی که در بازیابی حلال، معمولاً از نقطه استفاده می شود

حلال باید فراریت بالایی داشته باشد و با اجزاء آلوده تر و به تشکیل ندهد.

5. چگالی (Density): هر چه اختلاف چگالی فازها بیشتر باشد، جداسازی آنها بهتر صورت می گیرد.

6. کشش سطحی (Surface tension): هر چه کشش سطحی دو سطح بیشتر باشد، پودر سنگی ذرات آلوده

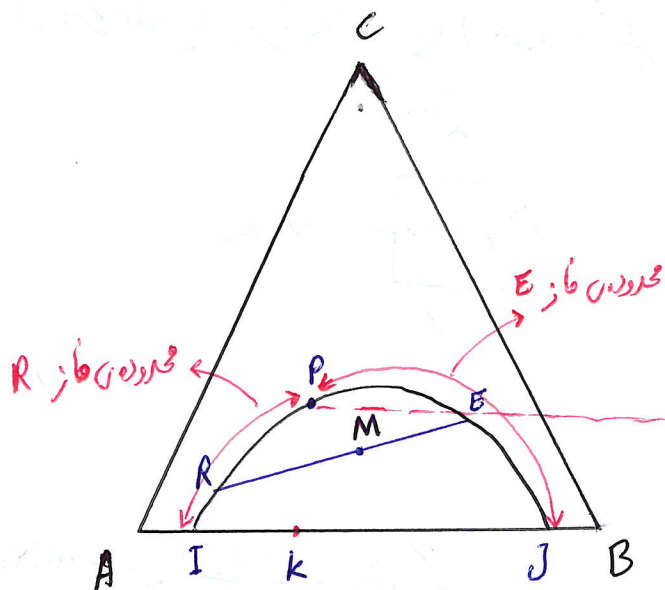
بیشتر می شود، در حالی که پراکنندگی یک مایع در دیگر مایع مشکل تر می گردد.

\* به هم می پیوستند ذرات آلوده تر و در نتیجه پودر سنگی ذرات آلوده

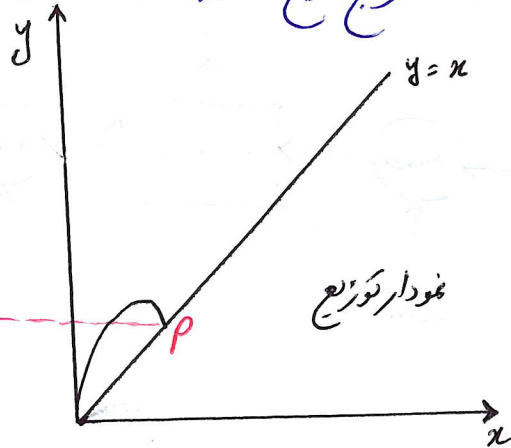


2. حلال با حلال لولہ کا مثلاً نامحلول بابڑ کہ درانی حالت بیار مناسب ہے۔

3. در اثر اضافه شدن نوعی حالت اخلال پذیر نسبت به مقدار کسب

$$\left\{ \begin{array}{l} A, C \text{ کامله محمولند} \\ B, C \text{ کامله محمولند} \end{array} \right.$$


\* بیترسیم های استخراج مایع به صورت بالا هستند.



\* این نوع سیستم‌ها دارای حداکثریت بین  $I$  و  $J$  هستند، یعنی اگر در هر  $A$  و  $B$  طور، با آنکه در قسمت

$AI \perp JB$  زیرا هر یک از فازها متعامد بر شعاع می شود. اما در فاصله  $I$  تا  $J$  به صورت متغیر حل می شوند.

\* به غایت خط tie وجود دارد، چنانچه طول خط tie صفر شود یعنی نقطه  $p$ ، نقطه یقین

(plait) نام دارد. در این نقطه تفاوت بین فاز  $E$  و  $R$  وجود ندارد و  $y = x$  می باشد.

\* در شکل قبل فاصله نقطه  $R$  تا خط  $AB$  برابر کسری جزء  $C$  در فاز  $R$  ( $x$  یا  $x_R$ ) است و فاصله

نقطه  $E$  تا خط  $AB$  برابر کسری جزء  $C$  در فاز  $E$  ( $y$  یا  $y_E$ ) می باشد. بنابراین در صورت در محلول

$E$  بیشتر از مقدار آن در  $R$  است و گفته می شود که بخش بزرگ در فاز استخراج  $B$  استخراج می شود.

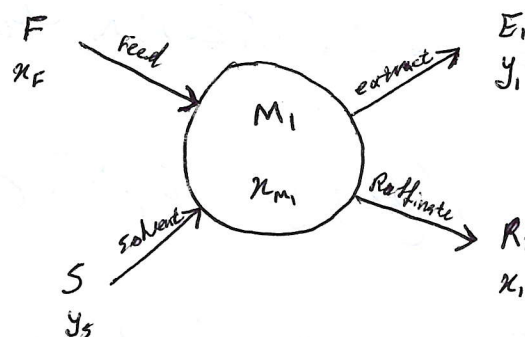
\* با افزایش دما در سیستم های مایع-مایع، حلالت زیاد می شود و منطقه دو فاز کوچکتر می شود. پس مناسب

است استخراج در دماهای پایین انجام شود.

\* استخراج معمولاً در دماهای پایین و فشار بالا انجام می شود، به این منظور است که فشار تشکیل می شود و گرنه

فشار روی حلالت اثر چندانی ندارد.

\* استخراج تک مرحله ای (Single stage extraction):



\* این عملیات ممکن است به صورت مدولم یا غیر مدولم انجام شود. در شکل بالا، جریان ها در مرحله استخراج

$$\Rightarrow \frac{R_1}{E_1} = \frac{y_1 - x_{M_1}}{x_{M_1} - x_1}$$

\* حداقل مقدار حلال ؟

هر چه کمتر شود  $M_1$  به  $F$  نزدیک تر می شود و در نهایت  $M_1$  می تواند به نقطه  $D$  برسد. در واقع مقدار حلال زمانی حاصل می شود که  $M_1$  روی  $D$  منطبق شود:

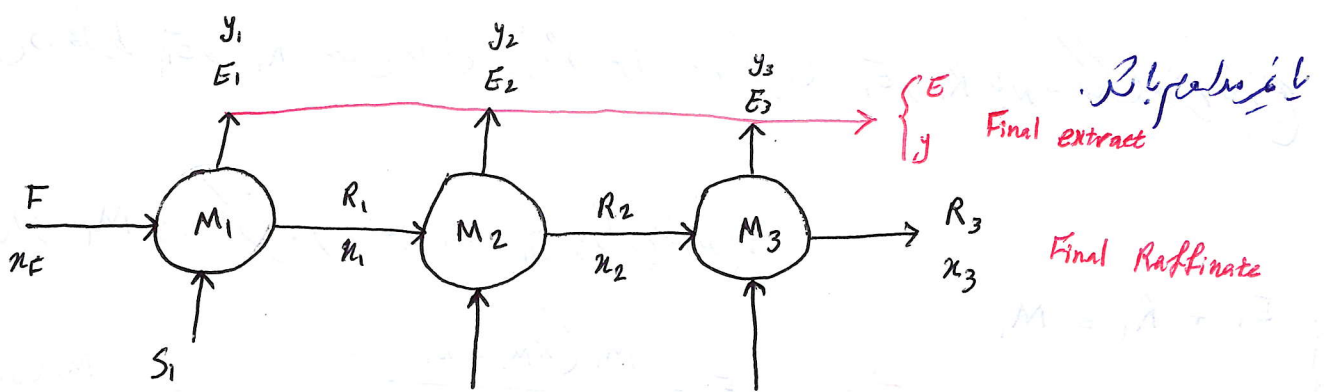
\* در این حالت با رسم tie از  $D$  مقدار فاز  $E$  به دست می آید ( $D$ ) که مقدارش بسیار کم است.

\* حداکثر مقدار حلال ؟

در این حالت کل مخلوط  $M_1$  را فاز  $E_1$  تشکیل می دهد. حداکثر حلال با قرار دادن نقطه  $M_1$  در  $L$  به دست می آید که مقدارش به نحایت کوچک از  $R$  به دست می دهد.

\* استخراج چند مرحله ای متقاطع (Multi stage cross current extraction) :

این روش مانند استخراج تک مرحله ای است که در آن همانند دوباره با حلال تازه مجاور می شود که این عمل می تواند مدام



Handwritten notes at the top of the page, possibly a title or introductory text.

Main body of handwritten text, appearing to be a list or series of notes.

$$\left\{ \begin{aligned} E_n + K_n &= W_n \\ E_n K_n &= K_n K_n + K_n E_n \end{aligned} \right.$$

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a conclusion or additional notes.