جلسه‌ی اول ۲/۷/۸۷

دلیل پیچیده بودن انتقال جرم نسبت به حرارت و سیالات چیست؟

چون پدیده‌ی انتقال جرم بیشتر در سیستم های دو جزئی یا چند جزئی اتفاق می افتد و در سیستم های تک جزئی تنها به علت اختلاف غلظت انتقال جرم داریم برخلاف حرارت و سیالات که در سیستم های تک جزئی هم زیاد اتفاق می افتد.

و در بیشتر حالات انتقال جرم در سیستم های دو جزئی مورد بحث قرار می گیرد. چرا؟
چون حتی در سیستم های چند جزئی ابتدا آن را به سیستم دو جزئی A و B تبدیل کرده و روابط حاکم بر سیستم های دو جزئی را مورد استفاده قرار می دهیم و این روند را تکرار می کنیم

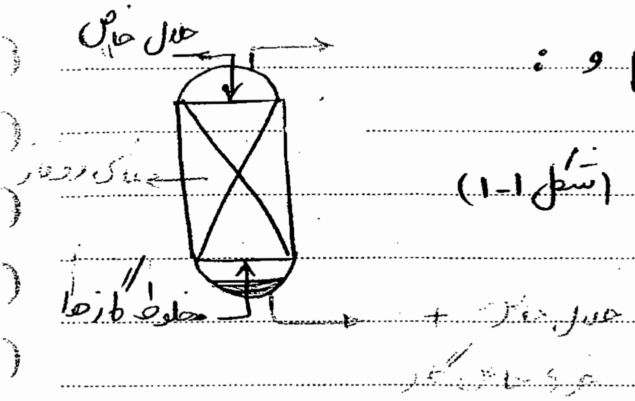
در سیستم های دو یا چند جزئی اگر یک جزء در حال انتقال باشد، این جزء در اجزای مختلف دیگر با سرعت های مختلفی حرکت می کند.

فصل اول:
کار مهندسی شیمی چیست؟
۱) کنار هم قرار دادن اجزای یک محلول و یا مخلوط خاص در شرایط عملیاتی خاص و تبدیل آن به محلول یا مخلوط مورد نظر و خاص.

۲) جداسازی اجزای سازنده‌ی یک محلول و یا مخلوط و رسیدن به اجزای مخلوط و یا یک جزء خاص

در جداسازی معمولاً با سیستم های دو فازی سروکار داریم. مثلاً فرض کنید:

در تقطیر دو جزء مایع و بخار همواره در کنار یکدیگر قرار دارند.
یا یک مخلوط گازی داریم. اگر بخواهیم همه‌ی اجزا را با هم جدا کنیم واحد عملیاتی بسیار بزرگ و کار خیلی سخت می شود. پس چه کار کنیم؟



اجزای مخلوط را در کنار یک جزء خاص قرار می‌دهیم و :

(شکل ۱-۱)

پس داریم :

- کار مهندسی شیمی
  - کنار هم قرار دادن اجزا
  - جداسازی
    - I) مستقیم - غیرقابل امتزاج
    - II) مستقیم - قابل امتزاج
    - III) غیرمستقیم که توسط غشا جدا شده‌اند.

II) مستقیم - قابل امتزاج : فقط در مورد گاز - گاز و مایع - مایع قابل امتزاج مورد بررسی است.

ازنظر ما (ماکروسکوپیک) گاز - گاز غیرقابل امتزاج وجود ندارد. که مسائل این قسمت در محدوده‌ی تک فازی است. و روابط حاکم بر سیستم‌های تک فازی در این مورد استفاده خواهد شد.

در این جا چه چیزی باعث انتقال جرم می‌شود؟

۱) اختلاف غلظت ۲) اختلاف دما ۳) اختلاف فشار

۴) اختلاف نیروی محرکه‌ی خارجی.

روابطی که ما می‌گوئیم فقط برای انتقال جرم در اثر اختلاف غلظت است. امّا چرا؟

معمولاً انتقال جرم به صورت موضعی مورد استفاده قرار می گیرد و در یک موضع خاص یک دما و فشار متوسطی وجود دارد (ولی در مواضع مختلف ، اختلاف دما و فشار داریم.)

گاهی مورد ۱ و ۲ و ۳ (اختلاف غلظت و دما و فشار) را تلفیق کرده و گویند انتقال جرم در اثر اختلاف پتانسیل شیمیائی است.

III) غیر مستقیم که در اثر غشا جدا شده اند:

[چرا در استخراج شیب جارویی می دهند؟ با دادن شیب جارویی منحنی تعادلی تغییر مکان می دهد و تعداد مراحل و ارتفاع ستون تغییر می کند ← توضیح بیشتر در فصل ۶)

غشا چیست ؟

غشا پرده یا صفحه ای نازکی است که بین دو فاز قرار می گیرد و مانع ارتباط مستقیم دو فاز می شود.

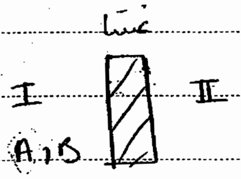
فاز I و II می تواند قابل امتزاج باشد.

نقش و تفاوت غشا چیست ؟

۱) جلوگیری از امتزاج پذیری دو فاز قابل امتزاج I و II (مایع - مایع یا گاز - گاز)

۲) " " حرکت هیدرولیکی یک فاز در فاز دیگر (در حالت غیر قابل امتزاج)

غشا می تواند بین دو فاز غیر قابل امتزاج (گاز - مایع یا مایع - مایع غیر قابل امتزاج) هم قرار بگیرد.



آب و الکل ← قابل امتزاج

آب و بوتانول ← نسبی قابل امتزاج

آب و تولوئن ← غیر قابل امتزاج

مکانیزم انتقال جرم چگونه است ؟

۱) غشا دارای سوراخ های میکرونی (بسیار ریز) است. مثلاً جزء A از فاز I

Subject:
Year. Month. Date. ( )

به نفوذ

قابل عبور است ⇐ Diffusion

۲) permeation :① جذب جزء A به لبه‌ی غشا

② حرکت جزء A از داخل غشا (مثل جابه‌جایی Conduction)

③ رسیدن جزء A به فاز II

ذرات [illegible] روی غشا جذب سپس از داخل غشا به طرف دیگر غشا نفوذ می‌کند.

گاز برای عبور از غشا [illegible]؟

الکترودیالیز : خون وارد محیط غشایی شده و غشا به گونه‌ای است که جزء سنگین از فاز I از داخل غشا عبور کرده و وارد حلال فاز II می‌شود.

و ...

I) مستقیم - غیرقابل امتزاج :

- گاز - گاز ← حذف : حرکت مولکولی بسیار زیاد
- مایع - گاز : تقطیر
- جامد - گاز
- مایع - مایع
- جامد - مایع
- جامد - جامد ← حذف : حرکت مولکولی بسیار کم

جا

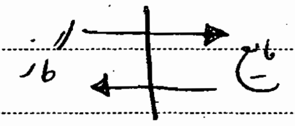
مثل شکل ۱-۱.

I-1) مایع - گاز :

مثل تقطیر :

* تقطیر چیست؟

تماس بین بخار اشباع و مایع جوش است که انتقال اجزا از فاز گاز به مایع و از مایع به گاز صورت می‌گیرد و کلیه‌ی اجزا در هر دو فاز وجود دارند.



انتقال جرم دوفازی است که انتقال جرم در هر دو فاز وجود دارد و دوطرفه است.

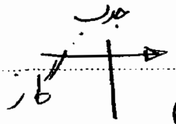
* جذب : تماس بین گاز - مایع است که انتقال اجزای از گاز به مایع صورت می‌گیرد.

انتقال جرم دوفازی.

PAPCO

تقطیر : [illegible]
جذب : دوفازی ، یک طرفه } ؟؟؟
رطوبت زنی : تک فازی ، یک طرفه

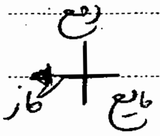
رطوبت زنی ← ؟



ممکن است از مایع به گاز هم صورت گیرد ولی مایع را باید جوری انتخاب کنیم که این اتفاق نیفتد چون حلال های ما بسیار گران قیمت است. ولی اگر این اتفاق افتاد باید فاز گاز را وارد شکل ۱-۱ کنیم.

جذب [illegible]

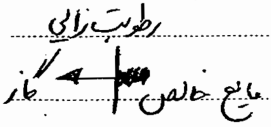
تقطیر: چون دوفازی است. انتقال جرم در هر دو فاز است و دوطرفه است. اما در جذب یک طرفه است.



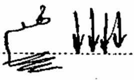
* دفع : تماس بین مایع و گاز که انتقال جرم از مایع به گاز صورت می گیرد. طراحی واحد جذب مثل دفع است.

* رطوبت زنی : تماس بین گاز و مایع خالص است که انتقال از مایع خالص به گاز صورت می گیرد.

رطوبت زنی همان دفع است که انتقال جرم تک فازی شده است. (مثل کولر آبی) ؟



(از روی منحنی رطوبت درصد رطوبت را می توان به دست آورد)



آیا تمام سیستم های دو فازی در مقوله ی انتقال جرم دو فازی قرار می گیرند؟

خیر: مثل رطوبت زایی.

آیا مقایسه با جذب و دفع پیچیده تر است؟

خیر. ساده تر است چون ① تک فازی است و ② فقط یک جز منتقل می شود.

← اجزای مختلف به سرعت ها و نسبت های متفاوتی منتقل شوند

کدام fractional (جزئی) است؟

دفع می تواند باشد یا نباشد

تقطیر است.

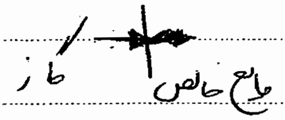
جذب " " "

رطوبت زایی نیست.

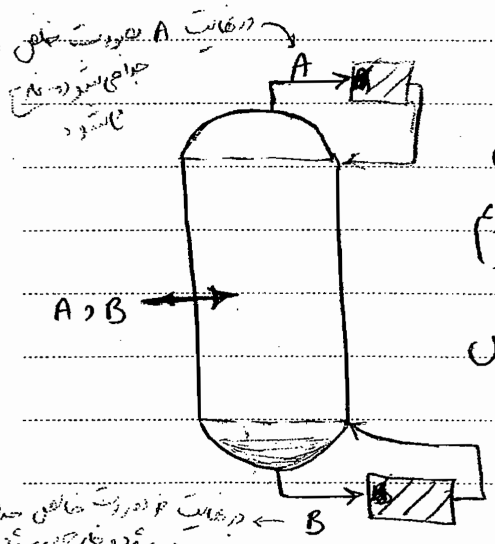
Subject:
Year. Month. Date. ( )

[illegible] تماس بین مایع خالص و گاز است که انتقال جرم از گاز به مایع خالص است.

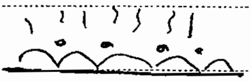
آیا تغییر جهت انتقال جرم روی روابط تأثیر گذار است؟ خیر.
" " " روی مقدار انتقال جرم تأثیر گذار است؟ بله. چرخش‌های درونی داخل حباب تغییر می‌کند.


گاز
مایع خالص

در تقطیر چه اتفاقی می‌افتد؟


در نهایت A به صورت خالص جدا می‌شود (در بالا) خارج می‌شود
A
A و B
B
در نهایت B هم به صورت خالص جدا می‌شود و خارج می‌شود

تقطیر تماس بین مایع و گاز است. مایع می‌آید و به پایین می‌ریزد و در پایین جمع می‌شود و آن را می‌جوشانیم، بخار بالا می‌آید پس تماس بین مایع و بخار داریم و بخار به بالا می‌رسد. بخار را سرد کرده و condense می‌کنیم و به مایع تبدیل می‌شود و در راه حرکت به پایین تماس بین مایع و بخار داریم.


در هر سینی

دو جزئی است.
پیچیده‌تر نسبت به جذب و دفع
انتقال جرم در هر دو جهت.

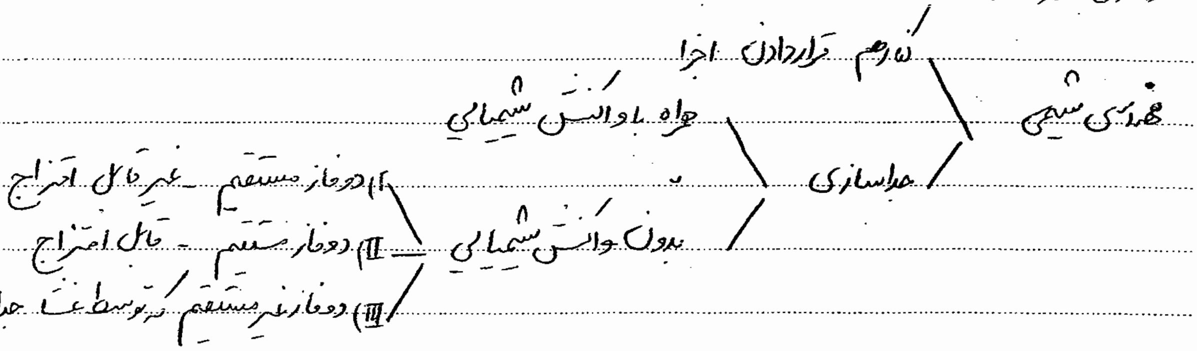
(در هر بار حرکت به پایین ← غنی شدن نسبت به جزء سنگین‌تر B)
(" " " بالا ← " " " سبک‌تر A)

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

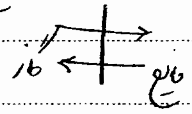
جلسه ی دوم ۸۷/۷/۷

ادامه ی مقدمه

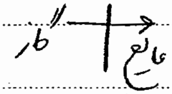

مهندسی شیمی
کنار هم قراردادن اجزا
جداسازی
همراه با واکنش شیمیایی
بدون واکنش شیمیایی
I) دو فاز مستقیم - غیر قابل امتزاج
II) دو فاز مستقیم - قابل امتزاج
III) دو فاز غیر مستقیم که توسط غشا جدا شده اند.

I-1) گاز - مایع:

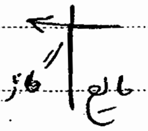
* تقطیر: کلیه ی اجزا از مایع با نسبت های متفاوت به گاز و از گاز با نسبت های متفاوت به مایع منتقل می شوند.



* جذب: اگر گاز چند جزئی و کلیه ی اجزا با نسبت های متفاوت از گاز به مایع منتقل شود از لفظ جذب نسبی (fractional absorption) استفاده می شود.



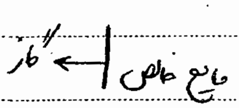
* دفع: اگر مایع چند جزئی و کلیه ی اجزا با نسبت های متفاوت از مایع به گاز منتقل شود از لفظ دفع نسبی (fractional desorption) استفاده می شود.



روابط دفع و جذب یکسان است چون فقط جهت انتقال جرم تغییر خواهد کرد.

* رطوبت زنی: (Humidification)

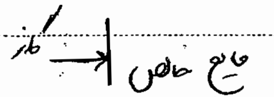
↲ fractional نیست


گاز
مایع خالص

$D \to 10^{-5} \frac{m^2}{s}$

* رطوبت گیری: (Dehumidification)

↲ fractional نیست

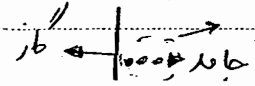

گاز
مایع خالص

$D = 10^{-5} \frac{m^2}{s}$ ؟ ↷

I-2) جامد - گاز: (P.4)

* تصعید: (Sublimation)

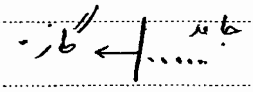
ممکن است انتقال جرمی نباشد درون جامد.



اگر انتقال جرم در جامد وجود داشته باشد، نقش تعیین کننده دارد چون کندترین مرحله نقش تعیین کننده دارد. ممکن است جامد چند جزئی باشد و حالت

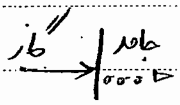
Fractional اتفاق نیفتد.

* خشک کردن : (Drying)



در این جا حتماً انتقال جرم در جامد وجود دارد. (ولی در تقطیر ممکن است این اتفاق نیفتد.

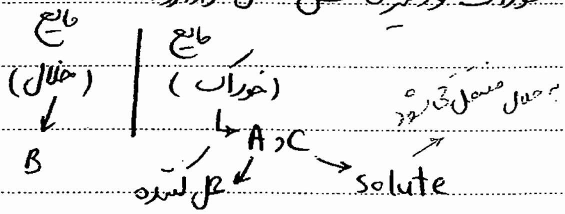
* جذب سطحی (Adsorption): تماس بین جامد و گاز که جامد نقش جاذب را دارد. گاهی روی سطح جامد می‌نشینند. ولی گاهی وارد خلل و فرج بستر جامد می‌شود.



می‌تواند نسبی یا غیرنسبی باشد.

I-۳) مایع - مایع : (P.4)

* استخراج مایع - مایع : تماس بین دو فاز مایع است که یک مایع نقش خوراک و دیگری نقش حلال را دارد.



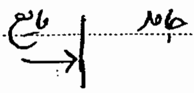
پس انتقال جرم دو فازی شود :
- غنی از حلال : فاز غنی از B (Extract) E
- غنی از حل شده : فاز غنی از A (Rafinate) R

* Super critical Extraction : یک فاز مایع بیشتر نیست. مایع تحت فشار بسیار زیاد است و با برداشتن و شکستن فشار، یک فاز دیگر هم ایجاد می‌شود.

تفاوت استخراج مایع① - مایع با ② Super critical Extraction این است که در ① از اول ۲ فاز داریم ولی در ② فاز دوم در ادامه‌ی کار بدست می‌آید.

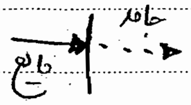
I-۴) جامد - مایع : (P.5) *(P.5)

* Christalization : از همان ابتدا فقط یک فاز داریم و فاز دوم از فاز اول ایجاد می‌شود.



← مایع اشباع از زیادی حل (سرد کردن)

* Adsorption: می‌تواند شیمی یا غیر شیمی باشد و معمولاً انتقال جرم در جامد هم وجود دارد.



پس Adsorption تماس سیال ـ جامد است. (که جامد نقش جاذب را برعهده دارد)

⇐ تاالآن ۳ عملیات بدون واکنش شیمیایی را خواندیم.

* * *

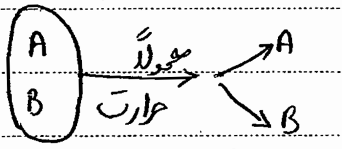
انتقال جرم در اثر ⟵ تفوذ مولکولی J
جابه‌جایی N
تفوذ مولکولی + جابه‌جایی
می‌باشد.

انتقال جرم ⟵ گاز
مایع

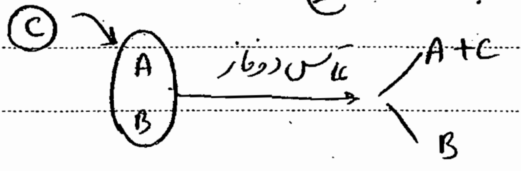
* $\text{کل انتقال جرم} = J + xN$
↳ تفوذ مولکولی (هدایت)
↳ جابه‌جایی

عملیات مستقیم و غیر مستقیم: (P.7) (شکل [illegible])

درعملیات مستقیم ما از ابتدا یک فاز داریم و معمولاً با دادن یا گرفتن حرارت آن را به دو فاز تبدیل می‌کنیم (فاز اولیه حاوی A و B است)
مثل تقطیر یا تبلورسازی



درعملیات غیرمستقیم از ابتدا یک فاز دیگر به فاز اول اضافه می‌کنیم (به‌نحوی که فاز دوم بتواند جزء مورد نظر را از فاز اول جدا کند). جذب سطحی و جذب گاز ـ مایع یا استخراج مایع ـ مایع.

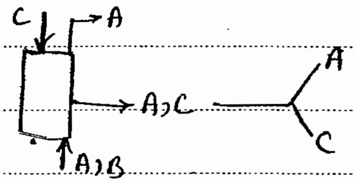


؟ از ۱۳ عملیات قبل کدام مستقیم و کدام غیرمستقیم است؟

شما اول مستقیم را ترجیح می‌دهید یا غیرمستقیم را؟ مستقیم

چرا در اغلب واحدهای عملیاتی ابتدا تقطیر را ترجیح می‌دهید؟ چون عملیات مستقیم است و تنها نیاز به یک ستون داریم.

آیا همیشه عمل مستقیم به غیرمستقیم ترجیح داده می‌شود؟ خیر. گاهی مواقع ممکن است A را بخواهیم، پس باید ببینیم کدام ساده‌تر است. اگر جزء C را بخواهیم، به خاطر بدست آوردن آن باید عملیات را ادامه دهیم.

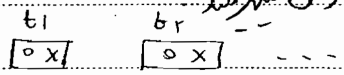


ممکن است عملیات مستقیم نه با انتقال حرارت بلکه با تغییرات فشار باشد. (SCE)

هیچ یک از نقاط واحد عملیاتی

پایدار یا ناپایدار:

پایدار = پایا = steady: به واحد عملیاتی گفته می‌شود که با گذشت زمان تغییر نکند



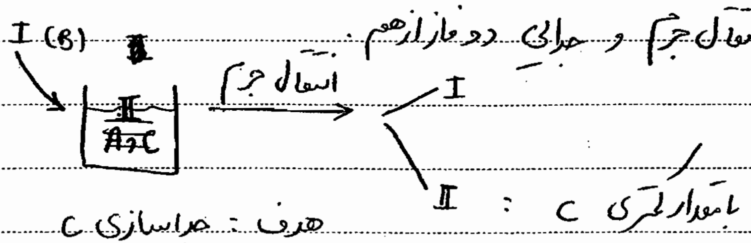
آیا پایداری به معنای عدم انتقال جرم است؟ خیر، در کل واحد انتقال جرم وجود دارد. برای رسیدن به پایداری باید ۳ برابر ماده در ظرف بریزیم.

(Continuous سیستم‌ها ⇐ پایدار) (semi B و Batch سیستم‌ها ⇐ ناپایدار)

یک مرحله - مجموعه مراحل - راندمان:

یک مرحله: تماس بین دو فاز - انتقال جرم و جدایی دو فاز از هم.

از کجا در تماس قرار بگیرند



هدف: جداسازی C

ممکن است ایده‌آل عمل کند و در نقطه‌ی جدایی راندمان ٪۱۰۰ باشد. (در نقطه‌ی جدایی در حال تعادل هستند.)

مجموع مرحله‌ها:

ولی با مقدار ۱٪ برای c را می‌خواهیم

مثلاً اگر مقدار اولیه‌ی c = ۲۰٪ و پس از مرحله‌ی اول به ۵٪ برسد یعنی کار تمام نشده است و باید دوباره با ریختن فاز I جدید عملیات را تکرار کنیم تا به نقطه‌ی مطلوب برسیم.

آیا ممکن است با یک مرحله به نقطه‌ی مطلوب برسیم؟ بله ممکن است.

راندمان:

راندمان چه زمانی تعریف می‌شود؟ وقتی خروجی‌ها در حالت تعادل نباشند.

راندمان یک مرحله = $\dfrac{\text{انتقال جرم صورت گرفته}}{\text{حداکثر انتقال جرم ممکن در آن مرحله}}$?? مرحله ایده‌آل

راندمان کلی = $\dfrac{\text{تعداد مراحل ایده‌آل}}{\text{تعداد مراحل کلی}}$

راندمان یک مرحله گاهی مواقع از یک بزرگتر می‌شود.

۱۸ (۶-۱۱) ← سم

اصول طراحی:

هدف ما همواره جداسازی یک جزء مفید یا مضر است.

فرض کنید مخلوط گازی از دودکش کارخانه یا پساب در حال خروج است. پساب یا دود را آنالیز کرده و درصدهای اجزای مفید و مضر را تعیین و سعی می‌کنیم آن را به مقدار سازگار محیط زیست برسانیم.

آیا می‌توان به طور مستقیم جدا کرد؟ با توجه به داده‌های موجود یک روش را مشخص می‌کنیم.

سؤال ۱)

⇐ با توجه به دبی فاز پساب، دبی فاز مورد نظر را بدست می‌آوریم.

سؤال ۱ ← Batch ⇐ نسبت دبی فازها   Continuous ⇐ حجم فازها

سؤال ۲) دبی ما به ۵٪ رسید ولی می‌خواهیم به ۳٪ برسانیم ⇐ تعداد مراحل ایده‌آل ← اعمال راندمان ← تعداد مراحل واقعی ← ارتفاع ستون.

??

Subject:
Year.   Month.   Date.   ( )

سؤال ۳) [illegible] مدت زمان تماس دو فاز.

سؤال ۴) انرژی حرارتی یا مکانیکی ← که بر ضریب انتقال جرم تأثیر دارد.

کدام یک از عوامل طراحی بر قطر ستون (حجم ستون) و کدام بر ارتفاع ستون تأثیر دارد؟

نسبت دبی فازها یا حجم فازها ← قطر ستون (عرضی)

تصفیه‌ی مواد ← ارتفاع ستون (طولی)

مثلاً تعداد مراحل ایده‌آل = ۲۰ و راندمان = ۵۰٪ است ⇐

تعداد مراحل واقعی = $۲۰ \times \frac{۱}{۰/۵}$ = ۲۵ (m) + ۴ = ۲۴ (m)

ولی اگر راندمان اشتباه ۷۰٪ اعمال شود ⇐

= $۲۰ \times \frac{۱}{۰/۷}$ = ۳۰ × ۰/۵ = ۱۵ (m) + ۳ = ۱۸ (m)

(یک مقاله‌ی ISA = دانشجوی دکترا شدن ⇐ زمینه‌ی کاری خودرا مشخص کن)

[illegible]

PAPCO

امتحان میان ترم: ۲۴ آبان (۸ صبح)

جلسه‌ی سوم ۸۷/۷/۹ (ب شکل ۱۵-۲)

دستگاه های دیفرانسیلی - مرحله‌ای:

[هدف ما از فصل اول این بود که بفهمیم انتقال جرم در بسیاری از واحدهای عملیاتی (چه با واکنش و چه بدون واکنش) وجود دارد. و طراحی هیدرولیکی این واحدها بر عهده‌ی مهندسین شیمی می‌باشد.

نفوذ مولکولی تنها در سیالات (مایع و گاز) بررسی می‌شود. حتی جاهایی که جامد - گاز داریم، ...]

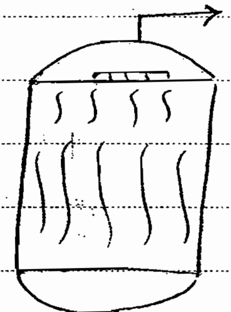
یک ستون دیفرانسیلی به ستونی گفته می‌شود که در تمام نقاط ستون، تماس بین دو فاز و انتقال جرم بین دو فاز وجود دارد.

اگر در مواضع خاصی از ستون تماس و انتقال جرم صورت بگیرد و در مواضعی دیگر نگیرد ← ستون ~~دیفرانسیل~~ مرحله‌ای.

← طراحی این ۲ ستون متفاوت از هم است.

- آیا ستون دیفرانسیلی را می‌توان به صورت مرحله‌ای طراحی کرد؟

بله می‌توان. اما بهتر است بصورت دیفرانسیلی طراحی شود.

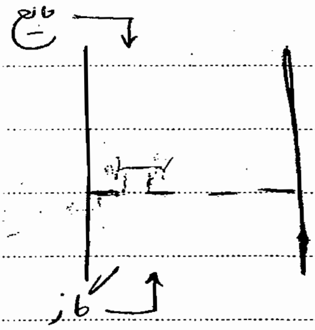


شکل (۳-۱): ستون دیفرانسیلی

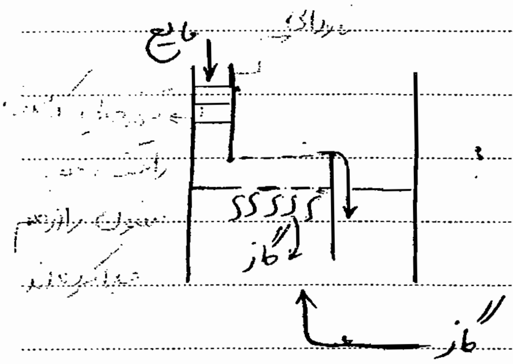
ستون‌های تقطیر سینی دار ← بهترین نمونه‌ی ستون ~~مرحله‌ای~~ دیفرانسیلی.

آیا هر ستون تقطیر سینی دار حتماً ستون مرحله‌ای است؟

خیر. ستون تقطیر سینی دار با ناودانی = ستون دیفرانسیلی ؟



(شکل ۲-۳) ستون قطره سینی‌دار بدون ناودانی که ستونی دیفرانسیلی است :



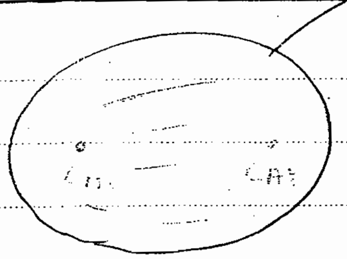
(شکل ۳-۳)
ستون قطره سینی‌دار با ناودانی (ستون مرحله‌ای) :
قطره سینی‌ها محل تماس دوفاز است (نه همه جا)

چه زمانی ستون مرحله‌ای به دیفرانسیلی و برعکس ارجحیت دارد ؟
جواب خاصی ندارد. هیچ کدام به دیگری برتری ندارد. و هر کدام مقرون به صرفه‌تر است بهتر است
اما اگر اطلاعات دقیقی در مورد سینی‌ها نداریم بهتر است سراغ مرحله‌ای نرویم.
اگر آلودگی داریم بهتر است از دیفرانسیلی استفاده نشود.

* فصل دوم :

چرا در فصل دوم فقط نفوذ مولکولی در سیالات بررسی شده است و تغییرات درآن گفته نشده است؟

اصولاً انتقال جرم در یک لایه‌ی گازی یا یک لایه‌ی مایع صورت می‌گیرد.
C_{A1} : غلظت ماده‌ی A در نقطه‌ی ① .
C_{A2} : " " " ② .
C_{A1} و C_{A2} می‌توانند از یک سیستم تک فازی یا دوفازی باشند.
(A جزء خاص لایه‌ی مایع یا گاز است.)

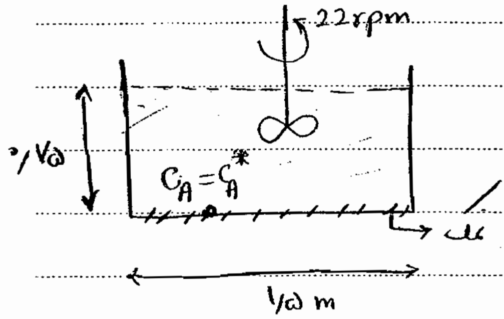


if $C_{A1} > C_{A2}$:

ممکن است حرکت A از ① به ② و رسیدن به تعادل مدت‌ها به طول انجامد.

چون در اثر حرکت و برخورد به مولکول‌های دیگر سرعت و جهت حرکتش تغییر می‌کند ولی در هر حال این یک اتفاق خود به خودی است:

حرکت
⇐ حرکت زیگزالی است و تعداد برخوردها بسیار زیاد و V بسیار کند است.



قطر ظرف روبه‌رو = ۱/۵m و عمق ظرف = ۰/۷۵m.

آب بالای نمک کاملاً خالص است و هیچ گونه حرکتی ندارد. ⇐ مایع درست به نمک چسبیده است.

می‌خواهیم غلظت جزء A را در نقطه‌ی چسبیدگی نمک و آب بدست آوریم ← Perry's Handbook
⇐ غلظت نمک در بالاترین نقطه را بدست می‌آوریم
مشاهده می‌شود:

$C_A^* =$ غلظت تعادلی

پس از گذشت ۱۰ سال غلظت نمک در بالاترین نقطه به ۸۷/۵٪ غلظت تعادلی می‌رسد.
" ۲۸ " " " " " " ۹۹٪ " "

آیا رسیدن به نقطه‌ی تعادلی ممکن است؟ (جداسازی کامل)
بله ممکن است. ولی ، واقعاً مقرون به صرفه نیست.

چه کار کنیم؟
پس همزنی به ابعاد مناسب با ابعاد ظرف و پره‌های آن مناسب با ویژگی‌های (فیزیکی) مایع درون ظرف است (همزنی متناسب و مناسب)، درون ظرف قرار دهیم.

برای این ظرف همزنی با ۲۲ rpm.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

سوراخ

[در ستون تقطیر سینی دار هر یک از سینی ها نقش مرحله را بر عهده دارد و جت های خروجی از سوراخ ها نیز همین طور]

پس از استفاده از جت در طی ۶۰ ثانیه به ۹۹٪ غلظت نهایی خواهیم رسید ← در اثر ایجاد تلاطم.

مکانیزم انتقال جرم:

قبل از تلاطم: نفوذ مولکولی

بعد از تلاطم: نفوذ ادی ها (چرخه ها)

ادی ها خیلی بزرگ نیستند و در حد ۲-۳ میلی متری باشند.

مکانیزم واقعی انتقال جرم چگونه است در طی عبور از سوراخ ؟

مجموع نفوذ مولکولی و نفوذ ادی ها.

درست است ادی ها را به علت تلاطم داریم ولی سایز و اندازه ی ادی ها به حدی است که درون خود ادی ها نیز نفوذ مولکولی صورت می گیرد.

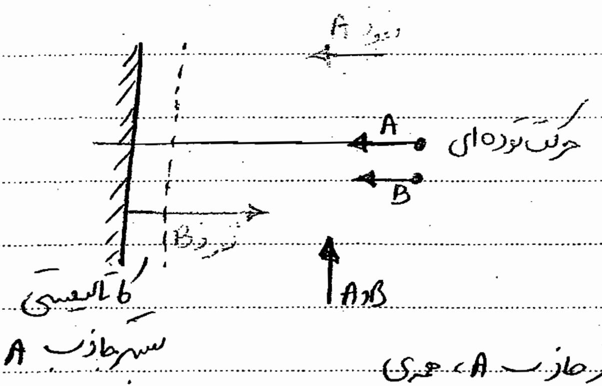
اگر یک توده شامل چند ماهی داشته باشیم:

درون توده ماهی ها حرکت می کنند و با حرکت توده، مایع به هم می خورد. (روی سطح ماهی ها حرکت می کنند

گاهی نفوذ مولکولی از نفوذ ادی ها بیشتر است و گاه برعکس.

یکی از پیچیدگی های انتقال جرم این است که گاهی ممکن است نفوذ مولکولی و نفوذ ادی ها هم سو یا غیر هم سو باشند (ماهی ها خلاف جهت هم حرکت کنند) ← گاهی از هم کم و گاهی با هم جمع می شوند.

Subject: جهت حرکت توده‌ای در اثر چه عواملی مشخص می‌شود؟ جرم و انرژی [illegible]
Year. Month. Date.



راکتوری کاتالیستی را در نظر می‌گیریم:
مایع حاوی A و B در حال حرکت است.

خلأ نسبی به این علت ایجاد می‌شود که در نزدیکی بستر جاذب A، جزء A ها جذب می‌شوند.

⇐ یک حرکت توده‌ای هم برای A و هم برای B به سمت جاذب اتفاق می‌افتد.

⇐ ناظر از بیرون روی سطح جاذب فقط B را می‌بیند ⇐ حرکت زیگزاگ جزء B مطابق شکل اتفاق می‌افتد. (نفوذ مولکولی)

⇐ با جذب شدن A در بستر مقدار A ترکیب بستر کم می‌شود و جهت حرکت نفوذ مولکولی A مطابق شکل خلاف جهت نفوذ مولکولی B است.

فرض کنید روی بستر واکنش شیمیایی نیز روی دهد که C تولید شود و برگردد:
سیستم سه جزئی می‌شود.
و باید جهت نفوذ مولکولی و حرکت توده‌ای برای A و B و C را پیدا کنیم.

در درس جرم به دنبال چه هستیم؟
به دنبال کل انتقال جرم در اثر نفوذ مولکولی یا کل انتقال جرم در اثر نفوذ مولکولی و حرکت توده‌ای هستیم.

نفوذ مولکولی J_A
حرکت توده‌ای N_A $[=] \frac{Kmol}{m^2 \cdot s}$: مقدار انتقال جرمی که در واحد سطح تماس در اثر انتقال جرم در واحد زمان اتفاق می‌افتد.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

برای طراحی ستون حبابی J_A و N_A نیاز داریم.

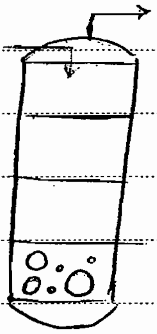
در فصل ۲ و ۳ مقدار J_A و N_A که حساب می‌کنیم مقطعی یک موضع خاص است و فرض می‌کنیم در همه‌ی ستون نیز برقرار است. البته می‌توان در هر موضع شرایط خاص آن را اعمال و J_A و N_A را حساب کرد.

① محل تماس دو فاز ⇐ سطح خارجی حباب‌ها

② چند تا حباب وجود دارد؟ (البته سرعت و سایز حباب‌ها متفاوت است)

③ زمان توقف حباب‌ها (با سایزها و سرعت‌های متفاوت) که مثلاً ارتفاع یک موضع خاص را 1m در نظر می‌گیریم و ستون را طراحی می‌کنیم، غلظت ۲۰٪ با مراحل بالا به ۱۵٪ تبدیل می‌شود که مثلاً ۱۵٪ مطلوب نیست. پس ارتفاع ستون هر موضع را تغییر می‌دهیم.

ولی زمان تماس و سطح تماس بسیار مهم است در تعیین ارتفاع.



جلسه‌ی چهارم ۸۷/۷/۱۴

هدف ما از انتقال جرم، بررسی فلاکس انتقال جرم در اثر نفوذ مولکولی و در اثر نفوذ مولکولی + حرکت توده‌ای است.

قانون اول فیک:

خیلی شبیه قانون اول فوریه است.

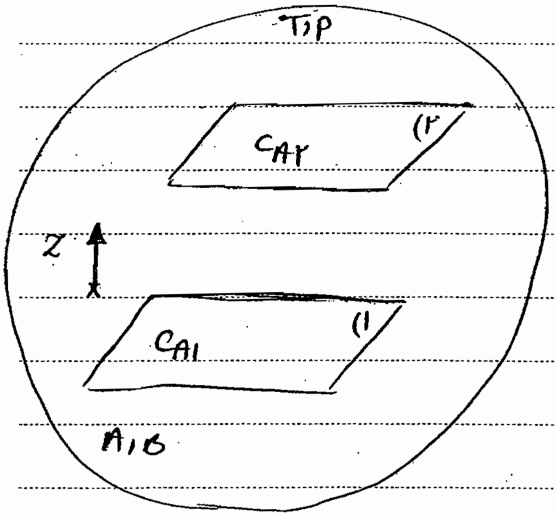
چرا کار تجربی جرم از حرارت سخت‌تر است؟

قانون اول فوریه به دنبال قانون اول فیک بدست آمده. فرض کنیم که قطعه‌ای استوانه‌ای جامد گرم داریم که می‌خواهیم پروفایل دمایی آن را بدست آوریم.

می‌توان با استفاده از یک ترموکوپل کوچک، تغییرات دما را مشاهده کرد. و سپس با استفاده از موازنه و شرایط مرزی اولیه پروفایل دما را بدست آورد و با تجربه مقایسه کرد و اشکالات را بررسی و رفع کرد.

اگر یک قطعه‌ی نفتالینی داریم و خواهیم پروفایل غلظت را اطرافش بررسی کنیم، این کار تقریباً غیرممکن است و اگر دو یا چند جزئی باشد غیرممکن است.

حال قانون اول فیک:



فرض کنید یک سیستم دوجزئی A, B داشته باشیم.

فرض کنید در همه‌ی نقاط مقطع (۱) غلظت A برابر C_{A1} باشد. (یک بعدی)

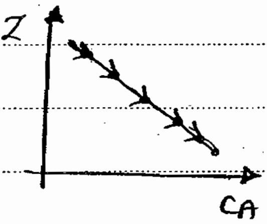
J_{Az}: مولار انتقال جرم از واحد سطح در واحد زمان = فلاکس انتقال جرم جزء A در جهت z = شار جزء A

J_{Az} [=] $\frac{kmol}{m^2 \cdot s}$

$C_{A1} > C_{A2}$

غلظت جزء A را از (۱) به (۲) در نقاط مختلف بدست می‌آوریم:

←



فرض شد بتوانیم $\frac{dC_A}{dz}$ را بدست آوریم.

$$\frac{dC_A}{dz} [=] \frac{Kmol}{m^3 \cdot m}$$

برای یک سیستم خاص و شرایط عملیاتی خاص مقدار $\frac{J_{Az}}{\frac{dC_A}{dz}}$ مقدار ثابتی است.
(T,P معین)

و $\frac{J_{Az}}{dC_A/dz} = cte =$ ضریب نفوذ $= D_{AB} =$ ضریب نفوذ A در B

قانون اول فیک:

$$\boxed{J_{Az} = -D_{AB}\frac{dC_A}{dz}}$$

منظور

آیا قانون اول فیک برای یک سیستم خاص در یک شرایط عملیاتی خاص صادق است؟

خیر. قانون اول فیک برای آن سیستم خاص در هر شرایط عملیاتی با تغییر مقدار D_{AB} صادق است ⇐

D_{AB} علاوه بر شرایط عملیاتی T,P است، تابع شرایط شیمیایی نیز هست.

$$D [=] \frac{\frac{Kmol}{m^2 \cdot s}}{\frac{Kmol}{m^3 \cdot m}} = \frac{m^2}{s}$$

انتقال جرم در اثر نفوذ مولکولی دقیقاً معادل انتقال حرارت در اثر هدایت است.

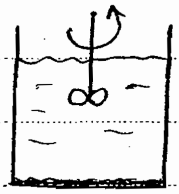
$$Q_z = -k\frac{dT}{dz} = -\underbrace{\frac{k}{\rho c_p}}_{\alpha} \cdot \frac{d(T\rho c_p)}{dz} = -\alpha\frac{d(T\rho c_p)}{dz} \qquad \alpha [=] \frac{m^2}{s}$$

$$\tau_{xy} = -\mu\frac{dv_y}{dx} = -\frac{\mu}{\rho}\frac{d(\rho v_y)}{dx} = -\nu\frac{d(\rho v_y)}{dx} \qquad \nu [=] \frac{m^2}{s}$$

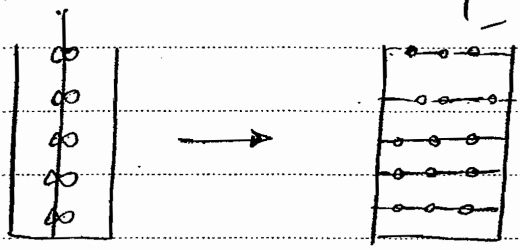
τ در جهت x ناشی از حرکت سیال در جهت y

* (گرادیان پدیده)(ثابت پدیده) = فلاکس پدیده *

↓ در واحد سطح در واحد زمان



مثلاً یک ستون با تعدادی همزن داریم. اگر این همزن ها را برداشته و به جای آن سینی سوراخ دار قرار دهیم به یک نمونه‌ی ستون واقعی می‌رسیم.



حرکت توده‌ای + نفوذ مولکولی : مکانیزم واقعی

مثال خارج کتاب : تفاوت نفوذ مولکولی و حرکت توده‌ای :

فرض کنید فردی ایستاده است و حرکت سینی‌ای را بررسی می‌کند که در آن تعدادی توپ قرمز و سفید است

در مدت (ز) ۵

در یک مقطع ثابت، در یک مقطع زمانی ثابت، ۲۰ توپ که ۵ تا قرمز و ۱۵ تا سفید است عبور کرده است. در این جا سینی متحرک بوده است ⇐ حرکت توده‌ای.

$\underbrace{\frac{5}{20}}_{\text{جز مولی A}} \times \underbrace{20}_{\text{کل حرکت توده‌ای}}$

(توپ ها سیالِ چسبیده به سینی)

$\text{کل حرکت توده‌ای A} = x_A \cdot \sum N_{iz}$

شخص بیننده در این زمان می‌بیند که توپ ها خود در حال قل خوردن هستند ⇐ قل خوردن توپ ها نفوذ مولکولی است

در همان مقطع زمانی ثابت مثل

ممکن است یکی از توپ ها در خلاف جهت قل بخورد و کم شود. (۱-)

اگر ۲ توپ دیگر سریع قل بخورند و به ۵ توپ قبلی برسند (۲+)

$-1 + 5 + 2$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$\boxed{N_{Az} = J_{Az} + x_A \cdot \sum N_{iz}}$$

N_{Az}: کل انتقال جرم جزء A

J_{Az}: انتقال جرم جزء A در اثر نفوذ مولکولی

$x_A \cdot \sum N_{iz}$: انتقال جرم جزء A در اثر حرکت توده‌ای.

در نظر بگیرید در یک لایه‌ی مایع تقطیر و یک لایه‌ی گاز تقطیر حرکت توده‌ای bulk وجود ندارد. آیا این به معنی انتقال جرم کم است؟ اگر وجود دارد پس چرا گاهی سینی تقطیر با راندمان ۱۰۰٪ کار می‌کند؟

پس انتقال جرم کم نیست و به دلیل راندمان ۱۰۰٪ سینی‌ها زیاد است. ← [illegible] شود.

J^*_{Az}: فلاکس مولی هرگاه سرعت متوسط جرمی A با سرعت متوسط مولی مقایسه می‌شود که خیلی خوب نیست.

j^*_{Az}: فلاکس انتقال جرمی 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃

⇐ پس * ها را حذف می‌کنیم.

J_{Az}: فلاکس انتقال مولی هرگاه سرعت متوسط مولی A با سرعت متوسط مولی مقایسه می‌شود که ما از آن استفاده می‌کنیم.

$$\begin{cases} \cancel{J^*_{Az}} \\ \bigcirc J_{Az} \\ \cancel{j^*_{Az}} \\ j_{Az} \end{cases}$$

$$(*)\begin{cases} J_{Az} = D_{AB}\dfrac{dc_A}{dz} \\ N_{Az} = J_{Az} + x_A \sum N_{iz} \end{cases}$$

انتقال جرم فقط در اثر نفوذ مولکولی

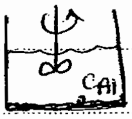
که از این دو رابطه بیشتر در طراحی استفاده می‌کنیم.

قطر → دبی حجمی بارها

ارتفاع → فلاکس

PAPCO

Subject :
Year . Month . Date . ( )



معمولاً $$J_{AZ} = D_{AB}\left(\frac{C_{A1}-C_{A2}}{Z_2-Z_1}\right)$$

$C_{A1} =$ غلظت در مرز مشترک در دمای محل تماس که از هندبوک بدست می‌آید.

مشکل اصلی ما در Z_2-Z_1 است که گاه ۰٫۰۰۳mm و گاه ۵۰cm و یا ۱۰۰cm است و خطا ایجاد می‌کند.

ضرایب نفوذ :
چه برای گاز و چه برای مایع سه حالت وجود دارد :

① ضرایب نفوذ را بصورت تجربی بدست آوریم که این بهترین کار است.

② استفاده از مقادیر تجربی جدول: اگر با شرایط عملیاتی ما همخوانی داشت که استفاده می‌کنیم، در غیر این صورت به تصحیح شرایط عملیاتی می‌پردازیم :
(T, P) : برای گازها
$[T, C]$: برای مایعات
C ← غلظت

③ استفاده از روابط تئوری ـ تجربی ← روابط تئوری.

پس کار ما : اگر شرایط عملیاتی همخوانی داشت با جدول از ② استفاده کن وگرنه سریع به سراغ ③ برو. (روابط تئوری)

p.27 : رابطه ۲-۳۱ و ۲-۳۲ : روابط ٪۱۰۰ تئوری هستند.
آنچه را باید بدانیم : D با P نسبت معکوس و با $T^{3/2}$ نسبت مستقیم دارد.

رابطه ۲-۳۳ : ۲-۴۰ ، ۲-۴۱ ، ۲-۴۲ ، ۲-۴۳ ، ۲-۴۴ و ۲-۴۵ :

Subject: هیچ رابطه‌ای از فصل (2) حفظ نشود.

Year. Month. Date. ( )

این ۷ رابطه برای ضرایب نفوذ در گازهاست.

توضیح :

۲-۳۴ : $۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}$ ؛ که برای سیستم SI است.

Ω_D : تابع برخورد.

دلتا : مقدار جدایی پس از برخورد.

برای محاسبه‌ی Ω_D : از جدول ۲-۵ در ص ۳۴

K : ثابت بولتزمن

T : دما برحسب کلوین

$\varepsilon_{AB}=\sqrt{\varepsilon_A\cdot\varepsilon_B}$ ⇐ برای محاسبه‌ی ε_A و ε_B : به سراغ جدول ۲-۴ می‌رویم

$D_{\underbrace{CH_4}_{A}-\underbrace{air}_{B}}$: ضریب نفوذ متان در هوا =

($D_{AB}=D_{BA}$ اثبات می‌شود)

$$\Rightarrow\begin{cases}\left(\frac{\varepsilon}{K}\right)_A=\checkmark\\ \left(\frac{\varepsilon}{K}\right)_B=\checkmark\end{cases}\Rightarrow\frac{\varepsilon_{AB}}{K}=\sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{K}\right)_A\cdot\left(\frac{\varepsilon}{K}\right)_B}=\checkmark\Rightarrow\varepsilon_{AB}=\checkmark$$

[گاه لازم است که از متوسط هر (۱) و (۲) استفاده کنیم]

⇐ اگر $\left(\frac{\varepsilon}{K}\right)_A$ و $\left(\frac{\varepsilon}{K}\right)_B$ در جدول نبود اول از رابطه‌ی ۲-۳۹ در ص ۳۸ استفاده کن که

فقط T_c (دمای بحرانی) را می‌خواهد که از ضمیمه‌ی انتهای کتاب بدست می‌آید.

اگر استفاده از ۲-۳۹ میسر نشد از رابطه‌ی ۲-۳۸ استفاده کن که T_b را

می‌خواهد که برای T_b به ضمیمه‌ی انتهای کتاب مراجعه کن.

(از جلسه‌ی امروز یک امتحان یک نمره‌ای گرفته می‌شود.)

* یکی از مزیت‌های تئوری ـ تجربی ۲-۳۴ و ... این است که حضور ما با تابع برخورد هم نشان داده شده است.

حال باید δ_A و δ_B را پیدا کنیم در رابطه‌ی ۲-۳۳:

$$\delta_{AB} = \frac{1}{2}(\delta_A + \delta_B)$$

اول از جدول ۲-۴ در صفحه‌ی ۳۲ استفاده کن.

اگر در جدول نبود از رابطه‌ی ۲-۳۷ استفاده کن که V_c (حجم بحرانی) را می‌خواهد که به ضمیمه‌ی آخر کتاب مراجعه کن.

اگر استفاده از ۲-۳۷ میسر نشد از ۲-۳۶ استفاده کن که V حجم مولی است و از جدول ۲-۶ در ص۳۵ و ۳۶ می‌خوانیم.

جدول ۲-۶ ص۳۵ برای ۲-۳۳ ، ۲-۴۰ ، ۲-۴۴ و روابط ضرایب نفوذ دمایی و ۲-۴۱ و رابطه‌ی فولر استفاده می‌شود.

ادامه‌ی جدول

$$V_{CH_4} = V_c + 4V_H$$

* ص۳۵ اگر حلقه‌ی بنزنی [illegible] باشد، 15×10^{-3} را کم کن و برای نفتالین 30×10^{-3} را کم کن.

ص۳۶ : برای نفتالین: $(C_{10}H_8)$

$10V_c + 8V_H - 2(20.2)$ (یک سیکل) ⇒ چون از فولر استفاده کرده است

اما در ص۳۵: $10V_c + 8V_H - \underbrace{2\times15\times10^{-3}}_{\text{۲ تا حلقه‌ی بنزنی}}$

جلسه‌ی پنجم ۹۷/۷/۱۶

همان طور که گفتیم بهترین راه برای بدست آوردن ضریب نفوذ گازها، استفاده از روش تجربی است

بهتر است رنج مقادیر تجربی را بدانیم:
مثلاً برای گازها بسادگی قابل دست یابی نیست. پس دانستن رنج آن بسیار به ما کمک می کند.
رنج گازها $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^{-5}$ (.....) است. (T, P را دقت کن)
جدول ۲ - ۷ ص ۳۸:
کمترین عدد ۰٫۷۴ و بیشترین عدد ۶٫۲۵ است، و معمولاً بین ۰٫۳ تا ۵ است:
ضریب نفوذ در مایعات $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^{-9}$ (.....) است.
برای مایعات چون کریستالی هستند و خلل و فرج زیادی دارند، محدوده‌ی خاصی ندارد.

برای محاسبه‌ی فلاکس ۲ مشکل عمده داریم: ① مقدار D
② ضخامت Z (لایه‌ای که از آن انتقال جرم صورت می گیرد.)
با محاسبه‌ی اشتباه D خطای خیلی بزرگی رخ نمی دهد ولی با محاسبه‌ی اشتباه Z تا صد برابر خطا ایجاد می کند.
به عنوان مثال برای گازها $\hat{D}$ دما و فشار، و برای مایعات $\hat{D}$ دما و غلظت کل باید مدنظر قرار بگیرد.
مثلاً ضریب نفوذ هوا در NH_3 در دما و فشار استاندارد، $1{,}98\times10^{-5}\frac{m^2}{s}$ می باشد. (یعنی $1{,}98\times10^{-9}\frac{cm^2}{s}$ است.)

ضریب نفوذ در یک لایه‌ی انتقال جرم $2{,}1\times10^{-9}\frac{cm^2}{s}$ است. انتقال جرم در کجا صورت می گیرد؟
هر گاز اتفاق می افتد.
به نظر شما ~~[illegible]~~ انتقال جرم بالا دمع است یا رطوبت زنی؟ قطعاً رطوبت زنی است،

اگر دفع هم باشد، انتقال جرم مربوط به لایه‌ی گاز است.

در انتقال جرم بالا جذب سطحی تماس گاز ـ جامد است یا مایع ـ جامد؟ تماس گاز ـ جامد.

*این که می‌گوئیم تغییرات دما زیاد نباشد یعنی چه؟

ما قرارداد می‌کنیم اگر تغییرات دما در مسأله ای بیش از ۲۵°C باشد، حتماً اثر Ω باید بررسی شود. اما اگر کمتر بود، اثر Ω را نادیده می‌گیریم. در حالت (open book)

close book هرگز اثرات دما روی Ω را در نظر نمی‌گیریم. (چه زیاد و چه کم)

$$\frac{D_{AB1}}{D_{AB2}} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{3/2} \left(\frac{P_2}{A}\right)$$

در حالت close book چه تغییرات دما زیاد و چه تغییرات دما کم بود از این رابطه استفاده کن. و

در حالت open book وقتی تغییرات دما کمتر از ۲۵°C بود.

$$\frac{D_{AB1}}{D_{AB2}} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{3/2} \left(\frac{P_2}{P_1}\right) \left(\frac{\Omega_2}{\Omega_1}\right)$$

در حالت open book و:

اگر تغییرات دما بیش از ۲۵°C بود

[illegible]

$\Omega = f\left(\frac{KT}{\varepsilon_{AB}}\right)$

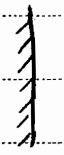
D_{Am}: ضریب نفوذ جزء A در مخلوط گازی.

$$\boxed{D_{Am} = \frac{N_{Az} - y_A \sum_{i=A}^{N} N_{iz}}{\sum_{i=A}^{n} \frac{1}{D_{Ai}} \left(y_i N_{Az} - y_A N_{iz}\right)}}$$

: رابطه‌ی (I) (۵۲-۲)

این رابطه بیشتر برای گازها مورد استفاده است. چون در بدست آوردن این رابطه فرض می‌شود که غلظت کل ثابت است (که در مورد گازها این فرض تقریباً قابل قبولی است)

① اگر در لایه‌ی انتقال جرم فقط جزء A منتقل شود (جداسازی یک جزء خاص):



$N_A \neq 0$

$N_B = N_C = \cdots = 0$

بستر جاذب A

Subject:
Year.   Month.   Date.

حالت اول: تنها انتقال جرم جزء A از میان سایر اجزا صورت گیرد:

$N_{AZ} \neq 0$ و $N_{BZ} = N_{CZ} = \dots = 0$

بستر جاذب A

حتی اگر بگوییم: "انتقال جرم جزء A از میان B و C" باز هم غلط است. B و C ساکن نیستند

~~وهمچنین انتقال جرم [illegible]~~. بلی صحیح است ولی نفوذ A از میان B, C

ولی انتقال جرمشان صفر است.

D_{Ai} : ضریب نفوذ جزء A از میان جزء i

مخرج کسر رابطه‌ی (I) بصورت زیر می‌شود:

$$\frac{1}{D_{AB}}\left(y_B N_A\right) + \frac{1}{D_{BC}}\left(y_C N_A\right)$$

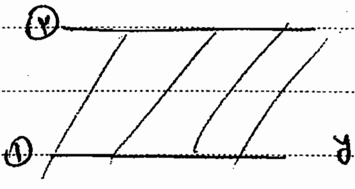
صورت کسر رابطه‌ی (I)

حفظ شود

$$\Rightarrow \boxed{D_{Am} = \frac{1-y_A}{\sum_{i=B}^{n} \frac{1}{D_{Ai}}(y_i)} = \frac{1}{\sum_{i=B}^{n} \frac{1}{D_{Ai}} y'_i}} \quad : \text{رابطه‌ی (II)}$$

$$\hookrightarrow y'_i = \frac{y_i}{1-y_A}$$

جزء مولی i در مخلوط عاری از A


②
$y_{C2}, y_{B2}, y_{A2}, \dots$
①
$y_{C1}, y_{B1}, y_{A1}, \dots$

مخلوط ما شامل اجزای A و B و C و ... است.

* آیا این اتفاق (حالت اول) در یک لایه‌ی مایع می‌افتد؟ (سؤال امتحانی)

آره.

حالت دوم) اگر در یک مخلوط n جزئی کلیه‌ی اجزا به جز یک جزء (j) در حد رقت باشند، می‌توان $D_{Am} = D_{Aj}$ در نظر گرفت.

A (رقت)، B (رقت)، C (رقت)، D (غلظت) ...

$D_{Am} \simeq D_{AD}$

$D_{Bm} \simeq D_{BD}$ و ...

← جزء غلیظ است.

این حالت خیلی کاربرد دارد. مثلاً در حالت قبل ما D_{AB}، D_{AC} و ... را می‌خواستیم که ممکن است در جداول موجود نباشند. پس در مخلوط می‌گردیم تا ببینیم چه جزئی در حد غلظت است. ما معمولاً غلظت کمتر از ۶٪ ~~[illegible]~~ را حد ~~غلظت~~ رقت در نظر می‌گیریم.

مثلاً مخلوطی ۵ جزئی داریم که جزء A: ۱٪، B: ۱/۵٪، C: ۲/۲٪، D: ۹/۵٪، E: ۱/۲٪ است.

برای حل این مسئله لازم نیست همه‌ی D ها را به دست آوریم. فقط کافی است D_{AD} را به دست آوریم.

حالت سوم) اگر کلیه‌ی اجزای سازنده‌ی مخلوط طوری باشند که تقریباً تمام D_{Ai} ها مساوی باشند، در این صورت:

$D_{Am} \simeq D_{Aj}$ ← جزء دلخواه در مخلوط

مثلاً اسانس عرق نعناع حدود ۲۰ جزء دارد.

ضریب نفوذ در مایعات:

رابطه‌ی ۵۸-۲ مهم است و سایر روابط مهم نیست.

- مایعات
  - الکترولیت
    - رقیق
      - دوجزئی
      - چندجزئی
    - غلیظ
  - غیرالکترولیت
    - رقیق
    - غلیظ

رابطه‌ی ۵۸-۲ در صفحه‌ی ۴۵:

Subject:
Year. Month. Date. ( )

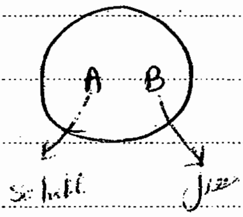
در SI

$$D^\circ_{AB} = \frac{(117.3\times10^{-18})(\varphi M_B)^{1/2}\,T}{\mu\, V_A^{0.6}}$$

(۲-۵۸): رابطه ی ویلکی - چانگ:

φ بستگی به نوع حلال دارد.

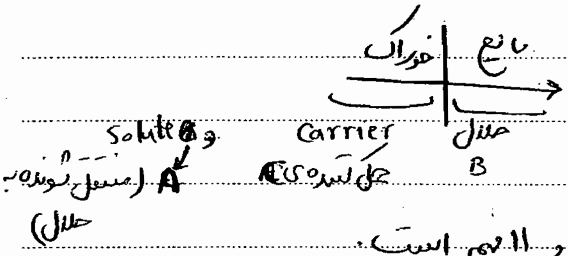
M_B جرم مولکولی حلال (که می‌تواند جرم مولکولی carrier هم باشد اگر نقش خوراک را داشته باشد)



μ ویسکوزیته ی محلول (چون سیستم در حد رقت است می‌تواند μ حلال هم باشد)

V_A از جدول ~~[illegible]~~ محاسبه شود

مثلاً در استخراج مایع - مایع: ؟!؟



جدول ۲-۸ را نمی‌خواهد. ولی مثال ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ مهم است.
در جزوه نیست

مقادیر تجربی می‌تواند از جدول صفحه ۵۹ خوانده شود. (جدول ۲-۹)

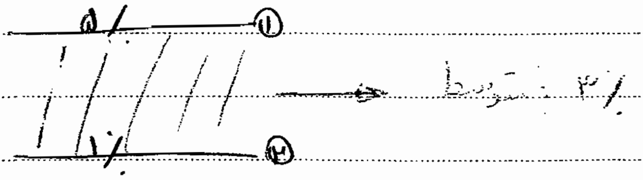
جدول ۲-۹: ستون اول: جزء منتقل شونده A (solute)
ستون دوم: حلال
ستون سوم: ~~[illegible]~~ دما
ستون چهارم: غلظت جزء انتقالی

* نکته ی فوق العاده مهم جدول ۲-۹:
آیا ضریب نفوذ مایعات با غلظت solute یک نوع رفتار را نشان می‌دهد؟
خیر. رفتار ثابتی ندارد و به دما و به خصوص غلظت اجزا بستگی دارد. برای همین برای محلول های غلیظ روابط قابل اعتماد وجود ندارد.

⇐ ضریب نفوذ مایعات فوق العاده تابع غلظت solute در لایه ی انتقال جرم است.

مثلاً فرض کنید که استیک اسید از یک لایه‌ی انتقال جرم منتقل شود (از مرز ① به مرز ②)

به طوری که در مرز ①: ۵٪ مولی و در مرز ②: ۱٪ مولی است



مثال ۱۲ مهم نیست.

سوال ۵ صفحه ۵۸:

مایع $D_{AB} = (\dots) \times 10^{-9} \ \frac{m^2}{s}$

گاز $D_{AB} = (\dots) \times 10^{-5} \ \frac{m^2}{s}$

$CD_{AB} \Rightarrow$ بهتر است c را برای گاز در دمای محیط و فشار 1atm بدست آوریم، برای مایعات، برای آب بدست آوریم.

مسائل ۱ـ۲ـ۳ـ۴ و ۵ـ۷ مهم است ولی. مسائل حل شده ۱۳ و ۱۵ـ۱۴ مهم است و بارها بصورت تست وجود داشته است.

فصل سوم:

حال به سراغ مسائل انتقال جرم برای سیال ساکن① یا موضعی (خاص) از ~~[illegible]~~ جریان② آرام یا جامدات③، برای شرایط یکنواخت می‌رویم.

$$\begin{cases} J_{Az} = -D_{AB} \dfrac{dc_A}{dz} \\ N_{Az} = J_{Az} + x_A \sum N_{iz} \end{cases}$$

بحث خود را به سیستم دوجزئی محدود می‌کنیم:

$$\sum N_{iz} = N_{Az} + N_{Bz}$$

آیا همیشه با سیستم دو جزئی سروکار داریم؟ خیر. ولی هدف ما در انتقال جرم انتقال یک جزء خاص (مفید یا مضر) است که نقش A را دارد و بقیه‌ی اجزا نقش B را دارند.

$$N_{AZ} = -D_{AB}\frac{dC_A}{dz} + \frac{C_A}{C}\left(N_{AZ}+N_{BZ}\right)$$

$$N_{AZ} - \frac{C_A}{C}\left(N_{AZ}+N_{BZ}\right) = -D_{AB}\frac{dC_A}{dz}$$

$$\int_{z_1}^{z_2} dz = \int_{C_{A1}}^{C_{A2}} \left(\quad\right) dC_A$$

z_2 C_{A2}

z_1 C_{A1}

(که فاصله‌ی z_1 و z_2 در حد چند mm است.)

$$\Rightarrow \boxed{N_{AZ} = \frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}}\,\frac{D_{AB}\cdot C}{z_2-z_1}\,\ln\frac{\dfrac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}}-\dfrac{C_{A2}}{C}}{\dfrac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}}-\dfrac{C_{A1}}{C}}} \quad :(۲-۳)$$

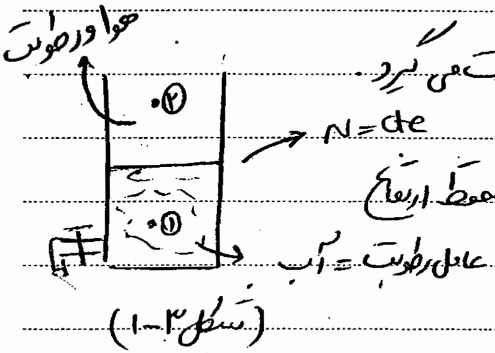
این روابط برای انتقال جرم در شرایط یکنواخت، برای سیال ساکن یا موضعی حاصل از جریان آرام است.

(P.68, P.67)

شرایط سیال ساکن مترادف موضعی حاصل از جریان آرام است؟

انتقال جرم در

جواب: فرض کنید در شکل روبه‌رو تبخیر آب صورت می‌گیرد.



(شکل ۳-۱)

در واقع با گذشت زمان مقدار فلاکس تغییر می‌کند و برای حفظ ارتفاع و عدم تغییر فلاکس یک شیر نصب می‌کنیم.

چون هوا جذب آب نمی‌شود پس به هر دلیلی پایین بیاید دوباره بالا می‌رود و انتقال جرم هوا به طرف پایین اصلاً وجود ندارد.

جذب نمی‌شود ↓↓↑

رابطه‌ی آنتوآن ؟؟

در این جا با تبخیر آب یک حرکت توده‌ای به سمت بالا ایجاد می‌شود و نفوذ برای آب از پایین به بالا است
و
(به علت این که غلظت آب در پایین بیش از بالا است).

A: آب
B: هوا

حرکت توده‌ای A از پایین به بالا
حرکت توده‌ای B از پایین به بالا
نفوذ مولکولی B از بالا به پایین } مساوی و غیر همسو ⇐ $N_B=0$ ؟؟

~~مرز ①~~ غلظت $=\frac{P^*}{P}$

اگر هوا در آب جذب نشود دیگر N_B مساوی صفر نیست.

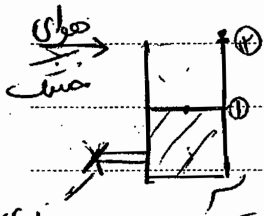
در سیستم‌ها اغلب شرایط یکنواخت است.

پس فرض کرده‌ام $N_B=0$ و $N_A\neq0$ است. درست است مقدار N_A و N_B مجهول است ولی اغلب نسبت آن‌ها معلوم است.

C_{A2} جایی است که غلظت کم است. (مثلاً در شکل صفحه‌ی قبل آن بالا است)

قرارداد: {
① جایی که غلظت زیاد است.
② جایی " " کم است.

فرض کنید که در شکل مقابل جریانی از هوا باشد و هوا تقریباً خشک باشد: در این حالت $C_{A2}\simeq0$ است. شرط مرزی ② همواره ثابت و اگر رطوبتی هم باشد توسط هوا خارج می‌شود و خشک می‌شود. چه هست ؟؟؟ $C_{A2}=0$ (در صورت خشک بودن هوا)



می‌توان با استفاده از رابطه‌ی آنتوآن P^* را بدست آورد (مرز ① هم ثابت است.)

با استفاده از رابطه‌ی آنتوآن فشار بخار مایع را در روی سطح مایع بدست آورده و جایگذاری می‌کنیم ⇐ فشار A در مرز ① بدست می‌آید P_{A1}

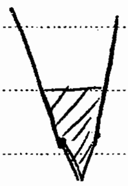
$$\dot{m}_{AZ} = N_{AZ}\cdot S\cdot M_A = \text{ثابت} \Rightarrow N_{AZ}=cte$$

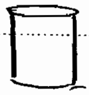
$\dot{m}_{AZ}$ ← دبی انتقال جرم
S ← سطح انتقال جرم
M_A ← جرم مولکولی جزء انتقالی $\left(\frac{kg}{kmol}\right)$

چرا ← با حضور شیر ورودی در شرایط یکنواخت، ثابت است.

ضمناً رابطه‌ی (۲-۳) برای N_{Az} ثابت بدست آمده. و برای شکل زیر غلط است

N_{Az} هنگامی ثابت می‌ماند که سطح انتقال جرم ثابت باشد.



برای  (مثلاً لوله‌ای از جنس سیال) مرز ① سطح استوانه و

مرز ② نقطه‌ای دور از سطح است.

لایه‌ی انتقال جرم را نگاه کن. اگر سطح انتقال جرم در لایه‌ی انتقال جرم ثابت باشد می‌توان از (۲-۳) استفاده کرد.

بررسی انتقال جرم در شرایط یکنواخت؟

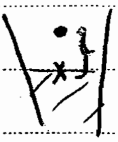
$\dot m_{Az} =$ ثابت :

$= N_{Az}\cdot S\cdot M_A$

مطلوبست فلاکس انتقال جرم در شکل زیر در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۳cm از نقطه‌ی تماس؟

$P_A @ 3cm = ?$

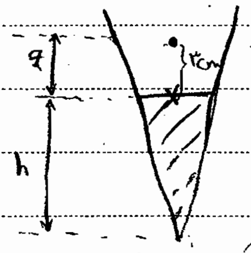
(P.68)



برای حل: $N_{Az} = -D_{AB}\frac{dc_A}{dz} + x_A N_{Az} \Rightarrow$

$N_{Az} = \frac{D_{AB}}{\frac{c_A}{c}-1}\frac{dc_A}{dz} \Rightarrow \int_0^{0.03} N_{Az}\,dz = \int_{P_{A1}}^{P_{A3}} \frac{D_{AB}}{\frac{P_A}{P}-1}\,dP_A$

مطلوبست فلاکس انتقال جرم در شکل زیر در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۳cm از نقطه‌ی تماس پس از گذشت ۲ ساعت؟



$\cancel{\dot m_1} - \dot m_2 = \frac{dm}{d\theta} = \rho\frac{d(Sh)}{d\theta}$

$\dot m_2 = M_A S N_{Az}$ $\quad N_{Az} = \frac{D_{AB}}{P_A/P-1}\frac{dP_A}{dz}$ (P.68)

$S = \pi r^2$ و $r \Rightarrow \frac{r-r_1}{z-z_1} = \frac{r_2-r_1}{z_2-z_1}$

$\dot m_2 = M_A\pi\left(\left[\frac{r_2-r_1}{z_2-z_1}(z-z_1)+r_1\right]\right)^2\frac{D_{AB}}{P_A/P-1}\frac{dP_A}{dz} \Rightarrow$ انتگرال‌گیری $\Rightarrow \dot m_2 = \checkmark$

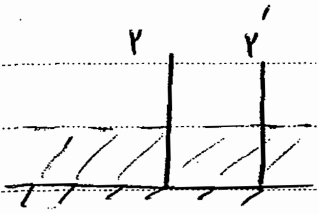
(*) $\dot m_2 = \rho h\frac{dS}{d\theta} + \rho S\boxed{\frac{dh}{d\theta}}\frac{-dz}{d\theta}$

چرا سطح کره مهم است؟

چون در تقطیر، واستخراج، حباب و قطرات کروی در حال بالا رفتن می‌باشند.

این روابط را می‌توان علاوه بر سیال ساکن برای موضعی از جریان آرام استفاده کرد. مثلاً

در یک کانال و در حالت عمودی (رو به سمت بالا) خط streamline ها را



داریم و جریان های شعاعی را نداریم :

البته شرط مرزی ۲ با ۲′ متفاوت است.

جلسه‌ی ششم ۸۷/۷/۲۱

گاهی انتقال جرم در جامد را مترادف انتقال جرم در شرایط غیر یکنواخت در نظر می‌گیرند ولی این طور نیست و انتقال جرم در جامد در شرایط یکنواخت هم اتفاق می‌افتد.

تنها تفاوتی که انتقال جرم در جامد با انتقال جرم در سیال ساکن یا موضعی خاص از جریان آرام دارد این است که دیگر حرکت توده‌ای نخواهیم داشت و $N_{Az} = J_{Az}$.

از قانون اول فیک رابطه در جهت z بنویسیم

$$J_{Az} = -D_{AB}\frac{dC_A}{dz}$$

چرا اغلب مسائل یک بعد را در نظر می‌گیریم ؟

اگرچه انتقال جرم سه بعدی است اما در اغلب موارد از انتقال جرم در دو بعد در مقابل بعد سوم صرف نظر می‌شود،

انتقال جرم در جهت θ و φ در قطره‌ی کروی آن قدر کم است که از آن صرف نظر کرده و فقط در جهت R در نظر گرفته می‌شود.

هرگاه به صورت free conv باشد معمولاً از این رابطه استفاده می‌شود:

$$N_{Az} = J_{Az} + x_A \sum N_{iz}$$

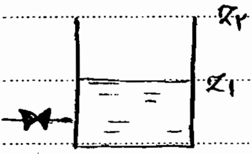
$$N_{Az} = \frac{N_{Az}}{N_{Az}+N_{Bz}}\,\frac{D_{AB}\cdot C}{\underbrace{z}_{\text{ضخامت لایه‌ی انتقال جرم}}}\ln\frac{\frac{N_{Az}}{N_{Az}+N_{Bz}}-\frac{C_{A2}}{C}}{\frac{N_{Az}}{N_{Az}+N_{Bz}}-\frac{C_{A1}}{C}} \qquad (۲-۳)$$

فرضیات رابطه‌ی (۳-۴) :

① D_{AB} ثابت باشد: مثلاً اگر T در فاصله‌ی z۱ تا z۲ تغییر کند، D_{AB} باید به صورت میانگین از دما در نظر گرفته شود. گاز $\left(\begin{matrix}T\\P\end{matrix}\right.$ مایع $\left(\begin{matrix}T\\\text{غلظت}\end{matrix}\right.$

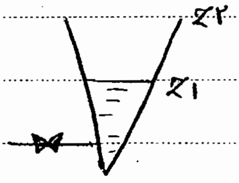
② غلظت کل ثابت باشد: پس این رابطه برای گازها برقرار است و نه مایعات.

③ N_{AZ} و N_{BZ} ثابت باشند (سطح ثابت) $N_B=0$



$$\dot m_{AZ}=\frac{D_{AB}\cdot C}{z}\ln\frac{C-C_{A2}}{C-C_{A1}}\cdot\pi r^2\cdot M_A \qquad (\text{I})$$

$\Rightarrow N_{AZ}=\checkmark$: با استفاده از رابطه‌ی (۲-۳)



$N_{BZ}=0$

$$\dot m_{AZ}=\frac{D_{AB}C}{z}\ln\frac{C-C_{A2}}{C-C_{A1}}\cdot\pi r_1r_2\cdot M_A \qquad (\text{II})$$

$$N_{AZ}\Big|_z=\frac{\dot m_{AZ}}{M_A\,S|_z} \qquad \bar S_{ave}=\pi r_1r_2$$

* * * * *

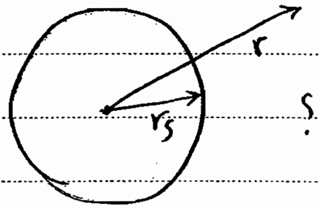
سؤال) در حالتی که شیر نباشد، پس از گذشت ۲h در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۳cm ، N_{AZ} را بدست آورید:

(در این حالت ← $\dot m_{AZ}$ ثابت نیست.)

$$\dot m_{AZ}=N_{AZ}\cdot M_A\cdot S$$

[illegible]

* * * * *



انتقال جرم از قطره‌ای کروه‌ای به شعاع r_s به نقطه‌ای به فاصله‌ی r از مرکز کره صورت می‌گیرد. فلاکس انتقال جرم؟

(فرض کنید قطره‌ی کروی نفتالینی باشد که با گذشت زمان ضخامت لایه‌ی انتقال جرم افزایش یابد: فرض کنید این لایه با حرکت سیالی از روی کره ایجاد شده باشد ⇐ لایه‌ای وسکوز روی جامد تشکیل می‌شود که همان لایه‌ی انتقال جرم است. اما اگر بگوئیم

قطره‌ی نفتالینی در محیطی فوق العاده آرام قرار می‌گیرد ⇐ ضخامت ثابت می‌ماند.)

اگر شرایط سیال به هم بخورد، ضخامت لایه‌ی انتقال جرم تغییر می‌کند.

در حل مسأله‌ی کنونی فرض بر این است که ضخامت لایه‌ی انتقال جرم ثابت باشد ⇐ [illegible]

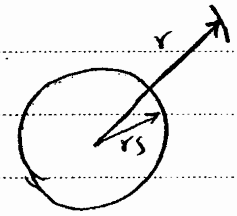
دلیل این است که گاه مواد موجود [illegible] آنقدر با سرعت [illegible] آنقدر [illegible]

و زیاد تر یا کم شود

پس ما تا جایی که مسأله نگفته ضخامت را ثابت فرض می‌کنیم.

چون ضخامت کم است (به علت این که جریان اطراف قطره‌ی کروی فوق العاده متلاطم است) ۶

۷ به جای مختصات کروی می‌توان از مختصات استوانه‌ای استفاده کرد.

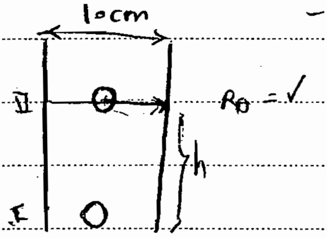


$N_{Bz}=0$: نقطه تصعید یا تبخیر اتفاق می‌افتد و ماده‌ای هم روی چیزی نمی‌نشیند.

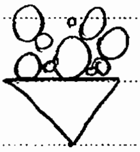
$$N_{Ar}\Big|_{r=r} = \frac{\dot{m}_{AP}}{M_A\, S|_r}$$

p.69

مثال) حباب کروی درون ستون ۷ استوانه‌ای به قطر 10cm به سمت بالا صعود می‌کند. به انتقال جرم از حباب به محیط صورت می‌گیرد. در نقطه‌ای ثابت به آن نگاه می‌کنیم. شرایط یکنواخت است. غلظت جزئی که در حال انتقال است در نقطه‌ای که به آن نگاه می‌کنیم، چه قدر است؟ فلاکس انتقال جرم در نقاط چسبیده به دیوار چه قدر است؟ در نقطه‌ی چسبیده به دیوار



مثال ۱: را تعمیم می‌دهیم به حالتی که در زیر ستون دستگاه حباب ساز قرار دهیم که حباب‌هایی با سایزهای گوناگون تولید می‌کند (که سرعت حرکت و اندازه‌های متفاوتی دارند) ⇐ برای هر حباب جداجدا حل کرده و باهم جمع می‌کنیم



همچنین می‌توان ۶۰ تا سینی گذاشت و در هر سینی هوا جدا حساب کرد.

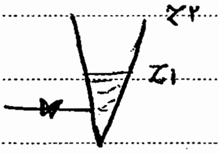
مراحل حل مسئله:

۱) مشخص کردن لایه‌ی انتقال جرم و آیا سطح انتقال جرم در مرز ① تا ② ثابت است یا خیر

اگر ثابت باشد، می‌توان از (۲-۳) استفاده کرد (ثابت N_{iz}).

در رابطه‌ی II در صفحه ۳۶ جزوه: $\pi r_1 r_2 = S_{ave}$ (← مخروطی

$\pi \bar{r}^2 = S_{ave}$; $\bar{r} = \sqrt{r_1 r_2}$



چون $N_{BZ} = 0 \Rightarrow \frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}} = 1$

مثال صفحه ۴۹ کتاب

در رابطه‌ی ~~III در صفحه ۳۶ جزوه~~

نقطه‌ی مرزی

$$\bar{S}_{ave} = 4\pi r r_s = 4\pi \bar{r}^2 \Rightarrow \bar{r} = \sqrt{r r_s}$$

۴ روابط تاکنون:

① $J_{AZ} = -D_{AB}\frac{dc_A}{dz}$

② $N_{AZ} = J_{AZ} + x_A \sum N_{iz}$

③ $N_{AZ} = \frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}} \frac{D_{AB}\cdot C}{Z} \ln \frac{1-\frac{C_{A2}}{C}}{1-\frac{C_{A1}}{C}}$

④ $\dot{m}_{AZ} = N_{AZ}\cdot \bar{S}_{ave}\cdot M_A$

طبق شرایط صفحه ۳۶ برقرار است.

به شکل حباب روی جلد کتاب نگاه کن: اگر قطره‌ی کروی ما مایع یا گاز باشد چرخشهای درون قطره‌ای وجود دارد. اما اگر جامد باشد، این چرخش وجود ندارد.

مثال) ستونی spray طراحی کنید درصورتی که چندتا (مثلاً ۱۰تا) حباب بالا بیاید. ارتفاع ستون را بدست آورید.

بررسی انتقال جرم در یک لایه‌ی گاز:

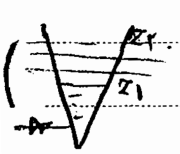
در بین ۱۳ واحد عملیاتی که با آن سروکار داشتیم با لایه‌ی گاز یا مایع سروکار داشتیم پس لایه‌ی گاز یا مایع مهم است.

مسائل انتقال جرم
تک فازی — یکنواخت — سیال ساکن - موضعی خاص از جریان آرام
درجریان آرام - در جریان متلاطم
دو فازی — غیریکنواخت — جامد

ما در حال حاضر در حال بررسی مسائل در شرایط: تک فازی، یکنواخت، سیال ساکن - موضعی خاص از جریان آرام یا جامد هستیم

بررسی انتقال جرم در یک لایه‌ی گاز (تک فازی، یکنواخت، سیال ساکن - موضعی خاص از جریان آرام):

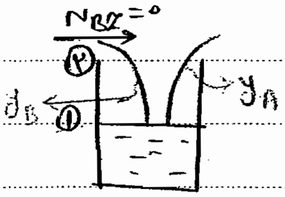
(اگر پروفایل غلظت را در لایه‌ی انتقال جرم را خواست: بیرون را در مرزهای مختلف بدست می‌آوریم



$$N_{AZ}=\frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}}\cdot\frac{D_{AB}\cdot C}{Z}\ln\frac{\frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}}-\frac{C_{A2}}{C}}{\frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}}-\frac{C_{A1}}{C}} \qquad (۲-۳)$$

حالت خاص ۱)

$N_{Bz}=0$



$$N_{Az}=\frac{D_{AB}\cdot c}{z}\ln\frac{c-c_{A2}}{c-c_{A1}}$$

$$(*)\quad N_{Az}=\frac{D_{AB}\cdot P_t}{RTz}\ln\frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}}$$

(شکل ۱-۶)

1) $y_{A1}+y_{B1}=1 \Rightarrow 1-y_{A1}=y_{B1}$

2) $y_{A2}+y_{B2}=1 \Rightarrow 1-y_{A2}=y_{B2}$

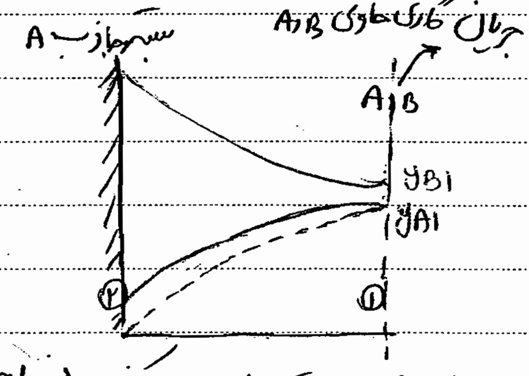
$$(*)\quad N_{Az}=\frac{D_{AB}\cdot P_t}{RTz}\left(\ln\frac{\overbrace{y_{B2}}^{1-y_{A2}}}{\underbrace{y_{B1}}_{1-y_{A1}}}\right)\times 1\quad \overbrace{\frac{y_{A1}-y_{A2}}{y_{B2}-y_{B1}}}^{\text{کسر واحد}}\Rightarrow$$

$$N_{Az}=\frac{D_{AB}\cdot P_t}{RT(z_2-z_1)}\,\frac{y_{A1}-y_{A2}}{\underbrace{y_{B,M}}_{\text{متغیر}}}\Rightarrow\left(y_{B,M}=\frac{y_{B2}-y_{B1}}{\ln\frac{y_{B2}}{y_{B1}}}\right)$$

$$N_{Az}=\frac{D_{AB}\cdot P_t}{RT(z_2-z)}\,\frac{y_A-y_{A2}}{y_{B,M}}\quad \text{(IV)}$$

روی جلد کتاب هم هست.

(به پروفایل y_A و y_B در شکل ۱-۶ توجه کن)



A می رود جلو و حذف می شود ⇐

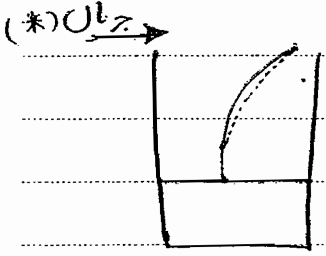
$N_{Bz}=0$

اگر جاذب A قوی باشد مقدار y_{A1} در نزدیکی مرز ② (روی جاذب) به سمت صفر میل می کند. (خط چین)

به شکل‌های ص ۷۷ مراجعه کن.

تفاوت ۳-۷ و ۳-۸ چیست؟ در ۳-۸ جذب سریع A اتفاق می‌افتد و مقدار آن در بستر جاذب به سمت صفر میل می‌کند.

در شروع عملیات که جاذب خیلی قوی است به سمت صفر میل می‌کند و با گذشت زمان y_{A1} و y_{B1} تغییر می‌کند. اما شکل تماس آن تغییر نمی‌کند. فقط شیب تغییر می‌کند.



چه زمانی شکل تماس تغییر می‌کند؟ وقتی شرایط جریان (*) تغییر کند.

با افزایش ارتفاع (رابطه ۲۷ ص ۴۰ جزوه) شیب کم می‌شود.

مثال ۱ و ۲ و ۳ مهم است.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

- ۵

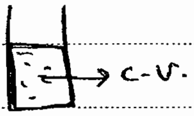
جلسه‌ی هفتم ۸۷/۷/۲۸

مثال ۱ در ص ۷۸:

در فصل سوم انتقال جرم در سیال ساکن یا جریان آرام در شرایط یکنواخت را در نظر گرفتیم و روابط N و N_A و m_A را بدست آوردیم.

مثال ۲ در ص ۷۹: در این مثال از حرکت توده‌ای صرف نظر شده است. این به معنی عدم حرکت توده‌ای نیست، بلکه از آن صرف نظر شده است.
شاید یک راه حل برای بدست آوردن مقدار حرکت توده‌ای این است که شکل ۱ را با تجربه بدست آوریم و بعد با $N_{Az} = J_{Az}$ مقایسه شود.

مثال ۳ در ص ۸۰: هرگاه در این گونه مثال‌ها باید انتقال جرم را بدست آوریم، ما C.V. (حجم کنترل) را سمتی در نظر می‌گیریم که جرمش در حال تغییر باشد.
مثلاً در این مثال C.V. را بخش پایین در نظر می‌گیریم



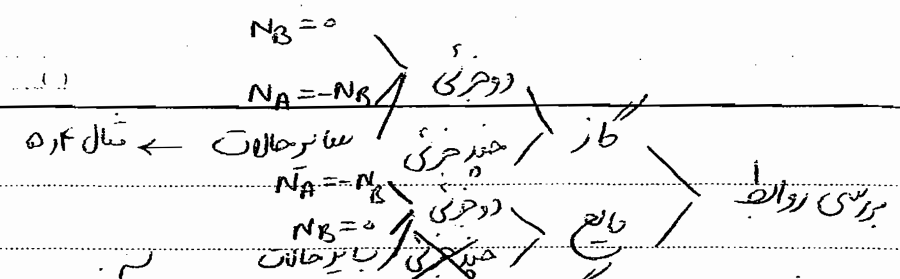
$$\dot{m}_1 - \dot{m}_2 = \frac{dm}{dt}$$

~~هرگاه مسئله‌ای داشتیم که~~

بدین ترتیب می‌توان تغییرات ارتفاع با زمان را بدست آورد.

اگر قطره‌ای کروی داشتیم، C.V. را دور قطره در نظر می‌گیریم.

در این مثال $N_B = 0$ است. یعنی جذب N_2 در سطح هگزان تقریباً صفر است. یعنی حلالیت N_2 در روی سطح صفر است. اگر در غیر این صورت بود باید N_B به صورت ضریبی از N_A داده شود.
گاهی حتی مقادیر ppm وار را برابر صفر در نظر می‌گیرند. (تصعید ......)

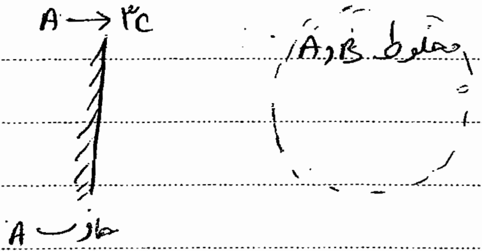

بررسی روابط
گاز
دوجزئی
$N_B=0$
$N_A=-N_B$
چند جزئی
سایر حالات ← مثال ۴ و ۵
مایع
دوجزئی
$N_A=-N_B$
$N_B=0$
~~چند جزئی~~
سایر حالات

ما در فصل سوم یا گاز را بررسی می‌کنیم و یا مایع را و آن‌ها را مثلاً (تا فصل ۵) با هم در نظر می‌گیریم ⇐ انتقال جرم تک فازی داریم.

آیا به جز دو حالت خاص $N_B=0$ یا $N_A=-N_B$ حالات خاص دیگری هم وجود دارد؟

بله. مخلوط چند جزئی داریم:

مثل


$A \rightarrow 3C$
مخلوط A و B
جاذب A

تفاوت واکنش‌های هتروژنی و هموژنی؟

واکنش هتروژنی فقط در مرزها دیده می‌شود و در بحث C.V. و در نوشتن بیلان وارد نمی‌شود.

مثلاً در مثال ۳: اگر گاز خالص B از روی ظرف عبور می‌کند و بخار حاصل آن هم کم نیست و واکنش هم اتفاق می‌افتد ⇐ این واکنش هموژنی است و در بیلان وارد می‌شود. ← مثلاً چه جوری نوشته می‌شود؟

مثال ۴ و مثال ۵ برای حالات خاص دیگر است.

مثال ۴:

$$\overbrace{CH_4}^{A} \rightarrow C + \overbrace{2H_2}^{B}$$

کربن بعد از مدتی روی سطح کاتالیست می‌ماند

$N_B=-2N_A$

در گازها حالت چند جزئی را بررسی می‌کنیم ولی در مایعات بررسی نمی‌کنیم چون در مایعات روابط قابل اعتماد نداریم.

مثال ۵: $2NH_3 \longrightarrow N_2 + 3H_2$

دمای توده با دمای بستر کاتالیست می‌تواند متفاوت باشد. اگر دما متفاوت بود متوسط دمای ۱ و ۲ را به عنوان دمای عملیاتی در نظر می‌گیریم

آنالیز جریان گاز: منظور توده‌ی گاز است. که مربوط به یک موضع خاص است که با حرکت روی بستر کاتالیستی می‌تواند تغییر کند.

شکل واقعی این مثال در ص ۱۱۰ است ⁂ الان داریم مثال ۵ را با ص ۱۱۰ تلفیق می‌کنیم. می‌خواهیم ببینیم طول راکتور چه قدر باشد، به شرط آن که تعداد کاتالیست‌ها مشخص باشد

درون کاتالیست ریز و درشت است. فرض کنیم لایه‌ی نازکی روی این کره‌ها تصور کرد (المان) که این المان در شکل ۳-۱۲ بزرگ‌سازی شده است و انتقال جرم در آن بررسی شده است
مثال ۵

پس کلیه‌ی اطلاعات مربوط به یک موضع خاص است که اطلاعات این موضع در مثال ۵ داده شده است. با جمع مواضع می‌توان کل انتقال جرم را به دست آورد.

برگردیم به ص ۸۴: کاتالیست جاذب آمونیاک است = شرایط به گونه‌ای است که گاز آمونیاک از میان N_2 و H_2 نفوذ و محصولات حاصل در خلاف جهت برمی‌گردد.

$2A \rightarrow B + 3C$

حرکت توده‌ای $B \rightarrow$ B(کل) مقدار کل $= x_B(N_A+N_B+N_C)$
$3C \rightarrow$ $= x_B(N_A+\frac{1}{2}N_A+\frac{3}{2}N_A)$

راهنمایی:

ممکن است سر امتحان مقدار حرکت توده‌ای H_2 و N_2 و جهت آن‌ها را بخواهد. آیا می‌توان از مقدار انتقال H_2 در مقایسه با ... صرف نظر کرد؟

به مثال ۸ ص ۹۳ برو. در مثال ۸ ضخامت لایه انتقال جرم ۰٫۳۰۵ میلی‌متر است. یعنی کریستال با همزن در ظرف دائماً در حال به هم خوردن است.

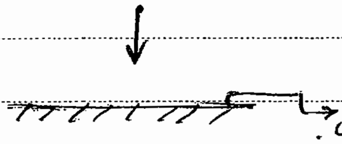
در واکنش سریع ← $C_{A1}=0$

۱) این در حالی است که برای مثال ۵، 1mm و برای مثال ۳، 10 cm است ⟸ در همه‌ی مسائل ضخامت لایه انتقال جرم داده شده است وگرنه مسئله غیرقابل حل است.

* به نظر شما در حل مسائل انتقال جرم، داده‌ها در مورد ضرایب نفوذ لازم است یا لایه انتقال جرم؟

لایه انتقال جرم. چون تفاوت لایه‌های جرم مختلف باهم ۱۰۰ برابر است و ممکن است ۱۰۰ برابر خطا ایجاد کند ولی در مورد D این طور نیست

مثال ۵: اصولاً هر گاه واکنش هتروژنی وجود دارد:



عامل حرکت نفوذ (۱)

در این جا هم نفوذ هم واکنش روی سطح لازم است.

اما در مثال ۵ چون واکنش سریع است فقط نفوذ نقش دارد.

* یا اگر واکنش مثال ۵ کند باشد، آیا اطلاعات بدست آمده و روش حل درست است؟

خیر: کند شود

برای محاسبه‌ی فلاکس چند راه وجود دارد:

① D_{Am} در جلسات گذشته توضیح داده شده است (رابطه‌ی ۲-۵۲). اگر D_{AB} و D_{AC} را به ما ندهند باید از جداول بدست آورد.

مثلاً ممکن است D_{AB} و D_{AC} در شرایطی غیر از شرایط مسئله داده شود که باید تصحیح شود:

$$\frac{D_1}{D_2}=\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{3/2}\left(\frac{P_2}{P_1}\right)\left(\frac{\Omega_2}{\Omega_1}\right)$$

② طبق اطلاعات ص ۸۵ باید مرز ① و مرز ② را تحلیل کنیم.

آیا مرز ① به هم می‌خورد یا ②؟

مرز ①: چون واکنش کاتالیستی در طول بستر همواره اتفاق می‌افتد، در طول بستر کاتالیستی مصرف می‌شود.

چه زمانی ممکن است مرز ② به هم بخورد؟

اگر واکنش کمی با گذشت زمان کند تر شود.

در طراحی راکتور در ابتدا هم مرز ① و هم مرز ② به هم نمی خورد. ولی با گذشت زمان با کاهش اکتیویته ی کاتالیست ها مرز ② هم به هم می خورد.

اگر واکنش تند شود دیگه $y_{B2} = \frac{1}{1+3}$ و $y_{C2} = \frac{3}{1+3}$ برقرار نیست.

تست: مقدار N_2 در لایه چقدر است؟

مقدار N_2 در لایه با متوسط گیری بدست می آید.

متوسط مرز ① و ② $\longleftarrow y_A$.

چه مرز ① همین باشد چه متفاوت از آن باشد در مرز ② همواره آمونیاک مصرف شده و N_2 و $2H_2$ تولید می کند.

~~مقدار مرز ② با تغییر غلظت تغییر می کند.~~

با تغییر شرائط مرز ①، مقادیر غلظت در مرز ② تغییر می کند.

مثال ۴:

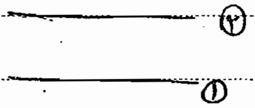
همواره در این مثال فقط سطح حالت در نظر گرفته شده است.

?? ✱ چرا در این مثال ۴ بار کلمه ی سطح حالت تکرار شده است؟

انتقال جرم در یک لایه ی مایع:

$$N_{AZ} = \frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}} \frac{D_{AB}}{Z} \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \ln \frac{\frac{N_A}{N_{AZ}+N_{BZ}} - \frac{C_{A2}}{C}}{\frac{N_A}{N_A+N_B} - \frac{C_{A1}}{C}}$$

چرا به جای C از عبارت $\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}$ استفاده کردیم؟ چون در مایعات غلظت کل ثابت نیست.



$$C = \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} = \frac{(\rho/M)_1 + (\rho/M)_2}{2}$$

$$\left(\frac{\rho}{M}\right)_1 = \frac{\rho_1}{M_1}$$

$\rho_1 \longrightarrow$ دانسیته مایع در مرز ①

$M_1 \longrightarrow$ جرم مولکولی مخلوط مایع در مرز ①

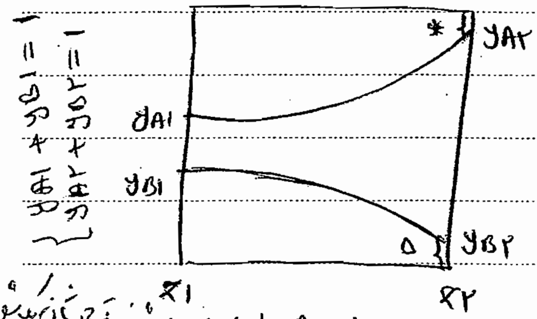
حالت خاص: اتفاق می‌افتد

حالت خاص ۱: بیشتر در حالت تبخیر V : $N_B = 0$

$$\frac{N_A}{N_A+N_B} = 1 \Rightarrow N_A = \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \ln \frac{\overset{y_{B2}}{\boxed{1-y_{A2}}}}{\underset{y_{B1}}{\boxed{1-y_{A1}}}}$$

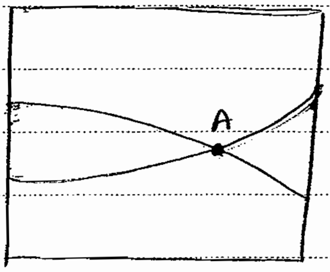
$$\Rightarrow N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}\left(\ln\frac{y_{B2}}{y_{B1}}\right)\frac{y_{A1}-y_{A2}}{y_{B2}-y_{B1}}$$

$$\Rightarrow N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{Z_2 - Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}\frac{y_A - y_{A2}}{y_{B,M}}$$



* و Δ باید برابر باشند تا جبران شود.

$(N_A = -N_B)$

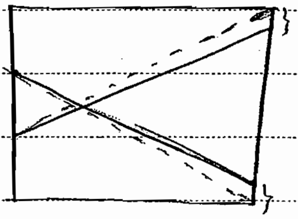


نقطه‌ی A چه معنی دارد؟ هیچی.

حالت خاص ۲:

$$N_{AZ} = J_{AZ} + y_A (N_A + N_B) \Rightarrow N_A = \frac{D_{AB}}{Z}(C_{A1} - C_{A2})$$

$$\Rightarrow N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{Z_1 - Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}(y_{A1} - y_A)$$

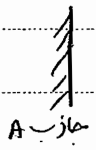


شکل (۷-۴)

$N_A = -N_B$

حالت خاص ۲ کجاها اتفاق می‌افتد؟

تقطیر بسترهای کاتالیستی همراه با واکنش هتروژنی



Subject:
Year. Month. Date. ( )

جزوه دلیل !

۳ آیا در تقطیر در شکل (۷-۴) خط چین اتفاق می افتد؟ بله. اگر ارتفاع ستون تقطیر خیلی بلند باشد، به گونه ای که در بالا فقط جزء A و در پایین فقط جزء B داشته باشیم. (جداسازی کامل A و B صورت گرفته)

جلسه ی هشتم ۸۷/۷/۳۰

ادامه ی فصل ۳

- بررسی انتقال جرم در سیالات مایع ۱ $N_A=-N_B$ ۲ [illegible]

[illegible]

A ساکن

- بررسی انتقال جرم خارج کره

مثال ۱۰

- تشابه جرم و حرارت و مومنتم

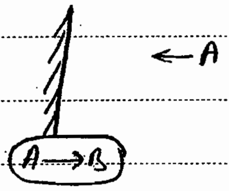
مایع :

$$N_{Az} = \frac{N_{Az}}{N_{Az}+N_{Bz}} \frac{D_{AB}}{z} \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \ln \frac{\frac{N_{Az}}{N_{Az}+N_{Bz}} - \left(\frac{C_{A2}}{C}\right) y_{A2}}{\frac{N_A}{N_{Az}+N_{Bz}} - \left(\frac{C_{A1}}{C}\right) y_{A1}}$$

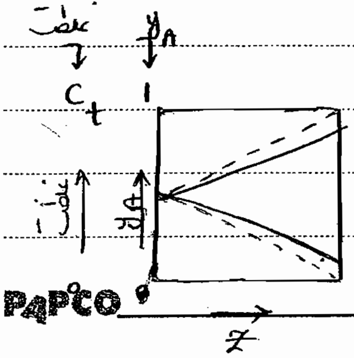
فرضیات
$$\begin{cases} D_{AB} = cte \\ N_{Az}, N_{Bz} = cte \\ \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} = cte \end{cases}$$

[illegible]

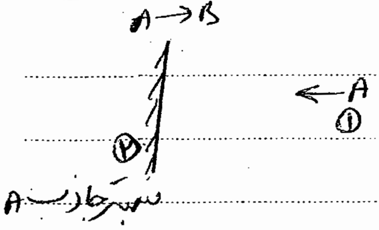
* حالت خاص $N_{Az}=-N_{Bz}$ در تقطیر یا در یک بستر کاتالیستی اتفاق می افتد



$$N_{Az} = J_{Az} + x_A (\cancel{N_A + N_B})$$
$$= \frac{D_{AB}}{z} (C_{A1} - C_{A2})$$
$$= \frac{D_{AB}}{z} \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} (y_{A1} - y_{A2})$$



PAPCO



چون سطح جاذب A است، حرکت توده‌ای A به سمت سطح اتفاق می‌افتد.

bulk B از سطح کریستال به سمت اتفاق می‌افتد.

نفوذ A: ① ⟶ ②

نفوذ B: ② ⟶ ①

پس حرکت توده‌ای A و B مساوی و غیرهم سو است. برای همین $N_{AZ} = J_{AZ}$
(این حرکت توده‌ای وجود دارد)

* حالت خاص بعدی $N_{BZ} = 0$ است

$$(I)\quad N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \ln\frac{1-x_{A2}}{1-x_{A1}}$$

در ص ۹۰ کتاب به (توجه) برمی‌خوریم:

علت ادامه‌ی رابطه‌ی (I) برای بدست آوردن فلاکس به این علت است که نیروی محرکه‌ی Δx یا Δc یا Δy یا ΔP مشاهده شود و اثر آن واضح شود.

پس هرگاه به Δx یا Δc یا Δy یا ΔP در رابطه رسیدیم، هر چیزی به غیر از Δx و Δc و ... ضریب انتقال جرم که در حالت‌های متفاوت باهم برابر نیستند.

• تفاوت حرارت و جرم: ممکن است در جرم برخلاف حرارت، ضریب انتقال جرم عددهای متفاوتی با ابعادهای مختلفی داشته باشد.

در جرم ممکن است ضریب انتقال جرم 10^{5} باشد ولی در بعد دیگری با همان شرایط ۵ باشد.

پس اگر بگویند ضریب انتقال جرم چقدر است، در این صورت رابطه‌ی (I) را ادامه می‌دهیم:

$$(I) \Rightarrow N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}\left(\ln\frac{1-x_{A2}}{1-x_{A1}}\right)\frac{x_{A1}-x_{A2}}{x_{B2}-x_{B1}}$$

$$N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}\frac{x_{A1}-x_{A2}}{\dfrac{x_{B2}-x_{B1}}{\ln\frac{1-x_{A2}}{1-x_{A1}}}}$$

$\frac{kmol}{m^2 \cdot s}$ [=]

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$\begin{cases} C = C_{A1} + C_{B1} \\ C = C_{A2} + C_{B2} \end{cases}$$

$$(I) \Rightarrow N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}}$$

$$N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}\left(\frac{C_{A1} - C_{A2}}{C_{B2} - C_{B1}}\right) \ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}}$$

$$N_{AZ} = \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \frac{C_{A1} - C_{A2}}{\underbrace{\frac{C_{B2} - C_{B1}}{\ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}}}}_{\to C_{B,M}}}$$

$\frac{m}{s}$ [=]

↳ حجم واحد [illegible] است

[illegible] حجم انتقال جرم از (۱) به (۲) صورت گیرد

* علت ادامه‌ی رابطه‌ی (I): انتقال جرم
تا آن را به شکلی دربیاوریم که نیروی محرکه‌ی انتقال جرم دیده شود و بقیه ضریب انتقال جرم است که ضریب انتقال جرم با کار تجربی به دست می‌آید.

* حالات خاص دیگر در یک لایه‌ی مایع:

مثال ۸:

حل شدن یک قطعه‌ی کریستالی:

تانک بزرگ ← مرز ② با گذشت زمان به هم می‌خورد حتی اگر قطعه‌ی کریستال با گذشت زمان کاملاً حل شود، حلالیت آن به حدی است که خلوص آب خالص به هم نمی‌خورد.

توضیح: با گذشت زمان مرز ② تغییر می‌کرد و $x_{A2} \neq 0$ می‌بود و ....
؟

اگر تانک بزرگ نبود، چه؟

شکل واقعی این مسئله در ص ۱۱۷ می‌باشد.

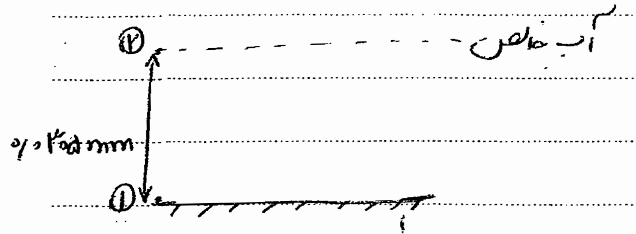
همزن ← ص ۱۱۷: ظرف مجهز به همزن، ناز گازی به صورت حباب‌های گازی وارد می‌شود ←
[illegible] ۱۰۰-۵mm
مثلاً الان فرض می‌کنیم قطعات کریستال مثل حباب گازی است.

توضیح حل:

$\underbrace{CuSO_4}_{A} \cdot 5\,\underbrace{H_2O}_{B}$

PAPCO

با حل شدن کریستال نفوذ bulk شروع می‌شود. (در بازه‌ای که حل نشده، bulk و نفوذ نداریم).



سطح کریستال [illegible] و [illegible]
[illegible] حل می‌شود

(شکل الف-۸)

الف) $N_A = ?$ ؟؟ با توجه به شکل ص ۵۳

یعنی: bulk و نفوذ مادی هستند!

با توجه به فرمول کریستال یعنی $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ کریستال با هم حل می‌شود.

$$N_A = \frac{1}{5} N_B$$

مجموع نفوذ و bulk جزء A ← → مجموع نفوذ و bulk جزء B

$$(*)\quad N_A = \underset{\frac{1}{6}}{\cancel{\frac{N_A}{N_A+N_B}}} \cdot \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} \ln \frac{\overset{1/6}{\cancel{\frac{N_A}{N_A+N_B}}} - x_{A2}}{\underset{1/6}{\cancel{\frac{N_A}{N_A+N_B}}} - x_{A1}}$$

$D_{CuSO_4-H_2O} = \ldots$ → ضریب انتقال جرم در غلظت solute ($CuSO_4$) در حد متوسط

با متوسط مرز ① و ② → $C = \frac{1}{2}(0.0229 + 0)$

در آب خالص

در مرز ①: $x_{A1} = x_A^* =$ مقدار حلالیت $CuSO_4$ در مرز ① در حد اشباع $= 0.0229$

↓ از روی handbook در دمای مسئله بدست می‌آید. $\simeq 2\%$

20°C

حلالیت < درجه حرارت‌های دارد حل می‌شود / درجه دمایی دارد حل می‌شود

آیا به طور کلی رابطه‌ی نوشته شده (*) درست است؟ می‌تواند باشد. چون با توجه به x_{A1} خیلی رقیق است. مرز ② هم که خیلی رقیق است. (ما کمتر از ۶٪ را بسیار رقیق می‌دانیم)

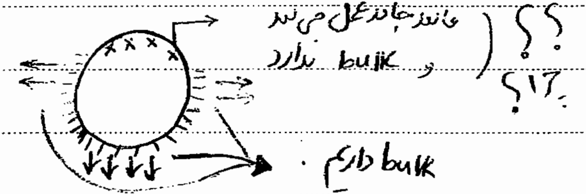
در مرز ②: $x_{A2} = 0$

آیا علاوه بر مورد توضیح داده شده در مورد محلول‌های رقیق، رابطه‌ی (*) ~~صحیح~~ در مورد این مسئله صحیح است؟ یا در واقع این رابطه صحیح است؟

این رابطه برای شکل کشیده شده و توضیح داده شده درست نیست. البته رابطه‌ی (*) در مورد مایعات در سیستم‌های رقیق می‌تواند صحیح باشد ولی در مورد شکل کشیده شده صحیح نیست. چرا؟

مثلاً گوییم قطره‌ای کریستالی در تانک بزرگ آب قرار دارد. با حل شدنش دانسیته‌ی مایع چسبیده به کریستال با دانسیته‌ی مایع بالایش برابر نخواهد بود. در این جا هم اختلاف دانسیته داریم اما (bulk)

چون سنگین است جزئی توده‌ای نداریم. (با اینکه اختلاف دانسیته داریم ولی حرکت توده‌ای نداریم.) اما رابطه‌ی (*) برای bulk و توده است. بهتر بود می‌نوشتیم $N = J$.



به علت اختلاف فرم حرکت پیستونی ایجاد می‌کند و حرکت پیستونی bulk دارد.

پس حالا چرا ما از (*) استفاده کردیم؟ با صرف نظر از آن که آیا bulk دارد یا نه و حرکت پیستونی دارد یا نه، از (*) استفاده می‌کنیم مگر آن که یک کار تجربی انجام دهیم.

(شکل ب ۴-۸)

برای حل شکل (ب ـ ۸) مسئله را سه تکه کرده و جدا جدا حل می‌کنیم و برای قسمت جامد از رابطه‌ی $N_{Az} = J_{Az}$ استفاده می‌کنیم.

$$\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} = \left[\left(\frac{\rho}{M}\right)_1 + \left(\frac{\rho}{M}\right)_2\right] / 2$$

(قسمت x) در قسمت کریستال ۱۳۵۰ : دقت کن که ρ_1 و ρ_2 را درست جایگزین کنی.

مرز① : اگر : دانسیته‌ی مایع چسبیده به جامد ← دانسیته‌ی محلول اشباع (۱۱۹۴)

اگر کریستال مکعب مستطیل باشد و انتقال جرم فقط از یک سطح صورت گیرد.

شار رشد بالانس را دور سمتی ببندیم که جرمش در حال تغییر است. کل کریستال

هم A و هم B را در نظر بگیر!!!

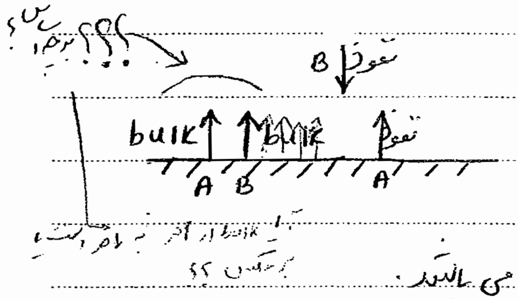
$$\underset{0}{\cancel{\dot{m}_1}} - \dot{m}_2 = \frac{dm}{dt}$$

$\dot{m}_2$ را خیلی از بچه‌ها $N_A M_A S$ می‌گذارند و ...

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$

اگر مثال قبلی بود چون خالص است درست بود، اما حالا کریستال داری و باید هم A و هم B را در نظر بگیری:

$$\dot{m}_2 = N_A S_A M_A + N_B S_B M_B$$



جهت نفوذ و bulk: (البته می‌دانی در واقعیت bulk نداری)

نفوذ و bulk برای A هم‌سو و برای B غیرهم‌سو می‌باشد.

آیا همواره نفوذ و bulk هم‌سو هستند؟ خیر. برای A با هم جمع و برای B از هم کم می‌شود.

$$J_A + J_B = 0$$

این اعداد و ارقام را برای مثال ۵ بدست بیاور.

(اعداد صفحه ۹۵ مهم است.)

بررسی انتقال جرم خارج کره:

چرا بررسی انتقال جرم در کره مهم است؟

بسیاری از واحدهای عملیاتی که با آن سروکار داریم یک حباب کروی یا یک قطره‌ی کروی است.

انتقال جرم هم داخل و هم خارج کره وجود دارد.

در داخل کره همواره شرایط غیر یکنواخت است ولی در خارج کره می‌تواند یکنواخت هم باشد

با تغییر جهت انتقال جرم، روابط هیچ تغییری نمی‌کند. (چه بیرون به درون، چه برعکس)

Subject:
Year. Month. Date. ( )

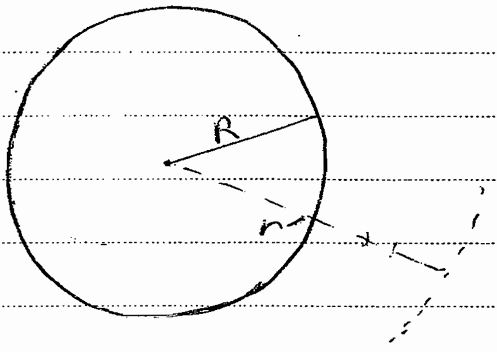
آیا واقعاً با تغییر جهت مقدار انتقال جرم تغییر می کند؟

تغییر می کند. چون تنش بین سطحی در بالای کره و جهت‌های کره تغییر می کند.

[illegible]

انتقال جرم در کره را مجموع نفوذ و bulk در نظر گرفته‌ایم:

فرض کنیم کره‌ای به شعاع R داریم. که انتقال جرم به نقطه‌ای به فاصله‌ی r از مرکز کره صورت می‌گیرد.



$$N_{Ar} = J_{Ar} + x_A (N_{Ar} + N_{Br})$$

فرض: $N_{Br} = 0$

$$N_{Ar} = -D_{AB} \frac{dc_A}{dz} + x_A N_{Ar}$$

$$N_A (1 - x_A) = -D_{AB} \frac{dc_A}{dr} = -D_{AB} C \frac{dx_A}{dr}$$

در خارج کره مقدار N_{Ar} تغییر می‌کند اما $\dot{m}_{Ar}$ ثابت است:

$$\dot{m}_{Ar} = (N_{Ar} \cdot S_r \cdot M_A)\Big|_{r \geq R} = cte$$

متغیر N_{Ar}

$$S_r = 4\pi r^2 \Big|_{R \leq r \leq r'}$$

متغیر S_1

$$\int_{r=R}^{r=r'} = \int_{C_A = C_{As} = C_A^*}^{C_A} \quad = 0 : C_A = C_A$$

C_A برابر مقداری مشخص است

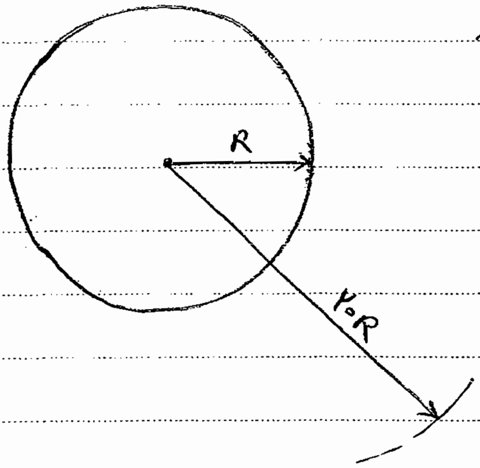
غلظت درست در فاز گازی درست در محل تماس برابر است با غلظت در حال اشباع

$$\dot{m}_{Ar} = \frac{D_{AB} C}{r' - R} \ln \frac{C - C_A}{C - C_{As}} \cdot 4\pi r' R \cdot M_A$$

C_{As}: غلظت A روی سطح
C_A^*: غلظت A در حال اشباع

P4PCO

مثال ۱۰:



عدد شروود

$$Sh = \frac{F \cdot d}{C \cdot D}$$

$$F = \underbrace{k_c}_{\text{ضریب انتقال جرم}} \cdot C_{B,M}$$

$Sh = ?$ ، $N_{Br} = 0$

$$\dot{m}_{Ar} = \frac{D_{AB} \cdot C}{r-R} \ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}} \cdot 4\pi \cdot R \cdot r_2 \cdot M_A$$

دبی انتقال جرم از کره‌ای به شعاع R به سطح‌ای به فاصله‌ی ۲۰R از مرکز کره (نفوذ در حرکت توده‌ای داریم)

$$\dot{m}_{Ar} = \left(N_{Ar} \cdot S_r \cdot M_A\right)\Big|_{R \leq r \leq 20R}$$

$$S_r = S\Big|_{r=R} = 4\pi R^2 :$$

S_r برابر است با S روی سطح کره، چون کره با سطح مشخص همیشه در دسترس است و این سطح مشخص سطح خارجی کره است

$$N_{Ar}\Big|_{r=R} = k_c \left(C_{A1} - C_{A2}\right)$$

C_{A1}: نیروی محرکه‌ای که از سطح کره شروع می‌شود (نیروی محرکه‌ای که در سطح کره در دسترس است)

C_{A2}: دورترین نقطه از سطح کره

k_c اگر در $4\pi R^2$ و نیروی محرکه‌ی موجود ضرب شود، حاصل آن $\dot{m}$ می‌شود.

⇐ k_c به صورت ضریبی از نیروی محرکه تعریف می‌شود؟ چرا؟

تا اگر نیروی محرکه در سطح در دسترس (C_{A1}) در k_c و در سطح در دسترس (S_r) ضرب شود، فلاکس $(\dot{m}_{Ar})$ مورد نظر را به ما بدهد.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$C_{B۲} - C_{B۱}$

$$\Rightarrow \dot{m}_{A۲} = ۴\pi R^{۲} \cdot k_c \left(C_{A۱} - C_{A۲}\right)$$

$$= \frac{D_{AB} \cdot C}{r-R} \ln \frac{C - C_{A۲}}{\underbrace{C - C_{A۱}}_{C_{B۱}}} \cdot \cancel{۴\pi R}\, r_{۲} \cdot M_A$$

$$= \frac{D_{AB} \cdot C}{r-R} \boxed{\ln \frac{C_{B۲}}{C_{B۱}}} \cdot r = R \cdot k_c \left(C_{B۲} - C_{B۱}\right)$$

$$\frac{D \cdot C}{r-R} \cdot r = \frac{d}{۲} F$$

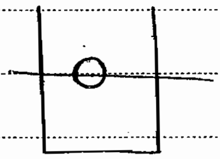
با مرتب کردن داریم:

برای کره‌ای به شعاع R و به فاصله‌ی r از مرکز کره: $Sh = \frac{Fd}{CD} = \frac{۲r}{r-R}$

* مقدار عددی عدد شروود در خارج کره به این بستگی دارد که انتقال جرم به کجا صورت می‌گیرد.
جدول ص ۱۰۲ را نگاه کن !!! ؛
اگر انتقال جرم از کره‌ای به شعاع R به نقطه‌ای به فاصله‌ی ∞ دور از کره صورت گیرد، عدد شروود به سمت (۲) میل می‌کند.

۱. حباب کروی درداخل ستونی به قطر 10cm رو به بالا در حرکت است. در نقطه‌ای حباب کروی را فریز کرده و انتقال جرم از قطره‌ی کروی به محیط اطراف بررسی می‌شود. مقدار عددی عدد شروود در نقطه‌ای چسبیده به ستون چقدر است؟ (قطر کره 5mm است.)

حل. انتقال جرم از کره‌ای به شعاع R به نقطه‌ای به فاصله‌ی ۲۰R است. $Sh = ۲٫۰۱$



اگر سوال کنیم همراه آن یک حباب دیگر هم بیاید، کمتر از ۲٫۰۱ می‌شود، Sh
چون نیروی محرکه کاهش پیدا می‌کند و عدد شروود کم می‌شود.

انتقال جرم خارج استوانه در ص ۱۰۵ و جدول ص ۱۰۷ را [illegible]

چون:
$-(C_{A۱} - C_{A۲})$
$10 - 1 = 9$
$10 - 2 = 8$

جلسه ی   ۸۷/۸/۵

ادامه فصل ۳

انتقال جرم در سیستم‌های سیال در سطح مشترک از جریان آرام

انتقال جرم خارج کره در S.S.

تشابه سه پدیده جرم، حرارت، مومنتم

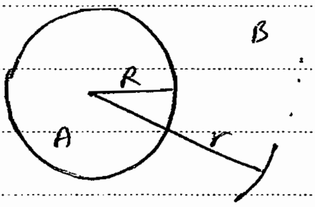
* ~~[illegible]~~ ضرایب انتقال جرم

مقدمه

انتقال جرم در یک لایه گاز، تعریف F، تعریف K

بررسی انتقال جرم در لایه گاز ساکن، رابطه F و K

انتقال جرم در خارج کره:



اگر فقط انتقال جرم از کره به محیط اطراف صورت گیرد ~~N_{Ar}~~

لایه‌ی انتقال جرم متشکل A و B است.

if $N_B = 0$

(اگر سطح کره کاتالیستی باشد و B تولید شود و برگردد در این صورت $N_B \neq 0$ است ولی مشکلی ایجاد نمی‌شود و مسأله را دو بار حل می‌کنیم)

$A \to B \Rightarrow N_A = -N_B$
$2A \to B \Rightarrow N_A = -2N_B$

if $N_B = 0 \Rightarrow$

$$\dot{m}_{Ar} = N_{Ar} \, M_A \, S_{ave}$$

$$N_{Ar} = \frac{D_{AB} \, P_t}{RT(r-R)} \ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{Ar} = \frac{D_{AB} \, P_t}{RT(r-R)} \ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}} \cdot M_A \cdot 4\pi r R$$

گاهی تبخیرات قطره (کره) هم مطرح است:

در بسیاری از واحدهای عملیاتی فرض بر این است که قطر حباب در طول ستون ثابت در نظر گرفته می‌شود.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

* فرض کنید ستونی به ارتفاع 1.5 متر داریم و حبابی از پائین تشکیل شده و به سمت بالا حرکت می‌کند. فرض بر این است که حباب کروی (قطرات کروی) که در طول ستون به سمت بالا حرکت می‌کند، در صورتی که شکستی وجود نداشته باشد، ثابت است. آیا این فرض صحیح است؟

بهم پیوستن ائتلاف و

انتقال جرم را برای قطره‌ی کروی در طول ستون را بدست می‌آوریم. استفاده‌ای که ما هم این است که مدت زمان تماس را بدست بیاوریم.

$(V\theta = h)$

سرعت زمان ارتفاع

از کجا بفهمیم ← درونیابی ؟؟

اگر قطر قطره در طول ستون کوچک می‌شود، با فرض عدم تغییر قطر قطره مقدار انتقال جرمی که ما بدست می‌آوریم بیشتر از مقدار واقعی است. اگر ارتفاع را در این حالت بدست آوریم، ارتفاع واقعی کمتر از ارتفاع بدست آمده است. پس باید ارتفاع را کمتر از مقدار محاسباتی در نظر بگیریم تا در safe side قرار بگیریم.

از کجا بدست می‌آید ؟؟

یعنی باید فرضیات ما به گونه‌ای باشند که در safe side قرار بگیریم.

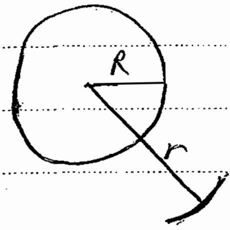
* آیا ثابت فرض کردن قطر قطرات کروی در ستونی به ارتفاع ۱۵ را در ~~طراحی ستون~~ متر در طول انتقال جرم باعث می‌شود که ما در safe side باشیم یا نه؟

اگر ارتفاع ستون طراحی شده بیش از مقدار واقعی باشد یعنی در safe side هستیم و
کمتر نیستیم

← پس باید فرضیات به گونه‌ای باشد که ارتفاع ستون بیش از مقدار واقعی باشد.

صورت مسأله‌ئی با خودمان؟؟ با چه R ؟؟

کل انتقال جرم حباب را در طول ستون بدست می‌آوریم (مثلاً محاسبات نشان می‌دهد که قطر قطره در طول ستون ۱۰٪ کاهش می‌یابد. ($R' = 0.9R$)). پس بهتر است قطر قطره را در بالای ستون $0.95R$ در نظر بگیریم. اگر این فرض را بکنیم، مقدار انتقال جرم کمتر می‌شود یا بیشتر؟ ارتفاع ستون بیشتر می‌شود یا کمتر؟



بیلان جرم را دور قطره‌ی کروی می‌بندیم

$$\cancel{\dot m_1} - \dot m_2 = \frac{dm}{d\theta}$$

$$\dot m_2 \Big|_{r \geq R} = \frac{D_{AB} P_t}{RT(r-R)} \ln \frac{C - C_{A2}}{C - C_{A1}} \cdot M_A \cdot 4\pi r R$$

سؤال ؟؟

* فرض می‌کنیم که r در طول ستون تغییر نمی‌کند. آیا این فرض شما را در safe side قرار می‌دهد؟

در طول این ستون R تغییر می‌کند (R بزرگ شود، کلی انتقال جرم از بیرون به درون کره باشد)

جواب . کمتر شود.

$m = \rho V$　　　$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

فرض این است که ρ ثابت است

سؤال ۲ ؟؟

* آیا تغییرات r در طول ستون شما را در safe side قرار می‌دهد؟ آیا تغییر جهت انتقال جرم در طول ستون شما را در safe side قرار می‌دهد؟

جواب . کمتر شود.

$$\Rightarrow \int_R^{R_\theta} dR = \int_0^\theta d\theta$$

فرضیات: r ثابت است. ρ ثابت است. تغییر جهت انتقال جرم نداریم.

با حل این معادلات به رابطه‌ی (۲۷-۳) در صفحه ۱۰۲ می‌رسیم. که می‌تواند برای تعیین ارتفاع ستون نیز به کار رود.

مثال ۱۱: ؟؟

آیا برای آب می‌توان قطره‌ای به قطر 10 mm داشت؟

از طریق کشش بین سطحی (نیروی پیوستگی) می‌توان به این موضوع پی برد.

مقدار رطوبت برای چه لازم است؟

برای C_{A2} لازم است.

مرز (۱) چه جوری به دست می‌آید؟ از دمای ۸۰F استفاده می‌کنیم.

مرز (۱)

آیا اگر در ~~[illegible]~~ رابطه‌ی آنتوان دما را 80°F بگذاریم، دقیقاً فشار بخار بدست می‌آید؟ خیر.
باید ابتدا دمای تر را بدست آورد و بعد در رابطه‌ی آنتوان قرار داد.

چه مدت طول می‌کشد تا کاملاً تبخیر بشود؟
انتقال جرم از قطره‌ای به قطر 1 in به نقطه‌ای در فاصله‌ی ∞ دور.
مثلاً در جلسه‌ی قبل آخرین مثال گفتیم که در نقطه‌ای چسبیده به ستون یعنی ∞ دور نیست

باید به اعداد و ارقام توجه کرد.

راه حل؟؟ سوال

استوانه را خودت بخوان و جواب بده:

* اگر امکان داشته باشد که قطره‌ی کاتالیستی را بصورت کره یا استوانه قرار دهیم و این قطره در ستون قرار بگیرد و واکنش هتروژنی A → 2B در موضع خاص ستون و روی بستر کاتالیستی اتفاق می‌افتد. برای جرم معینی از کاتالیست (با عدد) تعیین کنید که کدام قطره بهتراست؟ (قطره‌ی استوانه‌ای را طوری انتخاب کنید که یک بار انتقال جرم از آن از سطح جانبی و بار دیگر از بالا و پایین ستون بگیرد. (با هم جمع کن.))

N_A Ⓢ M
۲۸

تشابه سه پدیده‌ی جرم و حرارت و مومنتم:
این سه پدیده خیلی به هم نزدیک هستند.

مومنتم: $$\tau_{zx} = -\mu \frac{du_x}{dz} = -\frac{\mu}{\rho} \frac{d(\rho u_x)}{dz} = -\nu \frac{d(\rho u_x)}{dz}$$

حرارت: $$q_z = -k \frac{dT}{dz} = \frac{-k}{\rho c_p} \frac{d(T\rho c_p)}{dz} = -\alpha \frac{d(T\rho c_p)}{dz}$$

جرم: $$J_{Az} = -D \frac{dc_A}{dz}$$

* فلاکس پدیده = ثابت پدیده × گرادیان پدیده

PAPCO

از ترکیب ثابت‌های پدیده گاهی اعداد بدون بعدی حاصل می‌شود.

پرانتل $Pr = \frac{C_p \mu}{k} = \frac{\mu/\rho}{\frac{k}{\rho C_p}} = \frac{D}{\alpha}$

اشمیت $Sc = \frac{\mu}{\rho D} = \frac{\nu}{D}$

ما باید محدوده‌ی Pr و Sc و Le را بلد باشیم:

Pr:
- گازها ۰/۶۵ < Pr < ۰/۹
- مایعات : T=20°C : for آب Pr=7.02

Sc:
- گازها ۰/۶۷ - ۰/۸۳
- مایعات : T= 25°C : for آب Sc= 297

لوئیس $Le = \frac{Sc}{Pr} = \frac{\alpha}{\nu}$

اگر مقدار عددی Pr یا محدوده‌ی آن را در یک واحد عملیاتی به ما بدهند، می‌توانیم متوجه شویم که انتقال جرم در گاز است، مایع است یا دو فازی است.

مثلاً اگر Sc = ۰/۶۸ ⇐ حتماً در گاز است ← تک فازی است.

ولی اگر ۰/۶ < Pr < ۱۰۰۰ ⇐ انتقال جرم دو فازی است.

مهم: عدد Sc در یک واحد عملیاتی ۳۰۰ است. اما در انتقال جرم دو فازی است ⇐ برای حل این مسئله فرض می‌کنیم که از انتقال جرم در گاز می‌توان صرف نظر کرد. (یعنی حلالیت در گاز خیلی زیاد بوده یا لایه‌ی انتقال جرم گاز بسیار نازک است.)

نکته) آیا تشابه داده شده که برای جریان آرام داده شده، قابل تعمیم به متلاطم هم هست؟

بله هست: فقط:

$\nu \longrightarrow \varepsilon_\nu$

$\alpha \longrightarrow \varepsilon_\alpha$

$D \longrightarrow \varepsilon_D$

مثلاً $\tau_{zx} = -\varepsilon_v \frac{d(\rho u_x)}{dz}$: درجریان متلاطم

در p-119 سرسری روابط موجود است. فصل ۱۵ در حد یکی دو تا تست می‌تواند مطرح شود.
تمام سؤالات فصل ۳ را می‌توانیم جواب دهیم ولی برخی مسائل سخت است.
مسئله‌ی ۳۵ و ۳۶ نیازی نیست.

فصل ۴ را نمی‌خواهد بخوانی.

فصل پنجم :

هدف ما این بود که با بدست آوردن N و $\dot{m}$ و J بتوانیم سؤالات را جواب دهیم مثلاً مقدار نفوذ را بدست آوریم و ...
اما هدف اصلی ما از انتقال جرم این است که بتوانیم مقدار کل انتقال جرم را در اثر نفوذ و حرکت توده‌ای را بدست آوریم و در مسائل طراحی از آن استفاده کنیم.

برای دست یابی به فلاکس ها دو مشکل داشتیم ، D و Z . !؟ ✓
باید جزء (۱) و (۲) را مشخص کنیم. مثلاً ما هم مطرح است که استفاده از دمای جسم یا ترجاه را در safe side قرار می‌دهد یا نه !؟
مشکل D به هر حال به گونه‌ای حل می‌شود. عوضش اگر ضریب درست جواب بدهیم، ۲ برابر خطا ایجاد می‌شود.
برای حل مشکل Z از ضریب انتقال جرم F استفاده می‌کنیم
$F = \frac{D \cdot C}{Z}$ ؛ هدف حل مشکل D و Z
برای بدست آوردن F چند راه وجود دارد.
۱) تئوری ها : اما هیچ وقت پاسخگو نیست. و همچنان تئوری ها ادامه دارد ولی بازهم پاسخگو نیست.
۲) تجربی : که خوب است.

$$F = \frac{D \cdot C}{Z} \; [=] \; \frac{kmol}{m^2 . s}$$

(چه تک فازی و چه چند فازی)

تعریف فیزیکی F (ضریب انتقال جرم):

در یک واحد عملیاتی و در هر موضع خاص از آن واحد عملیاتی اگر اختلاف غلظت وجود داشته باشد، انتقال جرم صورت می‌گیرد و ضریب انتقال جرم هیچ نقشی ندارد. ولی اگر F↑ ⇐ مدت زمان انتقال جرم کم می‌شود (سریع‌تر به نقطه‌ی تعادلی می‌رسیم) ⇐ ارتفاع ستون کم می‌شود. F جایگاهش وقتی است که باید عامل دو فاز صورت بگیرد و انتقال جرم صورت بگیرد.

اما کل انتقال جرم مستقل از F است.

اگر به سمت تلاطم برویم، چه اتفاقی می‌افتد؟ Z کم می‌شود، F زیاد می‌شود و ارتفاع ستون کم می‌شود.

ضریب انتقال جرم (F) سرعتی است که جرم را از نقطه‌ی ① به ② منتقل می‌کند ولی F خیلی خوب این مفهوم را نشان نمی‌دهد. پس به سراغ K می‌رویم. K را ضریب انتقال جرم می‌نامیم.

$N = K$ (نیروی محرکه)

K واحدهای متفاوتی دارد. و به نیروی محرکه بستگی دارد. (انتقال جرم‌های مختلف، نیروهای محرکه‌ی مختلفی دارند.)

$$N_A = \frac{N_A}{N_A+N_B} F \ln \frac{\frac{N_A}{N_A+N_B} - \frac{C_{A2}}{C}}{\frac{N_A}{N_A+N_B} - \frac{C_{A1}}{C}}$$

F تعریف جامع‌تری است.

در مورد F:
- گازها F_G
- مایعات F_L

در مورد K:
- گازها:
  - if نیروی محرکه $= (C_{A1} - C_{A2}) \rightarrow K_c \ [=] \ \frac{m}{s} = \frac{\frac{kmol}{m^2 \cdot s}}{\frac{kmol}{m^3}}$
  - if نیروی محرکه $= (P_{A1} - P_{A2}) \rightarrow K_G \ [=] \ \frac{kmol}{m^2 \cdot s \cdot (\frac{N}{m^2})}$
  - if نیروی محرکه $= (y_{A1} - y_{A2}) \rightarrow K_y \ [=] \ \frac{kmol}{m^2 \cdot s} \rightarrow$ مثل N
- مایعات:
  - $(C_{A1} - C_{A2}) \rightarrow K_L$
  - $(x_{A1} - x_{A2}) \rightarrow K_x$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

مثلاً اگر بگویند ثابت انتقال جرم $۱/۲ \frac{mm}{s}$ است یعنی k_c را به ما داده‌اند. (نیروی محرکه غلظت)

پس همیشه وقتی K را به تو دادند، به واحدش دقت کن.

پس یکی از تفاوت‌های جرم و حرارت این است که k_c می‌تواند ابعاد و واحدهای متفاوتی داشته باشد.

F — F_G گاز ⟶ در چند فازی : F_{OG}

F — F_L مایع ⟶ در چند فازی : F_{OL}

k — گاز : $\overbrace{k_c , k_y , k_G}^{\text{k کوچک و تک فازی}}$ ⟶ چند فازی : K_c , K_y , K_G

if $N_A = -N_B$: k'_c , k'_y , k'_G

k — مایع : k_L , k_x

if $N_A = -N_B$: k'_L , k'_x

مثلاً به ما گویند $k'_G = ۳/۲$ یعنی $N_A = -N_B$ است. لایه‌ی انتقال جرم تک فازی و گاز است و نیروی محرکه آن ΔP است.

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

جلسه ۸۷/۸/۷

(Rate equation) معادلات سرعت : $N = K(\text{نیروی محرکه})$

رابطه‌ی کلی انتقال جرم : $N = \dots F \ln \dots$

بر مبنای F

هدف ما دست یابی به فلاکس است.

$$F = \frac{D \cdot C}{Z} \longrightarrow F_G = \frac{D_{AB} \cdot P_t}{RTZ} \rightarrow \text{ضخامت لایه انتقال جرم}$$

$$\searrow F_L = \frac{D_{AB}}{Z}\left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave}$$

برای گازها می‌توان با دقت قابل قبولی D_{AB} را تعیین کرد. اما در مورد مایعات روابط قابل قبولی وجود ندارد.
اما در کل D خیلی برای ما مشکل ساز نیست.
برای حل مشکل D و Z از ضرایب انتقال جرم استفاده کردیم.

رابطه‌ی بین F و K:
رابطه‌ای ساده بین F و k وجود دارد. بسیاری از روابط تجربی از F استفاده می‌شد و F در عدد شروود (Sh) استفاده می‌شود که نقش ضریب انتقال جرم را دارد. و اگر به جای F در عدد Sh هر k ای را قرار دهیم به جواب نمی‌رسیم چون Sh عددی بدون بعد است.

$$Sh = \frac{F \cdot l}{C \cdot D} \quad [=] \quad \frac{m \cdot F}{\frac{kmol}{m^3} \cdot \frac{m^2}{s}} \Rightarrow F \, [=] \, \frac{kmol}{m^2 \cdot s}$$

البته F هم بعد k_y است ولی : ضریب انتقال جرم در

* قالب صحیح ضریب انتقال جرم F است و قالب صحیح ۷ عدد Sh، F است.

(البته در صورت عدم حرکت توده‌ای: $Sh = \frac{k d}{D}$ که k حتماً k_c می باشد.)

k'_G : یعنی $N_A = -N_B$ - گاز - نیروی محرکه Δp است.

k در یک ماده‌ی انتقال جرم که انتقال جرم مساوی و غیر هم سو است، $۱٫۲ \, m/s$ است. یعنی $k'_c = ۱٫۲ \, m/s$ است.

$N_B = 0$ $N_A = -N_B$

k گاز $k_c , k_G , k_y \; / \; k'_c , k'_G , k'_y$

اگر رابطه‌ی بین F و k را بدانیم بهتر است تا نحوه‌ی حل مسائل را بدانیم.
گاهی می‌توانیم مستقیماً از F مسئله را حل کنیم و گاهی برعکس.

مثال: رابطه‌ی بین F_L و k_x ؟
مثال ۱ و ۲ فصل ۵ در قالب یک تست است.
جدول انتهای صفحه‌ی ۱۸۷ ⇐ یا حفظ کن یا صورت باید بلد باشی که سریع بدست بیاوری.
حل.

از k_x : مایع - $N_B = 0$ - نیروی محرکه $(xA1 - xA2)$ بوده است.

$$N_A = k_x \, (xA1 - xA2)$$

$$N_A = 1 \times F_L \times \ln \frac{1 - xA2}{1 - xA1} = F_L \ln \frac{1 - xA2}{1 - xA1}$$

مساوی $\Longrightarrow$

$$F_L = k_x \, x_{BlM}$$

۵-۱۹

روابط ۵-۱۸ برای $N_B = 0$ و $N_A = -N_B$

* گفته می‌شود F را وقتی انتقال جرم زیاد است و K را وقتی انتقال جرم کم است، استفاده می‌کنند.
آیا این مطلب صحیح است؟

خیر. F یک تعریف عمومی برای انتقال جرم است که ربطی به نیروی محرکه ندارد و برای همه‌ی شکل‌ها استفاده می‌شود. اما K برای نیروی محرکه‌ی خاص است.

حال چه طور شده که این مشکل پیش آمده است؟

به نحوه‌ی روابط ۵-۱۸ و ۵-۱۹ نگاه کنید:

bulk نداریم
$\uparrow$
$N_A = -N_B$
$\uparrow$
$F_G = K'_y$

اگر نبودن bulk را مترادف انتقال جرم کم در نظر بگیریم، در این صورت =
در شرایط خاصی که به علت نبودن bulk میزان انتقال جرم کم است،
F در شرایط خاصی مساوی K' قرار می‌گیرد. (یعنی F به نوع خاصی از K در شرایط بالا تبدیل می‌شود)

در رابطه‌ی ۵-۱۹ اگر انتقال جرم رقیق‌تر شود و bulk در یک حالت رقیق صورت گیرد و انتقال جرم هم رقیق‌تر شود و هم رقیق‌تر bulk است، اگر سیستم در حد رقت باشند ($x_{B1} \to 1$) یعنی $F_L \to K_x$ (به رابطه نگاه کن). یعنی گاهی ممکن است F به شکلی از اشکال K میل کند.

F_L به سمت K_x میل می‌کند.

(نکته مهم)

آیا سیستم در حد رقت وجود دارد؟

بله. خیلی از سیستم‌ها در حد رقت است.

در رابطه‌ی ۵-۱۸ هم نظیر اتفاق بالا می‌افتد و در حد رقت ($y_{B1} \to 1$) $\Leftarrow$ $F_G \to K_y$

هدف تا این مبحث حل مسائل دوفازی است.

مثال ۲:

به دیمانسیون K نگاه کن ⇐ می‌فهمم که دیمانسیون Δp است: ① $N_A = K \Delta P$

$$A \longrightarrow 2B \Rightarrow N_B = -2N_A \Rightarrow \frac{N_A}{N_A+N_B} = \frac{N_A}{-N_A} = -1$$

$$② \quad N_A = -1 \underbrace{\left(\frac{D_{AB}P_t}{RT}\right)}_{F_G} \ln \frac{-P_t - P_{A2}}{-P_t - P_{A1}}$$

تساوی ① و ②.

Subject:
Year. Month. Date.

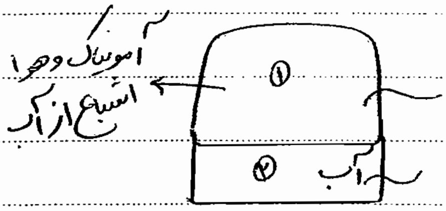
انتقال جرم دوفازی:

بسیاری از سیستم ها دوفازی می باشند (البته گاهی سیستم دوفازی است ولی انتقال جرم تک فازی است.)

نحوه ی حل مسائل دوفازی:

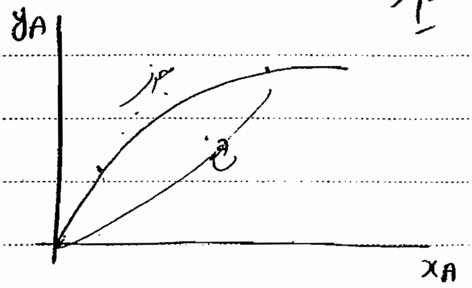
مقدمه همان نحوه ی دست یابی به منحنی های تعادلی در سیستم دوفازی است.

به مقدمه ی p. 189 توجه کن:



غلظت آمونیاک را در ① و ② در نقطه تعادلی بدست می آوریم (x_{A1}، y_{A1}).

دوباره با تزریق آمونیاک تعادل را بدست می آوریم و دوباره در نقطه ی تعادلی غلظت آمونیاک در ① و ② را بدست می آوریم و منحنی تعادلی را رسم می کنیم.



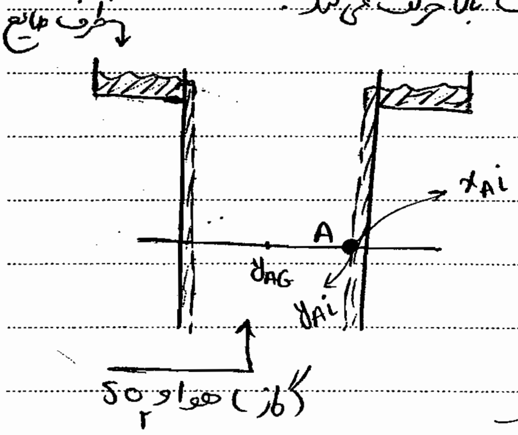
منحنی های تعادلی به عنوان اطلاعات به ما داده می شود.

گاهی ممکن است منحنی تعادلی از صفر شروع نشود.

تئوری دو فیلمی یا دو مقاومتی:

ستون دیوار مرطوب به این گونه است که:

ستونی در نظر بگیرید که فاز مایع درون ظرفی که دور تا دور ستون است ریخته می شود و لایه ی نازکی از مایع به سمت پایین حرکت می کند و فاز گاز به سمت بالا حرکت می کند.



(شکل الف)

ما برای سادگی کار یک موضع را در نظر می گیریم و بعد تعمیم می دهیم.

در واقعیت انتقال جرم آب را هم داریم. اگر به مقدار کمی SO_2 در مرز مشترک باشد به سمت فاز گاز حرکت می کند. برای همین آب را از SO_2 اشباع می کنیم. (تا هیچ آبی توسط SO_2 و هوا جذب نشود)

درست است انتقال جرم دو فازی است، اما فاز گاز شامل اجزای هوا، آب و SO_2 است (فاز گاز سه جزئی است) و فاز مایع شامل: آب و SO_2 است (فاز مایع دو جزئی است.)

(در این کلاس شرط می‌کنیم که مسائل باید دقیق حل شوند. یعنی حتی اگر در این حالت با دو جزئی فرض کردن گاز، حل مسئله بدون خطا بود، باز هم باید سه جزئی حل کنیم.)

SO_2 : A　　　هوا : B　　　آب : C

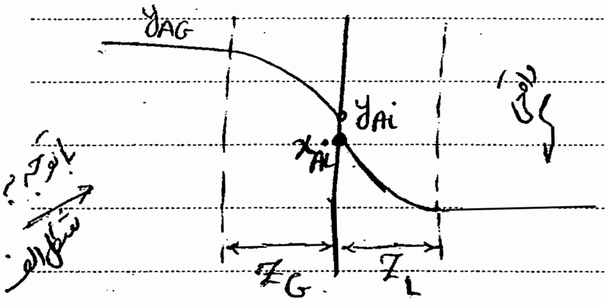
$D_{Am} = ? \Rightarrow D_{AB} , D_{AC} = ?$

اگر D_{AC} را هم در امتحان به ما بدهد، منظورش این است که دو جزئی حل کنی، در غیر این صورت حتماً باید سه جزئی حل کنی.)

ما نقطه‌ی A (نقطه چسبیده به مایع) در شکل الف را که یک نقطه‌ای است به صورت دو نقطه‌ای نمایش می‌دهیم:

y_{AG} : غلظت جزء A در توده‌ی گاز

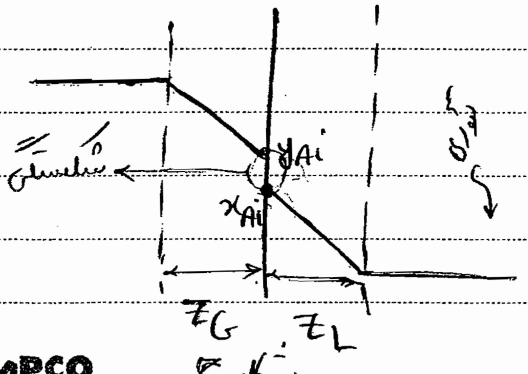
x_{Ai} : — غلظت جزء A در فصل مشترک دو فاز



شکل ب

* تئوری فیلمی به من اجازه می‌دهد که فرض کنم در دو طرف فصل مشترک لایه‌های نازک انتقال جرم وجود دارد و انتقال جرم فقط در این لایه‌ها صورت می‌گیرد.

شکل تئوری دو فیلمی:



شکل ب (حالت واقعی)

شکل ج (حالت تئوری دو فیلمی)

شکل ج

Subject:
Year. Month. Date. ( )

علت شکستگی در شکل ب و ج چیست؟

این شکستگی مربوط به مقاومت ① فصل مشترک است. ② غلظت ها در فصل مشترک و در نقطه‌ی تعادلی دقیقا باهم مساوی نیستند.

یعنی در نقطه‌ی تعادلی غلظت ها دقیقا باهم برابر نیستند. چرا؟؟!! (اختلاف پتانسیل)

اما محل تماس یک نقطه‌ی تعادلی است. (ما برای حل ساده‌ی مسائل این موضوع را فرض می‌کنیم)

قطر ستون = ۵cm . فیلم مایع = 1mm . آیا امکان دارد فیلم مایع به مراتب بزرگتر از این مقدار باشد؟

صرف نظر از این که نفوذ سریع باید باشد، می‌توانیم کاری کنیم که جریان در فاز مایع، جریان آرام نباشد و نسبتا متلاطم باشد.

اگر به هر دلیلی این ضخامت در حد و اندازه‌ای باشد که بتواند تلاطم ایجاد کند، ضخامت کم می‌شود و برعکس.

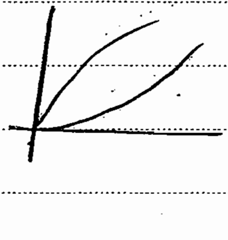
یعنی ضخامت لایه‌ی انتقال در لایه‌ی گاز یا مایع عمدتا و به نوع جریان سیال (آرام یا متلاطم بودن)، و به خصوصیات فیزیکی (D و ....) بستگی دارد.

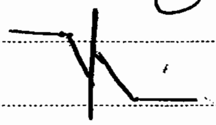
هواره به این سه موضوع مربوط است:

1) physical property $(D, \mu, \rho, \dots)$
2) operating condition = شرایط عمل $(T, P,$
3) geometric system

$$N = k_y\,(y_{AG} - y_{Ai})$$
$$\quad = k_x\,(x_{Ai} - x_{AL})$$

در هر صورتی این روابط صحیح است:





Subject:
Year. Month. Date. ( )

امتحانی

به سؤال 8 در p.122 مراجعه کن.

A: منتقل شونده   C: حل نشده   B: حلال   (سیستم مایع - مایع)

C و B غیر قابل امتزاج هستند. حلال فقط قابلیت جذب A را دارد.

آیا صفحه‌های صفحه‌ی حل در این سؤال درست است؟ بله. درست است.

علت: جزء y_A بین فازها هرگز برابر نمی‌شود (حتی اگر به تعادل برسند)

یعنی هیچ‌گاه منحنی تعادلی را قطع نمی‌کند.

خط $x=y$

علاوه براین غلظت‌ها باهم برابر نمی‌شوند، پتانسیل‌ها باهم برابر می‌شوند.

← p.190 و p.191

نحوه‌ی حل دو فازی‌ها:

$$N = k_y\,(y_{AG} - y_{Ai})$$
$$= k_x\,(x_{Ai} - x_{AL})$$

خط عملیاتی سیستم شیمیایی در موضع خاص:

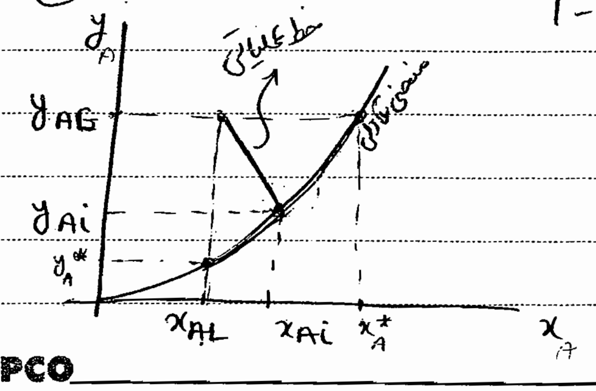
$$\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y}$$

گفتیم که در تمامی طول ستون این رابطه صادق است ولی باید شرایط عملیاتی موضع خاص را داشته باشیم. یعنی در مواضع مختلف x_{AL} و y_{AG} و y_{Ai} و x_{Ai} قطعاً تغییر می‌کند و k_x و k_y هم می‌توانند تغییر کنند.

① منحنی تعادلی را رسم می‌کنیم.

② حوزه‌ی عملیاتی را مشخص می‌کنیم. (جزو اطلاعات)

③ خط عملیاتی را در موضع خاص رسم می‌کنیم تا منحنی تعادلی را در نقطه‌ی خاص قطع کند.

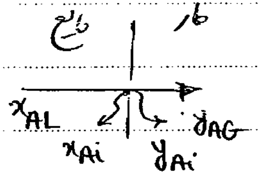


Subject:
Year. Month. Date. ( )

آیا شکل رسم شده برای واحد عملیاتی دفع می تواند درست باشد؟

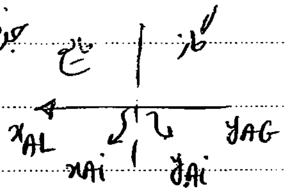
دفع

دفع: تماس گاز-مایع است که انتقال از مایع به گاز صورت می گیرد.

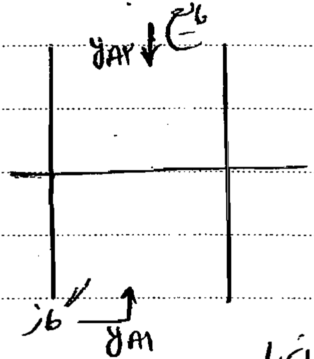


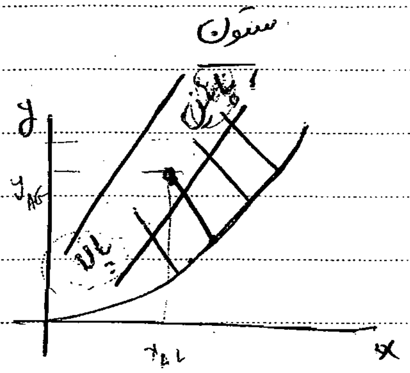
یعنی باید $y_{AG} < y_{Ai}$ باشد. ولی در شکل صفحه ی قبل این طور نیست.

پس شکل رسم شده می تواند برای جذب صحیح باشد:



سوال: ستون جذب داریم.





ستون را در منحنی x-y مشخص کنید و بالا و پایین ستون را مشخص کنید و بگویید از بالا یا پایین ممکن است به تعادل برسد.

بالا } هم y_G↓ هم x_L↓

پایین } هم y_G↑ هم x_L↑

$y_{A1} > y_{A2}$ ⇒ بالای ستون در شکل مشخص می شود

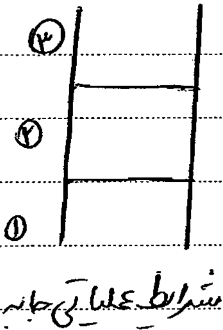
خطوط عملیاتی

آیا خط هایی که به سمت تعادل می روند می توانند موازی باشند؟

می تواند باشد اگر ضرایب انتقال جرم موضعی k_x, k_y در تمامی مواضع یکی باشد. و می تواند نباشد.

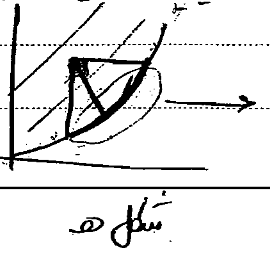
اما هر چه باشد دامنه ی عملیاتی آن $\ominus$ است ← یعنی شیب؟ شاید منظور شیب است.

از (x_{AL}, y_{AG}) با شیب $-\frac{k_x}{k_y}$ به سمت تعادلی برود



می توان هر ستون را به سه قسمت تقسیم کرد و هر قسمت x و y متوسط به تعادل برود

موضع عملیاتی منظور موضعی است که می توان خط عملیاتی را با تغییر شرایط عملیاتی جابجا کرد.



منظور این موضع مورد نظر است.

شکل ه

Subject:
Year. Month. Date. ( )

در مسئله‌هایی که موضع عملیاتی مشخص شده است، $y_{Ai} = f(x_{Ai})$

روش محاسباتی

$y_{Ai} = f(x_{Ai})$: نقطه در موضع عملیاتی

$\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y}$ منطقه عملیاتی

$\Longrightarrow x_{Ai}, y_{Ai} = ? \Rightarrow$

$N = k_y (y_{AG} - y_{Ai})$

$= k_x (x_{AL} - x_{Ai})$

(یعنی برای رسم منحنی تعادلی فقط باید موضع عملیاتی را رسم کنی.)

می‌توان از روش محاسباتی یا ترسیمی استفاده کرد. و باید غلظت در فصل مشترک (x_{Ai}, y_{Ai}) را بدست بیاوریم و بعد فلاکس را بدست بیاوریم $N = k_x (x_{Ai} - x_{AL}) = k_y (y_{AG} - y_{Ai})$

آیا این غلظت‌ها که بصورت محاسباتی بدست آمده، امکانش بود بصورت تجربی بدست بیاوریم؟

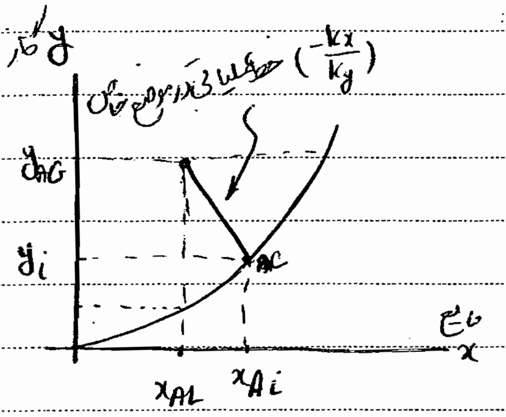
ضخامت لایه‌ی انتقال جرم 0.03mm است. که کمترین اندازه‌گیری ما 1mm است و چون هیچ وسیله‌ای موجود نیست که بتوانیم از لایه‌ی 1mm نمونه‌ای برداشت کنیم که بگوییم از محل 0.03mm فاصله داشته باشند. البته شاید در حرارت باشد ولی در جرم نیست.

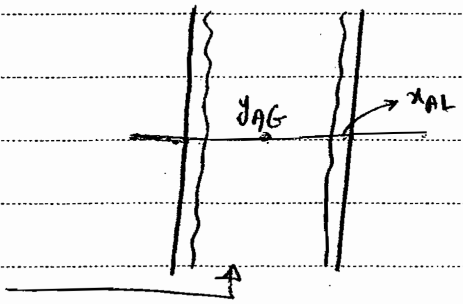
Subject:

Year. Month. Date. ( )

PAPCO

جلسه ی ۸۷/۸/۱۲





این هارا باید خط باشی.

$$N = k_y\,(y_{AG} - y_{Ai}) = k_x\,(x_{Ai} - x_{AL}) \Rightarrow \frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y}$$

اگر انتقال جرم از مایع به گاز باشد:

$$N = k_y\,(y_{Ai} - y_{AG}) = k_x\,(x_{AL} - x_{Ai})$$

منحنی تعادلی مستقل از نوع واحد عملیاتی است و تابع شرایط عملیاتی است (T, P).

در تماس مایع - گاز . سیال - جامد . مایع - جامد .

مایع ← محور x ها، گاز ← محور y ها؛ سیال ← محور x ها، جامد ← محور y ها؛ مایع ← محور y ها، جامد ← محور x ها

در لیست نوشتم ؟!

مایع - مایع

مایع ← خوراک (x ها)، مایع ← حلال (y ها)

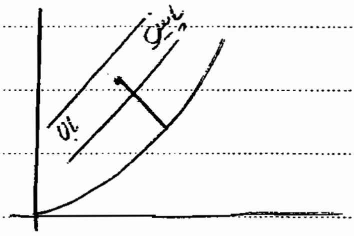
اگر اجازه دهیم نقطه ی عملیاتی (x_{AL}, y_{AG}) به نقطه ی تعادلی (x_{Ai}, y_{Ai}) برسد، در نهایت به نقطه ی C می رسد. ولی ممکن است نرسد.

اگر ستون خیلی خیلی بلند باشد ممکن است انتهایش منحنی تعادلی را قطع کند.

مخلوط گازی حاوی جزء خاص در تماس با فاز مایع قرار می‌گیرد. هدف: ~~انتقال جزء خاص از مخلوط گاز~~ ~~در بالای ستون~~ رساندن غلظت جزء خاص به مقدار مشخص در بالای ستون.

(یا بالا fix و پایین تغییر می‌کند یا برعکس.)

در این جا بالای ستون fix است. اگر جهت انتقال جرم را تغییر دهیم، پایین fix می‌شود و بالا به تعادل می‌رسد.



کلی

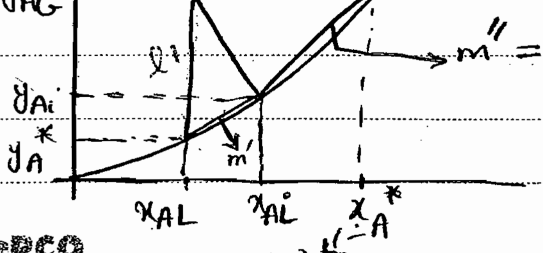
K_y: در برگیرنده‌ی فاز گاز و فاز مایع است:

$$K_y \underbrace{(y_{AG} - y_A^*)}_{\text{حداکثر نیروی محرکه ممکن در فاز گاز}} = N$$

K_y به گونه‌ای تعریف می‌شود که اگر در حداکثر نیروی محرکه ممکن در فاز گاز ضرب شود، N را به ما بدهد.

اگر شیب خط عملیاتی (را با تغییر شرایط عملیاتی) تغییر دهیم، K می‌تواند تغییر کند. چرا؟ زیرا با توجه به شکل؟ چون y_A^* و x_A^* تغییر می‌کنند.

اگر حداکثر نیروی محرکه‌ی ممکن در فاز گاز را داشته باشیم (خط l_1) در شکل ب آن گاه ab نیروی محرکه‌ی فاز مایع از x_{AL} تا x_{AL} (صفر) خواهد شد.



$$m'' = \frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_A^* - x_{Ai}}$$

شکل ب

K_x: اگر در Max نیروی محرکه‌ی کلی در فاز مایع $(x_A^* - x_{AL})$ ضرب شود، همان N بدست می‌آید.

$$N = K_x (x_A^* - x_{AL})$$

K_x: ضریب کلی انتقال جرم برمبنای فاز مایع

K_y: 〃 〃 〃 〃 فاز گاز

چرا این مفاهیم تعریف شده است؟ y_{AL} ~~[illegible]~~ چسبیده به مایع

چون غلظت y_{AG} را داریم ولی y_{Ai} را نداریم (غلظت در فصل مشترک در فاز گاز). لایه‌ی گازی با ضخامت ۰/۴mm داشتیم. براساس تئوری دوفیلمی لایه‌ی نازک مایع و گاز اطراف فصل مشترک داریم. یعنی ما نمی‌توانیم نقطه‌ای چسبیده به مایع را درنظر بگیریم و y_{Ai} را بدست آوریم. چون فیلم نازک و کوچک است.

همین طور است در مورد x_{AL} و x_{Ai} ← (غلظت در فصل مشترک چسبیده به گاز در فاز مایع)

y_A^*: غلظت در حال تعادل با x_{AL}.

یعنی به جای اینکه y_{Ai} را بدست آوریم، از داده‌های تعادلی y_A^* را می‌خوانیم و

$$N = k_y (y_{AG} - y_{Ai}) = K_y (y_{AG} - y_A^*)$$

پس برای بدست آوردن y_{Ai} کافیست رابطه‌ی بین k_y , K_y را داشته باشیم:

$$\begin{cases} N = K_y (y_{AG} - y_A^*) \\ \quad = K_x (x_A^* - x_{AL}) \end{cases} \qquad \begin{cases} N = k_y (y_{AG} - y_{Ai}) \\ \quad = k_x (x_{Ai} - x_{AL}) \end{cases}$$

(شکل ب)

$$\underbrace{x_A^* - x_{AL}}_{\downarrow \text{ رابطه}} = \underbrace{(x_A^* - x_{Ai})}_{\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{m''}} + (x_{Ai} - x_{AL})$$

$$\frac{N}{K_x} = \frac{N}{m'' k_y} + \frac{N}{k_x}$$

T.A Monday 12:30-14 → class 316
Tuesday 12:30-14 → class 306

Subject:
Year. Month. Date.

$$\Rightarrow \boxed{\frac{1}{K_x}} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m'' k_y} \quad (I) \quad , \quad \boxed{\frac{1}{K_y}} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x} \quad (II)$$

مقاومت کل اگر مقاومت کل برمبنای فاز مایع تعریف شود

مقاومت کل اگر مقاومت کل برمبنای فاز گاز تعریف شود.

سپس مقادیر K_x و K_y باهم برابر نیست و این یکی دیگر از تفاوت‌های جرم و حرارت است

(I) $\frac{1}{k_x}$ [illegible] : مقاومت فیلم مایع اگر مقاومت کل برمبنای فیلم مایع تعریف شود

$\frac{1}{m'' k_y}$ [illegible] : مقاومت فیلم گاز اگر مقاومت کل برمبنای فیلم گاز تعریف شود.

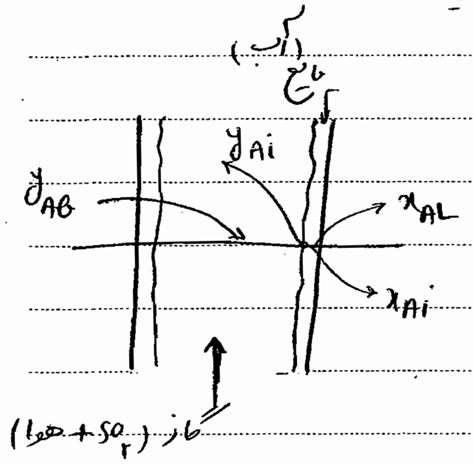
(II) $\frac{1}{k_y}$ [illegible] : مقاومت فیلم گاز اگر مقاومت کل برمبنای فیلم گاز تعریف شود.

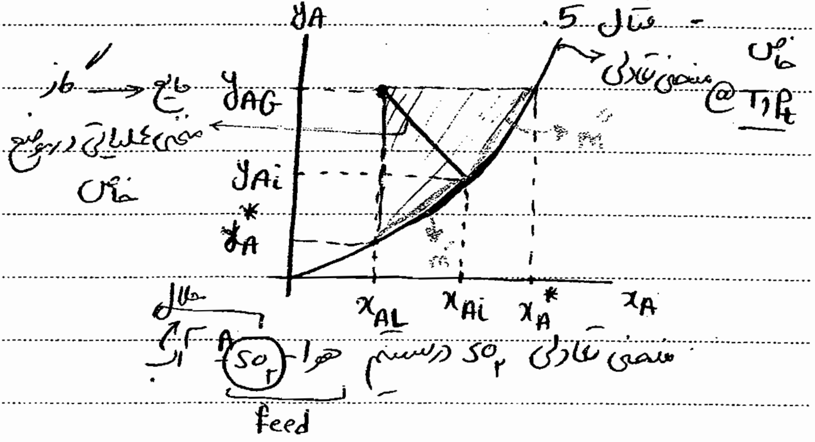
$\frac{m'}{k_x}$ [illegible] : مقاومت فیلم مایع اگر مقاومت کل برمبنای فیلم گاز تعریف شود.

PAPCO

جلسه ی ۸۷/۸/۱۹

- رابطه ی K و k.
- برای مقاومت ها
- مثال 4
- ضرایب انتقال جرم F_L ، F_G ، F_{OL} ، F_{OG} و رابطه بین آن ها
- منحنی عملیاتی در موضع خاص
- مثال 5.





فرض بر این است که در کل ستون T و P_t ثابت است و منحنی تعادلی رسم شده است.

$$N_A = k_y\,(y_{AG} - y_{Ai})$$

$$= k_x\,(x_{Ai} - x_{AL})$$

$$= K_y\,(y_{AG} - y_A^*)$$

$$= K_L\,(x_A^* - x_{AL})$$

مقاومت کل وقتی مقاومت کل بر حسب فاز گاز بیان شود

مقاومت منطقه فاز وقتی مقاومت کل بر حسب فاز گاز بیان شود

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x} \qquad K_x = m'' K_y$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m'' k_y}$$

مقاومت منطقه گاز وقتی مقاومت کل بر حسب فاز مایع بیان شود.

در حالت کلی گوئیم دو فاز کلی E و R داریم:

$\overset{E}{\uparrow}$ گاز - $\overset{R}{\uparrow}$ مایع

$\overset{E}{\uparrow}$ مایع - $\overset{R}{\uparrow}$ مایع

حلال ↲ ↲ خوراک

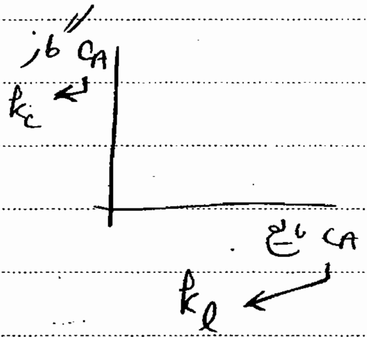
(گاز یا مایع) سیال $\overset{E}{\uparrow}$ → جامد $\overset{R}{\nearrow}$

گاهی حتی در مورد گاز-مایع هم ممکن است منحنی تعادلی را برحسب x-y بکشیم

مثال p. 196 کتاب را نگاه کن؛

مایع	گاز
C_A	C_A
x_A	P_A
	y_A

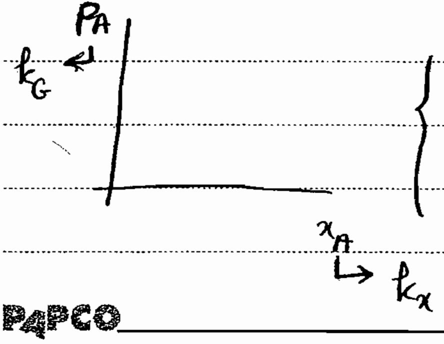
$$\text{گاز}\begin{cases} k_G \to \Delta P \\ k_c \to \Delta C \\ k_y \to \Delta y \end{cases} \qquad \text{مایع}\begin{cases} k_l \to \Delta C \\ k_x \to \Delta x \end{cases}$$



* شکل کلی منحنی تغییری نمی‌کند فقط اعداد روی آن در یه چیزی ضرب یا تقسیم می‌شود.

$$\begin{cases} \overbrace{\frac{1}{K_c} = \frac{1}{k_c} + \frac{m'}{k_l}}^{\text{منحنی } C_A - C_A} \xrightarrow{\text{معادل}} \overbrace{\left(\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x}\right)}^{\text{منحنی } y-x} \\ \frac{1}{K_l} = \frac{1}{k_l} + \frac{1}{m'' k_c} \xrightarrow{\text{معادل}} \left(\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m'' k_x}\right) \end{cases}$$

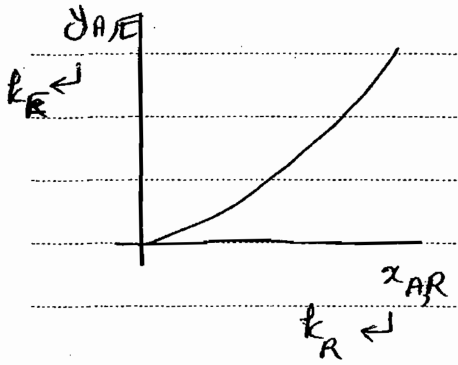
$$K_L = m'' K_c \xrightarrow{\text{معادل}} (K_x = m'' K_y)$$



$$\begin{cases} \frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{m'}{k_x} \\ \frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m'' k_G} \end{cases}$$

$$K_x = m'' K_G$$

فرض کنیم گاز - مایع نباشد و E و R باشد:



$$\begin{cases} \dfrac{1}{K_E} = \dfrac{1}{k_E} + \dfrac{m'}{k_R} \\[2ex] \dfrac{1}{K_R} = \dfrac{1}{k_R} + \dfrac{1}{m'' k_E} \end{cases}$$

$$K_R = m'' K_E$$

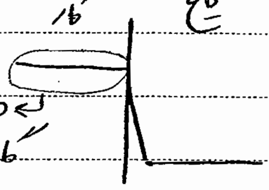
آیا می‌توان سیستم دوفازی را در قالب تک‌فازی دید؟

بلی. مثلاً گاهی گفته می‌شود که مقاومت فاز continuous صرف‌نظر شده است و ما باید چک کنیم این مطلب تا چه حد صحیح است.

درصد مقاومت فیلم گاز: $\dfrac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}} \times 100 = 2\%$

درصد مقاومت فیلم مایع: $\dfrac{\frac{m'}{k_x}}{\frac{1}{K_y}} \times 100 = 98\%$

پس با مقایسه‌ی درصدها می‌توان مقاومت یک فاز را نادیده گرفت و مثلاً شکل زیر را رسم کرد.



← در حالتی که مقاومت فیلم گاز نادیده گرفته شده است.

چرا؟؟

تئوری دوفیلمی:

* چند پله در P.195 مهم است.

1) $$\frac{1}{K_y}=\frac{1}{k_y}+\frac{m'}{k_x}$$

if $\left[\frac{1}{k_y} \ggg \frac{m'}{k_x}\right]$ (یا) $\left[k_x = k_y \text{ و } m' \ll \right] \Rightarrow$

کل مقاومت در فیلم گاز است.

* اگر $y = 101/2x$ باشد، آیا کل مقاومت در فیلم مایع است؟ خیر. باید شرط $k_x=k_y$ هم بررسی شود. این مطلب در مثال ۴ ص۱۹۸ دیده می‌شود.

2) $$\frac{1}{K_x}=\frac{1}{k_x}+\frac{1}{m''k_y}$$

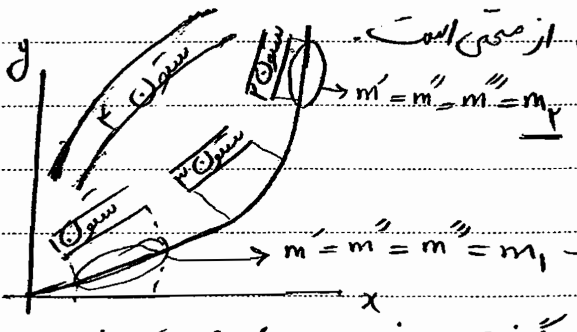
if $\left(\frac{1}{k_x} \gg \frac{1}{m''k_y}\right)$ یا $\left[k_x=k_y \text{ و } m'' \gg \right] \Rightarrow$

کل مقاومت در فاز مایع است.

مثلاً در مثال ۴، $m''=1.5\times10^5$ است ولی ۴۷٪ مقاومت در فاز گاز و ۵۳٪ در فاز مایع است.

* در یک حالت خاص که سیستم در حال رقت و انتقال جرم کم باشد، F با نوع خاصی از k برابری شود.
$F_G \to k_y$ (در حد رقت)

حواسمان باشد وقتی منحنی تعادلی را رسم می‌کنیم، ممکن است به شکل روبه‌رو شود ولی ما به تمام منحنی تعادلی نیاز نداریم و ستون فقط در بخشی از منحنی است.



* ستون اول: اگر در این حالت $m_1 \ll$ باشد و $k_x=k_y$ می‌توان گفت که کل مقاومت در فاز گاز است.

* ستون دوم:

در مورد m_2: اگر $m_2 \gg$ و $k_x=k_y$ می‌توان گفت در این ستون کل مقاومت در فاز مایع است.

گاهی ستون ۳ را داریم و نمی‌توانیم اظهار نظری کنیم.

در مثال ۴، $k_x = k_y$ نیست و حتی هم باهم اختلاف دارند و بالاتر $m>1$ است
که مقاومت در فاز مایع نیست.

مثال ۴ ص ۱۹۸:

در این جا هر یک ها مطرح است که در قسمت خاصی از دستگاه.

جزء حجمی: در گازها جزء حجمی همان جزء مولی است.

$y_{AG} = ۰/۱$ ‏ وزنی است: $\omega_{AL} = ۰/۴\%$

(گازها: مولی
مایعات: وزنی)

هسته واحد K_G ← $\frac{kmol}{m^2 s (\frac{N}{m^2})}$ است یا شاید واحد را می‌دهند و ما باید اندیس K را بفهمیم.

در بالا x_{AL} و در پایین y_{AG} را ببین

داده‌ی اول جدول: $\frac{۰/۲ kg SO_2}{۱۰۰ kg H_2O} = \frac{۰/۲ kg SO_2}{(۰/۲+۱۰۰) kg H_2O}$

(٪۰/۴ جزء همان ۱۰۰ است.) ؟

$y_{AG} = 0.1$

ولی در جدول فشار داریم: $P_{AG} = y_{AG} P_t = ۰/۱ \times ۷۶۰ = ۷۶$ mmHg

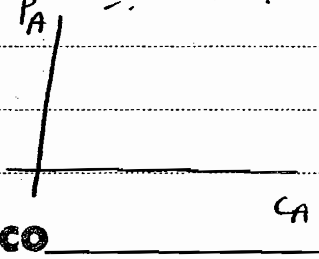
۰/۲	۰/۳	۰/۴ = ω_{AL}	۰/۵
۲۹	۴۶	y_{AG} = ۷۶	۸۳

در این جا x_{AL} و y_{AG} هردو در یک جا قرار گرفته است.

← منحنی عملیاتی باید در این محدوده رسم شود.

یعنی منحنی تعادلی فقط باید بین داده های $x_{AL} = ۰/۴$ و $y_{AG} = ۷۶$ رسم شود.

حالا باید تصمیم بگیری چی رو بر حسب چی رسم کنی تا به ضرب جواب بگیری.



$$K_L = m'' K_G$$

Subject :
Year .   Month .   Date .

پس باید داده های جدول کتاب را به جدول روبه رو تبدیل کنی

C_A	
P_A	

$$C_A = C x_A$$

نمودار یک خط است و $m' = m'' = m''' = m$.

* بدون توجه به صحبت های استاد:

باید رابطه های روبه رو را بدانی : $K_G \to K_y \to K_L \to K_x$

* با توجه به صحبت های استاد: $K_G \to K_x$

قسمت ب) ۴۷٪ مقاومت در فاز گاز و ۵۳٪ مقاومت در فاز مایع است.

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{m'}{k_l} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \dfrac{1/k_G}{1/K_G} = 0.47 \\ \dfrac{m'/k_l}{1/K_G} = 0.53 \end{cases}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_l} + \frac{1}{m'' k_G}$$

البته ممکن است سیستم ها به گونه ای باشند که m' و m'' و m باهم متفاوت باشند.

بدست آوردن x_A^* و y_A^* :

در داده های تعادلی به دنبال داده ای هستیم که $x = x_{AL}$ باشد و y_A^* بدست می آید

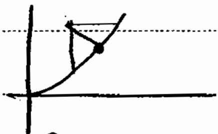
و اگر داده ای $y = y_{AG}$ باشد، x متناظر آن متناظر x_A^* است.

رابطه بین k_l و k_x : $N = k_L (C_{A1} - C_{A2}) = \underbrace{k_l C}_{k_x} (x_{A1} - x_{A2}) \Rightarrow$

$$\boxed{k_x = k_l C}$$

PAPCO

قسمت ج) باید منحنی تعادلی را با خط عملیاتی قطع دهیم تا x_{Ai} و y_{Ai} بدست آید.



قسمت د) ضخامت فیلم های انتقال جرم در گاز و مایع؟ Z_G و $Z_L = ?$

$F = \frac{DC}{Z}$ ← فصل دوم

$C \rightarrow$ گازها: $\frac{P_t}{RT}$

$C \rightarrow$ مایعات: $\frac{\rho}{M}$

طریقه‌ی بیان سؤال قسمت د)

به نظر شما فیلم مایع متلاطم است؟ (باید محاسبه کنیم یعنی Z_L آن را بدست آوریم)

اگر Z_L کوچک باشد یعنی متلاطم است.

در ص ۲۴۱ : $Z_L = 0.008\ \text{mm}$

└→ خیلی کوچک است پس فیلم مایع متلاطم است

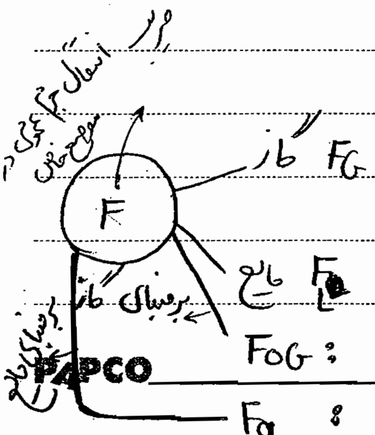
① فیلم مایع یا متلاطم است ←

② یا سرعت حرکت روبه پایین زیاد باشد یعنی زمان تماس کمی داشته باشد. (ممکن است D زیاد یا خیلی ویسکوز هم باشد)

$Z_G = 5\ \text{mm}$

* با اینکه Z_L و Z_G خیلی با هم متفاوت است ولی مقاومت ها در دو فاز تقریباً نصف نصف است پس ضخامت با مقاومت هیچ ربطی ندارد.

ضریب کلی و موضعی انتقال جرم F_{OL} و F_{OG} :



برای حالتی که گاز و مایع با هم دیده می‌شود.

F_{OG} : ضریب انتقال جرم حالت عمومی در موضع خاص کلی بر مبنای فاز گاز (overal: O, G: گاز)

F_{OL} : " " " " کلی بر مبنای مایع (O: کلی، L: مایع)

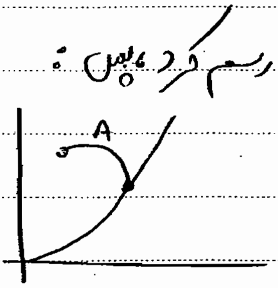
گاهی می‌توان از طریق روبه‌رو N را بدست آورد:

که از طریق رسم خط عملیاتی است:

$$F \longrightarrow k \xrightarrow[x_{A1} \text{ یا } y_{A1}]{\text{خط عملیاتی}} N$$

ولی گاهی نمی‌توان خط عملیاتی رسم کرد یعنی:

$$\begin{tikzcd} F \arrow[r, "\times"] \arrow[rr, bend left] & k \arrow[r] & N \end{tikzcd}$$



اصولاً روش صحیح F است.

حال منحنی A چه جوری بدست می‌آید؟

به روابط ۲-۵ در ص ۳۱۲ توجه کن.

۵-۴۱) گاز

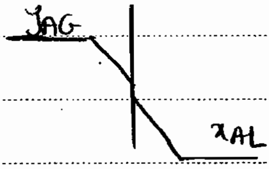
۵-۴۲) مایع

۵-۴۳) و (۵-۴۴) بر مبنای گاز و مایع تعریف شده.

در رابطه‌ی (۵-۴۳)

غلظت جایی که کم است. انتقال جرم از گاز به مایع صورت می‌گیرد: $y_A^* = \frac{\overset{\text{کم}}{C_{A2}}}{C}$

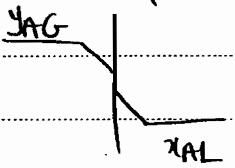
غلظت جایی که زیاد است: $y_{AG} = \frac{\overset{\text{زیاد}}{C_{A1}}}{C}$



(۵-۴۴)

غلظت جایی که کم است: $x_{AL} = \frac{\overset{\text{کم}}{C_{A2}}}{C}$

غلظت جایی که زیاد است: $x_A^* = \frac{\overset{\text{زیاد}}{C_{A1}}}{C}$



این روابط مهم است حفظ باشی.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

جلسه ۸ ۸۷/۸/۲۱

- F_L، F_G، F_{oG}، F_{oL} رابطه بین آن‌ها

- منحنی عملیاتی در موضع خاص

- مثال ۵

فصل ۶: معادله پیوستگی، توضیح رابطه قانون دوم فیک

در صفحه‌ی ۲۰۲ رابطه‌ی (۵-۲) هم گازها هم مایعات.

گاز ← (۵-۴۱) مایع ← (۵-۴۲)

اگر بخواهیم همان طور که ضریب کل انتقال جرم یعنی K را تعریف کردیم، همین کار را برای F هم انجام دهیم:

K_x مثل F_{oL} ← (۵-۴۴) و K_G مثل F_{oG} ← (۵-۴۳)

منحنی عملیاتی در موضع خاص:

اگر (رابطه‌ی ۵-۴۱) = (رابطه‌ی ۵-۴۲)

سیستم -دو: $N = k_y(y_{AG} - y_{Ai}) = k_x(x_{Ai} - x_{AL}) \Rightarrow$

$$\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y}$$: خط عملیاتی

حال داریم: (p. 203)

$$\frac{N_A}{N_A+N_B} F_G \ln \frac{\frac{N_A}{N_A+N_B} - y_{Ai}}{\bigcirc - y_{AG}} = \frac{N_A}{N_A+N_B} F_L \ln \frac{\bigcirc - x_{AL}}{\bigcirc - x_{Ai}}$$

منحنی عملیاتی به دست می‌آید ⇐ رابطه‌ی ۵-۴۵ به دست می‌آید ⇐

$$\left[\frac{\frac{N_A}{N_A+N_B} - y_{Ai}}{\frac{N_A}{N_A+N_B} - y_{AG}}\right] = \left[\frac{\frac{N_A}{N_A+N_B} - x_{AL}}{\frac{N_A}{N_A+N_B} - x_{Ai}}\right]^{F_L/F_G}$$

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

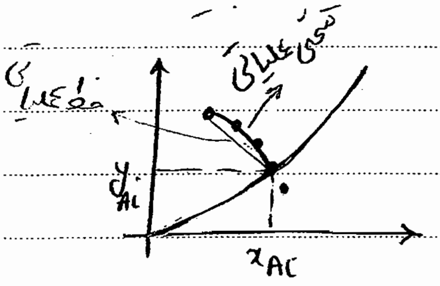
if $\frac{N_A}{N_A+N_B}=1 \Rightarrow \left(\frac{1-y_{Ai}}{1-y_{AG}}\right)=\left(\frac{1-x_{AL}}{1-x_{Ai}}\right)^{F_L/F_G}$

به مثال ۵ توجه کنید.

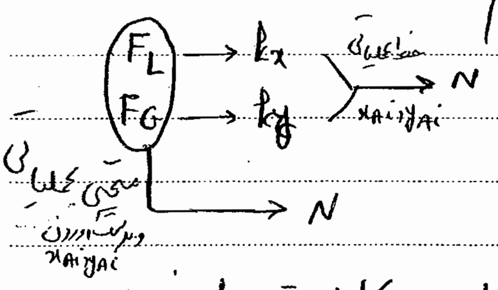
خط سوم: آنالیز گاز و مایع ← یعنی توده‌ی گاز و مایع داریم. یعنی y_{AG} و x_{AL}.

y_{AG} = ۰/۸
x_{AL} = ۰/۰۵

برای رسم منحنی عملیاتی:
حداقل ۴ نقطه می‌خواهیم و ۳ نقطه کم است که اگر از بین ۴ نقطه، یک نقطه برون منحنی باشد مهم است.



حال چرا این کار را می‌کنیم؟
ممکن است F_L و F_G را داشته باشیم،
اگر از روی F_L، k_x و از روی F_G، k_y را بدست آوریم خیلی بهتر است اما گاهی این کار غیرممکن است و مجبوریم منحنی عملیاتی را بکشیم.



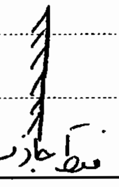
برای رسم خط عملیاتی حتماً باید k_x و k_y را داشته باشیم،
پس اگر k_x و k_y بدست نیامد باید منحنی عملیاتی رسم کنیم.

رابطه‌ی بین F_{OG} و F_{OL} درست مثل رابطه بین K_y و K_x است ولی خیلی پیچیده است.

فقط در دو حالت خاص این رابطه بسیار ساده می‌شود.

حالت خاص ۱- $\sum_{i=A}^{n} N_{iz} = N_A$ (p. 204)

رابطه‌ی ۵-۴۶ و ۵-۴۲. در حالتی که فقط جزء A در حال انتقال است.



A, B, C, ...
$N_A \neq 0$
$N_B = N_C = \cdots = 0$

رابطه‌ی ۵ - ۴۶ : خود کتاب توضیح داده است.

حالت خاص ۲ : $\sum_{i=A}^{n} N_{iz} = 0$

مثلاً bulk نداریم یا در تقطیر این اتفاق می‌افتد. یا در حالت دوجزئی؟ $N_A = -N_B$

رابطه‌ی ۵-۴۸ و ۵-۴۹.

چرا روابط ۵-۴۸ و ۵-۴۹ درست مثل روابط k و K است؟

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m'}{k_x} \longrightarrow$$ مثل ۵-۴۸

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m'' k_y} \longrightarrow$$ مثل ۵-۴۹

چون در این حالت خاص که $\sum N_{iz} = 0$ است، bulk حذف شده و انتقال جرم فقط در اثر نفوذ است، مقدار F به یکی از اشکال k تبدیل شده است و این F ها دقیقاً همان k های می‌شوند که این F ها با آن k ها برابرند. (نه هر k دیگری نه هر شکل k، بلکه شکل خاصی از K)

(۵-۱۸) → اگر سیستم بدون bulk باشد : $F_G = k'_y$

(۵-۱۹) → " : $F_L = k'_x$

حال اگر حد رقیق باشیم و ~~هم bulk نداشته باشیم~~ : $x_{B,M} \xrightarrow{\leq 0.06} 1$, $P_{B,M} \xrightarrow{\leq 0.06} P_t \Rightarrow$

$F_G \to k_y$, $F_L \to k_x$

یعنی مثلاً $x_{B,M} \leqq 0.06$ می‌شود که آن را حد رقیق در نظر می‌گیریم

ص ۲۷۵ رابطه‌ی ۵ : حد رقیق حدود ۶٪ دیگر است.

(۲) ———
} لایه انتقال جرم
(۱) ———

$P_{A1} = 1000\ N/m^2 \simeq 1\%$

$P_{A2} = 500\ N/m^2 \simeq 0.5\%$ $\Rightarrow P_A = 75 \simeq 0.75\%$

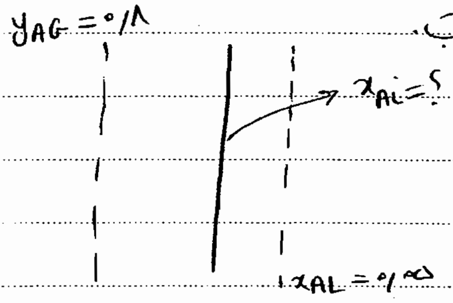
یعنی باید متوسط لایه‌ی انتقال جرم را بگیریم و بعد اگر کمتر از ۶٪ بود، بگوییم در حد رقیق است.

اما در امتحان نباید این کار را بکنیم و باید دقیق حل کنیم . مثلاً مثال ۱۰ فصل ۶ فوق العاده دقیق است (UF6 داریم) و در مورد UF6 حتی مقدار خیلی کم آن هم غلط است . ولی در مورد مسائل این طور نیست . اما اگر در یک مسأله واقعی تشخیص دادیم خیلی دقیق است با جدول آن را حل می کنیم (UF6 هیچ گاه در جدول نیست .)

مثال ۵ :

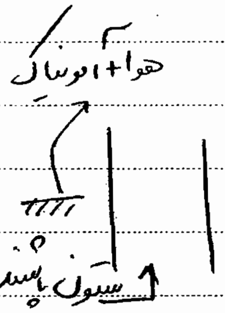
توضیح جمله ی داخل پرانتز : می توان محلول مایع را رقیق از آمونیاک فرض نمود . [اگر این را نداشتیم حل مسأله غیرممکن بود] چرا ؟

این عددی که داده شده x_{AL} است و x_{Ai} معلوم نیست .



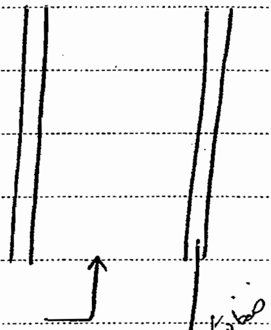
در واقع باید متوسط غلظت ۶٪ باشد تا رقیق باشد .
← متوسط x_{Ai} و x_{AL} / ولی ما هنوز x_{Ai} را نداریم .

* اگر از تبخیر آب صرف نظر کنیم آن گاه گاز ما دو جزئی است .
اگر سه جزئی بود، آن گاه به جای D_{AB} ، D_{Am} داشتیم .
ولی ما در این مثال از نفوذ آب صرف نظر کردیم :
در کارهای تجربی از زیر ستون یک spray column می گذاریم تا
ستون پاشنده
هوا از آب اشباع شود
و نفوذ آب به هوا اتفاق نیفتد .



(مثال ۱۱ فصل ۶) .

به‌گونه‌ی دیگر طرح سؤال قسمت ب :
آیا جریان مایع متلاطم است ؟ آیا جریان گاز نسبت به مایع متلاطم است ؟



$$Re = \frac{\rho u d}{\mu}$$

با توجه به Re می‌توان گفت که متلاطم است یا نه. اما در تعریف Re بهتر است از یک طول مشخصه (L) استفاده کرد.

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu}$$

ضخامت فیلم مایع

$$Re = \frac{\rho_e V_e \delta}{\mu_e} \begin{cases} < 1100 & \text{آرام} \\ > 1500 & \text{متلاطم} \end{cases}$$

به ص ۲۲۹ نگاه کن: معیار عدد رینولدز برای کارهای تجربی صورت گرفته.

$$100 < \frac{4\Gamma}{\mu} < 1200 , \ldots$$

دوباره به مثال ۵ قسمت الف برمی‌گردیم:

$$\overset{20}{Sh_G} = \frac{F_G\, d}{c D}$$

d → بهتر است: $d_i = 2\delta$ → در این جا فرض بر این است که ضخامت کم است.

c → $\frac{P_t}{RT}$

D → D_{NH_3-air} (البته بهتر بود D_{Am} را قرار می‌دادیم) ← فصل دوم

الآن انتقال جرم آمونیاک از بین هوا و آمونیاک صورت می‌گیرد.

گاز → هوا B ، آمونیاک A

$N_B = 0$, $N_A \neq 0$

آب در حد صفر است (از تبخیر صرف نظر کردیم)

حال رابطه‌ی بین F_G با k_y گازی را می‌خواهیم:

$$F_G = k_y \frac{P_{B,M}}{P_t}$$

اگر سیستم رقیق بود، می‌توانستیم $\frac{P_{B,M}}{P_t}$ را حذف کنیم اما آمونیاک ۸۰٪ است.

حالا چون سیستم غلیظ است و $P_{B,M}$ را هم نداریم، متوجه می‌شویم که نمی‌توان مستقیماً از F_G به k_y رسید ⇐ نیاز به منحنی عملیاتی داریم.

k_L را به ما داده و من رابطه‌ی بین k_L و F_L را می‌خواهم :

$$k_L\, x_{B,M} \cdot C = F_L$$

حالا سیستم مایع در حد رقیق است (صورت سؤال در پرانتز گفته بود) ⇐ $x_{B,M} \longrightarrow 1$

آب (مایع حلال)

$$k_L\, x \frac{\rho}{M} = F_L \qquad \left(c = \boxed{\frac{\rho}{M}}\right)$$

$$\left(\frac{1-y_A}{1-\underset{0/8}{y_{AG}}}\right) = \left(\frac{1-\overset{0/05}{x_{AL}}}{1-x_A}\right)^{F_L/F_G}$$

$$N_C = 0 \quad , N_A \neq 0$$

در ص ۲۰۵ : توضیحات حل راحتی رقیق بخوان .

در ص ۲۰۶ : منحنی عملیاتی اگر فقط جزء A نفوذ کند : $\frac{N_A}{\sum N} = 1$, $\sum N = N_A$

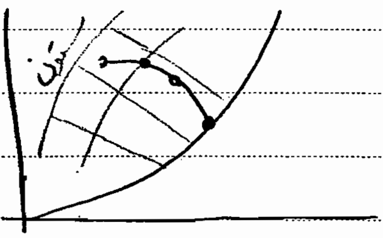
← توضیحات خیلی مهم است .

۰/۲ → ۰/۷۵۹

در نتیجه فرض رقیق بودن : $x_{متوسط} = \frac{x_{Ai} + x_{AL}}{۲} \simeq ۰/۱۶$ ⟵ $x_{Ai} = ۰/۲۷۴$, $x_{AL} = ۰/۰۵$

فیلم مایع غلط است .

اگر فاز مایع را رقیق فرض نکنیم ، چه جوری حل می‌شد ؟ باید از طریق حدس و خطای x_{Ai} حل می‌کردیم . ($x_{B,M}$ بدست می‌آید و F_L بدست می‌آید و با حل x_{Ai} بدست می‌آید و آن قدر تکرار می‌کنیم تا (x_{Ai}ها باهم برابر شود) مثلاً برای ۴ نقطه‌ی ستون بدست می‌آوریم .



برای حل ستون‌ها به ص ۴۹۶ نگاه کن .

منحنی عملیاتی واحد : مال ستون است .

سؤال {
ممکن است در امتحان مایع - مایع را بخواهد .
ارتفاعی از ستون که بتوانیم جذب سطحی انجام دهیم .

اگر رقیق شود:

$k_L x_{B,M} = F_L$

① حدس x_{Ai}

② بدست آوردن $x_{B,M}$

③ رسیدن به F_L

④ $\frac{1-y_{Ai}}{1-y_{AG}} = \left(\frac{1-x_{AL}}{1-x_{Ai}}\right)^{F_L/F_G}$ ⇐ رسیدن به x_{Ai}

⑤ مقایسه‌ی x_{Ai} بدست آمده با x_{Ai} حدس زده شده.

⑥ این قدر تکرار کنیم تا x_{Ai} ها مساوی شوند.

مسائل مهم فصل 5: مسائل واقعی فصل 5 باید با فصل 6 تلفیق شود. (فصل 6 را به نگاهی بکن)

فصل ششم:

ما در فصل 5 یاد گرفتیم که با داشتن F یا K می‌توان N را بدست آورد و از N برای بدست آوردن ارتفاع استفاده کردیم.

در فصل 3 ، Z و D را داشتیم.

در فصل 6: هدف دست یابی به K و F است، تا از آن در فصل 5 استفاده کنیم.

از F و K می‌توان در چک کردن D نیز بهره برد.

برای F و K، ۳ تا راه حل داریم:
1) استفاده از تئوری‌ها ⟵ اصلاً جوابگو نیست.
۲) استفاده از تشابه جرم و حرارت ⟵ در صورت برقراری شرایط تا حدودی درست است.
۳) استفاده از روابط تجربی جرم

این گزینه خوب است. روابط تجربی جرمی خوب است که پایه‌ی خوب تئوری داشته باشد.

$\boxed{Sh = f(Re, Sc)}$ ⟶ سؤال اساسی امتحان

$Nu = f(Re, Pr)$

آیا همواره از اطلاعات حرارت می‌توان در جرم استفاده کرد و برعکس؟
خیر. باید شرایط برقرار باشد.

پس اول به سراغ روابط تجربی جرم، بعد قیاس جرم و حرارت و آخر سر سراغ تئوری‌ها می‌رویم
از اول فصل ۶ تا ص ۲۴۸ برای بچه‌های ارشد مهم است.
گاهی روابط تجربی برای حرارت است و با استفاده از قیاس به روابط جرمی تبدیل می‌شود.
در قیاس جرم و حرارت استاد فقط یک مورد را توضیح می‌دهد ولی همه را می‌خواهد (در بحث روابط تجربی) در مبحث تئوری‌ها فقط ۲ تا تئوری را توضیح می‌دهد و می‌خواهد

تلفیق مثال‌ها بسیار مهم است!

۲

یک سؤال از جامع دکتری می‌دهد.

جلسه‌ی ۸۷/۸/۲۴

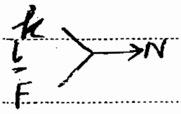
آرام و متلاطم:

تقسیم بندی مسائل جرم:

۱- در مسائل ساکن Z را به ما می‌دهند.

۲- آرام
۳- متلاطم
} تک فازی

۴- دو فازی



* صفحه‌ی اول این فصل حذف
اطلاع است و قسمت اصلی از
ص ۲۲۸ شروع می‌شود.

در دو فازی یک فاز ممکن است ساکن و دیگری متلاطم باشد ....

در جریان آرام و متلاطم همواره با Z مشکل داریم و این Z در F یا k دیده می‌شود.

حل مسائل: ۱) تئوری ها ۲) قیاس جرم و حرارت ۳) روابط تجربی جرم

معادلات پیوستگی:

از این قسمت در حل مسائل استفاده نمی‌شود.

این معادلات در مختصات کارتزین (p.216 - p.217 - p.218) بدست آمده است.

اثبات لازم نیست. تجمع جرم = جرم تولید یا مصرف ± جرم خروجی − جرم ورودی

p.218 :

رابطه‌ی (۶-۱۸) مهم است و باید بلد باشیم: قانون دوم فیک

اگر واکنش شیمیایی و حرکت توده‌ای نداشته باشیم: (۶-۱۹) ⇐ قانون دوم فیک.

قانون دوم فیک را معادل انتقال جرم در جامدات در نظر می‌گیرند.

اگر مثلاً رطوبت موجود در قطره‌ی گروی جامد می‌خواهد بیرون بیاید ⇐ قانون دوم فیک برقرار است. در واقع این قانون داخل قطره گروی صادق خواهد بود.

آیا در حباب یا مایع گروی صادق است؟ خیر. به علت حرکت توده‌ای در حباب یا قطره‌ی گروی قانون دوم فیک کاملاً صادق نمی‌باشد.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

قانون دوم فیک به ترتیب در کدام صحیح تر است؟ ۱) جامد ۲) قطره کروی (مایع) ۳) حباب (گاز)

هر چه فاز ویسکوزتر باشد، چرخش‌های درون کمتر شده و قانون دوم فیک صحیح تر است.

۴ آیا قانون دوم فیک برای مختصات غیراز کارتزین استفاده می‌شود؟ ترجیحاً بهتر است استفاده نشود چون روابط خاص خود را دارد.

(۶-۲۲) شبیه (۶-۱۸) و (۶-۲۳) همان قانون دوم فیک در مختصات استوانه‌ای است که انتقال جرم در جهت r و θ و z اتفاق می‌افتد.

(۶-۲۴) قانون دوم در استوانه‌ای هرگاه از انتقال جرم در جهت z و θ صرف‌نظر کنیم

(۶-۲۶) مثل (۶-۱۸) و (۶-۲۲) ← H.W

۶-۲۷ و ۶-۲۸ قانون دوم فیک در مختصات کروی اگر انتقال جرم فقط در جهت r باشد.

① معادله پیوستگی را می‌نویسیم ② این معادله را تا جایی که ممکن است ساده و ساده‌نگری می‌کنیم (ساده‌نگری ← بعضی از ترم‌ها را حذف می‌کنیم)

③ شرایط اولیه و مرزی را اعمال می‌کنیم

④ به پروفایل غلظت می‌رسیم و غلظت متوسط ($\overline{C_A}$) را بدست می‌آوریم.

⑤ فلاکس انتقال جرم (N) را بدست می‌آوریم: N فقط در اثر نفوذ یا در اثر نفوذ و bulk.

⑥ ضریب انتقال جرم بدست می‌آید.

⑦ معادله سرعت را می‌نویسیم و به رابطه تئوری می‌رسیم و این رابطه تئوری را با روابط بدست آمده مقایسه کرده و اشکالات را بررسی می‌کنیم.

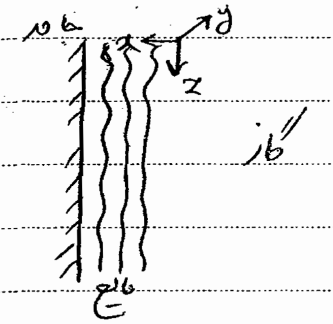
معادله پیوستگی $\xrightarrow{\text{ساده و ساده‌نگری}}$ $\begin{matrix} B.C_s \\ I.C \end{matrix}$ $\longrightarrow C_A = C_A(\dots\dots) \longrightarrow \overline{C_A} \xrightarrow{\text{فلاکس}} N$

ضریب انتقال جرم ← معادله سرعت ← رابطه تئوری

PAPCO

انتقال جرم در فیلم مایع در حال ریزش:

انتقال جرم از گاز به فیلم مایع در حال ریزش:



: شکل ص ۲۲۲ $u_x \frac{\partial C_A}{\partial x} + u_z \frac{\partial C_A}{\partial z}$

رابطه‌ی (۶-۱۸) را در نظر بگیر.

انتقال جرم در جهت x ناشی از حرکت توده‌ای. : $u_x \frac{\partial C_A}{\partial x}$

جهت حرکت در جهت z است ولی حرکت توده‌ای و در اثر اختلاف دانسیته در این جهت x به وجود آمده است. (اختلاف دانسیته گاز و مایع)

اگر حلالیت گاز در مایع خیلی کم باشد بتوان از اختلاف دانسیته صرف نظر کرد، آیا می‌توان ترم $u_x \frac{\partial C_A}{\partial x}$ را حذف کرد؟ بله. در مقابل ترم $u_z \frac{\partial C_A}{\partial z}$ می‌توان صرف نظر کرد.

اگر حرکت مایع به سمت پایین خیلی سریع باشد، آیا می‌توان از ترم $u_x \frac{\partial C_A}{\partial x}$ صرف نظر کرد؟ ← می‌توان

زمان کافی برای نفوذ گاز به مایع نخواهیم داشت و چون انتقال جرم از گاز به مایع خیلی کم است (N خیلی کوچک) پس dC_A/dx ~~[illegible]~~ بوجود نمی‌آید. (نیروی محرکه نداریم در جهت x)

$$(6-18) \Rightarrow \underbrace{\cancel{u_x \frac{\partial C_A}{\partial x}}}_{bulk(x)} + u_z \frac{\partial C_A}{\partial z} = D\Big(\underbrace{\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}}_{\text{نفوذ}\,(x)} + \cancel{\frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2}}\Big) \qquad (I)$$

انتقال جرم در جهت x در اثر bulk و نفوذ است. چون نفوذ خیلی زیاد است، پس از bulk در مقابل نفوذ در جهت x صرف نظر می‌کنیم. در جهت z از bulk در مقابل نفوذ صرف نظر می‌کنیم. (ساده سازی کردیم)

برای حل (I) نیاز به ۳ شرط مرزی داریم.

p. 223 کتاب
$$\begin{cases} z=0 & x=x & C_A=C_{A0} \\ z=z & x=0 & C_A=C_{Ai} : \text{غلظت در سطح مشترک} \\ z=z & x=\delta & \left.\frac{\partial C_A}{\partial x}\right|_{x=\delta}=0 \end{cases}$$

اگر بخواهیم بدون ساده سازی حل کنیم به ص ۲۴۰ رابطه‌ی (۶-۹۷) می‌رسیم.

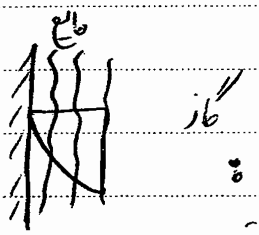
(۶-۹۷) حل رابطه‌ی (۶-۹۰) در ص ۲۳۹ است.

در p.۲۴۰ : روش تقریبی با حل تقریبی رابطه‌ی (۶-۹۰) به رابطه‌ی (۶-۱۱۰) در صفحه ۲۴۰ می‌رسیم.

رابطه‌ی (۶-۹۷) را با رابطه‌ی (۶-۱۱۰) مقایسه کن. (هردو حل رابطه‌ی (۶-۹۰) است.)

بدون ساده‌سازی ↓ ، با ساده‌سازی ↓

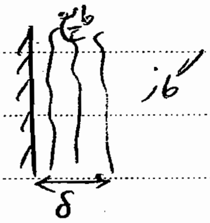
• رابطه‌ی (I) را داریم $u_z \frac{\partial C_A}{\partial z} = D \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}$ اگر سرعت حرکت مایع به سمت پایین خیلی زیاد باشد و نفوذ خیلی کم باشد، احتمالاً فقط در لبه انتقال جرم خواهیم داشت.



$$u_{max} \frac{\partial C_A}{\partial z} = D \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}$$

(با شرایط مسأله) پروفایل سرعت در فاز مایع :

رابطه‌ی (I) را داریم، اگر انتقال جرم خیلی کند صورت گیرد، اگر فرض کنیم به انتها برسد:



$$C_A(z,\delta) = \overset{C_A}{\cancel{C_{A_0}}}$$

$$\frac{\partial C_A}{\partial x}\Big|_{x=\delta} = 0$$

به انتها برسد ⇐ نفوذ صورت نمی‌گیرد.

↑ ?

جلسه ی ۸۷/۹/۳

انتقال جرم در جریان آرام و متلاطم:

- دستیابی به ضرایب انتقال جرم — قیاس جرم و حرارت
- استفاده از تئوری ها (سیال - جامد و سیال - سیال) — تحت چه شرایطی؟

* روش قیاس
  الف) جانشینی اعداد بدون بعد مشابه
  ب) قیاس کالبرن

در سیال سیال چون اغلب ضخامت لایه ی سیال همان ضخامت لایه ی انتقال جرم است در دستیابی به ضرایب انتقال جرم خیلی مشکل نداریم.
مهم ترین مشکل ها در جریان متلاطم است. چون تئوری هایی که برای پیدا کردن ضخامت لایه ی انتقال جرم جریان متلاطم به کار رفته خیلی موفق نبوده.

۱) تئوری ها
۲) قیاس جرم و حرارت
۳) روابط تجربی جرم.

از ص ۲۴۸: تئوری ها ۲ بخش دارد: ۱) تماس سیال - جامد ۲) تماس سیال - سیال.

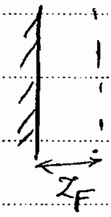
بسیاری از واحدهای عملیاتی در همین ۲ بخش جا می‌گیرد. (تقسیم بندی فصل اول).
تئوری ها مربوط به انتقال جرم درون جامد نیست. یعنی در سیال - جامد فقط مربوط به انتقال جرم در سیال است.
انتقال جرم در جامد اغلب در شرایط غیر یکنواخت است.

تئوری های سیال - جامد:
تئوری فیلمی: در لایه ی چسبیده به جامد یک فیلم نازک سیال (گاز یا مایع) تشکیل می‌شود.

PAPCO

Subject:
Year.　Month.　Date.　( )

آیا z_F مقابل جریان آرام است؟



z_F: در این جا جریان متلاطم است و تئوری فیلمی صادق است.

در این فیلم:

$\rightarrow J_{AZ} = \frac{D}{z_F}(C_{A1}-C_{A2})$: انتقال جرم فقط در اثر نفوذ

$\rightarrow N_{AZ} = \frac{N_{AZ}}{\sum N_i}\frac{DC}{z_F}\ln\ldots$

در حالتی که فقط در فیلم نفوذ داریم: $J_{AZ} = \frac{D}{z_F}(C_{A1}-C_{A2}) = k_c(C_{A1}-C_{A2}) \therefore k_c \propto D$

ضریب انتقال جرم بصورت تابعی از D است.

در صورتی که نفوذ و bulk در فیلم داریم: $N_{AZ} = \frac{N_{AZ}}{\sum N_i}\frac{DC}{z_F}\ln\ldots \therefore k_c \propto D$

توان یک

نتیجه: تئوری فیلمی نشان دهنده ی این است که $k_c \propto D^1$ (k_c با D متناسب است).

هرجا $k_c \propto D^1$ بود، شاید تئوری فیلمی صادق است.

* تجربه نشان می دهد که $k_c \propto D^n$ که در آن n از نزدیک به صفر (می تواند صفر هم باشد) تا ۰/۸ الی ۰/۹ می باشد.

چه زمانی $n=0$ است؟ زمانی که اصلاً نفوذ حالت ندارد. هرگاه انتقال جرم در اثر واکنش شیمیایی باشند. در این حالت k اصلاً با D می تواند رابطه نداشته باشد و فقط تابع سرعت واکنش باشد.

ما چند سال ([illegible]) می توانیم ۰.۹ را نزدیک یک در نظر بگیریم.

تئوری های سیال ـ سیال (بدون امتزاج)

* ۱) تئوری دو فیلمی (Lewis-whitman)
* ۲) تئوری ~~[illegible]~~ نفوذ عمقی (Higbie ـ رسوخ)

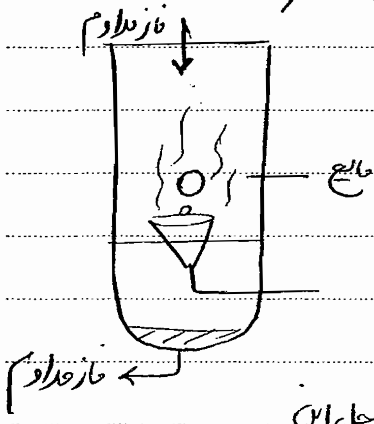
PAPCO

تئوری دوفیلمی در فصل ۵ کاملاً صحبت شده است و حل مسائل ما بر مبنای تئوری دوفیلمی است.
هر چه قدر از مقادیر تجربی فاصله بگیریم یعنی کار ما بیشتر ایراد دارد.
+ اول تئوری نفوذ عمقی در p.250 و p.251 مطالعه شود.

تئوری نفوذ عمقی:

اشکال دوفیلمی از نظر Higbie: تئوری فیلمی هنگامی صادق است که فیلم تشکیل شود یعنی زمان تماس به اندازه‌ی کافی زیاد باشند.

فرض کنید حباب کروی در فاز مایع در حال بالا رفتن است (p.۲۵۱). (مثلاً در ستون spray قرار دارد.) یعنی تماس حباب با فاز مداوم در نظر گرفته شده است و اطراف حباب متلاطم است یعنی ادی‌ها وجود دارد. (و اصلاً حالت steady نیست و قانون دوم فیک صادق است → ایراد دوم)



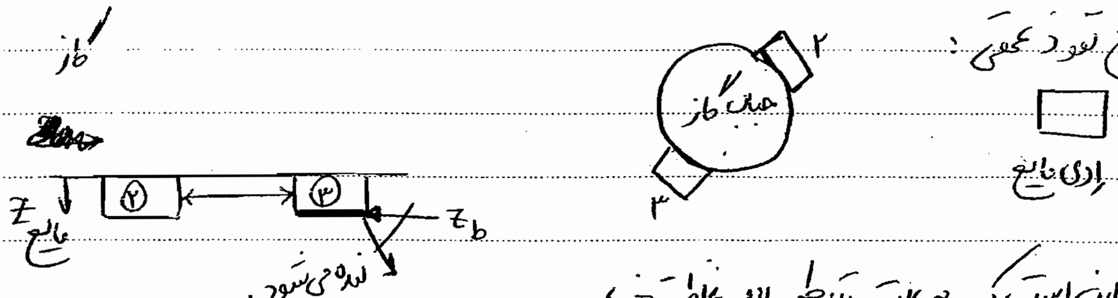
ایراد خود توانایی نفوذ عمقی:
از کجا معلوم که این ادی‌ها (مثلاً ادی شماره‌ی یک در p.251) کل قطره را طی کند. از کجا معلوم که دقیقاً همان جا بنشیند. ⇐ برای حل این ایرادها تئوری نفوذ عمقی با تجدید سطوح اتفاقی بوجود آمد.

در Higbie: $n = 1/2$
در فیلمی: $n \to 1$ (تقریباً یک)

[قطره‌ی تولوئن به علت کشش سطحی بالا در اثر زمین خوردن نمی‌شکند ولی بوتانول زودی می‌شکند. ما دوست داریم بشکند ولی نه خیلی زیاد. چون با شکستن سطح تماس افزایش می‌یابد → مراجعه به صفحه‌ی ۲۵۴، تئوری کشش سطحی؛ این تئوری نشان می‌دهد که ستون را با چه دوری بچرخانیم] اگر خیلی بشکند خیلی ریز می‌شود و فاز مداوم آن‌ها را همراه خود از بالای ستون بیرون می‌برد.

بقیه‌ی تئوری‌ها (به جز دوفیلمی و نفوذ عمقی) برای مطالعه‌ی خودمان است.

توضیح تئوری نفوذ عمقی :



فرض بر این است که به علت تلاطم بالا غلظت جزء A در تمام نقاط ادی مایع C_{A0} است.

قانون دوم فیک : $\frac{\partial C_A}{\partial \theta} = D \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2}$

z : جهت انتقال جرم

برای B.C ها :

قانون دوم فیک می‌گوید که $C_A = C_A(z,\theta)$

z=0 به چسبیده به حباب

B.C1 : $C_A(0,\theta) = C_{As} = C_A^*$: غلظت در حد اشباع در محل تماس گاز و مایع (غلظت روی سطح)

$z=\infty$

B.C2 : $C_A(\infty,\theta) = C_{A0}$: انتقال جرم داره صورت می‌گیره ولی هرگز به نقطه‌ی انتهایی نمی‌رسد. (انگار Z_b در ∞ قرار گرفته است.)

اگر مقدار انتقال جرم زیاد، نفوذپذیری گاز در مایع ، سرعت حرکت مایع به سمت بالا زیاد و حباب کروی کوچک باشد ، زمان تماس زیاد باشد و می‌تواند به نقطه‌ی انتهایی برسد $C_A(\infty,\theta) \neq C_{A0}$

ولی Higbie می‌گوید با توجه به این که نفوذ بسیار کند است ، z_b آن قدر بزرگ است که هرگز جز انتقالی (مثلاً A) به انتها نمی‌رسد. و این z_b را می‌توان بسیار بزرگ (∞) فرض کرد.

شرط اولیه : $C_A(z,0) = C_{A0}$

حل این معادلات به $k_{L,av} = 2\left(\frac{D_{AB}}{\pi\theta}\right)^{1/2}$ می‌رسد.

[illegible]

زمان تماس = $\frac{\pi D/2}{V_t}$ ؛ V_t=terminal

به صفحه ۲۵۲ برو: طبیعی روابط را ترتیب بخوان:

در $\theta = 0$ چون ماکزیمم نیروی محرکه را داریم، فلاکس برابر ∞ است. (رابطه ۶-۱۲۷)

n_{Az}: کل انتقال جرم در طول زمان θ

$N_{A,av}$: فلاکس انتقال جرم در طول زمان θ که در هر لحظه ثابت و یکسان در نظر گرفته شده

k_{av} : ضریب انتقال جرم متوسط در طول تماس

اگر N_{Az} ناشی از (۶-۱۲۷) را مساوی $k\Delta C$ قرار دهیم داریم
صورت k در هر لحظه بدست می‌آید. (که عملی به درد ما نمی‌خورد.)

نتیجه: ضریب انتقال جرم با $D^{1/2}$ متناسب است. $k_{ave} \propto D^{1/2}$
تئوری نفوذ عمقی می‌گوید:

چرا تئوری‌های مختلف ارائه شده؟ چون تجربه می‌گوید که $0 < n < 0.8-0.9$ است ولی تئوری دوفیلمی ($n=1$) و نفوذ عمقی ($n=1/2$) هیچ کدام n تجربی را به ما نمی‌دهد.

قیاس بین جرم و حرارت:
چون k در حرارت راحت بدست می‌آید و به همین در شرایط خاصی از این روش استفاده می‌کنیم.

آیا تمام kهای حرارت قابل تبدیل به جرم هستند و برعکس؟
خیر. شرایط خاصی می‌خواهد. یعنی در حل مسائل اگر گفته شد باید شرایط بررسی شود و اگر شرایط برقرار بود، بعد مسأله حل شود. (۴ تا شرط دارد.)

شرایط: (صفحه ۲۵۸)

الف) شرایط جریان و شکل هندسی متناسب باشد.

مثلاً اگر در حرارت Re در منطقه متلاطم باشد باید در جرم هم در منطقه متلاطم باشد.

کره‌ای را در نظر بگیرید که انتقال حرارت از کره به جریان گاز صورت می‌گیرد (معادل) کره‌ای که در سیال ساکن در حال حرکت است ⇐ چون شکل هندسی همخوانی ندارد اگر خطایی ایجاد شد به این علت است.

حرارت: کره ساکن، جریان متحرک
جرم: کره متحرک، جریان ساکن

ب) بسیاری از اطلاعات و نتایج انتقال حرارت برای موقعیت‌هایی است که انتقال جرم وجود ندارد.
اصولاً حرارت را به جرم می‌توان وصل کرد که انتقال جرم کم باشد.
اما اغلب واحدهای عملیاتی در Low mass flux قرار می‌گیرند.
چون خصوصیات فیزیکی موضع به موضع تغییر می‌کند.

ج) شرایط مرزی کاملاً باید همخوانی داشته باشد.
چون قالب‌های جرم و حرارت حتی شبیه هم هستند. (شکل ص ۲۵۸)

به صفحه ۲۳۹ برو: ببین چه قدر روابط شبیه هم است. (یعنی در جرم به جای T در حرارت، C_A بذار.)

د) $\varepsilon_D = \varepsilon_\alpha$.

روش قیاس:

الف) به رابطه حرارت نگاه کن. اگر رابطه حرارت فقط شامل اعداد بدون بعد باشد، اعداد بدون بعد مشابه جرم را جایگزین کن.

Subject:
Year.   Month.   Date. ( )

امان آبادی: هر روز به جز شنبه

پس باید اعداد بدون بعد مشابه حرارت و جرم را بشناسیم

ب) قیاس کالبرن

جلسه ی ۸۷/۹/۵

* استفاده از تئوری ها   * تشابه جرم و حرارت . تحت چه شرایطی؟

* چگونه: الف) اعداد بدون بعد مشابه
ب) قیاس کالبرن

کار ما: می خواهیم رابطه جرم را به حرارت و برعکس تبدیل کنیم بخش عمده ی کار از حرارت به جرم است
چون کارهای تجربی در حرارت خیلی بیشتر از جرم است.

چگونه؟:

اگر رابطه ی حرارت یا جرم فقط شامل اعداد بدون بعد باشد (مثل مثال ۶ در ص ۲۶۱)

مثال ۶:

عدد ۰/۴۳ و ۰/۵۳۲ هم بدون بعد است.

اما گاهی رابطه ی ما فقط شامل اعداد بدون بعد نیست (مثل مثال ۸ در ص ۲۶۸)

البته گاه می توان سمت چپ و راست معادله را طوری ادغام کرد که به اعداد بدون بعد برسید.

پس اگر رابطه ی ما فقط شامل اعداد بدون بعد یا قابل تبدیل به اعداد بدون بعد بود از روش اعداد بدون بعد مشابه استفاده می کنیم.

الف) اعداد بدون بعد مشابه :

روش کار : جایگزینی اعداد بدون بعد مشابه ⇐ رابطه‌ی حرارت به جرم یا جرم به حرارت تبدیل می‌شود ⇐ F_L یا F_G یا k ها بدست می‌آید ⇐ طبق مثال فصل ۵ حل می‌کنیم.

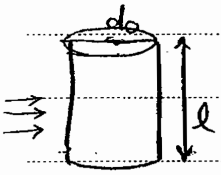
* اعداد بدون بعد مشابه در پدیده‌ی جرم و حرارت در ص ۲۶۰ آمده است. که حتما باید جدول ۶-۲ را بلد باشیم:

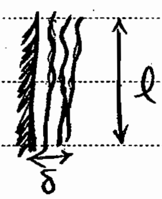
① $\frac{C_A - C_{A1}}{C_{A2} - C_{A1}}$: اگر به جای C_{A2} ما C_A^* را قرار دهیم در واقع $C_A^* - C_{A1}$ حداکثر انتقال جرم ممکن را نشان می‌دهد و $C_A - C_{A1}$ انتقال جرم صورت گرفته را نشان می‌دهد ⇐

$$\frac{C_A - C_{A1}}{C_A^* - C_{A1}} = \text{راندمان}$$

② Re : L طول مشخصه است. که توضیح آن در اواخر صفحه‌ی ۲۵۹ آمده است (به کلمه‌ی معمولاً دقت کن!)

مثلاً در حرکت سیال عمود بر استوانه گاهی $L = d_o$ و گاهی $L = l$ در نظر می‌گیریم





$\begin{cases} L = l \\ L = \delta \end{cases}$ اما در این جا l بهتر است چون δ می‌تواند متغیر باشد. $\rightarrow Re = \frac{\rho u \delta}{\mu}$

③ $Nu = \frac{hL}{k}$
$hL \rightarrow$ طول مشخصه
$k \rightarrow$ conducdivity

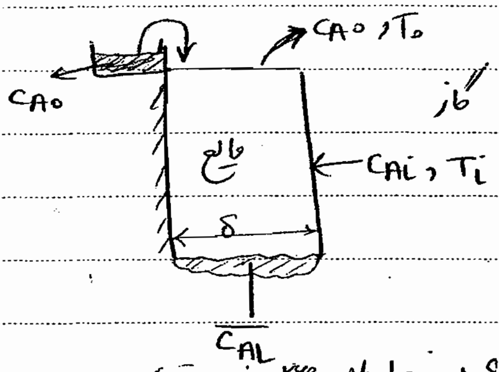
⑤ Gr_D :
ρ, μ : ویسکوزیته و دانسیته‌ی لایه
اختلاف جرم ① و ② : $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2$

⑥ U : (سرعت) حاصل تقسیم دبی حجمی بر سطح مقطع
L : طول مشخصه

⑦ فاکتور مقیاس کالبرن = فاکتور J

مثال ۵ : راندمان انتقال جرم را خودت بدست بیاور.

روش کار : سمت چپ را نگاه می‌کنیم که بدون بعد است.



C_{A0} : غلظت اولیه در بالاترین نقطه

$\overline{C_{AL}}$: غلظت A متوسط در انتهای دیوار

(صفحه ۲۶۱)

اول به خود η نگاه کن تا ببینی آیا بدون بعد است یا نه؟ (جزو اعداد صفحه ۲۶۰ نیست)

اگر بدون بعد بود نمی‌تواند قالب اعداد بدون بعد را پیدا کند.

می‌بینیم که η بدون بعد است.

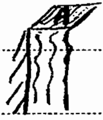
هندسه‌ی سیستم همواره می‌تواند بصورت یک عدد بدون بعد جدا شود.

هندسه سیستم : $\frac{L}{\delta}$

$$\left.\begin{array}{l} \eta = \frac{2}{3}\frac{L}{\delta}\frac{D}{\delta \bar{U}_y} \\ \text{طبق جدول}: \; Pe_D = \frac{L\bar{U}}{D} \end{array}\right\} \Rightarrow \eta = \frac{2}{3}\frac{L}{\delta}\frac{1}{Pe_D}$$

نکته) در این مثال طول مشخصه همان δ است. $(L=\delta)$

$\bar{U}_y$ = سرعت ریزش در فاز مایع = $\frac{\text{دبی مایع}}{\text{سطح مقطع}}$



حال اعداد بدون بعد حرارت مشابه را جایگزین کن.

$$\eta_H = \frac{2}{3}\frac{L}{\delta}\frac{1}{Pe_H} \quad ; \quad Pe_H = \frac{\delta \bar{U}}{\alpha}$$

* * *

در مثال ~~۵~~ ۵ : $\frac{C_{Ai} - \overline{C_{AL}}}{C_{Ai} - C_{A0}} = 1 -$ راندمان

$C_{Ai} = C_A^*$

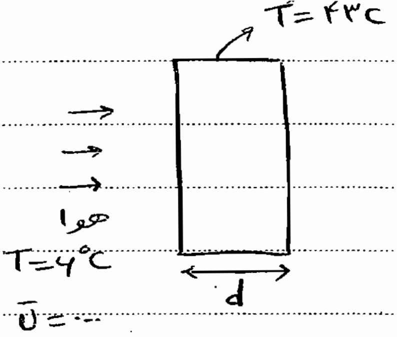
نیست زیرا [illegible]

مثال ۶:

سیلندر استوانه‌ای شکل داریم. [در مثال جرم و حرارت در عمل واقعی خطا بالایی ناشی از الف اضافی است و باید خودمان از hand book ها پیدا کنیم.]

آیا واقعاً شرایط مثال جرم و حرارت در این مثال برقرار است؟ نمی‌شود

• فشار بخار = ۴۰۰mmHg و فشار کل = ۷۶۰ mmHg ⇐ محلول مافوق العاده از UF_6 غلیظ شده است و فرضیات در حد رقیق کاملاً غلط است.



اول باید رابطه‌ی حرارت را به جرم تبدیل کنی:

$$Nu_{\boxed{ave}} = ۰٫۴۳ + ۰٫۵۳۲\, Re^{۰٫۵}\, Pr^{۰٫۳۱}$$

یعنی عدد ناسلت

در مواقع مختلف کاملاً تغییر می‌کند و در بالا و پایین و به خصوص جلو و عقب با هم متفاوت است.

ضخامت لایه انتقال جرم

یعنی δ در همه جا یکسان است

$$Nu_{ave} \rightarrow Sh_{ave} \rightarrow F_{av} :$$

که مسلماً این طور نیست و واسه همین متوسط (av) گرفتیم.

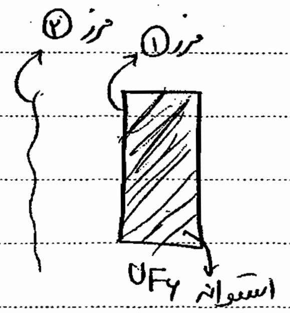
در امتحان خودش می‌گوید که: فرض می‌شود تمامی شرایط مثال برقرار است؛ پس:

$$Sh_{av} = ۰٫۴۳ + ۰٫۵۳۲\, Re^{۰٫۵}\, Sc^{۰٫۳۱}$$

$$Sh_{av} \rightarrow F_{av} \rightarrow N$$

$$N_A = \overset{1}{\left(\frac{N_A}{N_A + N_B}\right)} F \ln \frac{--}{--}$$

چون ضخامت لایه‌ی انتقال جرم خیلی کم است از همین رابطه استفاده می‌کنیم و نیازی به تبدیل به مختصات استوانه‌ای نداریم (البته در ادامه باید ادعایت را ثابت کنی)



$N_B = 0$: نفوذ هوا به UF_6 نداریم (هوا جذب UF_6 نمی‌شود.)

Subject:
Year. Month. Date. ( )

در این سؤال فرض می‌کنیم استوانه‌ای داریم که هوا داره از روش عبور می‌کنه.

* شکل واقعی مثال ۶ در ص ۴۴۱ :

* می‌توانی همین مثال ۶ را در قالب شکل ص ۴۴۱ ببری و ارتفاع ستون را بدست آوری. (نگاه شود)

[سطح در دسترس به ازای واحد حجم $a = \frac{m^2}{m^3}$]

ادامه حل مثال ۶: تنها مشکل ما در خصوصیات فیزیکی است. می‌دانیم با گذشت زمان ما d در حال تغییر است. ($Sh_{av} = \frac{Fd}{C \cdot D}$) که تغییرات d با گذشت زمان در قسمت ج توضیح داده شده است.

تمامی خصوصیات فیزیکی، خصوصیات فیزیکی لایه است. (~~[illegible]~~)

مرز ① و مرز ② در ص ۲۶۱ تشکیل شده است.

مرز ②: راه‌های خالص در نظر گرفتیم: یعنی فرض شده که UF_6 به محض رسیدن به مرز ② توسط هوا برده می‌شود.

((در حالت واقعی فقط در پایین ستون هوا خالص است))

لطفاً ρ و μ در $y_A = 0.263$ و $y_B = 0.737$ را خودت برو و پیدا کن!

① { ⇒ لایه ⇒ خصوصیات فیزیکی ⇒ $\frac{Re}{Sc}$ ⇒ $Sh \rightarrow F \rightarrow N$

② {

می‌تواند سؤال صورت دو لایه‌ی مایع و گاز (مثل فصل ۵) باشد (۲ F داشته باشیم) و منحنی عملیاتی را از ما بخواهد. (منحنی عملیاتی در ص ۲۰۴) F_L و F_G می‌خواهیم.

* در قسمت ج، F را به صورت تابعی از d در آورده است. آیا ~~[illegible]~~ ثابت F برحسب d قابل توجیه است؟ توضیح دهید. نگاه شود.

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

چرا از Save استفاده نکردیم؟ چون ضخامت لایه‌ی انتقال جرم بسیار کم است *

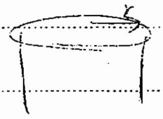
و باید از $F = \frac{D\delta}{z}$ ، z را بدست آوری. (N_A ۲πRL)

و اگر کوچک بود نیز صحیح است.

دو سؤال جدید در مورد مثال ۶:

الف) وقتی سطح انتقال جرم متغیر است یعنی باید از $\bar{S}_{ave}$ استفاده کنی.
ولی ضریب انتقال جرم ثابت

$$S_{ave} = \frac{2\pi L(R+\delta-R)}{\ln\frac{R+\delta}{R}}$$



ب) وقتی سطح انتقال جرم و ضریب انتقال جرم هر دو متغیر است.

(به صفحه ۲۶۳ توجه کن.)

مسائل این فصل بسیار مهم و جالب و پرکاربرد است.

ب) قیاس کالبرن:

شروود - گیلیلند - لینتون
این ۳ تو کار تجربی جرم را انجام دارند

شروود - گیلیلند: حرکت گاز درون لوله و مایع در حال ریزش ⇐ $Sh_{\text{گاز}}$ (کار تجربی)

شروود - لینتون: حرکت مایع درون لوله و دیوار جامد قابل حل در مایع ⇐ $Sh_{\text{مایعات}}$ (کار تجربی)

پرانتل کار تجربی حرارت انتقال حرارت به سیال داخل لوله.

رابطه‌ای که شروود - گیلیلند برای گازها دارند، $Sh_{\text{گازها}}$ است در صفحه ۲۶۴.

" " شروود - لینتون " مایعات " " $Sh_{\text{مایعات}}$ است که در کتاب نیست.

به حدود Re و Sc دقت کن. ۰/۶-۳۰۰۰

Sh_{ave} کار هر سه است که با توجه به محدوده‌ی Sc هم برای گاز و هم برای مایعها
در صفحه ۲۶۴

PAPCO

کار تجربی پراندل همان رابطه (۶-۱۳۰) است.

کالبرن فقط (۶-۱۳۰) را مرتب کرده است (۶-۱۳۱)

f: friction factor $= \psi(Re) =$ Re تابع

از طرفی f تابعی توانی از Re است ⇐ $j_H = b\,Re^n$

پس قیاس کالبرن رابطه (۶-۱۳۴) است.

ص ۲۶۴ و ص ۲۶۵ بیاریم ← بخوان.

یعنی Sh_{av} در ص ۲۶۵ همان چیزی است که در ص ۲۶۴ توسط شروود - گیلیلند - لینتون به دست آمده بود.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

جلسه ی ۸۷/۹/۱۰

مثال ۷ و ۹ را خودت بخوان.

مثال ۱۲ و ۸ را توضیح می دهد و بقیه اش تا آخر فصل ششم را خودمان می خوانیم

میانگین کالبرن: $h = f(\quad)$ حتماً بصورت power function

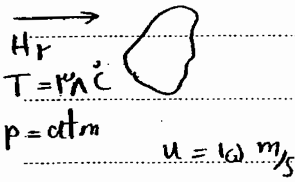
$$\hookrightarrow h \longrightarrow J_H \Longrightarrow J_H(Re) = \overbrace{bRe^{n}}$$

((پس استفاده قیاس کالبرن چنین است که به علت وجود عدد بودن (f) می توان J_H را حتماً بصورت توانی از Re در نظر گرفت))

به توضیحات صفحه ی 266 برو.

مثال ۸:

مثال کاربردی: پنبه



حالا می توانیم این کار را در قالب حرارتی هم انجام دهیم

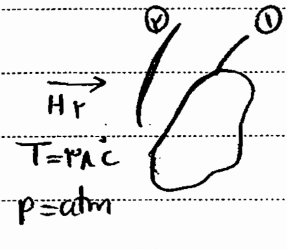
در این جا Geometry حذف شده است (یعنی برای شکل نامعین داریم حل می کنیم) . درست است Geometry حذف شده است ولی می توان scale up یا scale down کرد. (یعنی اندازه را نمی توان نادیده گرفت)

$$h = ۲۱٫۳(\rho U)^{۰٫۶}$$

[در پایان ترم ۳ تا سؤال سخت خواهیم داشت.]

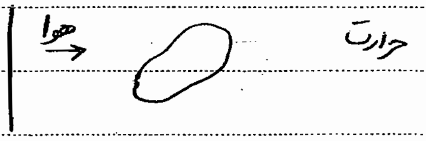
[مسائل ترکیبی: فصل ۳، ۵ — ۵ و ۶ — ۷ و ۸]

(?↙



A: رطوبت

B: هیدروژن



می دانیم ضخامت لایه ی انتقال جرم به علت $u = ۱۵\ m/s$ کم است.

پس می توانیم از ۲-۳ استفاده کنیم ← یعنی forced convection داریم و ضخامت کم است

فرض می کنیم هیدروژن جذب نمی شود. $(N_B = ۰)$

PAPCO

$$\Rightarrow N_A = F_G \ln \frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}}$$

جریان همزوزن بصورت مداوم است

مرز ② تغییر می‌کند.

$y_{A2}=0 \quad , \quad y_{A1} = y_A^* =$ غلظت در حد اشباع

$$y_A^* = \frac{P^*}{P_t} = 0.064$$

: از همین جا باید تصمیم بگیرم آیا سیستم در حد رقیق است یا نه؟

$$\left.\begin{array}{l} y_{A1} = 0.064 \\ y_{A2} = 0 \end{array}\right\} \bar{y}_A = 0.032 \cong 3\% \Rightarrow$$

سیستم در حد رقیق است.

پس دست یابی به میزان تبخیر تنها به F_G نیاز دارم: نیاز به قیاس جرم و حرارت دارم. چون رابطه‌ی اصلی بصورت عدد بدون بعد نیست پس باید از قیاس کالبرن استفاده کنم پس باید ابتدا به j_H برسم و بعد j_H را بصورت تابعی توانی از Re بنویسم.

$$j_H = St_H \, Pr^{۲/۳} = \frac{h}{c_p u \rho} Pr^{۲/۳}$$

به جدول ص ۲۴۰ برو:

$$\Rightarrow h = \frac{\rho u c_p}{Pr^{۲/۳}} (j_H) \qquad \Rightarrow h = \frac{\rho c_p u}{Pr^{۲/۳}} b\,Re^n$$

$$f(Re) = b\,Re^n$$

← در قیاس کالبرن هستیم j_H را بصورت $b\,Re^n$ بذار.

$$h_{\text{تجربی}} = ۲۱٫۳(\rho u)^{۰٫۶}$$

$$\xRightarrow[h\text{ها}]{\text{مساوی}}$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{\rho c_p u}{Pr^{۲/۳}} b\,Re^n = ۲۱٫۳(\rho u)^{۰٫۶} \\ Re = \dfrac{\rho u L}{\mu} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\rho c_p u}{Pr^{۲/۳}} b\left(\frac{\rho u L}{\mu}\right)^n = ۲۱٫۳(\rho u)^{۰٫۶}$$

$\rho u L \rightarrow$ چون نمی‌دانم چه جسمی L را نمی‌دانم

$$\Rightarrow 1+n = 0.6 \Rightarrow \boxed{n = -0.4}$$

از طرفی چون شکل نامشخص است، L حذف می‌شود فقط مشکلش اینه که scale up/down نمیشه کرد.

$$\Rightarrow b = \left(\frac{\mu}{L}\right)^{n=-۰٫۴} Pr^{-۲/۳} \frac{1}{c_p}$$

μ و Cp را باید از کار حرارت بیاریم نه جرم، چرا؟ چون هنوز با j_H (که برای حرارت است) سروکار داریم و هنوز از حرارت خارج نشدیم. (قیاس کالبرن نشأت گرفته از حرارت است.)

((در ص ۲۶۸ خصوصیات فیزیکی هوا و H_2 داده شده است و ما باید از خصوصیات فیزیکی فقط هوا استفاده کنیم))

۲ [ممکن است استوانه‌ای با قطر طول مشخص بدهد ولی ما در این جا با توجه به جمله داخل پرانتز به L کاری نداریم و سا رانه طول می‌گذاریم و نه قطر [

$$j_D = j_H = bRe^{n} = 1/28\, l^{0/4}\, Re^{-0/4} = 1/28 \left(\frac{\rho u}{\mu}\right)^{-0/4}$$

$$\left.\begin{array}{l} j_D = St_D\, Sc^{2/3} \\ St_D = \dfrac{Sh}{Re\,Sc} \end{array}\right\} \quad j_D = \frac{Sh}{Re\,Sc}\, Sc^{2/3} = 1/28 \left(\frac{\rho u}{\mu}\right)^{-0/4}$$

بروید ص ۲۶۹.

در این سؤال خصوصیات فیزیکی بسیار مهم است
از روی Sh می‌توان به F_{av} رسید.
بهتر است از روی F_G ضخامت لایه انتقال جرم بدست آید تا از کار خود مطمئن شوم
$F_G = \frac{CD}{Z_G} \Rightarrow Z_G = 0.6\,mm$: پس خصوصیات اولیه صحیح بوده است.

۴ حل بشود: یک ظرف استوانه‌ای پر از پسته‌ی خام داریم. چه مدت زمان طول می‌کشد تا پسته خشک شود و هوای خروجی چقدر رطوبت خواهد داشت؟

← F از طریق تجربی بدست می‌آید $\xleftarrow{\text{اشباع را داریم}}$ مثل مثال 12 رطوبت هوای خروجی بدست می‌آید (با جدول
و خط برای خروجی (P_A) ← (P_{A_2}) بدست می‌آید. آب از رطوبت جای آب درون مغز پسته‌ها
معادله رطوبت را داریم ⟸ (بیرون دور پسته‌های استوانه)

$$m_1 - m_2 = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow -N_A\, S\, M_A\, d\theta = \int_{m_1}^{0} dm$$

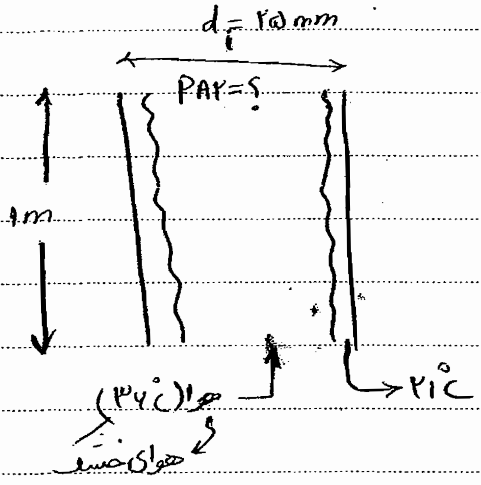
$K_G(P_{Ai} - P_A)$ کل پسته‌ها $\rho V x_a$

PAPCO

copy / ج
~~T.A~~ ~~سیالات~~
شیمی فیزیک

جلسه ی   ۸۷/۹/۱۲

مثال ۱۲ :


d_i = ۲۵ mm
PA۲ = ?
1m
هوا (۳۶°C)
هوای خشک
۲۱°C

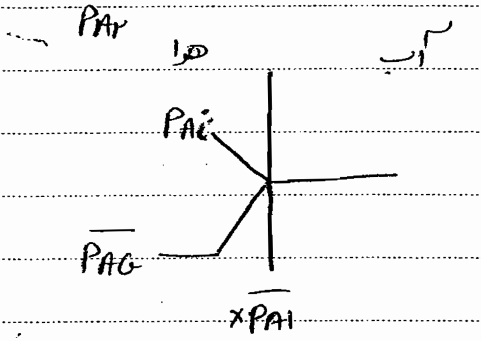
PA1 = 0

چون اطلاعی در مورد ضخامت فیلم نداریم، فرض بر این است که ضخامت خیلی کم است.

A: رطوبت

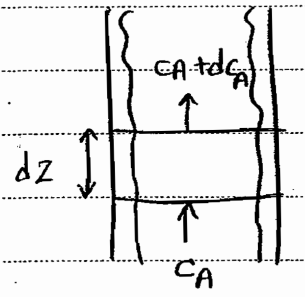
$(\rho u)_{\text{هوا}} = \text{۲}\ \frac{kg}{m^{2}s}$

k: در طول دیواره ثابت است (که اگر ثابت فرض نشود با این اطلاعات مسئله غیر قابل حل است.)


$\overline{PA_2}$
هوا
آب
PA_i
$\overline{PA_G}$
$\times \overline{PA_1}$

تغییرات مسئله می‌تواند به گونه‌ای باشد که مسئله بصورت دوفازی و با استفاده از منحنی‌های عملیاتی (مثل فصل ۵) حل شود.

المانی با ارتفاع dz در نظر می‌گیریم که گاز با CA وارد می‌شود و با غلظت CA+dCA خارج می‌شود.



مقدار جرمی که از دیواره‌ها خارج = جرم ورودی − جرم خروجی
می‌شود.

$$(C_A+dC_A)\times \cancel{M_A}\times u\times S - C_A \cancel{M_A} u S =$$

$$\frac{kmol}{m^{3}}\times\frac{kg}{kmol}\times\frac{m}{s}\times m^{2}\ \Big|\ \frac{kg}{s}$$

$$\overset{?}{N_A}\times S'\times \cancel{M_A}$$

سطح انتقال جرم ↲ (با S فرق دارد)

$$\frac{kmol}{m^{2}s}\, m^{2}\times\frac{kg}{kmol}\ \Big|\ \frac{kg}{s}$$

$S = \frac{\pi d^{۲}}{۴}$ درواقع [$d = d_i$ − ۲(ضخامت لوله)] ولی چون الان ضخامت لوله را نداریم: $d = d_i$

$S' = \pi d . dz$

$N_A = k_G (P_{Ai} - \bar{P}_A)$ فشار (غلظت) درون لوله را ثابت و برابر P_A در نظر می‌گیریم

$$\Rightarrow dC_A u \frac{\cancel{\pi} d^{\cancel{۲}}}{۴} = k_G (P_{Ai} - \bar{P}_A) \cancel{\pi d}\, dz \Rightarrow$$

بالای ستون ←

$$\frac{ud}{۴} \int_{\bar{P}_{A1}}^{\bar{P}_{A۲}} \frac{\overset{\frac{dP_A}{RT}}{\boxed{dC_A}}}{P_{Ai} - \bar{P}_A} = \int_0^l k_G\, dz \qquad (C_A \simeq \bar{C}_A) \quad dC_A = \frac{dP_A}{RT}$$

← پایین ستون

فرض می‌کنیم که k_G در تمام طول ستون ثابت و تقریباً برابر $\bar{k}_G$ است.
ضریب انتقال جرم در طول دیواره از و تا ها
است که مقداری ثابت است.

برای دستیابی به ارتفاع ستون حل شود:
$$(*)\ \bar{k}_G\, l = \frac{ud}{۴RT} \ln \frac{P_{Ai} - \bar{P}_{A1}}{P_{Ai} - \bar{P}_{A۲}}$$

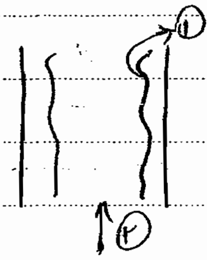
نوع دیگر طرح سوال:

مطلوبست دستیابی به ارتفاع ستون برای اینکه غلظت A در نقطه ورودی ۳ و در نقطه خروج به ۹۰٪ حد اشباع برسد (یعنی در بالا رطوبت به هوا وارد شود. $\bar{P}_{A۲} = ۰.۹ P_A^*$ ← که
P_A^* با توجه به نوع و دما مشخص می‌شود.)

u در پایین ستون = $\frac{V}{u}$

در رابطه (*) فقط $\bar{k}_G$ نامشخص است ← به اطلاعات فصل ۲ (ضریب انتقال جرم داخل لوله) می‌رویم.

حرکت سیال داخل لوله → رابطه Re Sc → h → F → k



* مرز ① ثابت است. مرز ② از پایین تا بالا تغییر می‌کند.

* مرز ② را در پایین صفر در نظر بگیریم، در پایین ۱/۵٪ است که می‌توان در حد رقت در نظر گرفت و در بالا ۲/۵٪ رطوبت دارد.
(هوای خالص در نظر گرفت)

⇐ می‌توان از خصوصیات فیزیکی هوا در پایین ستون استفاده کرد
حد رقت

$\rho = \frac{PM}{RT} = 1.145$ *(ص ۲۸۱ مهم)

* در کتاب $Sh \propto (Sc)^{0.33}$ است ولی حل با استفاده از توان ۰/۴۴ برای گازها بهتر جواب می‌دهد
بهتر است از توان ۰/۴۴ استفاده کنیم (مثال شروود و گیلیلند).

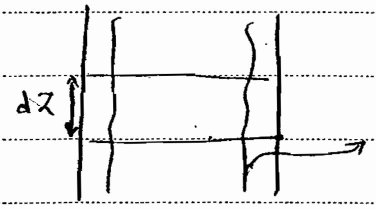
$F = \frac{DC}{z} \Rightarrow z = 0.7\ mm$

حال به سراغ بررسی فرض حد رقت می‌رویم:
حتی اگر سیستم غلیظ بود با فرض حد رقت حل کن و آخر سر به این ترتیب زیر چک کن:
ص ۲۸۲

* [در یک متر به ۶۵٪ حد اشباع رسیده ($\frac{1600}{2500} = 0.65$). ارتفاع ۱/۷۵ متر بهتر است]

* مرز ① و مرز ② در ص ۲۸۲ تشکیل شده است. مشاهده می‌کنیم که در واقع مرز ② صفر نیست.

اگر ارتفاع ۱/۵ باشد و تبخیر زیاد باشد ⇐ گوییم حد اشباع ۲۵۰۰ است. این مثال نشان داد که در بالا به ۶۵٪ حد اشباع می‌رسیم ⇐ مرز ② را ۶۰٪ مقدار اولیه در نظر بگیر.



بالا $= 7200 = 60\%(12000)$

$\Uparrow$ $\Longrightarrow$ وسط $\simeq 8000$

$P_{Ai} = 12000$

شرط = ارتفاع حدود یک متر و قطر حدود ۲۵ میلی‌متر.

* حدس اول جوری است که حتماً باید از P_{A1} کمتر باشد.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* درمورد مسأله با تبخیر زیاد (حل مسأله‌ی ۱۲) درمورد لایه‌ها درست نیست و مرزها را با توجه به توضیحات صفحه قبل و حدس و خطا حل می‌کنیم. (به Re و ...... می‌رسیم و F و k بدست می‌آید.) (حدس اول در بالا = ۶۰٪)

سؤال:

اگر به جای این ستون، قطر ۴cm و ارتفاع ۰٫۵ متر بود، اولین حدس در بالا چه بود؟ تکرار شود. جواب: با این شرایط جدید شروع به حل می‌کردیم و حدس اول را با فرض ثابت ماندن خصوصیات فیزیکی و حل مسأله مشابه مثال 12 بدست می‌آوردیم. (با فرض ثابت حل کن و به جواب (P_A) می‌رسی.)

$(P_A)_{خروجی} = x\%$ نسبت P_{Ai}

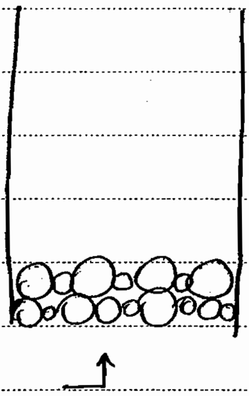
مثال ۱۳ لازم نیست. بقیه این را تا آخر فصل خودت بخوان (مثال‌های کره هم خوب است)

مثال ۱۸: ستون پرشده.

اعداد این مثال خیلی مهم و خوب و با توجه به مسائل تجربی است.

* $\frac{\text{قطر قطعات کروی}}{\text{قطر ستون}} \simeq \frac{1}{16}$

اگر از پایین پر کنیم تمام فضا پر می‌شود و بازده بالا می‌رود.



به روابط ص ۳۰۴ برمی‌گردیم. *(بیشتر استفاده شده معمولاً برای سیستم‌های gas–solid می‌باشد. و برای ستون‌های پرشده (مایع–جامد، جامد–گاز) هم می‌تواند استفاده شود.

سؤال: تلفیق مثال ۶ در ۱۲ و ۱۸:

این مثال می‌تواند با مثال UF6 تلفیق شود: ~~[illegible]~~

چه ارتفاعی لازم است تا در بالا به ۹۰٪ حد اشباع برسد؟ (تلفیق UF6 مثال ۶ در مثال ۱۲ و مثال ۱۸)

نیاز به المان گیری و رسیدن به رابطه داریم (مثل مثال ۱۲)

مقدار UF6 که درون المان از جامد به گاز وارد شده = جرم ورودی − جرم خروجی

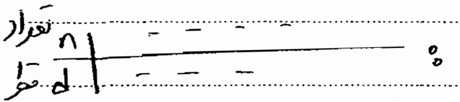
* UF6 سیستم غلط است — ارتفاع ستون را می‌خواهیم.

سؤال و | مثال ۱۸

* داخل ستون از قطرات VF_6 با قطر 6mm پر شده است. چه ارتفاعی از ستون لازم است که هوای خروجی از بالای ستون به ۶۰٪ نقطه اشباع رسیده باشد؟

خصوصیات فیزیکی را با تلفیق ۶ و ۱۲ و ۱۸ استخراج کرده و حل می‌کنیم.

فکر بشود. ممکن است قطعات هم سایز نباشند.



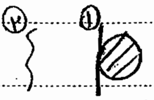
یک قطر متوسط در نظر می‌گیریم که مجموع قطرها / تعدادشان برابر قطر متوسط است

$Sc = \frac{\mu}{\rho D}$ $\longrightarrow J_D$

$Re = \frac{\rho u d}{\mu}$

ادامه حل مثال ۱۸

ممکن است بگوید پس از یک ساعت قطر هر یک از قطرات را بدست بیاور و جدول $\frac{n}{d}$ جدید را بنویس ؟؟



① $\begin{cases} x_{A1} \\ x_{B1} \end{cases}$ ② $\begin{cases} x_{A2} \\ x_{B2} \end{cases}$.

ادامه‌ی حل مثال ۱۸:

در این مثال فرض شده که P_2 خالص باشد (چون حلالیت طوری کم است رقیق است) (یا
در مثال VF_6 هم اینطور نیست

به اعداد دقت کن، مثلاً اگر Sc=۶٫۹ یعنی اشتباه حل کرده‌ای. (باید $\overset{\text{مایع}}{Sc}$ در مقابل گازها باشد)

* ρ و μ برای هوا است. در لحظه‌ای که قطر = ~~۱/۸ اینچ~~ $\frac{1}{8}$ in است، Re محاسبه می‌شود.

ممکن است در یک مسئله ۲ الی ۳ تا رابطه داشته باشیم، یه بار باید به رابطه و دفعه‌ی دیگه باید به رابطه‌ی بعدی‌تو استفاده کنی. محدوده‌ی Re ممکن است جوری باشد که به رابطه‌ی دیگه تا حل استفاده باشد. (مثلاً سر امتحان چند تا رابطه واسه Re داریم)

$Re = ۵۹۰$, $Sc = ۱۱۷۰$ $\Rightarrow$ (رابطه ۶-۱۸۸) $\Rightarrow J_D = ۷$

$J_D \longrightarrow Sh \longrightarrow F \longrightarrow k_G$

* در انتهای ص ۳۰۷ که F بدست می‌آید، Re و F هر دو تابع d است. آیا با گذشت زمان F تغییر می‌کند؟ بله چون d تغییر می‌کند. ولی تغییرات ع با d نداریم

؟؟؟

* با کوچک شدن d ، ε کوچک می‌شود یا بزرگ ؟ کوچک می‌شود. چون فضای خالی کم می‌شود

(ε = فضای خالی به حجم بستر فعال (بستری که پر از packing است.))

* ص ۳۱۱ :

سؤال ۵ را جواب نده ، بقیه را می‌توانیم

سؤال ۴ : در قیاس کالبرن به f (ضریب مودی) رسیدیم ، و بعضی جاها می‌گویند به f بصورت تابعی توانی از عدد Re است . این f ناشی از وجود جسم جامد در مقابل سیال نیست و ناشی از اصطکاک پوسته‌ای است ⇐ حرکت سیال به موازات محور استوانه ~~[illegible]~~ جریان سیال درون لوله می‌تواند جواب دهد که اصطکاکشان پوسته‌ای است. ⇐ در حرکت امعی هم می‌تواند جواب دهد.

با مقادیر تجربی بدست آمده اشکال در کجاست ؟ چون فرض کردیم قیاس کالبرن صحیح است

مسائل مهم : ۳ - ۴ - ۵ - ۹ - ۱۴ - ۱۸ - ۲۵ ← حل کن و تحویل بده . (تا زمانی که فصل ۷ تمام شده)

نمک ← ۹

مهلت تحویل ← (تا زمانی که فصل ۷ تمام شده)

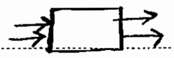
فصل هفتم :

۲ دسته کلی واحد عملیاتی داریم — یک مرحله‌ای (ص ۳۲۸ و ص ~~[illegible]~~ ۳۲۹) : ۵ نوع واحد است.

— چند مرحله‌ای

* معمولاً جامد : R . سیال : E — گاز - مایع (گاز ← E ، مایع ← R)

R : feed حاوی ← مایع - مایع → E : حلال

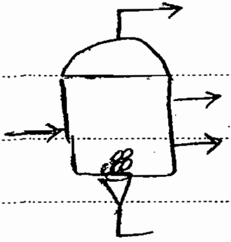


* مثال یک مرحله‌ای - موازی و هم سو : کانال لوله‌ای که صفحه‌ی پایینش مثل تسمه - نقاله عمل کند و سیال بالایش گاز است (هوای گرم) و تسمه - نقاله را پر از آب صابون می‌کنیم

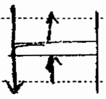
↳ E ~~[illegible]~~ ⟶ R

مقطع ابتدایی = ~~[illegible]~~ مقطع ۲ (R۲ و E۲) انتهای تسمه - نقاله = مقطع ۱ (R۱ و E۱)

PAPCO



* یک مرحله‌ای - متقاطع: تمام سینی‌ها درون ستون‌ها

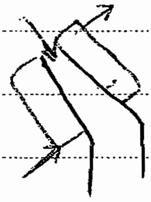


مثل ظرفی می‌ماند که دارد به هم می‌خورد.

* یک مرحله‌ای نیمه پیوسته: فاز E موجود است، فاز R وارد و خارج می‌شود. آیا سیستم تعادلی صفحه‌ی قبل را به صورت موازی و غیر هم سو وارد کنم یا نیمه پیوسته بهتر است؟ کدام بازده بیشتری دارد؟

موازی و غیر هم سو. زیرا:

متوسط driving force (نیروی محرکه) در سیستم‌های موازی و غیر هم سو همواره از موازی و هم سو بیشتر است.



اما هستر این طور نیست (در کتاب توضیح داده شده است.)

یک مرحله‌ای - موازی و غیر هم سو:

یک مرحله‌ای - ناپیوسته (Batch):

؟؟

صورت سؤال سیستم تعادلی (آب-صابون) را در این ۵ حالت مقایسه کن. (بازده‌ها را)

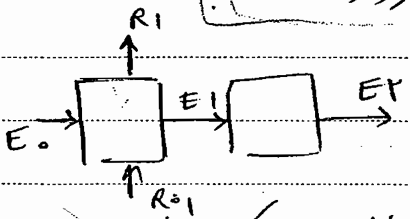
چند مرحله‌ای:

موازی و هم سو -

متقاطع: نام گذاری: خروجی از هر مرحله با نام همان مرحله (خروجی از مرحله ۲: R۲ و E۲)

ورودی به ۱ (= خروجی از صفر = R۰ و E۰)

چرا به جای R۰، R۱ و R۲ به شکل مقابل قرار داده است؟ حل شود



این غلط است.

فاز R: Raffinate است Raffinate فازی است که جزء خاص باید از آن جدا شود. که در طی مراحل گوناگون جدا می‌شود.

E = Extract:

شماره ۹ بهمن ۸۷

۸۷

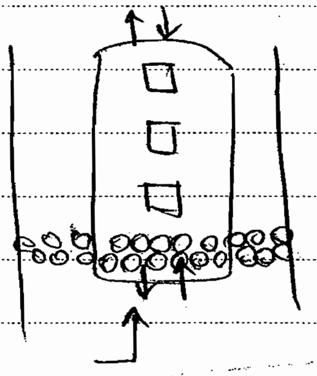
Subject:
Year. Month. Date. ( )

سؤال ۵

* اگر فاز R1 و E1 در ص ۳۴۰ به تعادل برسند، آیا فاز ۲ می‌تواند منفی دار باشد؟ می‌تواند باشد یعنی مرحله‌ی ۱ می‌تواند با $\eta = 100\%$ کار کند ولی مرحله ۲ منفی دار باشد.

* ولی در مورد موازی و هم‌سو (ص ۳۳۹) این طور نیست.

شکل ۱-۲ :



Shirin Falamarzian

** برای تمرین 6، 12، 18 :

$$N_A S M_A = dC_A\, u\, \overset{\pi d^2}{S'} M_A$$

حجم المان $\times a = \pi d^2 dx \times a$

ارتفاع بستر

$$\int \frac{dp_A}{RT} u \pi d^2 = k_G (p_A - p_{Ai}) a \int_0^z dz$$

$k_G \rightarrow F(p_{B,M})$

$(p_A - p_{Ai}) \rightarrow$ [illegible]

$p_{B,M}$ در صورت می‌باشد

(2 :

قطر یک قطره پس از یک ساعت :

$$0 - m_1 = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow -N_A M_A S = 4\pi r^2 \rho \frac{dr}{d\theta}$$

$$-k_G (p_{Ai} - p_A)_M M_A \times 4\pi r^2 d\theta = 4\pi r^2 \rho \int_{r_1}^{r_2} dr$$

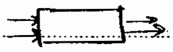
$$(p_{Ai} - p_A)_M = \frac{(p_{Ai} - p_{A1}) - (p_{Ai} - p_{A2})}{\ln \frac{p_{Ai} - p_{A1}}{p_{Ai} - p_{A2}}}$$

جلسه‌ی ۸۷/۹/۲۴

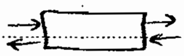
فصل ۷ :

- بررسی اجزای واحدهای عملیاتی انتقال جرم — واحدهای عملیاتی چند مرحله‌ای
- واحدهای عملیاتی تک مرحله‌ای

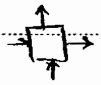
واحدهای عملیاتی تک مرحله‌ای : ۱) موازی و هم سو



۲) موازی و غیر هم سو

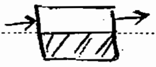


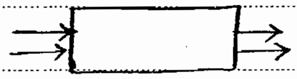
۳) متقاطع



۴) Batch

۵) Semi-Batch





یک مرحله‌ی عملیاتی موازی و هم سو:

جهت انتقال جرم : R → E

تغییر جهت انتقال جرم در روابط ما هیچ تغییری ندارد ولی در واقعیت تاثیر دارد.

آیا جهت انتقال جرم در مقدار انتقال جرم تاثیر دارد؟

؟؟

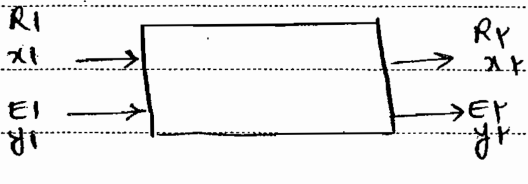
فرض بر این است که دو فاز R و E غیرقابل امتزاج می‌باشند.

صحبت های ما شامل سیستم های گاز-مایع * مایع-مایع * سیال-جامد می‌شود.

در پایان ترم یک سوال از عملیات واحد یک دارم ← دو یا سه ستون.

x1 : جزء مولی جزئی که می‌خواهد منتقل شود در ورودی فاز R.

* در بحث ما فقط یک جزء منتقل می‌شود و این موضوع با مطالب واقعی هم خوانی دارد.



y1 : جزء مولی جزئی که می‌خواهد منتقل شود در ورودی فاز E.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* R_s: تعداد مول‌هایی که قابلیت انتقال ندارند. مثلاً در پساب حاوی طلا، کل پساب به جز طلاهاش R_s است.

$$R_s = R1 - R1x1 = R1(1 - x1)$$

* هدف ما انتقال طلا است. هر مولی که پساب است و منتقل نمی‌شود ثابت باقی می‌ماند.

$$\Rightarrow R_s = R1 - R1x1 = R2 - R2x2$$

$$\Rightarrow R_s = R(1 - x) :$$ * تعریف کلی: در هر موضع

$$E_s = E(1 - y) :$$ * تعریف کلی در هر موضع

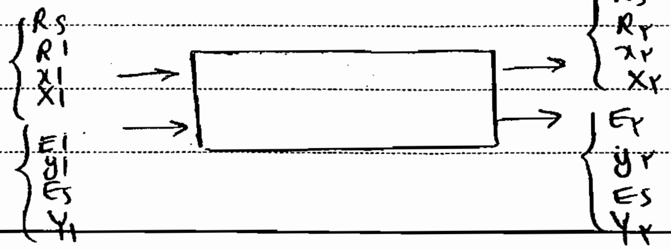
$$X_1 = \frac{x1}{1 - x1} = \frac{\text{کل مول‌هایی که قابلیت انتقال دارند}}{\text{مخلوطی تهی از جزء انتقالی}}$$ = نسبت مولی

* قابلیت انتقال دارند ⇐ الزاماً منتقل نمی‌شوند.

$$X1 = \frac{x1}{1 - x1} = \frac{R1x1}{R1 - R1x1}$$

* خلاصه:

$$\begin{cases} R_s = R(1-x) \\ E_s = E(1-y) \\ X = \dfrac{x}{1-x} \\ Y = \dfrac{y}{1-y} \\ x = \dfrac{X}{1+X} \quad , \quad y = \dfrac{Y}{1+Y} \end{cases}$$



PAPCO

بیلان برای جزء اساسی : $R_1x_1 + E_1y_1 = R_2x_2 + E_2y_2$

$$\frac{R_s}{1-x_1}\cdot x_1 + \frac{E_s}{1-y_1}\cdot y_1 = R_s\frac{x_2}{1-x_2} + E_s\frac{y_2}{1-y_2}$$

$$\Rightarrow \quad R_s(X_1 - X_2) = E_s(Y_2 - Y_1)$$

منحنی عملیاتی برای کل واحد عملیاتی

$$\boxed{\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = -\frac{R_s}{E_s}}$$

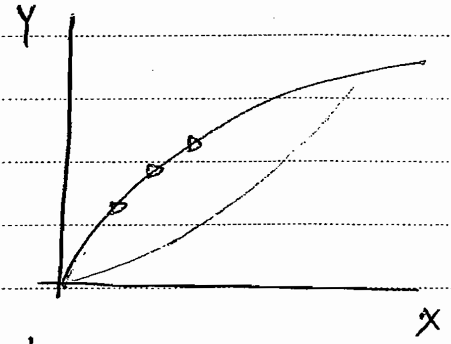
$$\left|\begin{matrix}X_1\\ Y_1\end{matrix}\right. \longrightarrow \left|\begin{matrix}X_2\\ Y_2\end{matrix}\right. \quad \text{و} \quad \text{شیب} = -\frac{R_s}{E_s}$$

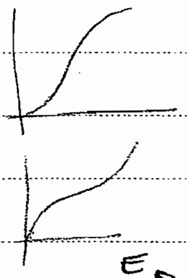
واحد عملیاتی از نقطهٔ $\left|\begin{matrix}X_1\\ Y_1\end{matrix}\right.$ با شیب $\left(-\frac{R_s}{E_s}\right)$ به نقطهٔ $\left|\begin{matrix}X_2\\ Y_2\end{matrix}\right.$ می‌رود

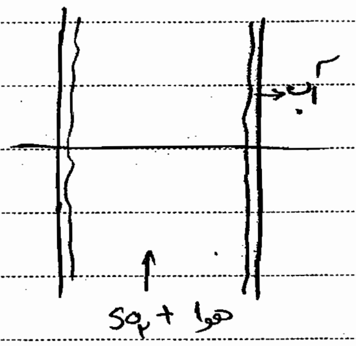
* حل مسائل :

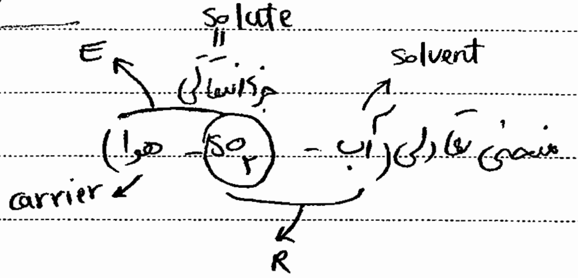
① رسم منحنی تعادلی : ربطی به واحد عملیاتی ندارد و فقط تابع شرایط عملیاتی (T, P) است

(برحسب X_Y)









X : مقدار SO_2 در مخلوط (آب - SO_2)

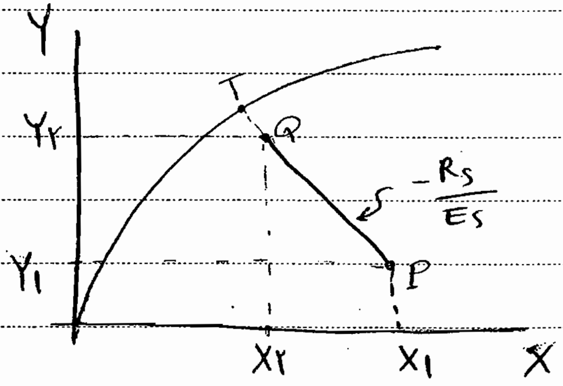
Y : 〃 〃 〃 〃 (SO_2 - هوا)

گاهی در hand book ها منحنی تعادلی فقط شامل جدول نقاط است

مثال ۱ و ۲ و ۳ ← رسم منحنی تعادلی را به ما می‌گوید.

② نقطه عملیاتی ورودی و خروجی را مشخص می‌کنیم $\left|\begin{matrix}X_1\\Y_1\end{matrix}\right.$ و $\left|\begin{matrix}X_2\\Y_2\end{matrix}\right.$ و با شیب $-\frac{R_s}{E_s}$

خط عملیاتی را بکش.



چون انتقال جرم R→E است
یعنی X کاهش و Y افزایش
می‌یابد.

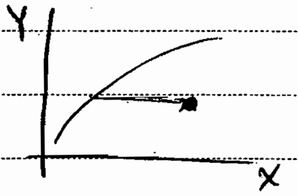
* دقت کن که چون R→E است، خط عملیاتی پایین می‌افتد.

نکته‌ها در ص ۳۴۳:

۱) در امتحان نسبت خط PQ به PT توسط خط‌کش اندازه‌گیری شود تا راندمان تعیین شود.

*۳) گاهی می‌توان جزئی کار کرد. مثلاً گچ را در یک اتاق قرار می‌دهیم و بصورت Batch هم کار می‌کنیم ←
اگر جرم مولکولی نامشخص باشد بصورت جزئی کار می‌کنیم (چون اجزای گچ نامشخص است)

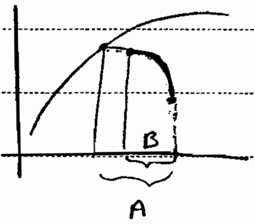
در مثال گچ، مقدار Es خیلی زیاد است خط افقی می‌شود. چون جرم گچ در مقایسه با جرم کل هوا و رطوبت هوا خیلی کم است. حتی اگر گچ کاملاً خشک شود، رطوبت هوا تقریباً تغییر نمی‌کند.
(خط افقی)



$-\frac{R_s}{E_s} = 0$

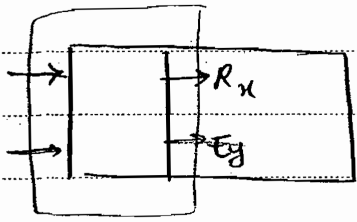
← یعنی تعداد مول‌های جزء A در ورودی و خروجی فاز E باهم برابر است؟

۴) اگر به جای X-Y با x-y رارسم کنیم، به جای خط عملیاتی، منحنی عملیاتی داریم.



این راندمان بر مبنای دو فاز است ، $\frac{B}{A}$ = راندمان

ولی ممکن است از ما راندمان بر مبنای یک فاز را بخواهند.



$$\boxed{y = \frac{-R}{E}x + (R|x| + E|y|)} \rightarrow ???$$

شیب منحنی عملیاتی در هر موضع = $\frac{-R}{E}$ در آن موضع خاص.

۵) مثلا سیستم فوق العاده رقیق داریم.

۶) معمولا در تقطیر اتفاق می‌افتد: ا مول از E به R می‌رود و ا مول از R به E می‌رود.

بر مبنای مولی: منحنی عملیاتی بصورت خط راست ($\frac{-R}{E}$ در هر موضع مقدار ثابتی است)

بر مبنای جرمی: 〃 〃 〃 منحنی است.

۷) موازی و همسو

در این جا هر موضع خاص می‌تواند با شیب $-\frac{k_x}{k_y}$ (فصل 5) به سمت تعادل برود. ولی

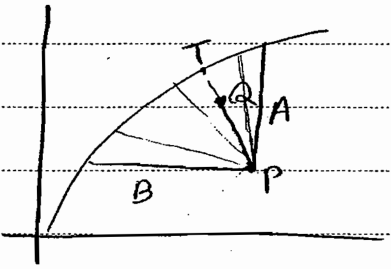
الآن طول سیستم را زیاد می‌کنیم. هر موضع با $-\frac{k_x}{k_y}$ به تعادل می‌رود.

اگر $\frac{R_s}{E_s}$ را تغییر دهیم، جایگاه نقطه‌ی T تغییر می‌کند. جریان یک فاز را می‌توانیم به اختیار کم و زیاد کنیم

هدف: جدا کردن حلا از یک بوسیله‌ی حلال. مقدار حلال دست ما نیست و می‌توانیم هی هی مقدار حلال را عوض کنیم:

حلال min ← خط A.

حلال Max ← خط B.



به شکل ۷ـ۸ دقت کن.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* شکل ۷-۸ می‌تواند برای دفع و در جذب باشد. (خط عملیاتی زیر است : دفع ، خط عملیاتی خط راست است : جذب)

شکل ۷-۸ : R و E ثابت است. (شکل ۷-۹)

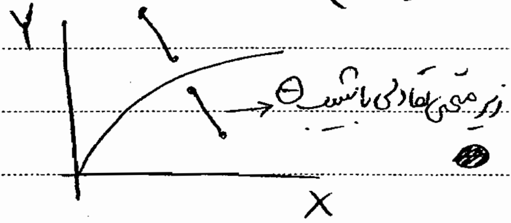
Extraction : E : حلال ، R : solute.

⇐ تماس بین مایع خوراک (R) و مایع حلال (E) است به همراه انتقال جرم از R به E است ⇐ منحنی (خط) عملیاتی زیر منحنی تعادلی است

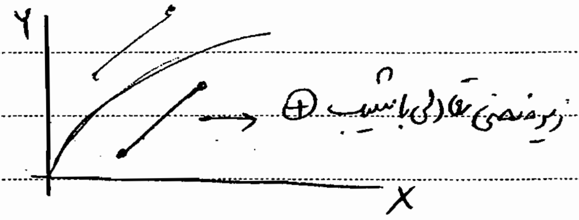
مثال ۴ را خودت بخوان. (مثال ۴ و ۶ با هم - مثال ۵ و ۷ با هم)

~~مثال~~

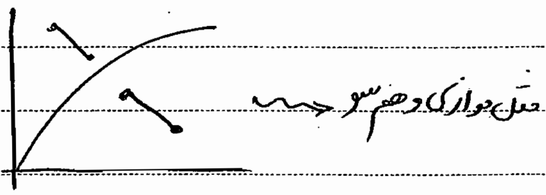
استاد یکی را توضیح داد ولی بقیه را خودت بخوان (نکات مهمی است)


Y
X
زیر منحنی تعادلی با شیب ⊖

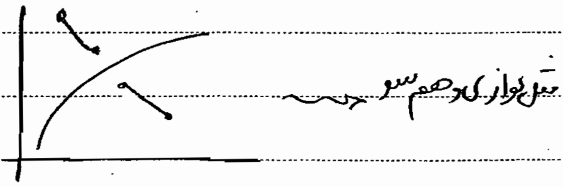
موازی و هم سو :


Y
X
زیر منحنی تعادلی با شیب ⊕

موازی و غیر هم سو :


مثل موازی و هم سو

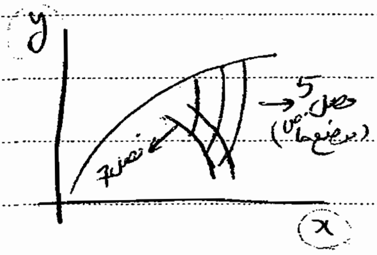
متقاطع :


مثل موازی و هم سو

Batch و semi-Batch :

(سؤال امتحان)

نشان دهید برای Semi-Batch منحنی عملیاتی آن مثل موازی و هم سو است و به ۳ مرحله از ۷ مرحله اشاره کنید



ستون دیواره مرطوب :

~~مثال~~

سؤال ۲ از کدام واحد استفاده کنیم، چرا؟ باید هر دو واحد را حل کنیم و ببینیم کدام بهتر است

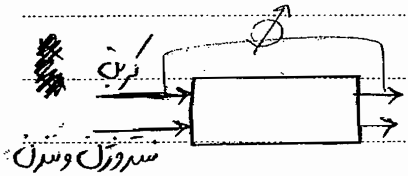
مثال ۶ را خودت کامل و جامع مقایسه کن. (تا صفحه ۳۶۴ درس داده است)

جلسه‌ی ۸۷/۹/۲۶

مثال ۵:

داده‌های تعادلی نیتروژن ـ بنزن ـ کربن.

آیا از یک واحد موازی و هم سو استفاده کنیم یا موازی و غیرهم سو؟ مثال ۵ و ۷ را حل کن و با هم مقایسه کن.



R: کربن
E: نیتروژن و بنزن

بنزن جزء مستقل بشود ۱۰٪ است

جزء مولی بنزن: ۰٫۰۱ = y_1 و (دبی حجمی) E_1 ✓

می‌توان به دبی جرمی یا مولی تبدیل کرد ← چون y_1 معلوم است.

$\Rightarrow PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow$ دبی جرمی

$\Downarrow$

$PV = nRT \Rightarrow$ دبی مولی

$E_2 y_2 =$ کل بنزن خروجی $\Rightarrow \cancel{E}_2 y_2 = 0.05 \cancel{E}_1 y_1 \Rightarrow \underbrace{Y_2 = 0.05 Y_1}_{\text{۹۵٪ قرار است جدا شود}}$

$$\frac{E_S}{1-y_2} \cdot y_2 = 0.05 \frac{E_S}{1-y_1} y_1$$

$Y_1 = \frac{y_1}{1-y_1}$ ✓

Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$X1 = \frac{۱۵\,cm^{۳}(STP)}{۱\ \text{گرم کربن}} \longrightarrow \frac{\text{گرم بنزن}}{\text{گرم کربن}} : X$$

X1 = مشخص است ⇐

$$PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow m = \frac{۱۰۱۳۲۵ \times ۱۵ \times ۱۰^{-۶} \times \overbrace{۷۸/۱۱}^{M}}{۸۳۱۴\,(\underbrace{۲۷۳}_{T})}$$

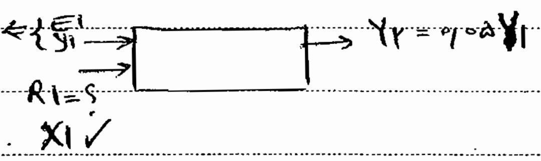
بنزن زیاد جذب می شود.

کربن جوری انتخاب می شود که فقط بنزن را جذب کند و نیتروژن اصلاً یا کم جذب شود.

مسئله واقعی :

مخلوط گازی در حال خروج از دودکش است و دبی اش مشخص است. آنچه بخواهیم از آنجا بگیریم هم مشخص است. جاذب هم مشخص است. آنکه جاذب چقدر بنزن دارد هم مشخص است. الف) حداقل کربن مورد نیاز برای جداسازی چقدر است؟

ب) مقدار حداقل بدست آمده در قسمت الف را در ضریب ۱تا۲ ضرب می کنیم که مقدار این ضریب خیلی مهم است ولی جزء اطلاعات داده شده است.



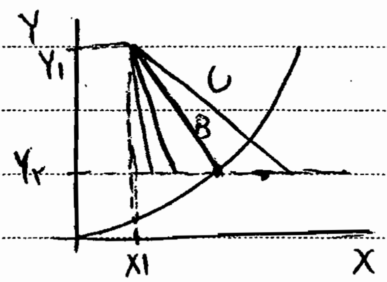
* چون جرم مولکولی جاذب را نداریم به روش جرمی مسئله را حل می کنیم (کربن می تواند جرم های مولکولی متفاوتی داشته باشد.)

* پس باید همه چیز را جرمی کنیم.

* حتماً اول جهت انتقال جرم را مشخص کن. E ⟶ R

* چون انتقال جرم E ⟶ R است حتماً خط عملیاتی بالاست (خیلی مهم)

موازی و هم سو ⇐ شیب منفی. (بالا یا پایین)



(شکل الف)

* گاهی مواقع یک قسمت را خیلی بزرگ رسم می کنیم لازم نیست حتماً مقیاس محور X و Y یکی باشد.

خط عملیاتی ای صحیح است که با ادامه دادن از $\left|\begin{matrix}X_1\\Y_1\end{matrix}\right.$ حداقل به Y2 برسد. پس خط C غلط است.

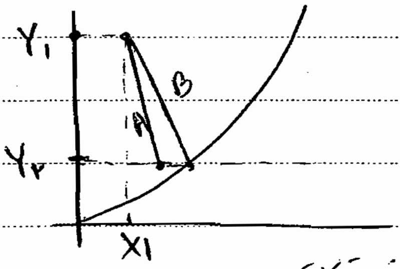
PAPCO

پس ما چون Y_2 را داشتیم یک خط افقی رسم کردیم تا منحنی تعادلی را قطع کند خط B خط عملیاتی است که شیبش $\left|-\frac{R_S}{E_S}\right|_{min}$ است.

خط B: $\left|\frac{-R_S}{\underset{\text{ثابت}}{E_{S1}}}\right|_{min} \longrightarrow R_{S\,min}$ ✓ و ما می‌توانیم با استفاده از $R_{S\,min}$ حداقل مقدار جاذب را بدست آوریم.

$R_{S\,min} = R_{1\,min}(1 - X_1)$

ب) $R_{\text{واقعی}} = ۲ R_{1\,min} \Rightarrow R_{S\,\text{واقعی}} = ✓ \Rightarrow E_{S\,\text{واقعی}} = ✓$

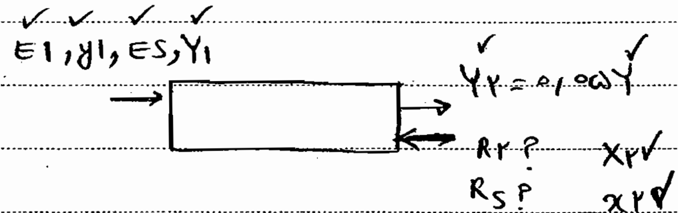


⇐ خطی با شیب $\left|-\frac{R_S}{E_S}\right|$ رسم می‌کنیم ⇐ خط A

خط A خط واقعی است.

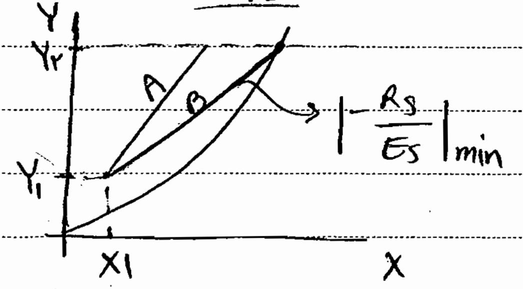
* نباید شیب خط را بدست بیاوری و tanα بگیری! چون مقیاس محورهای X و Y یکی نیست. فقط در تقطیر می‌توانی این کارو بکنی. (خط کش استفاده کن)

مثال ۷: موازی و غیر همسو:



منحنی تعادلی تابع شرایط عملیاتی است و با مثال ۵ فرقی نمی‌کند. موازی و غیرهمسو

$E \longrightarrow R$: خط عملیاتی $\underset{E \to R}{\text{بالای}}$ منحنی تعادلی با شیب ⊕



درست مثل مثال ۵ حل می‌شود.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* حالا کدام بهتر است؟ به توضیحات انتهای مثال ۶ توجه کن.

اول جدول ص ۳۵۷ را بکش.

(✱) $$\text{بازده} = \frac{\text{غلظت در ورودی} - \text{غلظت در خروجی}}{\text{غلظت در ورودی} - \text{غلظت در نقطه تعادل}}$$

* با توجه به مثال ۶ ص ۳۵۷: در جریان موازی و غیرهم‌سو جاذب رطوبت بیشتری جذب کرده است.

* در جریان غیرهم‌سو برای جدا کردن بنزن موجود نسبت به موازی و هم‌سو باید کار بیشتری انجام دهیم.

* ؟ ① مقدار ماده‌ی موجود در جاذب ② جدا کردن ماده‌ی مورد نظر در جاذب کار آسانی است یا سختی است.

این ۲ مورد را باید محاسبه کنیم

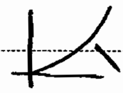
* چه زمانی حلال را کامل جدا می‌کنند؟

وقتی بنزن روی آب می‌نشیند چون آب ارزان است آن را خیلی راحت دور می‌ریزند و وارد محیط می‌کنند
اما در انرژی اتمی این طور نیست چون خیلی گران و سمی است و باید دوباره بازیابی شود.

بررسی اقتصادی خیلی مهم است.

برای
* اغلب ۷ واحدهای عملیاتی همراه با واکنش شیمیایی سریع اغلب موازی و هم‌سو برای درست است

* * *

* دیدیم به همه‌ی نمودارها به جز موازی و غیرهم‌سو به شکل  است.

آیا این بدین معنی است که قابلیت متقاطع دقیقاً مثل موازی و هم‌سو است؟
هر دو با یک شیب می‌روند ولی انتهای هر دو یکی نیست چون نمودار تعادل در هر دو یکی نیست
بازده‌ها با هم یکی نیست. در متقاطع نقطه‌ی پایان (Q) بالاتر از موازی و
هم‌سو است (در زمان مساوی) چون در متقاطع سطح تماس بیشتر است و ضریب انتقال جرم
بیشتر است.

بازده متقاطع > بازده موازی و هم‌سو

* گاهی مواقع گفته می‌شود که راندمان از یک بیشتر است آیا درست است؟ بله. چرا؟
(با توجه به شکل صفحه ۳۶۴ فکر کن)

* صفحه ۳۶۴ مهم است.

مجموعه مراحل:

① موازی و غیر هم سو ② متقاطع ③ موازی و هم سو

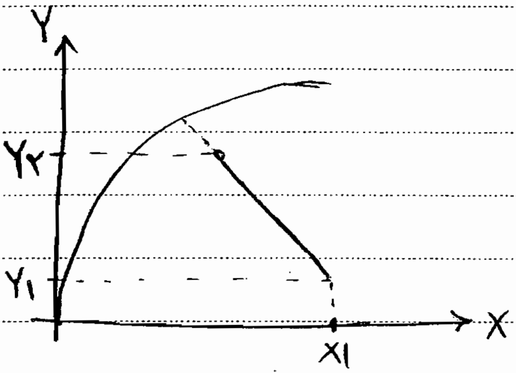
$\underbrace{\text{①}}_{\text{پرکاربردترین}}$ $\underbrace{\text{③}}_{\text{کم کاربردترین}}$ ← چرا؟

X_{Np} → plate , Np: number of plate

موازی و هم سو:

صفحه ۳۶۵:

مرحله‌ی ۱) رسم منحنی تعادلی



یک مجموعه‌ی موازی و هم سو نهایتاً می‌تواند به تعادل برسد. یعنی یک مرحله‌ی موازی و هم سو می‌تواند نهایتاً به صورت یک موازی و هم سوی ایده‌آل رفتار کند ⇐ واسه همین موازی و هم سو خیلی کاربرد ندارد.

مثلاً اگر زمان تشکیل خیلی زیاد باشد در هر مرحله انتقال جرم ۱۰۰٪ خواهد بود و فقط سمتی از ستون [illegible]

سه مرحله انتقال جرم: ۱) formation ۲) rising ۳) اتلاف

formation: از همه بیشتر - ۵٪

اتلاف: حداقل مقدار خود را دارد

اگر زمان تشکیل زیاد ......

* دو خط آخر صفحه ۳۶۵ خیلی مهم است.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

متقاطع:

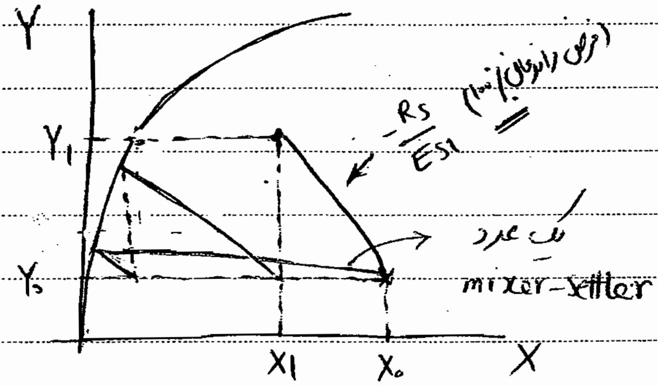
توضیحات را بخوان.

اگر بیشتر از ۶ واحد ⇐ از ستون استفاده می‌شود.

R : فاز پساب

مرحله‌ی ۱: پساب R_0 همراه با حلال E_{01} وارد می‌شود. خروجی: R_1 و E_1.

① منحنی تعادلی را رسم کن.



ورودی و خروجی از ① به ①

$$\text{مرحله‌ی ۱} \left| \begin{matrix} X_0 \\ Y_0 \end{matrix} \right. \xrightarrow{-\frac{R}{E_{S1}}} \left| \begin{matrix} X_1 \\ Y_1 \end{matrix} \right.$$

$$R_S = R_0(1-x_0)$$

$$E_{S1} = E_{01}(1-y_0)$$

(هرگاه از mixer-settler استفاده کردیم با هم یک مرحله است.)

$$\text{مرحله‌ی ۲} \left| \begin{matrix} X_1 \\ Y_0 \end{matrix} \right. \quad \left| \begin{matrix} X_2 \\ Y_2 \end{matrix} \right. \quad -\frac{R_S}{E_{S2}}$$

(R_S ها ثابت است)

۲ آیا می‌شود به جای ۳ تا mixer-settler از یکی استفاده کرد؟ بله می‌توان فقط اندازه‌اش خیلی بزرگ می‌شود.

۳ آیا می‌توان از ۳ تا سایز یکسان استفاده کرد؟ بله می‌شود. همه‌ی شیب‌ها یکی می‌شود (خط‌ها موازی می‌شود) ⇐ کارها راحت‌تر می‌شود ⇐ علاوه بر R_S و E_S هم ثابت باقی می‌ماند ⇐ هزینه‌ی ساخت و کارکردن با آن راحت‌تر است.

در صفحه‌ی ۳۶۸ در شکل ۱۱ از ۳ تا mixer-setteler هم‌سایز استفاده کردیم

مثال ۹ خیلی مهم است (حسابات short cut است ← حفظ شود)

PAPCO

مثال ۹:

حلال خالص ⇐ $Y_B = 0$.

خوراک ورودی به یک مجموعه مراحل متقاطع حاوی ٪۱۰ جزء خالص است. هدف جداسازی ٪۹۰ از جزء خالص است.

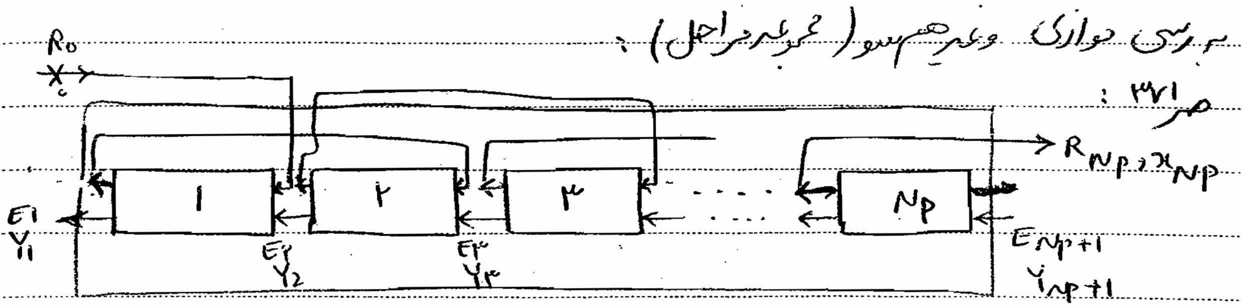
$$x_F = 0/1 \Rightarrow X_F = \frac{0/1}{0/9} \Rightarrow X_{Np} = 0/1\, X_F$$

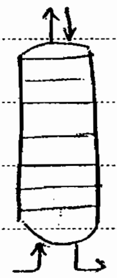
* مثال ۱۰ خوب است.

پرسش اندازه‌ش مرون !
۱۱ می

حسینی ۸۷/۹/۱

بررسی موازی و غیرهم‌سو (مجموعه مراحل) :
صفحه ۳۷۱ :



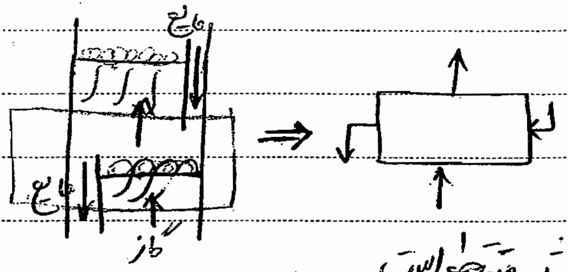


اگر شکل فوق را ۹۰° بچرخانیم تبدیل به همان ستون‌ها می‌شوند.

چرا موازی و غیر هم‌سو را به شکل شکل ۷-31 در صفحه ۳۷۱ نشان می‌دهیم؟
(P.372)

هر مرحله را درون ستون به شکل موازی و غیر هم‌سو است.

در واقع هر مرحله‌ی موازی و غیر هم‌سو متقاطع است. و یک نوع مشخص مجموعه مراحل موازی و غیر هم‌سو ستون سینی دار است به نحوه‌ی پائین دقت کن :



مثل متقاطع است

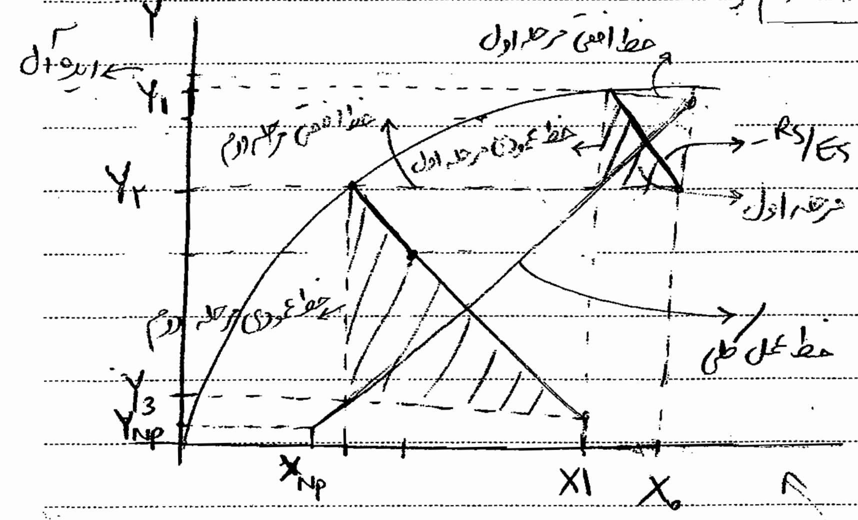
یک مجموعه موازی و غیر هم‌سو هر مرحله‌اش متقاطع است که به صورت موازی و هم سو در شکل ۷-۳۱ نشان داده شده است
شکل صفحه ۳۷۲ .
هدف دستیابی به ارتفاع ستون است.

ورودی 1 : $\left| \begin{matrix} X_0 \\ Y_2 \end{matrix} \right.$ خروجی 1 : $\left| \begin{matrix} X_1 \\ Y_1 \end{matrix} \right.$ $-\frac{R_s}{E_s}$

دقت : R_s و E_s تا حدوداً ثابت است. ← خروجی هر مرحله با شماره‌ی همان مرحله

تفاوت با موازی و هم سو : ← ایده آل باشد

در این جا اگر خروجی ها در تعادل باشند باز هم ادامه و مرحله ی بعد هنوز هم معنی دار است (حتی)
این قسمت را با استفاده از کتاب باید دوباره بخوانم.


Y
ایده آل ←
Y_1
Y_2
Y_3
Y_{Np}
خط افقی مرحله اول
خط افقی مرحله دوم
خط عمودی مرحله اول
خط عمودی مرحله دوم
$-Rs/Es$
مرحله اول
خط عمل کلی
X_{Np}
X1
X_0

روش حل :

۱) رسم منحنی X و Y .

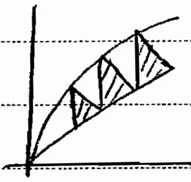
۲) مشخص کردن نقاط

* اگر راندمان را به ما ندهند ۱۰۰٪ در نظر بگیر

مرحله 1 : $\left|\begin{matrix}X_0\\Y_2\end{matrix}\right. \rightarrow \left|\begin{matrix}X1\\Y_1\end{matrix}\right. \quad \frac{-Rs}{Es}$

مرحله 2 : $\left|\begin{matrix}X1\\Y_3\end{matrix}\right. \rightarrow \left|\begin{matrix}X2\\Y_2\end{matrix}\right. \quad \frac{-Rs}{Es}$

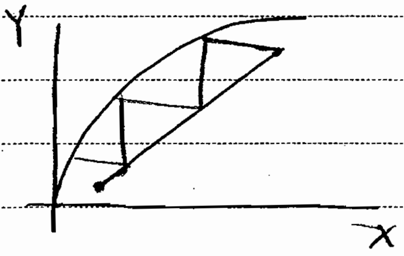
موازی



این شکل یک ستون عمودی را نشان می دهد. با شکل روبه رو فرق می کند :

۴) رسم خط عمل کلی ستون با استفاده از اطلاعات موجود از $\left|\begin{matrix}X_0\\Y_1\end{matrix}\right.$ تا $\left|\begin{matrix}X_{Np}\\Y_{Np+1}\end{matrix}\right.$ با شیب $\frac{Rs}{Es}$

۳) شروع می کنیم از بالا خط افقی ، عمودی ، افقی ، عمودی را رسم می کنیم . (اگر سؤال گفت از پایین شروع کنیم یا بالا ؟ باید بگوییم . وگرنه همیشه از بالا شروع کن) ⇐ تعداد مراحل بدست می آید



Subject:
Year. Month. Date. ( )

* ما باید با مفهوم E_p آشنا شویم:

$$E_R = \frac{\text{مقدار انتقال جرم صورت گرفته در این سینی}}{\text{حداکثر انتقال جرم ممکن}}$$

E_R → راندمان سینی (راندمان یک مرحله)

$$E_R = \frac{X_2 - X_1}{X_e - X_1}$$ یا $$E_E = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_e - Y_1}$$

تعادلی ← X_e

$$E_o = \frac{\text{تعداد سینی های تئوری}}{\text{تعداد سینی های واقعی}} = \text{راندمان کلی}$$

o ← overall

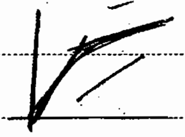
سینی تئوری: سینی هایی که بصورت ایده آل عمل میکنند.

* اگر سینی با راندمان ٪۱۰۰ کار بکند چه میشود؟
〃 کم بشود 〃 〃 〃 〃 〃 〃 ؟

برای جواب این ۲ سئوال باید مثال ۱۲ را بخوانیم.

نکته) به صفحه ۳۷۶ برو:
۴ تا رابطه داریم. (مثال ۹ را حفظ کن و رابطه‌ی (۷-۲۰) و (۷-۲۲) را هم که برای حالت خاص است حفظ کن ← برای حالتی که منحنی تعادلی خط باشد)

* گاهی کل منحنی تعادلی به شکل منحنی است ولی در منطقه‌ی عملیاتی خط است.
* 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 〃 ولی می‌توان بصورت ۲ تا خط دید.



ص ۳۷۶ $\begin{cases} A = \text{فاکتور جذب} \\ \frac{1}{A} = \text{فاکتور دفع} \end{cases}$ ؛ دفع : $R \rightarrow E$

* مثال) سینی داریم که عمل دفع ($R \rightarrow E$) انجام می‌دهد و $A = 1$ (شیب خط عملیاتی و منحنی تعادلی یکی است) و منحنی تعادلی خط است. سیالات ورودی ٪۱۰ جزء حل شده دارد. هدف جداسازی ٪۹۰ این جزء حل شده است.

$Y_{Np+1} = 0$

حلال مورد استفاده خالص است. اگر فاصله ۲ مرحله ۰٫۵ متر باشد، ارتفاع ستون؟

$X_0 = 0/1 \Downarrow X_e = 1$ $\quad x_{Np} = 0/1 X_0$ و $Y_{Np+1} = 0$

$$N_p = \frac{X_0 - X_{Np}}{X_{Np}}$$

* شکل ۷-۳۴ صفحه ۳۷۷:

* فرض کنید برای جذب کار می‌کنیم و $A = 1/3$ و $\underbrace{400}_{0/04}$ = مقدار محلول‌ها. تعداد مراحل فعال؟
جواب: ۷.

سؤال بالا را با $A = 1$ حل کن؟ جواب: ۲۴.

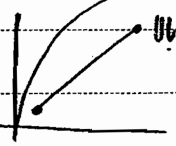
چه چیزی باعث تغییر تعداد مراحل از ۷ به ۲۴ شده است؟ A. $A = \frac{R_S}{mE_S}$

* $A = \frac{R_S}{mE_S}$. اگر R_S (پساب) ثابت است. m (وابسته به نوع) نوع حلال و E_S دبی حلال است.
اگر خط ثابت باشد، نوع حلال را تغییر می‌دهیم و اگر نوع حلال ثابت باشد خط (دبی) را تغییر می‌دهیم.

اگر هیچ کدام را نشد عوض کرد چه کنیم؟ باید با راندمان پایین کار کنیم.

* اگر $A = 0/95$: یعنی حتی با ستون با ارتفاع بی‌نهایت هم جداسازی انجام نمی‌شود

* چرا از بالا، چرا از پایین؟
بستگی دارد: پساب از پایین ستون وارد ستون می‌شود. هدف جدا کردن ۹۰٪ جزء حل موجود در پساب است. از حلالی استفاده می‌شود که تقریباً ثابت است ←
چون بالا fix است باید از بالا شروع کنیم.
(حلال از بالا وارد می‌شود)

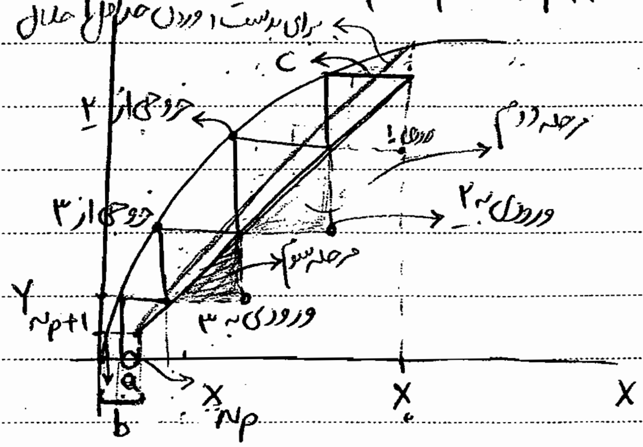


مخلوط مایع حاوی جزء حل‌شونده وارد شروع دفع می‌شود. (از بالا وارد می‌شود) برای این کار هوا مشخص داده شده است ⇐ در پایین ستون هوای خالص داریم ⇐ پایین fix است و از پایین شروع می‌کنیم.

مثال ۱۲:

پساب چون جرم مولکولی‌اش نامشخص است ⇐ وزنی کار می‌کنیم

از بالا x_0 مشخص است X_{Np} ، Y_{Np+1} هم معلوم است ⇐


Y حداقل حلال
برای بدست آوردن حداقل حلال
C
خروجی از ۲
ورودی ۱
مرحله دوم
خروجی از ۳
ورودی به ۲
مرحله سوم
Y_{Np+1}
ورودی به ۳
a
b
X_{Np}
X_0
X

خط عمل زیرا نسبت: $R \to E$

الف) $\dfrac{E_{Np+1}}{R_0}$ = ۱/۶۲۳ ⇐ $\dfrac{R_s}{E_s}$ = ۷

$E_{Np+1} \to E_s/1-y_{Np+1}$

$R_0 \to R_s/1-x_0$

X_0

* این مقدار حلال چند برابر حداقل است؟ با این خط ۷ را ادامه دهیم تا به منحنی تعادلی برسیم. شیب این خط حداقل مقدار حلال را می‌دهد و با مقایسه‌ی آن با خطی که الآن داریم، نسبت را بدست می‌آوریم

هرچه قدر از منحنی تعادلی بیشتر فاصله بگیریم، تعداد مراحل بیشتر می‌شود (تعداد خطوط افقی و عمودی بیشتر می‌شود)

چون سؤال گفته از بالا شروع می‌کنیم

در نسبت ۱ ورودی خورده .

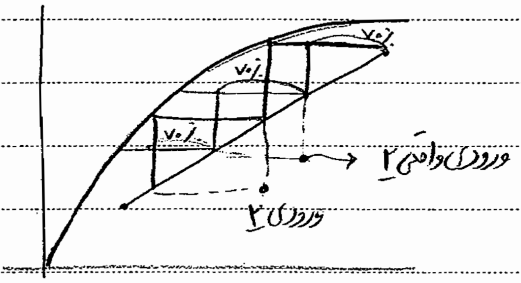
با خط کش نسبت خط $\frac{a}{b}$ را حساب می‌کنیم.

$\frac{a}{b} = ۰/۳$

$E_o = ۰/۶۵ = \frac{۳/۳}{\text{واقعی}} \Rightarrow \text{واقعی} = \frac{۳/۳}{۰/۶۵}$

راندمان هر مرحله : مرحله اول :

مثلاً راندمان هر مرحله ٪۷۰ است . ۷۰ طول خط c را اندازه می‌گیریم (طول = 5cm) با 3,5cm جدا کرده و عمود می‌کنیم ⇐ خروجی واقعی از مرحله‌ی اول با راندمان ٪۷۰ بدست می‌آید.



Subject:

Year. Month. Date. ( )

PAPCO

پایان ترم عط ۲ اسانه.

جلسه‌ی ۸۷/~~۹~~۱۰/۴

فصل هشتم:

* ستون پرشده ← واحد عملیاتی دیفرانسیلی

* ستون سینی دار بدون ناودانی ← دیفرانسیلی

* 〃 〃 با ناودانی ← مرحله‌ای

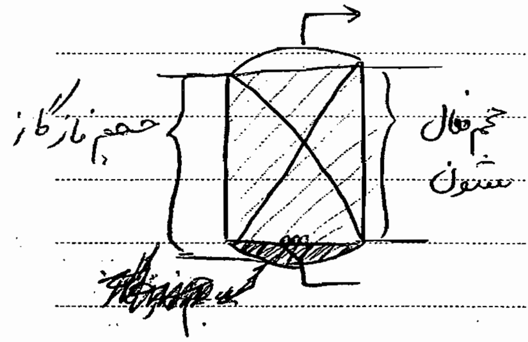
به علت مقاومت کم

* در رابطه‌ی (۸-۱) انتقال جرم سمت خارج حباب کروی در نظر گرفته شده است و حتی به داخل حباب V کاری ندارد.

* چون در داخل حباب کروی تند طی فوق العاده زیاد و ویسکوزیته فوق العاده کم است پس در انتقال جرم بین حباب کروی و محیط مایع اغلب سمت خارج حباب را در نظر می‌گیرند.

* اگر به جای حباب کروی قطره‌ی کروی داشتیم کمی این مطلب مشکل داشت چون سرعت ها کم می‌شود و ویسکوزیته هم بالا تر می‌رود.

P. 396) $\varphi_G = \frac{\text{حجم بار گاز}}{\text{حجم فعال ستون}}$ ← جایی که محل تماس بین دو فاز است.



روابط P. 397 مهم است

← مثلاً برای ستون‌های ونتوری ← (8-11)

〃 〃 ستون spray ← (8-15)

قطر حباب: dp ⇐ (سطح ویژه) P. 398

* P. 405 : P: قدرت مصرفی در ظرف همزن به جون

* اگر Re پایین باشد (مثل سیستم‌های ویسکوز) ⇐ (8-24) ⇐ P با ω هیچ نسبتی ندارد

⇐ جایی که P با ω هیچ نسبتی ندارد یعنی جاهایی که روتور خیلی کم می‌چرخد.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

اگر در ظرف مجزا به جزء Re بالا باشد ⇐ μ L P هیچ سینی ندارد و فقط به هم بستگی دارد و
تناسب آن با N و با ها با هم متفاوت است ⇐ (8-25)
(منظور از Re ، رینولدز مربوط به پره است)

در شکل (8-3) چپ و راست بصورت کاملاً عکس است ~~Re~~
Re↑↑ Re↓

(P.410 مشبک ⟵ امروزه به دلیل ارزانی و کارایی مثل فنجانی بیشتر استفاده دارد.

(P.411 انواع سینی ها < فنجانی ⟵ قبلاً خیلی کاربرد داشت
سینی دار

در صفحات بعدی انواع سینی ها با هم مقایسه شده است (روخوانی) ⟵ راندمان مهم است.

در ص ۴۱۷ پدیده‌ی weeping (چکه کردن) مهم است.

ص ۴۱۸ مهم است: طراحی سینی ۱۴ مرحله دارد. ~~مرحله~~
از مرحله‌ی ۳ به بعد در کتاب توضیح داده شده است. ⟵ واسه ارشد خوانده شود

محاسبات سرانگشتی در ص ۴۲۳ مهم است.

چرا جری سینی ها مثل هم ساخته می‌شود؟ فرض بر این است که هر ستون به سمت تعادل برود مگر آن که جریانی به سینی وارد یا از آن خارج شود و بدین ترتیب تغییر کند Rs ها و Es ها به هم بخورد.

ص ۴۴۰ : ستون های پرشده :
هم گاز-مایع و هم مایع-مایع.

* شکل ص ۴۴۱ برای گاز-مایع است. و برای مقیاس صنعتی است. البته برای مایع-مایع هم قابل استفاده است.

* هم برای موازی و هم سو و هم برای موازی و غیر هم سو ولی الزاماً موازی و غیر هم سو.

PAPCO

Subject :
Year. Month. Date. ( )

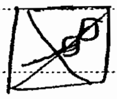
شکل ص ۴۴۱ را کامل بلد باشی:

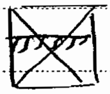
پکینگ ← منظم : روی هم طراحی می‌شود و بسته می‌شود و داخل ستون قرار می‌گیرد. (fix باشد)
↙ نامنظم
چا
ص ۴۴۲

* فاز مایع هم داخل و هم روی سطح packing حرکت می‌کند ⇐ سطح تماس بین دو فاز زیاد می‌شود و انتقال جرم بالا می‌رود و زمان تماس هم زیاد می‌شود.

* پس با استفاده از packing ها هم S و هم θ را عوض می‌کنیم.

* اگر با packing ها را از حالت Rashing به Pall ring (بیاوریم)، قطعاً pall ring بهتر است، چرا؟
۱) سطح تماس را بیشتر می‌کند.
۲) افت فشار را ممکن است بیشتر کند (البته این عامل نتیجه‌ی منفی دارد)
۳) زمان تماس را بیشتر می‌کند.
** ۴) خود این packing به توزیع مایع خیلی کمک می‌کند ← به جای کانالیزه شدن حالت روبه‌رو پیش می‌آید.

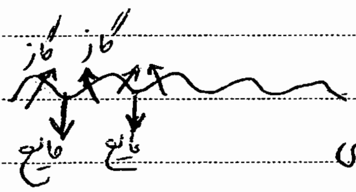




* همین طور که مایع پایین می‌آید یک توزیع شده مجدد می‌گذاریم، چرا؟
برای این می‌گذارند که هر کاری کنیم کانالیزه می‌شود (مایع از یک کانال پایین می‌آید و بازده پایین می‌آید).

* اگر ما از Rashing استفاده کنیم در مقایسه با pall ring، در pallring باید بیش از 5 متر
و در هر 5 متر یک توزیع شده‌ی مجدد بگذارم
توزیع شده مجدد بگذارم یا کمتر از 5 متر؟ بیش از 5 متر.

* اگر نگه‌دارنده‌ی packing را بگذاریم، ممکن است جلوی سوراخ‌ها را بگیرد، چه کار کنیم؟
بهتر است چند ردیف اول را به شکل ص ۴۴۴ (منظم) بچینیم تا سوراخ‌های محل عبور گاز و مایع گرفته نشود و افت فشار موضعی نداشته باشیم.



Subject:
Year. Month. Date. ( )

* گاهی در طراحی ستون از packing منظم استفاده می‌کنیم. چه زمانی؟
موقعی که افت فشار گاز پارامتر خیلی مهمی باشد. مثلاً گاز پایینی بیش از اتمسفر است
چون افت فشار خیلی کم می‌شود.

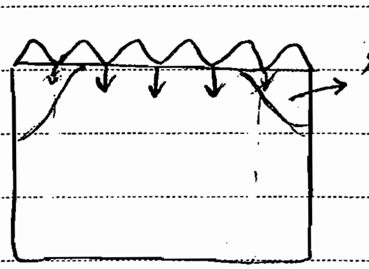
P.448 نقش متوقف کننده‌ی packing:
اگر packing ها جابه‌جا شوند یا شکسته باشند و حرکت کنند جلوی آن‌ها را می‌گیرد و نمی‌گذارد
به توزیع کننده‌ی مجدد برخورد. و جلوی سوراخ‌ها را بگیرد.

P.44 جنس packing:
خورنده ← سرامیکی بهتر است و .....

صفحه ۴۴۴ پارامترهای مهم در انتخاب packing:
* اگر خیلی خیلی کوچک باشد افت فشار گاز خیلی زیاد می‌شود. پس باید کوچک باشد (افزایش
سطح تماس) ولی نه خیلی.

1 → سایز packing
16 → طول ستون

آخر صفحه ۴۴۳:
اگر سیستم شیمیایی طوری باشد که به آب حساس باشد بهتر است از همان مایعی که می‌خواهیم ستون را پر کنیم،
packing را هم پر کنیم ← مثل کولر.
← پوشال کولر به علت افزایش سطح تماس است.



باید از تولید کننده‌ی packing جدول (8-1) را بگیریم.

Subject :
Year . Month . Date . ( )

*قبل از استفاده از مشخصه‌های packing باید مطالب زیر را بدانیم:

۱) جنس ۲) شکل ۳) اندازه

برای هر جنسی با شکل مشخص و اندازه‌ی مشخص پارامترهای ص۴۴۴ و ص۴۴۵ متفاوت است.

اصولاً packingها سه شکل دارد:

۱) کروی ۲) استوانه‌ای ۳) زین شکل

* اندازه می‌تواند بر اساس قطر، طول یا قطر سوراخ‌ها باشد ⇐ اندازه در جدول هیچ جا مورد استفاده ندارد ⇐ قرار است تولید کننده برحسب قطر یا طول یا قطر سوراخ مشخصات را بدهد.

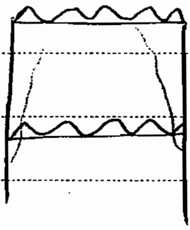
* برای پکینگی از جنس سرامیک با سایز ۲۵mm در نوع rashing، $C_p = ?$ ، $C_p =$ ۲٫۰۱

اگر الیبر داشتیم packing، آیا می‌توانیم مشخصات را در بیاوریم؟ (باید بتوانیم، [illegible])

⇐ یعنی هم بدانیم مشخصاتش را خواهیم

ص۴۴۶: اندازه‌ی پکینگ ⇐ اندازه‌ی اسمی خیلی مهم نیست و قطر معادل بسیار مهم است.

اعداد ص۴۴۷ را حفظ باشیم.



پوشال‌هایی با ۲ توزیع کننده‌ی مجدد:

تا ص۴۵۱ درس داده است

$d_p = \frac{6(1-\varepsilon)}{a_p}$

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

شنبه ی ۸۷/۱/۲۸

Entrainment :

در یک ستون وقتی دو فاز هم سو که در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند، ممکن است که این پدیده اتفاق بیفتد:

* کشیده شدن ذرات یک فاز A توسط فاز دیگر B در خلاف جهت حرکت خودش A طوری که ذرات از ستون خارج شوند.

* مثلاً فاز گاز ذرات مایع را با خود به سمت بالا بکشد (Entraiment مایع) : احتمال کشیده شدن فاز گاز توسط مایع به سمت پایین خیلی کم است (مثلاً هنگامی که دبی مایع خیلی زیاد و یا دبی مایع خیلی کم باشد.)

* این پدیده در سیستم مایع - مایع بیشتر اتفاق می‌افتد (فاز سبک: نفت و مشتقات نفتی، فاز سنگین: آب) ← در سیستم مایع - مایع هر دو حالت محتمل است (کشیده شدن فاز سنگین توسط فاز سبک به سمت بالا - کشیده شدن فاز سبک توسط فاز سنگین به سمت پایین.)

← واسه چی بود؟ واسه مداوم disperse

* در اولین انتخاب فازی که دبی بیشتری دارد معمولاً پراکنده می‌شود. چرا؟ به علت ایجاد سطح تماس بیشتر

* بیشترین چیزی که اتفاق می‌افتد، کشیده شدن ذرات مایع توسط فاز گاز است. البته ما نمی‌توانیم صد در صد جلوی این پدیده را بگیریم (در واقعیت نمی‌شود ۱۰۰٪ پدیده Entraiment را از بین برد.)

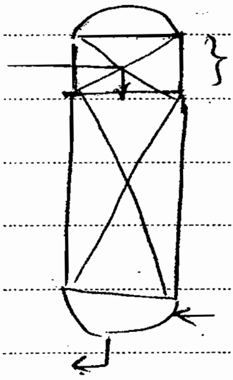
Entrainmet → Loading → Flooding

راه‌های کاهش Entrainment :

* ۱) بالاترین نقطه روی packing ها یک صفحه‌ی تخلخلی بگذاریم. ولی برای اینکه افت فشار ایجاد نشود بهتر است ۹۸٪ صفحه تخلخلی سوراخ شود.

PAPCO

*۲) استفاده از packing خشک ، ۲ packing منظور خشک ، packing تک فازی است.
(مخصوص سیال فاز گاز باشد (مقدار مایع آن خیلی کم است))



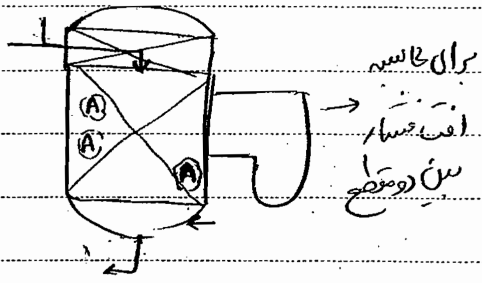
خشک packing

به ص ۴۵۱ نگاه کنی.

Loading (انباشتگی)

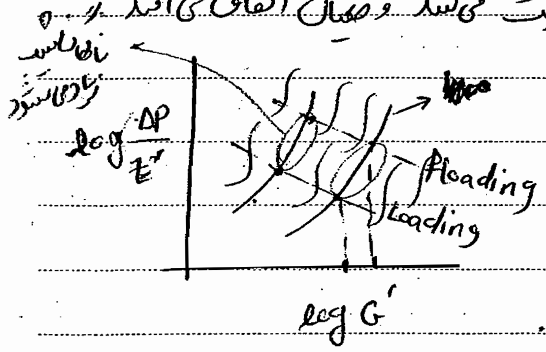
اگر Entrainment خیلی زیاد شود به پدیده Loading اتفاق می افتد.
ستون با یک دبی مایع و یک دبی گاز در حال کار کردن است. با ثابت گرفتن دبی مایع، دبی گاز را زیاد می کنیم ← افت فشار گاز زیاد می شود.
شکل (۳۰-A) ص ۴۵۲.

L' : فلاکس جرمی مایع $\left(\frac{kg}{m^2.s}\right)$
G' : 〃 〃 گاز (〃)



* نقاط A نقاطی است که در آن فاز مایع انباشته می شود (مثل حوضچه)

* وقتی دبی فاز گاز خیلی زیاد شود، نقاط A به سمت بالا حرکت می کند و طغیان اتفاق می افتد.

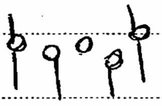


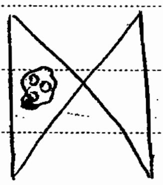
Loading: منطقه ای که در آن Entrainment خیلی زیاد است و حوضچه تشکیل شده

گاهی Loading را مترادف پدیده وارونگی در نظر می گیرند.

* اگر در حوضچه‌ها فاز مایع جمع شود فاز گاز درون این حوضچه به صورت حباب‌های در می‌آید یعنی پدیده‌ی وارونگی رخ می‌داده (فاز پراکنده فاز گاز است و فاز مداوم فاز مایع است.
الآن

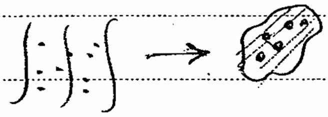
در حالی که در حالت عادی فاز پراکنده فاز مایع است و فاز مداوم فاز گاز است)





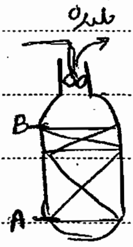
* آلودگی هوا:

O_2 در حکم حباب است و آلودگی‌ها ذرات هستند. در پدیده‌ی آلودگی هوا که پدیده‌ی وارونگی اتفاق می‌افتد، آلودگی‌ها به هم می‌چسبند و O_2 ها به صورت ذراتی در میان آلودگی‌ها در می‌آیند. با توجه به نمودارهم می‌فهمیم که فاصله‌ی Loading و floading خیلی کم است.
با کاهش دما و کاهش حرکت، چتر زودتر تشکیل می‌شود.



برای طراحی ما در کدام منطقه کار می‌کنیم؟
زیر Loading.

Entrainment / Loading - floading

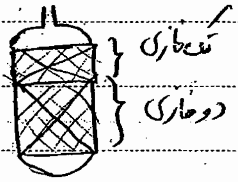


* در مرحله‌ی floading، سیال هرچی سر راهشه با خودش می‌بره.

floading

* برای حل این مشکل گاهی در بالا یک مکنده قرار می‌دهیم. (برای انقباض ناگهانی)
قدرت مکنده در حدی است که افت فشار را از نقطه‌ی A تا B را تأمین کند.

* مهم‌ترین مرحله عبور گاز از میان بستر دوفازی و بستر تک فازی است ← افت فشار را در بستر دوفازی و سپس تک فازی محاسبه می‌کنیم و سپس به آن ۲ الی ۵ درصد اضافه می‌کنیم.



Sunwood

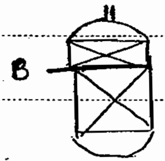
Subject:..............................
Year.... ....Month.............Date..............( )

* آیا مجاز است به مقدار محاسبه شده ۲ الی ۵ درصد اضافه کنیم یا قدرت دمنده را زیاد کنیم؟
افزایش ۲ تا ۵ درصد چون در سمت دمنده کانالیزاسیون گاز و کاهش بازده اتفاق می‌افتد

رابطه‌ی (۸-۴۴) ص ۴۵۲

$g_c (SI) = 1$ ε : جدول d_p : کاتالوگ

* ρ_g : منظور دانسیته‌ی گاز درست در نقطه B است ؛ دانسیته گاز



* G' : فلاکس جرمی گاز → معمولاً در مسأله به صورت دبی حجمی داده می‌شود

$$1.2 \frac{m^3}{s} \times \rho_g \times \frac{1}{A_c} = G' \left(\frac{kg}{m^2 . s}\right)$$

$$\text{if } G' > 0.7 \frac{kg}{m^2 s} \xrightarrow[p.453]{(8-45)} \frac{\Delta P}{Z} = C_D \frac{G'^2}{\rho_g}$$

$$* \ \Delta P_{\text{کل}} = \left(\Delta P_{\text{خشک}} + \Delta P_{\text{تر}}\right) \times 1.05$$

برای دوفازی از شکل (۸-۱۳) ص ۴۵۳ استفاده کنید. (L' در بالا G' در پایین)

مایع : $L_m \left(\frac{kg}{s}\right) \times \frac{1}{A_c} = L'$ $\qquad \frac{L'}{G'} = \frac{L_m}{G_m}$

گاز : G_m " $= G'$

$g (SI) = 1$

محور $x = 0/4$ و محور $y = 0/1$ یعنی ستون طغیان می‌کند. چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟
۱) تغییر packing (آ محور y را کم کنیم → C_f را کم کنیم و ...)
۲) کم کردن دبی گاز مایع

Sunwood

Subject:

Year........ Month........ Date........( )

فرض کنیم مثلاً ستون جذب داریم.

نظرش

ص ۴۵۵ : اعداد خیلی مهم است.

← اگر افت فشار در ستون جذب و دفع ۳۶۰ بود، بازده چه جوری می‌شد؟ [illegible]

* ← اگر افت فشار در ستون تقطیر ۳۶۰ باشد، مناسب است؟ خیر. چرا؟ البته طغیان اتفاق نمی‌افتد ولی گاز کانالیزه① شده است (افت فشار کم) یا packing② آن درشت است. (زمان تماس هم کم شده است)
بین مایع و گاز

* ص ۴۵۴ : هلدآپ مایع = حجم کل مایع در پایش به حجم بستر دو فازی.

گاهی مقداری از مایع بین packing ها گیر می‌کند، البته به صورت سطحی ← هلدآپ استاتیک. اگر هلدآپ استاتیک زیاد شود، بازده کم می‌شود چون ناهمگنی در محصول بوجود می‌آید (چون این مایع که اون جا گیر کرده به تعادل می‌رسه با مایع خارج میشه) ← گاهی شوک به ستون می‌دهند تا هلدآپ استاتیک از بین بره.

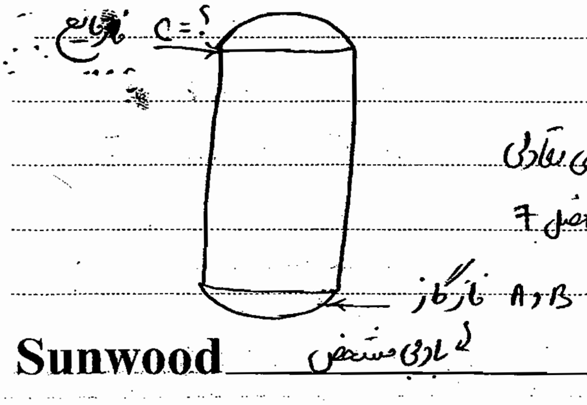
* ص ۴۵۵ : مراحل طراحی ستون پرشده:

جنس پکینگ، اندازه → مشخصات packing → قطر ستون → ارتفاع ستون

اگر درست نبود → اندازه را عوض کن (ص ۴۴۷)

جدول ص ۴۴۷

برای اندازه‌ی اولیه: با توجه به دبی گاز، قطر را حدس می‌زنیم و سپس اندازه را بدست می‌آوریم و عملیات بالا را انجام می‌دهیم. اگر قطر بدست آمده خوب نبود (در محدوده افت فشار توصیه شده نیست) دوباره اندازه را عوض کن.



* برای بدست آوردن دبی مایع؟

۱) رسم منحنی تعادل

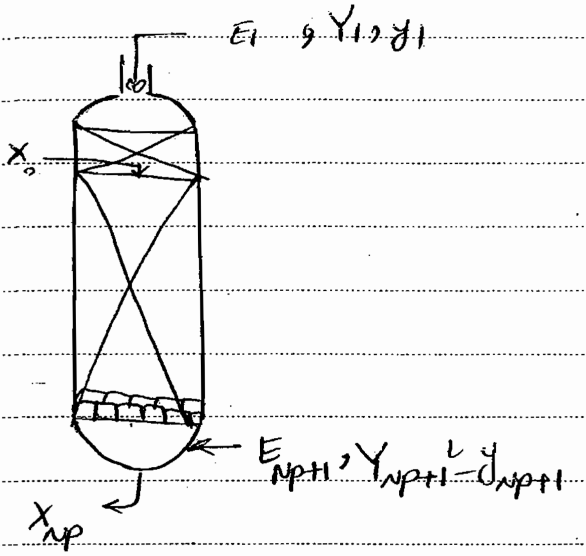
۲) انتقال جرم از گاز به مایع ← خط عمل بالای منحنی تعادل

۳) بدست آوردن حداقل حلال $\left(\frac{R_s}{E_s}\right)_{min}$ و روش‌های فصل ۷

۴) بدست آوردن حلال واقعی

Sunwood

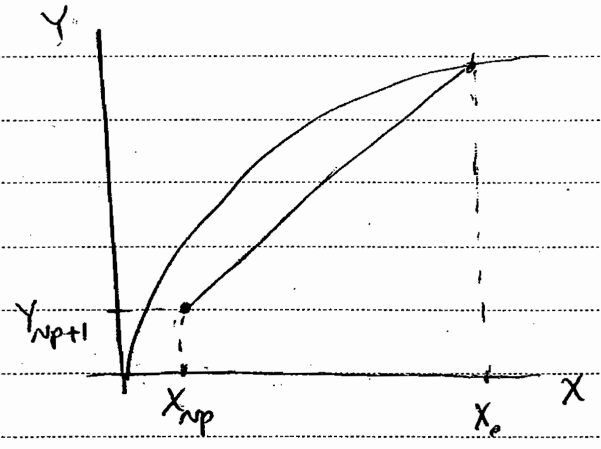
جلسه‌ی ۸۷/۱۰/۱۰



* ستون بستر برای جذب، دفع و تقطیر است
البته برای استخراج مایع ـ مایع نیز استفاده می‌شود

* فرض کنیم ستون معادل جذب باشد ← مربوط به فاز گاز
معمولاً در جذب دبی E_{Np+1} و
در دفع دبی R_0 مشخص است ← مربوط به فاز مایع

* ۱) رسم منحنی تعادلی ۲) تعیین جهت انتقال جرم (فرض: دفع $R \to E$) ⇐ خط عمل بالای تعادل



۳) تعیین min حلال ($\left(\frac{R_s}{E_s}\right)_{min}$)

۴) تعیین مقدار واقعی حلال (مقدار واقعی n برابر min است.)

گاه فاز E را به صورت دبی حجمی به ما می‌دهند:

$$\underset{\frac{m^3}{s}}{E_{Np+1}}\ \underset{\frac{kg}{m^3}}{\rho_G} \times \frac{1}{A_c} = G' \rightarrow \frac{kg}{m^2 s}$$

(دبی جرمی) ، A_c → $\frac{1}{\text{سطح مقطع}}$

نحوه‌ی دست یابی به قطر ستون:

* چهار مرحله‌ی بالا را انجام بده:

$$\left.\begin{array}{l} \overset{m^3/s}{E_{Np+1}}\ \rho_G \frac{1}{A_c} = G' \\ \overset{m^3/s}{L_0}\ \rho_L \frac{1}{A_c} = L' \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{L_0 \rho_L}{E_{Np+1}\rho_G} = \frac{L'}{G'} \rightarrow$$

حال به سراغ شکل (۱۴-۸) می‌رویم
ص ۴۵۳

البته گاهی قطر بالا و پایین ستون با هم متفاوت است.

برای استفاده از شکل (31-8) تا جایی ادامه می‌دهیم که به $\frac{\Delta P}{Z}$ توصیه شده در مرحله ۴ برسیم:

جذب و دفع: 300 ، تقطیر ← فشار atm: 500

خلأ: 24

اگر جریان بالا ← خلأ سطح تماس خیلی کم شود

C_f → نوع پکینگ

یکی از مشکلات تأثیر در خصوصیات فیزیکی است ⇐ تمام فرضیات ما باید جوری باشد که حتماً در safe site باشد. (شاید هم ممکن است کم یا زیاد شود)

که یعنی انتقال جرم انجام شود (طول در اندازه‌های کافی و زمان کافی باشد)

با بدست آوردن عدد محور y تنها چیزی که مجهول است G است ⇐ G بدست می‌آید.

$$G' = \overset{m^3/s}{E_{Np+1}}\,\rho_G\,\frac{1}{A_c} \Rightarrow A_c = \text{بدست می‌آید} = \frac{\pi}{4}D^2$$

قطر ستون بدست می‌آید

اگر A_c متغیر باشد:

انتقال جرم از فاز گاز به مایع داریم ⇐ بیشترین دبی گاز و مایع موجود در پایین است.
چون مایعی که از بالا به پایین می‌آید فرض بر این است که چیزی از مایع به گاز منتقل نمی‌شود (یعنی حلال کاملاً صحیح انتخاب می‌شود) [فقط انتقال از گاز به مایع است]

⇐ در ستون جذب بر مبنای پایین طراحی می‌کنیم

⇐ " " دفع " " بالا " "

صحیح‌تر: هم بر مبنای بالا و هم بر مبنای پایین طراحی می‌کنیم. اگر اختلاف بیش از ۲۰٪ بود، قطر بالا و پایین ستون متفاوت است (ستونی با دو قطر)

هرگاه جریانی به ستون وارد یا از ستون خارج می‌شود احتمال تغییر قطر وجود دارد و گرنه باید خصوصیات داخلی را تغییر دهیم.

ادامه‌ی مثال ۵ ص ۴۶۱ :

* آیا ستونی با یک قطر مناسب خواهد شد؟ برای حل این سؤال باید هم بر مبنای بالا و هم بر مبنای پایین ~~[illegible]~~، جداگانه حل کنیم. اگر اختلاف بیش از ۲۰٪ باشد بر مبنای دو قطر و اگر اختلاف کمتر از ۲۰٪ باشد بر مبنای تک قطر.

* بر مبنای پایین ← خصوصیات فیزیکی پایین (خصوصیات فیزیکی مال پایین ـ برای خصوصیات فیزیکی مایع هم باید بگیم در پایین به چه حالتی رسیده است و خصوصیات فیزیکی پایین مایع را قرار دهیم)

~~[illegible]~~

بر مبنای بالا ← خصوصیات فیزیکی بالا

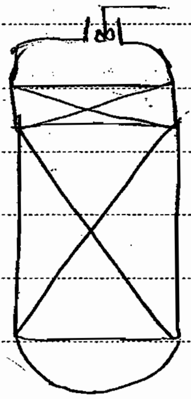
؟؟

* کشش بین سطحی مهم‌ترین پارامتر است. در حالت استخراج مایع ـ مایع و کشش سطحی متوسط بین بالا و پایین است.

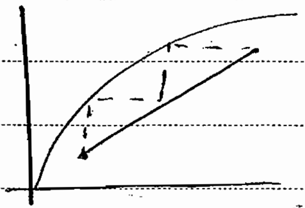
بدست آوردن ارتفاع :

ستون دیفرانسیلی و مرحله‌ای :

~~[illegible]~~ ارتفاع ستون دیفرانسیلی هم بصورت دیفرانسیلی و هم بصورت مرحله‌ای قابل دستیابی است. روشی که ساده و قابل اعتماد است مرحله‌ای است.



ستون مقابل دیفرانسیلی است و برای حل از روش مرحله‌ای استفاده کردیم.



۲ مرحله‌ی تئوری

$$\text{تعداد مراحل واقعی} = \frac{\text{تئوری}}{\text{راندمان}}$$

Subject: ....

Year.......... Month.......... Date.......... ( )

HETP* : ارتفاع معادل با سینی ایده آل است که بصورت مرحله‌ای کار می‌کند ⇐ ارتفاعی از یک ستون دیفرانسیلی است که بصورت مرحله‌ای کار می‌کند.

ایده آل یا تئوری ؟؟

$Z = N_p\ HETP$ → ایده آل

* سؤال) اگر packing ها pallring و افت فشار 17mmH2O باشد، از ص ۴۵۷ برای HETP ها استفاده می‌کنیم. اگر افت فشار از 17mmH2O کمتر باشد HETP بیشتر می‌شود یا کمتر؟ توضیح: چون هرچه ارتفاع بیشتر باشد، افت فشار بیشتر است و چون که افت فشار زیاد شده، ارتفاع باید کم شود.

* سؤال) این اعداد ص ۴۵۷ برای Saddle و Rasching هم قابل استفاده است. حال وارد این دوتا HETP کمتر می‌شود یا بیشتر؟ توضیح: بیشتر

ص ۴۵۸ و ص ۴۵۹ خوانده شود.

HTU: Heat of Transfer Unit

* اگر ستون آلوده باشد با قطر کم ستون پرشده و با قطر زیاد ستون سینی دار مناسب‌تر است.

مثال ۴ و مثال ۵ و مثال ۶ خوانده شود.

مسائل آخر فصل: فقط مربوط به ستونهای پرشده.

Sunwood

جلسه‌ی ۱ ام ۸۷/۱۰/۱۵

فصل نهم جذب

ص ۴۷۵:

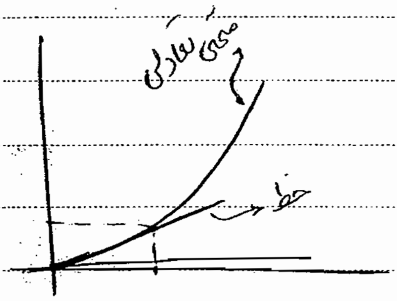
m : ثابت تعادل

x : جزء مولی جزء منتقل شونده در فاز مایع

y^* : " " " " گاز

* ممکن است منحنی تعادلی ما به شکل منحنی باشد اما محدوده‌ای که در آن کار می‌کنیم در حد کوچک باشد و فقط با قسمت خطی منحنی تعادلی سروکار داشته باشیم.

⇐ در اغلب موارد در منطقه‌ی عملیاتی ما منحنی تعادلی به شکل خط است *



* انتخاب حلال:

حلالیت گاز در حلال: به صورت selective است و حلالیت باید بسیار بالا باشد.

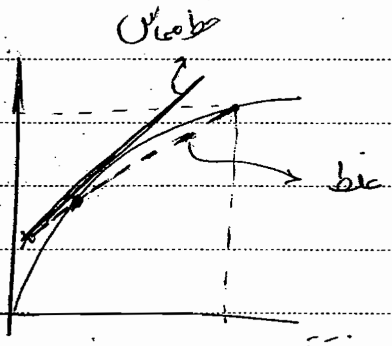
R : L , E : G

ص ۴۷۸: خط عمل در جذب بالا است. (E → R)

شکل (۹-۵): نقطه‌ی $\begin{array}{|l} X_2 \\ Y_2 \end{array}$ کاملاً مشخص است

ص ۴۷۹:

شکل (۹-۶): در جریان موافق باید مماس رسم کرد.



ص ۴۸۵:

شکل (۹-۹): دومی می‌تواند موازی و هم سو باشد چون عمل انتقال جرم در ستون اول (موازی و همسو) صورت گرفته است.

Subject: ....

Year.............. Month............ Date..............( )

صـ ۴۸۹ :

آیا روش $Z = N_p \times HETP$ برای رسیدن به ارتفاع درست است؟ بله درست است ولی در مقایسه با روش دیفرانسیلی که در ادامه گفته می‌شود دقیق نیست.

صـ ۴۹۴

HETP : در ارتباط با هر ستونی صحیح است.

آیا در ستون spray تعریف HETP معنی دار است؟ بله معنی دار است. HETP ارتفاع معادل یک مرحله ایده آل برای یک ستون دیفرانسیلی است که با فرض مرحله ای بودن حل می‌شود.

آیا انتظار دارید که HETP در ستون پر شده کمتر است یا پاشنده؟ پاشنده. چون در ستون پر شده همین packing ها باعث افزایش سطح تماس و افزایش تلاطم و در نتیجه افزایش ضریب انتقال جرم می‌شود.

صـ ۴۹۳ : ارتفاع ستون دیفرانسیلی .... : جدید است. (صـ ۴۹۳ و صـ ۴۹۴ و صـ ۴۹۵ جزوه)

این روش برای هر نوع ستون دیفرانسیلی صحیح است

فرض کنیم انتقال جرم از گاز به مایع داریم (جذب) : روابط صـ ۴۹۴

المانی به در نظر گرفته‌ایم می‌تواند packed باشد، spray، دیوار مرطوب و ... باشد

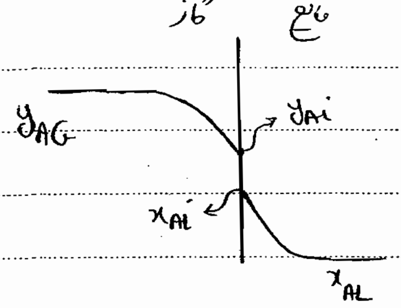
$d(Gy)$: کل انتقال جرم صورت گرفته از گاز به مایع

کل انتقال جرم صورت گرفته داخل المان می‌تواند به صورت $N_A \,|\, \cdot \overset{\text{سطح ویژه}}{a} \,|\, \cdot S \,|\, dz$ باشد:

$$\frac{Kmol}{m^2 \cdot s} \quad \frac{m^3}{\cancel{s}\, m^2} \quad m^2 \quad = \frac{Kmol}{s}$$

Sunwood

Subject:
Year. Month. Date. ( )



$$*\ N_A = F_G \ln \frac{1-y_{Ai}}{1-y_A}$$

از پایین ستون (y_{A2}) تا بالای ستون (y_{A1}) متغیر است.

$$N_A = k_G (y_A - y_{Ai})$$

$$G_S = G(1-y) \Rightarrow G = \frac{G_S}{1-y} \Rightarrow d(Gy) = G_S \frac{dy}{(1-y)^2}$$

$$\Rightarrow d(Gy) = \underset{\left(\frac{G_S}{1-y}\right)}{G} \frac{dy}{1-y}$$

H_{tG} : Height of Transfer unit (بر مبنای فاز گاز) $= \frac{G}{F_G \cdot a}$ ~~[illegible]~~

Gas

(رابطه‌ی ۹_۳۰) مهم است

(شکل ۹_۱۴) صفحه ۴۹۶ : چون $x-y$ است پس به جای خط عملیاتی منحنی عملیاتی داریم. ولی اگر سیستم در حد رقیق بود باز هم خط عملیاتی داشتیم

حل انتگرال y_{Ai} نداریم نسبت y_A داریم که از y_{A1} (پایین) تا y_{A2} (بالا) متغیر است.

برای هر نقطه باید با استفاده از اطلاعات فصل ۵ و انتهای کتاب منحنی ~~[illegible]~~ عملیاتی موازنه را رسم کنیم. پس از روی منحنی تعادلی y_{Ai} را بخوانیم

y_A	y_{Ai}	$\frac{1}{(1-y)\ln\frac{1-y_{Ai}}{1-y}}$
y_{A1}	✓	⋮
⋮	✓	⋮
⋮	⋮	⋮

$\Rightarrow H_{tG} =$ مساحت زیر

Sunwood

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$\frac{L}{F_{OL}\cdot a}$$

$$Z = H_{tG}\cdot N_{tG} = H_{tL}\cdot N_{tL} = H_{toG}\cdot N_{toG} = H_{toL}\cdot N_{toL}$$

$$N_A = \frac{N_A}{N_A+N_B} F_L \ln\frac{1-x}{1-x_i}$$

جای غلط زیاد است

می‌توانیم N_{tL} بدست آوریم:

$$H_{tL} = \frac{L}{F_L\cdot a}$$

$$N_{toG} = \frac{N_A}{N_A+N_B} F_{OG} \ln\frac{1-y_A^*}{1-y_A}$$

می‌توانیم N_{toG} را بدست آوریم

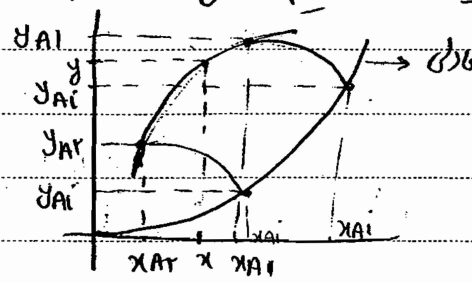
$$H_{toG} = \frac{G}{F_{OG}\cdot a}$$

یه سوال از فصل ۹ حتماً داریم.

* ستونی با بالا و پایین معلوم داریم (y_{A1} و y_{A2} داریم) بقیه‌ی y_A ها را چه جوری انتخاب می‌کنیم؟

y_A	
0.07	
⋮	
0.01	

باید معادله منحنی عملیاتی $x-y$ را تشکیل دهیم. x را بین x_{A1} و x_{A2} انتخاب می‌کنیم و سپس در معادله منحنی عملیاتی قرار می‌دهیم و y متناظر بدست می‌آید



الآن فقط والله نمره کول!!! اگه سر نزه!!!

امثال‌های حل شده کتاب + مرتبط‌ترین سال‌ها (٪۶۰ سوال‌ها)

Basis 100 g mol Air

مثال

composition	g mol	وزن مولکولی MW	mass (g)
O_2	21	32	672
N_2	79	28	2228
total	100		2900

$$MW_{air} = \frac{2900\ g}{100\ g\ mol} = 29\ \frac{g}{g\ mol}$$

تعریف : * جرم ویژه Density

$$\frac{kg}{m^3},\ \frac{lbm}{ft^3},\ \frac{g}{cm^3}$$

← در جامدات با درجه حرارت تغییر می‌کند

← مایعات و گازها با درجه حرارت و فشار تغییر می‌کند

* چگالی specific gravity

← اگر نگویند نسبت به چیست دلیل براین است که نسبت به آب در دمای 4°C است

$$sp.gr_A = \frac{\rho_A}{\rho_{ref}} \qquad \rho_A = sp.gr . \rho_{ref}$$

* در مایعات و جامدات : جسم خودمان در دمای محیط چگالیش اندازه گرفته شده.

← جسم مبنا در دمای 4°C چگالیش اندازه گرفته شده و غالباً آب است.

$\rho_{ref} = \rho_{water, 4°c} = 62.4\ \frac{lbm}{ft^3}$ در سیستم انگلیسی ، و $\rho_{water} = 1$ در سیستم SI

← حواسمان باشد که دانسیته و چگالی با هم یکی نیست ولی در SI
چون $\rho_{water} = 1$ است یکسان است.

* در گازها که باید بگویند در چه دما و فشاری چگالیش اندازه گرفته شود.

← سیستم آمریکایی به جای چگالی از °API استفاده شود.

American petrolium institute

$$°API = \frac{141.5}{sp.gr\ \frac{60°F}{60°F}} - 131.5$$

← این رابطه از کجا آمده و چه چیزی را نشان می‌دهد؟

barrel of crude oil = 42 us gallon = 158.987 lit

$$\Rightarrow L^3T^{-1} = M^{a+c}L^{-a+b-c}T^{-2a-c}$$

$$\begin{cases} a+c=0 \\ -a+b-c=3 \\ -2a-c=-1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a=-1 \\ b=3 \\ c=-1 \end{cases}$$

h در اینجا واحد ندارد چون واحد فشار یا طول یا ویسکوزیته نمی‌تواند واحدی خر واحده ر گوز شده باشد

* مسئله) $d = 16.2 - 16.2e^{-0.021t}$ این رابطه را به گونه‌ای تبدیل کنید که μm به in و s به min تبدیل شود.

روش اول)

$$16.2\ \mu m \left|\frac{1\ m}{10^6\ \mu m}\right|\frac{100\ cm}{m}\left|\frac{1\ in}{2.54\ cm}\right. = 0.35\times10^{-4}\ in$$

$$\frac{-0.021}{s}\left|\frac{60s}{min}\right. = -1.26\ min$$

$$\Rightarrow d' = 6.38\times10^{-4}\ (1-e^{-1.26t'})$$

روش دوم)

$$d = d'\ in\left|\frac{2.54\ cm}{1\ in}\right|\frac{1\ m}{100\ cm}\left|\frac{10^6\ \mu m}{1\ m}\right. = 2.54\times10^4\ d'$$

$$t = \frac{t'\ min}{}\left|\frac{60s}{min}\right. = 60t'$$

$$2.54\times10^4\ d' = 16.2\ (1-e^{-1.26t'})$$

$$d' = 6.38\times10^{-4}\ (1-e^{-1.26t'})$$

* حرکت سیال داخل لوله

حرکت یکنواخت Laminar

۱. مولکول‌ها یک خط مستقیم را طی کنند

۲. مولکول‌ها عمود بر مسیر هم حرکت کنند
حرکت درهم Turbulent

۳. حرکت از مستقیم به عمودی
transitional

اعداد بدون بعد (Dimentionless no <=

$$Reynolds\ No = \frac{\rho v D}{\mu}$$

* کاربرد mole { واکنش های شیمیایی
جذب سطحی adsorption

$$g\,mole = \frac{mass\ in\ g}{MW}$$

$$lb\,mo = \frac{mass\ in\ lb}{MW}$$

$$kg\,mol \quad \frac{mass\ in\ kg}{MW}$$

Basis 2 lb NaOH

$$2lb\ NaOH\left|\frac{1\,lbmol\ NaOH}{40\ lb\ NaOH}\right. = 0.05\ lb\,mol$$

$$2lb\ NaOH\left|\frac{454g}{lb}\right|\frac{gmol}{40g} = 22.7\,gmol$$

$$0.05\ lbmol\quad \frac{454\ gmol}{1bmol} = 22.7\ gmol$$

مسئله : $7.5g\ mol_{NaOH}$

Basis is 7.5 gmol

$$7.5\ gmol\ NaOH\left|\frac{40\ gNaOH}{gmol\ NaOH}\right.$$

حل تمرین مسائل جلسه اول

= به نام خدا =

dimensional Consistency

در هر رابطه ترم‌هایی که باهم جمع می‌شوند باید از نظر ابعادی یکسان باشند.

$$H = a + bT + cT^2$$

$778\ lbf \cdot ft = 1 Btu$

$1\ lb\,mol = 454\ gr\,mol$

$[H] = \frac{Btu}{lb\,mol} \qquad [T] = {}^\circ R$

$$\Rightarrow [a] = \frac{Btu}{lb\,mol} \qquad [Tb] = \frac{Btu}{lb\,mol} \Rightarrow [b] = \frac{Btu}{lb\,mol\,{}^\circ R}$$

* اصل همگنی ابعاد
۱. ترم‌هایی که باهم جمع می‌شوند باید از نظر ابعادی یکسان باشند
۲. دو طرف معادله نیز حتماً باید از نظر ابعادی.

گاز واندروالس

اصلاح نیروهای بین

$$\left[P + \frac{a}{\hat{v}^2}\right](\hat{v} - b) = RT$$

حجم مخصوص

اصلاح حجم

$[P] = Pa \qquad [\hat{v}] = \frac{m^3}{g\,mol}$

$[T] = K$

* وقتی رابطه‌ای را داریم باید از خودمان بپرسیم آیا ضرایب رابطه دارای بعد هستند یا نه؟

$$\left[\frac{a}{\hat{v}^2}\right] = [P] = Pa \Rightarrow [a] = \frac{Pa\,m^6}{g\,mol^2}$$

$\left[\frac{m^3}{g\,mol}\right]$

$[b] = \frac{m^3}{g\,mol}$

$$\Rightarrow [R] = \frac{Pa\,m^3}{g\,mol\ K}$$

$R\ [=]\ \frac{\text{فشار} \times \text{حجم}}{\text{درجه حرارت} \times \text{مول}}$

بعد R در تمام سیستم‌ها

کلاس (2)

(23

$$h_{fg} = 122.7\,(T_c - T)^{\frac{1}{3}}$$

T_c: °R → K; T: °R

$\frac{Btu}{lbm}$ → $\frac{J}{g}$

sensible heat
تبادل حرارتی باعث اختلاف دما می‌شود

latent heat
" باعث اختلاف دما نمی‌شود

$$122.7\ [=]\ \frac{Btu}{lbm\,({}^\circ R)^{\frac{1}{3}}}$$

① روش تبدیل ضریب:

بعد ضریب را تبدیل به آنچه می‌خواهیم می‌کنیم.

$$\frac{122.7\ Btu}{lbm\,{}^\circ R^{\frac{1}{3}}}\left|\frac{1055\ J}{Btu}\right|\frac{1\ lbm}{454\ g}\left|\left(\frac{1.8\,{}^\circ R}{K}\right)^{\frac{1}{3}}\right. = 347.2\ \frac{J}{g\,K^{\frac{1}{3}}}$$

$$h'_{fg} = 347.2\,(T'_c - T')$$

② روش جایگزینی: جای h_{fg} و T ها برحسب معادل‌های جدیدشان می‌گذاریم.

h_{fg} را در چه صورت شده تا h'_{fg} را بتوانیم جایگزین کنیم.

$$h_{fg} = h'_{fg}\ \frac{J}{g}\left|\frac{454\ g}{lbm}\right|\frac{Btu}{1055\ J} = 0.4299\ h'_{fg}$$

* اگر تابع ریاضی داشته باشیم مثل log و ... ارجحیت با روش جایگزینی است.

* یک مسئله تحلیل ابعادی

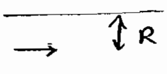
L^3T^{-1}

$$Q \propto \Delta P^a\ R^b\ \mu^c \Rightarrow Q = h\,\Delta P^a R^b \mu^c$$

دبی حجمی

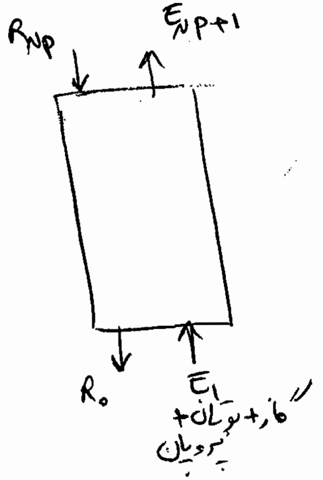
$$L^3T^{-1} = h\,(MT^{-2}L^{-1})^a (L)^b (ML^{-1}T^{-1})^c$$

جرم



(1)

گرانروی = نشان دهنده مقاومت داخلی سیال در برابر جریان است. = $\frac{g}{cm \cdot s}$



$E1$

پروپان) $P_t y_i = P_i^* x_i$

بوتان) $P_t y_i = P_i^* x_i$

فشار بخار اشباع پروپان = 981000 pa

بوتان " " " = 265000 pa

$(R_{Np})_{min} = ?$

بوتان را بیشتر از پروپان در نظر می‌گیریم.

۷562.

$y_1 = 0.1 \rightarrow Y_1 = 0.11$

$x_{Np} = 0 \rightarrow X_{Np} = 0$

$y_{Np+1} = 0 \rightarrow Y_{Np+1} = 0$

$x_0 \times 265 = 294 (0.1) \rightarrow x_0 = 0.11 \rightarrow X_0 = 0.12$

~~$E1 = 1000 \frac{m^3}{hr} \Big| \frac{kmol}{m^3} =$~~

~~$\frac{0.11}{0.12} =$~~

~~$\frac{kmol}{m^3} = 0.04464$~~

$E_s = E_1 (1 - y_1) = 900 \frac{m^3}{hr} \Big| \frac{kmol}{m^3} = 44.64$

$\frac{kmol}{m^3} \boxed{=} 0.0496 = \frac{kg}{m^3} \Big| \frac{kmol}{kg} = 579 \times 58$

~~$\rho_{C_4H_{10}}$ بوتان $= \frac{۲۹٤000 \times 58}{8314 \times 303.15}$~~

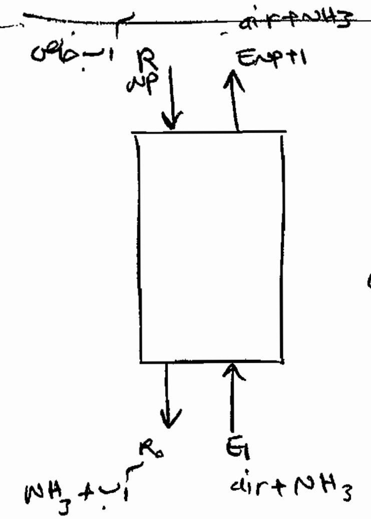
$\frac{Y_1 - Y_{Np+1}}{X_0 - X_{Np}} = \left(\frac{R_s}{E_s}\right)_{min}$

$C_4H_{10} = 58$

$\rho_{C_4H_{10}}$ بوتان $= 579$

$1000 \frac{m^3}{hr} \Big| \frac{579\,kg}{1m^3} \Big| \frac{kmol}{58\,kg} =$

min → حالت تعادل



$d = 0.625$ m

۸۰٪ آمونیاک جذب شود؟

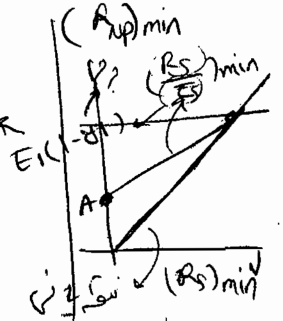
$T = 20°C$

$P = 1atm$

حجمی $E_1 = 0.67 \frac{m^3}{s}$

مولی $y_1 = 0.035$

$Y_{Np+1} = 0.2\, Y_1$



الف) دبی آب در حالت طغیان؟

$M_1 = 28.6$

$\rho_G = 1.189\ kg/m^3, \quad \rho_L = 1000\ kg/m^3$

منحنی تعادل $\boxed{Y = 1.075 X}$

$\frac{29.02x}{12.02x + 17} = 0.035 \rightarrow$ جرمی $y_1 = 0.021$

جرمی $Y_1 = 0.021$

$\begin{cases} X_0 = 0 \\ Y_1 = 0.021 \end{cases}$

$\begin{cases} X_{Np} \\ Y_{Np+1} = 4.25 \times 10^{-3} \end{cases}$

$NH_3 = 0.035 \times 0.8 \times G_m$

$L_m = \checkmark$

$L_m = R_{Np} + NH_3$

$R_{Np} = \checkmark$

$G_m = 0.67 \frac{m^3}{s} \Big| \frac{1.189\,kg}{m^3} \Rightarrow G_m = 0.79663\ kg/s$

$G' = 2.598 \frac{kg}{m^2 \cdot s}$

قطر: $\frac{G'^2 \mu_L^{0.1} C_f}{\rho_G(\rho_L - \rho_G)} = \checkmark \xrightarrow[\text{approximate flooding}]{\text{خط}}$ x قطر $= \checkmark = \frac{L_m}{G_m}\left(\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G}\right)^{0.5}$

Table 7

OTA EQUIPMENT LIST

S/N	Description		Code	Qty.	UNIT
1	**Service Server&Integrate Interface server**				
1.1	HOST	HP DL 380G4 OS Linux		2	SET
	Each Config:	CPU	Xeon 2.8G	2	PCS
		Memory	1024MB	1	PCS
		Hard Disk	36GB	2	PCS
		Communication Netcard		2	PCS
		Detecting Netcard		1	PCS
1.2	OMM CLIENT				
1.2.1	OMM STATION			1	
		PIV2.4G/512M/40G/LAN/CD/15"			
1.2.2	BUSINESS STATION			1	
		PIV2.4G/512M/40G/LAN/CD/15"			
1.2.3	Printer	Laser Printer supporting Windows XP		1	
2	**Software**				
2.1	Turbo Linux data server 7.0			2	SET
2.1	WINDOWS XP 2003 SERVER or latest Ver.（10 USERS）		For OTA client	1	SET
2.2	Sybase ASE 12.5 for Linux			1	SET
2.3	HA clusert software			2	Set
2.4	System software			1	Set
2.5	SMPP software			1	200SM/Sec
2.6	WAP Protocol software			1	Set
2.7	CIMD Interface			1	Set
2.8	UCP Interface			1	Set
2.9	Call center Interface			1	Set

$$j_H = 1.627 \times 10^{-3}\, Re^{-0.2}$$

$$N_A \cancel{M_A} S = dc_A\, u\, S' \cancel{M_A}$$

$$k_y (y_{Ai} - y_A)\, \pi d\, dx = cu \frac{\pi}{4} d^2\, dy_A$$

$(y_A)_{gas}$ ✓

$$j_D = 1.627 \times 10^{-3}\, Re^{+0.8}\, Sc^{1/3} = \frac{Sh}{\cancel{Re\,Sc}}\, Sc^{2/3}$$

$$Re = \frac{\rho u d_i}{\mu}$$

$\overline{Sh} = Sh_{nc} + ۰/۳۴۷(Re\,Sc^{۰/۵})^{۰/62}$

$Gr = \frac{g\,l^{۳}\Delta\rho}{\rho}\left(\frac{\rho}{\mu}\right)^{2}$ ۱۰۰۵ ۵۵۰۵ ۶۰

$Gr = ۷۹۱۲۲/۳۴$ $< ۱۰^{۸}$

$Sc = ۷۷۷/۸۹$

$\boxed{Sh_{nc}} = ۲ + ۰/۵۶۹\,(Gr\,Sc)^{۰/۲۵} = 52/4$

$\overline{Sh} = 818/17 = \frac{\bar{F}\,d}{cD}$ (کل) صرف نظر از تعریف $\overline{Sh} = \frac{\bar{k}\,d}{D}$

~~$\overline{Sh} = 52/42$~~

$\overline{Sh} = \underline{\underline{Sh_{nc}}} + ۰$

$\boxed{Re = ۰}$

۲ دومین مراجعه زن، سه ماه بعد از گذاشتن I.U.D خواهد بود.

۳ سومین مراجعه زن شش ماه بعد از گذاشتن I.U.D خواهد بود.

۴ زن باید هر سال یک بار تا وقتی که از I.U.D استفاده می‌کند به پزشک و یا به مرکزی که I.U.D را گذاشته است مراجعه کند. همچنین انجام آزمایش پاپ اسمیر (تست تشخیص سرطان "دهانه رحم") سالی یک بار تا سه نوبت الزامی است و چنانچه نتایج هر سه نوبت آزمایشات پاپ اسمیر منفی باشد انجام آزمایش پاپ اسمیر هر سه سال یک بار باید تکرار شود.

این مراجعات علاوه بر اینکه خانم‌ها را از وجود و موقعیت درست I.U.D مطمئن می‌کند یک بررسی برای سلامتی آنان نیز محسوب می‌شود که بسیار مفید خواهد بود.

پس از اتمام اثر I.U.D می‌توان آنرا خارج کرده و در صورت تمایل زن به ادامه این روش، بلافاصله I.U.D دیگری را جایگزین کرد. بهتر است خارج ساختن ارادی I.U.D نیز در روزهای قاعدگی صورت گیرد.

نکات الزامی مورد رعایت در خصوص استفاده کنندگان از I.U.D

۱- خانم‌ها باید توجه داشته باشند که در ماه اول بعد از گذاشتن I.U.D بهتر است از وسیله مطمئن دیگری نیز استفاده کنند چرا که در ماه اول، تأثیر I.U.D کامل نیست و احتمال حاملگی بالاتر از مواقع دیگر است.

۲- خانم‌هایی که I.U.D دارند اگر به مدت طولانی از بعضی از انواع داروهای مسکن استفاده می‌نمایند باید در مدت استفاده از این داروها علاوه بر I.U.D از روش دیگری نیز جهت جلوگیری از بارداری استفاده نمایند.

۳- رعایت نظافت و بهداشت دستگاه تناسلی بخصوص در زنانی که از I.U.D استفاده می‌کنند از بروز عفونت پیشگیری می‌کند و بسیار حائز اهمیت است.

مزایای I.U.D

۱- روشی طولانی اثر است و یکبار گذاشته شده و تا ۸ سال باعث جلوگیری از بارداری می‌گردد. (نوع TCU 380 A)

۲- نیاز به یادآوری ندارد.

۳- نیاز به تعویض ندارد.

۴- اثری بر نزدیکی زن و مرد ندارد.

۵- برای زنان شیرده روش مناسبی بوده و هیچ اثری بر روی شیرخوار و ترکیب شیر مادر ندارد.

۶- بر روی حاملگی بعدی آثار زیان‌بار ندارد

۷- احتمال حاملگی با I.U.D کم می‌باشد. به‌طور متوسط از هر ۱۰۰ زن استفاده‌کننده در طول یک سال ۰/۵ تا ۵ درصد احتمال حاملگی وجود دارد.

۸- کارگذاشتن و خارج کردن آن سریع و راحت است و نیاز به بستری شدن در بیمارستان ندارد.

۹- بعد از خارج کردن I.U.D قدرت باروری بازگشته و حاملگی به‌طور طبیعی صورت می‌گیرد.

۱۰- دخالت مصرف‌کننده در نحوه استفاده از آن بسیار ناچیز است.

۱۱- موجب افزایش وزن نمی‌شود.

۱۲- ارزان است و در برخی از کشورها نظیر ایران در مراکز بهداشتی - درمانی به‌طور رایگان ارائه و جایگذاری می‌شود.

عوارض I.U.D

بعد از گذاشتن I.U.D در تعدادی از استفاده‌کنندگان ممکن است عوارضی رخ دهد که در اغلب موارد چندان جدی نیست و به راحتی قابل درمان می‌باشد و وجود آنها معمولاً باعث قطع مصرف I.U.D نخواهد شد ولی باید از این عوارض مطلع بود. این عوارض عبارتند از :

- خونریزی زیاد قاعدگی و لکه‌بینی

اگر لکه‌بینی و خونریزی زیاد بیش از ۸ تا ۱۰ هفته طول بکشد و درمان دارویی مؤثر نباشد، I.U.D باید برداشته شود ولی معمولاً بعد از چند دوره قاعدگی، این وضعیت بهبود یافته و قاعدگی فرد به وضعیت طبیعی باز خواهد گشت و اغلب اوقات میزان این خونریزیها فقط کمی بیشتر از مواقع دیگر است و مسئله نگران کننده‌ای نیست اما در هر حال چنانچه خونریزی بیش از ۸ تا ۱۰ هفته طول کشید باید I.U.D خارج شود.

متوسط خونریزی با I.U.D پلاستیکی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد و با I.U.D مس‌دار ۲۰ تا ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. خونریزی زیاد قاعدگی، شایع‌ترین شکایت زنان استفاده‌کننده از I.U.D است و ۴ تا ۱۵ درصد علت خارج کردن آن، بعد از گذشت یک سال می‌باشد.

پایان ترم -۱۵

مسأله ۲)

$$\begin{cases} y_{AG} = ۰/۱۲ \\ x_{AL} = ۰/۰۰۱ \end{cases}$$

$k_L = ۲/۵\times۱۰^{-۴}$

$k_G = ۱/۲\times۱۰^{-۹}$

$y = 80/6\ x$

الف) $N_A = k_L\, C (x_{Ai} - x_{AL})$

$k_x = k_L C \rightarrow \frac{950}{18}$

$k_y = k_G P_t$

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{y_{Ai} - y_{AG}}{x_{Ai} - x_{AL}} = -\frac{k_x}{k_y} \\ &y_{Ai} = 80/6\ x_{Ai} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} x_{Ai} = \checkmark \\ y_{Ai} = \checkmark \end{cases}$$

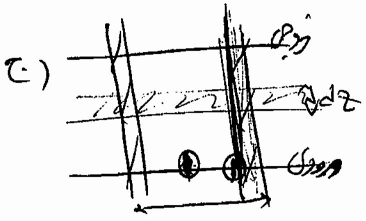
ب) $m = m' = m'' = m''' = 80/6$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m'' k_y}$$

ع6 : $\dfrac{\frac{1}{k_x}}{\frac{1}{K_x}}$

؛6 : $\dfrac{\frac{1}{m'' k_y}}{\frac{1}{K_x}}$

ج)



$d = ۰/۱۵\ m$

$u = 5\ m/s$

$P_t = 1atm$

$T = 25°C$

$\rho_L = 950$

$M_{H_2O} = 18/02$

ورودی① $\{ y_{AF}\ ۰/۱۵$

خروجی① $\{ y_{A1} = ۰/۰۰۵$

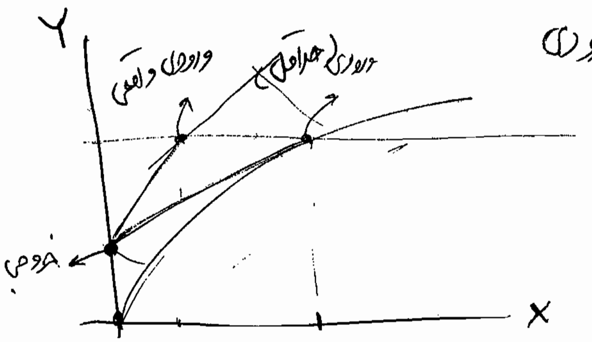
۱② $\{ y_{A2} = y_{Ai}$, x_{AL}

② $\{ y_{A2} = y_{Ai}$, x_{A1}

$N_A M_A S = (d C_A) u' S' M_A$

$$\boxed{k(y_A - y_{Ai})}\ \pi d\, dz = \frac{P}{RT} u \frac{\pi}{۴} d^۲\, dy_A$$

$y = 80/6x \Rightarrow \frac{Y}{1+Y} = 80/6 \frac{X}{1+X} \Rightarrow Y = f(X) = \checkmark$



ورودی | $x_{AL} = ?\ \rightarrow X_{AL} = ?$
$y_{AG} = ۰/۱۵ \rightarrow Y_{AG} = \checkmark$

خروجی | $x_{AL} = ۰ \rightarrow X_{AL} = ۰$
$y_{AG} = ۰/۰۰۵ \rightarrow Y_{AG} = \checkmark$

$$\frac{Y_{AG} - Y_{AG}}{X_{AL} - X_{AL}} = \left(\frac{R_S}{E_S}\right)_m \Rightarrow X_{AL} = \checkmark$$

R_S واقعی $= 5\ (R_S)_m \Rightarrow$

$$\frac{Y_{AG} - Y_{AG}}{X_{AL} - X_{AL}} = \left(\frac{R_S}{E_S}\right)_{\text{واقعی}} = \checkmark \Rightarrow$$

X_{AL} واقعی $= \checkmark \Rightarrow$

x_{AL} واقعی $= \checkmark$

ورودی | $x_{AL} = \checkmark$, $y_{AG} = \checkmark \longrightarrow -\frac{k_x}{k_y}$ ورودی $\Rightarrow x_{Ai}, y_{Ai}$ بدست می‌آید $\left(\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y}\right)$

خروجی | $x_{AL} = \checkmark$, $y_{AG} = \checkmark \longrightarrow -\frac{k_x}{k_y}$ خروجی $\Rightarrow x_{Ai}, y_{Ai}$ بدست می‌آید $\left(\frac{y_{AG} - y_{Ai}}{x_{AL} - x_{Ai}} = -\frac{k_x}{k_y}\right)$

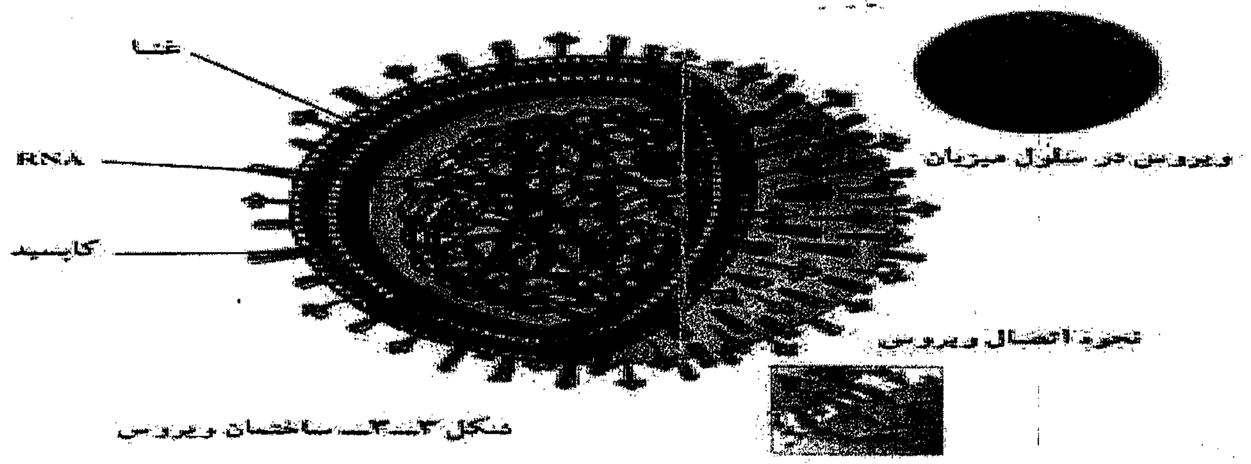
۳ــ به علت وقوع لیزوژنی، بدین معنی که باکتری به‌وسیله ویروس قبلاً آلوده شده و اسید نوکلئیک ویروس جزء ساخت ژنتیکی باکتری شده است. چنین باکتری‌ای در مقابل آلودگی مجدد ویروسی که اسید نوکلئیک خود را جزء ساخت ژنتیکی آن کرده است مقاوم یا ایمن است.

۴ــ برخی از ویروس‌ها برای اتصال به باکتری‌ها احتیاج به یون‌های خاصی دارند. علاوه‌بر این، دما و ماده غذایی موجود در محیط باکتری در فعالیت ویروس بی‌اثر نیست. بدیهی‌ست، فاژها در شرایطی قادر به متلاشی کردن باکتری‌ها هستند که محیط از هر حیث مساعد باشد.

با توجه به مطالب فوق، برای تشخیص باکتریوفاژها، فاژ را همراه با باکتری‌ها بر سطح آگار در داخل ظرف پتری کشت می‌دهند. چنانچه پس از رشد باکتری‌ها بر سطح آگار، مناطقی شفاف و عاری از باکتری به نام «پلاک» مشاهده شد، دلیل بر متلاشی‌شدن باکتری‌ها به‌وسیله فاژهاست. نبودن پلاک بر روی سطح آگار، نشان‌دهنده غیرفعال‌بودن فاژ در باکتری مورد نظر است.

هر پلاک ممکن است دارای $۱۰^{۶}$ تا $۱۰^{۸}$ عدد فاژ باشد. در صورت وجود پلاک، رشد آن‌ها به‌تدریج با کاهش فعالیت سوخت و سازی باکتری‌ها متوقف می‌شود. اگر غلظت آگار موجود در محیط کشت افزایش یابد، از اندازه پلاک‌ها، به علت کاهش سرعت انتشار فاژها در آگار کاسته می‌شود. اندازه پلاک‌ها به اندازه فاژ نیز بستگی دارد. فاژهای کوچک با سرعت بیشتری منتشر شده، قادر به متلاشی کردن باکتری‌های بیشتری هستند.

شکل پلاک‌های موجود بر سطح آگار با یکدیگر متفاوت است و بستگی به نوع فاژ دارد. پلاک‌ها ممکن است شفاف، کدر، دندانه‌دار، صاف و غیره باشند.



شکل ۳ـ۳ـ ساختمان ویروس

پایان ترم ۱۰۵)

سوال ۱-

$۲A \rightarrow ۳B$

$\boxed{N_B = -\frac{3}{2} N_A}$

$z = 2\,mm$
$T = 25°C$
$P = 1atm$
$D_{AB} = 2,2 \times 10^{-5}\ \frac{m^۲}{s}$

الف) توده گاز ① $x_{A1} = ۰/۶$, $x_{B1} = ۰/۴$

سطح آب ② $x_{A2} = ۰$, $x_{B2} = ۱$

$x_A = ۰/۳$
$x_B = ۰/۷$

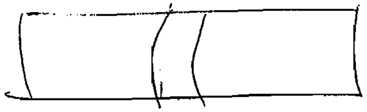
$N_A = -۲\ F \ln \frac{-۲-۰}{-۲-۰/۶}$

$\frac{N_A}{N_A + \underset{-\frac{3}{2}N_A}{N_B}} = -\frac{2N_A}{N_A}$

$C = \frac{PM}{RT}$

$M = ۰/۳M_A + ۰/۷M_B$

ج)

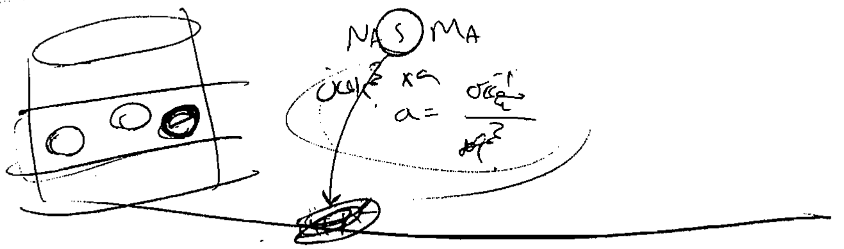


$N_A S \cancel{M_A} = dC_A\, u S' \cancel{M_A}$

$k(y_A - y_{Ai}) = \underset{a \times حجم}{a S' dz} = \frac{C}{RT} u S' dy_A$

$1m^2$

متغیر از ۰/۰۲ تا ۰/۰۶



$N_A \circled{S} M_A$

حجم × a

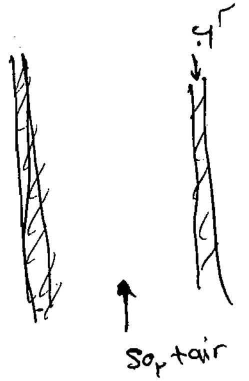
$a = \frac{سطح}{حجم}$

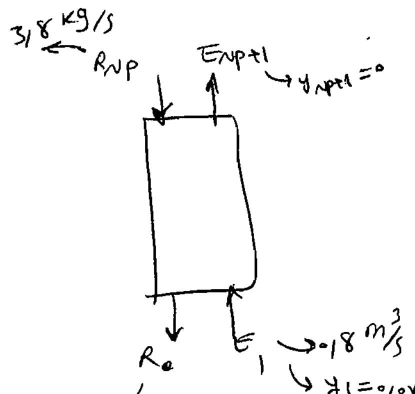
$\frac{\partial P}{\partial t} = S u^w (\ldots)$

$\frac{\partial P}{\partial p} = ۷.۱ - ۱/۰$

پایان ترم ۱۰)

مسئله ۳)





$E_1 \rightarrow ۰/8\ m^3/s \rightarrow E1 = \frac{P(۰/۸)M_{E1}}{RT} = ✓\ \frac{kg}{s}$

$y1 = ۰/۰۷$

مولی $M_{E1} = ۰/۰۷ \times ۶۴ + ۰/۹۳ \times ۲۹/۰۲ = ○$

$\rho_L = 1235$ $\mu_L = ۰/۰۰25$

پایین ؟ مبنا

الف) $۴۰۰ = \frac{\Delta P}{z} \Leftarrow$ آخر ستون؟

ب)

دیواره $= 8m$

نکات $= 1m$

$y1 = ۰/۰۷$ مولی $\rightarrow$ y_1 مولی $\rightarrow$ y_1 جرمی $= y_1 \times \frac{64}{29} \rightarrow$ جرمی $y1$

$\boxed{y_{Np+1} = ۰}$

$R_۰ = 3/8\ kg/s = G_m = ✓$
$L_m = R_{Np} + SO_۲$ انتقالی $= ✓$

$\frac{L_m}{G_m} = ✓$

انتقالی $SO_۲ = \underset{مولی جرمی}{E1\ y1 - ۰}$

$\rho_G = \frac{P M_{E1}}{RT} = ✓$

نمودار $\swarrow \rightarrow \frac{\Delta P}{z} = ✓ \rightarrow y$ نمودار $= ✓$

$G' = ✓ \rightarrow A_c = ✓ \Rightarrow D = ✓$

ب) دو سوال $\Delta P = \Delta P \times 8$

$P = P_1 - \Delta P$

$\rho_g = \frac{P M_{E_{Np+1}}}{RT_۲}$

$\frac{\Delta P}{z} = \int \frac{G'^۲}{\rho_g}$

۱- زنانی که یکبار زایمان کرده‌اند.

۲- زنان زایمان کرده‌ای که سابقه هیچگونه بیماری مقاربتی ندارند.

۳- زنان زایمان کرده‌ای که خواستار استفاده از یک روش پیشگیری از بارداری مناسب و طولانی مدت باکارآیی بالا هستند.

۴- زنانی که به‌علت عوارض جانبی یا بیماری‌های زمینه‌ای قادر به مصرف قرص‌های ضدبارداری خوراکی نمی‌باشند.

۵- زنانی که به فرزند خود شیر می‌دهند.

۶- زنانی که جهت استفاده از روش‌های دیگر پیشگیری از بارداری، مشکل دارند.

۷- زنانی که در دسته گروههای پرخطر⁽¹⁾ برای استفاده از روش‌های هورمونی قرار دارند.

۸- زنانی که بچه بیشتر نمی‌خواهند و در ضمن تمایل به استفاده از روش دائمی پیشگیری از بارداری هم ندارند.

چه زمانی برای گذاشتن I.U.D در داخل رحم مناسب است.

۱- I.U.D را در هر زمانی که حاملگی وجود نداشته باشد می‌توان گذاشت ولی بهتر است برای اطمینان از اینکه در زمان گذاشتن I.U.D حاملگی وجود نداشته باشد در روزهای خونریزی قاعدگی (روزهای ۵-۲) گذاشته شود. علاوه بر آن در این روزها گذاشتن I.U.D به‌دلیل نرم بودن دهانه رحم راحت‌تر است.

۲- در خانمی که تازه زایمان کرده و مایل است از I.U.D استفاده کند بهتر است ۶ تا ۸ هفته پس از زایمان I.U.D گذاشته شود.

۳- اگر زایمان به‌صورت سزارین باشد گذاردن I.U.D پس از ۶ تا ۸ هفته مانعی ندارد.

۴- بعد از سقط زیر ۱۲ هفته، بلافاصله می‌توان I.U.D را در رحم قرار داد.

۵- در صورتی که سقط بالای ۱۲ هفته باشد، شش تا هشت هفته بعد از آن می‌توان I.U.D را در رحم قرار داد.

طریقه گذاشتن I.U.D

پزشک باید قبل از گذاشتن I.U.D با انجام آزمایشات لازم (تست تشخیص سرطان دهانه‌رحم و... و تست

---

[1] High Risk

حاملگی) و معاینات بالینی دقیق از سلامت فرد استفاده‌کننده از I.U.D اطمینان کامل داشته باشد.

برای گذاشتن I.U.D خانم داوطلب روی تخت معاینه زنان، خوابیده و پزشک یا ماما بعد از تمیز کردن دهانه رحم، با وسیله خاصی گردن رحم را در وضعیت مناسب نگه داشته و I.U.D را از طریق سوراخ گردن رحم به داخل رحم هدایت می‌کند. این کار ناراحتی برای فرد داوطلب بوجود نمی‌آورد و به سادگی قابل انجام است.

در انتهای هر I.U.D نخی وجود دارد که بعد از گذاشتن I.U.D، دو سانتی‌متر از این نخ از دهانه رحم بیرون می‌ماند. در روز گذاشتن این وسیله به خانم‌ها آموزش داده می‌شود که چطور باید هر چند وقت یکبار نخ را لمس کنند تا از وجود I.U.D و موقعیت درست آن اطمینان پیدا کنند. اگر نخ I.U.D لمس نشود احتمال دارد که I.U.D خودبخود خارج شده و یا در داخل رحم جابجا شده باشد. بنابراین اگر نخ I.U.D لمس نشد می‌بایست به پزشک و یا مرکزی که در آن I.U.D گذاشته شده است مراجعه نمود.

علائم هشداردهنده به استفاده کنندگان از I.U.D

بعد از گذاشتن I.U.D باید مراقب بود تا در صورت بروز هر یک از موارد زیر فرد استفاده‌کننده به پزشک و یا به مرکزی که در آن I.U.D گذاشته شده است مراجعه نماید. این موارد عبارتند از:

۱- عقب افتادن قاعدگی

۲- لکه‌بینی و ادامه خونریزیها بیش از ۸ تا ۱۰ هفته

۳- بروز دردهای شکمی

۴- ترشح غیرعادی و عفونت

۵- احساس کسالت و تب و لرز

۶- لمس نشدن نخ I.U.D (ناپدید شدن نخ)

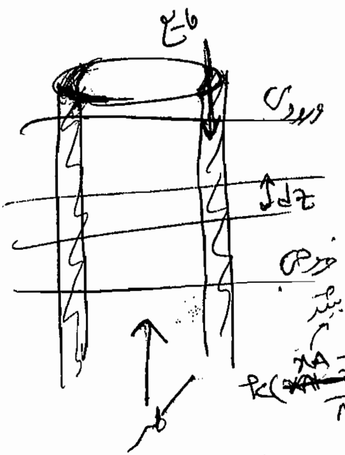
بلافاصله بعد از گذاشتن I.U.D ممکن است دردهای شکمی به‌علت انقباض رحم بوجود آید که با مصرف مسکن برطرف خواهد شد و نگران‌کننده نیست.

اقدامات پیگیری‌کننده بعد از گذاشتن I.U.D

۱- یک ماه بعد از گذاشتن I.U.D لازم است که زن به پزشک و یا به مرکزی که I.U.D را گذاشته است مراجعه کند تا معاینات لازم انجام شود.

پایان ترم - سری (8)

④



Z_L = ۰/۸ mm

~~y_{Ai} = ۰/۰۰۳~~

ورودی : x_A = ۰/۰۰۳ }
خروجی C_A = ۱۰۰۰ ppm } در مایع

$k_L(x_A - x_{Ai})$ → ۰/۰۰۳ بیشتر

$\cancel{N_A}\, \cancel{M_A}\, \boxed{S} = c\, \dfrac{dx_A}{\boxed{dC_A}}\; \cancel{M_A}\, \boxed{S}\, \boxed{\cancel{\mu}} \longrightarrow Re = \dfrac{\rho\, u_{\text{آیا}}\, d}{\mu} = \dfrac{4\Gamma}{\pi r}$

S → ۲πr dz

S → πr^2

$\int_0^{1000\,ppm}$

$\Gamma = \boxed{\dfrac{4}{20}} \dfrac{lit}{s} \Big| \dfrac{10^{-3}\,m^3}{1\,lit} \Big|$

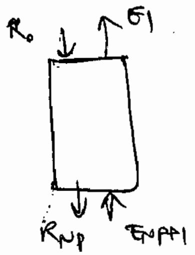
بررسی در مایع

پایان ترم - سری (۸)

۵)

مرحله واقعی

(راندمان هر مرحله = ۰/۷)



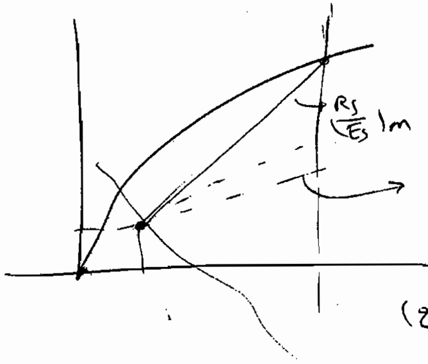
x_0 = ۰/۱۵

x_{Np} = ۰/۰۲۵ y_{Np+1} = ۰

R_0 = ۰/۰۲۵ $\dfrac{m^3}{s} \Big| \dfrac{1100}{1}$ = ✓ $\dfrac{kg}{s}$ ρ = ۱۱۰۰ kg/m^3

واقعی ↙

E_{Np+1} واقعی $= n\,(E_{Np+1})_m \Rightarrow (E_{Np+1})_m = ?$

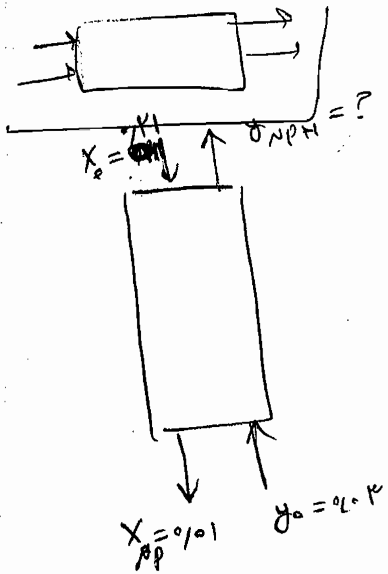


خط جوری است که هر مرحله با راندمان هر مرحله ۰/۷ است.

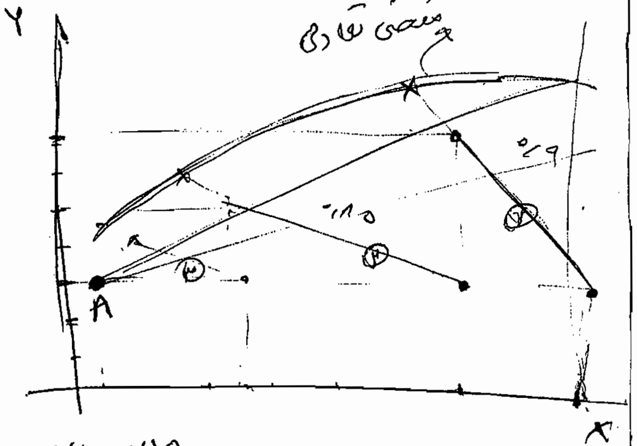
$0/7 = \dfrac{X_2 - X_1}{X_e - X_1}$ (متن مقاطع)

HETP = 1/5 m

Np = ?



R → E دفع



۱ مقاطع ① | X_0 = ۰/۲۱, Y_0 = ۰/۰۳ → | X_1 = ۰/۱۵, Y_1 = ۰/۰۷

نکته : X و Y هم اندازه ← از روی طول بدست می‌آید.

غیر هم اندازه : $\dfrac{X_2 - X_1}{X_e - X_1}$

② | X = ۰/۱۵, Y = ۰/۰۳ → | ۰/۰۷, ۰/۰۵

وارسی موازی و غیر هم سو:

ورودی A | ۰/۰۱, ۰/۰۳ → | ۰/۲۱, ? ⇒ $\left(\dfrac{\boxed{R_s}}{E_s}\right)_m$ → $(E_s)_m$ ✓

×5 ↙

واقعی E_s ← خط جدید ← تعداد مراحل (حلال مورد)

ب) در هر یک از خطوط ① و ② و ③ به طور جداگانه Es حساب کن!

نحوه عملکرد I.U.D در پیشگیری از بارداری

مکانیسم عمل I.U.D به قرار زیر می‌باشد:

۱- ممانعت از مهاجرت اسپرم به قسمت فوقانی دستگاه تناسلی زن

۲- ممانعت از انتقال تخمک

۳- ممانعت از عمل لقاح

۴- از آنجاکه I.U.D به‌عنوان جسم خارجی عمل می‌کند وجود آن باعث تجمع سلول‌های دفاعی شده که به نوبه خود تخمک را از بین می‌برند. I.U.D موجب برانگیخته شدن واکنش‌های التهابی پوشش داخل رحم در برابر جسم خارجی شده و تقریباً هزار برابر حالت طبیعی، گلبول‌های سفید خون در پوشش داخلی رحم جمع می‌شوند و این سلول‌ها از طریق واکنش‌های شیمیایی باعث از بین رفتن اسپرم و تخمک می‌گردند.

البته تئوری‌های دیگری نیز مطرح شده است که عبارتند از خاصیت اسپرم‌کشی I.U.D های مسی، اختلال در تکامل پوشش داخلی رحم در I.U.Dهای آزادکننده پروژسترون و تغییر فعالیت طبیعی مژک‌های لوله‌های رحمی.

موارد منع مطلق مصرف (I.U.D)

در صورت وجود موارد زیر به هیچ وجه نباید از I.U.D استفاده کرد:

۱- حاملگی و یا احتمال آن

۲- عفونت حاد لگنی

۳- داشتن سابقه بیماری التهابی لگن

۴- خونریزی غیرعادی رحمی که علت آن تشخیص داده نشده است.

۵- سرطان‌های مربوط به دستگاه تناسلی نظیر سرطان گردن رحم و...

۶- مشکلات مادرزادی رحم مانند رحم دو شاخه

۷- بیماری‌های رحمی مانند فیبروم(1)

۸- سابقه حاملگی خارج از رحم

---

1) Fibroma

موارد منع نسبی مصرف I.U.D

در صورت وجود موارد زیر بهتر است که از I.U.D استفاده نشود:

۱- زنانی که تاکنون زایمان نکرده‌اند.

۲- وجود عفونت لگنی قبل از آخرین زایمان

۳- اختلالات انعقادی خون (وجود اشکال در لخته شدن طبیعی خون)

۴- خون قاعدگی بیشتر از حد معمول باشد بخصوص اگر با کم‌خونی همراه باشد.

۵- دردهای شدید قاعدگی

۶- کسانی که در معرض عفونتهای مقاربتی بیشتری قرار داشته باشند. (واژینیت(1)، سرویسیت(2))

۷- سابقه جراحی قبلی روی لوله‌های رحمی و تخمدان

۸- میوم(3) رحم

۹- لیومیومای(4) رحم

۱۰- اندیومتریوز

۱۱- استنوز گردن(5) رحم

۱۲- نازایی(6)

۱۳- حساسیت به مس و همچنین بیماری ویلسون(7) که یک اختلال نادر دفع مس است.

۱۴- داشتن سابقه حاملگی خارج از رحم

۱۵- وجود غده‌های عضلانی در رحم

۱۶- بیماری‌های دریچه‌ای قلب

۱۷- ناتوانی جسمانی و عقلانی برای کنترل نخ I.U.D

چه افرادی می‌توانند از I.U.D استفاده کنند.

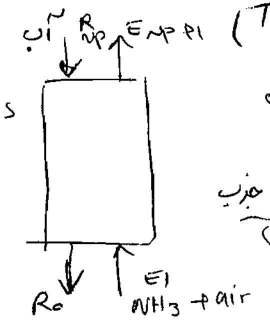
افرادی که می‌توانند از I.U.D استفاده کنند عبارتند از:

---

1) Vaginitis
2) Cervicitis
3) Myoma
4) Liomyoma
5) Stenosis
6) Nulliparity
7) Wilson's Disease

سوال آخر (T.A ۹۰

saddle → 215 cm → C_f = 110
→ C_D =



approximate flooding

جذب E → R
مبنا: پایین

$d = ۰/۴۲۵$ m

$\mu_L = ۰/۰۰۱$ pa·s

$\rho_L = ۱۰۰۰$

$T = 20°C$

$p = 1atm$

$E_1 \begin{cases} E_1 = ۰/۴۷ \frac{m^3}{s} \\ \text{مولی } y_1 = ۰/۰۳۵ \rightarrow \text{مولی } Y_1 = ۰/036 \\ M_{E1} = 28/6 \\ \text{جرمی } Y_1 = ۰/۰۲ \rightarrow \text{جرمی } y_1 = ۰/۰۲۱ \\ E_1 = ۰/۸ \frac{kg}{s} \end{cases}$

$E_{Np+1} \begin{cases} Y_{Np+1} = ۰/۲ Y_1 \rightarrow \text{مولی} \\ \text{مولی } Y_{Np+1} = ۰/007 \rightarrow \text{مولی } y_{Np+1} = ۰/۰۰۷ \\ M_{ENp+1} = ۲۸/۹۴ \\ \text{جرمی } Y_{Np+1} = ۰/۰۰۴ \rightarrow \text{جرمی } y_{Np+1} = ۰/۰۰۴ \\ E_{Np+1} = ۰/۷۸۶۴ (\frac{kg}{s}) \end{cases}$

$R_{Np} \begin{cases} x_{Np} = ۰ \\ R_{Np} = ? \end{cases}$

$R_0 \{$

---

if $Y = 1/075 X \Rightarrow R_{Np} = ⓝ (R_{Np})_{min} \Rightarrow n = ?$

$\boxed{E_S = \underset{\text{جرمی}}{E_1} (1 - \underset{\text{جرمی}}{y_1}) = ۰/۷۸32 \frac{kg}{s}}$

$\rho_G = \frac{PM_{E1}}{RT} = 1/19$

$G_m = E_1 = ۰/۸ \frac{kg}{s} \rightsquigarrow G' = \frac{G_m}{A_c} = \frac{۰/۸}{\frac{\pi}{۴}(۰/۴۲۵)^۲} = ۲/۵۶ \frac{kg}{m^۲.s}$

$L_m = ?$

محور y : $\frac{G'^2 \mu_L^{۰/۱} C_f}{\rho_G(\rho_L - \rho_G)} = ۰/3 \xrightarrow[\text{محور } x = ۰/۰۳]{}$

$۰/۰۳ = \frac{L'}{۲/۵۶}\left(\frac{1/19}{1000 - 1/19}\right)^{۰/5} \Rightarrow L' = ۲/۲۲ \frac{kg}{m^۲.s} \Rightarrow L_m = L' . A_c$

$L_m = ۰/۴۸ \frac{kg}{s} \Rightarrow L_m = R_{Np} +$ انتقالی NH_3

انتقالی $NH_3 = E_1 y_1 - E_{Np+1} y_{Np+1} = ۰/۸ \times ۰/۰۲۱ - ۰/۷۸۶۴ \times ۰/۰۰۴ = ۰/۰۱۳ (\frac{kg}{s})$

$R_{Np} = ۰/۴۸ - ۰/۰۱۳ \Rightarrow \boxed{R_{Np} = ۰/۴۷ \frac{kg}{s}}$

الان : $\boxed{R_{S_{\text{واقعی}}} = ۰/۴۷ \frac{kg}{s}}$

حداقل) $\frac{\overset{۰/۰۲}{Y_1} - \overset{۰/۰۰۴}{Y_{Np+1}}}{\underset{X_{eq} = \frac{Y_1}{1/075}}{X_0} - \overset{۰}{X_{Np}}} = + \frac{R_S}{E_S}$ جرمی

$Y = 1/075 X$

$\Rightarrow \frac{۰/۰۲ - ۰/۰۰۴}{۰/۰۲ - ۰} = \frac{R_S}{۰/۷۸32} \rightsquigarrow \boxed{R_S = ۰/۴۳ \frac{kg}{s}}$

$\boxed{n = \frac{۰/۴۷}{۰/۴۳} = ۱/۱}$

- درد

بعضی از خانم‌ها بعد از گذاشتن I.U.D ممکن است دچار دردهای اسپاسمی شوند که ناشی از انقباضات رحمی در قسمت پایین شکم می‌باشد. دردهای شکمی یا کمردرد با مصرف داروهای مسکن مناسب به راحتی قابل کنترل است و می‌توان با کمپرس آب گرم در قسمت پایین شکم جهت تسکین درد، استفاده کرد. این دردها معمولاً بلافاصله و یا در طی ماه اول، پس از گذاشتن I.U.D ممکن است ظاهر شوند. زمان بروز درد ممکن است هنگام جایگذاری I.U.D، چند روز پس از آن و یا در دوره قاعدگی باشد. طبق برآورد سازمان جهانی بهداشت بین ۱۵ تا ۴۰ درصد از I.U.Dها تنها به خاطر وجود "درد" بیرون آورده می‌شوند.

در زنان زایمان نکرده و در زنانی که چندین سال از زمان آخرین زایمان آنها گذشته باشد درد شدیدتر است.

اگر درد با مسکن کاهش پیدا نکرد و شدید بود می‌تواند نشانه‌ای از بیماری‌های التهابی لگن و یا سوراخ شدن رحم باشد که در این صورت زن باید به پزشک و یا مرکز "بهداشتی - درمانی" که I.U.D را جایگذاری کرده است مراجعه نماید تا اقدامات لازم پزشکی صورت گیرد.

- خروج خودبخود I.U.D

I.U.D گاهی به‌طور خودبخود خارج می‌شود و اگر خانمی توجه کافی نداشته باشد و به‌طور منظم وجود نخ I.U.D را بررسی نکند ممکن است بدون اینکه متوجه شود I.U.D خارج گشته لذا به این ترتیب احتمال حاملگی ناخواسته بالا می‌رود. بنابراین باز هم بر روی بررسی منظم نخ I.U.D تأکید می‌گردد.

توجه داشته باشید که بیشترین احتمال خروج I.U.D زمانی است که I.U.D پس از زایمان، گذاشته می‌شود، خصوصاً اگر در ۳ ماهه اول پس از زایمان گذاشته شود این احتمال بیشتر خواهد بود. همچنین در زنانی که تاکنون زایمان نکرده‌اند نیز احتمال خروج خود بخودی I.U.D وجود دارد.

زن در صورت شک به خارج شدن I.U.D حتماً باید به پزشک، ماما و یا به مرکز بهداشتی - درمانی مراجعه کند.

در زنی که I.U.D به‌طور خودبخودی خارج شده باشد احتمال خارج شدن I.U.D بعدی دو برابر است. می‌توان برای بار سوم I.U.D را به کار برد ولی اگر باز هم خارج شود و به آن توجه نشود ممکن است زن باردار شود. از این رو باید پس از بار سوم از وسیله دیگری برای جلوگیری از بارداری استفاده شود.

دفع خود بخود I.U.D در سال اول ۱ درصد تا ۱۰ درصد بیشتر از سال دوم است و بخصوص در سه ماهه اول بعد از گذاشتن I.U.D اتفاق می‌افتد.

- حاملگی خارج از رحم[1] (E.P.)

احتمال حاملگی خارج از رحم در زنانی که I.U.D نداشته باشند ۰/۸ درصد است ولی در زنانی که I.U.D دارند در حدود ۳ تا ۴ درصد از بارداری‌های آنها را "حاملگی خارج از رحم" تشکیل می‌دهد. نشانه‌های حاملگی خارج از رحم درد در بخش پایینی شکم، خونریزی تیره رنگ و کم از مهبل و یا قطع قاعدگی است.

- بیماری التهاب لگن[2] (P.I.D.)

بیماری التهابی لگن، همه بیماری‌های عفونی حاد، نیمه حاد و مزمن تخمدان‌ها، لوله‌های رحمی، رحم و بافت‌های همبندی و... لگن را شامل می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که این عارضه در زنانی که از I.U.D استفاده کرده‌اند بیشتر است. افزایش این عارضه می‌تواند به‌علت وارد شدن میکروب‌ها هنگام جای‌گذاری I.U.D و یا از راه بالا رونده از نخ دنباله I.U.D باشد. خطر عفونت در چند ماه اول جای‌گذاری I.U.D و پس از پنج سال استفاده بیشتر است.

- سوراخ شدن رحم

سوراخ شدن رحم نفوذ I.U.D در دیواره رحم و عبور آن به حفره شکم است. اگر I.U.D کاملاً عبور کرده باشد سوراخ شدن را کامل و هرگاه هنوز در ماهیچه جدار رحم باشد عمل سوراخ کردن[3] را ناقص می‌نامند.

بروز سوراخ شدن بین $\frac{۱}{۱۵۰}$ تا $\frac{۱}{۹۰۰۰}$ گزارش شده است و این دامنه تفاوت به زمان جایگذاری، طرح و نوع I.U.D، فن جایگذاری و مهارت جاگذارنده بستگی دارد.

---

1) External Pregnancy (E.P)
2) Pelvic Inflamation Disease (P.I.D)
3) Perforation

گاز – جامد

۱) تصعید (sublimation) مانند تصعید نفتالین – هوای اطراف – تصعید خوشبو کننده‌های [illegible]

جامد – هوای اطراف – Fractional

۲) خشک کردن Fractional Drying مانند خشک کردن دانه‌های روغنی یا انواع میوه‌ها

۳) جذب سطحی (adsorption) جزء گاز توسط جامد ← Fractional

مثال جذب سطحی: جذب رطوبت موجود در هوا توسط سیلیکاژل

جذب گازات اسیدی توسط کربن فعال

جذب NO_2 در حالت رقیق هوا توسط سیلیکاژل

جذب [illegible] ← جذب گازهای بوتان و پروپان توسط کربن فعال [illegible]

جذب اتیلن و آنیلین توسط سیلیکاژل در [illegible]

جامد – مایع [illegible] طی استخراج که حلال نامیده می‌شود Fract

مثال: استخراج [illegible]

[illegible]

[illegible]

جامد – [illegible]

[illegible] (leaching) ← Fractional [illegible]

تماس مستقیم دو فاز قابل امتزاج :

اختلاف پتانسیل شیمیایی:

انتقال جرم ←
- اختلاف غلظت (دیفیوزن معمولی)
- اختلاف دما Thermal Diffusion
- اختلاف فشار Pressure Diffusion
- اختلاف نیروی خارجی وارد بر ذره Forced Diffusion

تماس غیرمستقیم دو فاز که توسط غشا از هم جدا شده‌اند

غشا ← در [illegible] قابل امتزاج [illegible]

غیر [illegible] ← [illegible]

غشا دارای سوراخ‌های میکروسکوپی بوده و ذرات خاصی از سوراخ‌ها عبور می‌کنند

ذرات خاصی از آنها [illegible] به طرف دیگر غشا نفوذ می‌کنند

eation

اصول طراحی دستگاه‌های عملیاتی:
- ۱) تعداد مراحل [illegible]
- ۲) [illegible]
- ۳) مدت زمان [illegible]
- ۴) [illegible]

فصل ۲

قانون اول فیک: در شرایط عملیاتی خاص (دما و فشار خاص) در یک سیستم دوجزئی (دو جزء A , B)

شدت [illegible] مولی جزء A به گرادیان غلظت جزء A در فاصله z متناسب است

$$J_{Az} = -D_{AB}\frac{dC_A}{dz}$$

$$\frac{J_{Az}}{\frac{dC_A}{dz}} = \text{ثابت}$$

$$N_{Az} = J_{Az} + x_A\sum_{i=1}^{n} N_{Az}$$

نفوذ [illegible]

مراحل نفوذ در گازها [illegible] در مخلوط دوجزئی

[illegible]

$$Pr = \frac{C_p\mu}{k} = \frac{\nu}{\alpha} \qquad Sc = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho D}$$

$$Nu = \frac{hL}{k} \qquad Sh = \frac{FL}{D}$$

$$St = \frac{Nu}{Re\,Pr} \qquad St_D = \frac{Sh}{[illegible]}$$

$$Pe_H = Re\,Pr \qquad Pe_D = Re\,Sc$$

$$\frac{Pr}{Pe} =$$

$$St_H = \boxed{St_H}\,Pr^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{Nu}{Re\,Pr}$$

---

۱) عملیات جداسازی در مهندسی شیمی

هدف بسیاری از عملیات مهندسی شیمی — جداسازی اجزا یک محلول یا مخلوط از یکدیگر

دستیابی به یک ماده خالص از یک یا مخلوط دوجزئی

عملیات جداسازی — جدا کردن اجزا یک مخلوط با استفاده از یک [illegible] — عملیات خالص

اضافه کردن — جریان دادن — تجزیه یک مخلوط با [illegible] است

جدا کردن اجزاء یک محلول یا مخلوط همگن [illegible] تشکیل دهنده

جداسازی [illegible] ← جداسازی [illegible]

[illegible] ← [illegible] مخلوط [illegible]

۱) تقطیر (Distillation) — مثل جدا کردن [illegible] از مخلوط [illegible]

۲) جذب (Absorption) — مثال: [illegible] از هوا [illegible]

[illegible]

Fractional Absorption

۳) (Desorption or Stripping) [illegible] — Fractional

۴) [illegible] (Humidification) — [illegible]

(عکس)

۵) [illegible] (Dehumidification) (عکس [illegible])

- سؤال استاد در تلفیق 6 و 12 و 18 ← P.119 جزوه دراه من ؟
لحظه هیچ ارتباطات بین آن گذشت 1 hour ؟

$-N_A M_A S = ۴\pi r^2 \frac{dr}{d\theta}$

- در مثال 11 فصل 6 صفحه ۲۷۸ چرا مرز ② را این شکلی نوشته است؟ یعنی H_2SO_4 هیچ نقشی ندارد؟ گاز
مسئله آخر فصل 8 که جاجای حل نکرده است؟

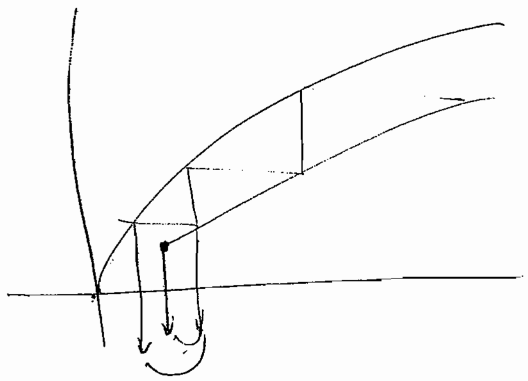
P. ۴۶۴ —

* واسه تعداد مراحل (اول شیب اعمال راه‌لمعات) در راه حلها متفاوت است؟

* P. 492 چرا فلاکس جرمی مایع را بر مبنای پایین قرار داده است؟

توضیح $Lm = R_2 + [۰/۰۸\, E_1 - ۰/۰۰۴ (E_{np+1})]$ → $\frac{E_s}{1-\psi_{np+1}}$

* تقسیم وقتی مسئله ۸۰٪ جذب بیشتر مولیتر را حرمیه ؟
$E_1 \mp$ ○



ته حفاظت در برابر اشعه **کد ۵۳۰**

عتی

	۱۳ - ۱۴/۴۰	۱۴/۵۰ - ۱۶/۳۰
ای	مروری بر پرتوگیری خارجی(۲) رئیس محمد	مروری بر پرتوگیری خارجی(۲) رئیس محمد
ری	قواعد کار با پرتو در مراکز پرتونگاری دیوبند	بررسی مشکلات کاری
		آزمون

توجه : p.108)

مثال ۱۰ ← همراه با حرکت توده‌ای ~~Sh = 2.405~~

$Sh = \frac{2R}{r-R}$ ~~Sh = 2.405~~ مثال 13 ← بدون حرکت توده‌ای

مثال 10) $K_c = \frac{Dr}{r-R}\left(\ln \frac{C-C_A}{C-C_{AS}}\right)\frac{C}{C_{AS}-C_A}\cdot\frac{1}{R}$

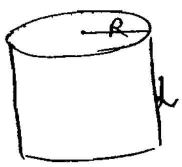
مثال 13) $K_c = \frac{Dr}{r-R}\,\frac{1}{R}$

سوال: آیا $\overset{\lambda}{\left(\ln \frac{C-C_A}{C-C_{AS}}\right)\underset{>1}{\frac{C}{C_{AS}-C_A}}} \begin{cases} >1 \\ 0< \quad <1 \end{cases}$ ؟

if $0<\lambda<1 \rightarrow K_{C10} < K_{C13}$

if $\lambda>1 \rightarrow K_{C10} > K_{C13}$

توجه: (P.108



حرکت توده‌ای داریم: $Sh = ?$ $k_c = ?$

~~$\dot{m}_{Ar} = 2\pi D_{AB} C$ [illegible] $\ln \frac{C-C_{AS}}{C-C_A}$~~

$$Sh = \frac{k_c \, C_{B,M} \, d}{C \, D_{AB}}$$

با حرکت توده‌ای: $N_{Br} = 0$

$$N_{Ar} = \frac{-1}{1-x_A} D_{AB} \frac{dC_A}{dr}$$

$$\dot{m}_{Ar} = \frac{-D_{AB}}{1-\frac{C_A}{C}} \frac{dC_A}{dr} 2\pi r L M \Rightarrow \dot{m} = \frac{CD}{C_A - C} 2\pi r L M \frac{dC_A}{dr}$$

$$\Rightarrow \dot{m} \int_R^r \frac{dr}{r} = 2\pi L M C D \int_{C_{AS}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A - C}$$

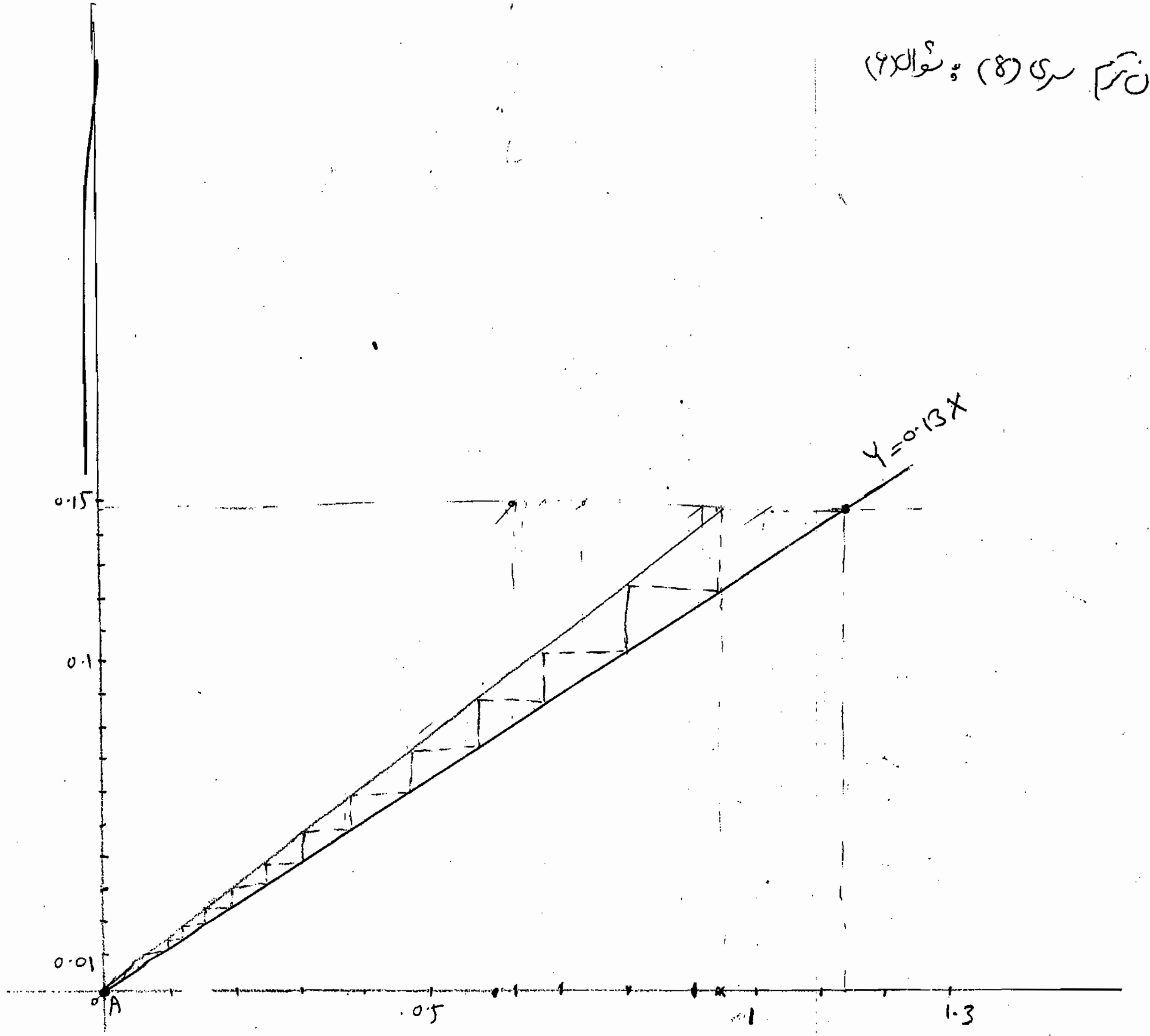
$$\dot{m} \times \ln\frac{r}{R} = 2\pi L M C D \ln \frac{C_A - C}{C_{AS} - C} \Rightarrow \dot{m} = 2\pi L M C D \frac{\ln \frac{C-C_A}{C-C_{AS}}}{\ln \frac{r}{R}}$$

$$\dot{m} = k_c (\overset{C_B - C_{BS}}{\overbrace{C_{AS} - C_A}}) \cancel{2\pi} R \cancel{L} \cancel{M} = \cancel{2\pi} \cancel{L} \cancel{M} C D \frac{\ln \frac{C_B}{C_{BS}}}{\ln \frac{r}{R}} \Rightarrow$$

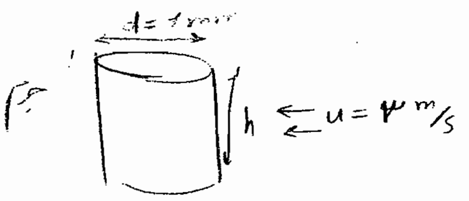
$$k_c \, C_{B,M} = \frac{CD}{R \ln \frac{r}{R}}$$

$$\Rightarrow Sh = \frac{\cancel{CD}}{R \ln \frac{r}{R}} \times \frac{۲\cancel{R}}{\cancel{CD}} = \frac{۲}{\ln \frac{r}{R}}$$: شی حالت بدون حرکت توده‌ای شد.

پایان ترم سری (۸)، سؤال (۶)



مثال ۶) $\quad 1 < Re < ۴۰۰۰ \qquad Nu_{av} = ۰٫۶۴۳ + ۰٫۵۳۲\, Re^{۰٫۵}\, Pr^{۰٫۳۱}$: انتقال حرارت



$P_{air} = 1\,atm$

$T_{air} = ۶۰\,°C$

L : قطر خارجی لوله

$P^* = ۴۰۰\,mmHg$

$T_{سطح} = ۴۳\,°C$

الف) $F_{av} = ?$

① $\begin{cases} P_{A1} = ۴۰۰\,mmHg \\ P_{B1} = ۳۶۰\,mmHg \end{cases}$ ② $\begin{cases} P_{A2} = ۰ \\ P_{B2} = ۷۶۰\,mmHg \end{cases}$

UF_6 : A

هوا : B

سطح استوانه $\begin{cases} y_{A1} = ۰٫۵۳ \\ y_{B1} = ۰٫۴۷ \end{cases}$ هوا $\begin{cases} y_{A2} = ۰ \\ y_{B2} = 1 \end{cases}$

$\begin{cases} y_A = ۰٫۲۶۵ \rightarrow > ۱۰\% \\ y_B = ۰٫۷۳۵ \end{cases}$ رقیق نیست ⇒ خصوصیات مخلوط

$T_{av} = \frac{۱۰۳}{۲} = ۵۱٫۵\,°C$

$\begin{cases} \rho_{مخ} = ۴٫۱ \; kg/m^۳ \\ \mu_{مخ} = ۲٫۷ \times ۱۰^{-۵} \; Pa\cdot s \end{cases}$

$D = ۹٫۰۴ \times ۱۰^{-۶} \, \frac{m^۲}{s}$

$Sh_{ave} = ۰٫۶۴۳ + ۰٫۵۳۲\, Re^{۰٫۵}\, Sc^{۰٫۳۱}$

$\left.\begin{aligned} Re &= \frac{\rho u d}{\mu} = ۲۷۳۳٫۳ < ۴۰۰۰ \\ Sc &= \frac{\mu}{\rho D} = ۰٫۷۲۸ \end{aligned}\right\} Sh_{ave} = ۱۵٫۲۵$

$Sh_{ave} = \frac{F_{ave} d}{cD} \Rightarrow F_{ave} = ۱٫۴۵۳ \times ۱۰^{-۳} \, \frac{kmol}{m^2\cdot s}$

$Z_F = ۲٫۳۶ \times ۱۰^{-۴} \, m$

ب) $\theta = ?$ $\begin{cases} F_{ave} = \text{ثابت} \\ \text{سطح انتقال جرم متغیر} \rightarrow S_{ave} \end{cases}$

$\cancel{\dot m_1} - \dot m_2 = \frac{dm}{d\theta} \qquad m = \pi r^2 h \Rightarrow dm = 2\pi h\, dr$

$-N_A M_A \bar S_{ave} = \frac{dm}{d\theta} \xRightarrow{N_B = ۰} -F_{ave} \ln \frac{1-۰}{1-۰٫۵۳} M_{UF_6} \frac{۲\pi h}{\ln \frac{d_2}{d_1}} = ۲\pi h \rho \frac{dr}{d\theta}$

$-۱٫۴۵۳ \times ۱۰^{-۳} \left(\ln \frac{1}{۰٫۴۷}\right) M_{UF_6} \frac{۲\pi h}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \, d\theta = 2\pi h \int_{r_1}^{r_2} \rho\, dr \Rightarrow \theta = ✓$

سه‌شنبه

۲۳

دی

۲۰ ذیقعده ۱۴۲۴

13 Tue. January 2004

۸

فاکتور دفع $S = \frac{mEs}{Rs}$

۹

فاکتور جذب $A = \frac{Rs}{mEs}$

۱۰

۱۱

۱۲

۱۳

۱۴

۱۵

۱۶

۱۷

۱۸

۱۹

۱			۱	۲	۳	۴	۵
۲	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۳	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
۴	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶
۵	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰			

کندکیبدن
/
شکل

مجموع نفوذ و حرکت توده‌ای

مثال ۲ _ ص $\frac{۷۹}{}$

$x_A = \frac{C_A}{C}$ ۸

۹

نفوذی. انتقال جرم $N_{AZ} = \frac{N_{AZ}}{N_{AZ}+N_{BZ}} \frac{D_{AB}C}{z} \ln \frac{O - \frac{C_{A۲}}{C}}{O - \frac{C_{A1}}{C}}$ ۱۰

دبی انتقال جرم $\dot{m}_{AZ} = N_{AZ} S M_A$ ۱۱

---

① $N_{AZ} = -N_{BZ}$ در حالت گاز ۱۲

$N_{AZ} = \frac{D_{AB} P_t}{RTz}(y_{A1} - y_{A۲})$ ۱۳

تغییرات CA برحسب z کاملاً $\boxed{\text{خطی}}$ است. ۱۴

$N_{AZ} \neq ۰$

② $N_{BZ} = ۰$ مجموع نفوذ و حرکت توده‌ای جزء B = ۰ است. ۱۵

$N_{AZ} = \frac{D_{AB} P_t}{RTz} \frac{y_{A1} - y_{A۲}}{y_{B,M}} = \frac{D_{AB} P_t}{RTz} \frac{P_{A1} - P_{A۲}}{P_{B,M}}$ ۱۶

$y_{B,M} = \frac{y_{B۲} - y_{B1}}{\ln \frac{y_{B۲}}{y_{B1}}}$ $\boxed{\text{غیرخطی}}$ ۱۷

۱۸

$\dot{n}_{AZ} = N_{AZ} S$ ۱۹

کره صلب = ۲

جزء مولی i در مخلوط $x_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^{n} C_i}$ ۸

جزء جرمی i در مخلوط $w_i = \frac{\rho_i}{\sum_{i=1}^{n} \rho_i}$ ۹

۱۰

$n_{iz} = \rho_i u_i$ $\frac{kg}{m^2 s}$ فلاکس جرمی ۱۱

$N_{iz} = C_i u_i$ $\frac{Kmol}{m^2 s}$ فلاکس مولی ۱۲

$C = \sum_{i=1}^{n} C_i$ غلظت مولی مخلوط ۱۳

$\rho = \sum_{i=1}^{n} \rho_i$ غلظت جرمی مخلوط ۱۴

$j_{Az} \left[\frac{Kmol}{m^2 s} \right]$ فلاکس مولی A ۱۵

$N_{iz} = j^{*}_{Az} + x_i \sum_{i=1}^{n} N_{iz}$ ۱۶

فیک
$$\left\{ \begin{array}{l} j_{Az} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz} \\ N_{Az} = j_{Az} + x_A \sum_{i=1}^{n} N_{iz} \\ N_{Az} = C_A u_A \end{array} \right.$$
۱۷ ۱۸ ۱۹

$N_z = \sum_{i=1}^{n} N_{iz} = C\bar{U} = C_A u_A + C_B u_B + \cdots$

2004							
1				1	2	3	4
2	5	6	7	8	9	10	11
3	12	13	14	15	16	17	18
4	19	20	21	22	23	24	25
5	26	27	28	29	30	31	

$\mu \left[\frac{kg}{m\,s} \right]$

۸ $$D = \left(\frac{k^3}{\pi^3 m_A} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{T^{\frac{3}{2}}}{P\, d_A^2} \right)$$

۹

$\delta_{AB} = [m]$ مقدار جدای پس از برخورد

۱۰ Ω_D تابع برخورد < تابع دما
پتانسیل بین مولکولی
مولکول A و B

۱۱

---

۱۲ برای مایعات

تابع < دما
غلظت مواد تشکیل دهنده مخلوط

۱۳

۱۴ $$D^\circ_{AB} = \frac{(117\times 3 \times 10^{-18})(\varphi M_B)^{\frac{1}{2}}\, T}{\mu\, v_A^{0/6}}$$

۱۵

۱۶

۱۷

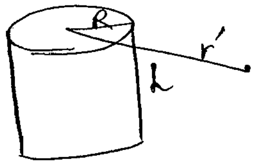
۱۸

۱۹

۱			۱	۲	۳	۴	۵
۲	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۳	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
۴	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶
۵	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰			

* حالا فرض می‌کنیم استوانه‌ای به شعاع R داریم. که از حرکت توده‌ای صرف‌نظر نکرده‌ایم :

فرض: $N_{Br}=0$



$$N_{Ar} = J_{Ar} + x_A (N_{Ar})$$

$$\left.\begin{aligned} N_{Ar} &= \frac{J_{Ar}}{1-x_A} \\ J_{Ar} &= -D_{AB}\frac{dc_A}{dr} \\ x_A &= \frac{c_A}{c} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

متغیر

$$\boxed{N_{Ar}} = -D_{AB}\frac{dc_A}{dr}\frac{c}{c-c_A}$$

ثابت

$$\boxed{\dot m_{Ar}} = N_{Ar} S_r M_A = \frac{-D_{AB}C}{c-c_A}\, 2\pi r L\, M_A \frac{dc_A}{dr} \Rightarrow$$

$$\frac{+\dot m_{Ar}}{2\pi L}\int_{r=R}^{r=r}\frac{dr}{r} = -D_{AB} C M_A \int_{c_A=c_{As}=c_A^*}^{c_A=c_A}\frac{dc_A}{c-c_A} \Rightarrow$$

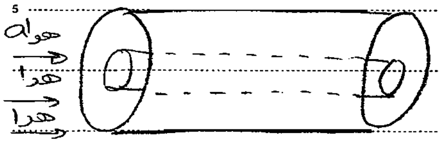
$$\frac{\dot m_{Ar}}{2\pi L}\ln\frac{r}{R} = +D_{AB} C M_A \ln\frac{c-c_A^*}{c-c_A}$$

$$\dot m_{Ar} = 2\pi D_{AB} C M_A L\,\frac{\ln\frac{c-c_A^*}{c-c_A}}{\ln\frac{r}{R}}$$

$\dot{m}_۲ - \dot{m}_۱ = \frac{dm}{d\theta} \longrightarrow -ns = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow -۱۴۶,۱ \times N_A \times (۸\times ۱۰^{-۴}) = \frac{dm}{d\theta}$

$\Rightarrow \boxed{\frac{dm}{d\theta} = -۰,۱۱۵۶۸ \, N_A}$

سوال ۵)



$u_{هوا} = ۹ \, m/s$

$T_{هوا} = ۳۰ \, ^\circ C$

$P = ۱atm$

$d_i = ۲,۵cm$ ، $d_O = ۵cm$

$l = ۲۰ \, cm$

$P=\theta$ صفحت نفتالین تصعید شود.

حرارت : $h = ۰,۰۱۴Re^{۰,۸}$: انتقال حرارت با اکسیژن ۳۰°C

$h = ۰,۰۱۴Re^{۰,۸} = c_p u \rho \, P_r^{-۲/۳} \, J_H$, $J_H = bRe^n$ از قیاس کلبرن استفاده می‌کنیم:

$۰,۰۱۴\left(\frac{l}{\mu}\right)^{۰,۸}(\rho u)^{۰,۸} = c_p(\rho u) P_r^{-۲/۳} \, b\left(\frac{l}{\mu}\right)^n (\rho u)^n$

$n+1 = ۰,۸ \longrightarrow n = -۰,۲$

$b = ۰,۰۱۴\left(\frac{l}{\mu}\right)^{۰,۸-n} P_r^{۲/۳} \frac{1}{c_p}$: با مشخصات فیزیکی $O_۲$

$P_r = \frac{C_p \mu}{k} = ۰,۸۱ \longrightarrow b = ۰,۰۴۱$ $\quad J_H = ۰,۱۴ \, Re^{-۰,۲} \Rightarrow \begin{cases} J_D = ۰,۱۴Re^{-۰,۲} \\ J_D = \frac{Sh}{ReSc} Sc^{۲/۳} \end{cases}$

$Sh \; Sc^{-۱/۳} = ۰,۱۴ \, Re^{۰,۸}$

A: نفتالین $\quad$ B: هوا

PAPCO

Subject:

Year. Month. Date. ( )

[illegible] $\begin{cases} P_{A_1} = ٤٥٫١ \ Pa \\ P_{B_1} = ١٠١٢٨٨٫٥ \end{cases}$ ② توده هوا $\begin{cases} P_{A_٢} = ٠ \\ P_{B_٢} = ١٠١٣٢٥ \end{cases}$

$\begin{cases} y_{A_1} = ٤٫٤٥ \times ١٠^{-٤} \\ y_{B_1} = ٠٫٩٩٩٥٩ \end{cases}$ $\begin{cases} y_{A_٢} = ٠ \\ y_{B_٢} = ١ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} y_A = ٢٫٢٣ \times ١٠^{-٤} \\ y_B = ٠٫٩٩٩ \times ٩٧٥ \end{cases}$

ضرایب

$$Sc = \left(\frac{\mu}{\rho D}\right)_{air} = \frac{١٨٥٠ \times ١٠^{-٧}}{١٫١٧ \times ٧٫٠٣ \times ١٠^{-٦}} = ٢٢٫٤٩$$

$$\rho_{air} = \frac{PM}{RT} = ١٫١٧$$

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} = ٧٥٨٩٫١٨٩ \rightarrow Sh = ٠٫٠٦٦ = \frac{FL}{CD} \Rightarrow F = ٩٫٣٢٧ \times ١٠^{-٨} \frac{kmol}{m^٢ s}$$

$$C = \frac{P}{RT} = ٠٫٠٤٠٢ . \qquad N_B = ٠$$

$$\cancel{\dot{m}_1}^{\,٠} - \dot{m}_٢ = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow -F \ln \frac{1 - y_{A٢}}{1 - y_{A_1}} = -٢ \underset{\text{نفتالین}}{\rho} \, l \, \pi \, r \, g \frac{dr}{d\theta}$$

$$m = \pi (r_o^٢ - r_i^٢) \, l \rho g \rightarrow dm = -٢ \rho \, l \, \pi \, r_i \, g \, dr_i$$

$$\Rightarrow -٩٫٣٢٧ \times ١٠^{-٨} \ln \frac{1 - ٠}{1 - (٤٫٤٥ \times ١٠^{-٤})} \int_٠^{\theta} d\theta = -٢ \underset{\text{نفتالین}}{\rho} (٠٫٢)(٣٫١٤)(٩٫$$

$$\times \int_{١٫٢٥ \times ١٠^{-٢}}^{٠٫٦٢٥ \times ١٠^{-٢}} r_i \, dr_i$$

$x_{\text{خروجی}} = 0.061$ /بالا $G' = 6.65$ درشکل 8-31)

$y_{\text{ورودی}} = 0.51$ $\rightarrow \Delta P/l =$ flooding درصد

از جدول خارج می‌شود

⇐ می‌توان سایز packing را طوری انتخاب کرد که C_f کمتر شود، می‌توان قطر ستون را افزایش داد.

پایان‌ترم سری (۹)

$\overset{\text{ایده‌آل}}{\text{ارتفاع}} = N_p \times HETP \Rightarrow 3 = N_p \times 0.5 \Rightarrow N_p = 6$

ادامه حل مسئله ۴) در شکل صفحه‌ی بعد از طریق رسم خط‌های مختلف خطی را که شامل ۶ مرحله است پیدا می‌کنیم : $N_p = 6$

$$\left(\frac{R_s}{E_s}\right) = \frac{0.118 - 0}{0.11 - 0.011} = 1.19$$

$$E_s = 4.81 \ (\mathrm{kg/s}) = E_1(1 - \cancel{y_1}) \Rightarrow E_1 = 4.81 \ \mathrm{kg/s}$$

گاز ورودی

$$G'_{\text{پایین}} = \frac{4.81}{\pi/4(1)^2} = 6/13 \ \frac{\mathrm{kg}}{m^2.s}$$

چون ستون کوتاه داریم محاسبات بر مبنای بالای ستون است :

$L_m = 6.2$

$G_m = 4.81 +$ مقدار جرم A انتقالی

مقدار جرم A انتقالی $\Rightarrow$

x_{Np} جرمی $= 0.075$

x_0 جرمی $\Rightarrow \dfrac{60x}{16x + 44} = 0.011 \Rightarrow x_0$ جرمی $= 8.09 \times 10^{-3}$

$$(0.075 - 8.09 \times 10^{-3}) \times L_m = 0.41$$

$$\Rightarrow G_m = 5.22 \ \mathrm{kg/s} \Rightarrow \frac{L'}{G'} = \frac{L_m}{G_m} = 1.19$$

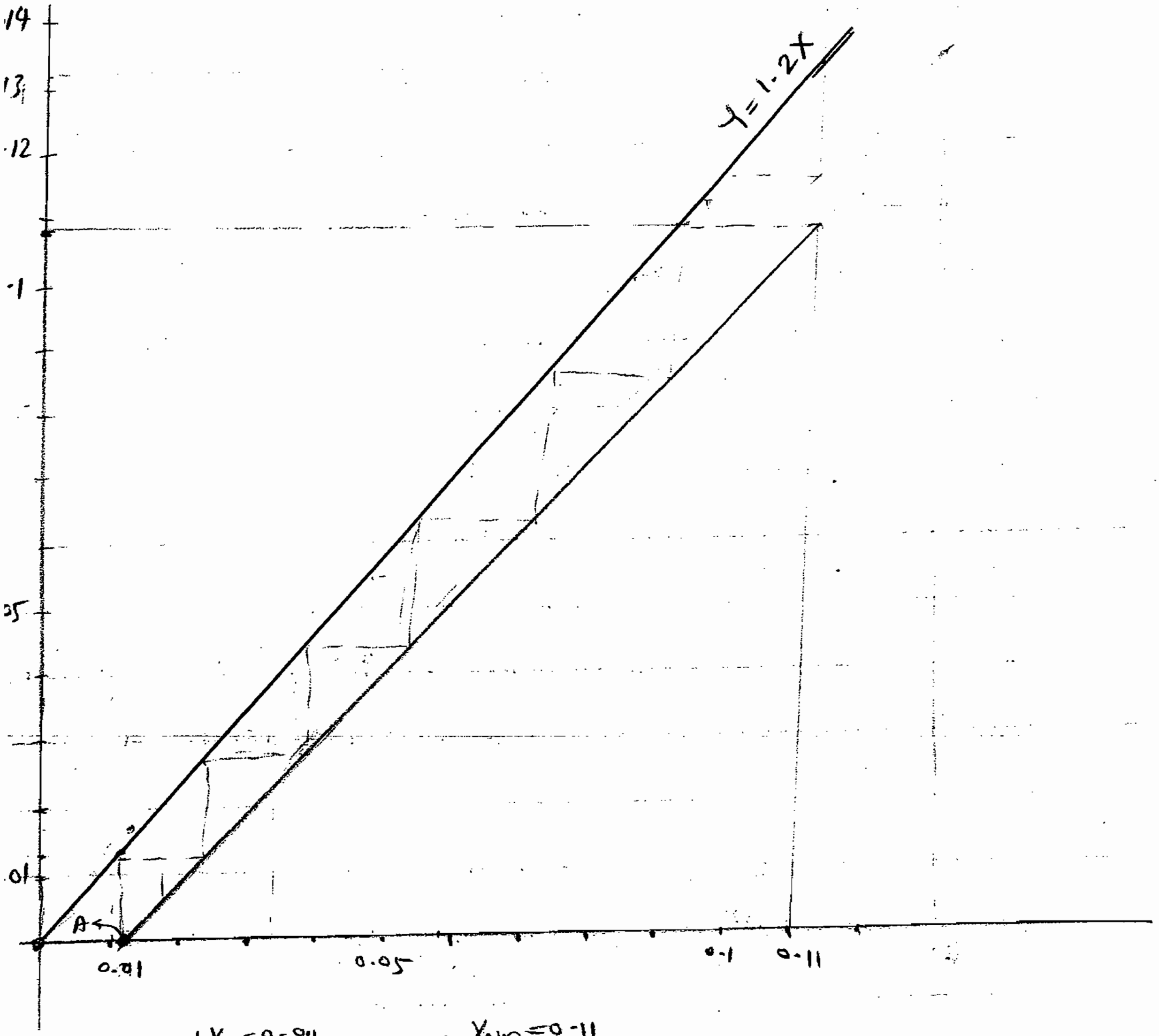
$$\rho_G = \frac{PM}{RT} = 2.62$$

جرمی

$R_S = R_{Np} (1 - x_{Np}) = 5.73 \ \text{kg/s}$

$Y = 1.2X$

حال منحنی تعادل را رسم می‌کنیم:



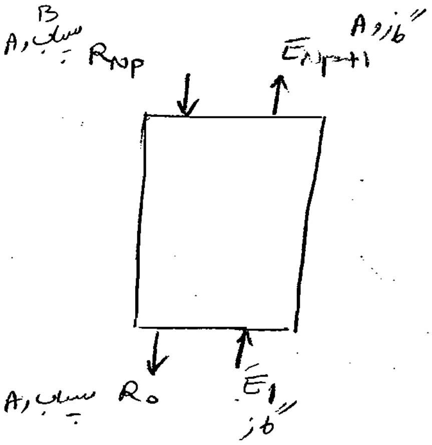
A $\left| \begin{array}{l} X_0 = 0.011 \\ Y_1 = 0 \end{array} \right.$

B $\left| \begin{array}{l} X_{Np} = 0.11 \\ Y_{Np+1} = 0.118 \end{array} \right.$

پایان ترم - سری (۹)

مسئله ۴) packed

$d = 1m, \; h = 3m$



هدف: جذب ۹۰٪ جزء A موجود در پساب

E: گاز R: پساب

$$\begin{cases} \overset{\text{مولی}}{x_{Np}} = 0.1 \Rightarrow \overset{\text{مولی}}{X_{Np}} = 0.11 \\ R_{Np} = 6.2 \; kg/s \end{cases}$$

$Y_1 = 0$

هدف ، $X_0 = 0.1 \; X_{Np} = 0.011 \rightarrow x_0 = 0.011$

$\rho_L = 1000 \; kg/m^3 \; , \quad \mu_L = 10^{-3} \; pa\text{-}s \; , \quad T = 25°C$

$c_f = 52 \quad \Rightarrow \quad E_1 = ?$

منحنی تعادل : $y = 1{,}2x \quad \Rightarrow Y = 1.2X$

$E1) \; M1 = M_{\text{گاز}} = 64$

$R_{Np}) \; M_{R_{Np}} = 0.1 \times 44 + 0.9 \times 60 = 58.4$

تبدیل مولی به جرمی:

$$\text{مولی } x_{Np} = \frac{\frac{x}{44}}{\frac{x}{44} + \frac{(1-x)}{60}} = 0.1 \Rightarrow$$

$$\frac{\frac{x}{\cancel{44}}}{\frac{16x+44}{\cancel{44} \times 60}} = \frac{60x}{16x+44} = 0.1 \Rightarrow \underset{\text{جر}}{x} = 0.075$$

$$\overset{31.89\times10^{-4}}{\overline{}}$$

$$X_{Np}\text{ جرمی} = \frac{g\text{ بنزن}}{g\text{ کربن}} = 3.189\times10^{-3} \rightarrow x_{Np} = 3.179\times10^{-3}$$

$$X_{o}\text{ جرمی} = 1.754\times10^{-4} \longrightarrow x_{o} = 1.754\times10^{-4}$$

$$R_{Np} = 42 \; \mathrm{kg/hr}$$

X	4.78×10^{-5}	7.97×10^{-5}	1.28×10^{-4}	1.59×10^{-4}	1.91×10^{-4}
Y	3.67×10^{-6}	1.47×10^{-5}	7.33×10^{-5}	4.03×10^{-4}	9.17×10^{-4}

X	2.55×10^{-4}	2.87×10^{-4}	3.19×10^{-4}
Y	$3.3\times10^{-3} = 33\times10^{-4}$	$0.01 = 100\times10^{-4}$	$0.029 = 290\times10^{-4}$

$$\text{فشار جزئی} = 0.001 \Rightarrow Y\text{ مولی} = \frac{P}{P_t - P} = 1.32\times10^{-6}$$

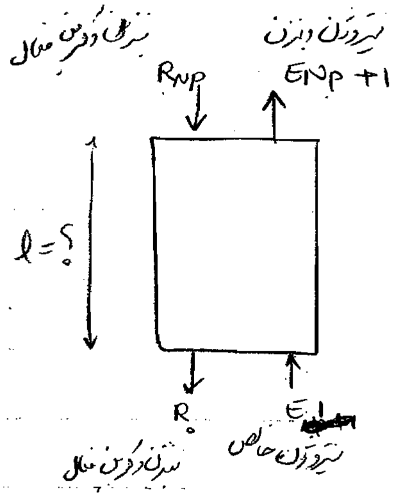
$$Y\text{ جرمی} = Y\text{ مولی} \times \frac{M_A}{M_{\text{نیتروژن}}} = \frac{78}{}$$

حالا باید منحنی تعادل را رسم کنیم. ولی اول تو جدول ها محدوده ی عملیاتی را مشخص می‌کنیم و منحنی تعادل را فقط در محدوده ی عملیاتی رسم می‌کنیم.

پایان ترم سری (۹)

(ادامه حل مسئله ۲)

$$\Rightarrow -\underset{f(x_A)}{F}\ln\frac{1-x_A}{1-x_A^*}\cdot \overset{120}{g}\cdot dx=-\overset{4.95}{y}\cdot \overset{0.026}{f}\,dx_A$$


بنزن و کربن فعال
R_{Np}
نیتروژن و بنزن
E_{Np+1}
$l=?$
R_0
E_1
بنزن و کربن فعال
نیتروژن خالص

مسئله ۳) هدف: جداسازی بنزن موجود در کربن فعال

R: بنزن و کربن / E: نیتروژن

R_{Np}: $\begin{cases}\dfrac{1000\,cm^3\ \text{بنزن}}{1\,g\ \text{کربن}} & (STP: 1atm, 25^\circ C)\\ 42\ kg/hr\end{cases}$

$\begin{cases}Y_1 = ۰\\ (E)_{\text{واقعی}} = 2(E)_{min}\end{cases}$

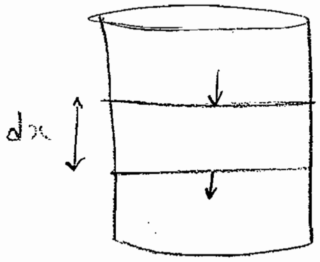
R_0: $\dfrac{55\,cm^3\ \text{بنزن}}{1\,g\ \text{کربن}}$ $(STP: 1atm, 25^\circ C)$

HETP = 0.5 m

$A =$ بنزن $= C_6H_6 = \overset{72}{\cancel{12\times6}} + 6 = 78 \Rightarrow M_A = 78$

Np) بنزن $m = \dfrac{PVM}{RT} = \dfrac{101330\times1000\times10^{-6}\times78}{8314\times298.15} = 3.189\times10^{-3}\,g$

) بنزن $m = 1.754\times10^{-4}\,g$



$$N_A \cdot M_A \cdot S' = \left[(C_A - dc_A) M_A S' - C_A M_A S'\right] u$$

$$N_A S' = -u S \, dc_A \qquad C_A = x_A C$$

$$N_A S' = -u C S \, dx_A$$

انتقال جرم از سطح کرات کاتالستی صورت گرفته است:

$$\rightarrow S' = a \times S \times dx$$

$$\Rightarrow N_A \, a \, dx = -u C \, dx_A$$

برای بدست آوردن u:

$$\rho = \frac{PM}{RT} = 0.44 \Rightarrow \dot{m} = \rho u S \Rightarrow u = 4/95 \ m/s$$

تغییر کند

$$N_A = -1 \times F \ln \frac{1 - x_A}{1 - x_A^*}$$

متغیر

$$\frac{x_A^* + x_A}{2}$$

برای بدست آوردن F:

$$F = \frac{CD}{z_F} \quad \text{و} \quad D_{Am} = \frac{1 - x_A}{\sum_{i=B}^{n} \frac{x_i}{D_{Ai}}} = \frac{1}{\sum_{B}^{n} \frac{x_i'}{D_{Ai}}}$$

$$C = \frac{P}{RT} = 0.026$$

⇒ F بصورت تابعی از x_A بدست می‌آید

پایانترم سری (۹)

ادامه حل مسئله ۱)

$\theta = 469854/77$

$$\Rightarrow 10/669 = \int_{d_1 = 0.02}^{d_2 = 0.005} \frac{\overset{\text{قطر}}{dd}}{5.765\times10^{-7} d^{-1} + 9.4779 d^{-0.5} u_\infty^{0.5}}$$

$\Rightarrow u_\infty = \checkmark$ $\quad , F = \frac{\omega}{\tau_F} \Rightarrow \tau_F = \checkmark$

مسئله ۲)

$2A \rightarrow B + 3C$

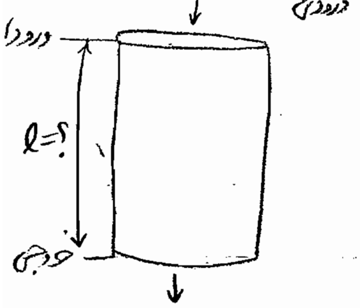
$N_B = \frac{-1}{2} N_A \quad , \quad N_C = \frac{-3}{2} N_A$

$N_A + N_B + N_C = \left(\frac{2}{2} - \frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) N_A = -N_A$

$\frac{N_A}{\Sigma N_i} = \underset{\sim}{-1}$

$T = 200^\circ C , \quad P = 101330\,pa \quad , \quad \overset{\text{سطح ویژه‌ی کاتالیست}}{a} = 120 \frac{m^2}{m^3}$

آمونیاک خالص $(x_A)_{\text{ورودی}} = 1 \quad , \dot{m} = 1/3 \frac{kg}{s}$



$(x_A)_{\text{خروجی}} = 0.1$

$$\frac{-7.03\times10^{-6}}{r}\overset{(y_{A2}-y_{A1})}{\cancel{\gamma}}M_A=\rho_{\text{ساکن}}\frac{dr}{d\theta}\Rightarrow$$

$$1.596\times10^{-10}\int_0^{\theta}d\theta=\int_{r_1=0.01}^{r_2=\frac{0.01}{4}}r\,dr\Rightarrow\theta=46985477.16(s)$$

$\theta=783091,286\ (min)$

$\theta=13051,52\ (hr)$

$\theta=1.5\ (year)\Leftarrow\theta=543,81\ (day)$

ب) $u_\infty=?\quad,\ Z_F=?\qquad;\ \theta=\frac{1}{100}\theta_1$

$\theta=469854/77\ (s)$

$$Re=\frac{\rho u_\infty d}{\mu}=85000\ u_\infty d$$

$$Sc=\frac{\mu}{\rho D}=1.67$$

$$\overline{Sh}=2+328.83\ u_\infty^{0.5}d^{0.5}=\frac{Fd}{CD}$$

حرکت $C=\frac{\rho}{M}=0.041$

$$\Rightarrow F=5.765\times10^{-7}\frac{1}{d}+9,4779\ u_\infty^{0.5}d^{-0.5}$$

مرکت $\Rightarrow F=k\qquad(y_{B,M}\to1)$

$$\Rightarrow(5.765\times10^{-7}d^{-1}+9.4779\ u_\infty^{0.5}d^{-0.5})\,\overset{2.04\times10^{-4}}{(y_{A1}-y_{A2})}M_A=\rho_{\text{ساکن}}\frac{dd}{d\theta}$$

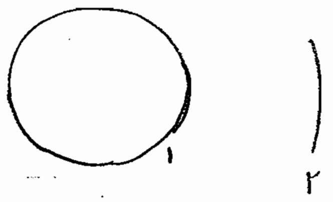
پایان ترم - سری (۹):

(مسئله ۱)

$d = 2\,cm = 0.02\,m$ (هوای ساکن)

$T = 25^{\circ}C,\ P = 1\,atm = 101330\,pa$

الف) $\theta = ?$ $\quad d_2 = \frac{1}{4}\,0.02 = 0.005$



$$(1)\begin{cases} P_{A1}^{*} = 20.7 \Rightarrow y_{A1} = 2{,}04\times10^{-4} \\ P_{B1} = 101309{,}3 \Rightarrow y_{B1} = 9{,}998\times10^{-1} \\ M1 = 29{,}04 \end{cases}$$

$$(2)\begin{cases} P_{A2} = 0 \ ,\ y_{A2} = 0 \\ P_{B2} = 101330 \ ,\ y_{B2} = 1 \ ,\ M2 = 29.02 \end{cases}$$

بین: $\begin{cases} y_A = 1.02\times10^{-4} \ ,\ y_B = 9{,}99898\times10^{-1} \\ \rho = \rho_{air} = \frac{PM}{RT} = 1.19 \end{cases}$

$$\cancel{\dot m_1} - \dot m_2 = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow -k\,(y_{A2}-y_{A1})\cancel{S}M_A = \cancel{S}\underset{\text{نفتالین}}{\rho}\,\frac{dr}{d\theta}$$

$\Rightarrow k = ?$

$$R = \left(\frac{\rho u d}{\mu}\right) \xrightarrow{u=0} 0 \Rightarrow \overline{Sh} = 2$$

$$\frac{kd}{D} = 2 \Rightarrow k = \frac{1{,}406\times10^{-5}}{d} = \frac{7.03\times10^{-6}}{r}$$

خط عمل بالای منحنی تعادلی

$A \left| \begin{array}{l} X_{NP}=0 \\ Y_{NP+1}=0 \end{array} \right.$ $\qquad B \left| \begin{array}{l} X_0=? \\ Y_1=0.147 \end{array} \right.$

ستون جذب داریم ⇐ بر مبنای پایین ستون حل می‌کنیم.

$G_m = 1.87 \ \mathrm{Kg/s}$

$L_m = 4 +$ بنزن انتقالی $= 4.23936 \ \mathrm{Kg/s}$ $\Big\} \ \frac{L'}{G'} = \frac{L_m}{G_m} = 2.27$

بنزن انتقالی $= \underline{0.128} \times 1.87 = 0.23936$

الاجزی (همراهش منتقل می‌شود)

$$\rho_G = \frac{PM_1}{RT} = 1.247 \ \mathrm{Kg/m^3}$$

$$\rho_L = 800$$

از طرفی: $G' = \frac{G_m}{A_C} = \frac{G_m}{\pi/4\, d^2} = 3.722$

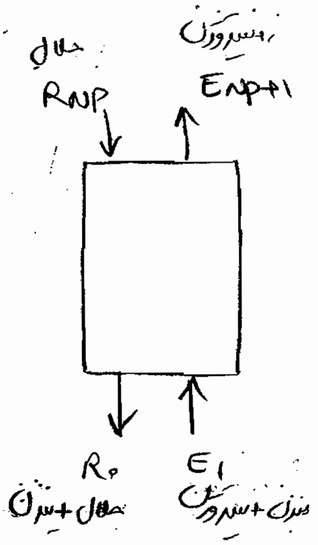
محور x: $\frac{L'}{G'}\left(\frac{\rho_G}{\rho_L-\rho_G}\right)^{1/2} = 0.08$

محور y: $\frac{G'^2 C_f \mu_L^{0.1}}{\rho_G(\rho_L-\rho_G)} = 0.1$

$\Big\} \ \frac{\Delta P}{Z} = 700$

از طرفی $h = 2m$, $HETP = 0.4 \Rightarrow N_P = \frac{2}{0.4} = 5 \Rightarrow$

$\%40$ $\cancel{\text{بازده}} = \frac{\overset{5}{\cancel{\text{ایده‌آل}}}}{\text{واقعی}} \Rightarrow$ واقعی $= 12.5$ $\longrightarrow$ با دقت در شکل رسم می‌کنیم $\Rightarrow X_0 = 0.93$



پایان ترم - سری (8)

6)

R: حلال

E: مخلوط بنزن و نیتروژن

$R_{Np} = 4\ kg/s$ $\quad x_{Np} = 0$

دران

حلال $\begin{cases} \rho_L = 800 \\ \mu_L = 0.002 \end{cases}$

$E_1 = 1.5\ m^3/s$

y_1 مولی (بنزن) $= 0.05$

$T = 25\,^{\circ}C$, $P_t = 1\,atm$

$\frac{\Delta P}{Z} = 1000$ $\quad C_f = 18$ $\quad$ قطر $D = 0.8\,m$, $h = 2\,m$

$HETP = 0.4\,m$

$y_{NP+1} = ?$ (بنزن) $\quad$ منحنی تعادل: $Y = 0.13X$ $\quad y_{NP+1} = 0$

η ستون $= 40\%$ $\quad$ M بنزن $= 78.11$ $\quad$ M نیتروژن $= 28$

$E_1 \begin{cases} y_1 \text{ مولی} = 0.05 \Rightarrow y_1 \text{ جرمی} = 0.128 \rightarrow Y_1 = 0.147 \ (\text{شکل } 31-8) \\ M_1 = 0.05(78.11) + 0.95(28) = 30.5 \\ E_1 = \frac{PVM_1}{RT} = 1.87\ kg/s \end{cases}$

$R_{NP} \begin{cases} R_{NP} = 4\ kg/s \\ X_{NP} = 0 \end{cases}$ $\quad E_{NP+1} \begin{cases} Y_{NP+1} = 0 \\ X \end{cases}$

$Cl_2 : B$ آب : A

$$J_D = \frac{Sh}{Re\,Sc} Sc^{2/3} \Rightarrow J_D = \bar{Sh}\, Re^{-1}\, Sc^{-1/3}$$

$$\bar{Sh} \times (4.076)^{-1} (833.33)^{-1/3} = 1.12 \times 10^{-4} \Rightarrow$$

$$\bar{Sh} = 4.31 \times 10^{-3}$$

$$\left.\begin{array}{l} \bar{Sh} = \dfrac{k\delta}{D} \\ \delta = 0.8 \times 10^{-3} \end{array}\right\} k = 6.47 \times 10^{-9}$$

$C = ?$

$$(1)\left\{\begin{array}{l} x_{A1} = x_A^{*} = 0.003 \\ x_{B1} = 0.997 \\ M1 = 18.18 \end{array}\right. \qquad (2)\left\}\begin{array}{l} x_{A2} = 0 \\ x_{B2} = 1 \end{array}\right.$$

$$C = \frac{\rho}{M} = 55.49$$

سیستم رقیق است.

$$\longrightarrow \dot{m} = u\rho \frac{\pi}{4}\left[(1.25\times10^{-2})^2 - (0.8\times10^{-3})^2\right] \Rightarrow u = 0.033 \ \mathrm{m/s}$$

$$(*) \Rightarrow 2\pi(1.25\times10^{-2})(6.47\times10^{-9})(0.003 - x_A)\,dx =$$

$$= 55.49 \times 0.03 \times \pi(1.25\times10^{-2} - 0.8\times10^{-3})\,dx_A$$

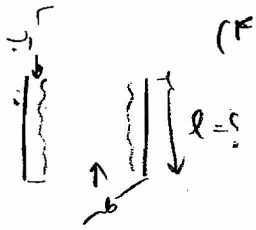
$$\int_0^h dx = \int_0^{1000\,ppm} dx_A$$

$$\text{طول } h = \frac{h}{20}$$

پایان ترم - سری (8)

(۴

$z = 0.8 \times 10^{-3}\ m$ $N = 20$

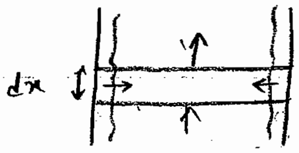


$\dot{m}$ مایع (حجمی) $= 4\ \frac{lit}{s}$ $d_i = 2.5 \times 10^{-2}\ m \rightarrow r_1 = 1.25 \times 10^{-2}\ m$

$\hookrightarrow$ $\dot{m}$ مایع (حجمی) $= 4 \times 10^{-3}\ \frac{m^3}{s}$

$x_A^* = 0.003$

هدف : خروجی $(x_A) = 1000\ ppm$ ورودی $(x_A) = 0$



موازنه) $N_A \cancel{M_A} S = ((C_A + dC_A) - C_A) \cdot u S' \cancel{M_A}$

$$\Rightarrow N_A S = dC_A \cdot u \cdot S'$$

$S = 2\pi r dx$ $S' = \pi (1.25 \times 10^{-2} - 0.8 \times 10^{-3})^2$

$C_A = C \cdot x_A$

$$\Rightarrow (*)\ 2\pi (1.25 \times 10^{-2}) N_A\, dx = C u \pi (1.25 \times 10^{-2} - 0.8 \times 10^{-3})^2 dx_A$$

$N_A = k_x (x_A^* - \overset{\text{متغیر}}{x_A})$ $\Rightarrow k_x = ?$

تشابه جرم و حرارت :

$$J_D = 1.76 \times 10^{-5}\ Re^{0.506}\ Sc^{0.17}$$

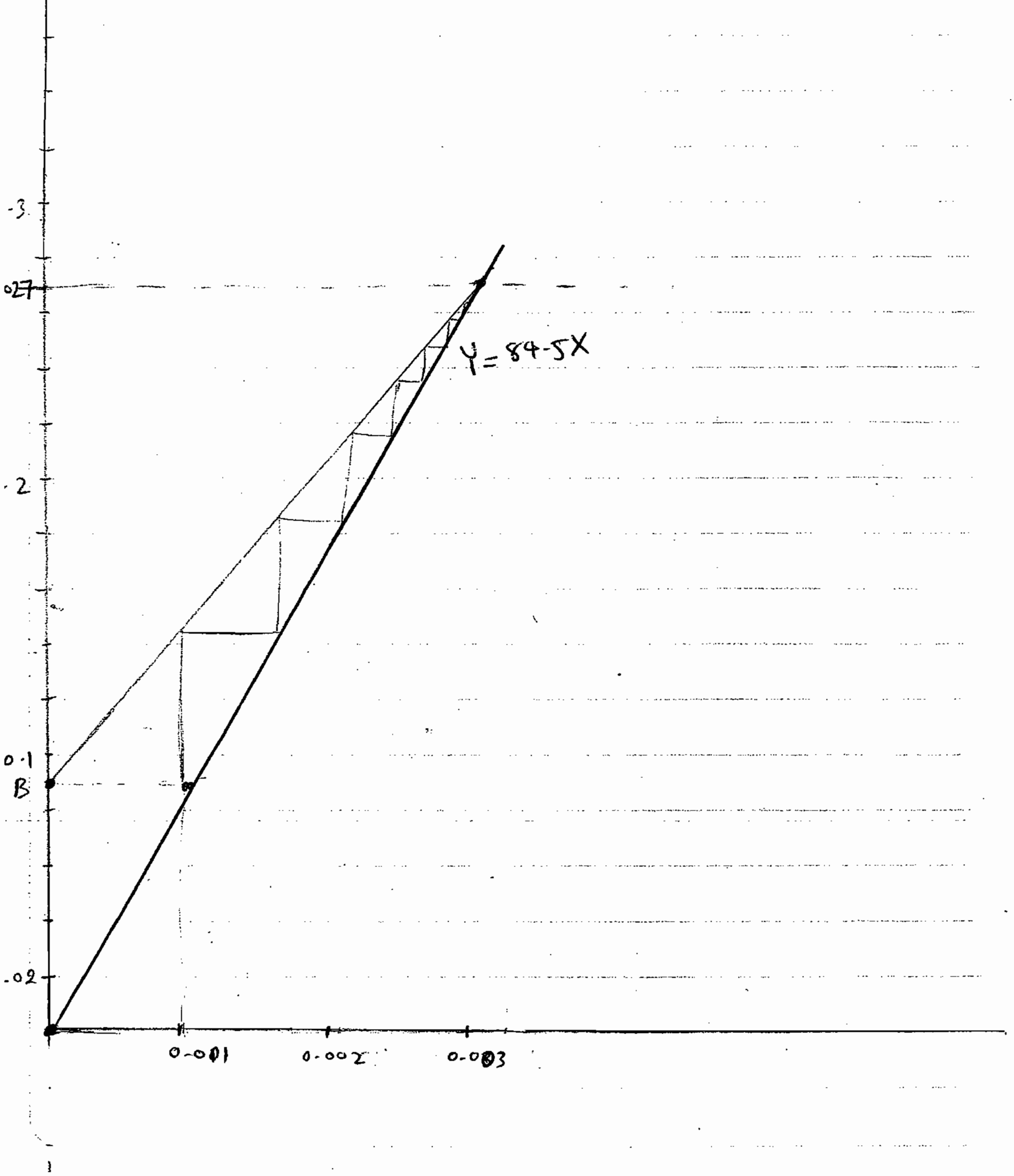
$$\left.\begin{array}{l} Re = \dfrac{4 \dot{m}}{2\pi^2 r} = 4.076 \\ Sc = \dfrac{\mu}{\rho D} \doteq 833.33 \end{array}\right\} J_D = 1.12 \times 10^{-4}$$

$\mu \rightarrow ?$ $\rho \rightarrow ?$

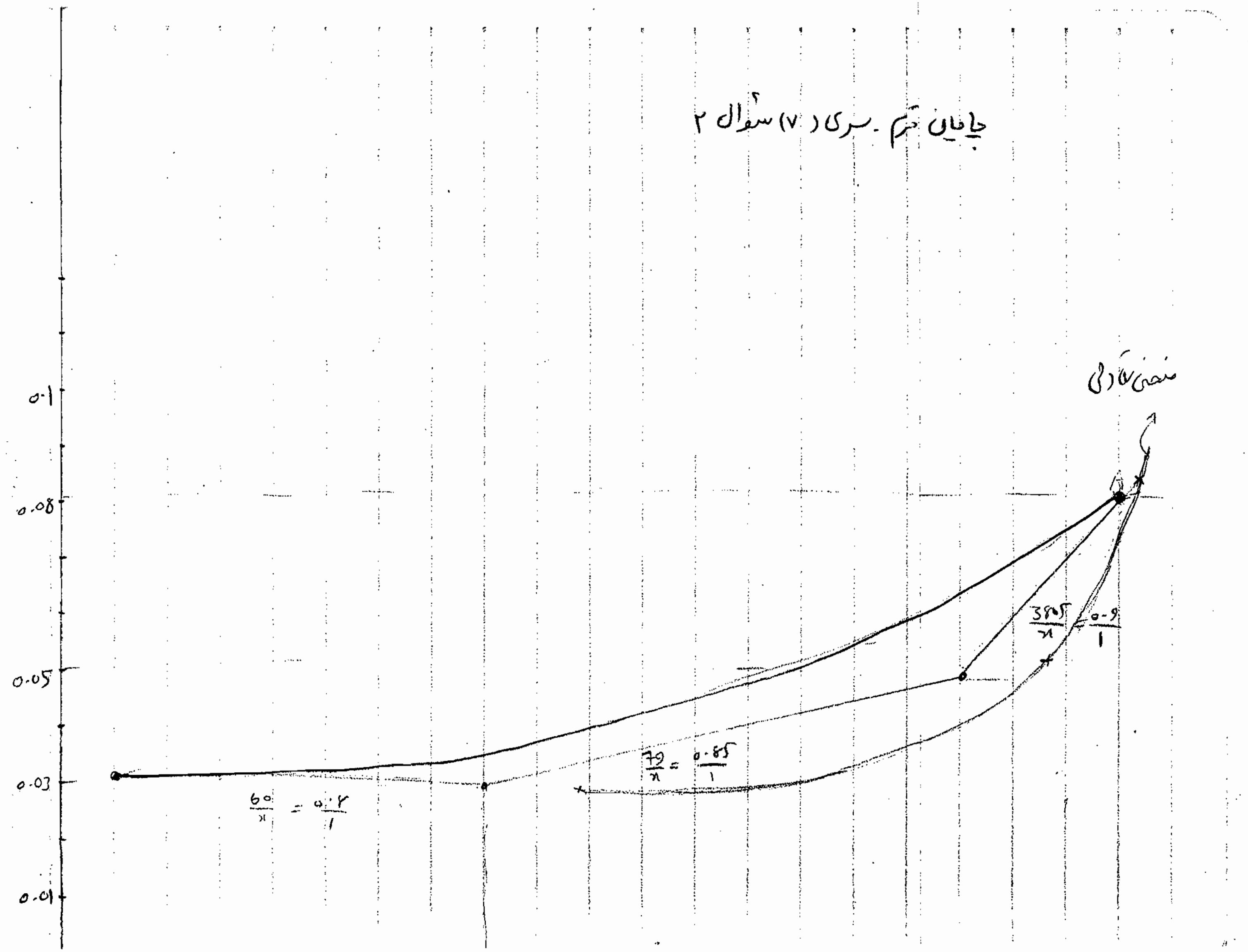
$\frac{Sh}{Re\,Sc} Sc^{2/3}$

①

پایان ترم (۷) - سؤال ۳



جانمایی ترم. سری (۷) سؤال ۲



ادامه پایان ترم (۸)

ادامه حل سؤال ۳

$N_p = 8$

$HETP = 2.5 \Rightarrow h = 8 \times 2.5 = 20\,(m)$

ب) ستون جذب لازم $(E \rightarrow R)$ ⇐ محاسبات برمبنای پائین ستون است

$$\left.\begin{array}{l} G_m = E_1 = 1.49\ kg/s \\ L_m = R_{Np} + \text{مقدار } SO_2 \text{ انتقالی} = 70.8197 \end{array}\right\} \frac{L_m}{G_m} = 47.53$$

مقدار SO_2 انتقالی $= (0.21 - 0.08) \times \cancel{E_1} = 0.1937$ 1.49

$$\rho_G = \frac{PM_1}{RT} = 1,24$$

$$\left.\begin{array}{l} x \text{ محور } = \dfrac{L_m}{G_m}\left(\dfrac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G}\right)^{0.5} = 1.68 \\ \text{توصیه شده } \dfrac{\Delta P}{Z} = 300\ \dfrac{Pa}{m} \end{array}\right\} y \text{ محور } = 0.008$$

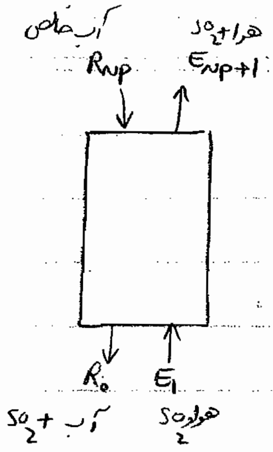
از شکل (31-8)

$$G' = \frac{G_m \xrightarrow{} kg/s}{\pi/4\, d^2} = 1.898$$

$$y \text{ محور } = \frac{G'^2 C_f \mu_L^{0.1}}{\rho_G(\rho_L - \rho_G)} \Rightarrow C_f = 5.76$$

ج) خیر، چون برای $d > 0.9m$ باید اندازه اسمی حدود 50-75mm باشد ولی در این اندازه φ در محدوده‌ی مورد نظر نمی‌باشد.

$d = 1m$



۳) E: هوا و SO_2

R: حلال

E_1 { حجمی $E_1 = 1.2\ \frac{m^3}{s} \Rightarrow \frac{PVM_1}{RT} \Rightarrow$ جرمی $E_1 = 1.49\ \frac{kg}{s}$

مولی $y_1 = 0.11$

$M_1 = 0.11(64) + 0.89(29.02) = 32.87$

R_{Np} { $X_{Np} = 0$ E_{Np+1} { مولی $y_{Np+1} = 0.038$

$(R_{Np})_{\text{واقعی}} = 1.5\,(R_{Np})_{min}$

جرمی $y_1 \Rightarrow 0.11 = \dfrac{\frac{x}{64}}{\frac{x}{64} + \frac{1-x}{29.02}} \Rightarrow \dfrac{29.02x}{-34.98x + 64} = 0.11 \Rightarrow$ جرمی $y_1 = 0.21$

جرمی $Y_1 = 0.27$

جرمی $y_{Np+1} \Rightarrow 0.038 = \dfrac{29.02x}{-34.98x + 64} \Rightarrow$ جرمی $y_{Np+1} = 0.08$

جرمی $Y_{Np+1} = 0.087 \simeq 0.09$

الف) تعداد مراحل ایده‌آل = ؟ $HETP = 2.5m$ ⇐ ارتفاع ستون = ؟

رسم منحنی تعادلی

$A \left| \begin{array}{l} X_e = \\ Y_1 = 0.27 \end{array} \right.$ $B \left| \begin{array}{l} X_{Np} = 0 \\ Y_{Np+1} = 0.09 \end{array} \right.$

منحنی تعادلی: $Y = 84.5\,X$ { $(0,0)$; $(0.003, 0.27)$ $(0.001, 0.09)$

$(X_0)_{min} = 0.003 \Rightarrow \left(\frac{R_s}{E_s}\right)_{min} = \dfrac{0.09 - 0.27}{0 - 0.003} = 60$

$E_s = E_1(1 - y_1) = 1.49(1 - 0.21) = 1.1771\ kg/s$

$(R_s)_{min} = 70.626 \Rightarrow (R_{Np})_{min} = \dfrac{70.626}{1 - 0} = 70.626\ kg/s$

ادامهٔ پایان ترم - سری (7)

$E =$ حلال / $R =$ خوراک

ادامه حل سؤال ۲) رسم منحنی :

حال حلال min را بدست می‌آوریم.

A | 0.021
  | 0.08

D | 0.01
  | $Y_{NP+1} =$

ج) 10cm) $\bar{F} = \dfrac{\int_0^{0.1} F\,dx}{\int_0^{1} dx} \Rightarrow F = \dfrac{d}{dx}(\bar{F}x)$

$$\bar{Sh} = 0.0027 \frac{\rho u x}{\mu} Sc^{0.43} = \frac{\bar{F}x}{CD} \Rightarrow$$

$$\bar{F} = 0.0027 \frac{CD\rho u}{\mu} Sc^{0.43} = 2.369\times10^{-4}$$

$$F = \frac{d}{dx}(\bar{F}x) = \frac{d}{dx}\left(2.369\times10^{-4}x\right) = 2.369\times10^{-4}\ \frac{kmol}{m^2\text{-}s}$$

20cm) $\Rightarrow F = 2.369\times10^{-4}\ \dfrac{kmol}{m^2\text{-}s}$

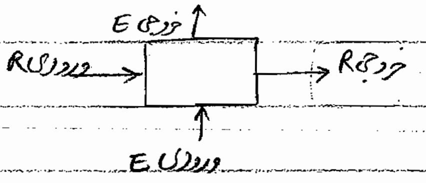
یعنی در این جا F مستقل از x است.

۴) به جای سیستم مرحله‌ای متقاطع از ستون موازی و غیر هم سو استفاده می کنیم.

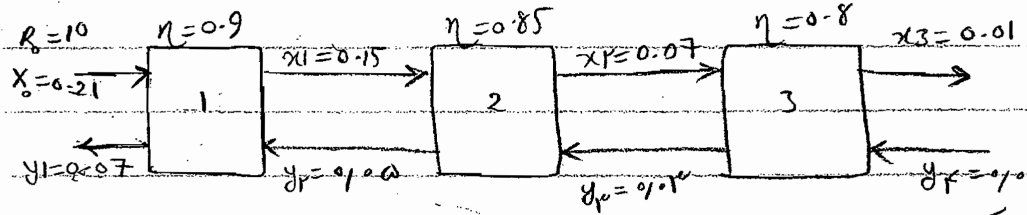
الف) ارتفاع = ؟

HETP=1.5

$(\text{حلال})_{\text{واقعی}} = 2(\text{حلال})_{min}$


خروجی E
ورودی R
خروجی R
ورودی E

هر مرحله‌ی موازی و غیر همسو


$R_0=10$
$X_0=0.21$
$\eta=0.9$
1
$x1=0.15$
$\eta=0.85$
2
$x۲=0.07$
$\eta=0.8$
3
$x3=0.01$
$y1=0.07$
$y_۲=۰/۰۵$
$y_۳=۰/۰۳$
$y_۴=۰/۰۳$

$$\begin{cases} X_0 = 0.21, & X1 = 0.18, \quad X_2 = 0.08, \quad X_3 \doteq 0.01 \\ Y_1 = 0.08, & Y_2 = 0.05, \quad Y_3 = 0.03, \quad Y_4 = 0.03 \end{cases} \rightarrow$$

فقط به اولی و آخری کار داریم

پایان ترم - سری (۷)

۱)

$u_\infty = 4\ m/s \qquad T = 25^\circ C\ ,\ P = 1atm$

$A = \overset{200}{50\times4}\times10^{-4} \Rightarrow A = 0.02\ m^2$

الف) $\bar{F} = ?$

$\bar{Sh} = 0.0027\ Re\ Sc^{0.43} \qquad , \rho = \frac{PM}{RT} = 1.186$

ρ' air

$Re = \frac{\rho u x}{\mu} = 139{,}361{,}46$

$Sc = \frac{\mu}{\rho D} = 2.98$

$\bar{Sh} = 562.87$

مرز ۱ و ۲ [illegible]

$(1)\begin{cases} P_{A1} = P_A^* = 10.6pa \rightarrow y_{A1} = 1.05\times10^{-4} \\ P_{B1} = 101\ 319{,}4 \rightarrow y_{B1} = 0.999895 \end{cases} \quad (2)\begin{cases} P_{A2} = 0 \rightarrow y_{A2} = 0 \\ P_{B2} = 101330 \rightarrow y_{B2} = 1 \end{cases}$

[illegible] $y_A = +5{,}2305\times10^{-5} \quad y_B = 0.99995$

↳ ممیز

$C = \frac{\rho}{M} = 0.041 \qquad , \bar{Sh} = \frac{\bar{F}x}{CD} \Rightarrow$

$\bar{F} = 2.369\times10^{-4}\ (\frac{kmol}{m^2.s}) \rightarrow \bar{F} = \frac{CD}{Z} \Rightarrow Z = 8.913\times10^{-4}\ m$

ب) $\theta = 3600 (s)$

$\cancel{\dot{m}_1} - \dot{m}_2 = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow -N_A M_A S = \frac{dm}{d\theta}$

$-\bar{F} \ln \frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}} M_A\ 50\times4\times10^{-4}\ d\theta = \overset{\Delta m \rightarrow \text{جواب}}{\boxed{m_2 - m_1}}$

①

پایان ترم - سری (۲)

ادامه حل سؤال ۳)

دبی جرمی گاز $= G_m = \frac{PVM}{RT} = 1.32 \ \mathrm{kg/s}$

$$G' = 1.32 \ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} \Big/ \frac{\pi}{4} d_i^2 \ \mathrm{m}^2 = 1.68 \ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}}$$

$$\rho_G = \frac{PM}{RT} = 3.311 \quad , \rho_L = 1000$$

(شکل 31-8):

محور y : 0.054 $\rightarrow$ $\frac{\Delta P}{z} = 300 \ \mathrm{pa} \Rightarrow$ (x محور)$_1 = 0.12$

$\searrow$ $\frac{\Delta P}{z} = 400 \ \mathrm{pa} \Rightarrow$ (x محور)$_۲ = 0.185$

(x محور)$_1 = 0.12 = \frac{L'}{G'} \left(\frac{\rho_G}{\rho_L - \rho_G} \right)^{0.5} \Rightarrow L' = 3.5 \ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}}$

(x محور)$_2 = 0.185 \Rightarrow L' = 5.39 \ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}}$

$$3.5 < L' < 5.39 \ \left(\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}} \right)$$

$D_i = 2r \Rightarrow F = 5.58\times10^{-4}\, r^{-0.31}$

$$(*) \Rightarrow -F \ln \frac{1-0}{1-x_{A1}} \times M_A = \rho \frac{dr}{d\theta}$$

$$5.58\times10^{-4}\, r^{-0.31} \times 180.1 = 1550 \times \frac{dr}{d\theta} \Rightarrow$$

$$6.486\times10^{-5} \int_0^{\theta} d\theta = \int_{3\times10^{-3}}^{1.5\times10^{-3}} r^{0.31}\, dr$$

$$\theta = 23.127\ (s)$$

Rasching $\rightarrow$ ceramic $\rightarrow 1\frac{1}{4}'' \rightarrow C_f = 125$ (۴

ستون $d_i = 1\,m$

هدف: جداسازی جزء خاص موجود در فاز گازی!

$\dot{m}_{\text{گاز}} = 0.4\ \frac{m^3}{s}$

$P = 101\,330\ pa$, $T = 25\ ^\circ C$

$\Delta P/_l = 350\ \frac{N}{m^3}$

$R = 8314$

محدوده ی دبی مایع = ؟

$M_{\text{گاز}} = 81$, $\rho_{\text{حلال}} = 1000$

آیا $5.2\times10^{-3}\ \frac{m^3}{s}$ مجاز است؟

$\mu_{\text{حلال}} = 10^{-3}\ pa\cdot s = \mu_L$

توصیه برای کارکرد مطمئن ستون؟

if $\Delta P >< $ توصیه $= ?$ $\rightarrow$ پیشنهاد برای رفع مشکل؟

ادامه‌ی پایان ترم سری (۲)

ادامه‌ی حل سؤال ۲)

$$J_D = \frac{0.25}{\varepsilon_e} Re^{-0.31}$$

$$\frac{Sh}{Re \cdot Sc} \cdot Sc^{2/3} = \frac{0.25}{\varepsilon_e} Re^{-0.31} \Rightarrow Sh = \frac{0.25}{\varepsilon_e} Re^{0.69} Sc^{1/3}$$

(۱) سطح کره

(۲) آب سطحی

(1)

$$x_{A1}\text{ مولی} = \frac{\frac{0.67}{180.1}}{\frac{0.67}{180.1} + \frac{0.33}{18.02}} = 0.169$$

$x_{B1} = 0.83$

$M_1 = 45.41$

$\rho_1 = 1200 \ \text{kg/m}^3$

(2)

$x_{A2} = 0$

$x_{B2} = 1$

$M_2 = 18.02$

$\rho_2 = 1000 \ \text{kg/m}^3$

$$\rho_{\text{محلول}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = 1100 \ \text{kg/m}^3$$

درصورت نیستیم!

$\mu = 0.9 \times 10^{-3}$

$$Re = \frac{\rho u D_i}{\mu} = 146666.67 D_i$$

$$Sc = \frac{\mu}{\rho D} = 1170.5$$

$$Sh = 24179.07 D_i^{0.69} = \frac{F D_i}{C D}$$

$$C = \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} = 40.96$$

$$F = 6.92 \times 10^{-4} D_i^{-0.31}$$

$$N_A = \frac{N_A}{\Sigma N_A} \cdot F \ln \frac{1-x_{A2}}{1-x_{A1}} = 1.36 \times 10^{-6}$$

$$(*) \Rightarrow \quad 1.36 \times 10^{-6} \times 155 \times \frac{2}{\underset{[illegible]}{1948}} \quad \theta = \int_{10^{-3}}^{0.5\times10^{-3}} dh$$

$$\Rightarrow \quad \theta = 2310{,}25\ (s) = 38.5\ \text{min} = 0.64\ \text{hr}$$

۲) A: گلوکز و B: آب

قطر بستر $d_i = 0.01\ m$ قطر ذره $D_i = 3\times10^{-3}\ m$

$u_\infty = 0.12\ m/s$ $T = 25°C$ و $P = 1\,atm$

$M_A = 180.1$

$\rho_B = 1000\ kg/m^3$ و $\varepsilon_0 = 0.4$

غلظت گلوکز در آب در حالت اشباع $= 0.67$ (جرمی) آب ورودی = خالص.

$\theta = ?$ $(D_i)_2 = \frac{1}{2}(D_i)_1$

$$\underset{\text{حرارت}}{J_H} = \frac{0.25}{\varepsilon_0} Re^{-0.31}$$

$$\cancel{\dot m_1} - \dot m_2 = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow (*) - N_A \cdot M_A \cdot \cancel{S} = \rho \cdot \cancel{S} \cdot \frac{dr}{d\theta}$$

$$N_B = 0 \Rightarrow \frac{N_A}{\Sigma N_i} = 1$$

$$N_A = F \ln \frac{1-x_{A2}}{1-x_{A1}} \quad \Longrightarrow \quad F = ?$$

پایانترم - سری (۲)

۱)

$CoSO_4 = A$, $H_2O = B$

$N_B = 7N_A \Rightarrow \frac{N_A}{N_A+N_B} = \frac{1}{7}$ $\qquad A = 2 \times 3 \times 4 \times 10^{-2} = 0.24 = 2A'$

$\theta = ?$

$$\cancel{\dot{m}_۱} - \dot{m}_۲ = \frac{dm}{d\theta} \Rightarrow (*) \; -N_A \cdot M_A \cdot 2A' = \cancel{A'} \underset{CoSO_4 \cdot 7H_2O}{\rho} \frac{dh}{d\theta}$$

$\Rightarrow N_A = ?$

(۱) سطح کریستال $\qquad$ (۲) طرف ۲

۱) $\begin{cases} x_{A1} = x_A^* = 0.0186 \\ x_{B1} = 1 - 0.0186 \\ \rho_1 = 1137.3 \frac{kg}{m^3} \\ M_1 = x_{A1} M_{\text{کریستال}} + x_{B1} M_{H_2O} = 22.91 \end{cases}$

(۲) $\begin{cases} x_{A2} = 0 \\ x_{B2} = 1 \\ \rho_2 = 1000 \frac{kg}{m^3} \\ M_2 = 18.02 \frac{kg}{m^3} \end{cases}$

$M_{\text{کریستال}} = M_{CoSO_4} + 7M_{H_2O} = 281.14$

$F = \frac{CD}{z} \Rightarrow C = \left(\frac{\rho}{M}\right)_{ave} = \frac{1}{2}\left[\frac{\rho_1}{M_1} + \frac{\rho_2}{M_2}\right] = 52.57$

$F = 5.073 \times 10^{-4} \frac{kmol}{m^2 \cdot s}$

①