

به نام او انتقال جرم بیسرفته :

Subject

Year

Month

Date

طیبه اول ۱۲، ۱۱، ۹۴

* نفوذ مگنونی

* انتقال جرم با انتقال ماده تفاوت دارد. مثلاً در یک خط لوله انتقال گاز، انتقال ماده در هیچ نقطه انتقال

جرم

منظور از انتقال جرم به انتقال در مقیاس مگنونی است که به خاطر گراوانیت در بین سیسهای انتقالی می افتد.

انتقال ماده مثلاً انتقال و توزیع گاز به وسیله خط لوله و کپسول انجام می گیرد.

۱۰ به مکنای سیالات به انتقال فیزیکی توسط خط لوله و سیب انجام می گیرد.

* بنابراین انتقال جرم با انتقال ماده کاملاً متفاوت است.

* از انتقال جرم در انتقال در مقیاس مگنونی و همچنین فرآیندهای جداسازی استفاده می کنیم.

15

سوال: می انتقال جرم در هیچ؟ علت انتقال جرم گراوانیت و پتانسیل شیمیایی می باشد. ۷۸

پتانسیل شیمیایی یا تابعی بنام f (فگاسیتی) که به تقصیع شده بیان $du = RT d \ln f$

۲۰ سیالات واقعی است، بیان می شود. Chemical potential : μ

f : fugacity

فگاسیتی تابعی از (T) ، (P) و کسر مولی (x_i) (کنوس با غلظت C_i در رابطه است) می باشد.

* عاملی که باعث انتقال جرم می شود، گراوانیت و پتانسیل شیمیایی است. بنابراین ممکن است که غلظت ماده

SALEH

(و منظور می باشد ولی در اینجا تفاوت باشد. این (ها) با هم متفاوت است؛ در حالت های یکسان با یک است
چشم خواهد شد.

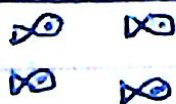
* فوقانی قطعیان تعادل را برده اند ($f_i^{\alpha} = f_i^{\beta}$) بلکه در انتقال هم به کار می آید.

و تعریف: باید حرکت باشد و نفوذ را از بند بند به هم و فرق آن کار با هم می باشد.

در کتاب BSL (مان Bird) یک مثال برای این منظور آمده است: فرض کنید یک روزخانه در حال

حرکت کند و در داخل روزخانه ها در حال حرکت باشند. یک شخص ناظر هم وجود دارد که کند روزخانه

اینست است. این ناظر تعداد ماهی های که در یک زمان مشخص از



یک آنال خاص از روزخانه می گذرد را یادداشت می کند.

یک سری ماهی ها را آن می برد و یک سری ماهی ها علاوه بر حرکت ماهی های

خودشان هم حرکت می کنند. آن چیزی که ناظر می بیند مجموع این دو حرکت است. ماهی های را که آن

با قوس می برد همان جریان باشد و ماهی های که خودشان هم حرکت دارند نشان می دهند نفوذ است.

و همچون ناظر مجموع حرکت باشد و نفوذ را می بیند، اگر ناظر بخواهد حرکت نفوذ ماهی ها را بدست بیاورد

باید با یک از مجموع کم کند.

SALEH

$$\frac{dc}{dt}, \frac{\partial c}{\partial t}, \frac{Dc}{Dt}$$

بدین Bird به نوع مشتق معرفی کردن است:

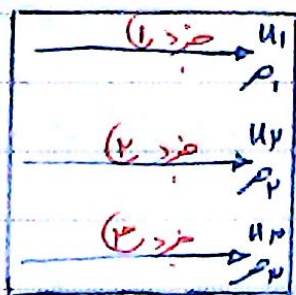
$\frac{dc}{dt}$ حالتی است که ناظر در کنار و در زمانه ساکن است و حرکت مائع را مشاهده می کند.

$\frac{\partial c}{\partial t}$ زمانی است که ناظر در کنار مائع ساکن باشد که فوتوریس فوتوریس باشد و بنابراین با سرعت مائع حرکت می کند.

$\frac{Dc}{Dt}$ حالتی است که ناظر در کنار مائع فوتوریس فوتوریس است و مابین سرعت تفاوت فوتوریس مائع حرکت می کند.

* فرض کنید که یک حجم کنترل مابین مائع و مائع به حرکت زیر راسته باشیم:

10 $C.V$ \rightarrow u سرعت جزائیه به مابین مائع ساکن است (سرعت یک مائع فوتوریس)



(به عبارت دیگر مابین مائع و مائع فوتوریس است)

15 سرعت مائع فوتوریس از حرکت از مائع است.

سرعت متوسط مائع: mean mass velocity: $u = \frac{m_1}{m} u_1 + \frac{m_2}{m} u_2 + \frac{m_3}{m} u_3$

(مانند قانونهای اختلاط (Mixing rules) که در ترمودینامیک)

20 بنا بر این سرعت متوسط مائع که با mass average mean mass velocity نامیده می شود همان حالت کلی است

$$u = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i u_i$$

معمولاً n جزئی برابر است با:

این سرعت متوسط مائع همان سرعت مائع است. مانند حالتی که ناظر در کنار مائع با سرعت مائع حرکت می کند و

تعدادهای فارادی شمرد

نکته: سرعت رودخانه ناشی از سرعت آب و سرعت ماهی است و نه به عنوان مقصود باید به سرعت

$$u = \frac{p_1}{p} u_1 + \frac{p_2}{p} u_2$$

اگرچون علت آب (مقدور کسر جرمی است) نسبت به ماهی قابل بیست است

سرعت رودخانه (u) بر همان سرعت آب (u_1) فرض می کنند.

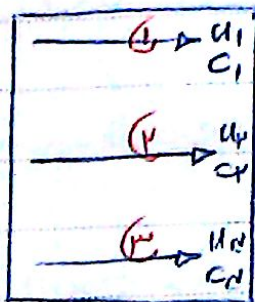
نکته: نسبت $\frac{z}{p}$ همان کسر وزنی است.

بنابراین سرعت باین ناشی از سرعت هدیه از اجزاد است پس در مثال رودخانه سرعت ماهی را هم به سرعت باین تأثیر می گذارد.

نکته: هر خروج فرمول مقصود، مجموع رانیه اجزاد است: $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$

* فرض کنید همان حجم کنترل قبل را داشته باشیم با این تفاوت که برای هر عدد به جای سرعت علت

مولی C_i استعاره کنیم. (سرعت باین) (فرض می شود)



برای جابجایی متوسط مولی U به صورت زیر بدست می آید:

(molar average velocity, U)

$$U = \frac{C_1}{C} u_1 + \frac{C_2}{C} u_2 + \frac{C_3}{C} u_3$$

مole fraction : $\alpha_i = \frac{C_i}{C}$ که بدین جا :

بدین به مخلوط n جزئی :

$$U = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^n C_i u_i$$

سرعت متوسط
موی بایک

پس باز هم گساده کنیم که سرعت متوسط را خانه هم داشته اند حرکت آن و هم خاص است.

بنابراین : سه تا تعریف بدین سرعت پیدا کردیم و بدین جز ۱ سرعت :

(۱) نسبت به مختصات ساکن (fix coordinate) u_i ← حرکت بایک و نفوذ را بیان می کند

(۲) نسبت به سرعت متوسط جری $u_i - U$ ← حرکت نفوذ را بیان می کند

(۳) نسبت به سرعت متوسط موی $u_i - U$ ← حرکت نفوذ را بیان می کند

۱۵
در خواصیم باین تعاریف انواع سه جری و موی را تعریف کنیم.

جرای جری : mass flux :

(۱) $n_{ix} = \rho_i u_i$: سازه i در جهت x → جری نسبت به مختصات ساکن

$$\rho_i : \frac{kg(i)}{m^3} \quad u_i = \frac{m}{s} \rightarrow n_{ix} : \frac{kg(i)}{m^2.s}$$

واحد سازه جری :

$$n_{ix} = \rho_i u_i$$

۲۰

(۲) $\Rightarrow i_{ix} = \rho_i (u_i - u)$ *

(۳) $\Rightarrow j_{ix} = \rho_i (u_i - U)$ **

5 molar flux: $\rho_i u_i$

(۱) $\rightarrow N_{ix} = c_i u_i$

10 $\frac{\text{mol (i)}}{m^3} \times \frac{m}{s} = \frac{\text{mol (i)}}{m^2 \cdot s}$

(۷) $\rightarrow I_{ix} = c_i (u_i - u)$

(۳) $\rightarrow J_{ix} = c_i (u_i - U)$

15 $i_{ix} = \rho_i (u_i - u)$ * از معادله * داریم:

$i_{ix} = \rho_i u_i - \rho_i u = n_{ix} - \frac{\rho_i}{\rho} \sum_{i=1}^n \rho_i u_i$ ساده سازی می کنیم: (رابطه u با ρ_i و n_{ix} داریم)

20 $\rightarrow i_{ix} = n_{ix} - w_i \sum_{i=1}^n n_{ix}$

فرض کنید که با مخلوط رقیق داریم. داریم می بینیم:

for Binary Mix: $i_{Ax} = n_{Ax} - w_A (n_{Ax} + n_{Bx})$
 (B و A یعنی ب و ا) $i_{Bx} = n_{Bx} - w_B (n_{Ax} + n_{Bx})$ SALEH

حالا در رابطه به دست آوردن برای i_{Ax} و i_{Bx} را با هم جمع می کنیم:

$$i_{Ax} + i_{Bx} = n_{Ax} + n_{Bx} - (w_A + w_B)(n_{Ax} + n_{Bx}) = 0$$

5 برای مخلوط لغزنی A و B $\rightarrow i_{Ax} + i_{Bx} = 0$

$$\sum_{i=1}^n i_{ix} = 0$$

نتیجه: بهترین ترتیب می توان اینان کرد که:

نتیجه آنکه وقتی که سازه لغزنی را نسبت به سرعت متوسط می گرفتیم (یعنی i_{ix})، مجموع این سازه های لغزنی برای همه اجزای مخلوط باید برابر یا صفر شود.

نتیجه: در رابطه $i_{ix} = n_{ix} - w_i \sum_{i=1}^n n_{ix}$ و n_{ix} سازه است که منظره کن

15 می بیند (مجموع اثری است) و $(w_i \sum_{i=1}^n n_{ix})$ اثری است که انسان می دهد. اختلاف

اثری است که سازه همان سازه لغزنی است. باز هم تکرار می کنیم که همه اجزای در رابطه با سازه می گذارند چون

20 که آن سازه های تمام اجزای n است.

*** یعنی سازه که برای i_{ix} انجام دادیم، برای j_{ix} جلوی داریم. از معادله $**$ داریم:

$$j_{ix} = p_i (u_i - U) = p_i u_i - p_i U = n_{ix} - \frac{p_i}{c} \sum c_i u_i$$

SALEH از طرف می داریم که: $p_i = c_i M_i : \frac{\text{mol } i}{m^2} \times \frac{kg \cdot i}{\text{mol } i} = \frac{kg \cdot i}{m^2}$

و همچنین در روابط سگرمای موی: $N_{ix} = C_i u_i$ است.

$$\dot{J}_{ix} = n_{ix} - \frac{C_i M_i}{C} \sum_{i=1}^n N_{ix}$$

اگر برای یک مخلوط دوجزی A و B بنویسیم: for Binary Mix

$$\dot{J}_{Ax} = n_{Ax} - \frac{C_A M_A}{C} (N_{Ax} + N_{Bx})$$

$$N_{Ax} \times M_A = n_{Ax} \quad N_{Bx} \times M_B = n_{Bx}$$

توجه!

بنابراین باطریز کردن خواهم داشت: $\dot{J}_{Ax} = n_{Ax} - M_A \left(n_{Ax} + \frac{M_A}{M_B} n_{Bx} \right)$
 ((این رابطه برای سگرمای موی نیست به سرعت متوسط موی می باشد))

Home Work 1

* اینان کنید:

$$\dot{J}_{Ax} + \dot{J}_{Bx} = \rho(u - v)$$

$$\sum_{i=1}^n \dot{J}_{ix} = \rho(u - v)$$

** i_{ix} (سگرمای موی نیست به سرعت متوسط موی) را که در صفحات قبل به دست آوردیم، بنا به

قانون فیک (Fick's law) می توان به صورت تعریف نوشت:

$$i_{Ax} \propto \nabla p_A$$

SALEH

دانشه: A مگر ایران: ∇

(A)

$$J_{Ax} = -D_{AB} \frac{d\rho_A}{dx}$$

که این تناسب را به رابطه تبدیل کردیم:

((تکرار این رابطه را به صورت x گرفتیم. اگر سیستم اتولای باشد (۲ یا ۳) خواهد بود. همچنین چون

یک بعدی بود به صورت $\frac{d}{dx}$ نوشتیم))

((چون عدد $\frac{d\rho_A}{dx}$ منفی است، یک منفی بیرون ضرب نفوذی گذرند تا نسبت بدهد))

یا w_i گفتیم که: $w_i = \frac{i}{\rho}$ کسر جرمی

مشابه جز A : $\rho_A = w_A \rho \rightarrow d\rho_A = \rho dw_A$

در رابطه بالای صفحه جایگزین می‌کنیم:

$$J_{Ax} = -\rho D_{AB} \frac{dw_A}{dx}$$

مشابه این رابطه را در سیالات (پایان ۲) و بیان حرکت هدایت (قانون فویر) داریم.

جلسه دوم: ۹، ۱۱، ۱۷

در جلسه قبل در مورد شارهای نسبت به سرعت متوسط مرزی صحبت کردیم (کجا؟) که در آنجا:

$$J_{ix} = f(N_{ix})$$

حالا می‌خواهیم در مورد شارهای نسبت به سرعت متوسط مرزی صحبت کنیم و اینجا می‌کنیم که:

$$J_{ix} = c_i (u_i - \bar{u})$$

لظلمات قبل دیدیم که:

SALEH

حالا این رابطه را در صورت تعادل بازنویسی می کنیم:

$$J_{ix} = N_{ix} - \frac{C_i}{C} \sum_{i=1}^n C_i u_i = N_{ix} - \alpha_i \sum_{i=1}^n N_{ix}$$

رابطه اصف برای مخلوط چند جز است. اگر برای یک مخلوط دوفازی (Binary) B و A بنویسیم:

$$J_{Ax} = N_{Ax} - \alpha_A (N_{Ax} + N_{Bx}) \quad \text{برای جز A:}$$

$$J_{Bx} = N_{Bx} - \alpha_B (N_{Ax} + N_{Bx}) \quad \text{برای جز B:}$$

$$J_{Ax} + J_{Bx} = 0 \quad \text{مجموع } J_{Ax} \text{ و } J_{Bx} \text{ صفر خواهد شد:}$$

$$\sum_{i=1}^n J_{ix} = 0 \quad \text{همچنین برای یک مخلوط چند جز می توان این کار کرد:}$$

$$\sum_{i=1}^n I_{ix} = C (V - u)$$

از طرفی می دانیم که:

$$\sum_{i=1}^n N_{ix} = C V \quad \text{همچنین } \sum_{i=1}^n N_{ix} \text{ برابر است با:}$$

$$N_{Ax} + N_{Bx} = C V$$

مقادیر یک مخلوط دوفازی A و B:

$$J_{Ax} = -D_{AB} \nabla C_A$$

* از قانون اول فید می دانیم که:

∇C_A معنی جابجایی دارد است که فرض می کنیم جریان یک بعدی است. بنابراین:

$$J_{Ax} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dx}$$

SALEH

$$C_A = x_A C \rightarrow J_{Ax} = -C D_{AB} \frac{dx_A}{dx}$$

$$u_p = u_A + u_B$$

- معین می توان نوشت:

$$\rho = \rho_A + \rho_B$$

چون طبق تعریف:

قبل از ترکیب می توانیم فرض کنیم:

HW2
ایمان کنید

$$u_p = u_A \rho_A + u_B \rho_B$$

* طبق قبل گفتیم که برای یک عدد مانند A:

$$i_{Ax} = \rho_A (u_A - u)$$

$$i_{Ax} = -D_{AB} \frac{d\rho_A}{dx}$$

ترکیب می کنیم

و طبق قانون فیک:

از ترکیب دو رابطه فوق داریم:

$$u_A \rho_A = u_p \rho_A - D_{AB} \frac{d\rho_A}{dx} \quad (1)$$

و برای عدد B به طریق مشابه:

$$i_{Bx} = \rho_B (u_B - u)$$

$$i_{Bx} = -D_{BA} \frac{d\rho_B}{dx}$$

$$u_B \rho_B = u_p \rho_B - D_{BA} \frac{d\rho_B}{dx} \quad (2)$$

از جمع دو رابطه (1) و (2) و جایگزینی در (*) خواهیم داشت:

$$\frac{d\rho_A}{dx} + \frac{d\rho_B}{dx} = \frac{d\rho}{dx}$$

SALEH

Steady state diffusion: $\left(\frac{dc_A}{dz} \right)$

می خواهم نفوذ یک بعدی پایدار را بررسی کنم. بنابراین:

$$J_{AZ} = -D_{AB} \frac{dc_A}{dz}, \quad J_{BZ} = -D_{BA} \frac{dc_B}{dz}$$

اگر گاز ایده آل داشته باشیم، می توانیم این روابط را بر حسب فشار جزئی بنویسیم:

گاز ایده آل: $PV = nRT \rightarrow \frac{n}{V} = C = \frac{P}{RT}$ غلظت کل: C
فشار کل: P

$C_A = \frac{P_A}{RT}$ غلظت A: C_A
فشار جزئی A: P_A سیال برای غده A هم می توان نوشت:

حالا روابط بالای معده را باز نویسی می کنیم:

$$J_{AZ} = -\frac{D_{AB}}{RT} \frac{dP_A}{dz}, \quad J_{BZ} = -\frac{D_{BA}}{RT} \frac{dP_B}{dz}$$

بنابراین رابطه کلی برای N_{AZ} را باز نویسی می کنیم:

$$N_{AZ} = (N_{AZ} + N_{BZ}) \frac{P_A}{P} - \frac{D_{AB}}{RT} \frac{dP_A}{dz}$$

ساکن

این رابطه به ما می گوید که در A جهت Z نامشی که با یک مولکولی و نفوذ مولکولی است (نسبت به صفحات)

$$(N_{AZ} + N_{BZ}) \frac{P_A}{P} \text{ با یک مولکولی}$$

$$N_{AZ} = \frac{D_{AB} P}{RTZ} \left(\frac{1}{1+\delta} \right) \ln \left[\frac{1 - \frac{(1+\delta)P_{A_2}}{P}}{1 - \frac{(1+\delta)P_{A_1}}{P}} \right]$$

همان طور که می دانیم:

$$\frac{P_{A_1}}{P} = y_{A_1}, \quad \frac{P_{A_2}}{P} = y_{A_2}$$

$$\gamma = \frac{N_{BZ}}{N_{AZ}}$$

معین δ به صورت معادل تعریف شده است:

* حالا که رابطه بین δ را بدست آوردیم، روابطی را بررسی می کنیم: نفوذ معکابل و نفوذ یک طرفه

(1) Center current Diff. (نفوذ معکابل)



در این حالت سدهای رو به A و B با هم برابر و در خلاف جهت یکدیگر هستند.

((اگر ضریب استوکیومتری راستند، باید ماره دهند را بدفید استوکیومتری آن ضریب تقسیم کنیم))

بنابراین

$$N_{AZ} = -N_{BZ} \rightarrow \delta = -1$$

معین برای معکول نفوذی A و B:

$$\sum_{i=1}^r N_{iZ} = N_{AZ} + N_{BZ} = 0$$

چون $N_{AZ} + N_{BZ}$ معده شده، پس عبارت مربوط به بایک مولکولی (که در این صفت ۱۲ آمدن) صفر

است. یعنی فقط نفوذ خواص راست:

$$N_{AZ} = J_{AZ} = -N_{BZ} = -J_{BZ}$$

لذا مجموع سدهای خیزی در این سیستم گازی نفوذی همان فیکس است. به عبارت دیگر:

$$P_A + P_B = P$$

لذا این رابطه می توان در آن مشتق گرفت و نتیجه خواهد شد:

$$\frac{dP_A}{dz} = -\frac{dP_B}{dz}$$

بدین معنا که افزایش مسافتی در A، کاهش مسافتی در B را دارد. (یعنی اگر A به سمت راست

نقوذ می کند، مسافتی آن در جهت z زیاد می شود و مسافتی B در همان جهت z کاهش می یابد)

* فرض می کنیم که مسافت نفوذ A در B و مسافت نفوذ B در A هر دو برابر باشند با: $D_{AB} = D_{BA} = D$

حال روابط برای به دست آوردن N_{Ax} داریم. (۱) از رابطه ای که در بخش گذشته ایم (در ص ۱۲)

استفاده کنیم (۲) را در رابطه ای که در ص ۱۲ (بالاتر صفحه) مساوی ۱ - فکر داریم.

$$N_{Az} + N_{Bz} = 0 \quad \xrightarrow{\text{روست ۱}} \quad N_{Az} = \frac{D}{RTz} (P_{A1} - P_{A2})$$

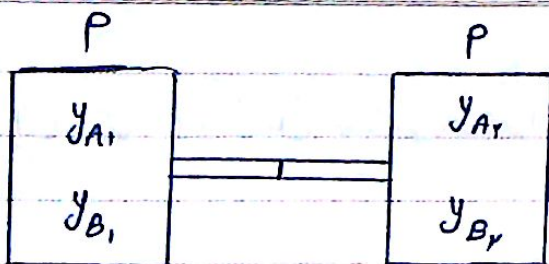
$$\gamma = -1 \quad \xrightarrow{\text{رابطه ۱۴}} \quad \xrightarrow{\text{Hop}} \quad \text{همان رابطه روست ۱} \quad \text{در ص ۱۲}$$

20

بنابراین نسبت این حالت (نفوذ متقابل) می توانیم را حفظ کنیم.

مثال: دو مخزن هم سار P داریم. کسرهای ایزان A و B در دو مخزن متفاوت است. یعنی

$y_{A1} \neq y_{A2}$ و $y_{B1} \neq y_{B2}$ است. بین دو مخزن یک مانع نفوذ داریم و وجود دارد. زمانی که این مانع



به واسطه می شود :

اگر به عنوان ناخبر ساکن به حاکم های منتقل شود

نکات کنیم ، مشاهده می شود که هم نفوذ و هم باک داریم ! (با اینکه مشاهدات و مقدمات نباید باشند)

جریان باک هم وجود دارد به اندازه نفوذ است . یعنی فقط J_{AZ} نیست ، بلکه باید N_{AZ} را حساب کنیم چون

یک جریان باک به خاطر نفوذ وجود آمده است . (جریان باک از نفوذ منتقل شده است)

اگر فقط J_{AZ} را حساب کنیم درست نیست ، چون J_{AZ} نسبت به سرعت متوسط مولی فقط به دست آمده است و نسبت به

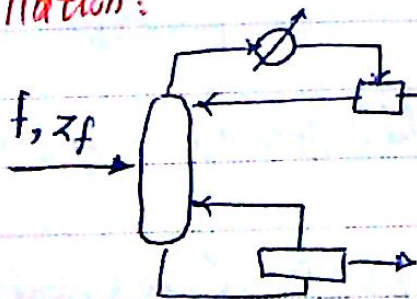
حفظان ساکن نیست . ولی اگر N_{AZ} را به دست بیاوریم نسبت به حفظان ساکن به دست خواهد آمد

* اگر فشارهای درون یک نباشد ، در آن حالت $Advective$ خواص را حساب کنیم که نسبت به این فشار دارد

* مثال بیان نفوذ نسبی :

تقلیل (یا رآوری)

distillation :



مستقیم بالای برج تقلیل یعنی خالص و مستقیم پایین یعنی

رفع است . در بالای برج (یعنی خالص) می خواهیم که فرود شنید

به نود و بالای همین که فرود فرکانس جریان بگیرد به برج می بینیم تا فرود شنید را با فرود پایین میدد

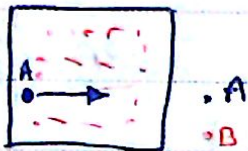
در اینجا هم می بینیم که فرود فرکانس باید ، یعنی همین حرکت می کنیم تا فرود فرکانس را با فرود بالا میدد

بنابراین برای مثال باقی بماند، جز شدن و گوناگون و فزونی و گوناگون ظاهر می شود پس **نیز متقابل داریم**.

مثال رسید استقرار (LLE) است

5 (۲) **Unidirectional Diff.** (نمود یکطرفه)

در این حالت فرد A در لایه ساکن B نفوذ می کند. مانند سد متقابل:



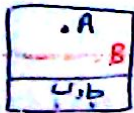
در این حالت $N_{A \rightleftharpoons}$ داریم بطوریکه $N_{B \rightleftharpoons}$ صفر است. بنابراین:

$$J = 0$$

مثال برای نفوذ یکطرفه: Adsorption, Absorption

به طور دقیق تر: به هم رسیده و در سطح بزرگ بزرگ وجود دارد و به هم رسیده آب:

در این حالت آمونیاک می پیوستن به آب را در دو لایه هوا این طور نیست. بنابراین آمونیاک در لایه ساکن هوا نفوذ می کند. و نفوذ یک طرفه خواهیم داشت.



یا مثلاً زمانی که یک بسته جاذب داریم، جاذب نمک کمی که از افراد تهایل بیشتری دارد (مثلاً A)

در این حالت هم فرد A در لایه ساکن B نفوذ می کند.

* بنابراین جابریسیم که $J = 0$ شد. بنابراین $N_{A \rightleftharpoons}$ با ساده سازی معادله ۱۴ (بالای صفحه) به صورت زیر خواهد بود:

$$N_{A \rightleftharpoons} = \frac{D P}{R T \delta} \ln \frac{P_{B_1}}{P_{B_2}}$$

SALEH

$$P_{BLM} = \frac{P_{Bv} - P_{B1}}{\ln \frac{P_{Bv}}{P_{B1}}}$$

اگر متوسط کارتنه P_B به دست نیاید:

بنابراین NAZ را فرض می‌کنیم:

$$NAZ = \frac{DP}{RTZ} \left(\frac{P_{Bv} - P_{B1}}{P_{BLM}} \right)$$

چون این رابطه معترضه B دارد و چون که A را می‌خواهیم، می‌توان تغییراتی ایجاد کرد که NAZ به نسبت

معترضه A شود:

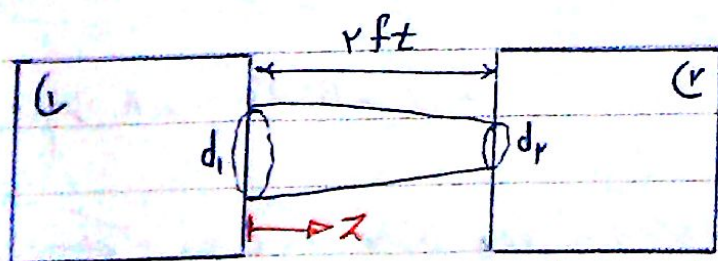
$$P_B = P - P_A \rightarrow NAZ = \frac{D}{RTZ} \left(\frac{P}{P_{BLM}} \right) (P_{A1} - P_{A2})$$

مثال: اگر که NAZ به دست نیاید، NAZ به نسبت P ، D ، T و $(P_{A1} - P_{A2})$ است.

(مثلاً، معترضه B با NAZ دیگر شده است)

حال این مثال که نمودار مقابل حل می‌کنیم.

مثال: ۲ تا طرف بزرگ را داریم که حاوی گازهای O_2 و N_2 هستند. (با $42^\circ F$ ، فشار کل 1 atm است)



این نمودار را به دقت در نظر بگیرید و حل کنید.

فشارها در هر طرف 1 atm است.

$$y_{N_2} = 0.18$$

$$y_{O_2} = 0.18$$

$$d_L = 1 \text{ inch}$$

$$y_{N_2} = 0.2$$

$$y_{O_2} = 0.18$$

$$d_R = 0.5 \text{ inch}$$

محلول است $9_{AZ} \left(\frac{\text{lbmol}}{\text{hr}} \right)$ ؟

A $\rightarrow N_2$

B $\rightarrow O_2$

$$D_{N_2-O_2} = 0.17 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}}$$

|| در این جا چون گرادیان دما نداریم + نفوذ مولکولی است. ولی اگر گرادیان دما داشته باشیم، Advection Flow خواصم

رابطه که بعداً خواهم گفت. \rightarrow نفوذ مولکولی $\rightarrow \nabla p = 0$ اگر

|| \rightarrow Advection flow $\rightarrow \nabla p \neq 0$ اگر

5 N_{AZ} را که بنا به معنی که داریم، واحد $\frac{lb \cdot mol}{m^2 \cdot s}$ است. این با $\frac{mol}{m^2 \cdot s}$ برابر است:

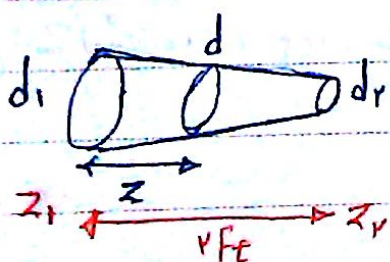
$$N_{AZ} = \frac{q_{AZ}}{A} = \frac{\frac{mol}{s}}{m^2} = \frac{mol}{m^2 \cdot s}$$

چون نفوذ در اینجا با هم قابل است: $N_{AZ} + N_{BZ} = 0$ بنابراین:

$$N_{AZ} = \frac{q_{AZ}}{A} = \frac{-D_{AB}}{RT} \frac{dp_A}{dz}$$

* چون سطح مقطع متغیر است، با معادله N_{AZ} بیان (در duct تغییر کند) و q_{AZ}

15 عدد ثابتی دارد. برای بدست آوردن q_{AZ} باید با سطح را انتخاب کنیم، به صورت زیر:



چون تغییرات مقطع این duct خطی است پس می توان به مقطع

دقت کرد و گفت: قطر در z را با z_1 و z_2 دارد:

$$d - d_1 = \frac{d_2 - d_1}{z_2 - z_1} (z - z_1) \quad z_1 = 0, \quad z_2 = 2 \text{ ft}$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \rightarrow A = \frac{\pi}{4} \left[d_1 - \left(\frac{d_2 - d_1}{z_2 - z_1} \right) (z - z_1) \right]^2$$

بنابراین q_{AZ} را از معادله ای که بالا نوشتم (لوگ خط کشیده شد) می توان حساب کرد و بعد از آن به الگوریتم خواصم را:

به عنوان تمرین، رابطه زیر را اثبات کنید.

H.W 3

Subject

Year

Month

Date

$$q_{AZ} = \frac{\pi D}{FR \pi} \left(\frac{d_i - d_r}{z_r - z_i} \right) \frac{P_{Ar} - P_{Ai}}{1} \frac{1}{d_i - \left(\frac{d_i - d_r}{z_r - z_i} \right) z_r} \frac{1}{d_i - \left(\frac{d_i - d_r}{z_r - z_i} \right) z_i}$$

حالا به اعداد را جایگزین کنیم:

$$q_{AZ} = \frac{\pi \times 0.75 \times 2}{R \times 0.75 \times 2 \times 242} \left(\frac{0.97 - 0.12}{2} \right) \times \frac{(0.1 - 0.12)}{0.97 - \left(\frac{0.97 - 0.12}{2} \right) \times 2} - \frac{1}{0.97}$$

$R \left(\frac{\text{atm. ft}^3}{\text{lbmol R}} \right)$

اگر بخواهیم N_{AZ} را بدست بیاوریم، باید سطح مقطع را انتخاب کنیم چون در طول duct، N_{AZ} متغیر است.

$$q_{AZ} = 1.44 \times 10^{-3} \frac{\text{lbmol}}{\text{hr}}$$

اما q_{AZ} ثابت است.

* فرض کنید در طول duct، سطح مقطع متغیر نباشد. به این استوانه با قطر ثابت 4 inch باشد.

$$q_{AZ} = \frac{D (P_{Ai} - P_{Ar})}{R \pi (z_r - z_i)} \times \frac{\pi d^2}{4}$$

در اینجا حالت:

$$\rightarrow q_{AZ} = \frac{0.75 \times 2 (0.1 - 0.12)}{0.75 \times 2 \times 242 \times 2} \times \frac{\pi (0.1)^2}{4} = 1.44 \times 10^{-3} \frac{\text{lbmol}}{\text{hr}}$$

در این حالت توان N_{AZ} را بدون توجه به محل مقطع محاسبه کردیم چون در طول duct ثابت است.

SALEH طلبه بهشتی از نفوذ بدختر دکن حل خواهم کرد...

چهارم: ۹۴، ۱۱، ۱۲

مثال: فدیپ نفوذ سیستم گازی سیلو فلان - سیلو فلان از سمت تبخیر سیلو فلان باغ از سطح باغ موجود

در یک لوله مسدودای نصف زده می شود. با جریان پایداری از سیلو فلان داخل باغ با لوله حرکت داده می شود.

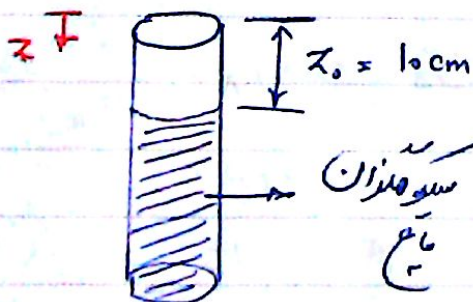
رطوبت سیستم در 15°C و فشار 1 atm و قطر لوله 1 cm است. باغ باغ سیلو فلان در لوله در فاصله

1 cm در سطح لوله در ابتدای آزمایش قرار دارد. است. اگر پس از 2 ساعت تحت عملیات پیوسته

باغ باغ 21 cm با این تریبوند، معلوم است که فدیپ نفوذ بخار سیلو فلان در سیلو فلان؟

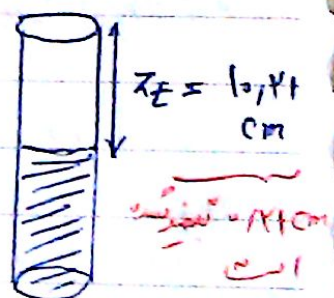
pure
 N_2

$t = 2\text{ hr}$



$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

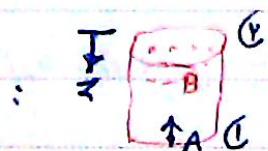
$$\rho_{\text{cyc}} = 0.779 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$



$$p = 1\text{ atm}, T = 15^\circ\text{C}$$

$$D_{\text{cyc}-N_2} = ? \quad P_{\text{cyc}}^* (@ T=15^\circ\text{C}) = 0.12\text{ atm}$$

20 A \rightarrow cyc
B \rightarrow N_2



نفوذ N_2 در سیلو فلان B \rightarrow $N_{Bz} = 0$
 $N_{Az} \neq 0$

* طبق قبل فرمولی برای نفوذ A در سیلو فلان B درست آوردم:

$$N_{Az} = \frac{D_A}{RT\pi} \left(\frac{P}{\rho_{\text{BLM}}} \right) (P_{A_i} - P_{A_r})$$

در این رابطه، P_{A_i} همان فشار بخار سیلو فلان (P^*) است. چون در آنجا آب باغ SALIN

اما در مقطع ۲) $P_{A_2} = P_{A_1} = 0.1 \text{ atm}$ ، سیوفندان بتجهیز شدن را با خودی بدو

مسخره کردن سیوفندان در مقطع ۲) صفر خواهد بود. بنابراین:

$$\begin{cases} P_{A_1} = P_{A_2} = 0.1 \text{ atm} \\ P_{A_2} = 0 \end{cases}$$

نکته: در رابطه ای که طبقه قبل ابداع کردیم (همان فرمول صفحه قبل)، تغییرات \neq در تغییر کرده نمی شود. پس باید یک معادله بر حسب z و t ایجاد کنیم.

می دانیم که N_{Az} برابر است با:

$$N_{Az} \left(\frac{\text{mole}}{\text{m}^2 \cdot \text{hr}} \right) = \frac{dn_A}{A dt}$$

چون است و لزوماً این بیرون می آید

چون $n_A = \frac{m}{M_A}$ است پس می توان نوشت:

$$N_{Az} = \frac{d\left(\frac{m}{M_A}\right)}{A dt} = \frac{1}{M_A} \frac{dm}{dt} = \frac{1}{M_A} \frac{d(\rho V)}{dt}$$

$$V = Az$$

$$\rightarrow N_{Az} = \frac{\rho_A}{M_A} \frac{d(Az)}{dt} = \frac{\rho_A}{M_A} \frac{dz}{dt}$$

این رابطه را با رابطه صفحه قبل مساوی می کنیم (همان رابطه را برانندگی می خواهد شد):

$$\frac{\rho_A}{M_A} \int_{z_0}^{z_t} dz = \frac{D_A}{R T} \left(\frac{P}{P_{BLM}} \right) (P_{A_1} - P_{A_2}) \int_0^t dt$$

بعد از حل این معادله (تغییرات) می توان رابطه ای زیر را برای تغییرات نفوذ بدست آورد:

$$D_{A-N_2} = \frac{\rho_A R T P_{BLM} (z_t^2 - z_0^2)}{2 M_A t P (P_{A_1} - P_{A_2})}$$

SALEH

$$P = P_A + P_B$$

چون فشار کل، مجموع فشارهای جزئی A و B است:

$$\rightarrow P_{B_1} = P - P_{A_1} = 1 - 0.12$$

$$5 \rightarrow P_{B_2} = P - P_{A_2} = P = 1 \text{ atm}$$

بنابراین:

$$P_{BLM} = \frac{1 - (1 - 0.12)}{\ln \left[\frac{1}{1 - 0.12} \right]} = 0.957 \text{ atm}$$

حال در معادله D جایگزینی کنیم:

$$10 \quad D_{A_{2B_2}} = \frac{0.779 \times 10^{-4} \times 2.11 \times 0.957 \left[(1.12)^2 - 1 \right]}{2 \times 14.16 \times 2.0 \times 3600 \times 1 \times (0.12 - 0)}$$

تبدیل ساعت به ثانیه

$$15 \rightarrow D_{cyc} = 0.074 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \times 2.11 = 0.155 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

برای تعیین 1 cm ارتفاع محدث زمان نیاز است و سرعت تعیین محدث است؟

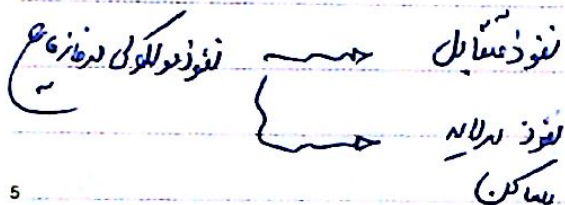
توجه: در معادله لحاظ که $N_A = \frac{dn}{A dt}$ افتاده کردیم، باید N_A می بود چون اگر N_A را بنویسیم:

$$20 \quad \frac{dn_A}{dt} = -N_A \times A \quad \text{خوبی}$$

لذا در این معادله جهت معبر x را بوی باین گرفتیم، لذا آن جا هم می رفتیم و موردی آمد که این معادله را با هم می خوانند و جواب

درست آمده در بالا درست است.

مثال ۱: یک شرکت که کارخانه دارایی‌های خود را برای بازسازی کرده است. اگر هزینه‌های بازسازی را با هزینه‌های تعمیرات مقایسه کنیم خواهیم داشت:



5

* برای نفوذ مساوی:

$$NAZ = \frac{D}{Z} (CA_1 - CA_2)$$

لذا داریم: $C = C_A + C_B$ و $C_A = \alpha_A C$ و $C_B = \alpha_B C$ بنابراین:

10

برای نفوذ مساوی
در بازسازی

$$NAZ = \frac{DC}{Z} (\alpha_{A1} - \alpha_{A2})$$

* مثال دیگر نفوذ در مسکن می‌تواند از طریق بازسازی مسکن و بازسازی مسکن باشد.

15

که بازسازی با ساخت مسکن در مقایسه با نفوذ مساوی (نفوذ مساوی)

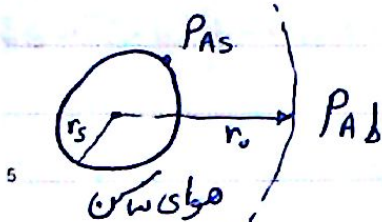
$$NAZ = \frac{D}{Z} \left(\frac{C}{C_{BLM}} \right) (CA_1 - CA_2) \quad C_{BLM} = \frac{CB_2 - CB_1}{\ln \frac{CA_2}{CB_1}}$$

20

$$NAZ = \frac{DC}{Z} \left(\frac{\alpha_{A1} - \alpha_{A2}}{\alpha_{BLM}} \right) \quad \alpha_{BLM} = \frac{\alpha_{B2} - \alpha_{B1}}{\ln \frac{\alpha_{B2}}{\alpha_{B1}}}$$

مثال بعدی در مورد نفوذ نامساوی در مسکن است.

برای یک کره شار انتقال جرم N_{Ar} و دی هوی q_{Ar} را بدست آورید. (با این فرض که قطر کره در حین نفوذ ناچیز محسوب می شود)



((مثال دایره در این مورد، یک گلوله فلزاتی در حال تصعید است))

فرض: انتقال جرم یک بعدی داریم (درجه بیضی: ۲) و درجه ۳ و ۴ سیستم مکان فرقی می شود

* یک پوسته فرضی که گذر کند حاصلی ۲۰ رد در نظر می گیریم و انتقال جرم را بین سطح کره و آن پوسته در نظر می گیریم.

هوای ثابت سطح کره و پوسته هوای ساکن است. می نفوذ در فضا ساکن (هوا) داریم.

* شار انتقال جرم N_{Ar} در حین فاصله گذر کند متغیر است پس باید برای یک مقطع خاص بدست بیاید و در تمامی

فاصله ها لکه ثابت نیست.

لذا راهی که قبلاً به دست آوردیم بر این این سیستم گازی استفاده می کنیم: (گازی + شار)

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

هوای ساکن است + $N_{Br} = 0$

$$N_{Ar} = y_A N_{Ar} + J_{Ar}$$

$$N_{Ar} = \frac{J_{Ar}}{1 - y_A}$$

لظرفی طبق قانون فیک:

$$J_{Ar} = -D_c \frac{dy_A}{dr}$$

SALEH

$$C = \frac{P}{RT}$$

چون سیستم گازی است، بنابراین،

با جایگزینی در رابطه بدست آمد:

$$N_{Ar} = \frac{-DP}{RT(1-y_A)} \frac{dy_A}{dr} \rightarrow \times \frac{P}{P}$$

$$N_{Ar} = \frac{-DP}{RT(P-P_A)} \frac{dP_A}{dr}$$

N_{Ar} به r است و تغییر است. اگر در A فرض کنیم: q_{Ar} و r یک در سطح ثابت است:

$$q_{Ar} = N_{Ar} \times A$$

$$A = 4\pi r^2$$

مانند
 A ثابت: سطح کروی است:

$$\rightarrow q_{Ar} = \frac{-4\pi r^2 DP}{RT(P-P_A)} \frac{dP_A}{dr} = \text{cte}$$

همان طور که ما عدد q_{Ar} یکسان فرض می‌کنیم. بنابراین طبق فرض کنیم:

$$q_{Ar} \int_{r_s}^{r_0} \frac{dr}{r^2} = \frac{-4\pi DP}{RT} \int_{P_{As}}^{P_{Ab}} \frac{dP_A}{P-P_A}$$

((زبان $r = r_s$ است، $P_A = P_{As}$ است و زبانی $r = r_0$ است، $P_A = P_{Ab}$ است))

$$q_{Ar} = 4\pi r^2 \times N_{Ar} = \frac{4\pi DP}{RT} \left(\frac{r_s r_0}{r_0 - r_s} \right) \ln \left(\frac{P - P_{Ab}}{P - P_{As}} \right)$$

بنابراین اندر ابعادی بدست آمده برای q_{Ar} هم می توان فرض کرد q_{Ar} یک مقدار ثابت است. چون مقادیر

P و P_{Ab} و P_{As} و r_s و r_s و T ... هم ثابت هستند. اما N_{Ar} متغیر است چون تابعی

از r است. پس هر وقت N_{Ar} تغییر کرد و آن را صورت سوال در فواصل کرد باید به معنای رانیم بنویسد.

* فرض این سوال این بود که تغییر در لحاظ اولیه فرضی ده که r_s بازمان تغییراتی تغییر نمی دهد

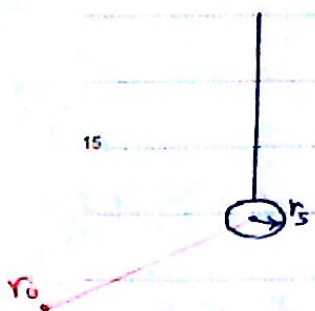
بنابراین r_s را ثابت گرفته بودیم.

10

می خواهیم از این سیستم کروی مثال حل کنیم و در اینجا مثال تغییرات r_s را هم در نظر می گیریم:

مثال: با یک سیستم نازک، یک قطره آبی را به صورت گشاد تر می رانند و می بینیم:

معمولاً هدف قطره هوا است. قطر اولیه قطره: 0.1 inch است.



رطوبت هوا 80% است. فشار فیزیکی بخار آب در هوای آبی 0.034 atm است.

فشار کل 1 atm است. فشار بخار آب 0.0174 atm است. تغییر در فشار آب در هوا در 1 F برابر با

۲۰
اگر فرض کنیم. فرض سوال این است که حجم هوای اطراف قطره زیاد است و تغییرات در آن را می توان نادیده گرفت. تغییر در r_s را می توان به دست آورد.

$$T = 10^\circ \text{F} \quad P_v^* = 0.0174 \text{ atm}$$

$$P_v = 0.0104 \text{ atm} \quad D_{H_2O - air} = 1.01 \frac{\text{ft}^2}{\text{hr}}$$

$$P = 1 \text{ atm} \quad d_s = 0.1 \text{ in} \rightarrow r_s = \frac{in}{12}$$

حجم مولی ایداری خیلی زیاد است $\rightarrow r_0 > r_s \rightarrow$ $\frac{r_s r_0}{r_0 - r_s}$ برابر با:

$$\frac{r_s r_0}{r_0 - r_s} \approx \frac{r_s r_0}{r_0} \approx r_s$$

5 باید تغییرات سطح باران را و در مطابق کنیم (میان میان مسوئندان که از به وابسته بود)

$$-\frac{dm_A}{dt} = N_A \times A \quad \text{بقای جرم:}$$

$$10 \quad m_A = \frac{\rho_A V}{M_A} = \frac{\frac{4}{3} \pi r_s^3 \rho_A}{M_A} \quad \text{لظرفی:}$$

و معصیت برای نفوذ لیز کرده داریم:

$$N_A = \frac{4 \pi D P}{R T} \left(\frac{r_s r_0}{r_0 - r_s} \right) \ln \left(\frac{P - P_{ab}}{P - P_{as}} \right)$$

15 با جایگزینی در بقای جرم خواهیم داشت:

$$-\frac{dm_A}{dt} = \frac{-4 \pi r_s^3 \rho_A}{M_A} \frac{dr_s}{dt} = \frac{4 \pi D P r_s}{R T} \ln \left(\frac{P - P_{ab}}{P - P_{as}} \right)$$

$$20 \quad \rightarrow \frac{-\rho_A}{M_A} \int_{r_s}^0 r_s dr_s = \frac{D P}{R T} \ln \frac{P - P_{ab}}{P - P_{as}} \int_0^t dt$$

زمانی که تغییر کامل رخ دهد (t)، سطح مقعر صفر است: $r_s = 0$

بنابراین هر لحظه از زمان گیری، زمان مورد نیاز برای تغییر کامل به دست می آید.

$$t = \frac{P_A r_s^2 R T}{2 M_A D P \ln \left[\frac{P - P_{Ab}}{P - P_{As}} \right]}$$

همان طور که می‌بینید، زمان تغییر با r_s^2 رابطه خطی دارد. یعنی اگر شعاع مقدار ۲ برابر شود زمان تغییر

5

۴ برابر خواهد شد. باید عدد گذاری کنیم:

$$t = \frac{\overset{1 \text{ km}}{42.4} \times \left(\frac{0.05}{12} \right)^2 \times 0.74 \times 24}{2 \times 18 \times 1101 \times 1 \times 2,400 \log \left[\frac{1 - 0.0104}{1 - 0.0174} \right]}$$

10

$$\rightarrow t = \underline{1,412 \text{ hr}}$$

$$2,400 \log x = \ln x *$$

اگر بایست مسائل شعاع باقی مانده از فاصله به صورتی ضربی نیز شعاع اولیه باشد $(r_{t=15} = ar_s)$

H.W
5

جدول زیر را تکمیل کنید:

a	0.1	0.4	0.5	0.7
t	?	?	?	?
N _{Ar}	?	?	?	?

20

باید عدد داشته‌ای را تقسیم کنیم و t را دوباره حساب کنیم.