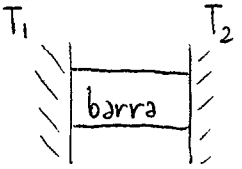
lezione 28/9/2016 - Principi di Ingegneria Chimica I

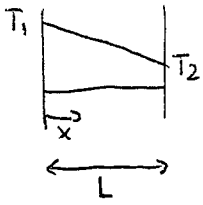
libro di testo consigliato: Transport Phenomena, R B Bird Stewart Lightfoot
Elementi di Fenomeni di Trasporto, Mauri

fenomeni di trasporto - quantità di energia e materia trasportate con meccanismi insiti alla natura della materia

meccanismo convettivo - macroscopico
meccanismo diffusivo - molecolare



temperatura sulle estremità uguale alle piastre per continuità (contatto)



$$\begin{cases} T = a - xb \\ a = T_1 \\ b = \dfrac{T_1 - T_2}{L} \end{cases}$$

Allo stato stazionario c'è un passaggio di energia tra le piastre - diffusione molecolare

barra corpo omogeneo rigido costituito da particelle che vibrano intorno alla posizione di equilibrio (agitazione termica che sussiste ad una qualunque temperatura superiore allo zero assoluto) dotate quindi di energia cinetica

l'energia cinetica di una particella assimilabile ad un punto materiale (dovuta a moti di agitazione termica) è uguale a $\frac{1}{2}kT$ · (gradi di libertà) dove $k = \frac{R}{N_A}$

molecola biatomica: gradi di libertà traslatori e rotazionali, grado di libertà vibrazionale
$\longrightarrow 7/2\, kT$

Le molecole a temperatura più alta vibrano più intensamente, per le forze repulsive una particella adiacente riceve energia da particelle ad energia più elevata

Nel caso in cui siano permessi spostamenti si ha passaggio di materia verso le zone a minore concentrazione

proprietà dei fluidi

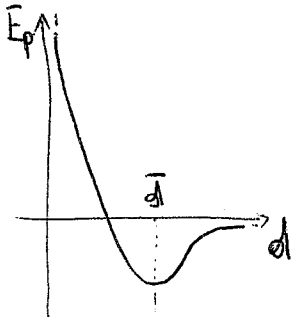
mentre i solidi resistono a deformazioni finite, il fluido non è in grado (si deforma indefinitamente). Nei solidi c'è corrispondenza tra forza e deformazione, nel fluido c'è corrispondenza tra forza e velocità di deformazione. Non aumenta indefinitamente: la velocità si stabilizza quando l'attrito del fluido uguaglia la forza (moto uniforme)

esistono materiali che hanno comportamento ambiguo: il catrame si comporta da solido o liquido se sottoposto a forza alternata - caratteristica materiali tissotropici

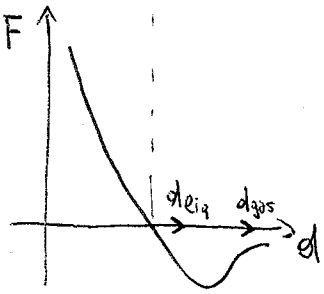
nei pacchetti di grafite (senza ordine in senso stretto) l'impacchettamento viene meno sotto l'azione di una forza - interazione coesiva dovuta a forze di Van der Waals

non si ha fusione, ma solo una degradazione della struttura ordinata e la forza coesiva cala bruscamente non riuscendo a mantenere solido il corpo

i fluidi possono essere distinti tra liquidi (incomprimibili) e gas (comprimibili)



distanza di equilibrio: condizione a forza minima (nulla)
statisticamente rappresenta la media distanza tra due particelle all'equilibrio
potenziale minimo alla distanza di equilibrio $\bar{d}$
nella condizione di equilibrio si ha comunque la vibrazione delle particelle



la distanza media in funzione del tempo tra particelle che si muovono di moto casuale è proporzionale alla radice quadrata del tempo
energia cinetica tende ad allontanare, forze di Van der Waals attrattive
→ distanza di equilibrio spostata (si ha minimo di energia libera) verso una zona leggermente attrattiva

per i liquidi la distanza di equilibrio è prossima alla condizione di forza nulla
per i gas è molto maggiore → compressione possibile

entità vibrazione nei solidi: vibrazione di ordine inferiore alla distanza intermolecolare
entità vibrazione nei liquidi: posizione nel tempo non vincolata, vibrazione di ordine della distanza
ogni forma di materia è in realtà costituita da particelle discrete ma qualunque corpo verrà considerato come formato da materia uniformemente distribuita (nucleo molto piccolo rispetto all'intero atomo) - punto di vista macro-omogeneo (distribuzione continua di materia)
esistono casi in cui è necessario entrare nel dettaglio microscopico: considero un flusso polimerico come macroomogeneo - voglio sapere la correlazione tra forza e velocità di uscita (deformazione) ma non posso prescindere dalla natura microscopica del mezzo (applicando sforzo su una catena lunga viene propagato in zone non correlate macroscopicamente)
un razzo nell'atmosfera è considerabile in un fluido, nelle parti alte dell'atmosfera si hanno urti con particelle discrete
moto in mezzi porosi (supporti per catalizzatore)
aumento di superficie di ordini di grandezza riducendo particelle in grani fini
nel poro non ci sono condizioni per affermare l'esistenza della condizione macro-omogenea distanza tra particelle di ordine di grandezza al diametro poro - considero il poro riempito di particelle discrete

master COPY COPISTERIA

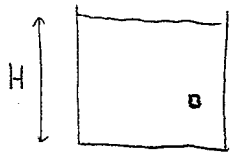
trasporto della quantità di moto

(in un dato istante è uguale a $m\vec{v}$)

- questo vettore viene trasportato dal moto stesso del corpo (modo convettivo)

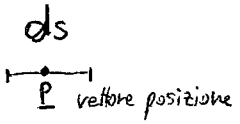
serve a descrivere il moto del fluido (v è quantità di moto per unità di massa) quando è sollecitato da forze

condizione statica



punto (porzione) nel fluido

superficie geometrica passante per il punto



per contatto le due porzioni di liquido si scambiano una forza

sigillando il fluido con un pistone vediamo che scambia forza con il fluido

- la forza è tanto più grande tanto più esteso è ds

in regime statico le forze che si scambiano due porzioni di fluido adiacenti sono sempre normali alla superficie stessa e sono proporzionali alla superficie



(forza di superficie)

quando una forza è esclusivamente normale alla superficie si dice forza di pressione (o trazione)

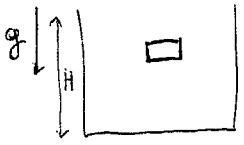
il rapporto tra forza e superficie è detto pressione (scalare modulo della forza)

un fluido fermo sviluppa solo forze di pressione

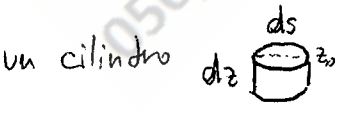


$\underline{F}_n$ è la forza funzione del punto e dell'estensione della superficie di una porzione superiore verso l'inferiore (campo vettoriale $F_n(\underline{P})$)

- $\frac{|\underline{F}_n(\underline{P})|}{ds}$ = pressione (definita positiva) indipendente dal piano preso (cambia vettore ma non il modulo) → campo scalare $p = p(\underline{P})$



Considero un cilindro



somma forze laterali $\emptyset$ → non contribuiscono ad una forza su z

$ds\,dz\rho g$ forza peso

$+$

$p_{z_0} ds$ forza esercitata dalla porzione superiore

$-$

$p_{z+dz}\,ds$

$=$

$\emptyset$ $\longrightarrow$ $\frac{dp}{dz} = \rho g$

Quindi $p(z) = p_{atm} + \rho g z$ (legge di Stevino)

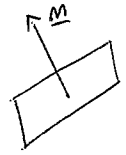
$\uparrow z$ $\quad \frac{dP}{dz} = -\rho(z) g$ Suppongo che T_{aria} sia costante e che l'aria si comporti come gas perfetto $\rho = \frac{1}{v} = \frac{P}{RT}$

$\Rightarrow \frac{dP}{dz} = -\frac{P}{RT} g \qquad \frac{dP}{P} = -\frac{g}{RT} dz$ integro sapendo che per $z=0$ $P = P_{atm}$

$\ln \frac{P}{P_{atm}} = -\frac{gz}{RT} \longrightarrow p(z) = P_{atm} e^{-\frac{g}{RT} z}$ legge barotropica

master COPY COPISTERIA 050/8312126 388/9837745

lezione 29/9/2016 - Principi di Ingegneria Chimica I

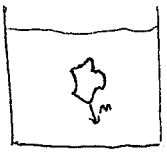


$\frac{dF}{ds}$

$\underline{n}$ versore

presa una superficie e scelto un verso per $\underline{n}$, la forza che ha pressione come modulo della porzione superiore verso la inferiore è esprimibile come $-p \cdot \underline{n}$

Principio di Archimede



la risultante delle forze di pressione agenti sul corpo

calcolo pressione per superficie elementare

$\underline{F_R} = \int_S -p\,\underline{n}\,ds$ (dovremmo conoscere la pressione punto per punto)

sostituisco il corpo con una porzione di fluido della stessa forma → equilibrio mantenuto

risultante $F_R^{fluido} = \emptyset = \int_S -p\underline{n}ds + V\rho\underline{g} \Rightarrow F_R^{solido} = -V\rho\underline{g}$

$\int_S -p\underline{n}ds$: forza che il fluido esterno esercita sulla superficie

F_R^{solido}: uguale alla forza peso del fluido

qualora $\rho_{sol} \neq \rho_{fluido}$ $\quad \rho_s V\underline{g} - \rho_f V\underline{g} + \underline{F} = 0$ devo applicare $\underline{F}$ per evitare affondamento



$m = 10^4$ Kg

$\rho_m > \rho_f$ (ipotesi)

$\rho_m = 4\ g/cm^3$

$p(-50) = \rho g h + P_{atm}$

$mg = \frac{m}{\rho}\rho_{fluido} \cdot g + V\rho_{fluido}g$