I fenomeni di trasporto riguardano:

- MASSA: avviene il trasporto di molecole da zone con concentrazione più alta a zone con concentrazione più bassa (la forza motrice è quindi la differenza di concentrazione).

- MOTO: avviene il trasporto di fluidi da una zona all'altra (ciò che si trasporta è la velocità. Ci deve essere una differenza di velocità). In realtà è la q.d.m ad essere trasferita

- ENERGIA: inteso come trasporto di calore. Se c'è differenza di temperatura tra due corpi a contatto il calore passa dal corpo più caldo a quello più freddo fino al raggiungimento dell'equilibrio. Il trasporto non può avvenire senza differenza di temperatura tra i due corpi

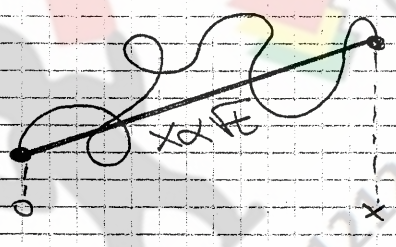
MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Il trasporto può essere di due tipi:

- PASSIVO (ad esempio la diffusione di molecole nello spazio) *
- FORZATO (ATTIVO)

* moto browniano (intrinseco) delle molecole

Nel trasporto passivo (detto anche diffusivo) la distanza percorsa è proporzionale alla radice del tempo)



$$\Delta r^2 = \alpha t$$

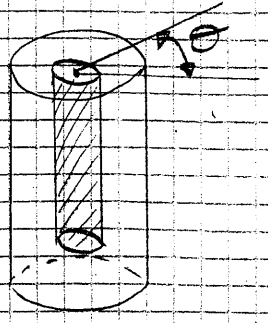
da cui

$$\Delta r = \alpha \sqrt{t}$$

Nel trasporto forzato è aggiunta una velocità di SPINTA

VISCOSITÀ μ: è la resistenza di un fluido per scorrere

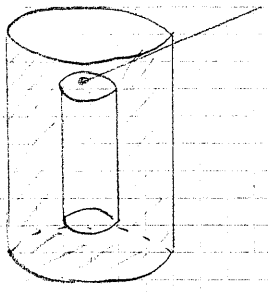
Consideriamo un cilindro con all'interno del fluido, inserito a sua volta in un altro cilindro e applichiamo una forza F per muovere il cilindro più interno.



La forza F è proporzionale all'angolo θ

$$F \propto \frac{\theta}{t}$$

Consideriamo ora un cilindro pieno di fluido con all'interno un cilindro più piccolo vuoto e applichiamo una forza F per muovere il cilindro più interno



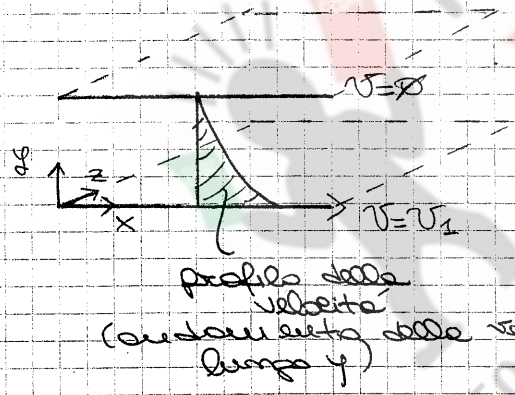
Questa volta la forza sarà proporzionale alla velocità

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Differenze tra un liquido e un gas:

- distanza ed energia di legame (maggiore nel liquido piuttosto che nel gas)
- Le molecole dei liquidi si attaccano alle pareti del contenitore o alla superficie, quelle del gas no.
- I liquidi sono incomprimibili, i gas no.

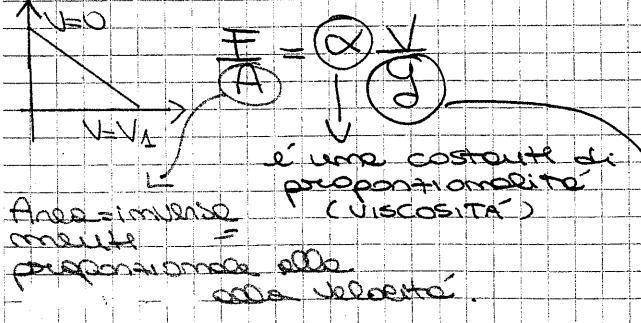
Immaginiamo di avere due piani paralleli, tra i quali è posto un liquido



Alla superficie inferiore applichiamo una velocità V_1 poiché le molecole del liquido sono attaccate alla superficie, si muoveranno anch'esse con velocità V_1

Quelle del piano superiore fermo, avranno invece $V=0$

In uno stato stazionario la velocità si trasmette agli strati adiacenti linearmente, secondo la seguente equazione



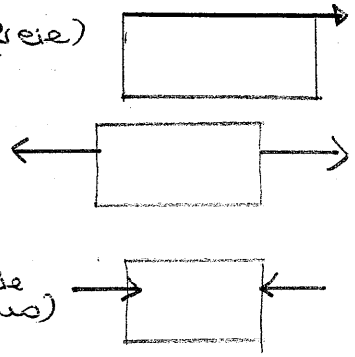
Maggiore è l'area, maggiore è la forza da applicare

PRESSIONE (P_{el}) = si misura in $\frac{N}{m^2}$ ed è perpendicolare alla superficie in ogni punto



SFORZO = è dimensionalmente equivalente alla pressione. Può essere:

- sforzo di taglio (lungo una superficie)
- sforzo di tensione (⊥ alla superficie e verso l'esterno)
- sforzo di compressione (⊥ alla superficie e verso l'interno)



$\frac{F}{A} = \tau$ è uno sforzo di taglio

L'equazione diventa quindi $\tau = -\mu \frac{dV_x}{dy}$ Equazione di viscosità

(negativo perché la velocità lungo x è negativa (è inferiore per y minori))

Una caratteristica importante delle valvole di un liquido è che vale la seguente (NO-SLIP), ovvero non hanno $V >$ della velocità della superficie a cui sono attaccate.

Ciò che si trasferisce in realtà non è la velocità, ma la quantità di moto mV

In generale quando parliamo di trasporto, parliamo di flusso (di massa / energia / moto)

FLUSSO → Flux = $\frac{\Phi}{m^2 t} \propto \frac{C, T, V}{x}$ (quantità diviso il tempo e l'area)

→ Flow = è un flusso volumetrico (litri al minuto) (Es. il flusso del sangue in un vaso)

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

		Φ		
MASSA	massa	$\frac{\text{massa}}{m^2 s}$	$\frac{dc}{dx}$	differenza di concentrazione nello spazio
ENERGIA	J	$\frac{J}{m^2 s}$	$\frac{dT}{dx}$	differenza di temperatura nello spazio
MOTO	$m v$	$\frac{mv}{m^2 s}$	$\frac{dv}{dx}$	differenza di velocità nello spazio.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

L'equilibrio è una condizione non di quiete, ma che non cambia nel tempo.

Esistono due diversi modi di vedere un sistema:

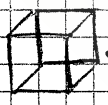
Euleriano: è il modo di vedere sistemi da fermi, definito un volume fisso

Lagrangiano: è il modo di vedere sistemi stando in movimento, nello spazio e nel tempo, osservando lo stesso volume e non il contorno.

CONSERVAZIONE: per quanto riguarda la massa => un aumento di massa del sistema per unità di tempo corrisponde ad un ingresso di massa > uscita di massa

Ovvero $\frac{d(V\rho)}{dt} = \frac{V\rho}{m^2 s} \times m^2 \Big|_{\text{ingresso}} - \frac{V\rho}{m^2 s} \times m^2 \Big|_{\text{uscita}}$ } Eqz di conservazione =

$m = \rho \cdot V\ell$ (densità)



$\frac{dm}{dt} = \frac{\partial \rho (\Delta x \Delta y \Delta z)}{\partial t} = \Delta x \Delta y \Delta z \frac{\partial \rho}{\partial t}$] aumento di massa di un sistema con volume fisso

$= \rho V x\, dy\, dz - \rho V x \Delta x \Delta y \Delta z$

$= \rho \Delta V x - \Delta x \frac{\partial \rho}{\partial t}$

$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\rho \frac{\Delta V x}{\Delta x}$ $\qquad$ $\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial (\rho V x)}{\partial x}$

facendo lo stesso lungo y e z otteniamo, nell'insieme: $\frac{\partial \rho}{\partial t} = -(\nabla \rho v)$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Nei liquidi, che sono incomprimibili, non può cambiare la densità ρ: quindi

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\rho(\nabla \cdot v)$$ essendo però $\rho = cost$ avrò $\boxed{\nabla \cdot v = 0}$

equazione di continuità per un fluido incomprimibile

L'unico tipo di energia per la quale si può parlare di trasporto è il calore. Per gli altri tipi, come ad esempio energia cinetica o potenziale non si può parlare di trasporto, ma solo di trasformazione.

Abbiamo visto quindi che il processo di trasporto di massa/energia/moto è regolato da gradienti, ovvero differenze di concentrazione/temperatura/velocità nello spazio. Maggiore è il gradiente, maggiore è il trasporto, inoltre maggiore è la distanza, minore è il trasporto.

Il flusso (Flux) di massa si indica con $J = \frac{kg}{m^2 s}$

Il flusso (Flux) di energia $\frac{W}{m^2} = \frac{J}{m^2 s}$

Il flusso (Flux) di moto $\tau = \frac{mv}{m^2 s} = \rho v$

Abbiamo anche visto che per un fluido a densità ρ costante quindi incomprimibile, la divergenza della velocità è nulla

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow (\nabla \cdot \rho v) = 0$$

divergenza $\nabla = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}$

$\Rightarrow \rho = cost$, quindi $\boxed{\nabla \cdot v = 0}$

(la massa in entrata eguaglia la massa in uscita)

