CAPITOLO 2 - FENOMENI DI TRASPORTO BIOLOGICO

UNA CORRENTE ELETTRICA NEGLI ORGANISMI VIVENTI SI HA IN SEGUITO A TRASPORTO DI IONI.

TRASPORTO: - DIFFUSIONE LIBERA (DI NON ELETTROLITI)
- DIFFUSIONE LIBERA (DI ELETTROLITI)
- DIFFUSIONE FACILITATA (MEDIANTE CARRIER/CANALI)
- TRASPORTO ATTIVO

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

GRAFICI:

DEF: FLUSSO DI UNA GRANDEZZA (MASSA, ENERGIA) = J = QUANTITÀ DI TALE GRANDEZZA CHE ATTRAVERSA L'UNITÀ DI SUPERFICIE NELL'UNITÀ DI TEMPO

$$\text{M.d.m.} \left[\frac{\text{moli}}{m^2 s}\right] = [J]$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

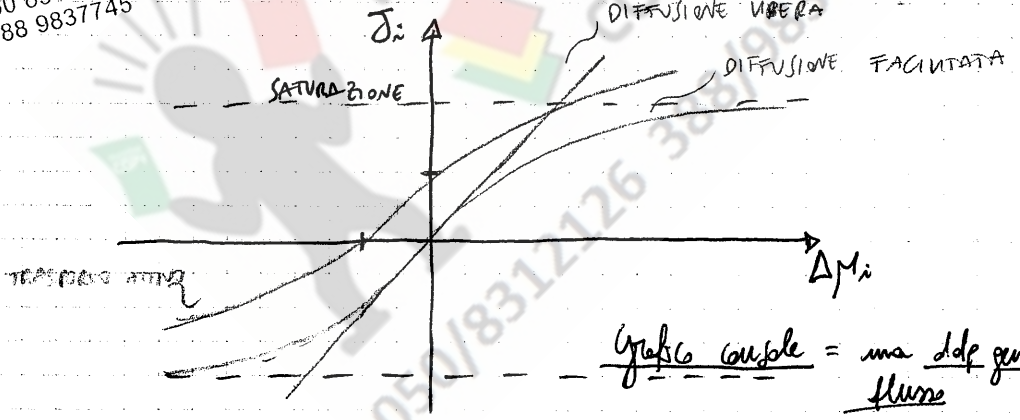


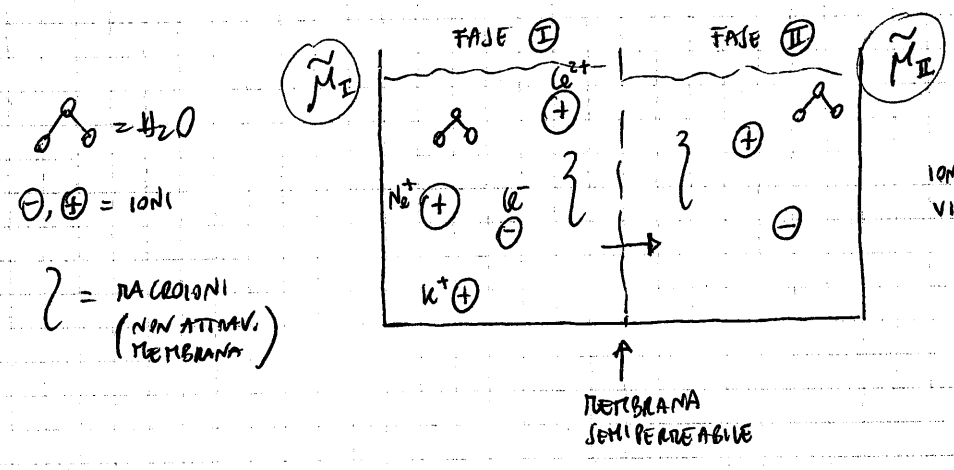
Grafico curioso = una delle poche cose in fisica

$\Delta\mu_i$ = POTENZIALE CHIMICO DELLA SPECIE i-ESIMA TRASPORTATA

$\Delta\tilde{\mu}_i$ = POTENZIALE ELETTROCHIMICO SPECIE i-ESIMA TRASPORTATA

$$\text{M.d.m.} \left[\tilde{\mu}_i = \mu_i\right] = \left[\frac{J}{\text{mole}}\right]$$

- J_i = FLUSSO DELLA SPECIE i-ESIMA



UNA $d\tilde{\mu}$ ELETTRO CHIMICO PROVOCA UN <u>FLUSSO</u>. SE C'È UN <u>FLUSSO</u> <u>NON</u> VI È <u>EQUILIBRIO</u>. LONTANO DALL' EQUILIBRIO VI SONO SISTEMI CAOTICI NON TRATTABILI (COME GLI ESSERI VIVENTI).

TUTTAVIA QUANDO I DISLOCAMENTI DALL' EQUILIBRIO SONO PICCOLI POSSO LINEARIZZARE LE EQUAZIONI E LE POSSO STUDIARE ATTRAVERSO LA TERMODINAMICA.

- <u>STATO STAZIONARIO</u> → LE COSE NON CAMBIANO NEL TEMPO (CI PUÒ ESSERE <u>FLUSSO</u> MA È <u>STAZIONARIO</u>)

≠

- <u>EQUILIBRIO</u> → <u>NON</u> VI È FLUSSO

I) $\boxed{dU = dQ - dL}$ <u>I PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA</u>

- U: ENERGIA INTERNA
- dQ: ↑ SE FORNISCO CALORE
- dL: ↓ SE IL SISTEMA FA LAVORO (LAVORO SVOLTO <u>DAL</u> SISTEMA)

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$\boxed{dL = dL_{MECCANICO} + dL_{ELETTRICO} + dL_{CHIMICO}}$$

$dL_{MECCANICO} = p\,dV$ $\quad$ m.d.m $\left[p\,dV\right] = \left[\frac{N}{m^2} \cdot m^3 = N \cdot m = J\right]$

$dL_{ELETTRICO} = \ominus \varphi\, dq$ $\quad$ m.d.m $\left[\varphi\, dq\right] = \left[V \cdot Coulomb\right] = \left[\frac{J}{Coul} \cdot Coul = J\right]$

↑ <u>POTENZIALE ELETTRICO</u> (VARIABILE ESTENSIVA (MOLTIPLICA))

$dL_{CHIMICO} = \ominus \sum_i \mu_i\, dm_i$ $\quad$ m.d.m. $\left[\mu_i\, dm_i\right] = \left[\frac{J}{mole} \cdot mole = J\right]$

- $\ominus$: NECESSARIA POICHÉ MOLECOLA SPECIE CHIMICHE IN MOLO
- μ_i: POTENZIALE CHIMICO SPECIE i-ESIMA
- dm_i: NUMERO MOLI SPECIE i-ESIMA

Dunque: $dU = pdV - \varphi dq - \sum_i^I \mu_i \, dm_i$

II) $\boxed{dS \geq \frac{dQ}{T}}$ — II PRINCIPIO TERMODINAMICA

↑ ENTROPIA (VARIABILE DI STATO)

T ← TEMPERATURA ASSOLUTA

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

⇓

ALL'EQUILIBRIO SI RICAVA:

$\boxed{\tilde{\mu}_i^I = \tilde{\mu}_i^{II}}$ CONDIZIONE DELL'EQUILIBRIO

DUNQUE (ALL'EQ.) IL POTENZIALE ELETTROCHIMICO DI TUTTE LE SPECIE MOBILI ATTRAVERSO LA MEMBRANA È IL MEDESIMO NELLE DUE FASI.

- POTENZIALE ELETTROCHIMICO

- F = COSTANTE DI FARADAY = QUANTITÀ DI CARICA PORTATA DA UNA MOLE DI ELETTRONI

$\boxed{F = 96500 \ C/mole}$

LE SOLE CARICHE DI INTERESSE SONO QUELLE DEI SOLUTI IONICI.

$$q = \sum_i^I q_i = \sum_i^I z_i F m_i$$

$$dq = \sum_i^I dq_i = \sum_i^I z_i F \, dm_i$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

DATO CHE: $\boxed{q_i = z_i F \cdot m_i}$ — QUANTITÀ DI CARICA PORTATA DALLE m_i MOLI DELL'i-ESIMO IONE

m_i ← MOLI i-ESIMO IONE

z_i ← VALENZA i-ESIMO IONE

F ← COSTANTE DI FARADAY

SE LA SPECIE È CARICA OTTENGO:

$\boxed{\tilde{\mu}_i \triangleq \mu_i + z_i F \varphi}$ POTENZIALE ELETTROCHIMICO SPECIE i-ESIMA

SE LA SPECIE È NON CARICA ($z_i = 0$) IL POTENZIALE ELETTROCHIMICO COINCIDE CON IL POTENZIALE CHIMICO $\tilde{\mu}_i \equiv \mu_i$

- **POTENZIALE CHIMICO (SPECIE NON CARICHE)**

$$\mu_i = f(P, T, C)$$

P: PRESSIONE; T: TEMPERATURA; C: [ ] SPECIE

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

PER SEMPLICITÀ SI ASSUME CHE LE SOLUZIONI SIANO IDEALI (MOLTO DILUITE).

SI DEFINISCE ATTIVITÀ DEL SOLUTO:

$$a_i = \gamma_i C_i \qquad 0 \leq \gamma_i \leq 1$$

γ_i: COEFFICIENTE ATTIVITÀ SPECIE; C_i: CONCENTRAZIONE.

PER SOLUZIONI IDEALI $\gamma_i = 1 \Rightarrow a_i \equiv C_i$

$$\mu_i = \overline{Vol}_i \cdot P + R T \ln(C_i) + \mu_i^{\circ}(T)$$

POTENZIALE CHIMICO SOLUTO IN UNA SOLUZIONE DILUITA

$\overline{Vol}_i$: VOLUME MOLARE PARZIALE; P: PRESSIONE; R: COSTANTE GAS; T: TEMPERATURA; C_i: LOGARITMO NATURALE CONCENTRAZIONE SPECIE

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

- $R = 8{,}31 \ \frac{J}{mole \cdot K}$ = COSTANTE UNIVERSALE GAS
- $\mu_i^{\circ}(T)$ = POTENZIALE CHIMICO DI RIFERIMENTO (DIPENDE SOLO DALLA TEMPERATURA)

- **CONDIZIONI D'EQUILIBRIO**
  - SPECIE SCARICHE: $\mu_i^{I} = \mu_i^{II}$
  - SPECIE CARICHE: $\tilde{\mu}_i^{I} = \tilde{\mu}_i^{II}$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

NEI SISTEMI BIOLOGICI L'EFFETTO DELLA PRESSIONE PUÒ ESSERE TRASCURATO ED IL SISTEMA È GENERALMENTE IN CONDIZIONI ISOTERMICHE.
DUNQUE:

$$\mu_i = RT \ln(C_i)$$

• EQUILIBRIO DI NERNST (SPECIE CARICHE)

L'equilibrio di Nernst esplicita la condizione di equilibrio di una ione tra due fasi.

$$\tilde{\mu}_i^{I} = \tilde{\mu}_i^{II}$$ condizione equilibrio per specie cariche

Dato che $\tilde{\mu}_i \triangleq \mu_i + z_i F \varphi$ otteng:

$$\mu_i^{I} + z_i F \varphi^{I} = \mu_i^{II} + z_i F \varphi^{II}$$

$$\mu_i^{I} = RT \ln(C_i^{I})$$
$$\mu_i^{II} = RT \ln(C_i^{II})$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$RT \ln(C_i^{I}) - RT \ln(C_i^{II}) + z_i F (\varphi^{I} - \varphi^{II}) = 0$$

$$RT \ln\left(\frac{C_i^{I}}{C_i^{II}}\right) + z_i F (\varphi^{I} - \varphi^{II}) = 0$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta\varphi = \varphi^{I} - \varphi^{II} = -\frac{RT}{z_i F} \ln\left(\frac{C_i^{I}}{C_i^{II}}\right)$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$\Downarrow$$

$$\boxed{\Delta\varphi = \varphi^{I} - \varphi^{II} = \frac{RT}{z_i F} \ln\left(\frac{C_i^{II}}{C_i^{I}}\right)}$$ EQ.NNE DI NERNST

$\Delta\varphi$ ↑ POTENZIALE DI NERNST

TALE EQUAZIONE È VALIDA ALL'EQUILIBRIO SOLO PER LE SPECIE CHE POSSONO MIGRARE (ATTRAVERSARE LA MEMBRANA), QUINDI NON PER I MACROIONI.