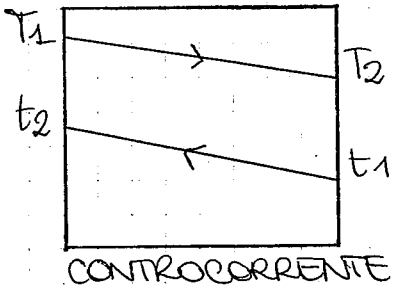
OPERAZIONI UNITARIE 2 LEZIONE 1 29/02/2016

Oggetto del corso: operazioni di trasferimento di materia

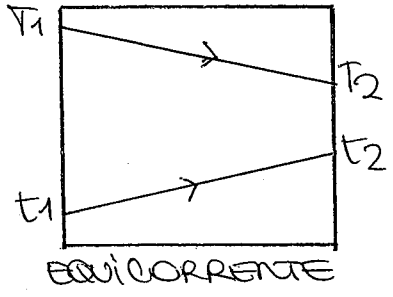
- ASSORBIMENTO (G/L)
- DISTILLAZIONE (V/L)
- ESTRAZIONE (L/L)
- LISCIVIAZIONE (S/L) = portare in soluzione alcune parti di una fase solida.
- CRISTALLIZZAZIONE (S/L)
- ADSORBIMENTO (G/S)

Queste sono quelle classiche. Quelle più moderne fanno uso di membrane, osmosi inversa, elettroforesi, cromatografia... Abbiamo sistemi bifasici che coinvolgono un processo di non equilibrio. Facciamo un confronto con lo scambio termico: lo scambio di calore sensibile è innescato dalla presenza di un gradiente termico $(T-t)=\Delta T$; avremmo equilibrio se $T=t$. Per dimensionare un'apparecchiatura semplice, come uno scambiatore a doppio tubo, abbiamo scritto un bilancio di energia: $\boxed{M C_{pM}(T_1-T_2) = m C_{pm}(t_2-t_1)}$

Sono andata a considerare il solo calore sensibile. L'ipotesi di stazionarietà mi dice che in ogni sezione dello scambiatore sarà identificata da una certa ΔT che vado a leggere e/o a diagrammare sul grafico $T \propto z$.



CONTROCORRENTE



EQUICORRENTE

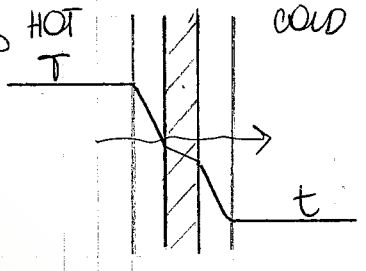
Però quando scrivo quel bilancio faccio un'ipotesi: c_p costante. Quello che dovrei scrivere è in realtà un bilancio entalpico: $M\Delta h_M = m\Delta h_m$. Chi mi dice quanto deve essere cinque 1

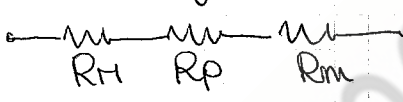
l'apparecchiatura e quanto tempo è necessario per effettuare lo scambio termico? Devo scrivere l'equazione di scambio termico o equazione di flusso.

Prendo una "fettina" di lunghezza dz dell'apparecchiatura e vado a scrivere che $dq = dA\, U\, (T-t)$ U = coefficiente globale di scambio

$$\rightarrow \boxed{\frac{dq}{dA} = U\,(T-t)}$$

Dietro a questo c'è una schematizzazione. Se prendiamo una parete lineare ho che si instaura uno scambio termico tra 2 fluidi a temperatura diversa che è sottoposto a una serie di resistenze in serie. Con un'analogia elettrica:





$$\Delta V = I(R_H + R_p + R_m)$$

$$\rightarrow I = \frac{\Delta V}{R_H + R_p + R_m}$$

Tornando allo scambio termico si ha che:

$\frac{dq}{dA} = U(T-t) = h_H(T-T_p) = h_m(t_p - t)$. Si va a determinare il coefficiente di scambio termico delle 2 fasi e poi si calcola il coefficiente globale di scambio, che corrisponde alla resistenza complessiva.

$$\boxed{\frac{1}{U} = \frac{1}{h_H} + \frac{1}{h_m} + \frac{S}{K} + \sum R_{sporco}}$$

S/K tiene conto della conducibilità del materiale che costituisce la superficie di scambio e non sempre si può trascurare

Alla fine posso scrivere: $\boxed{Q = A\, U\, \Delta T_{ml}}$

Per un doppio tubo $\Delta T_{eff} = \Delta T_{ml}$ perché non ho incroci di T in CC.

Posso determinare A uguagliando Qs con QR

ho che se $S/K \to 0 \Rightarrow T_p = t_p$ - la "posizione" della temperatura, a parità di salto di temperatura, da cosa dipende? Essa può essere più vicina a T o a t, e questo è dovuto al coefficiente di scambio termico dei 2 fluidi. Questo perché

$dq/dA = h_M(T - T_p) = h_m(t_p - t)$ se poi $T_p = t_p$ vale che $\boxed{\frac{T - T_p}{t_p - t} = \frac{h_m}{h_M}}$ - se il gradiente lato freddo, ad esempio, è freddo, deve essere grande il coefficiente di scambio termico.

Se ho un gas come fluido da un lato, ho problemi perché h_L e devo ricorrere a delle alettature per aumentare la superficie di scambio: è l'unico modo per aumentare significativamente il calore scambiato.

Se ho scambio termico in assenza di passaggio di fase con fluido turbolento vale: $\boxed{Nu = \alpha Re^r Pr^s}$

con $Nu = \frac{hd}{k}$; $Re = \frac{\rho v d}{\mu}$; $Pr = \frac{c_p \mu}{k}$

Solitamente $h \propto k^{2/3} \mu^{-7/2}$

con $\mu_{H_2O} = 10^{-3}\ Pa \cdot s = 1\ cP$ | Rapporto di circa 1/50

$\mu_{ARIA} = 10^{-2}\ Pa \cdot s = 0{,}01\ cP$ (1,8.) (1,8.)

$\mu \uparrow$ con T per i gas e $\mu \downarrow$ con T per i liquidi.

ASSORBIMENTO

Metto a contatto un gas con un liquido (contatto diretto) e voglio promuovere il trasferimento di materia da gas a liquido.

A = soluto
B = inerte / solvente $\longrightarrow$ C = inerte / solvente

LATO GAS — LATO LIQUIDO

Esempio: Aria + SO_2 $\leftrightarrow$ H_2O
B A C

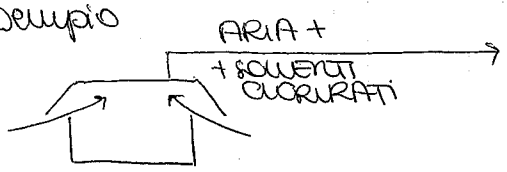
Il processo inverso si tratta nello stesso modo (stripping) o desorbimento.

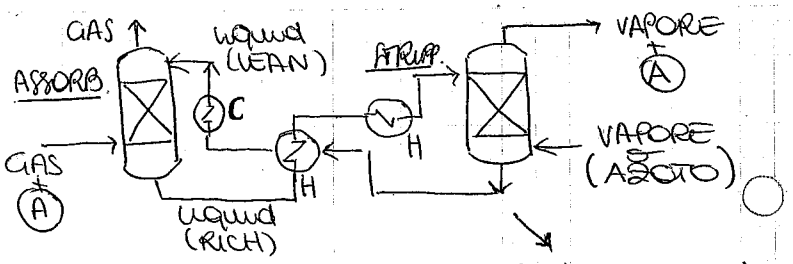
Esempio: Acqua + TCE $\leftrightarrow$ Aria
C A B

Esempi di Assorbimento

1. Trattamenti gas (fumi, gas acidi...)
2. Recupero solventi (soluti A in questo caso)

Esempio



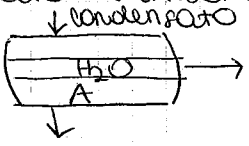


N.B. Per assorbimento uso un liquido a bassa μ e autobollente (bassa volatilità)

ASSORBIMENTO ≡ FREDDO
STRIPPING ≡ CALDO

(Schema con soluzione a riciclo.)

Come recupero A se è mescolato a vapore? Beh, se A è CH_2Cl_2, che è completamente immiscibile ad acqua, la cosa è semplice: basta condensare e le 2 fasi si separano. Mando il condensato in un serbatoio di raccolta dove separo le 2 fasi per gravità

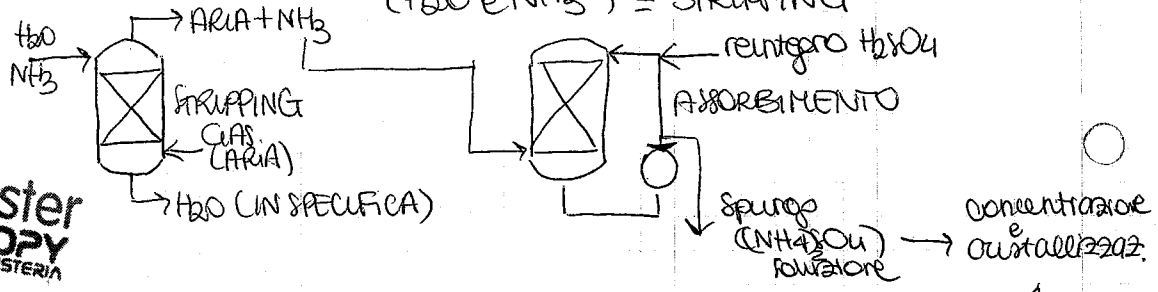


Se ho il CH_4, quando esce dai giacimenti, esso contiene H_2O, sabbia (che tolgo con processi fisici) e CO_2, H_2S. La CO_2 ne abbassa il potere calorifico (PCI Chatelier) e H_2S è un gas tossico, un veleno. Devo togliere questi gas acidi e si fa un processo di addolcimento. Come liquido di assorbimento si usano MEA e DEA, che sono ammine (basi). È un assorbimento reattivo, perché il soluto reagisce con il liquido. Anche questo processo è a circuito chiuso (vedi processo sopra). La MEA si usa in soluzioni acquose al 30%-40%: il gas che fuoriesce è mescolato per cui ad acqua e devo sottoporlo a disidratazione con lo stesso schema: ho CH_4 ed H_2O e voglio togliere H_2O; per cui aggiungo un liquido "avido" di acqua, come H_2SO_4 (è un ottimo disidratante, ma ha effetti termici e di corrosione devastanti) o TEG (TRIEtilenGlicole).

3. Produrre soluzione liquida di interesse ($H_2O + CO_2$ si produce proprio con assorbimento o $H_2O + HCl$)

4. Trattare un liquido (H_2O con sostanze tossiche o altro in pari) (H_2O e NH_3) ≡ STRIPPING

Es: percolato:



master COPY COPISTERIA

Informazioni sul corso

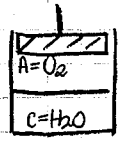
- Iscriversi su elearn per scaricare il materiale didattico
- Esame: progettino, scritto e orale.
  - → Datasheet (Excel, matlab, mathcad)
  - → Sketch (Autocad)

---

torniamo all'Assorbimento.

Qual è la forza motrice dell'assorbimento? È una composizione che differisce da quella di equilibrio. Vediamo il concetto di equilibrio G/L.

GAS: A
LIQUIDO: C | Ipotesi: C non è affatto volatile.

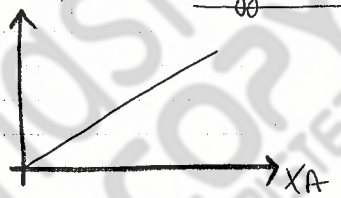


Solubilità di A in C: i parametri operativi sono T e P. Per la Legge di Henry: $\boxed{P_A = \mathcal{H} C_A = H x_A}$

{ C ≡ mol/L
{ X ≡ frazione molare

Se $y_A = 1$ (solo A) allora $P = P_A$ (come nel nostro caso) ← $y_A P = P_A$

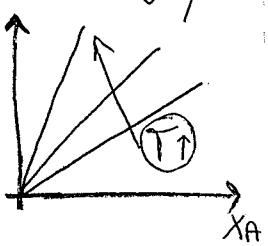
Se aumento la pressione ho più O_2 nell'acqua.



All'aumentare di P_A si scioglie una maggior quantità di A nel liquido.

Viceversa se ho A (ossigeno) + B (aria) allora $P_A = y_A P_{TOT}$ e vale la Legge di Henry. Vediamo alcune osservazioni in caso di miscele.

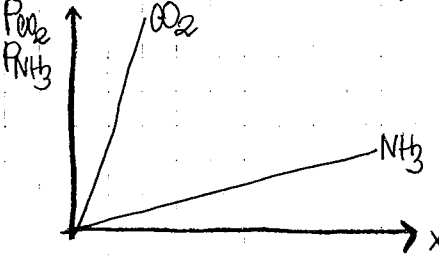
- $\uparrow P_A \Rightarrow \uparrow$ solubilità (come faccio? Aumento P_{TOT} o aumento y_A a parità dell'altro)
- Che effetto ha la temperatura? $T\uparrow \Rightarrow \downarrow$ solubilità



Se voglio favorire → assorbimento ↑P (↓T costa meno rispetto scambiatori)
→ stripping ↓P (↑T)

Ci sono sistemi che non seguono la legge di Henry (HCl).

- Inoltre la solubilità dipende dal sistema in esame (costanti di Henry diverse)



- CO_2 in H_2O
- NH_3 in H_2O
(a parità di T)

Questo vuol dire che a parità di P_{CO_2} ho $x_{NH_3} > x_{CO_2}$ (frazione molare di CO_2 e NH_3)
→ L'NH_3 è più solubile di CO_2 in H_2O.

master COPY COPISTERIA