

Flussi e fenomeni elettro- e diffusioosmotici in micro-sistemi con riferimento allo sviluppo di tecnologie emergenti

Introduzione

Solitamente l'interfase di una soluzione elettrolitica acquista una carica elettrica superficiale a causa dell'adsorbimento selettivo di una delle specie ioniche presenti, oppure, quando all'interfase siano presenti gruppi ionizzabili, della dissociazione di tali gruppi. Contestualmente, per ragioni di carattere termodinamico, si ha un concentrazione degli ioni con carica di segno opposto (contro-ioni) in un sottile strato diffuso della soluzione adiacente l'interfase. In tale strato, detto strato di Debye, la soluzione è elettricamente carica e di conseguenza, in presenza di un campo elettrico esterno tangenziale all'interfase, prende a scorrere rispetto a questa. Di più: il moto di questo strato liquido si propaga, per diffusione viscosa, anche a distanza dall'interfase, nella soluzione esterna allo strato di Debye, creando pertanto un moto del fluido su larga scala relativo all'interfase. Se l'interfase è fissa – ad es. la parete interna di un tubo contenente la soluzione – è questa a scorrere nel tubo e si ha l'elettroosmosi. Se l'interfase è mobile – ad esempio la superficie di una particella sospesa in una soluzione in quiete – è la particella a muoversi nella soluzione e si ha l'elettroforesi.

Analoghi a questi sono rispettivamente la diffusioosmosi e la diffusioforesi che possono manifestarsi quando una soluzione, non necessariamente elettrolitica, lambisce un'interfase. Anche in questo caso, a causa dell'adsorbimento preferenziale del (o di un) soluto all'interfase si ha, per ragioni di carattere termodinamico, un concentrazione di molecole di soluto in un sottile strato diffuso della soluzione adiacente l'interfase. In questo strato la soluzione è estremamente più concentrata che a distanza dall'interfase. Ora, se nel *bulk* della soluzione è presente un gradiente (anche minuscolo) di concentrazione tangenziale all'interfase, questo si riflette anche nel suddetto strato diffuso, ma in modo tremendamente amplificato, a causa della forte concentrazione. Tale gradiente di concentrazione si traduce poi in un forte gradiente di pressione osmotica tangenziale all'interfase, generando quindi un moto di scorrimento relativo dello strato diffuso rispetto all'interfase che poi si propaga, per diffusione viscosa, anche a distanza, nel *bulk* della soluzione.

E' chiaro che per una soluzione elettrolitica tutti e due i fenomeni, elettro- e diffusioosmotici, possono avvenire simultaneamente; anzi essi sono strettamente interrelati, sicché 1) l'applicazione di un campo elettrico esterno genera il flusso della soluzione e un gradiente di concentrazione; 2) l'applicazione di un gradiente esterno di concentrazione genera il flusso della soluzione e anche un campo elettrico in essa; 3) un flusso impresso dall'esterno alla soluzione genera in essa un campo elettrico e anche un gradiente di concentrazione.

Applicazioni, obiettivi specifici e metodi

I fenomeni elettro- e diffusioosmotici si collocano al confine tra i settori vasti dei "fenomeni di trasporto", della "fluidodinamica", della "termodinamica chimica" e dell' "elettrostatica" e come tali hanno una varietà di risvolti, talvolta anche complessi, suscettibili di applicazioni fortemente innovative. In quanto di origine interfacciale, questi fenomeni sono dominanti in geometrie confinate e pertanto giocano un ruolo primario nella micro- e nanofluidica: il moto di fluidi in sistemi miniaturizzati. E' questo un settore scientifico in forte espansione, guidato soprattutto (ma non solo) dallo sviluppo di tecnologie avanzate per applicazioni biomediche (separazione di proteine e biomolecole, micromanipolazione di singole cellule etc.), energetiche (microgenerazione/conversione di energia). Inoltre, lo sviluppo di nuove applicazioni dei flussi e fenomeni

elettro- e diffusioosmotici investirebbe settori di primario interesse quali la decontaminazione di suoli umidi e la produzione di acqua per usi civili dall'acqua di mare.

Scopo dell'attività di tesi è l'ideazione e lo studio di nuove configurazioni generali di questi fenomeni atte all'applicazione nei suddetti ambiti tecnologici. Lo studio si estrinseca nella costruzione e l'analisi di appropriati modelli fisico-matematici di dette configurazioni, capaci di rappresentarne il comportamento. Nello sviluppo dei modelli si impiegano e rafforzano competenze nei settori della meccanica dei fluidi, dei fenomeni di trasporto in fase fluida, e, marginalmente, della termodinamica chimica.