

Resumo

O principal objectivo do presente trabalho é a análise do problema da transferência de massa em leitos fixos de partículas inertes e a sua relação com o fenómeno da dispersão (transversal e longitudinal).

A primeira parte deste estudo concentra-se no estudo da influência do número de Schmidt ($Sc = \mathbf{m} / \mathbf{r}D_m$) no coeficiente de dispersão transversal e longitudinal. Foram obtidos cerca de quatrocentos novos valores do coeficiente de dispersão transversal (D_T) e longitudinal (D_L), em leitos fixos de partículas isométricas, com escoamentos de água destilada a diferentes caudais (na gama $10 < Pe_m < 10^5$) e numa gama de temperaturas entre 278 K e 373 K ($50 < Sc < 2000$). No que toca à dispersão transversal, os resultados agora obtidos permitem concluir que o número de Schmidt influencia o valor do $Pe_T (= ud / D_T)$ para $Sc < 550$, enquanto que para $Sc \geq 550$ essa influência apenas se verifica para $Pe_m \geq 1500$. No que toca à dispersão longitudinal, os resultados experimentais obtidos permitem, igualmente, concluir que o valor de $Pe_L (= ud / D_L)$ depende de Pe_m e de Sc , pelo que se obtêm diferentes linhas $Pe_L = f(Pe_m)$ para diferentes valores de Schmidt e essas linhas vão no sentido de se aproximar gradualmente da linha representativa da dispersão longitudinal em sistemas gasosos ($Sc \rightarrow 1$), tal como já se havia verificado na dispersão transversal.

Ao longo da segunda parte do trabalho comprova-se a aplicabilidade da teoria desenvolvida por Coelho e Guedes de Carvalho (1988b) para a transferência de massa entre uma esfera "activa" e o fluido gasoso que a rodeia em escoamento através dos interstícios de um leito fixo, para sistemas líquidos com elevados valores de $(Pe'_m)_e$, e uma alargada gama de Sc . Foi demonstrado que, tal como nos sistemas gasosos, em sistemas líquidos e para elevados valores de $(Pe'_m)_e$, a dispersão convectiva pode tornar-se tão importante que o coeficiente médio de transferência de massa passa a ser independente da difusão molecular.

Na terceira parte do estudo apresenta-se a descrição de uma nova técnica experimental de determinação do coeficiente de difusão molecular (uma adaptação do trabalho de Coelho e Guedes de Carvalho, 1988a) baseada na medição da taxa de transferência de massa entre um sólido mergulhado num leito de partículas inertes e o fluido que o percorre a muito baixos caudais. A aplicação do método é ilustrada, experimentalmente, com as determinações da difusividade de cada um de três solutos (ácido benzóico, 2-naftol e ácido salicílico) em água e da naftalina no ar, de uma forma expedita e numa gama alargada de temperaturas. Como complemento da parte experimental, a equação de transferência de massa em redor de um cilindro mergulhado num leito fixo de partículas inertes (de muito menor diâmetro), com $D_T \cong D_L \cong D'_m$, foi resolvida numericamente e a solução obtida testada para um elevado número de valores de $(Sh')_c / e$, obtidos por solução numérica, sendo o resultado considerado bastante satisfatório (erro inferior a 2 %).

Abstract

The main objective of the present work was the study of mass transfer in packed beds of inert particles and its relationship with the dispersion phenomenon (transverse and longitudinal).

The first part of this work concentrated on the study of the influence of the Schmidt number ($Sc = \mu / rD_m$) in the transverse and longitudinal dispersion coefficients. About four hundred new values of transverse (D_T) and longitudinal (D_L) dispersion coefficients were obtained, in packed beds of isometric particles, with distilled water flow at different velocities (in the range $10 < Pe_m < 10^5$) and in a range of temperatures between 278 K and 373 K (so as to cover the range $50 < Sc < 2000$). The transverse dispersion results, now obtained, lead to the conclusion that the Schmidt number influences the value of $Pe_T (= ud / D_T)$ for $Sc < 550$, while for $Sc \geq 550$ that influence was just verified for $Pe_m \geq 1500$. The data obtained for longitudinal dispersion coefficients were reported as $Pe_L (= ud / D_L)$, and plots of Pe_L as a function of Pe_m brought into evidence the influence of Sc on longitudinal dispersion; for lower Sc , different lines $Pe_L = f(Pe_m)$ were obtained for different values of Schmidt and those lines gradually approach the line corresponding to "gas behaviour" ($Sc \rightarrow 1$), as also verified in transverse dispersion.

Along the second part of the work it was proven the applicability of the theory developed by Coelho and Guedes de Carvalho (1988b) by mass transfer around an active sphere and the gas flow through the interstices of a packed bed, for liquid systems with high values of $(Pe'_m)_e$ and one enlarged range of Sc . It was demonstrated that, as in the gaseous systems, in liquid systems and for high values of $(Pe'_m)_e$, the convective dispersion can become so important that the coefficient of mass transfer becomes independent of the molecular diffusion.

In the third part of the study a new experimental technique was developed for determination of molecular diffusion coefficient (an adaptation of the work of Coelho and Guedes de Carvalho, 1988a), based on the measurement of mass transfer rates between a soluble solid buried in a packed bed of inert particles along which liquid flows, with uniform average interstitial velocity. The application of the method was illustrated, by experimental measurements, with the determinations of the diffusivity of each one of three solutes (benzoic acid, 2-naphtol and salicylic acid) in distilled water and naphthalene in air, for a large range of temperatures. As complement of the experimental part, the equation of mass transfer around a slightly soluble cylinder buried in a packed bed of inert particles (with a very small diameter), with $D_T \cong D_L \cong D'_m$, was solved numerically and the solution obtained tested for a large number of values of $(Sh')_C / e$, obtained by numerical method, with a satisfactory result (a maximum deviation of about 2%).