

نظریه جایگزینی سطحی

Surface-Renewal Theory



Mass Transfer

این نظریه برای اولین بار توسط دانکورتز Danckwerts پیشنهاد گردید. مطابق با این نظریه ، فصل مشترک دو فاز از مجموعه چرخانه هائی تشکیل شده است که زمان تماس هر یک از آنها با فاز گاز مقدار متفاوتی است. از آنجا که میزان انتقال جرم بین گاز و یک چرخانه بستگی به زمان تماس دارد ، مقدار متوسط شار جرم برابر با مجموعه شارهای مربوط به چرخانه های جداگانه می باشد. چنانچه $\phi d\theta$ برابر با مجموعه مساحت موجود بین گاز و چرخانه هائی باشد که زمان اقامت آنها در فصل مشترک بین θ و $\theta+d\theta$ است. در این صورت سطح معادل با یک واحد برابر $\int_0^\infty \phi d\theta = 1$ خواهد بود.

$$N_{A,M} = (C_{A_i} - C_{A_0}) \int_0^\infty \sqrt{\frac{D_{AB}}{\pi\theta}} S e^{-S\theta} d\theta = (C_{A_i} - C_{A_0}) \sqrt{D_{AB} \cdot S}$$

$$N_A = k_L (C_{A_1} - C_{A_2})$$

$$k_{L,M} = \sqrt{D_{AB} \cdot S} \quad \rightarrow \quad k_{L,M} \propto D_{AB}$$



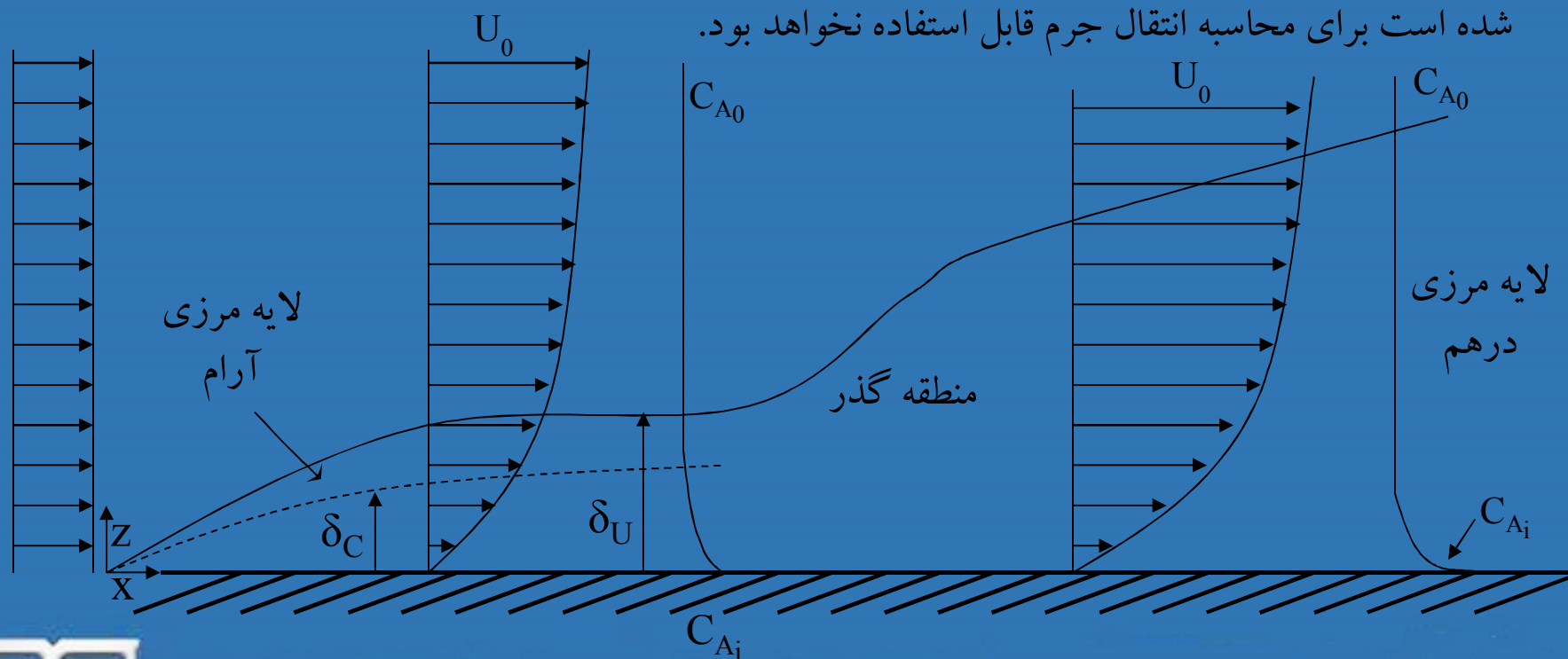
جریان سیالات از روی سطوح جامدات با لایه های مرزی (Boundary Layers)



Mass Transfer

در انتقال جرم بین دو فاز سیال، به علت قابلیت تحرک سیالات، سرعت هر فاز در فصل مشترک معمولاً مقداری مخالف صفر است ولی در حالتی که یکی از فازها جامد باشد، سرعت در فصل مشترک الزاماً برابر با صفر بوده و بدین جهت نظریه های که بر اساس رسیدن چرخانه ها به فصل مشترک دو فاز وضع

شده است برای محاسبه انتقال جرم قابل استفاده نخواهد بود.



Mass Transfer

چنانچه سرعت u_0 زیاد باشد و در نتیجه عدد رینولدز صفحه $Re = \frac{\rho \cdot u \cdot x}{\mu} > 5 * 10^5$ شود ، حرکت در لایه مرزی در هم خواهد بود. تغییرات سرعت u_x و u_z در لایه مرزی آرام را می توان از طریق حل معادلات ناویر استوکس در جهات x و z بدست آورد. در حالی که اگر جریان دارای حرکت درهم باشد باید از روش مبانی تقریبی برای بدست آوردن توزیع سرعت استفاده کرد. چنانچه حرکت سیال در درون لایه مرزی غلظت در حالت آرام باشد ، می توان معادلات حرکت سیال و انتقال جرم را همزمان با هم حل کرده ، توزیع غلظت لایه را بدست آورد. با داشتن این توزیع ، می توان گرادیان غلظت در فصل مشترک را محاسبه کرد و ضریب انتقال جرم را تعیین نمود.

* در حالتی که اثر انتقال جرم بر توزیع سرعت سیال قابل چشم پوشی باشد و انتقال جرم از ابتدای صفحه تا نقطه ای به طول x در امتداد آن توسط رابطه زیر محاسبه می شود.

$$Sh_M = \frac{K_{LM} x}{D_{AB}} = 0.664 Re_x^{1/2} SC^{1/3}$$

عدد شرود (فقط برای جریان آرام):



در نظریه های مربوط به لایه های مرزی می توان ثابت کرد نسبت ضخامت لایه مرزی سرعت ، δu ، به ضخامت لایه مرزی غلظت δc برابر با $Sc^{1/3} = \delta u / \delta c$ می باشد.

در معادله * ضریب انتقال جرم تابعی از $D_{AB}^{2/3}$ می باشد.



تشابهات موجود بین پدیده های انتقال جرم، حرارت و مقدار حرکت



Mass Transfer

در حرکت آرام دو بعدی یک سیال از روی یک سطح جامد ، معادله دیفرانسیل حرکت (معادله ناویر

استوکس) در جهت X ها:

$$u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} = \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right)$$

اگر در چنین سیستمی جزء A بین سطح جامد و سیال اشتغال یابد؛ معادله دیفرانسیل توزیع غلظت این

جزء در سیال بدون وجود واکنش شیمیایی به قرار زیر خواهد بود:

$$u_x \frac{\partial C_A}{\partial x} + u_z \frac{\partial C_A}{\partial z} = D_{AB} \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right)$$

به علاوه چنانچه انتقال حرارت نیز بین صفحه و سیال صورت گیرد، معادله دیفرانسیل درجه حرارت

$$u_x \frac{\partial T}{\partial x} + u_z \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

سیال عبارت خواهد بود از :



◆ Mass Transfer ◆

ملاحظه می شود که هر سه معادله شکل واحدی دارند و تفاوت ظاهری بین آنها از آن جهت است که C_A ، U_X و t و همچنین ضرایب نفوذ مقدار حرکت v ، جرم D_{AB} و حرارت α جایگزین یکدیگر شده اند.



◆ Mass Transfer ◆

متغیرهای سرعت و غلظت و حرارت را می توان به صورت بدون بعد نمایش داد.

$$\frac{u_x - (u_{x,z=0} = 0)}{u_0 - (u_{x,z=0} = 0)} = \frac{u_x}{u_0}$$

سرعت بدون بعد :

$$\frac{C_A - C_{Ai}}{C_{A_0} - C_{Ai}}$$

غلظت بدون بعد :

$$\frac{T - T_i}{T_0 - T_i}$$

دمای بدون بعد :

