

# طراحی راکتور پیشرفته

مرجع: طراحی راکتورهای شیمیایی، لون اشپیل  
ترجمه دکتر سهرابی

**Ref.: Chemical Reaction Engineering, Levenspiel**

مدرس: یگانه داودبیگی

(جلسه شانزدهم)

**نتیجه ۱:** در سیال ماکرو با افزایش درجه واکنش رفتار راکتور mixed به plug نزدیک می‌شود.

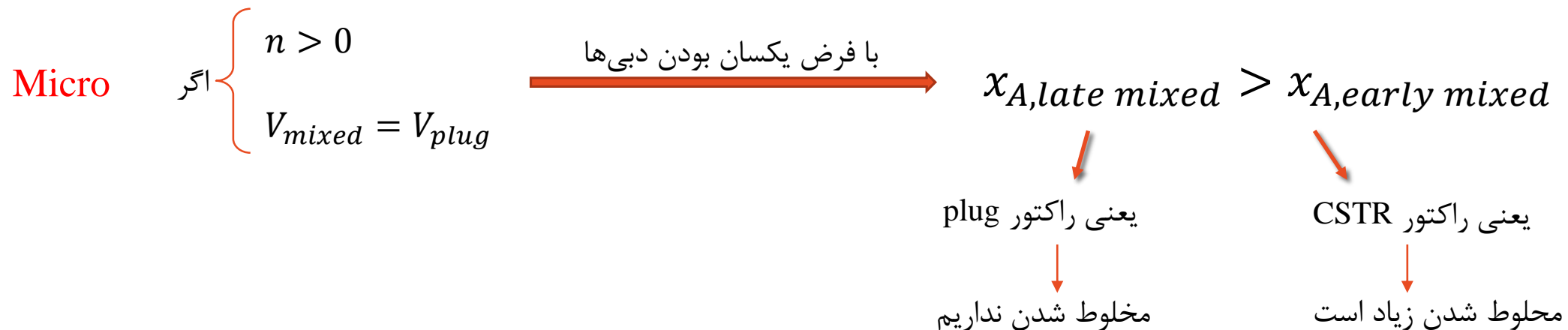
**نتیجه ۲:** برای  $n=1$ ، هیچ فرقی بین سیال ماکرو و میکرو وجود ندارد.

**نتیجه ۳:** در راکتور mixed راندمان واکنش برای سیال ماکرو بیشتر از زمان واکنش برای سیال میکرو است ( $n>1$ )، زیرا سیال میکرو غلظتش سریعاً افت می‌کند ولی سیال ماکرو خیر.

برای واکنش منفرد  $x_A$  و برای واکنش‌های چندتایی  $\Phi\left(\frac{R}{A}\right) = \frac{dC_R}{dC_A}$  مورد نظر می‌باشد و سعی ما حداکثر کردن این پارامترهاست.

$x_A$  و  $\Phi$  تابعی از سینتیک یا سرعت واکنش، نوع راکتور یا منحنی RTD، درجه جدایی یا میکرو یا ماکرو بودن سیال، می‌باشد.

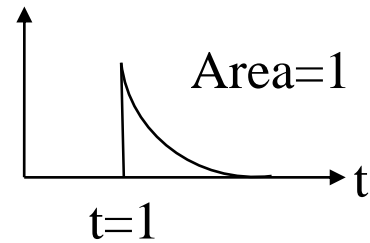
در مورد سیالات میکرو (نرمال) که در دوره کارشناسی بحث شد:



**Macro**  $x_{A,macro} , x_{A,micro,late\ mixed} > x_{A,micro,early\ mixed}$

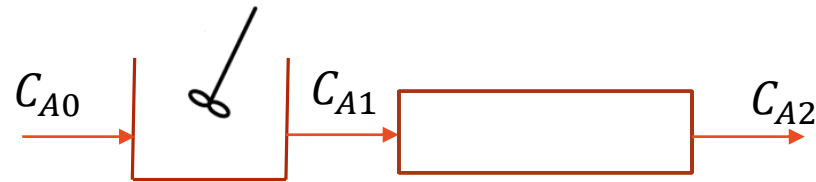
$\downarrow$   
در هر راکتوری چه plug چه mixed چون سیال اصلاً مخلوط نمی‌شود

**مثال:** اثر جدایی و مخلوط شدن بر روی درصد تبدیل یک واکنش درجه دوم در یک راکتور که RTD آن در شکل زیر داده شده، انجام می‌گیرد، میزان تبدیل را برای انواع جریان موجود بدست آورید. جهت سهولت  $C_{A0}=1 \text{ unit}$ ،  $k=1$  و  $\tau=1$  فرض کنید.



با توجه به RTD که داریم چند نوع جریان را می‌توان در نظر گرفت.

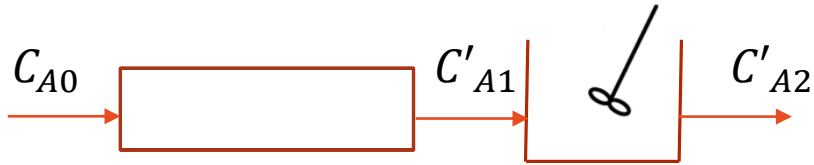
حالت ۱: Early mixing & Micro fluid: زودآمیختگی



راکتور mixed  $\tau = \frac{C_{A0} - C_{A1}}{k C_A^2} = 1 = \frac{1 - C_{A1}}{1 \cdot C_{A1}^2} \rightarrow C_{A1} = 0.618 \text{ unit}$

راکتور Plug  $\tau = - \int_{C_{A1}}^{C_{A2}} \frac{dC_A}{k C_A^2} = \frac{1}{k} \left( \frac{1}{C_{A2}} - \frac{1}{C_{A1}} \right) \rightarrow C_{A2} = 0.382 \text{ unit}$

## حالت ۲: Late mixing & micro fluid



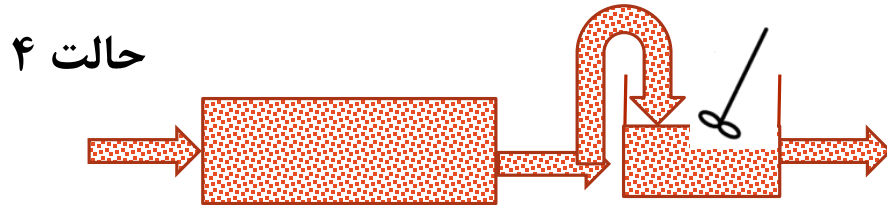
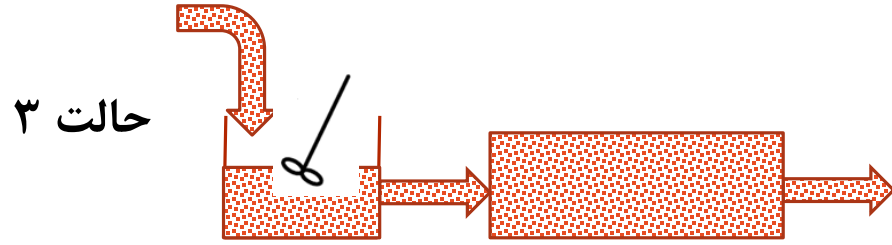
Plug  $\tau = - \int_{C_{A0}}^{C'_{A1}} \frac{dC_A}{kC_A^2} = \frac{1}{k} \left( \frac{1}{C'_{A1}} - \frac{1}{C_{A0}} \right) \rightarrow C'_{A1} = 0.5 \text{ unit}$

Mixed  $\tau = \frac{C'_{A1} - C'_{A2}}{kC_A'^2} = 1 = \frac{0.5 - C'_{A2}}{1 \cdot C_{A1}'^2} \rightarrow C'_{A2} = 0.366 \text{ unit}$

چون خروجی نهایی از راکتورهای حالت دوم، غلظت کمتری را نشان می‌دهد پس در کل درصد تبدیل بیشتری را داشته ایم، پس حالت دوم بر حالت اول ارجح می‌باشد.

### حالت ۳: Early mixing & Macrofluid

از آنجا که همبسته‌ها مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند و چون RTD برای حالت ۳ و ۴ یکسان است.



از قبل معادله E برای دو راکتور سری به صورت فوق را بدست آوردیم:

حجم ظاهری دو راکتور

فرم کلی

$$E_{\theta} = \frac{V}{V_m} \cdot \exp \left[ -\frac{V}{V_m} \left( \theta - \frac{V_P}{V} \right) \right]$$

$$\text{برای دو راکتور هم اندازه} \quad V = 2V_m = 2V_P \quad \left\{ \begin{array}{l} E_\theta = 2\exp[-2\theta + 1] = 2e^{1-2\theta} \quad \theta > \frac{1}{2} \\ E_\theta = 0 \quad \theta < \frac{1}{2} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_t = \frac{2}{\bar{t}} e^{1-2(\frac{t}{\bar{t}})} \quad \frac{t}{\bar{t}} > \frac{1}{2} \\ E_t = 0 \quad \frac{t}{\bar{t}} < \frac{1}{2} \end{array} \right.$$

$$C_{A,out} = \int_{\frac{\bar{t}}{2}}^{\infty} \frac{1}{1 + kC_{A0} \cdot t} \cdot \frac{2}{\bar{t}} e^{1-2(\frac{t}{\bar{t}})} \cdot dt$$

$$C_{A,out} = \int_1^{\infty} \frac{e^{1-t}}{1+t} \cdot dt$$

$$u = 1 + t \quad \text{تغییر متغیر}$$

$$C_{A,out} = \int_1^{\infty} \frac{e^{2-u}}{u} \cdot du$$

$$C_{A,out} = 0.362 \text{ unit}$$

$$x_{A,macro} > x_{A,micro,late \text{ mixing}} > x_{A,micro,early \text{ mixing}}$$