فصل ۴

راکتور و مخازن

بخش اصلی در یک واحد شیمیایی، واکنش شیمیایی است که در رآکتور انجام می‌شود و با توجه به اینکه در اکثر فرایندهای صنایع شیمیایی، خوراک یا محصولات فرایند می‌بایست ذخیره گردند لذا برای نگهداری مواد از مخازن ذخیره‌سازی استفاده می‌شود .

واحد یادگیری ۴
رآکتور ومخازن

مقدمه

راکتـور هـای شـیمیایی از بخش‌هـای اصلـی یـک واحـد صنعتـی شـیمیایی هسـتند کـه درآن واکنش‌هـای شـیمیایی انجـام مـی شـوند در ایـن بخـش سـرعت واکنـش، عوامـل مؤثر بر سـرعت واکنـش شـیمیایی و انـواع راکتورهـای شـیمیایی مـورد بررسـی قـرار خواهنـد گرفـت.
مخـازن ذخیـره سـازی دارای کاربـرد گسـترده ای در اکثر صنایع می باشـد و برای نگهـداری گازها و مایعـات مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیرنـد. در ادامـه ایـن بخش بـه معرفی مخـازن ذخیره سـازی مایعـات و انـواع آن پرداختـه مـی شـود و همچنیـن تعیین نقطـه اشـتعال ، ایمنی و کار بـا مخازن ذخیـره سـازی ارائه خواهد شـد.

استاندارد عملکرد

تعیین سرعت واکنش ، کار با راکتورهای شیمیایی و مخازن ذخیره طبق دستورالعمل

شایستگی های غیرفنی :

۱- اخلاق حرفه ای : حضور منظم و وقت شناسی ، انجام وظایف وکارهای محوله ، پیروی از قوانین
۲- مدیریت منابع : شروع به کاربه موقع ،مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد وتجهیزات
۳- کار تیمی : حضوری فعال در فعالیت های تیمی، انجام کارها و وظایف محوله
۴- مستند سازی : گزارش نویسی فعالیت های آزمایشگاهی
۵- محاسبه و کاربست ریاضی

شایستگی های فنی :

۱- تعیین سرعت واکنش
۲- کار با راکتورهای شیمیایی
۳- کار با مخازن ذخیره

۱-۴- درصد تبدیل در واکنش های شیمیایی

واکنش شیمیایی فرایندی است که طی آن یک یا چند ماده به مواد دیگر تبدیل می‌شوند، بنابراین با یک واکنش شیمیایی مواد اولیه یا ترکیب شونده‌ها به محصولات با ارزش اقتصادی بالا تبدیل می‌شوند. از این واکنش‌ها به واکنش تولید بنزین و گازوئیل در پالایشگاه‌های نفت، تولید پودرهای ماشین لباس‌شویی در کارخانجات صنایع شوینده، تولید دارو در کارخانجات تولید دارو، تولید مواد غذایی در کارخانجات صنایع غذایی و غیره می‌توان نام برد.

پرسش

درصد تبدیل ترکیب‌شونده[۱]:

پرسش ۱: واکنش شیمیایی $A \rightarrow C$ در یک رآکتور با ۱۰ مول از مادهٔ اولیه A آغاز می‌گردد، مقدار مول مادهٔ A موجود در واکنش پس از ۱۰۰ دقیقه، ۲۰۰ دقیقه و ۳۰۰ دقیقه از شروع واکنش، کدامیک می‌تواند باشد؟

الف) ۸ مول، ۶ مول، ۷ مول
ب) ۱۰ مول، ۸ مول، ۷ مول
ج) ۸ مول، ۶ مول، ۴ مول
د) ۴ مول، ۶ مول، ۸ مول

دریک رآکتور شیمیایی درصد تبدیل یک ترکیب‌شونده از حاصل تقسیم مقدار مول مصرفی بر مقدار مول اولیهٔ ترکیب‌شونده ضرب در عدد ۱۰۰، به‌دست می‌آید.

اگر واکنش شیمیایی A در حال انجام باشد، میزان درصد تبدیل ترکیب‌شوندهٔ A مطابق با رابطهٔ (۱) محاسبه می‌گردد.

$$\text{درصد تبدیل ترکیب‌شونده A} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده A}}{\text{تعداد مول اولیه ماده A}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

مثال۱: واکنش $A \rightarrow C$ با ۱۰ مول از ترکیب‌شوندهٔ A در یک رآکتور آغاز می‌گردد. پس از گذشت دو ساعت از شروع واکنش، سه مول از A در رآکتور باقی می‌ماند. درصد تبدیل مادهٔ A در این رآکتور چند درصد است؟

پاسخ: مطابق با رابطهٔ (۱)، می بایست در ابتدا تعداد مول مصرفی تعیین گردد. برای این منظور می‌توان تعداد مول اولیه را از تعداد مول باقی‌مانده کم نمود.

تعداد مول باقیمانده − تعداد مول اولیه = تعداد مول مصرفی

تعداد مول مصرفی = ۱۰−۳ = ۷mol

$$\text{درصد تبدیل ترکیب شونده} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده A}}{\text{تعداد مول اولیه ماده A}} \times ۱۰۰ = \frac{۷}{۱۰} \times ۱۰۰ = ٪۷۰$$

۱-conversion percent

پرسش

به نظر شما در پایان واکنش در مثال ۱ میزان درصد تبدیل چند درصد خواهد شد؟ توضیح دهید؟

الف) ۸۰ ب) ۶۰ ج) ۳۰ د) ۱۰۰

میزان درصد تبدیل ماده A را در زمان های مختلف برای پرسش ۱ تعیین نمائید.

۲-۴- سرعت واکنش شیمیایی

سرعت یک واکنش، میزان پیشرفت واکنش و روند تبدیل مواد ترکیب‌شونده به محصول را در مدت زمان معین نشان می‌دهد. سرعت واکنش یکی از مهم‌ترین مباحث در علم شیمی است؛ لذا شیمی‌دان‌ها همیشه دنبال راهی هستند که سرعت واکنش را بالا ببرند. مطالعهٔ سرعت یک واکنش شیمیایی[۱]، باعث ایجاد شاخه‌ای در علم شیمی به نام سینتیک[۲] شده است.

به‌طور کلی سرعت یک واکنش شیمیایی از حاصل تقسیم تغییرات غلظت مادهٔ ترکیب‌شونده بر مدت زمان معین مطابق رابطهٔ ۲ به‌دست می‌آید.

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\text{تغییرات غلظت ترکیب شونده}}{\text{مدت زمان}} \qquad (۲)$$

تغییرات غلظت ترکیب‌شونده به‌صورت ذیل محاسبه می‌گردد:

غلظت مصرفی ترکیب‌شونده= غلظت باقی‌مانده - غلظت اولیه = تغییرات غلظت ترکیب‌شونده

اگر واحد غلظت، مول بر لیتر و واحد زمان دقیقه باشد. واحد سرعت واکنش عبارت است از:

$$\text{واحد سرعت واکنش} = \frac{\left(\frac{\text{mol}}{\text{lit}}\right)}{(\text{min})} = \frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}$$

پرسش

واحدهای دیگری برای سرعت بیان کنید.

برای تعریف سرعت می‌توان به جای رابطهٔ (۲) و به جای تغییرات غلظت ترکیب‌شونده از تغییرات تعداد مول ترکیب‌شونده مطابق رابطهٔ شمارهٔ (۳) استفاده نمود.

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{۱}{V_R} \times \frac{\text{تغییرات تعداد مول ترکیب شونده}}{\text{مدت زمان}} \qquad (۳)$$

۱-Reaetion Rate
۲-kinetic

در رابطهٔ (۳) ، V_R حجم رآکتور است.
البتـه بـه جـای تغییـرات تعداد مـول ترکیب‌شـونده می‌تـوان از تعداد مـول مصرفی ترکیب‌شـونده نیز اسـتفاده نمـود؛ لذا:

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{۱}{V_R} \times \frac{\text{تعداد مول مصرفی ترکیب شونده}}{\text{مدت زمان}} \qquad (۴)$$

پرسش

واحدهای سرعت واکنش را مطابق با رابطهٔ ۴ بیان کنید.

توجه : واحد سرعت واکنش بر اساس روابط (۲) و (۳) تفاوتی نمی‌کند.

مثـال ۲: واکنـش $A \rightarrow C$ بـا تعـداد ۷ مـول از مـادهٔ A در یـک رآکتور یـک لیتری انجام شـده اسـت؛ پس از گذشـت دو سـاعت، ۳ مـول از A در رآکتـور باقی‌مانـده اسـت، مطلوب اسـت:
الف) درصد تبدیل ترکیب‌شونده در این مدت
ب) سرعت واکنش در این مدت
پاسخ: برای تعیین درصد تبدیل از رابطهٔ (۱) و سرعت واکنش از رابطهٔ (۴) استفاده می‌شود.

تعداد مول A باقی‌مانده - تعداد مول A اولیه = تعداد مول A مصرفی

تعداد مول A مصرفی ۷-۳=۴ mol

$$\text{درصد تبدیل مادهٔ A} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده A}}{\text{تعداد مول اولیه ماده A}} = \frac{۴}{۷} \times ۱۰۰ = ٪۵۷$$

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{۱}{V_R} \times \frac{\text{تعداد مول مصرفی ترکیب شونده}}{\text{مدت زمان}} = \frac{۱}{۱} \times \frac{۴}{۲\times۶۰} = \frac{۴}{۱۲۰} = ۰/۰۳۳ \frac{\text{mol}}{\text{l.min}}$$

پرسش

واکنـش $A \rightarrow C$ بـا تعـداد ۵ مـول از مادهٔ اولیهٔ A در یک رآکتور ۵ لیتری آغاز شـده اسـت. پس از گذشـت دو دقیقـه از شـروع واکنـش، تعداد ۳ مول محصول C تولید می‌شـود. حال مطلوب اسـت:
الف) درصد تبدیل ترکیب شونده ب) سرعت واکنش

هـدف از مطالعـهٔ سـرعت یـک واکنش شـیمیایی، تعیین میزان سـرعت و روند پیشـرفت واکنش اسـت. از لحاظ مقـدار سـرعت، معمـولاً واکنش‌هـا را به‌صورت ذیـل دسـته‌بندی می‌کنند.

- واکنش‌های خیلی سریع: مدت زمان انجام این واکنش‌ها خیلی کوتاه و در حدود ۰/۰۰۰۱ ثانیه است؛
- واکنش‌هـای سـریع: مـدت زمـان انجـام ایـن واکنش‌هـا کـم و در حـدود حساسـیت انسـان بـه زمـان (ثانیه) است؛
- واکنش‌هـای معمولـی: اکثـر واکنش‌هایـی کـه در آزمایشـگاه انجام می‌شـود، از ایـن نوع هسـتند و مدت زمان آن در حـدود دقیقه یا چند سـاعت اسـت؛
- واکنش‌های کند: مدت زمان انجام این واکنش‌ها در حدود روزها و هفته‌اند؛
- واکنش‌های خیلی کند: مدت زمان انجام این واکنش‌ها در حدود سال‌هاست.

از واکنش‌هـای خیلـی سـریع می‌تـوان بـه تشـکیل رسـوب نقـرهٔ کلریـد بـه هنـگام مخلـوط شـدن محلول‌های حـاوی یون‌هـای کلریـد و نقـره و از واکنش‌هـای کنـد می‌تـوان بـه زنـگ زدن آهـن اشـاره نمـود.

تحقیق

با استفاده از تحقیق اینترنتی، چند نمونه از واکنش‌های با سرعت کم و زیاد را نام ببرید.

فعالیت آزمایشگاهی

بررسی تأثیر غلظت بر سرعت واکنش های شیمیایی:

هدف: انجام واکنش سولفوریک اسید با نمک سدیم تیوسولفات با غلظت‌های متفاوت از سولفوریک اسید

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + S + SO_2$$

به علت تولید رسوب گوگرد، رنگ محلول کدر می‌شود.

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
محلول سولفوریک اسید با غلظت‌های ۰/۵ ، ۱/۰ ، ۱/۵ ، ۲ مولار محلول سدیم تیوسولفات با غلظت ۰/۵ مولار	بشر ۵۰ میلی‌لیتری استوانهٔ مدرج ۵۰ میلی‌لیتری زمان‌سنج (کرونومتر)

روش آزمایش: برای انجام آزمایش مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:

۱- ۵ میلی‌لیتـر محلـول سـولفوریک اسـید ۰/۵ مـولار را داخـل مـزور ریختـه و ۵ میلی‌لیتـر محلـول سـدیم تیوسـولفات ۰/۵ مـولار بـه آن اضافـه کنیـد و زمـان را از لحظـه اضافـه کـردن آن تـا هنـگام کـدر شـدن رنگ محلـول انـدازه گیـری کنید (t_1)؛

۲- آزمایش مرحلهٔ ۱ را با محلول‌های سولفوریک اسید ۱ ، ۱/۵ و ۲ مولار و محلول سدیم تیوسولفات ۰/۵ مولار تکرار کرده و هر بار زمان کدر شدن محلول را با زمان‌سنج (کرونومتر) اندازه بگیرید. ($t_۲$ ، $t_۳$ ، $t_۴$)؛

۳- نتایج آزمایش‌ها را درجدول زیر یادداشت کنید:

غلظت سولفوریک اسید (مولار)	مدت زمان واکنش (ثانیه)
۰/۵	
۱/۰	
۱/۵	
۲/۰	

چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌توان گرفت؟ بحث نمایید.

فعالیت آزمایشگاهی

بررسی تأثیر دما بر سرعت واکنش های شیمیایی:

هدف: انجام واکنش سولفوریک اسید با نمک سدیم تیوسولفات در دماهای مختلف

$Na_۲S_۲O_۳ + H_۲SO_۴ \rightarrow H_۲O + Na_۲SO_۴ + S + SO_۲$ واکنش

به علت تولید رسوب گوگرد، رنگ محلول کدر می‌شود.

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
محلول سولفوریک اسید با غلظت‌های ۰/۵ مولار محلول سدیم تیوسولفات با غلظت ۰/۵ مولار	بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری، لوله آزمایش، گیرهٔ لولهٔ آزمایش، توری نسوز، سه پایه، چراغ بونزن، پایه فلزی، دماسنج، زمان سنج.

روش آزمایش: برای انجام آزمایش مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:

۱- دو لولهٔ آزمایش را برداشته و در یکی از آنها ۳ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۰/۵ مولار و در دیگری ۳ میلی‌لیتر محلول سدیم تیوسولفات ۰/۵ مولار بریزید و سپس هر دو لوله را به کمک گیرهٔ لولهٔ آزمایش در داخل بشر گذاشته و بشر را تا نیمهٔ آن پر از آب کنید و بعد دماسنجی را به کمک گیرهٔ بورت به پایهٔ فلزی نصب کرده؛ به‌طوری که مخزن دماسنج داخل بشر و درون آب قرار بگیرد و چند لحظه صبر کنید تا دماسنج دمای آب داخل بشر را نشان دهد.

۲- حال چراغ بونزن زیر بشر را روشن کنید و چند لحظه صبر کرده تا دمای آب داخل بشر به حدود ۵۰درجهٔ سلسیوس برسد سپس محلول سدیم تیوسولفات را به محلول سولفوریک اسید اضافه کرده و زمان را از لحظهٔ اضافه کردن آن تا هنگام کدر شدن رنگ محلول اندازه‌گیری کنید. ($t_۱$).

۳- مجدداً آزمایش را تکرار کنید فقط این بار باید دمای آب داخل بشر به حدود ۶۵ درجهٔ سلسیوس برسد و آزمایش را انجام داده و زمان کدر شدن رنگ محلول را اندازه‌گیری کنید ($t_۲$).

۴- آزمایش را مجدداً در حمام با دمای ۷۵ درجهٔ سلسیوس تکرار کرده و زمان کدر شدن رنگ محلول اندازه‌گیری کنید. (t_3).

۵- نتایج آزمایش‌ها را جدول زیر را ثبت کنید:

دمای محلول واکنش (سلسیوس)	مدت زمان واکنش (ثانیه)
۵۰	
۶۵	
۷۵	

۶- چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌توان گرفت؟ بحث نمایید.

فعالیت آزمایشگاهی

بررسی تأثیر اندازهٔ ذرات بر سرعت واکنش‌های شیمیایی:

هدف: انجام واکنش هیدروکلریک اسید با فلز منیزیم

$$۲HCl + Mg \rightarrow MgCl_۲ + H_۲$$

مواد مورد نیاز		وسایل مورد نیاز	
محلول هیدروکلریک اسید با غلظت ۰/۵ مولار		بشر ۱۰۰میلی‌لیتری	۲ عدد
نوار منیزیم	۱ گرم	زمان‌سنج (کرونومتر)	
پودر منیزیم	۱ گرم		

روش آزمایش: برای انجام آزمایش مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:

۱- دو بشر را برداشته و در هر دوی آنها ۸۵ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید با غلظت ۰/۵ مولار بریزید. در یکی از بشرها ۱ گرم نوار منیزیم و در دیگری ۱ گرم پودر منیزیم بریزید و آنقدر صبر کنید تا کاملاً نوار و پودر در اسید حل شود و مدت زمان حل شدن را برای هر دو بشر یادداشت نمایید.

۲- نتایج حاصل از آزمایش را در جدول ثبت کنید:

شمارهٔ بشر	مدت زمان واکنش (ثانیه)
بشر حاوی نوار منیزیم	
بشر حاوی پودر منیزیم	

۳- چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌توان گرفت؟ بحث نمایید.

۳-۴- عوامل مؤثر برسرعت واکنش شیمیایی

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش شیمیایی عبارتند از:

۱- دما

۲- فشار

۳- غلظت ترکیب‌شونده

۴- اندازهٔ ذرات ترکیب‌شونده و سطح تماس

۵- کاتالیست

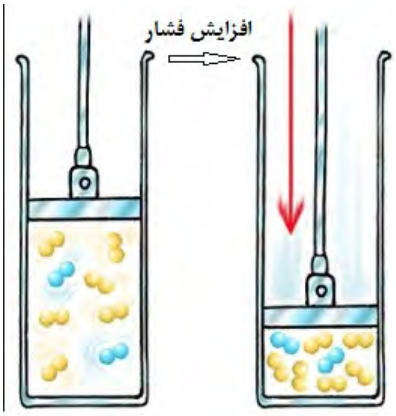
تأثیر دما بر سرعت واکنش شیمیایی

پرسش

در اغلب واکنش‌های شیمیایی بین دما و سرعت واکنش رابطهٔ مستقیم وجود دارد؛ یعنی با افزایش دما، تعداد بیشتری از ذرات ترکیب‌شونده با هم برخورد کرده و برخوردها با شدت بیشتری اتفاق می‌افتد. در نتیجه سرعت واکنش شیمیایی افزایش می‌یابد. به‌طور کلی به ازای افزایش دما به میزان ۱۰ درجه سلسیوس، سرعت واکنش شیمیایی دو برابر می‌شود.

تأثیر فشار بر سرعت واکنش شیمیایی

برای بعضی از واکنش‌های شیمیایی با افزایش فشار تعداد برخوردهای مواد ترکیب‌شونده بیشتر می‌شود و در نتیجه میزان سرعت واکنش افزایش می‌یابد. (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴: تأثیر فشار بر سرعت واکنش

تأثیر غلظت ترکیب‌شونده‌ها بر سرعت واکنش شیمیایی:

افزایش در تعداد برخوردها باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود. تراشهٔ چوب در هوای عادی که شامل ۲۰ درصد اکسیژن است، به‌خوبی می‌سوزد، اما همین تراشه در اکسیژن خالص، بسیار سریع‌تر می‌سوزد. هر چه غلظت مواد واکنش‌گر بیشتر باشد، به همان میزان تعداد برخورد ذرات به یکدیگر بیشتر شده که پیامد آن افزایش سرعت واکنش است.

تأثیر اندازهٔ ذرات ترکیب‌شونده بر سرعت واکنش شیمیایی:

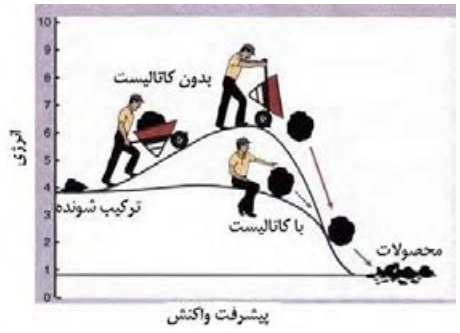
همان‌طور که مطرح گردید هر چه سطح مؤثر برخورد در ترکیب‌شونده‌ها بیشتر باشد، واکنش‌ها با

سرعت بیشتری اتفاق می‌افتند. اگر کبریت روشنی را در مقابل تکهٔ بزرگی از زغال بگیرید، شاید اتفاق خاصی نیفتد، اما اگر همین زغال را به تکه‌های بسیار ریز خرد کرده و آنها را به هوا پرت کنید و کبریتی را روشن کنید، انفجاری را خواهید دید که به‌دلیل افزایش سطح مؤثر برخورد ذرات واکنش‌دهنده است. علت زنگ‌زدگی سریع‌تر براده‌های آهن به نسبت یک میخ آهنی نیز همین افزایش سطح تماس است؛ بنابراین افزایش سطح تماس تعداد برخورد ذرات را افزایش می‌دهد و در نتیجه روی سرعت واکنش اثر می‌گذارد.

تأثیر کاتالیست بر سرعت واکنش شیمیایی:

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی وجود کاتالیست مناسب در واکنش است و اصولاً در یک تعریف کلی به تمامی موادی که در محیط واکنش حضور دارند و موجب افزایش سرعت و یا تغییر مسیر پیشرفت واکنش شده و در خاتمه واکنش هم بدون هیچ‌گونه تغییر شیمیایی در ساختار مولکولی‌اش در محیط واکنش باقی می‌مانند، کاتالیست گفته می‌شود.

هر واکنشی کاتالیست مخصوص به خود را دارد؛ ولی در عین حال ممکن است نوع کاتالیست برای چند نوع واکنش شیمیایی مختلف مناسب باشد. در هر ماده کاتالیست به شیوه‌ای وارد عمل شده و روی سرعت واکنش شیمیایی اثر می‌گذارد. در واکنش‌ها کاتالیست با اتصال به مواد اولیهٔ واکنش، سطح تماس را افزایش می‌دهد و همچنین انرژی مورد نیاز برای آغاز واکنش را کم می‌کند که پیامد هر دو روش افزایش سرعت است. یکی دیگر از محاسن استفاده از کاتالیست انتخابی عمل کردن کاتالیست در واکنش‌های شیمیایی است، یعنی اگر در یک راکتور چند واکنش هم‌زمان صورت بگیرد، یک کاتالیست مناسب می‌تواند سرعت تشکیل و تولید محصول مطلوب را افزایش داده سرعت واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته را کاهش دهد (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴ تأثیر کاتالیست بر پیشرفت واکنش

۴-۴- تقسیم بندی واکنش های شیمیایی براساس تعداد فاز

بر اساس تعداد فازهای مواد، تقسیم‌بندی واکنش‌ها عبارتند از:

واکنش همگن (هموژن[۱]): در این واکنش تمامی مواد شرکت‌کننده (ترکیب شونده‌ها) همگی در یک فاز هستند. تولید صابون از محلول قلیایی و اسیدهای چرب به‌صورت همگن و در فاز مایع و تولید سیمان نیز به‌صورت همگن و در فاز جامد انجام می‌شود.

۱-Homogeneous

واکنش ناهمگن (هتروژن[1]) : اگر مواد شرکت‌کننده در واکنش در یک فاز نباشند، این واکنش را ناهمگن می‌گویند. از واکنش‌های ناهمگن می‌توان به واکنش تولید گاز هیدروژن، تولید بنزین، (گاز جامد)، تولید استیلن (مایع و جامد)، تولید گازوئیل (گاز- جامد- مایع) اشاره نمود.

پرسش

سه نمونه واکنش همگن و سه نمونه واکنش ناهمگن را نام ببرید.

۵-۴- تقسیم بندی واکنش شیمیایی براساس گرمای واکنش

واکنش گرمازا: واکنش‌هایی هستند که در حین انجام واکنش، گرما ایجاد می‌کنند و به محیط اطراف خود انرژی می‌دهند. واکنش‌های سوختن، خنثی شدن و بسیاری از واکنش هایی که با اکسیژن انجام می‌شوند، گرمازا هستند.

فعالیت آزمایشگاهی

انجام واکنش گرمازا

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
مس (II) سولفات پودر روی	بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر دماسنج

روش انجام آزمایش :

۵۰ میلی‌لیتر محلول مس (II) سولفات (یک مولار) را در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن مقداری پودر روی اضافه کنید، سپس مخلوط را به‌آرامی هم بزنید و دماسنج را درون محتویات بشر قرار دهید و دمای مخلوط را مشاهده کنید.

واکنش‌های گرماگیر:

تعدادی از واکنش‌های شیمیایی برای انجام شدن از محیط اطراف خود گرما می‌گیرند، معمولاً واکنش‌هایی که در آن یک ترکیب‌شونده به چند محصول تبدیل می‌شود، از نوع گرماگیر هستند.

فعالیت آزمایشگاهی

انجام واکنش گرماگیر

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
آمونیوم نیترات آب	بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر، گرم‌کن الکتریکی دماسنج لولهٔ آزمایش شیشه‌ای

۱-Hetrogeneous

روش انجام آزمایش: ۲ گرم آمونیوم نیترات خشک را درون بشر ریخته و روی آن ۵ میلی لیتر آب ۲۰ درجهٔ سیلیسیوس اضافه کنید و دماسنج را درون بشر قرار دهید. چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ دماسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

مثـال: واکنـش تولیـد پتاسـیم کلریـد(KCL) از($KCLO_3$) در یـک رآکتـور ناپیوسـته مطابق با واکنـش انجام می‌شـود. غلظـت مـادهٔ ترکیب‌شـونده در مـدت زمـان ۴۰ دقیقه مطابـق با جدول ذیل اندازه‌گیری شـده اسـت، حال مطلوب اسـت:

الف) موازنهٔ مولی فرمول واکنش

ب) میزان سرعت واکنش

زمان (دقیقه)	۰	۱۰	۲۰	۴۰
غلظت ترکیب‌شونده (مواد)	۱	/۸	/۶۶۷	/۵

پاسخ)

الـف) موازنـهٔ مولـی فرمـول واکنـش با توجه به تعـداد اتم‌های مـواد یکسـان در طرفین واکنش انجـام و فرمول موازنـه شـده ذیل مطـرح می‌گردد.

$$۲KCLO_۳ \rightarrow ۲KCL + ۳O_۲$$

ب) برای تعیین مقدار سرعت از رابطهٔ ۲ استفاده می‌گردد.

$$\text{سرعت} = \frac{\text{غلظت ماده مصرفی ترکیب شونده}}{\text{مدت زمان}}$$

غلظـت مصرفـی مـادهٔ ترکیب‌شـونده هـم کـه از تفاضـل غلظـت اولیـهٔ ترکیب‌شـونده و غلظـت باقی‌مانـدهٔ ترکیب‌شـونده به‌دسـت می‌آیـد. در ایـن مثـال غلظـت اولیهٔ همـان مقدار غلظـت در لحظهٔ صفر اسـت (چون در لحظـهٔ صفـر هنـوز واکنشـی شـروع نشـده اسـت، لذا غلظـت آن، غلظـت اولیـه اسـت) بنابراین:

زمان (دقیقه)	۰	۱۰	۲۰	۴۰
غلظت ترکیب‌شونده	۱	۰/۸	۰/۶۶۷	۰/۵
غلظت مصرفی ترکیب‌شونده	–	۱−۰/۸=۰/۲	۱−۰/۶۶۷=۰/۳۳۳	۱−۰/۵=۰/۵
سرعت	–	$\frac{۰/۲}{۱۰}=۰/۰۲$	$\frac{۰/۳۳۳}{۲۰}=۰/۰۱۶$	$\frac{۰/۵}{۴۰}=۰/۰۱۲۵$

نکته ایمنی

واحد سرعت در این مثال $\frac{\text{مولار}}{\text{دقیقه}}$ است.

پرسش

۱- سرعت واکنش را تعریف کرده و عوامل تأثیرگذار بر آن‌را توضیح دهید.
۲- دو روش برای تعیین سرعت یک واکنش شیمیایی را توضیح دهید.
۳- دلایل تأثیر دما بر سرعت واکنش شیمیایی چیست؟
۴- واکنش های همگن و غیر همگن را با ذکر مثال توضیح دهید.
۵- در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، میزان درصد تبدیل چه تغییری می‌کند؟ چرا؟
۶- واکنش $2A \rightarrow 3C$ با ۵ مول از ترکیب‌شوندهٔ A در یک رآکتور لوله‌ای ۲ لیتری آغاز می‌گردد. پس از گذشت نیم ساعت از شروع واکنش، دو مول از A در رآکتور باقی می ماند. درصد تبدیل ماده A در این رآکتور چند درصد است؟ سرعت واکنش بر حسب $\frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}$ چقدر است؟
۷- کاتالیست‌ها چه نقشی در انجام یک واکنش شیمیایی دارند؟ توضیح دهید.

۶-۴- رآکتورهای شیمیایی

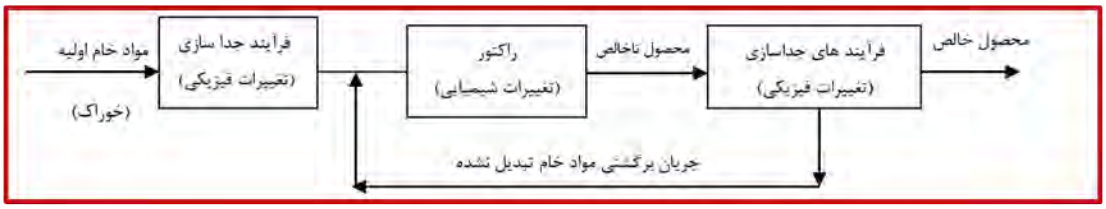
رآکتور[۱] دستگاهی است که در آن واکنش‌های شیمیایی انجام می‌شود. رآکتورهای شیمیایی می‌توانند در ابعاد بزرگ و برای مصارف صنعتی یا در ابعاد کوچک برای کاربردهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی ساخته شوند.

در یک کارخانهٔ صنایع شیمیایی، مواد خام[۲] اولیه یا همان ترکیب‌شونده‌ها از یک سری فرایندهای فیزیکی اولیه از قبیل جداسازی، خالص‌سازی عبور می‌کنند تا آمادهٔ ورود به مرحلهٔ بعدی یعنی انجام واکنش شیمیایی شوند.

در این مرحله با استفاده از یک رآکتور یا رآکتورهای مناسب، تغییرات شیمیایی مورد نظر انجام می‌شوند و محصول تولید می‌شود. به دلیل انجام بعضی از واکنش‌های ناخواسته یا وجود مقداری از مواد اولیهٔ ورودی به رآکتور که فرصت انجام واکنش را پیدا نکرده‌اند و همراه محصول از رآکتور خارج شده‌اند، محصول تولیدی قابل فروش به بازار نیست و لازم است عملیات‌های فیزیکی از قبیل جداسازی، خالص‌سازی بر روی آن انجام شود، سپس به عنوان محصول خالص نهایی[۳]

۱-Reactor
۲-Raw matrial
۳-Net product

برای فروش به بازار عرضه شود. در یک فرآیند شیمیایی احتمال اینکه تمام مواد خام اولیه در رآکتور مصرف نشوند؛ وجود دارد؛ لذا آن مقدار مواد اولیه که در رآکتور مصرف نشده‌اند می‌بایست به رآکتور برگردانند که اصطلاحاً به این جریان، جریان برگشتی[1] می‌گویند.

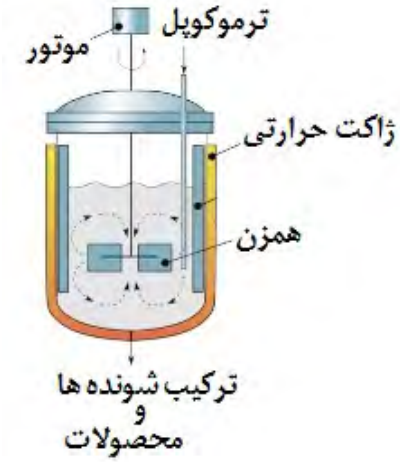


شکل ۳-۴ شمای ساده از یک فرایند شیمیایی

در صنایع شیمیایی، رآکتور به‌عنوان قلب فرایند شیمیایی و مهم‌ترین و حساس‌ترین عملیات در کارخانه محسوب می‌شود.

رآکتورهای شیمیایی براساس نوع عملیات به سه دسته رآکتورهای ناپیوسته، رآکتورهای نیمه ناپیوسته و رآکتورهای پیوسته تقسیم می‌شوند.

۴-۷- رآکتورهای ناپیوسته



شکل ۴-۴- رآکتور ناپیوسته

از دیدگاه تاریخی، رآکتورهای ناپیوسته از آغاز صنعت شیمیایی مورد استفاده بوده و هنوز هم به‌صورت وسیعی در تولید مواد شیمیایی با ارزش افزودنی بالا استفاده می‌شوند. در این رآکتورها مواد اولیه یا همان ترکیب‌شونده‌ها در همان ابتدای عمل وارد راکتور می‌شوند. محتویات رآکتور برای مدت مشخصی کاملاً و به‌شدت مخلوط شده و پس از مدت زمان معینی که واکنش پیشرفت کرد، محتویات داخل رآکتور تخلیه می‌شوند؛ بنابراین در این رآکتور در هنگام واکنش هیچ جرمی وارد نشده و هیچ جرمی خارج نمی‌شود (شکل ۴-۴). تولید PVC در کارخانجات پتروشیمی در رآکتور ناپیوسته انجام می‌شود.

[1]-Recycle Flow

پرسش

چند واکنش شیمیایی را که در رآکتور ناپیوسته انجام می‌شود، را نام ببرید.

شکل ۵-۴ رآکتور ناپیوسته با سیستم حرارتی کویل

انتقال حرارت فرایند چه از نظر عملیاتی و چه از نظر ایمنی از اهمیت بالایی برخوردار است. همان‌طور که توضیح داده شد، واکنش‌های شیمیایی یا گرمازا هستند یا گرماگیر. در نتیجه در حین انجام واکنش ممکن است محتویات درون رآکتور سرد یا گرم شوند. بالا رفتن بیش از حد دما در رآکتور می‌تواند موجب اختلال در عملکرد و تجهیزات کنترلی آن شود و از همه مهم‌تر، خطر انفجار و نشت مواد را افزایش می‌دهد. همچنین در صورتی که واکنش گرماگیر باشد، با پیشرفت واکنش محتویات راکتور سردتر می‌شود و ممکن است موجب کندی سرعت واکنش یا انجماد در رآکتور و تجهیزات آن شود. در نتیجه می‌بایست در رآکتورها، همواره دما را در حد مناسب و ایمن نگه داشت. برای این منظور از مبدل‌های حرارتی و تجهیزات انتقال حرارت استفاده می‌شود. یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای کنترل دمای رآکتورها استفاده از ژاکت و یا کویل‌های تبادل حرارت است. در ژاکت‌ها، جریانی از یک ماده مثل روغن یا آب با دمای بالاتر و یا پایین‌تر برای تنظیم دما، در اطراف راکتور و بدون تماس جرمی با محتویات رآکتور، مرتباً در چرخش است. در روش کویل نیز لوله‌هایی که حاوی همان جریان سردتر یا گرم‌تر است به‌صورت مارپیچ و یا اشکال دیگر در اطراف رآکتور قرار داده می‌شود تا تبادل حرارت با رآکتور انجام شود (شکل ۵-۴).

فرایند هم زدن و انتقال جرم در رآکتورها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا در صورتی که محتویات داخل رآکتور به‌خوبی ترکیب نشوند، امکان واکنش ندادن بخشی از مواد و در نتیجه پایین آمدن کیفیت محصول فراهم می‌شود. عمل همزدن در رآکتورهای مخزنی شکل، با استفاده از همزن‌های دوار انجام می‌شود که به شفت و الکتروموتور متصل است (شکل ۶-۴). شکل، نحوه قرارگیری و سرعت چرخش همزن بستگی به عواملی چون، حجم مخزن، شکل مخزن، گرانروی سیال دارد.

شکل ۶-۴ انواع همزن‌های مورد استفاده در رآکتور

همچنیـن انتخـاب جنـس هـمزن و بدنـهٔ رآکتـور بـه مـواد داخـل راکتـور بسـتگی دارد؛ مثـلاً اگر مـواد داخل رآکتور خورنده باشـند، اسـتفاده از فولاد و موادی که امکان خورده شـدن در آن وجود دارد، غیر منطقی اسـت در ایـن گونـه مـوارد انتخـاب مـواد جایگزیـن یـا پوشـش‌دهی تجهیزات بـا لعاب‌های سـرامیکی یا پوشـش‌های پلیمـری روش مناسـبی در جلوگیـری از خوردگـی و واکنش‌هـای ناخواسـته اسـت. در ایـن رآکتورهـا میـزان درصـد تبدیـل در طـول زمـان تغییـر می‌کند، امـا اختلاط کامل باعث می‌شـود کـه در هر لحظـه درجهٔ حرارت و میـزان درصـد تبدیـل در سرتاسـر رآکتور یکنواخت باشـد.

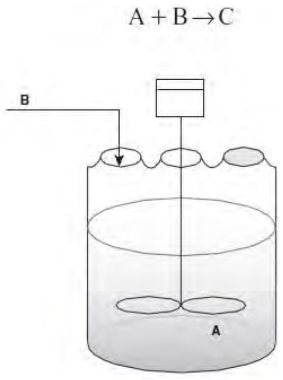
- معمولاً این رآکتورها در موارد زیر استفاده دارند.
- تولید در مقیاس کوچک صنعتی (ظرفیت کم)؛
- آزمایش کردن فرایندهای ناشناخته؛
- تولید صنعتی محصولات گران‌قیمت؛
- برای محصولاتی که تولید آنها در شرایط مداوم مشکل باشد.

امتیـاز رآکتورهـای ناپیوسـته (Batch) در ایـن اسـت که بـا دادن زمان لازم بـرای انجام واکنش مـواد اولیه، با درصـد تبدیـل بالا بـه محصولات مـورد نظر تبدیـل می‌گردند.

در حالـی کـه اسـتفاده از ایـن نـوع رآکتورهـا محـدود بـه واکنش‌هـای همگـن فـاز مایـع اسـت. از دیگـر محدودیت‌هـای ایـن نـوع رآکتورها بـالا بودن هزینـهٔ تولید در واحد حجم محصول تولید شـده اسـت، همچنین تولیـد صنعتـی در مقیـاس بـالا در ایـن گونـه رآکتورها مشـکل اسـت..

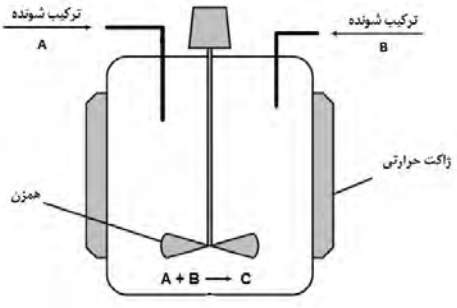
۸-۴- رآکتورهای نیمه ناپیوسته

این نوع راکتورها دارای انواع متنوعی هستند. در نوع متداول آن یکی از مواد اولیه ابتدا در داخل راکتور پر می‌شود و سپس به تدریج ماده یا مواد اولیهٔ دیگر به آن اضافه می‌شود (شکل۷-۴).



شکل ۷-۴ رآکتور نیمه ناپیوسته

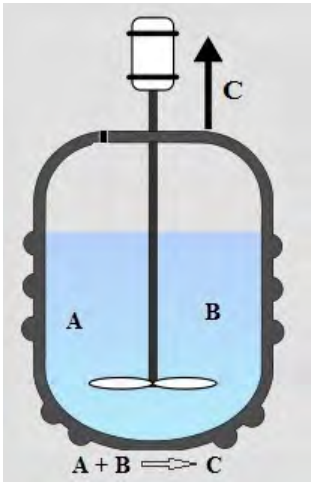
در نـوع دیگـر، مـواد اولیه به‌طـور هم‌زمان وارد رآکتور می‌شـود، ولـی تـا پایـان واکنـش هیـچ مـاده‌ای از رآکتور خارج نمی‌شـود (شکل ۸-۴).



شکل ۸-۴ رآکتور نیمه ناپیوسته

نـوع دیگـری از آن وجـود دارد کـه تمامی مـواد اولیه در داخـل رآکتور بارگیـری شـده اسـت و در حیـن واکنـش مـادهای داخـل رآکتـور نمیگـردد ولـی همزمـان بـا انجـام واکنـش محصـول کـه معمـولاً بهصـورت گاز اسـت از رآکتـور خـارج میشـود. (شـکل ۹-۴).

رآکتورهـای نیمه ناپیوسـته نیز همان محدودیتهای رآکتور ناپیوسـته را دارد. از امتیـازات رآکتورهـای نیمـه ناپیوسـته کنتـرل خوب حرارت و کنتـرل واکنشهـای نامطلـوب و محـدود کـردن تولیـد محصـولات ناخواسـته آن اسـت. ایـن عمـل از طریـق وارد کـردن تدریجـی یکی از اجـزای ترکیبشـونده با غلظـت کم میسـر میگـردد. رآکتورهای نیمه ناپیوسـته اغلـب بـرای واکنشهـای دو فـازی اسـتفاده میشـوند کـه یکـی از اجـزای ترکیبشـونده، گاز باشـد و جـزء گازی بهصورت حباب بـه داخل فـاز مایـع درون رآکتـور تغذیـه میگردد.



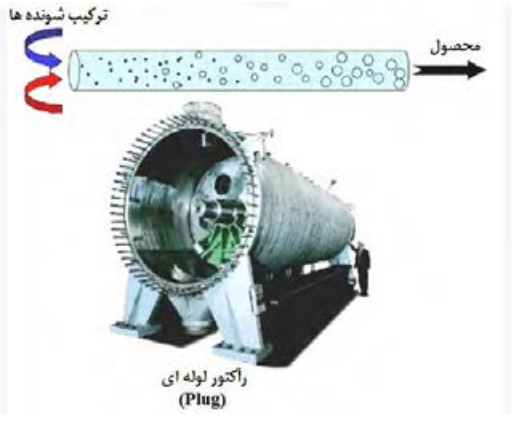
شکل ۹-۴ رآکتور نیمه ناپیوسته

۹-۴- رآکتورهای پیوسته

در ایـن نـوع رآکتورهـا، مـواد اولیـه دائمـاً وارد رآکتور میشـود و پس از انجـام واکنش، محصول بهطور پیوسـته از رآکتـور خـارج میشـود. اینگونـه رآکتورهـا هنگامـی در صنعـت اسـتفاده میشـوند کـه هـدف تولیـد مقدار زیـادی محصـول باشـد در ضمـن راکتورهـای پیوسـته بـرای انجـام واکنشهای سـریع مناسـبتر میباشـند از ایـن رآکتورهـا در بسـیاری از صنایـع شـیمیایی، بهخصـوص صنایع نفت، گاز و پتروشـیمی اسـتفاده میشـود.

رآکتورهای لولهای (Plug) :

در صنایـع شـیمیایی بـرای فرایندهای بـزرگ مقیاس، معمـولاً از رآکتورهـای لولـهای اسـتفاده میشـود. زیـرا نگـهداری سیسـتم رآکتورهـای لولـهای آسـان اسـت (چـون دارای قسـمتهای متحـرک نیسـتند). ایـن رآکتورهـا معمـولاً بالاتریـن درصـد تبدیـل مـواد اولیـه در واحـد حجـم راکتـور را در مقایسـه بـا سـایر رآکتورهای سیسـتم پیوسـته دارند. در ایـن رآکتورها، از یـک لولـه بـرای انجـام واکنـش اسـتفاده میشـود. ایـن نوع رآکتورها نسـبت به شـکل مخزنـی آن، فضای کمتـری را اشـغال میکننـد (شـکل ۱۰-۴).



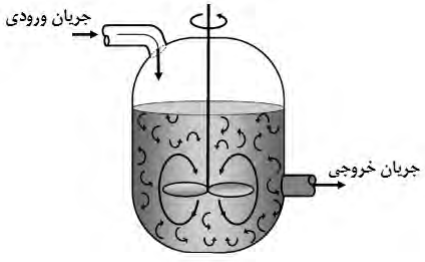
شکل۱۰-۴ رآکتور لولهای

در عیـن حـال بـه دلیل سـاختار لوله‌ای، سـطح تماس بیشـتری بـا محیط اطراف داشـته و تبادل گرمـا راحت‌تر انجـام می‌شـود. درون رآکتورهـای لولـه‌ای غلظـت از نقطـه‌ای بـه نقطه دیگر تغییـر می‌کنـد. از محدودیت‌های ایـن نـوع رآکتورهـا، مشـکل بـودن کنتـرل دما بـرای واکنش‌هـای گرمازاسـت. راکتورهـای لوله‌ای یـا به‌صورت تـک لولـه‌ای بـوده یـا به‌صـورت مجموعـه‌ای از چندیـن لولـهٔ کوتاه‌تـر کـه به‌صـورت موازی بـه یکدیگـر متصل هسـتند. اغلـب واکنش‌هـای غیرهمگـن گازی در ایـن نـوع رآکتورها انجـام می‌گیرد.

رآکتور مخزنی همزن‌دار مداوم (CSTR):

رآکتورهـای مخزنـی همزن‌دار مداوم، گونه‌ای متداول از رآکتورها هسـتند که در آنهـا یک یا چند جریان ورودی بـه سیسـتم، مـواد ترکیب‌شـونده را بـه داخـل رآکتـور مـی‌آورد و پـس از واکنـش، از خروجـی یـا خروجی‌های رآکتـور محصـولات خـارج می‌شـوند. بـه طـور معمـول شـدت جریـان ورودی و خروجـی از این رآکتورهـا ثابت اسـت. در غیـر ایـن صـورت امکان سـر ریز یا تخلیه سـریع مخـزن رآکتور وجـود دارد.

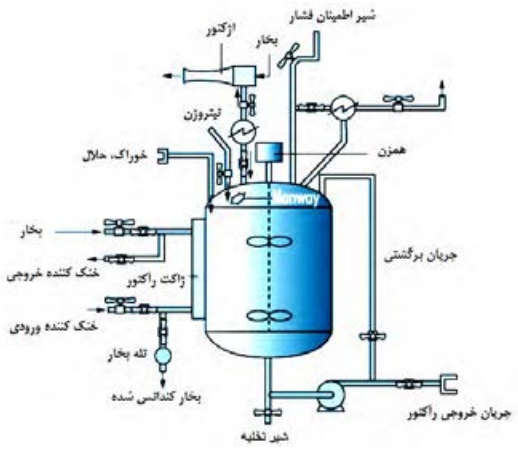
رآکتـور مخزنـی هـمزن‌دار مـداوم یـا اصطلاحـاً رآکتور مخلوط‌شـونده، در شـرایطی که یک واکنش شـیمیایی احتیاج به اختلاط شـدید داشـته باشـد، اسـتفاده می‌شـود. رآکتورهای مخلوط‌شـونده یا به‌تنهایی و یا به‌صورت پشـت سـر هـم متصـل می‌گردند.کنتـرل حرارتی در ایـن نوع رآکتورها به‌آسـانی انجـام می‌گیـرد. عمل اختلاط و هـمزدن مـواد بـا شـفت و پروانـه صـورت می‌گیـرد. در مقایسـه بـا سـایر رآکتورهـا درصـد تبدیـل مـواد در آنها بـه ازای واحـد حجـم محصول تولیـدی پایین‌تر اسـت و بـه همیـن دلیل برای دسـتیابی بـه میزان درصـد تبدیل بیشـتر محصـول مـورد نظـر، از رآکتـور بـا حجم‌هـای بزرگ‌تـر اسـتفاده می‌شـود. رآکتورهـای مخلوط‌شـونده بـرای اغلـب واکنش‌هـای همگـن در فـاز مایـع اسـتفاده می‌شـود (شـکل‌های ۱۱-۴ و ۱۲-۴).



شکل ۱۱-۴ راکتور مخزنی همزن دار مداوم

در رآکتورهـای مخلوط‌شـونده به‌علـت وجـود هـمزن، خـوراک ورودی به‌سـرعت در سرتاسـر ظـرف پراکنـده شـده و غلظـت در هـر نقطـه درون ظـرف تقریباً یکسـان اسـت؛ لـذا سـرعت واکنـش در تمـام نقاط درون سیسـتم تقریبـاً یکسـان می‌گـردد. به‌طـور کلـی در رآکتورهـای مخلوط‌شـونده تغییـرات مکانـی غلظـت (یـا خـواص فیزیکـی) درون رآکتـور یـا در خروجـی آن وجـود ندارد و خـواص درون سیسـتم یکنواخـت اسـت.

ایـن نـوع رآکتورهـا عمدتـاً بـرای تولیـد محصولاتـی بـا حجـم بـالا از قبیل محصولات پتروشـیمی، مواد شـوینده،



شکل ۱۲-۴ رآکتور مخزنی همزن‌دار مداوم

بهداشتی و محصولاتی استفاده می‌شود که میزان تقاضای آنها به‌صورت ثابت در بازار وجود دارد استفاده می‌شود .این نوع رآکتورهای پیوسته در مقایسه با رآکتورهای لوله ای حجم بیشتری نیاز دارند اما حجم تولید در آنها بالاتر است.

زمان اقامت در رآکتورهای پیوسته :

در رآکتورهای پیوسته که به‌طور مداوم مواد خام به آن وارد و محصولات از آن خارج می‌شوند، نمی‌توان زمان مشخصی برای انجام واکنش و تبدیل مواد اولیه به محصول بیان کرد. در نتیجه از کمیتی به نام زمان اقامت استفاده می‌شود. زمان اقامت، متوسط زمانی است که یک ذره وارد رآکتور شده و تا زمان خروج در آنجا در حال واکنش است. این کمیت به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$t = \frac{V}{Q}$$

در این معادله، v نشان‌دهندهٔ حجم رآکتور،Q شدت جریان حجمی ورودی به رآکتور و t زمان اقامت است. زمان اقامت یکی از متغیرهای مورد استفاده در طراحی رآکتورهای شیمیایی است.

مثال) واکنش $A + B \rightarrow C$ قرار است در یک رآکتور لوله‌ای ۵۰ لیتری و در رآکتور مخزنی هم‌زن‌دار پیوسته (مداوم) ۷۵ لیتری انجام شود. میزان شدت جریان ورودی به هر دو رآکتور ۲۵ لیتر بر دقیقه است. حال تعیین نمایید مدت زمان اقامت مواد در این دو رآکتور چقدر است؟

پاسخ: با توجه به رابطهٔ (۳) و تعریف زمان اقامت:

$$\text{زمان اقامت} = \frac{\text{حجم رآکتور}}{\text{شدت جریان حجمی ورودی به رآکتور}}$$

زمان اقامت در رآکتور لوله‌ای: $t = \frac{۵۰}{۲۵} = ۲\,min$

زمان اقامت در رآکتور مخلوط شدهٔ پیوسته: $t = \frac{۷۵}{۲۵} = ۳\,min$

پرسش

به نظر شما میزان تبدیل در کدام رآکتور بیشتر است؟ چرا؟

فعالیت آزمایشگاهی

به‌دست آوردن میزان تبدیل در یک رآکتور ناپیوسته

شرح آزمایش:

در این آزمایش، از واکنش سود و اتیل‌استات یعنی واکنش صابونی شدن استفاده شده است.

$$C_2H_5COOCH_3 + NaOH \rightarrow C_2H_5OH + CH_3COONa$$

این واکنش به‌دلیل سرعت مناسب آن اندازه‌گیری پیشرفت واکنش انتخاب شده است. چون در این جا برای تعیین غلظت‌ها از تیتراسیون استفاده می‌شود، لذا از این طریق می‌توان غلظت سود موجود در محیط واکنش را محاسبه کرد.

دستگاه‌ها و مواد مورد نیاز:

رآکتور آزمایشگاهی ناپیوسته، ارلن، بورت، ترازو، سود (NaOH) ۰/۱ مولار، اتیل استات، شناساگر فنل‌فتالئین، پیپت، هیدروکلریک اسید (*HCL*) ۰/۱ مولار .

روش انجام آزمایش:

در ابتدا در دو ارلن مجزا محلول ۰/۱ مولار از سود و اتیل‌استات به میزان هرکدام ۱ لیتر تهیه می‌گردد؛ سپس این دو محلول را به‌صورت همزمان درون رآکتور بریزید. همزن را با دور بسیار کم روشن کرده و سپس به ازای هر ۵ دقیقه یکبار به میزان ۱۰ میلی‌لیتر از محلول واکنش را برداشته و غلظت محصول را اندازه‌گیری کنید (تیتراسیون معکوس انجام دهید.) و برای این کار طی مراحل زیر عمل کنید:

نمونه‌ای به حجم ۱۰ میلی‌لیتر از محلول واکنش بردارید؛

نمونه را با حجم ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ مولارهیدروکلریدریک اسید مخلوط نمایید. حال حجم محلول به ۱۵ میلی‌لیتر حاصل می‌شود؛

این محلول را با سود ۰/۱ مولار سنجش نمایید (تیتر) و با استفاده از حجم سود مصرفی مقدار اسید مصرف‌شده در قسمت دوم برای خنثی‌سازی سود و از این طریق غلظت سود در سیستم به‌دست می‌آید.

تصویر با بورت

محاسبات:

$$\text{غلظت سود موجود در نمونه} = ۰/۱ - \frac{\text{حجم سود تیتر شده} \times ۰/۱}{۱۵}$$

حال میزان تبدیل سود را می‌توان از این رابطه تعیین نمود:

$$\text{میزان درصد تبدیل} = \frac{۰/۱ - \text{غلظت سود موجود در نمونه}}{۰/۱}$$

ردیف	مدت زمان (دقیقه)	میزان غلظت سود در واکنش	میزان تبدیل سود

پرسش

۱- دو کاربرد از رآکتورهای ناپیوسته را بیان کنید و دو واکنش را که در صنایع شیمیایی در رآکتور ناپیوسته انجام می‌شود، نام ببرید.

۲- واکنش $A \rightarrow 2C$ قرار است در یک رآکتور مخلوط‌شوندهٔ ۱۰۰ لیتری با ۱۰ مول از مادهٔ A آغاز شود. میزان شدت جریان ورودی به رآکتور ۵۰ لیتر بر دقیقه است. حال تعیین نمایید که مدت زمان اقامت مواد در رآکتور چقدر است؟

۳- واکنش $A \rightarrow 2C$ قرار است در یک رآکتور مخلوط شوندهٔ ۱۰۰ لیتری با ۱۰ مول از مادهٔ A آغاز می شود. پس از گذشت ۲۰ دقیقه از شروع واکنش میزان محصول تولیدی ۱۰ مول می‌گردد. تعیین نمایید میزان تبدیل در راکتور چقدر است؟ میزان سرعت واکنش بر حسب $\frac{mol}{lit.min}$ چقدر می‌شود؟

۴- مزایای رآکتورهای لوله‌ای و مخلوط‌شونده را نام ببرید.

۵- تفاوت رآکتور ناپیوسته و پیوسته چیست؟

۶- معمولاً گرمای مورد نیاز در رآکتورها را چگونه تأمین می‌کنند؟ توضیح دهید.

۷- هم زدن در کدامیک از رآکتورهای شیمیایی تأثیرگذار است؟ نحوهٔ تأثیر را توضیح دهید.

۸- برای تولید بنزین در یک پالایشگاه از چه رآکتوری استفاده می‌شود؟ چرا؟

۹- انواع رآکتورهای نیمه پیوسته را نام برده و توضیح دهید.

۱۰- آیا از مقایسه میزان تبدیل در دو رآکتور می‌توان به مناسب بودن آنها پی برد؟ چگونه؟

۱۱-در یک کارخانهٔ شیمیایی که واکنشی در فاز مایع در آن اتفاق می‌افتد، برای افزایش میزان سرعت واکنش از میان راهکارهای ذیل، کدام راهکار را پیشنهاد می‌دهید؟ چرا؟

- افزایش دما
- افزایش فشار

۱۲- انجام عملیات در یک رآکتور ناپیوسته را به همراه شکل کاملاً توضیح دهید.

۱۳-از میان متغیرهای «سرعت واکنش» «درصد تبدیل»، کدامیک در تصمیم‌گیری نوع عملیات مهم‌تر است؟ توضیح دهید.