

پودمان ۴

راکتور و مخازن



بخش اصلی در یک واحد شیمیایی، واکنش شیمیایی است که در راکتور انجام می‌شود، در بیشتر فرایندهای صنایع شیمیایی، خوراک یا محصولات فرایند می‌بایست ذخیره و نگهداری شوند، لذا انواع مخزن‌های ذخیره‌سازی استفاده می‌شود.

واحد یادگیری ۴

راکتور و مخازن

مقدمه

راکتورهای شیمیایی از بخش‌های اصلی یک واحد صنعتی شیمیایی هستند که در آن واکنش‌های شیمیایی انجام می‌شوند. در این پودمان سرعت واکنش، عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی و انواع راکتورهای شیمیایی بررسی می‌شوند. مخازن ذخیره‌سازی دارای کاربرد گسترده‌ای در بیشتر صنایع هستند و برای نگهداری گازها و مایعات استفاده می‌شوند. در ادامه این پودمان به معرفی مخازن ذخیره‌سازی مایعات و انواع آن پرداخته می‌شود و همچنین تعیین نقطه اشتعال، ایمنی و کار با مخازن ذخیره‌سازی ارائه خواهد شد.

استاندارد عملکرد

تعیین سرعت واکنش، کار با راکتورهای شیمیایی و مخازن ذخیره طبق دستورکار شایستگی‌های غیرفنی:

- ۱- اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام دادن وظایف و کارهای محول، پیروی از قوانین؛
- ۲- مدیریت منابع: شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات؛
- ۳- کار گروهی: حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محول؛
- ۴- مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های آزمایشگاهی؛
- ۵- محاسبه و کاربست ریاضی.

شایستگی‌های فنی:

- ۱- تعیین سرعت واکنش‌ها؛
- ۲- کار با راکتورهای شیمیایی؛
- ۳- کار با مخازن ذخیره.

۱-۴- درصد تبدیل در واکنش‌های 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 ترکیب‌شونده‌ها 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 کارخانه‌های صنایع شوینده، تولید دارو در کارخانه‌های تولید دارو و تولید مواد غذایی در کارخانه‌های صنایع غذایی و غیره می‌توان اشاره کرد. به دستگاهی که واکنش شیمیایی در آن صورت می‌گیرد، واکنشگاه یا راکتور^۱ گفته می‌شود.

پرسش ۱



درصد تبدیل ترکیب‌شونده^۲:

واکنش شیمیایی $A \rightarrow C$ در یک راکتور با ۱۰ مول از ماده اولیه A آغاز می‌شود، مقدار مول ماده A موجود در واکنش پس از ۱۰۰ دقیقه، ۲۰۰ دقیقه و ۳۰۰ دقیقه از شروع واکنش، کدام یک می‌تواند باشد؟

الف) ۸ مول، ۶ مول، ۷ مول

ب) ۱۰ مول، ۸ مول، ۷ مول

پ) ۸ مول، ۶ مول، ۴ مول

ت) ۴ مول، ۶ مول، ۸ مول

در یک راکتور شیمیایی درصد تبدیل یک ترکیب‌شونده از تقسیم مقدار مول مصرفی بر مقدار مول اولیه^۱ ترکیب‌شونده ضرب در عدد ۱۰۰، به دست می‌آید. اگر واکنش شیمیایی A در حال انجام باشد، میزان درصد تبدیل ترکیب‌شونده A مطابق با معادله (۱) محاسبه می‌شود.

$$(1) \quad \text{درصد تبدیل ترکیب‌شونده A} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده A}}{\text{تعداد مول اولیه ماده A}} \times 100$$

مثال ۱: واکنش $A \rightarrow C$ با ۱۰ مول از ترکیب‌شونده A در یک راکتور آغاز می‌شود. پس از گذشت دو ساعت از شروع واکنش، سه مول از A در راکتور باقی می‌ماند. درصد تبدیل ماده A در این راکتور چند درصد است؟ **پاسخ:** مطابق با معادله (۱)، می‌بایست در ابتدا تعداد مول مصرفی تعیین شود. برای این منظور می‌توان تعداد مول باقی مانده را از تعداد مول اولیه کم کرد.

تعداد مول باقی مانده = تعداد مول اولیه - تعداد مول مصرفی

$$10 - 3 = 7 \text{ mol} = \text{تعداد مول مصرفی}$$

$$\text{درصد تبدیل ترکیب‌شونده} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده A}}{\text{تعداد مول اولیه ماده A}} \times 100 = \frac{7}{10} \times 100 = 70\%$$

۱- Reactor

۲- Conversion Percent



۱- به نظر شما در پایان واکنش در مثال ۱ میزان درصد تبدیل چند درصد خواهد شد؟ توضیح دهید؟
 الف) ۸۰ (ب) ۶۰ (پ) ۳۰ (ت) ۱۰۰
 ۲- میزان درصد تبدیل ماده A را در زمان‌های مختلف برای پرسش ۱ تعیین کنید.

۲-۲- 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 شیمی دانان 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 تقسیم تغییرات غلظت مادهٔ ترکیب‌شونده بر مدت زمان معین مطابق معادلهٔ (۲) به‌دست می‌آید.

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

تغییرات غلظت ترکیب‌شونده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

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

$$\text{یکای سرعت واکنش} = \frac{\left(\frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)}{(\text{min})} = \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$$



یکاهای دیگری برای سرعت بیان کنید.

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

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

۱- Reaction Rate

۲- kinetic

در رابطه (۳)، V_R حجم راکتور است.

البته به جای تغییرات تعداد مول ترکیب‌شونده می‌توان از تعداد مول مصرفی ترکیب‌شونده نیز استفاده کرد؛ لذا:

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

یکاهای سرعت واکنش را مطابق با معادله ۴ بیان کنید.

پرسش ۴



توجه



یکای سرعت واکنش بر اساس معادله‌های (۲) و (۳) تفاوتی نمی‌کند.

مثال ۲: واکنش $A \rightarrow C$ با تعداد ۷ مول از ماده A در یک راکتور یک لیتری انجام شده است؛ پس از گذشت دو ساعت، ۳ مول از A در راکتور باقی‌مانده است، مطلوب است:

الف) درصد تبدیل ترکیب‌شونده در این مدت

ب) سرعت واکنش در این مدت

پاسخ: برای تعیین درصد تبدیل از معادله (۱) و سرعت واکنش از معادله (۴) استفاده می‌شود.

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

$$\text{تعداد مول A مصرفی} = ۷ - ۳ = ۴ \text{ mol}$$

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

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{۱}{V_R} \times \frac{\text{تعداد مول مصرفی ترکیب شونده}}{\text{مدت زمان}} = \frac{۱}{۱} \times \frac{۴}{۲ \times ۶۰} = \frac{۴}{۱۲۰} = ۰/۰۳۳ \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$$

واکنش $A \rightarrow C$ با تعداد ۵ مول از ماده اولیه A در یک راکتور ۵ لیتری آغاز شده است. پس از گذشت دو دقیقه از شروع واکنش، تعداد ۳ مول محصول C تولید می‌شود. حال مطلوب است:

الف) درصد تبدیل ترکیب‌شونده
ب) سرعت واکنش

پرسش ۵



هدف از مطالعه سرعت یک واکنش شیمیایی، تعیین میزان سرعت و روند پیشرفت واکنش است. از لحاظ مقدار سرعت، معمولاً واکنش‌ها را به صورت ذیل دسته‌بندی می‌کنند.

- واکنش‌های خیلی سریع: مدت زمان انجام شدن این واکنش‌ها خیلی کوتاه و در حدود $۱/۱۰۰۰۰$ ثانیه است؛
- واکنش‌های سریع: مدت زمان انجام شدن این واکنش‌ها کم و در حدود حساسیت انسان به زمان (ثانیه) است؛



- واکنش‌های معمولی: بیشتر واکنش‌هایی که در آزمایشگاه انجام می‌شود، از این نوع هستند و مدت زمان آن در حدود دقیقه یا ساعت است؛
 - واکنش‌های کند: مدت زمان انجام شدن این واکنش‌ها در حدود روزها و هفته‌اند؛
 - واکنش‌های خیلی کند: مدت زمان انجام شدن این واکنش‌ها در حدود سال‌هاست.
- از واکنش‌های خیلی سریع می‌توان به تشکیل رسوب نقره کلرید به هنگام مخلوط شدن محلول‌های حاوی یون‌های کلرید و نقره و از واکنش‌های کند می‌توان به زنگ زدن آهن اشاره کرد.

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

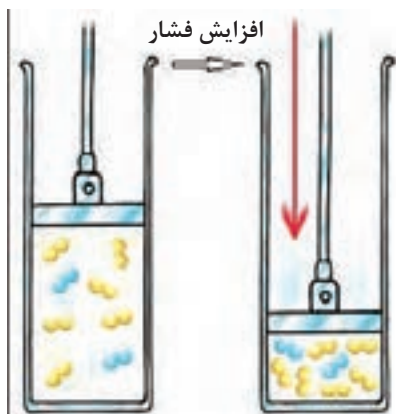
۳-۴ عوامل مؤثر بر سرعت واکنش شیمیایی

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی عبارت‌اند از:

- ۱- دما
- ۲- فشار
- ۳- غلظت ترکیب‌شونده
- ۴- اندازه ذرات ترکیب‌شونده و سطح تماس
- ۵- کاتالیزگر

تأثیر دما بر سرعت واکنش شیمیایی:

در اغلب واکنش‌های شیمیایی بین دما و سرعت واکنش رابطه مستقیم وجود دارد؛ یعنی با افزایش دما، تعداد بیشتری از ذرات ترکیب‌شونده با هم برخورد می‌کنند 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.



شکل ۱-۴- تأثیر فشار بر سرعت واکنش

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).

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، به خوبی می‌سوزد، اما همین تراشه در اکسیژن خالص، بسیار سریع‌تر می‌سوزد. هر چه غلظت مواد واکنش‌گر بیشتر باشد، به همان میزان تعداد برخوردها به یکدیگر بیشتر می‌شود و پیامد آن افزایش سرعت واکنش است.

تأثیر اندازهٔ ذرات ترکیب‌شونده بر سرعت واکنش شیمیایی:

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 کنید و آنها را به هوا پرت کنید و کبریتی را روشن کنید، انفجاری را خواهید دید که این پدیده به دلیل افزایش سطح مؤثر برخورد ذرات واکنش‌دهنده است. علت زنگ‌زدگی سریع‌تر براده‌های آهن نسبت به یک میخ آهنی نیز همین افزایش سطح تماس است؛ بنابراین افزایش سطح تماس، تعداد برخوردها را افزایش می‌دهد و بر روی سرعت واکنش تأثیر می‌گذارد.

تأثیر کاتالیزگر بر سرعت واکنش شیمیایی:

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی وجود کاتالیزگر مناسب است. در یک تعریف کلی، به موادی که در محیط واکنش حضور دارند و موجب افزایش سرعت و تغییر مسیر پیشرفت واکنش می‌شوند و در خاتمهٔ واکنش بدون هیچ تغییر شیمیایی در محیط واکنش باقی می‌مانند، کاتالیز گفته می‌شود.

هر واکنشی کاتالیزگر مخصوص به خود را دارد؛ ولی در عین حال ممکن است یک نوع کاتالیزگر برای چند واکنش شیمیایی مختلف مناسب باشد. در هر ماده کاتالیزگر به شیوه‌ای وارد عمل می‌شود و روی سرعت واکنش شیمیایی اثر می‌گذارد. در واکنش‌ها کاتالیزگر با اتصال به مواد اولیهٔ واکنش، سطح تماس را افزایش

می‌دهد و همچنین انرژی لازم برای آغاز واکنش را کم می‌کند که پیامد هر دو روش افزایش سرعت است. یکی دیگر از محاسن استفاده از کاتالیزگر انتخابی عمل کردن آن است، یعنی اگر در یک راکتور چند واکنش هم‌زمان صورت بگیرد، یک کاتالیزگر مناسب می‌تواند سرعت تشکیل و تولید محصول مطلوب را افزایش دهد و سرعت واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته را کاهش دهد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- تأثیر کاتالیزگر بر پیشرفت واکنش



بررسی تأثیر غلظت بر سرعت واکنش‌های شیمیایی:
انجام دادن واکنش سولفوریک اسید با نمک سدیم تیوسولفات

واکنش انجام شده به صورت زیر است.



نکته: به علت تولید رسوب گوگرد، رنگ محلول کدر می‌شود

| مواد لازم | وسایل لازم |
|---|--|
| محلول سولفوریک اسید با غلظت‌های ۰/۵، ۱/۰، ۱/۵ و ۲ مولار محلول سدیم تیوسولفات با غلظت ۰/۵ مولار | بشر ۵۰ میلی لیتری استوانه مدرج ۵۰ میلی لیتری زمان سنج (کرونومتر) |

روش کار:

- ۵ میلی لیتر محلول سولفوریک اسید ۰/۵ مولار را داخل استوانه مدرج بریزید، ۵ میلی لیتر محلول سدیم تیوسولفات ۰/۵ مولار به آن اضافه کنید و زمان را از لحظه اضافه کردن آن تا هنگام کدر شدن رنگ محلول اندازه گیری کنید (t_1)؛
- آزمایش مرحله ۱ را با محلول‌های سولفوریک اسید ۱، ۱/۵ و ۲ مولار و محلول سدیم تیوسولفات ۰/۵ مولار تکرار کنید و هر بار زمان کدر شدن محلول را با زمان سنج اندازه بگیرید. (t_2 ، t_3 ، t_4)؛
- نتایج آزمایش‌ها را در جدول زیر یادداشت کنید:

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

چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌توان گرفت؟ بحث کنید.

بررسی تأثیر دما بر سرعت واکنش‌های شیمیایی:
انجام دادن واکنش سولفوریک اسید با نمک سدیم تیوسولفات در دماهای مختلف



| مواد لازم | وسایل لازم |
|---|--|
| محلول سولفوریک اسید با غلظت ۰/۵ مولار محلول سدیم تیوسولفات با غلظت ۰/۵ مولار | بشر ۱۰۰ میلی لیتری، لوله آزمایش، گیره لوله آزمایش، توری نسوز، سه پایه، چراغ گاز، پایه فلزی، دماسنج و زمان سنج. |

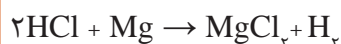
روش کار:

- ۱- دو لوله آزمایش را بردارید و در یکی از آنها ۳ میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۵ مولار و در دیگری ۳ میلی لیتر محلول سدیم تیوسولفات ۰/۵ مولار بریزید. سپس هر دو لوله را به کمک گیره لوله آزمایش در داخل بشر بگذارید و بشر را تا نیمه آن پر از آب کنید. بعد دماسنجی را به کمک گیره به پایه فلزی نصب کنید؛ به طوری که مخزن دماسنج داخل بشر و درون آب قرار گیرد. چند لحظه صبر کنید تا دماسنج دمای رقیق آب داخل بشر را نشان دهد.
- ۲- حال بشر را روی چراغ گاز روشن قرار دهید و چند لحظه صبر کنید تا دمای آب داخل بشر به حدود ۵۰ درجه سلسیوس برسد. سپس محلول سدیم تیوسولفات را به محلول سولفوریک اسید اضافه کنید و زمان را از لحظه اضافه کردن تا هنگام کدر شدن محلول اندازه گیری کنید (t_۱).
- ۳- آزمایش را دوباره انجام دهید و این بار دمای آب داخل بشر را حدود ۶۵ درجه سلسیوس برسانید و زمان کدر شدن محلول را اندازه گیری کنید (t_۲).
- ۴- آزمایش را در حمام با دمای ۷۵ درجه سلسیوس تکرار کنید و زمان کدر شدن محلول را اندازه گیری کنید (t_۳).
- ۵- نتایج آزمایشها را در جدول زیر ثبت کنید:

| زمان کدر شدن محلول (ثانیه) | دمای محلول واکنش (سلسیوس) |
|----------------------------|---------------------------|
| | ۵۰ |
| | ۶۵ |
| | ۷۵ |

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

بررسی تأثیر اندازه ذرات بر سرعت واکنش‌های شیمیایی:
واکنش هیدروکلریک اسید با فلز منیزیم به صورت زیر انجام می‌شود:



فعالیت
آزمایشگاهی ۳



| وسایل لازم | مواد لازم |
|--------------------------------------|---|
| ۲ عدد بشر ۱۰۰ میلی لیتری زمان سنج | محلول هیدروکلریک اسید با غلظت ۰/۵ مولار نوار منیزیم ۱ گرم پودر منیزیم ۱ گرم |

روش کار:

- ۱- دو بشر را بردارید و در هر دوی آنها ۸۵ میلی لیتر 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 صبر کنید تا کاملاً نوار و پودر در اسید حل شود و مدت زمان حل شدن فلز منیزیم را در هر دو بشر اندازه بگیرید.
- ۲- نتایج حاصل از آزمایش را در جدول ثبت کنید:

| مدت زمان حل شدن فلز منیزیم (ثانیه) | بشر حاوی |
|------------------------------------|-------------|
| | نوار منیزیم |
| | پودر منیزیم |

۳- چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌گیرید؟

۴-۴- تقسیم بندی واکنش‌های شیمیایی بر اساس تعداد فاز

بر اساس تعداد فازهای مواد، تقسیم‌بندی واکنش‌ها عبارت‌اند از:
واکنش همگن (هموژن)^۱: در این واکنش تمامی مواد شرکت‌کننده در یک فاز هستند. تولید صابون از محلول قلیایی و اسیدهای چرب به صورت همگن و در فاز مایع و تولید سیمان نیز به صورت همگن و در فاز جامد انجام می‌شود.

واکنش ناهمگن (هتروژن)^۲: 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 و جامد)، تولید استیلن (مایع و جامد)، تولید گازوئیل (گاز- جامد- مایع) اشاره کرد.

۱- Homogeneous

۲- Hetrogeneous



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

۵-۴- تقسیم بندی واکنش های شیمیایی بر اساس گرمای واکنش

واکنش گرمازا (گرماده): واکنش هایی هستند که در هنگام انجام شدن، گرما ایجاد می کنند و به محیط اطراف خود انرژی می دهند. واکنش های سوختن، خنثی شدن و بسیاری از واکنش هایی که با اکسیژن انجام می شوند، گرمازا هستند.

واکنش گرمازا (گرماده)

| مواد لازم | وسایل لازم |
|----------------------------|-----------------------------|
| مس (II) سولفات پودر روی | بشر ۱۰۰ میلی لیتر دماسنج |



روش کار:

۵۰ میلی لیتر محلول مس (II) سولفات (یک مولار) را در یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری بریزید و به آن مقداری پودر روی اضافه کنید. سپس مخلوط را به آرامی هم بزنید و دماسنج را درون محتویات بشر قرار دهید و دمای مخلوط را اندازه گیری کنید.

واکنش های گرماگیر: تعدادی از واکنش های شیمیایی برای انجام شدن از محیط اطراف خود گرما می گیرند، معمولاً واکنش هایی که در آن یک ترکیب شونده به چند محصول تبدیل می شود، از نوع گرماگیر هستند.

واکنش گرماگیر

| مواد لازم | وسایل لازم |
|---------------------|---|
| آمونیم نیترات آب | بشر ۱۰۰ میلی لیتر، گرم کن الکتریکی، دماسنج و لوله آزمایش شیشه ای |



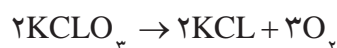
روش کار: ۲ گرم نمک آمونیم نیترات خشک را درون بشر بریزید و روی آن ۵ میلی لیتر آب ۲۰ درجه سلسیوس اضافه کنید و دماسنج را درون بشر قرار دهید. چه چیزی مشاهده می کنید؟ دماسنج چه عددی را نشان می دهد؟

مثال ۳: واکنش تولید پتاسیم کلرید (KCl) از (KClO_۳) در یک راکتور ناپیوسته انجام می‌شود. غلظت ماده ترکیب‌شونده در مدت زمان ۴۰ دقیقه مطابق با جدول ذیل اندازه‌گیری شده است، حال مطلوب است:
 الف) موازنهٔ مولی فرمول واکنش
 ب) میزان سرعت واکنش

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

پاسخ:

الف) موازنهٔ مولی فرمول واکنش با توجه به تعداد اتم‌های مواد در دو طرف واکنش به صورت زیر است:



ب) برای تعیین مقدار سرعت از معادلهٔ ۲ استفاده می‌شود.

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\text{غلظت ماده مصرفی ترکیب‌شونده}}{\text{مدت زمان}}$$

غلظت مصرفی ماده ترکیب‌شونده، از تفاضل غلظت اولیه و باقی‌ماندهٔ ترکیب‌شونده به دست می‌آید. در این مثال غلظت اولیهٔ همان مقدار غلظت در لحظهٔ صفر است (چون در لحظهٔ صفر هنوز واکنشی شروع نشده است) بنابراین:

| | | | | |
|------------------------|---|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| زمان (دقیقه) | ۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۴۰ |
| غلظت ترکیب‌شونده | ۱ | ۰/۸ | ۰/۶۶۷ | ۰/۵ |
| غلظت مصرفی ترکیب‌شونده | - | $1 - 0/8 = 0/2$ | $1 - 0/667 = 0/333$ | $1 - 0/5 = 0/5$ |
| سرعت | - | $\frac{0/2}{10} = 0/02$ | $\frac{0/333}{20} = 0/016$ | $\frac{0/5}{40} = 0/0125$ |

یکای سرعت در این مثال $\frac{\text{مولار}}{\text{دقیقه}}$ یا $\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$ است.

نکته ایمنی ۱





۱- سرعت واکنش را تعریف کنید و عوامل تأثیرگذار بر آن را توضیح دهید.

۲- دو روش برای تعیین سرعت یک واکنش شیمیایی را توضیح دهید.

۳- چرا دما بر سرعت واکنش شیمیایی تأثیر دارد؟

۴- واکنش‌های همگن و ناهمگن را با ذکر مثال توضیح دهید.

۵- در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، میزان درصد تبدیل چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

۶- واکنش $C \rightarrow 2A$ با ۵ مول از ترکیب‌شونده A در یک راکتور ۲ لیتری آغاز می‌شود. پس از گذشت نیم ساعت از شروع واکنش، دو مول از A در راکتور باقی می‌ماند. درصد تبدیل ماده A در این راکتور چند درصد است؟ سرعت

واکنش بر حسب $\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$ چقدر است؟

۷- کاتالیزگرها چه نقشی در انجام شدن واکنش شیمیایی دارند؟ توضیح دهید.

۶-۴- راکتورهای شیمیایی

راکتور دستگاهی است که در آن واکنش‌های شیمیایی انجام می‌شود. راکتورهای شیمیایی می‌توانند در اندازه بزرگ و برای مصارف صنعتی یا در اندازه کوچک برای کاربردهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی ساخته شوند (شکل زیر).



در یک کارخانه صنایع شیمیایی، مواد خام اولیه یا همان ترکیب‌شونده‌ها از تعدادی فرایندهای فیزیکی اولیه از قبیل جداسازی و خالص‌سازی عبور می‌کنند تا آماده ورود به مرحله واکنش شیمیایی شوند.

در این مرحله با استفاده از یک راکتور، تغییرات شیمیایی مناسب انجام می‌شوند و محصول تولید می‌شود. به دلیل انجام شدن بعضی از واکنش‌های ناخواسته یا وجود مقداری

از مواد اولیه ورودی به راکتور که فرصت انجام واکنش را پیدا نکرده‌اند و همراه محصول از راکتور خارج شده‌اند، محصول تولیدی قابل فروش به بازار نیست و لازم است عملیات فیزیکی دیگری از قبیل جداسازی و خالص‌سازی بر روی آن انجام شود و سپس به عنوان محصول خالص نهایی به بازار عرضه شود. در یک فرایند شیمیایی احتمال اینکه تمام مواد خام اولیه در راکتور مصرف نشوند؛ وجود دارد؛ لذا آن مقدار مواد اولیه که در راکتور مصرف نشده‌اند می‌بایست به راکتور برگردانده شوند که اصطلاحاً به این جریان، جریان برگشتی^۱ می‌گویند (شکل ۳-۴).

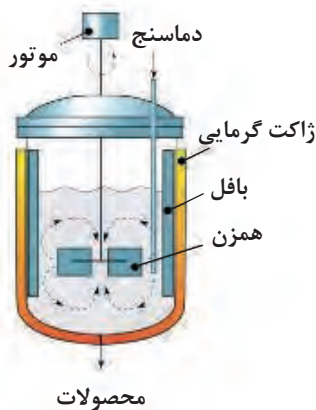


شکل ۳-۴- طرح ساده‌ای از یک فرایند شیمیایی



در صنایع شیمیایی، راکتور به‌عنوان قلب فرایند شیمیایی و مهم‌ترین و حساس‌ترین عملیات در کارخانه محسوب می‌شود. راکتورهای شیمیایی براساس نوع عملیات به سه دسته راکتورهای ناپیوسته^۱، پیوسته^۲ و نیمه‌پیوسته^۳ تقسیم‌بندی می‌شوند. در ادامه توضیح بیشتر این راکتورها آورده شده است.

۷-۴- راکتورهای ناپیوسته



شکل ۴-۴- راکتور ناپیوسته

از دیدگاه تاریخی، راکتورهای ناپیوسته از آغاز صنعت شیمیایی مورد استفاده بوده‌اند و هنوز هم به‌صورت وسیعی در تولید مواد شیمیایی با ارزش افزوده بالا استفاده می‌شوند. در این راکتورها مواد اولیه یا همان ترکیب‌شونده‌ها در همان ابتدای عمل وارد راکتور می‌شوند. محتویات راکتور برای مدت‌زمان مشخصی مخلوط می‌شوند و پس از مدت‌زمان معینی که واکنش پیشرفت کرد، محتویات داخل راکتور تخلیه می‌شوند؛ بنابراین در این راکتور در هنگام واکنش هیچ جرمی وارد و خارج نمی‌شود (شکل ۴-۴). تولید PVC در کارخانجات پتروشیمی در راکتورهای ناپیوسته انجام می‌شود.

پرسش ۸



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

انتقال گرمای 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 و یا گرماگیر. در نتیجه در هنگام انجام شدن واکنش ممکن است محتویات درون راکتور سرد یا گرم شوند. بالا رفتن بیش از حد دما در راکتور 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 مواد در راکتور و تجهیزات آن شود. در نتیجه می‌بایست، همواره دما را در حد مناسب و ایمن نگه داشت. برای این منظور از مبدل‌های حرارتی و تجهیزات انتقال گرما استفاده می‌شود. یکی از متداول‌ترین

۱- Batch

۲- Continuous

۳- Semi-Continuous , Semi - batch



شکل ۵-۴- راکتور ناپیوسته صنعتی با سامانه گرمایی

روش‌ها برای کنترل دمای راکتورها استفاده از ژاکت و یا کویل‌های تبادل گرما 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 راکتور، در حال چرخش است. در روش کویل لوله‌هایی که حاوی همان جریان سردتر یا گرم‌تر است، به صورت مارپیچ و یا طراحی دیگر در اطراف راکتور قرار داده می‌شود تا تبادل گرما انجام شود (شکل ۵-۴).

فرایند هم‌زدن و انتقال جرم در راکتورها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا در صورتی که محتویات داخل راکتور به خوبی ترکیب نشوند، امکان واکنش ندادن بخشی از مواد و در نتیجه پایین آمدن کیفیت محصول فراهم می‌شود. عمل هم‌زدن در راکتورهای مخزنی شکل، با استفاده از همزن‌های دوار انجام می‌شود که به محور و الکتروموتور متصل است (شکل ۶-۴). شیوه قرارگیری و سرعت چرخش همزن بستگی به عوامل حجم مخزن، شکل مخزن و گرانروی سیال دارد.



شکل ۶-۴- انواع همزن در راکتور

همچنین انتخاب جنس همزن و بدنه راکتور به مواد داخل راکتور بستگی دارد؛ مثلاً اگر مواد داخل راکتور خورنده باشند، استفاده از فولاد و موادی که امکان خورده شدن در آن وجود دارد، غیر منطقی است. در این حالت انتخاب مواد جایگزین یا پوشش‌دهی تجهیزات با لعاب‌های سرامیکی یا پوشش‌های بسپاری (پلیمری)، روش مناسبی در جلوگیری از خوردگی و واکنش‌های ناخواسته است. در این راکتورها میزان درصد تبدیل در طول زمان تغییر می‌کند، اما اختلاط کامل باعث می‌شود که در هر لحظه دما و میزان درصد تبدیل در سرتاسر راکتور یکنواخت باشد.

معمولاً راکتورهای ناپیوسته 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.

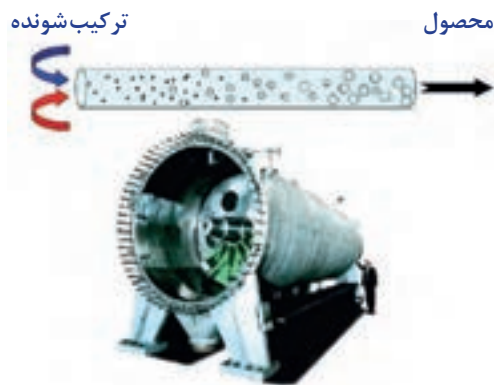
امتیاز راکتورهای ناپیوسته در این است که با دادن زمان لازم برای انجام شدن واکنش درصد تبدیل بالا برای محصولات به وجود می‌آید.

در حالی که استفاده از این نوع راکتورها محدود به واکنش‌های همگن فاز مایع است. از دیگر محدودیت‌های این نوع راکتورها بالا بودن هزینه تولید در واحد حجم محصول تولید شده است، همچنین تولید صنعتی در مقیاس بالا در این گونه راکتورها مشکل است.

۸-۴- راکتورهای پیوسته

در این نوع راکتورها، مواد اولیه به طور دائم وارد راکتور می‌شود و پس از انجام دادن واکنش، محصول به طور پیوسته از راکتور خارج می‌شود. این گونه راکتورها هنگامی در صنعت استفاده می‌شوند که هدف تولید مقدار زیادی محصول باشد، در ضمن راکتورهای پیوسته برای انجام دادن واکنش‌های سریع مناسب‌تر هستند. از این راکتورها در بسیاری از صنایع شیمیایی، به خصوص صنایع نفت، گاز و پتروشیمی استفاده می‌شود.

راکتورهای لوله‌ای!



شکل ۷-۴- راکتور لوله‌ای

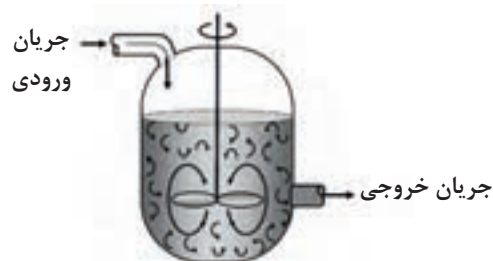
در صنایع شیمیایی برای فرایندهای بزرگ مقیاس، معمولاً از راکتورهای لوله‌ای استفاده می‌شود. زیرا نگهداری سامانه راکتورهای لوله‌ای آسان است (چون دارای قسمت‌های متحرک نیستند). این راکتورها معمولاً بالاترین درصد تبدیل مواد اولیه در واحد حجم راکتور را در مقایسه با سایر راکتورهای سامانه پیوسته دارند. در این راکتورها، از یک لوله برای انجام شدن واکنش استفاده می‌شود. این نوع راکتورها نسبت به شکل مخزنی آن، فضای کمتری را اشغال می‌کنند (شکل ۷-۴).

به دلیل ساختار لوله‌ای، این راکتورها سطح تماس بیشتری با محیط اطراف دارند و تبادل گرما راحت‌تر انجام می‌شود. درون راکتورهای لوله‌ای غلظت مواد از نقطه‌ای به نقطه دیگر تغییر می‌کند. از محدودیت‌های این نوع راکتورها، مشکل بودن کنترل دما برای واکنش‌های گرمازا است. راکتورهای لوله‌ای یا به صورت تک لوله‌ای هستند یا به صورت مجموعه‌ای از چندین لوله کوتاه‌تر که به صورت موازی به یکدیگر متصل هستند. اغلب واکنش‌های ناهمگن گازی در این راکتورها انجام می‌شود.

راکتور مخزنی همزن دار پیوسته^۱:

راکتورهای مخزنی همزن دار پیوسته، گونه‌ای متداول از راکتورها هستند که در آنها یک یا چند جریان ورودی به سامانه، مواد ترکیب‌شونده را به داخل راکتور می‌آورد و پس از انجام شدن واکنش، محصولات خارج می‌شوند. به طور معمول شدت جریان ورودی و خروجی از این راکتورها ثابت است. در غیر این صورت امکان سرریز یا تخلیه سریع مخزن راکتور وجود دارد.

راکتور مخزنی همزن دار پیوسته یا اصطلاحاً راکتور مخلوط‌شونده، در شرایطی که یک واکنش شیمیایی احتیاج به اختلاط شدید داشته باشد، استفاده می‌شود. راکتورهای مخلوط‌شونده یا به‌تنهایی و یا به‌صورت پشت سر هم استفاده می‌شوند. کنترل دمایی در این نوع راکتورها به‌آسانی انجام می‌گیرد. عمل اختلاط و هم‌زدن مواد با محور



شکل ۸-۴- راکتور مخزنی همزن دار پیوسته

و پروانه صورت می‌گیرد. در مقایسه با سایر راکتورها درصد تبدیل مواد در آنها به ازای واحد حجم محصول تولیدی پایین‌تر است و به همین دلیل برای دستیابی به میزان درصد تبدیل بیشتر محصول مطلوب، از راکتور با حجم‌های بزرگ‌تر استفاده می‌شود. راکتورهای مخلوط‌شونده برای اغلب واکنش‌های همگن در فاز مایع استفاده می‌شود (شکل‌های ۸-۴ و ۹-۴).

در راکتورهای مخلوط‌شونده به‌علت وجود همزن، خوراک ورودی به‌سرعت در سرتاسر ظرف پراکنده می‌شود و غلظت در هر نقطه درون ظرف تقریباً یکسان است؛ لذا سرعت واکنش در تمام نقاط درون راکتور یکسان است. به‌طور کلی در راکتورهای مخلوط‌شونده تغییرات مکانی غلظت (یا خواص فیزیکی) درون راکتور یا در خروجی آن وجود ندارد و خواص آن یکنواخت است.

این نوع راکتورها برای تولید محصولاتی با حجم بالا از قبیل محصولات پتروشیمی، مواد شوینده، بهداشتی و محصولاتی که میزان تقاضای آنها به‌صورت ثابت در بازار وجود دارد، استفاده می‌شود. این نوع راکتورهای پیوسته در مقایسه با راکتورهای لوله‌ای حجم بیشتری نیاز دارند و حجم تولید در آنها بالاتر است.



شکل ۹-۴- راکتور مخزنی همزن دار پیوسته به همراه جزئیات

زمان اقامت در راکتورهای پیوسته:

در راکتورهای پیوسته که به‌طور مدام مواد خام به آن وارد و محصولات از آن خارج می‌شوند، از کمیتی به نام زمان اقامت استفاده می‌شود. زمان اقامت، متوسط زمانی است که یک ذره وارد راکتور می‌شود و تا زمان خروج در حال انجام دادن واکنش است. این کمیت به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

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

در این معادله، V نشان‌دهنده حجم راکتور، Q شدت جریان حجمی ورودی به راکتور و t زمان اقامت است. زمان اقامت یکی از متغیرها در طراحی راکتورهای شیمیایی است.

مثال ۴: واکنش $A + B \rightarrow C$ قرار است در یک راکتور لوله‌ای 50 لیتری و در راکتور مخزنی همزن‌دار پیوسته 75 لیتری انجام شود. میزان شدت جریان ورودی به هر دو راکتور 25 لیتر بر دقیقه است. تعیین کنید مدت زمان اقامت مواد در این دو راکتور چقدر است.

پاسخ:

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

$$t = \frac{50}{25} = 2 \text{ min} \quad \text{زمان اقامت در راکتور لوله‌ای:}$$

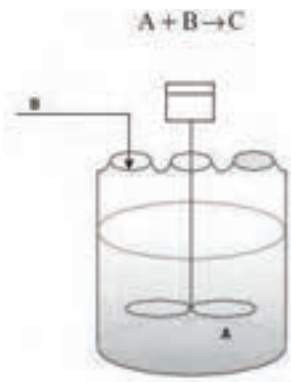
$$t = \frac{75}{25} = 3 \text{ min} \quad \text{زمان اقامت در راکتور مخلوط شده پیوسته:}$$

درباره راکتورهای پیوسته صنعتی، مثال‌هایی را پیدا کنید.

تحقیق کنید ۲

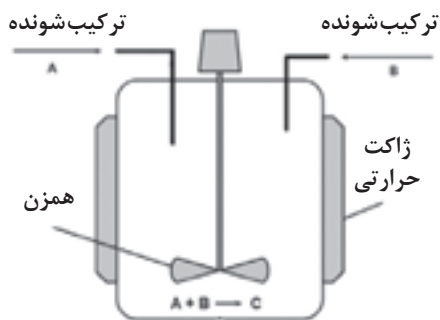


۹-۴- راکتورهای نیمه پیوسته



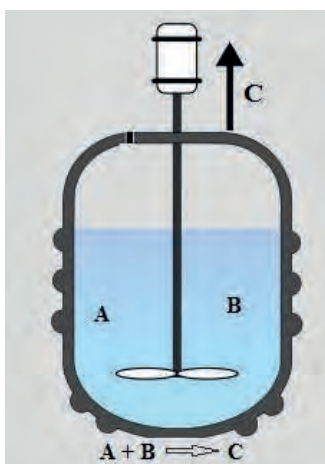
این نوع راکتورها دارای انواع متنوعی هستند. در نوع متداول آن یکی از مواد اولیه (A) ابتدا وارد راکتور می‌شود و سپس به تدریج ماده اولیه دیگر (B) به آن اضافه می‌شود (شکل ۱۰-۴).

شکل ۱۰-۴- راکتور نیمه پیوسته



شکل ۴-۱۱- راکتور نیمه پیوسته

در نوع دیگر، مواد اولیه (A و B) به‌طور هم‌زمان وارد راکتور می‌شود، ولی تا پایان واکنش هیچ محصولی (C) از راکتور خارج نمی‌شود (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۲- راکتور نیمه پیوسته

نوع دیگری از آن وجود دارد که تمامی مواد اولیه (A و B) در داخل راکتور بارگیری شده است و در هنگام واکنش ماده‌ای داخل راکتور نمی‌شود ولی هم‌زمان با واکنش، محصول (C) که معمولاً به‌صورت گاز است از راکتور خارج می‌شود (شکل ۴-۱۲).

راکتورهای نیمه پیوسته همان محدودیت‌های راکتور ناپیوسته را دارد. از امتیازات راکتورهای نیمه پیوسته کنترل بهتر دما و کنترل واکنش‌های نامطلوب و محدود کردن تولید محصولات ناخواسته است. این عمل از طریق وارد کردن تدریجی یکی از اجزای ترکیب‌شونده با غلظت کم میسر می‌شود. راکتورهای نیمه پیوسته اغلب برای واکنش‌های دو فازی استفاده می‌شوند که یکی از اجزای ترکیب‌شونده، گاز است و جزء گازی به‌صورت حباب به داخل فاز مایع درون راکتور تزریق می‌شود.

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

پرسش ۹



فعالیت
عملی ۱



کار با راکتور ناپیوسته

تهیه ماست:

مواد و وسایل لازم:

- ۱- دو نمونه مختلف ماست (نمونه A و نمونه B)
- ۲- چهار عدد بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری
- ۳- یک لیتر شیر پاستوریزه
- ۴- چراغ گاز
- ۵- لیوان یک بار مصرف (۱۲ عدد)
- ۶- فویل آلومینیومی

۷- قاشق (چهار عدد)

۸- محفظه گرم

۹- یخچال

۱۰- دماسنج الکلی

روش کار:

- ۱- ابتدا نمونه ماست‌ها را به دو قسمت تقسیم کنید (داخل بشر) و آنها را A_1 ، A_2 ، B_1 و B_2 شماره گذاری کنید. (بهتر است نمونه‌های ماست متفاوت باشند. مثلاً یک نمونه ماست تازه و نمونه دومی ماست ترش باشد).
- ۲- نمونه‌های A_1 و B_1 را روی شعله گاز ضمن اینکه به آرامی حرارت می‌دهید به هم بزنید. بعد از جوشانیدن ماست اجازه بدهید تا ماست‌ها خنک شوند.
- ۳- شیر را تادمای 72°C گرم کنید.
- ۴- اجازه دهید شیر تادمای 45°C سرد شود، سپس آن را داخل لیوان‌های یک‌بار مصرف تقسیم کنید.
- ۵- به سه لیوان شیر یک قاشق از ماست نمونه A_1 اضافه کنید و خوب مخلوط کنید و در لیوان‌ها را با فویل ببندید و روی آنها را برچسب بزنید.
- ۶- به سه لیوان شیر دیگر یک قاشق از ماست نمونه A_2 اضافه کرده و خوب مخلوط کنید و در لیوان‌ها را با فویل ببندید و روی آنها را برچسب بزنید.
- ۷- به سه لیوان دیگر نمونه B_1 را اضافه کرده و به همان ترتیب عمل کنید.
- ۸- به سه لیوان دیگر نمونه B_2 را اضافه کرده و به همان ترتیب عمل کنید. (توجه داشته باشید که بهتر است برای هر نمونه از یک قاشق جداگانه استفاده کنید).
- ۹- لیوان‌ها را به مدت چند ساعت (۳-۵ ساعت) در جای گرم قرار دهید (37°C) و سپس آنها را به یخچال منتقل کنید.
- ۱۰- روز بعد ماست‌ها را از نظر بو، طعم، مزه و قوام ظاهری بررسی کنید و دلایل اختلاف آنها را توضیح دهید.

۱- ماست چگونه تهیه می‌شود؟

۲- میکروب‌های ماست چگونه به نگهداری شیر کمک می‌کنند؟

۳- جوشاندن ماست چه تأثیری روی میکروب‌های آن دارد.

۴- ماست‌های حاصل از نمونه‌های A_1 و A_2 چه اختلافی با هم دارند؟ دلیل آن را توضیح دهید.

۵- ماست‌های حاصل از نمونه‌های B_1 و B_2 چه اختلافی با هم دارند؟ دلیل آن را توضیح دهید.

۶- ماست‌های حاصل از نمونه‌های A_2 و B_2 چه اختلافی با هم دارند؟ دلیل آن را توضیح دهید.

تحقیق کنید:

درباره راکتورهای پیوسته صنعتی، مثال‌هایی را پیدا کنید.

پرسش ۱۰





- ۱- دو کاربرد از راکتورهای ناپیوسته را بیان کنید و دو واکنش را که در صنایع شیمیایی در راکتور ناپیوسته انجام می‌شود، نام ببرید.
- ۲- واکنش $2C \rightarrow A$ قرار است در یک راکتور مخلوط‌شونده ۱۰۰ لیتری با ۱۰ مول از ماده A آغاز شود. میزان شدت جریان ورودی به راکتور ۵۰ لیتر بر دقیقه است. مدت زمان اقامت مواد در راکتور چقدر است؟
- ۳- واکنش $2C \rightarrow A$ قرار است در یک راکتور مخلوط‌شونده ۱۰۰ لیتری با ۱۰ مول از ماده A آغاز شود. پس از گذشت ۲۰ دقیقه از شروع واکنش میزان محصول تولیدی ۱۰ مول است. میزان تبدیل در راکتور چقدر است؟ میزان سرعت واکنش بر حسب $\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$ چقدر است؟
- ۴- مزایای راکتورهای لوله‌ای و مخلوط‌شونده را نام ببرید.
- ۵- تفاوت راکتور ناپیوسته و پیوسته چیست؟
- ۶- معمولاً گرمای لازم در راکتورها را چگونه تأمین می‌کنند؟ توضیح دهید.
- ۷- هم زدن در کدام یک از راکتورهای شیمیایی تأثیرگذار است؟ شیوه تأثیر را توضیح دهید.
- ۸- برای تولید بنزین در یک پالایشگاه از چه راکتوری استفاده می‌شود؟ چرا؟
- ۹- انواع راکتورهای نیمه پیوسته را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۱۰- آیا از مقایسه میزان تبدیل در دو راکتور می‌توان به مناسب بودن آنها پی برد؟ چگونه؟
- ۱۱- در یک کارخانه شیمیایی که واکنشی در فاز مایع در آن اتفاق می‌افتد، برای افزایش میزان سرعت واکنش از میان راهکارهای زیر، کدام راهکار را پیشنهاد می‌دهید؟ چرا؟
 - افزایش دما
 - افزایش فشار
- ۱۲- عملیات در یک راکتور ناپیوسته را به همراه شکل توضیح دهید.
- ۱۳- از میان متغیرهای «سرعت واکنش» و «درصد تبدیل»، کدام یک در تصمیم‌گیری نوع عملیات مهم‌تر است؟ توضیح دهید.