

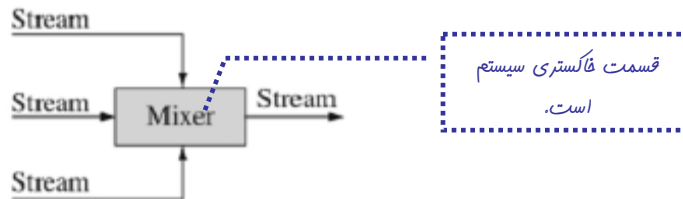
ادامه . . . فصل دوم

جریان های یک فرآیند , متغیرها, فلوشیت ها - Flow Sheets و موازنه جرم
قسمت سوم

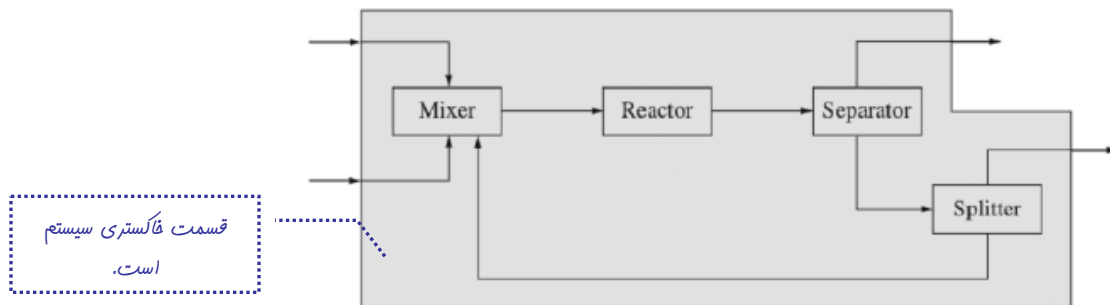
قبل از ورود به مبحث مهم موازنه مواد , لازم است با تعاریف کلیدی زیر آشنا شویم:

- **مبنا (Basis)** شدت جریان یا مقداری است که اندازه یک فرآیند را در نظر ما تداعی میکند. معمولاً در محاسبات شدت جریان های یک فرآیند , مقدار یا شدت جریان مواد ورودی یا خروجی را به عنوان مبنا و پایه محاسبات انتخاب میکنیم , و باقی جریان ها را نسبت به این مبنا محاسبه می کنیم. (مثال: کارخانه محصولات لبنیاتی پاک , روزانه 20 تن شیر را به عنوان خوراک واحدهای صنعتی خود خریداری میکند.) واضح است که با تغییر این مبنا اندازه و ابعاد فرآیند ما نیز تغییر خواهد کرد. در نظر داشته باشید که علاوه بر جریان های ورودی و خروجی , هر یک از جریان های میان فرآیند را نیز میتوان به عنوان **مبنا** انتخاب نمود.
- **سیستم (System) و جریان (Stream)** سیستم , حجمی از فرآیند است که مرزهایش دقیقاً مشخص شده باشد , و یک یا چند جریان از مواد و انرژی به آن و (یا) از آن خارج شوند. یک سیستم ممکن است:

1. فقط یک واحد عملیاتی باشد, مثل همزن:



2. شامل چند واحد عملیاتی و تعدادی جریان باشد:



تفاوت متغیر جریان با متغیر سیستم

متغیر های جریان , شدت جریان و یا مقدار مواد موجود در جریان ها را مشخص میکنند , درحالی که متغیر های سیستم تغییرات مقدار مواد داخل یک سیستم را به ما نشان میدهند. هر دو دارای ابعاد: جرم , مول , زمان/جرم و زمان/مول میباشد.

- **مشخصات ترکیبی یک جریان (Stream Composition specifications)** اطلاعاتی در رابطه با ترکیب جریان را به ما میدهند. این اطلاعات ممکن است به صورت: کسر مولی یا جرمی، درصد مولی یا جرمی، نسبت مولی یا جرمی، و یا غلظت باشد. به چند مثال توجه کنید:

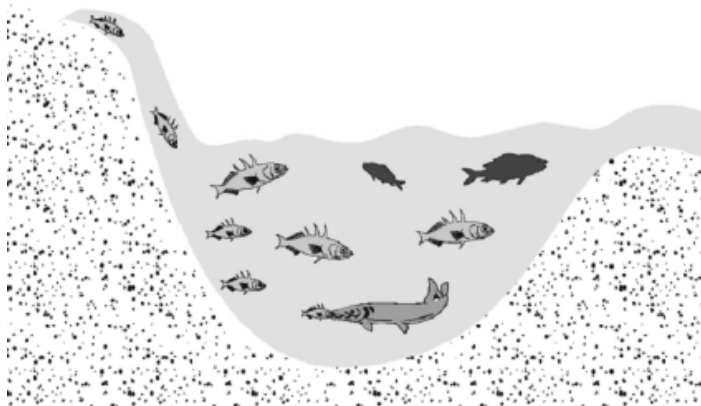
1. گلوکز به صورت محلول 10 wt% در آب، خوراک یک فرآیند است.
2. هیدروژن با خلوص 99.99% را می خواهیم تولید کنیم.
3. قوانین زیست محیطی میگویند که در هر 1000 کیلوگرم پساب صنعتی که به طبیعت باز میگردد، نباید بیش از 1 گرم اسید استیک باشد.

- **مشخصات اجرایی یک سیستم (System performance specification)** با کمک اعداد به ما میگویند که چه مقدار فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی بر روی مواد داخل یک سیستم انجام گرفته است. به چند مثال توجه میکنیم:

1. 65% نیتروژن خوراک یک رآکتور، به آمونیاک تبدیل میشود.
2. دو سوم آبمیوه ای که به یک Splitter فرستاده شده است، به قسمت بسته بندی میرود.
3. 98% چربی شیری که در یک سانتریفیوژ است، از جریان بالایی آن خارج میشود.

معادله موازنه مواد

به شکل زیر توجه کنید: (مثلا یک دریاچه است!)



سوال: راه های کم و زیاد شدن مقدار آب دریاچه چیست؟ راه های کم و زیاد شدن تعداد ماهی های این دریاچه چیست؟

آب دریاچه توسط یک رودخانه از بالای تپه ای به داخل آن وارد میشود. مقراری از آن در زمین نفوذ میکند، و مقراری دیگر تبخیر میشود. آب اضافی دریاچه نیز توسط یک رودخانه دیگر از آن خارج میشود.

تعدادی ماهی در این دریاچه زندگی میکنند. تعدادی توسط رودخانه ها به آن وارد و از آن خارج میشوند. بعضی از ماهی ها تولید مثل میکنند و ماهی ها زیاد میشوند. عده ای از ماهی های بزرگتر نیز ماهی های کوچکتر را میخورند. . . به عبارتی:

تغییرات تعداد ماهی ها = تعداد ماهی که به دریاچه وارد میشوند - تعداد ماهی که از دریاچه خارج میشوند

+ تعدادی ماهی که به دنیا می آیند (تولید میشوند) - تعداد ماهی که فورده (مصرف) میشوند

و به همین راحتی معادله موازنه مواد را برای ماهی های دریاچه نوشتیم !! سعی کنید همیشه به همین راحتی با مسائل برخورد کنید!! در اینجا میتوانیم به صورت مشابه معادله های موازنه مواد را برای آب ، نیتروژن ، فسفر ، و اکسیژن محلول در آب بنویسیم. (تمرین: بنویسید)

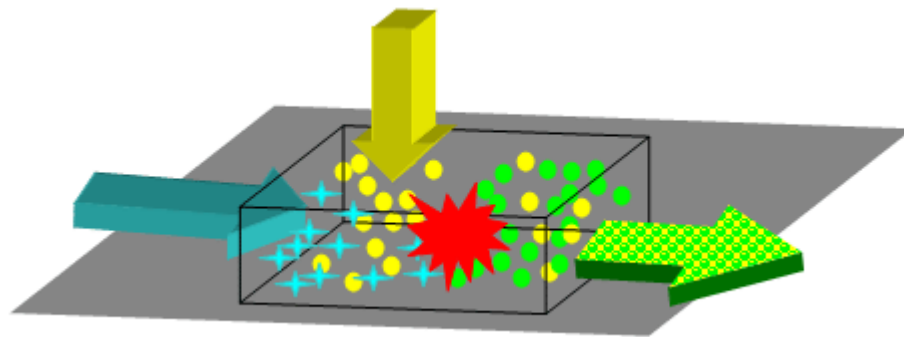
دقت میکنیم که معادله فوق ، تغییرات تعداد ماهی های دریاچه را برای ما محاسبه میکند و ما را از تعداد کل ماهی ها با خبر نمیسازد. پس :

معادله موازنه مواد ، تغییرات مقدار ماده ای خاص را در داخل یک سیستم نشان میدهد.

و معادله موازنه مواد را به صورت زیر مینویسیم:

$$\text{INPUT} - \text{OUTPUT} + \text{GENERATION} - \text{CONSUMPTION} = \text{ACCUMULATION}$$

ورودی خروجی تولید مصرف انباشتگی



شکل بالا یک رآکتور را نشان می دهد. با توجه به رنگ ها توضیح دهید چه اتفاقی برای هر ماده می افتد.

- ورودی (input) : موادی که با گذشتن از مرز سیستم ، به آن وارد می شوند.
- خروجی (output) : موادی که با عبور از مرز سیستم ، از آن خارج می شوند.
- تولید (generation) : موادی که در داخل سیستم تولید می شوند.
- مصرف (consumption) : موادی که در داخل سیستم مصرف می شوند.
- انباشتگی (accumulation) : تغییرات مواد داخل سیستم.

$$\text{INPUT} - \text{OUTPUT} + \text{GENERATION} - \text{CONSUMPTION} = \text{ACCUMULATION}$$

در این معادله:

- متغیرهای جریان: ورودی و خروجی
- متغیرهای سیستم: تولید ، مصرف ، و انباشتگی
- هر پنج متغیر دارای یک بعد هستند. یا جرم ، یا مول

معادله موازنه مواد را می شود برای عنصر ها، ترکیب ها، و مخلوط ها نوشت. **معمولا:**

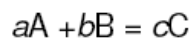
- **معادله موازنه مواد را برای ترکیب ها مینویسیم**, بخصوص زمانی که از ضرایب استوکیومتری واکنش باخبر باشیم.
- معادله موازنه مواد را زمانی برای عنصر ها مینویسیم , که یا از ضرایب استوکیومتری واکنش (ها) بی خبر باشیم, یا تعداد واکنش ها خیلی زیاد باشد.
- معادله موازنه مواد را تنها هنگامی برای مخلوط ها مینویسیم , که ترکیب مخلوط ها ثابت باشند.

نتیجه اول: هرگاه **N** ماده مرکب در سیستم و پیرایان مورد نظر ما باشند , آنگاه برای هر یک میتوان یک معادله نوشت که در مجموع میشود **N** معادله. البته میشود یک معادله نیز برای هر C_m کل نوشت. واضح است که این معادله مجموع **N** معادله دیگر است , پس همه این **(N + 1)** معادله ها به یکدیگر وابسته میشوند. پس در کل , برای یک سیستم که دارای **N** ماده است , میتوان **N** معادله مستقل نوشت.

مبحث سیستم چند معادله - چند مجهول را از کتاب هندسه تملیلی پیش-دانشگاهی مطالعه کنید. بضموض تعیین

مستقل و وابسته بودن معادلات نسبت به هم!

نتیجه دوم: در فرآیندهای شیمیایی , تولید و مصرف ترکیب ها تنها به فاطر واکنش های شیمیایی هستند. عناصر تولید و مصرف نمیشوند , مگر در واکنش های هسته ای. تولید و مصرف مواد را میتوانیم توسط ضرایب استوکیومتری با هم مرتبط کنیم. اگر واکنش ما بصورت زیر باشد:



که:

$$\frac{\text{Moles of A consumed}}{\text{Moles of B consumed}} = \frac{\nu_A}{\nu_B} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{\text{Moles of C generated}}{\text{Moles of B consumed}} = \frac{-\nu_C}{\nu_B} = \frac{c}{b}$$

به همین ترتیب میتونیم معادله سومی بنویسیم که **a** و **c** رو به هم ربط بده , که این معادله سوم , ترکیبی از دو معادله فوق است, پس مستقل نیست! پس:

اگر در کل **N** ماده مصرف شده و تولید شده داشته باشیم , آنها را حداکثر توسط **N-1** معادله مستقل میتوانیم به

یکدیگر مرتبط سازیم!

توجه میکنیم که: انباشتگی میتواند صفر، مثبت، و یا منفی باشد:

- اگر انباشتگی صفر نباشد، یعنی: مجموع مقدار موادی که به سیستم وارد شده و یا در آن تولید شده، با مجموع مقدار موادی که از سیستم خارج و یا در آن مصرف شده، متفاوت است، پس فرآیند **Unsteady-state** است!
- در فرآیند های **steady-state**، انباشتگی صفر است.

چگونه در حل مسائل موفق باشیم؟

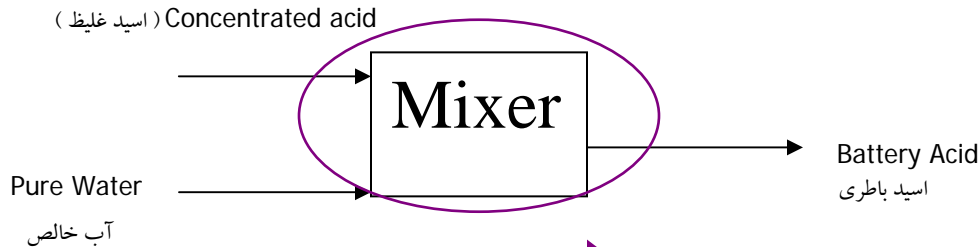
اگر چه دانستن موارد ذکر شده مهم است، ولی بدست آوردن مهارت در حل مسئله اهمیت ویژه ای دارد. این مهارت بدست نمی آید، مگر با حل کردن مثال های گوناگون. از مثال آسان شروع میکنیم و به مثال های پیچیده تر می رسیم. سعی کنید هر مثال را ابتدا خودتان حل کنید. سپس جواب ها را با هم مقایسه کنید. اگر جواب ها یکی نبودند، پاسخ مثال را بفوانید. سپس سعی کنید آن را دوباره خودتان حل کنید. اگر شما جواب مسئله ای را بفوانید و آن را بفهمید، معنی آن این نیست که میتوانید مسائل را حل کنید! شما فقط درک درستی از رابطه ها و مفاهیم درس دارید! برای آنکه حل کردن مسئله را یادگیرید، خودتان باید آن را حل کنید. اگر بگوییم **80%** این درس در مثالها و تمرین ها نهفته است، اغراق نکرده ام!



مثال 1: (Mixer) در یک پروژه، وظیفه شما طراحی یک Mixer است که در روز 200 کیلوگرم اسید باطری تولید کند. این mixer باید همیشه در حال کار باشد، و فرآیند تولید اسید باطری steady-state باشد. محصول مورد نظر، محلول اسید سولفوریک در آب است، با درصد جرمی 18.6wt% . مواد اولیه آب، و محلول غلیظ اسید سولفوریک در آب با درصد جرمی 77 wt% هستند. شدت جریان ورودی هر یک از مواد های اولیه را محاسبه کنید.



حل: **اول:** فلوشیت این فرآیند رو می کشیم:



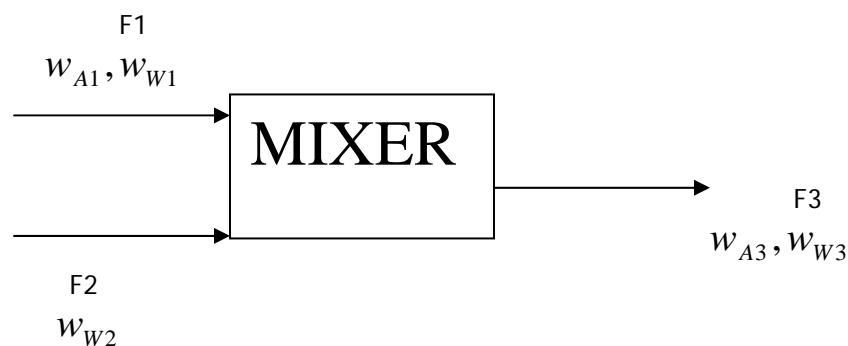
دو: سیستم را برای فردمان مشخص می کنیم. در اینجا سیستم، Mixer است.

سو: مشخص میکنیم که در این مسئله با ترکیب ها کار کنیم، یا عنصر ها، و یا مخلوط ها؟ چون ترکیب مخلوط ها (مخلوط آب و اسید) در طی فرآیند عوض میشوند، پس موازنه مواد را برای مخلوط ها در نظر نمیگیریم. و از آنجایی که واکنش فاضلی هم نداریم، باید از میان ترکیب ها و عنصر ها یکی را انتخاب کنیم. **2** ترکیب داریم: آب و اسید سولفوریک. ولی **3** عنصر داریم: هیدروژن، اکسیژن و سولفور. مشخص است که حل مسئله ای با مجهولات کمتر راحت تر است. پس ترکیبات را برای حل مسئله استفاده میکنیم.

برای آب، حرف **W**، و برای اسید، حرف **A** را به افتخار در نظر میگیریم.

برای راحتی کار، جریان ها را شماره گذاری، و متغیر های هر جریان را در مشخص و نامگذاری میکنیم.

F1 و **F2** و **F3** را به عنوان شدت جریان ها به کار میگیریم. در جریان اول چون **2** ترکیب داریم، پس **2** متغیر برای جریان اول داریم. و به همین ترتیب یک متغیر برای جریان دو و **2** متغیر نیز برای جریان سوم. آنها را نامگذاری میکنیم، و سپس فلوشیتی را که در بالا کشیدیم، را کامل میکنیم:



همانگونه که در ابتدای این فصل گفتیم، منظور از **W** اول در هر یک از این متغیر ها، کسر جرمی می باشد. آن را با **W** به معنی آب در اندیس آمده است، اشتباه نگیرد.

چهار: مبنایی را برای این مسئله انتخاب میکنیم. همانگونه که از مسئله پیداست، مبنای:

$$F_3 = 200 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

پنجم: توجه کنید که هیچ متغیری برای سیستم نداریم! زیرا واکنشی صورت نمیگیرد. همچنین میدانیم که این فرایند، **steady-state** است. پس:

$$\text{acc} = 0$$

مفید انباشتگی

ششم: مشخصاتی که در اختیار داریم را لیست میکنیم:

ماده اول: مملول اسید سولفوریک در آب است، با درصد جرمی **18.6 wt%**، پس:

$$W_{A1} = 0.77 \frac{\text{Kg.H}_2\text{SO}_4}{\text{Kg.Solution}}$$

چون در جریان **F1** فقط آب و اسید داریم، میتوانیم **Ww1** را نیز مناسبه کنیم:

$$W_{A1} + W_{W1} = 1 \rightarrow 0.77 + W_{W1} = 1 \rightarrow W_{W1} = 0.23 \frac{\text{Kg.H}_2\text{O}}{\text{Kg.Solution}}$$

ماده دوم: آب خالص است، پس:

$$W_{W2} = 1$$

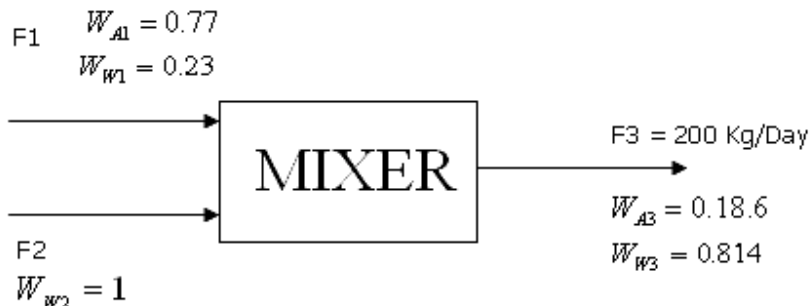
ماده سوم: باید مملول اسید سولفوریک در آب است، با درصد جرمی **18.6 wt%** باشد، پس:

$$W_{A3} = 0.186 \frac{\text{Kg.H}_2\text{SO}_4}{\text{Kg.Solution}}$$

چون در جریان **F3** فقط آب و اسید داریم، میتوانیم **Ww3** را نیز مناسبه کنیم:

$$W_{A3} + W_{W3} = 1 \rightarrow 0.186 + W_{W3} = 1 \rightarrow W_{W3} = 0.814 \frac{\text{Kg.H}_2\text{O}}{\text{Kg.Solution}}$$

حالا، خلوشیت خود را کامل میکنیم:



هفتم: حالا میفهمیم مقدار F_1 و F_2 را درست آوریم.

معادله موازنه مواد را یک بار برای اسید سولفوریک ، و یک بار برای آب می نویسیم. چون واکنش شیمیایی و انباشتگی نداریم ، معادله موازنه مواد به صورت " ورودی - فروبی " در می آید !!

$$\text{INPUT} - \text{OUTPUT} + \text{GENERATION} - \text{CONSUMPTION} = \text{ACCUMULATION}$$

\swarrow
 \swarrow
 \swarrow

ورودی
فروبی
تولید
مصرف
انباشتگی

0
0
0

INPUT-OUTPUT

ورودی فروبی

معادله موازنه آب:

$$w_{w1}F_1 + w_{w2}F_2 = w_{w3}F_3$$

شدت جریان آب شدت جریان آب شدت جریان آب

F_1 ,, F_2 ,, F_3 ,,

$$0.23 F_1 + F_2 = 0.814 (200) \quad (1)$$

معادله موازنه اسید:

$$w_{A1}F_1 = w_{A3}F_3$$

شدت جریان اسید شدت جریان اسید

F_1 ,, F_3 ,,

$$0.77 F_1 = 0.186 (200) \quad (2)$$

معادلات 1 و 2 ، یک دستگاه دو معادله ، دو مجهول می سازند ، که به راحتی قابل حل است:

$$F_1 = 48.3 \frac{\text{kg}}{\text{day}} \quad F_2 = 151.7 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

آخرین مرحله: چک کردن مسئله است!! اگر برای مواد مختلف معادله نوشته و آنها را حل نموده اید، معادله موازنه کل مواد بهترین راه برای چک کردن جواب مسئله است:

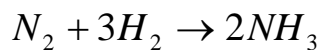
$$\text{ورودی} = F_1 + F_2 = 48.3 + 151.7 = 200 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

$$\text{خروجی} = F_3 = 200 \frac{\text{kg}}{\text{day}}$$

مسئله درست حل شده است!

خروجی = ورودی

مثال 2: (رآکتور - تولید آمونیاک) خوراک ورودی به یک رآکتور تولید آمونیاک (NH₃)، مخلوطی است از گازهای هیدروژن (H) و نیتروژن (N). شدت جریان نیتروژن ورودی به رآکتور برابر 150 kmol/hr است، و هیدروژن نیز با نسبت 4 gmol به ازای هر mol نیتروژن وارد رآکتور میشود. معادله واکنش شیمیایی تولید آمونیاک بصورت زیر است:



در این رآکتور، 70% نیتروژن ورودی واکنش میدهد. رآکتور در حالت Steady-state است. شدت جریان های خروجی H₂, N₂ و NH₃ را

بر حسب $\frac{\text{gmol}}{h}$ محاسبه کنید.



حل: فلوشیت مربوطه را رسم میکنیم:



سیستم: رآکتور است.

شدت جریان آمونیاک خروجی

موازنه را برای ترکیبات در نظر میگیریم. البته از عناصر نیز میشود استفاده نمود.

متغیر های جریان ها را نامگذاری میکنیم:

$N_{\langle 1 \rangle}$ (شدت جریان N_2 در جریان ورودی) و به همین ترتیب ... $H_{\langle 1 \rangle}$, $N_{\langle 2 \rangle}$, $H_{\langle 2 \rangle}$, $A_{\langle 2 \rangle}$

$$N_{\langle 1 \rangle} = 150 \frac{gmol}{h} \quad \bullet \text{ مبنا:}$$

• متغیر های سیستم عبارتند از:

H_{cons} سرعت مصرف هیدروژن , N_{cons} سرعت مصرف نیتروژن , A_{gen} سرعت تولید آمونیاک

یادآوری: اگر در کل N ماده مصرف شده و تولید شده داشته باشیم ,

آنها را حداکثر توسط $N-1$ معادله مستقل میتوانیم به یکدیگر مرتبط سازیم!

در اینجا میتوانیم حداکثر $3-1=2$ معادله مستقل بنویسیم : (در اینجا با کمک معادله شیمیایی)

$$\frac{H_{cons}}{N_{cons}} = \frac{3gmol.H_2}{1gmol.N_2} = 3$$

$$\frac{A_{gen}}{N_{cons}} = \frac{2gmol.NH_3}{1gmol.N_2} = 2$$

سپس به دنبال:

- مشخصات ترکیبی جریان ها
 - مشخصات اجرایی رآکتور (سیستم)
- میگردیم ... در این مثال:

• مشخصات ترکیبی جریان ها : در جریان ورودی ... هیدروژن با نسبت $4gmol$ به ازای هر mol نیتروژن وارد

رآکتور میشود. پس:

$$H_{\langle 1 \rangle} = 4 N_{\langle 1 \rangle} = 600 \frac{gmol}{h}$$

• مشخصات اجرایی سیستم : در رآکتور ... 70% نیتروژن ورودی واکنش میدهد. پس:

$$N_{cons} = 0.7 N_{\langle 1 \rangle} = 105 \frac{gmol}{h}$$

حالا که مطمئن شدیم برای تمامی اطلاعات مسئله , جایگاهی را در راه حل خود در نظر گرفته ایم و به معادلات فوق دست

یافتیم , حالا معادلات موازنه مواد را می نویسیم:

چون 3 ماده داریم , میتوانیم 3 معادله مستقل بنویسیم:

$$-A_{\langle 2 \rangle} + A_{gen} = 0 : A$$

$$H_{\langle 1 \rangle} - H_{\langle 2 \rangle} - H_{cons} = 0 : H$$

$$N_{\langle 1 \rangle} - N_{\langle 2 \rangle} - N_{cons} = 0 : N$$

معادلات بالا را حل می کنیم. برای این کار ابتدا اعدادی را که در اختیار داریم , جایگزین متغیر ها میکنیم , سپس به حل معادلات میپردازیم و مجهولات مورد نظر را محاسبه میکنیم.
مسئله ابتدا معادله ای را حل می کنیم که کمترین مجهول را دارد:

$$N_{\langle 2 \rangle} = N_{\langle 1 \rangle} - N_{cons} = 150 - 105 = 45 \frac{gmol}{h}$$

$$H_{cons} = 3N_{cons} = 3 \times 105 = 315 \frac{gmol}{h}$$

$$H_{\langle 2 \rangle} = H_{\langle 1 \rangle} - H_{cons} = 600 - 315 = 285 \frac{gmol}{h}$$

$$A_{gen} = 2N_{cons} = 2 \times 105 = 210 \frac{gmol}{h}$$

$$A_{\langle 2 \rangle} = A_{gen} = 210 \frac{gmol}{h}$$

برای امتحان کردن اینکه آیا جوابمان درست است یا خیر , معادله موازنه را برای کل مواد می نویسیم:

$$\text{کل جرم ورودی} = 150 \frac{\text{gmolN}_2}{h} \times 28 \frac{\text{gN}_2}{\text{gmolN}_2} \times 600 \frac{\text{gmolH}_2}{h} \times 2 \frac{\text{gH}_2}{\text{gmolH}_2} = 5400 \frac{g}{h}$$

$$\begin{aligned} \text{کل جرم خروجی} = & 45 \frac{\text{gmolN}_2}{h} \times 28 \frac{\text{gN}_2}{\text{gmolN}_2} \times 285 \frac{\text{gmolH}_2}{h} \times 2 \frac{\text{gH}_2}{\text{gmolH}_2} \\ & + 210 \frac{\text{gmolNH}_3}{h} \times 17 \frac{\text{gNH}_3}{\text{gmolNH}_3} = 5400 \frac{g}{h} \end{aligned}$$

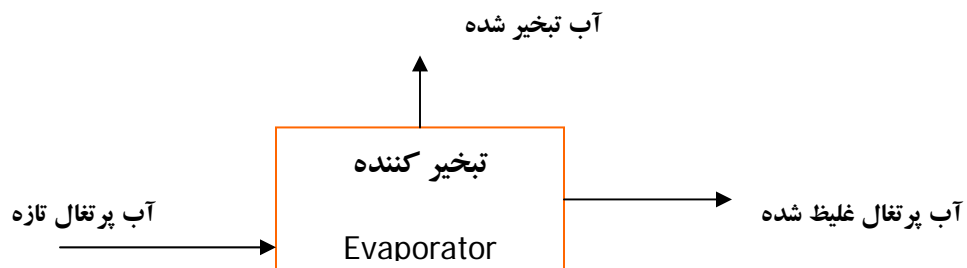
جرم ورودی = جرم خروجی

پس موازنه ای که انجام داده ایم، درست است!

مثال 3: (غلیظ سازی آب پرتقال) آب میوه، مخلوطی از: آب، شکر میوه (فروکتوز)، تفاله، اسیدها، استات ها، و دیگر مواد دیگر است. قصد داریم کارگاه کوچکی را طراحی کنیم که در آن آب پرتقال تازه را خریداری و غلیظ کنیم. هشتاد و هشت درصد وزن آب پرتقال تازه را آب تشکیل میدهد و ما روزانه قصد داریم 2680 پوند آب پرتقال تازه خریداری کنیم، سپس توسط یک تبخیر کننده، 75% آب آن را جدا نماییم. روزانه چند پوند آب را باید تبخیر کنیم؟ اگر هر پوند آب پرتقال تازه را 0.06 \$ خریداری کنیم، و برای تبخیر هر پوند آب 0.03 \$ انرژی مصرف کنیم، و بالاخره هر پوند آب پرتقال غلیظ شده را 0.50 \$ بفروشیم، آیا برای ما سودی باقی میماند؟ (فرآیند به صورت BATCH میباشد.)



فلوشیت این طرح را ابتدا رسم و کامل میکنیم:

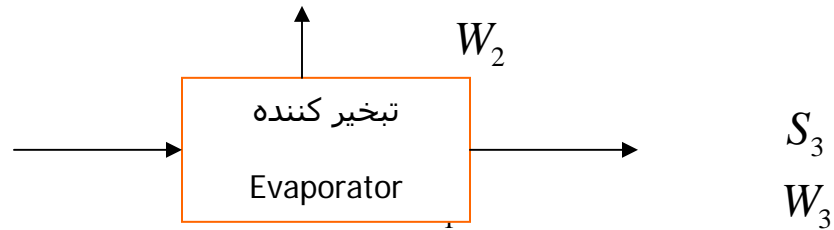


سیستم: تبخیر کننده!

معادلات موازنه را برای کدام مواد در نظر بگیریم؟ با مرور سوال متوجه میشویم که آب پرتقال حاوی مواد مختلفی است، و جز "آب" ، درصد ترکیب دیگر مواد را نمیدانیم. در این حالت، چون میدانیم که موادی مثل قند، تفاله، اسیدها و... فقط در آب پرتقال تازه و

غلیظ شده هستند و تبخیر نمیشوند ، میتوانیم تمامی آنها را به عنوان یک ماده جامد فرض کنیم. در این حالت مسئله بسیار آسان میشود. آب

پرتغال حاوی آب (W) و مواد جامد (S) است. پس داریم:



مبنا : 2680 lb آب پرتغال تازه توسط جریان شماره 1 به سیستم وارد میشود. به عبارتی:

$$S_1 + W_1 = 2680lb$$

توجه کنید که هیچ تغییری برای سیستم نداریم! زیرا واکنشی صورت نمیگیرد.

همچنین تمام آب میوه ورودی به صورت بخار یا آب پرتغال غلیظ خارج میشود ، پس انباشتگی صفر است. تنها یک مشخصه ی ترکیبی جریان داریم : 88% جریان ورودی آب است. پس:

$$W_1 = (0.88) \times 2680 lb = 2360 lb$$

و به کمک این دو معادله خواهیم داشت:

$$S_1 = 320lb$$

تنها یک مشخصه اجرایی سیستم داریم: 75 % آب موجود در آب پرتغال ورودی ، تبخیر میشود:

$$W_2 = (0.75) \times 2320lb = 1770lb \quad \text{آب تبخیر شده}$$

معادلات موازنه مواد را مینویسیم:

ورودی = خروجی

$$W_1 = W_2 + W_3$$

$$S_1 = S_3$$

$$W_1 = W_2 + W_3$$

$$2360lb = 1770lb + W_3$$

$$W_3 = 590lb$$

$$S_1 = S_3 = 320lb$$

جرم کل آب پرتغال غلیظ شده :

$$W_3 + S_3 = 590 + 320 = 910lb$$

برای اطمینان از پاسخ خود میتوانید موازنه جرم را برای کل مواد بنویسید و پاسخ خود را آزمایش کنید.

سود این فرآیند را محاسبه میکنیم:

$$(910lb \times \frac{\$0.50}{lb}) - (2680lb \times \frac{\$0.06}{lb}) - (1770lb \times \frac{\$0.03}{lb}) = \$241.1$$

ادامه مثالها در فایل بعدی موجودند ...

تهیه کننده: صبا معتمد شریعتی

Email: s.shariati@gmail.com