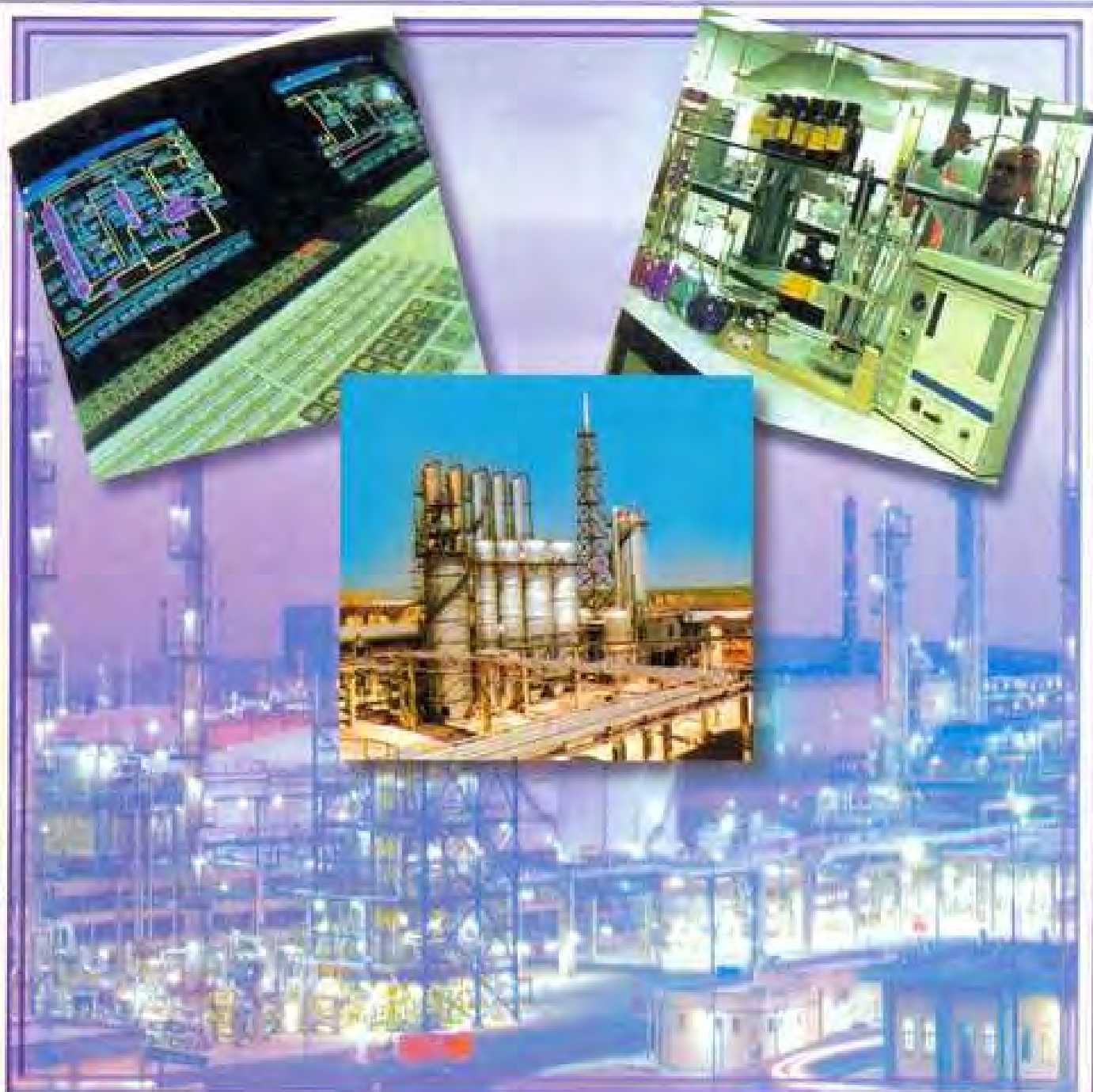




جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش عالی  
نخستین دوره امتحان

# شناخت صنایع شیمیایی

فنی و حرفه‌ای (رشته صنایع شیمیایی)



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# شناخت صنایع شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

زمینه صنعت

ساخته آموزش فنی و حرفه ای

نظام جدید آموزش متوسطه

شماره درس ۲۴۰۱

۶۶۰	آفاتی، حسین
ش ۴۴۱ آ	شناخت صنایع شیمیایی / مؤلفان: حسین آفاتی، غلامحسین نقیسی - [ویرایش دوم] /
۱۳۸۲	بازسازی و تجدیدنظر کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع شیمیایی - تهران: تبرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۸۲.
	۱۳۴ ص. - مصور. - (آموزش فنی و حرفه ای: شماره درس ۲۴۰۱)
	متون درسی رشته صنایع شیمیایی، زمینه صنعت.
	۱. صنایع شیمیایی. الف. نقیسی، غلامحسین. بید. ایران، وزارت آموزش و پرورش،
	کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع شیمیایی. ج. عنوان. د. فروست.

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز:

بیشتهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به تناسی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزشهای  
فنی و حرفه‌ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

این کتاب با توجه به برنامه سالی - واحدی در آذر ماه سال ۱۳۷۹ توسط کمبیبورن  
تخصصی برنامه ریزی و تألیف رشته صنایع شیمیایی بازسازی و تجدیدنظر گردید.

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزشهای فنی و حرفه‌ای و کار دانش

نام کتاب: شناخت صنایع شیمیایی - ۳۵۹/۱۹

مؤلفان: دکتر حسین افانسی، دکتر غلامحسین تلیسی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: اداره کل چاپ و توزیع کتابهای درسی

صفحه‌آرا: خدیجه محمدی

طراح جلد: مریم گیوان

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخش)

تلفن: ۲ - ۰۲۶۲۲۱، دورنگار: ۰۲۶۲۲۰، صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۶۸۲

حایجان، ندا

سال انتشار: ۱۳۸۲

حق چاپ محفوظ است.

شابک X-۰۶۶۳-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0663-X



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات  
کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل  
نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قدس سره الشریف»

## فهرست مطالب

۲	فصل اول: سرگذشت تاریخی شیمی و صنایع شیمیایی
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۱-۲- دوران باستان چه دورانی است؟
۴	۱-۳- سرزمینهایی که در دوران باستان خاستگاه علم و تمدن بوده‌اند
۷	۱-۴- کیمیاگری، پایه و مایه شکل‌گیری شیمی
۸	۱-۵- کیمیاگری در صدر اسلام
۹	۱-۶- برخی کیمیاگران نامدار جهان اسلام (مطالعه آزاد)
۱۱	۱-۷- صنایع رایج در دوره اسلامی
۱۱	۱-۸- گذر از کیمیاگری به شیمی امروزی
۱۲	۱-۹- پیشرفت‌های علمی و صنعتی در سده‌های ۱۷ و ۱۸
۱۳	۱-۱۰- توسعه شیمی و صنایع شیمیایی در دوران جدید
۱۴	۱-۱۱- اهمیت صنایع شیمیایی
۱۷	فصل دوم: آشنایی با برخی اصطلاحات و مفاهیم
۱۷	۲-۱- مقدمه
۱۷	۲-۲- تعریف ساده‌ای از تکنولوژی و تکنولوژی شیمیایی
۱۹	۲-۳- روش تولید یک محصول
۲۰	۲-۴- فرآیند در تکنولوژی شیمیایی
۲۱	۲-۵- اهمیت تعادل‌های شیمیایی در تکنولوژی
۲۴	۲-۶- اهمیت کانالیزرها در تکنولوژی شیمیایی
۲۴	۲-۷- بهره‌ یک واکنش
۲۵	۲-۸- مواد خام مورد استفاده در صنایع شیمیایی
۲۶	۲-۹- معرفی برخی فرآیندهای مهم در تکنولوژی شیمیایی
۲۷	۲-۱۰- تعریف برخی فرآیندها و اصطلاحات دیگر در صنایع شیمیایی
۳۰	۲-۱۱- تعریف ساده موازنه جرم و انرژی



۳۳	فصل سوم: شناخت صنایع اسیدها، بازها و نمکها
۳۳	۱-۳- مقدمه
۳۳	۲-۳- سولفوریک اسید
۳۷	۳-۳- آمونیاک
۳۹	۴-۳- نیتریک اسید
۴۱	۵-۳- هیدروکلریک اسید
۴۱	۶-۳- سدیم هیدروکسید
۴۳	۷-۳- نمکها و اهمیت صنعتی آنها

۵۰	فصل چهارم: شناخت فرآورده‌های صنایع سیلیکات
۵۰	۱-۴- مقدمه
۵۱	۲-۴- گچ
۵۲	۳-۴- آهک و سنگ آهک
۵۲	۴-۴- سیمانها
۵۴	۵-۴- نیشه
۵۸	۶-۴- لعابها
۵۹	۷-۴- سرامیک

۶۱	فصل پنجم: صنایع شیمیایی و تولید فلزات
۶۱	۱-۵- سابقه تاریخی
۶۲	۲-۵- طبقه بندی فلزات
۶۲	۳-۵- فلزات در طبیعت
۶۳	۴-۵- تعریف متالورژی
۶۳	۵-۵- صنایع آهن
۶۷	۶-۵- آلومینیم
۶۹	۷-۵- مس

۷۱	فصل ششم: خوردگی، آبکاری، کاربرد روکشهای فلزی
۷۱	۱-۶- مقدمه
۷۲	۲-۶- تعریف خوردگی

۷۲	۶-۳- محیطهای خورنده
۷۲	۶-۴- معرفی برخی خسارتهای ناشی از خوردگی
۷۴	۶-۵- طبقه‌بندی خوردگی
۷۵	۶-۶- شکلهای مختلف خوردگی
۷۶	۶-۷- راههای جلوگیری از خوردگی
۷۷	۶-۸- آبکاری
۸۱	۶-۹- روکشهای فلزی برای ساخت مدار جایی الکترونیکی (مطالعه آزاد)
۸۲	۶-۱۰- آبکاری فیبرها و پلاستیکها
۸۵	فصل هفتم: شناخت صنایع نفت و پتروشیمی
۸۵	۷-۱- نفتها
۸۹	۷-۲- صنایع پتروشیمی
	فصل هشتم: کاربرد برخی از فرآورده‌های صنایع شیمیایی در صنایع غذایی و
۹۳	کشاورزی و داروسازی
۹۳	۸-۱- صنایع غذایی
۹۸	۸-۲- کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی
۱۰۲	۸-۳- صنایع دارویی
۱۰۶	فصل نهم: شناخت صنایع کاغذ، چرم، تصفیه آب
۱۰۶	۹-۱- صنایع کاغذ
۱۱۱	۹-۲- صنایع چرم
۱۱۴	۹-۳- تصفیه آب
۱۲۲	فصل دهم: شناخت سوختهای فسیلی و هسته‌ای
۱۲۲	۱۰-۱- سوختهای فسیلی
۱۲۷	۱۰-۲- سوختهای هسته‌ای
۱۳۳	منابع و مآخذ

## مقدمه

در سده حاضر و یکی دو سده قبل، صنایع شیمیایی یا پیشرفتهای اعجاب برانگیزی همراه شده و توسعه‌های شایان توجهی یافته است؛ به طوری که با نگاهی ساده به گونه‌های زندگی روستایی و شهری به آسانی می‌توانیم به اهمیت بی‌چون و چرای صنایع شیمیایی و فرآورده‌های آن بی‌بریم. در واقع دست‌یابی به فرآورده‌های نفتی بسیار متعدد، تولید فلزات گوناگون و آلیاژهای مختلف آنها در سطحی بسیار گسترده، تهیه محصولات شیمیایی بسیار مهمی چون اسبدها، بازها و نمکها، سنتز و تهیه هزاران ترکیب آلی با مصرفهای گوناگون، تهیه انواع کودهای شیمیایی و سمهای دفع آفات، کاربری انواع رنگها، لعابها و آبگینه و سرامیکها در عرصه‌های مختلف، تهیه و تولید انواع بودرهای شوینده، صابونها، شامپوها و دیگر مواد بهداشتی در مقادیر بسیار بالا، تهیه انواع روغنهای نباتی، داروهای طبی و بسیاری از محصولات غذایی و همین‌طور موارد بسیار متعدد دیگری از این قبیل، همه و همه در قلمرو صنایع شیمیایی قرار دارند و در بر تو آن است که روزانه مقادیر بسیار بالا و روزافزونی از آنها روانه بازار تجارت و مصرف می‌شود. این است که صنایع شیمیایی در تأمین نیازهای جوامع انسانی و ایجاد آسایش و رفاه برای آنها و فراهم ساختن زمینه‌های لازم برای پیشرفتهای متعالی دارای نقشی سرنوشت‌ساز و یگانه است و می‌باید اهمیت آن برای همه آشکار باشد. از این رو، در این کتاب سعی شده است چشم‌اندازهایی مقدماتی از گستره‌های مختلف صنایع شیمیایی و محصولات آن به هنرجویان عزیز معرفی گردد تا از این راه به اهمیت، تنوع و گستردگی آن بی‌برند.

### هدف کلی

شناخت کلی صنایع شیمیایی و آشنایی مقدماتی با تنوع، گستردگی و اهمیت این صنایع



## سرگذشت تاریخی شیمی و صنایع شیمیایی

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، قراگیر باید بتواند:

۱. مناطقی از جهان را که در عهد باستان خاستگاه علم و تمدن بوده‌اند، نام ببرد.
۲. علوم شیمی و صنایع شیمیایی رایج در عهد باستان را نام ببرد.
۳. کیمیاگری در عهد باستان و دوران صدر اسلام را توضیح دهد.
۴. تکامل کیمیاگری را به اختصار شرح دهد.
۵. چگونگی گذر از کیمیاگری به دانش شیمی را شرح دهد.
۶. انقلاب علمی و انقلاب صنعتی در اروپا را شرح دهد.
۷. چگونگی پیشرفت صنایع شیمیایی مهم در سده‌های جدید را به اختصار شرح دهد.
۸. مواردی از دستاوردهای مهم شیمی را به اختصار شرح دهد.

## ۱-۱ مقدمه

از سالهای بسیار دور، شاید بیش از چند هزار سال قبل از میلاد، پاره‌ای فعالیت‌های عملی که تا اندازه‌ای به شیمی عملی و برخی صنایع شیمیایی مقدماتی شبیه بوده، در میان برخی جوامع بشری عهد باستان رواج داشته است. در آن ایام برخی استادکاران ماهر و صاحبان حرفه می‌توانستند برخی فلزات اولیه را جداسازی کنند و به کار ببرند؛ برخی آلیاژها را تهیه کنند. نمونه‌هایی از رنگهای مختلف و لعابها را بسازند، برخی از شیشه‌های نامرغوب و آهکینه‌ها را فراهم آورند، مقداری از عصاره‌ها و داروهای گیاهی را استخراج کرده و به کار ببرند و از عملیاتی مانند حرارت دادن در کوره، جوشاندن در ظرفهای موجود در آن زمان، تقطیر در شکل ابتدایی و سیاه اندود کردن فلزات و... در کارهای خود استفاده کنند. در واقع از توسعه و تکامل این گونه عملیات و فعالیت‌های آغازی بوده که سنگ اولیه بنای شیمی و صنایع شیمیایی نهاده شده است.

از بررسی‌های تاریخی برمی‌آید که در سرزمین‌هایی چون بین‌النهرین، مصر، چین، هندوستان و

یونان باستان این گونه هنرهای عملی - که از آنها نام برده شد - حتی در زمانهایی خیلی پیش از میلاد رواج داشته است و افراد هوشمندی از این سرزمینها به کارهایی شیمیایی گونه و برخی فعالیت‌های نزدیک به برخی صنایع شیمیایی اولیه می پرداختند.

## ۱-۲ دوران باستان چه دورانی است؟

وقتی تاریخ تمدن و علم و صنعت را مرور می کنیم در آن با دوره های مشخصی روبه رو می شویم. می توان ترتیب این دوره ها را از زمانهای بسیار قبل تا عصر حاضر تقریباً به شرح زیر خلاصه کرد:

الف - دوره پیش از یونان باستان: این دوره از چند هزار سال پیش از دوره یونان باستان آغاز شده و تا حدود ششصد سال پیش از میلاد (حدود ۱۲۰۰ سال پیش از هجرت پیامبر اسلام، حضرت محمد (ص) ادامه داشته است. در این دوران، در سرزمینهایی که خاستگاه علم و تمدن به حساب می آیند، برخی فعالیت‌های علمی و عملی هوشمندانه رواج داشته است. سرزمینهای بین النهرین، ایران، مصر، هند، چین، یونان و جزیره های همسایه آن از سرزمینهایی هستند که از آنها به عنوان خاستگاه علم و تمدن یاد می شود.

ب - دوره یونان باستان: شروع این دوره، از حدود ششصد سال قبل از میلاد (حدود ۱۲۰۰ سال پیش از هجرت) و پایان آن نزدیک به سالهای سده چهارم پیش از میلاد می باشد. این دوره به عنوان یک دوره شکوفایی علم در یونان قدیم شناخته شده است. در همین دوره بوده است که فیلسوفانی چون سقراط، افلاطون و ارسطو و... در یونان به دنیا آمده و دیدگاههای علمی و فلسفی ارزشمندی ارائه کرده اند.

### ۱- فلسفه چیست و فیلسوف کیست؟

کلمه فلسفه برگرفته از واژه Philosophy است که آن خود از واژه لاتینی Philosophia مشتق شده است. این واژه در اصل از دو جزء «Philo» به معنای دوستداری و «Sophos» به معنای فرزاندگی و دانایی ساخته شده است؛ از این رو، فلسفه به معنای «دانش دوستی» است. یا توجه به آن، فیلسوف که برگردان Philosopher است به معنای «دانش دوست» می باشد. در واقع وقتی می گویم فلان شخص فیلسوف است، به لحاظ لغوی یعنی دانش دوست است.

در اینجا به یک روایت آموزنده توجه کنید. می گویند از گاهن یکی از معبد های قدیمی یونان پرسیدند که داناترین شخص در پیش شما کیست، او جواب داد سقراط.

اما سقراط با فروتنی فیلسوفانه می گوید «من از همه نادانترم و این که مردم مرا داناترین می دانند دلیلش آن است که بر نادانی خود واقفم و همین است که عنوان فیلسوف را برای خود انتخاب کرده ام».

در عهد باستان - مثلاً در دوره یونان باستان و تا مدهای بعد از آن - فلسفه شامل هر نوع معرفت و آگاهی علمی می شده؛ علم و فلسفه از هم جدا نبوده و عالم و فیلسوف یکی بوده است. در آن زمان فلسفه به دو بخش عملی و نظری تقسیم می شده؛ فلسفه عملی شامل اخلاق، تدبیر منزل و کشورداری بوده و فلسفه نظری، ریاضیات، علوم طبیعی و ورای طبیعی را شامل می شده است.

ج - دوره اسکندر و جانشینانش: این دوره از سالهای پایانی سده چهارم پیش از میلاد تا سده سوم بعد از میلاد به طول انجامیده است. در این دوره، میان علوم و فنون رایج در مشرق زمین و یونان باستان پیوندهای ارزشمند و سازنده‌ای برقرار می‌شود و در برتو آن، پیشرفتهای علمی و صنعتی شایان توجهی - به تناسب زمان - حاصل می‌گردد.

د - دوره اسلامی: دوره اسلامی سده هشتم تا دوازدهم میلادی را که مقارن سده دوم تا ششم هجری است دربر می‌گیرد. در این چند سده، علم و فلسفه و صنعت - به تناسب زمان - در سرزمینهای اسلامی رونق به‌سزایی می‌گیرد و فلاسفه و دانشمندان بنامی همچون جابر بن حیان، محمد زکریای رازی، ابوعلی سینا و ابوریحان بیرونی و... در سرزمینهای اسلامی با به عرصه زندگی می‌گذارند و متشأ آثار علمی و خیر و برکت زیادی می‌شوند.

ه - دوره سده‌های میانی: این دوره از پایان دوره اسکندر و جانشینان او تا سده سیزدهم میلادی را دربر می‌گیرد. سرزمینهای اروپایی در این دوره، به‌طور نسبی شاهد رکود علمی بوده‌اند. در حالی که در گستره‌ای از آن (سده هشتم تا دوازدهم) در سرزمینهای اسلامی، رونق و شکوفایی علمی و صنعتی بارز و آشکار بوده است.

و - دوره‌های تجدید حیات علمی در اروپا و انقلاب علمی و صنعتی: این دو دوره به ترتیب از سده چهاردهم تا شانزدهم و از سده هفدهم تا هجدهم، به طول انجامیده است.  
ز - عصر حاضر: این دوره سده‌های نوزده و بیست را دربر می‌گیرد.

اکنون پس از معرفی مختصر دوره‌های تاریخی، می‌توان گفت که منظور از دوران باستان تا حدودی همان دوره‌های پیش از یونان باستان، دوره یونان باستان و دوره اسکندر و نزدیک به آن است.

### ۱-۳ سرزمینهایی که در دوران باستان خاستگاه علم و تمدن بوده‌اند

در دوران باستان، حوزه‌های جغرافیایی خاصی از زمین خاستگاه علم و تمدن بوده‌اند. اینک برخی از آنها را که اهمیت بیشتری دارند، معرفی می‌کنیم.

الف - بین‌النهرین: از دید تاریخی، بین‌النهرین به سرزمینهایی گفته می‌شود که در اطراف دو رود دجله و فرات و در بین آن دو قرار دارند. وقتی از تمدن بین‌النهرین قدیم سخن گفته می‌شود منظور تمدنهایی است که در عهد باستان در غرب و جنوب غربی ایران امروزی، بخش عمده‌ای از عراق و قسمتهایی از سوریه و بخشهایی از شمال عربستان رونق داشته‌اند. سابقه تاریخی برخی از این تمدنها به دو هزار سال پیش از میلاد و حتی پیش از آن می‌رسد.

مردمانی که در سرزمینهای بین‌النهرین می‌زیسته‌اند از نظر صنایع و هنرهای دستی چیزی از

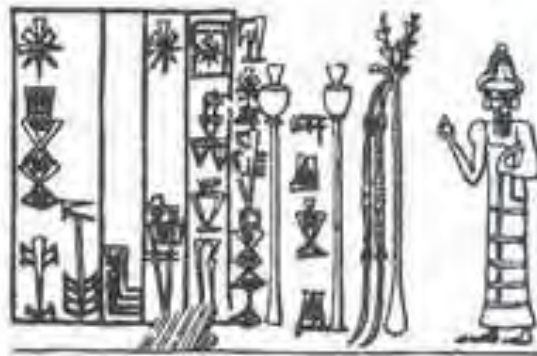
هم عصران خود کم نداشته‌اند، آنها شبکه عظیمی از آبیاری را درست کرده بودند و در کارهای کشت و زرع به نقطه اوجی رسیده بودند. از قطعه فلزات قیمتی در معاملات بازرگانی استفاده می‌کردند. صنعت سفال‌سازی، لعاب‌دادن، ساختن شیشه، رنگ کردن فلزات، تهیه مواد رنگی، تهیه برخی داروهای گیاهی، تهیه صابون و نظایر آن در میان مردمان بین‌النهرین رواج کامل داشته است. در یک سند قدیمی که از آن دیار کشف شده چگونگی تهیه لعاب از سنگ مس و سرب شرح داده شده است و در سند دیگر تهیه مینا با رمز بیان گردیده است.

در بین‌النهرین، علم پزشکی نیز در حد خود رواج کامل داشته است. استاد ارژشمنندی که در این خصوص کشف و جمع‌آوری شده گواه این مدعاست.

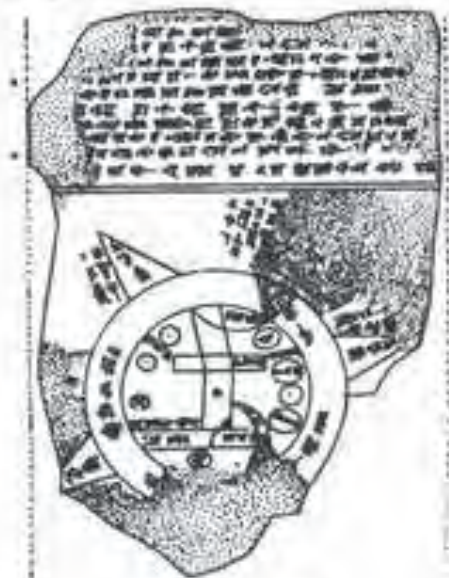
در شکل‌های ۱-۱ تا ۱-۳ تصویر برخی آثار تاریخی کشف شده در بین‌النهرین را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۱ تصویر نمونه جگر ساخته شده با گل رس.



ب - تصویر مهر یکی از بزرگان بین‌النهرین



الف - تصویر جهان‌نما



معنی	شکل ساده میخی قدیم			
	۲۵۰۰ ق.م	۲۵۰۰ ق.م	۷۰۰ ق.م	۵۰۰ ق.م
۱ خورشید				
۲ خدا، آسمان				
۳ گاو				
۴ مرد				
۵ گاو زرد				
۶ ماهی				
۷ قلب				
۸ دست				
۹ دست و بازو				
۱۰ پا				
۱۱ غله				
۱۲ قطعه چوب				
۱۳ دام				
۱۴ حصار				

شکل ۱-۳ تکامل برخی علائم خط میخی در بین النهرین

ب - مصر باستان: تمدن مصر باستان به برکت رود بزرگ نیل که از این سو تا آن سوی مصر را سیراب می‌کند شکل گرفته است. از لحاظ تاریخی معلوم نیست که تمدن مصر باستان مقدم بر تمدن بین‌النهرین باشد. در مصر باستان هنر معماری، مومی‌گری و اختراع نوشتن با پیشرفت فوق‌العاده‌ای همراه بوده است. مصریها در پزشکی، نجوم و ریاضیات نیز پیشرفته بوده‌اند. آنها، انواع گوناگون لعابها و روش لعاب دادن را می‌شناختند. با ساختن نشیسه‌های رنگی آشنا بودند. استخراج برخی فلزات و تهیه برخی آلیاژها و کار با آنها را می‌دانستند.

ج - یونان باستان: تمدن یونان باستان در محل جغرافیایی یونان امروزی و سرزمینها و جزیره‌های مجاور آن شکل گرفته است و سابقه تاریخی آن به چند هزار سال قبل از میلاد می‌رسد. مردمان این سرزمینها با سیستم لوله‌کشی آب و فاضلاب، فلزکاری، مجسمه‌سازی، نقاشی برجسته و نظیر آنها آشنا بوده‌اند.

فلاسفه یونان باستان، نظریه چهار عنصری را در مورد اجزای سازنده جهان تدوین کردند. براساس این نظریه، جهان خلقت از چهار عنصر «آب، خاک، آتش و هوا» درست شده است. فلاسفه آن زمان بر آن باور بودند که آب، خاک، آتش و هوا هر یک عنصر هستند و از ترکیب و تلفیق آنها سایر

مواد حاصل می‌شوند. امروزه می‌دانیم که هیچ‌یک از پدیده‌های مذکور (آب، خاک، آتش و هوا) عنصر نیستند؛ از این رو، نظریه چهار عنصری جهان، نظریه درستی نبوده است. با وجود این، نظریه چهار عنصری، در زمان خود باارزش بوده و تا حدی توانسته است به تکامل و پیشرفت علم و عمل کمک نماید.

د- ایران باستان: در حوزه جغرافیایی ایران باستان نیز اقوام متعددی می‌زیسته‌اند که از خود دارای تمدنی بوده‌اند. سابقه تاریخی تمدن برخی از این اقوام گاه به حدود ۴۵۰۰ سال پیش از میلاد می‌رسد. مادها و پارسها اقوام شهرتمندی هستند که در ایران باستان می‌زیسته‌اند و آثار تاریخی زیادی از آنها برجای مانده است.

پارسها به کشاورزی، دامداری و راه‌سازی نیز بسیار علاقه‌مند بوده‌اند. ضرب سکه نیز در میان آنها رواج داشته است. همچنین، آنان در تهیه ظرفهای سنگی، کتیبه‌سازی، تهیه وسایل خانگی، ابزارهای جنگی و مانند آنها دارای ذوق و مهارت کافی بوده‌اند.

ه- هند باستان: در هند باستان سفالگری، فلزکاری، جویکاری، عاجکاری، جواهرسازی و پارچه‌بافی رواج داشته است و مردم هند باستان در مجسمه‌سازی و معماری نیز پیشرفته بوده‌اند. و- چین باستان: سرزمین پهناور چین نیز در عهد باستان مهد فرهنگ و تمدنهای پیشرفته‌ای بوده است. در این سرزمین، مفرغ‌کاری، لاک‌کاری، بیکرتراشی، چینی‌سازی و معماری رواج بسیاری داشته است. چینیها مخترع باروت به‌شمار می‌آیند.

#### ۱-۴ کیمیاگری، پایه و مایه شکل‌گیری شیمی

کیمیاگری در عهد باستان، هنر و فعالیتی عملی بوده که طی آن، کیمیاگران می‌کوشیدند تا فلزات کم‌ارزش را به طلا تبدیل کنند و از سوی دیگر، ماده‌ای به‌عنوان اکسیر یا سنگ فیلسوف (Philosopher's Stone) را به دست آورند که آن ماده بتواند جوائی دایمی را به اشخاص هدیه کند. کیمیاگران برای رسیدن به این دو مقصود، در طی بیش از دو هزار سال به عملیات گوناگون از قبیل حل کردن مواد گوناگون در مایعات مختلف و جوشاندن آنها، حرارت دادن مخلوط مواد مختلف در کوره‌ها، تکلیس، تنویه و تقطیر و سیاه‌اندود کردن فلزات و ذوب کردن آنها و غیره پرداختند. گرچه کیمیاگران هیچ‌وقت موفق به تبدیل فلزات به طلا و تهیه اکسیر نشدند، اما توانستند بسیاری از مواد را شناسایی و از یکدیگر جدا کنند؛ به بسیاری از خواص مواد بی‌بیرند؛ بسیاری از عنصرها را کشف کنند؛ به بسیاری از قوانین ساده شیمی دست یابند و بسیاری از وسایل و دستگاههای اولیه مورد مصرف در آزمایشگاههای شیمی را طراحی و تهیه کنند. در واقع کوششهای شبانه‌روزی دو هزار



سأله کیمیاگران بود که سنگ اولیه بنای شیمی امروزی را نهاد.

هنر کیمیاگری از حدود سیصد سال پیش از میلاد و حتی پیش از آن، در برخی از سرزمینهای آن روز رواج داشته است. این هنر در مصر باستان، خصوصاً در دوره اسکندر، رونق بسیاری داشته است و کیمیاگران بنامی در اعتلای آن کوشیده‌اند.

در چین، هند، یونان باستان و بین‌النهرین نیز هنر کیمیاگری رواج داشته است. در چین کیمیاگران ماهری می‌زیسته‌اند و دست‌آوردهای قابل توجهی را عرضه کرده‌اند.

کیمیاگران با اعتقاد به «نظریه چهار عنصری» بر این باور بودند که از اختلاط مواد در یکدیگر و با انجام عملیاتی بر روی آنها، مانند حرارت دادن در کوره، جوشاندن، تقطیر کردن و... می‌توان برخی مواد را به مواد دیگری تبدیل کرد و به‌ویژه، از فلزات کم‌ارزش فلزات قیمتی مانند طلا، پلاتین و نقره به دست آورد و یا به جوهری به نام «اکسیر» دست یافت. همانطور که گفته شد، نظریه چهار عنصری نظریه درستی نبود، اما در دوران خود توانست کیمیاگران را به کوشش و فعالیت‌های وصف‌ناپذیری ترغیب کند. نقص بزرگ کار کیمیاگران این بود که آنها از روش علمی بی‌خبر بودند و آزمایش‌های آنها بر روش علمی مبتنی نبود. آزمایش‌هایی که کیمیاگران ترتیب می‌دادند عموماً شخصی و متکی به شیوه «آزمایش - خطا» بود. آنها موادی را که با هم مخلوط می‌کردند اغلب به‌طور تصادفی گزینش می‌کردند و عملیاتی را هم که بر روی آنها انجام می‌دادند بیشتر بر مبنای حدس و گمان و غیرعلمی بود.

به همین دلیل، دست‌آوردهای کیمیاگران در دوره دو هزار ساله - از حدود سیصد سال پیش از میلاد تا سده ۱۷ تا ۱۸ بعد از میلاد - در مقایسه با دست‌آوردهای شیمی در دو سده اخیر بسیار ناچیز و اندک است. با وجود این، نباید فراموش کرد که اگر همان دست‌آوردهای بسیار اندک کیمیاگران نبود، ما هم امروزه شاهد پیشرفت‌های خارق‌العاده در قلمرو شیمی و صنایع شیمیایی نبودیم.

## ۱-۵ کیمیاگری در صدر اسلام

کیمیاگری در سرزمینهای اسلامی و در صدر اسلام، همچون سایر علوم و فنون رونق بسیار یافت. بی‌شک این رونق بیشتر در برتو ستایش دین مبین اسلام از علم و عالم به دست آمده است. در قرآن مجید، در موارد متعدد علم و عالم مورد ستایش قرار گرفته است. نخستین آیاتی که بر پیامبر گرامی نازل شده، نوید خواندن و تعلیم می‌داد و به قلم و آنچه می‌نویسد سوگند یاد می‌کرد. برای مثال در آیه ۹ از سوره زمر می‌خوانیم:

«هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ» (آیا دانایان با نادانان برابرند؟)

پیغمبر اکرم و امامان معصوم نیز همواره علم و عالم را می‌ستودند و مسلمانان را به فراگرفتن دانش و فن تشویق می‌کردند. همه شما این کلام عالی اسلامی را شنیده‌اید که تعلیم و تعلم (یاد دادن و یاد گرفتن) عبادت است و به همین ترتیب، دهها توصیه و سفارش دیگر در باب علم اندوزی و صیانت آن در مضامین اسلامی به چشم می‌خورد.

این جانب‌داری شریعت اسلام از تحصیل علم، شوق و شغف فراوانی در میان مسلمانان صدر اسلام برانگیخت و باعث شد که مسلمانان در مدت بسیار کوتاهی، در مقایسه با دوره‌های تاریخی، به پیشرفتهای والایی در زمینه‌های علم، فلسفه و فن دست یابند. به موازات این پیشرفتها، هنر کیمیاگری نیز در سرزمینهای اسلامی رونق یافت و کیمیاگران برجسته‌ای تربیت یافتند.

آغاز رونق کیمیاگری در صدر اسلام از آنجا بود که یکی از خلفای عباسی در سال ۲۰۶ هجری دستور داد تا مرکزی به نام بیت‌الحکمه (خانه حکمت یا فرهنگستان) به منظور ترجمه متون یونانی دوره اسکندر به عربی تأسیس شود. از این عهد بود که آثار علمی و بزرگی یونانی و از جمله نوشته‌هایی در باب کیمیاگری دوره اسکندر، به عربی ترجمه شد و در اختیار علاقه‌مندان و دانشمندان اسلامی قرار گرفت.

کیمیاگری در مدت پنج سده (از سده دو تا شش) در اختیار دانشمندان اسلامی قرار داشت و در این مدت پیشرفتهای قابل توجهی نصیب کیمیاگران اسلامی شد. آنان توفیق یافتند برخی دستگاه‌ها و ابزارهای مورد استفاده کیمیاگران را طراحی کرده و بسازند و اصطلاحاتی چون الکیمیا، الکالی، الکحل، کاربوی، نفتا، زبرکن و غیره را به دنیای کیمیاگری عرضه کنند.

## ۱-۶ برخی کیمیاگران نامدار جهان اسلام (مطالعه آزاد)

از نظر تاریخی، شروع کیمیاگری اسلامی را به شخصی به نام خالد از خاندان بنی امیه نسبت می‌دهند. براساس برخی روایات، او کیمیاگری را از راهبی مسیحی فرا گرفته و گذشته از آن، برخی متون علمی آن زمان را به عربی ترجمه کرده است.

جابر بن حیان (۱۰۷ - ۲۰۰ هـ.ق): وی یکی از شاگردان بنام امام جعفر صادق (ع) است. او بر علوم و فلسفه زمان خود وقوف کامل داشت و در کیمیاگری نیز استاد بود. صاحب نظران اروپایی می‌گویند مقام جابر در کیمیاگری همچون مقام ارسطو در علم منطق است. تهیه نیراب سلطانی، جیوه (II) کلرید یا سولیمه و سفیداب سرب (سرب هیدروکربنات) را به وی نسبت می‌دهند. جابر آمونیوم کلرید را توصیف نمود، تهیه سرب سفید را شرح داد، سرکه را تقطیر کرد و احتمالاً نیتربک اسید غلیظ و



سولفوریک اسید را نیز تهیه کرد.

جابر نظریه چهار عنصری را قبول داشت و به تبدیل فلزات دیگر به طلا معتقد بود. تألیف و تصنیف کتابهای زیادی را به او نسبت داده‌اند، (در حدود ۲۰۰۰ جلد). البته تعدادی از کتابهای منتسب به جابر پس از مرگ وی تألیف و تصنیف شده‌اند. در واقع آنها توسط پیروان و شاگردان جابر نوشته شده که از سر شوق و علاقه به نام استادشان، جابر، انتشار یافته است.

ابوبکر محمد بن زکریای رازی (۲۵۱-۳۱۳ ه.ق): رازی دومین کیمیاگر نامدار اسلامی است. او علاوه بر کیمیاگری، در داروسازی، پزشکی، فیزیک و فلسفه نیز استادی یگانه بوده است. رازی مواد را به شیوه ماهرانه‌ای طبقه‌بندی نمود. روش تهیه آب گوگرد (محللول کلسیم پلی سولفید)، آب قلیایی و آب اسیدی را نیز به خوبی شرح داد. گفته می‌شود که او الکل معمولی را از راه تقطیر به دست آورده است.

رازی به تبدیل فلزات به یکدیگر اعتقاد داشت و در این باره آزمایشهای زیادی را انجام داد. وی کتابهای زیادی در زمینه‌های پزشکی، داروسازی و کیمیاگری تألیف و تصنیف نمود.

ابوعلی ابن سینا (۳۷۰-۴۲۸ ه.ق): ابن سینا یکی دیگر از اندیشمندان و فلاسفه بزرگ دوره اسلامی است. او در پزشکی، منطق، فلسفه و سایر علوم زمان خود استادی مسلم و یگانه بود. ابوعلی کتابهای بسیار باارزشی را تألیف و تصنیف نمود. کتاب «قانون» او در طب شهرت جهانی دارد. در کتاب «الشفاء»، ابن سینا دیدگاههای خود را در خصوص کیمیاگری شرح داده است. وی در بخشی از این کتاب پیرامون چگونگی تشکیل کانیها و دسته‌بندی آنها به بحث پرداخته است و می‌نویسد که جیوه یا ماده‌ای همانند آن، مایه اصلی اجسام گدازپذیر است.

جالب توجه است که وی برخلاف کیمیاگران معاصر خود، تبدیل فلزات به یکدیگر را مردود و نادرست دانسته و از این راه شجاعت علمی خود را آشکار ساخته است. این دیدگاه و سایر دیدگاههای هوشمندانه ابن سینا سهم شایسته‌ای در تکامل علم و فلسفه در جهان داشته است.

ابوریحان محمد بیرونی (۳۶۲-۴۴۲ ه.ق): این دانشمند نامی از خانواده‌ای فقیر و گمنام بود. او شوق فراوانی به تحصیل علم و معرفت داشت. در سن ۳۸ سالگی به استادی «دارالعلم» مأمون پذیرفته شد. به گفته خود وی تا سال ۴۲۷ یکصد و سیزده جلد کتاب تألیف نمود.

بیرونی فعالیت‌های علمی را بر پایه مشاهده و آزمایش بنا نهاده بود و از آرا و عقاید علمی گذشتگان آنها را که با مشاهده و تجربه موافق نبود، نمی‌پذیرفت. این، همان چیزی است که اندیشمندان اروپایی در سده ۱۷ (هفتصد سال بعد) بدان دست یافتند. بیرونی ترازویی را برای اندازه‌گیری جگالی اجسام طراحی کرد و به کمک آن جگالی برخی فلزات و باقوت سرخ و لاجورد را اندازه

گرفت. جوابهایی که او از این راه به دست آورد خیلی نزدیک به مقادیر دقیق امروزی است. جدول ۱-۱ را ملاحظه کنید.

جدول ۱-۱ جگالی برخی اجسام که توسط بیرونی اندازه گیری شده است.

جگالی بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب			
نام	از بیرونی	امروزی	تفاوت
طلا	۱۹/۲۶	۱۹/۲۶	۰/۰۰
	۱۹/۰۵		۰/۲۱
نقره	۱۰/۶۸	۱۰/۵	۰/۱۸
جیوه	۱۳/۲۴	۱۳/۵۹	۰/۱۵
سرب	۱۱/۴	۱۱/۳۵	۰/۰۵
یاقوت سرخ	۳/۸۵	۴/۱۴ تا ۳/۱۵	—
لاجورد	۲/۶	۲/۸ تا ۲/۴	—

## ۷-۱ صنایع رایج در دوره اسلامی

در دوره اسلامی برخی صنایع دستی در حال رونق و تکامل بوده اند، از جمله: تهیه قند از نیشکر، تهیه برخی آلیاژها و ساختن ادوات جنگی، تهیه لعابها و به کارگیری آنها، تهیه شیشه های ساده و رنگی، ریسندگی و تهیه پارچه های الوان، استخراج و تهیه داروهای گیاهی.

## ۸-۱ گذر از کیمیاگری به شیمی امروزی

همانطور که گذشت، کیمیاگری از حدود سیصد سال پیش از میلاد رونق گرفت و از آن به بعد گاه و بیگاه بر وسعت و قلمرو آن افزوده شد. دوره کیمیاگری تقریباً حدود ۲۰۰۰ سال طول کشید و طی آن سال به سال بر انبوه تجارب کیمیاگران افزوده می شد. هر اندازه نتایج تجربی کیمیاگران افزایش می یافت، ضعف نظریه کیمیاگری برای توجیه آنها آشکارتر می شد. تا اینکه سرانجام در سالهای سده ۱۷ برخی کیمیاگران که از دقت نظر بالا و اندیشه بویایی برخوردار بودند، نسبت به تفکر اصلی کیمیاگری که شامل تبدیل فلزات دیگر به طلا و تهیه سنگ فیلسوف بود ابراز تردید کردند و به شیوه عالمانه ای در رد آن به استدلال پرداختند. برای مثال، بویل<sup>۱</sup> ایرلندی که کیمیاگری ماهر بود، در سال ۱۶۶۱ کتابی به نام شیمی دان شکاک منتشر کرد. او در کتاب خود در رد عقاید کیمیاگری به استدلال

۱- Boyle



برداخت و تعریف عنصر را بدان گونه که از عهد باستان مرسوم بود مردود دانست و تعریف تازه‌ای برای عنصر که امروزه نیز درست است ارائه کرد.

بویل در این کتاب، به جای واژهٔ کیمیاگری (Alchemy)، واژهٔ Chemistry (شیمی) را به کار برد و کیمیاگر<sup>۱</sup> را به شیمیدان<sup>۲</sup> برگرداند و بدینسان بود که عصر کیمیاگری به پایان خود نزدیک شد و شیمی جای آن را گرفت.

البته بسیاری از کیمیاگران حتی تا سالهای پایانی سدهٔ ۱۸ بر باور کیمیاگری اصرار ورزیدند و به آسانی از عقاید خود دست برداشتند. در هر حال، از موقعی که بویل به نوشتن کتاب شیمیدان شکاک همت گماشت، بر جمع طرفداران عقاید او افزوده شد و از این راه بود که شیمی در مسیر پیشرفت حقیقی خود قرار گرفت.

در نیمه دوم سدهٔ ۱۷، شیمیدانها و سایر دانشمندان جلسات مشورتی زیادی ترتیب دادند و نتیجه این گردهماییها، آن شد که در سال ۱۶۶۶، فرهنگستان علوم در پاریس تأسیس شود و البته انجمن سلطنتی علوم در لندن نیز در سال ۱۶۶۲ تشکیل شده بود.

در ادامهٔ این پیشرفتها، نظریه اتمی دالتون، قوانین وزنی و حجمی در واکنشهای شیمیایی، شناخت خواص گازها، کشف عناصر و تهیه ترکیبات جدید پیش آمد که آنها همه در رسیدن به شیمی امروزی سهم هستند.

از سوی دیگر، مطالعات ارزندهٔ داوی، فاراده، آرتیوس و دیگران بحث الکتروشیمی را به دنیای شیمی گشاند. ساختن اتم در پرتو پژوهشهای تامسون، رادرفورد، بوهر و دیگر دانشمندان به مطالعه درآمد. جدول تناوبی عنصرها به کوشش مندلیف و هم عصرانش تنظیم و تکمیل شد و شیمی آلی در پرتو کوششهای پیگیر و هلر، وان ت هف، ککوله و... در مسیر درست خود قرار گرفت، و بالاخره در پرتو همه آنچه که برشمرده شد و آنچه که مجال گفتن آن در این مختصر نبود، درخت تنومند شیمی به بار نشست، به طوری که امروزه کمتر محصولی می‌توان یافت که شیمی در تهیه آن نقشی نداشته باشد و یا کمتر فرآیندی می‌توان در نظر گرفت که شیمی در آن ردپایی نداشته باشد. امروزه شیمی و فرآورده‌های صنعتی و غیرصنعتی آن از چنان اهمیتی برخوردارند که معادلات اقتصادی و حتی سیاسی جهان صنعتی تحت الشعاع آنها قرار دارد.

## ۹-۱ پیشرفتهای علمی و صنعتی در سده‌های ۱۷ و ۱۸

سرزمینهای اروپایی در سده‌های میانی از حدود سده چهارم تا سیزدهم پس از میلاد شاهد رکود نسبی

۱- Alchemist

۲- Chemist

علمی و صنعتی بود، حال آنکه سرزمینهای اسلامی در بخشی از این دوران (سده هشتم تا دوازدهم) شکوفایی و توسعه علمی به خود می‌دید. دوره تجدید حیات علمی در اروپا از سده ۱۴ آغاز می‌شود و تا پایان قرن ۱۶ به نقطه اوج خود می‌رسد. اروپاییان در این چند سده موقعیتهای چشمگیری در عرصه علم، فلسفه، صنعت و... نصیب خود ساختند. به دنبال دوره تجدید حیات علمی، پیشرفتهای علمی گوناگون در اروپا در سده‌های ۱۷ و ۱۸ به قدری زیاد بود که نام انقلاب علمی به خود گرفت. کاربرد دست‌آوردهای علمی در عرصه تکنولوژی و صنعت در نیمه دوم سده ۱۸ و اوایل سده ۱۹، به حدی فراوان و فراتر از انتظار بود که به آن نام انقلاب صنعتی داده شد.

### ۱-۱ توسعه شیمی و صنایع شیمیایی در دوران جدید

تا حوالی سده ۱۷ و اوایل سده ۱۸، اغلب این طرز فکر حاکم بود که اجرای سنجش و اندازه‌گیری کمی در شیمی دشوار و شاید ناممکن باشد. چنین نگرشی مانع اساسی پیشرفت منطقی علم شیمی نسبت به فیزیک بود. با وجود این، برخی شیمیدانان که از هوس و نبوغ بالایی برخوردار بودند، کوشیدند تا سنجش و اندازه‌گیری را در شیمی همچون فیزیک رواج دهند.

در سال ۱۷۵۴، برنیک و شیمی‌دانی به نام بلاک<sup>۱</sup> در ارتباط با پژوهشهایی که برای دریافت درجه دگرایی برنیک خود انجام می‌داد، نخست، مقداری سنگ آهک (کلسیم کربنات) را وزن کرد، سپس آن را حرارت داد تا به  $CaO$  و  $CO_2$  تجزیه شود. پس از آن، ماده برجای مانده را از نو توزین کرد و از این راه به کاهش وزن حاصل پی برد. این آزمایش بلاک سرآغازی برای سنجشها و اندازه‌گیریهای بعدی در شیمی محسوب می‌شود.

در سال ۱۷۶۶، هنری کاوندیش<sup>۲</sup> حجمهای معینی از گازها را وزن کرد و دریافت که گاز هیدروژن که خود آن را تهیه کرده بود در ردیف سبکترین گازهای شناخته شده آن زمان است. در سال ۱۶۷۷، بویل ایرلندی، بستگی میان حجم و فشار یک نمونه هوا را مورد مطالعه و سنجش قرار داد و به قانونی دست یافت که امروزه به «قانون بویل در مورد بستگی میان حجم و فشار یک نمونه گاز در دمای ثابت»، مشهور است.

گامهای اساسی بعدی در مورد اندازه‌گیری در شیمی توسط لاوزیه در سالهای نزدیک به ۱۷۷۰ برداشته شد و در برتو آن، قانون بقای جرم در واکنشهای شیمی شکل گرفت.

لاوزیه در سال ۱۷۷۰ برای آزمودن عقیده فلاسفه یونان باستان درباره عنصر بودن آب به آزمایش جالبی دست زد. فلاسفه یونان باستان عقیده داشتند که آب یکی از عنصرهای چهارگانه

۱- Joseph Black

۲- Henry Cavendish



تشکیل دهنده جهان خلقت است. آنها بر این باور بودند که آب در پی جوشیدن منوالی، به خاک تبدیل می‌شود. لاوازه مقداری آب را توزین کرد و سپس آن را در بالنی مجهز به یک سرد کننده ریخت. او آب داخل بالن را برای ۱۰۱ روز جوشاند و بخار آب حاصل از جوشاندن، در مبرد سرد و مایع شد و از نو به داخل بالن برگشت. لاوازه در پایان این مدت دید که شفافیت آب و مقدار آن تغییری نکرده است و از تبدیل آب به خاک خبری نشده است. او با این آزمایش نشان داد که عقاید فلاسفه یونان باستان در خصوص عنصر بودن آب نادرست است. شما امروزه می‌دانید که آب یک جسم مرکب است و از هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده است.

آزمایشهای کمی که از آنها نام برده شد و نتایجی که سایر دانشمندان انجام دادند آشکار ساختند که شیمی نیز علمی است که با اندازه‌گیری و کمیت سرو کار دارد و می‌توان نتایج آزمایشهای شیمیایی را به‌طور کمی گزارش کرد و از معادلات دقیق ریاضی برای بیان آنها استفاده کرد.

این دستاوردها، به همراه سایر دستاوردهای بسیار عظیم شیمیدانان در سده ۱۹، باعث شدند که علم شیمی ابعاد بسیار وسیعی یابد، خواه از جنبه‌های نظری و خواه از جنبه‌های کاربردی. در همین راستا، صنایع عظیم شیمیایی بسیاری، مانند تهیه اسیدها، بازها، نمکها و اکسیدها، استخراج فلزات و تهیه آلیاژها، تهیه محصولات شیمیایی که از جنبه‌های نظامی، کشاورزی، دارویی و... شایان اهمیت هستند. صنایع نفت و پتروشیمی، صنایع سیلیکات، صنایع رنگ و... شکل گرفته، تکامل یافتند.

از سویی علم شیمی در حال حاضر، در پرتو تکامل و توسعه بسیاری که پیدا کرده است به شاخه‌های شیمی آلی، شیمی معدنی، شیمی تجزیه، شیمی فیزیک و... اشتقاق یافته است و امروزه هر یک از این شاخه‌ها یا رشته‌ها خود در آن اندازه وسیع و پهناور است که شاید یک دانش‌پژوی پرتلاش بتواند حتی در تمام عمر خود بخشی از یکی از آنها را به‌دقت فراگیرد و در آن صاحب‌نظر شود.

## ۱۱- اهمیت صنایع شیمیایی

در صنایع شیمیایی، شاهد تهیه و ساختن هزاران فرآورده مورد مصرف جوامع انسانی هستیم. با کمی دقت می‌توانیم دریابیم که دوام و بقای جوامع پیشرفته امروزی سخت وابسته به صنایع شیمیایی است و شکوفایی اقتصاد ملی هر کشوری در پرتو توان و گستردگی صنایع شیمیایی آن کشور امکان‌پذیر است. برای بی‌بردن به این مطلب، به چند مثال توجه کنید:

با انجام عملیات شیمیایی بر روی نفت خام، گاز طبیعی و زغال‌سنگ می‌توانیم صدها فرآورده بسیار مهم و ارزشمند به‌دست آوریم. فرآورده‌هایی مانند انواع بترینها، نفت و گازوئیل، انواع روغن‌ها،

گاز شهری، زغال کک و صدها محصول پتروشیمی دیگر. شما با کمی دقت می‌توانید به اهمیت این فراورده‌ها در زندگی روزانه، حمل و نقل، امور نظامی، کشاورزی، دارویی و... پی ببرید.

استخراج آهن از کانیهای آن، به دنبال انجام یک سلسله واکنشهای شیمیایی در کوره بلند صورت می‌گیرد. اهمیت آهن و فراورده‌های آن برای شما بسیار آشکار است. از آهن و آلیاژهای آن در صنایع ماشین‌سازی، ساخت کشتی و هواپیما، نساجی و... استفاده می‌شود.

تهیه آلومینیم از بوکسیت و تهیه فلزات دیگر از ترکیبات آنها نیز به دنبال انجام واکنشهای شیمیایی در دستگاههای موردنظر، عملی می‌شود.

از سوزاندن گوگرد و پایریت در کارخانه و انجام عملیات بعدی بر روی آن، سولفوریک اسید به دست می‌آید. از این اسید برای تهیه انواع کودهای شیمیایی، برخی نمکها، دیگر ترکیبهای شیمیایی، حل کردن کانیها و... استفاده می‌شود.

آمونیاک و نیتریک اسید از محصولات جنبی صنعت زغال سنگ و گاز طبیعی به دست می‌آیند. این دو در تهیه کودهای شیمیایی و برای مصارف دیگر اهمیت زیادی دارند.

از نمک طعام برای تهیه هیدروکلریک اسید، سدیم کربنات، سود، گاز کلر، سدیم و... استفاده می‌شود که اینها به نوبه خود در تهیه صابون، کاغذ، پارچه‌های پنبه‌ای و پشمی، پلاستیک، فبرها و... کاربرد دارند.

از راه انجام عملیات شیمیایی بر روی چوب، می‌توان به محصولاتی چون ابریشم مصنوعی، انواع فبرها، انواع کاغذها، پلاستیکها، پودرهای بدون دود، زغال فعال، استیک اسید، اتانول و متانول، تریانتین، رزین، استون و... دست یافت.

انواع شیشه‌ها و انواع رنگهای مصنوعی از راه انجام واکنشهای شیمیایی بر روی مواد خام اولیه مورد نظر به دست می‌آیند.

تهیه انواع سرامیکها و فراورده‌های سرامیکی نیز با انجام واکنشهای شیمیایی چندی همراه است.

تولید انرژی نیز به نوبه خود بیشتر منشأ شیمیایی و صنایع شیمیایی دارد؛ مانند: انرژی حاصل از سوختهای معمولی و انرژی حاصل از واکنشهای هسته‌ای.

به همین ترتیب، در پتروشیمی و صنایع شیمیایی است که انواع داروهای پزشکی، سمهای دفع آفات، انواع کانالیزورها و هزاران محصول دیگر سنتز، تهیه و یا استخراج می‌شود. و این است که با اطمینان می‌توان گفت شکوفایی اقتصادی ملی تا حدود زیادی در پتروشیمی و صنایع شیمیایی امکان پذیر است.

## پرسش و تمرین

۱. دوره‌های تاریخی را که علم شیمی از کیمیاگری تا به امروز پشت سر گذاشته است شرح دهید.
۲. هنرهای عملی شیمیایی گونه را که در هر یک از سرزمینهای بین‌النهرین، ایران، مصر، یونان، هندوچین در عهد باستان رواج داشته است شرح دهید.
۳. کیمیاگران چه هدفهایی را دنبال می‌کردند؟
۴. نظریه چهار عنصری را مورد نقد قرار دهید.
۵. کیمیاگران صدر اسلام را نام ببرید و خلاصه‌ای از کارهای هر یک را بیان کنید.
۶. چه نوع صنایع اولیه‌ای در صدر اسلام رواج داشته است؟
۷. چگونه گذر از کیمیاگری به شیمی را شرح دهید.
۸. انقلاب علمی و انقلاب صنعتی در چه سده‌هایی رخ داد؟
۹. ارتباط میان صنایع شیمیایی و شیمی را مورد بحث قرار دهید و پنج صنعت شیمیایی مهم را نام ببرید.
۱۰. آیا می‌توانید صنعتی را نام ببرید که به کلی از شیمی بی‌بهره باشد؟

### آشنایی با برخی اصطلاحات و مفاهیم

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
- برخی اصطلاحات و مفاهیم مورد استفاده در صنایع شیمیایی از قبیل تکنولوژی،  
تکنولوژی صنایع شیمیایی، روش، فرآیند، سنتز و ... را تعریف کند.

#### ۲ - ۱ مقدمه

شما در جریان فراگرفتن هر علمی با اصطلاحات و مفاهیم بنیادی بسیاری روبه‌رو می‌شوید. توجه داشتن به معنای دقیق این اصطلاحات کمک زیادی به امر یادگیری آن علم می‌کند. در این راستا، در صنایع شیمیایی که از قلمرو وسیعی نیز برخوردار است با اصطلاحات و مفاهیمی مانند تکنولوژی، تکنولوژی صنایع شیمیایی، روش، فرآیند، ماده‌خام، محصول، بهره یا بازده و ... برخورد می‌کنید که در نظر گرفتن معنای علمی آنها سالوده یادگیری این علم را تشکیل می‌دهد.

واژه تکنولوژی از زبان یونانی گرفته شده است. این واژه از دو بخش تشکیل شده است: یکی تکنو (Technè) به معنای هنر و فن و دیگری لوزی (Logy) که به معنای محاوره و یادگیری از راه گفتگو است. بدینسان، معنای لغوی تکنولوژی تقریباً شناخت هنر و فن و بحث در خصوص آن است. در حال حاضر، اصطلاح تکنولوژی دارای مفهوم بسیار وسیعی است و گاه آن را به معنای شناخت صنایع و محصولات صنعتی و توسعه و به کارگیری آنها می‌دانند. در ادامه این فصل، شما با معنای رایج تکنولوژی و برخی اصطلاحات و مفاهیم مهم دیگر آشنا خواهید شد.

#### ۲ - ۲ تعریف ساده‌ای از تکنولوژی و تکنولوژی شیمیایی

شما در مطالعه و شناخت صنایع شیمیایی با اصطلاح «تکنولوژی» زیاد روبه‌رو می‌شوید. در خصوص معنای رایج و امروزی آن چه فکر می‌کنید؟ تکنولوژی به زبان ساده عبارت است از مطالعه عملی و نظری روشها و عملیات لازم برای تبدیل مواد خام طبیعی به محصولات قابل مصرف و ساخت و تهیه انواع وسایل، دستگاهها و مانسبهای مورد استفاده.

مواد خام طبیعی: یعنی موادی که در طبیعت موجوداند. برای مثال، زغال‌سنگ، نفت خام، سنگهای معدنی فلزی و غیرفلزی، آب، هوا و مانند آنها، مواد خام طبیعی شمرده می‌شوند.

بیشتر مواد خام پیش از آنکه عملیاتی بر روی آنها انجام شود قابل مصرف نیستند. برای مثال، نفت خامی که از چاههای نفت استخراج می‌شود، قابل مصرف برای منظورهای مختلف نیست، از نفت خام نمی‌توان به عنوان بنزین، گازوییل و دیگر فرآورده‌های نفتی استفاده کرد. برای به دست آوردن فرآورده‌های مختلف نفتی باید عملیات گوناگونی بر روی نفت خام انجام شود. به مجموعه این عملیات و روشهای مورد استفاده و شناخت و مطالعه آنها، «تکنولوژی بالایش نفت» گفته می‌شود. به عنوان مثالی دیگر به تولید صنعتی آهن توجه کنید. آهن محصول صنعتی بسیار مهمی است؛ اما به صورت خالص به ندرت در طبیعت پیدا می‌شود. در مقابل، اکسیدهای آهن، سولفیدهای آهن و کربنات آن در حد زیادی در زمین یافت می‌شوند. برای تهیه آهن از این ترکیبات، باید یک سلسله عملیات مانند خرد کردن، جدا کردن، گرم کردن، احیا کردن و ... بر روی آنها انجام شود. در اینجا نیز به شناخت فنی این عملیات و مطالعه و بررسی آنها «تکنولوژی تولید آهن» گفته می‌شود.

پرسش: یا توجه به تعریفی که از تکنولوژی ارائه شد، منظور از تکنولوژی استخراج فند، تکنولوژی آلیاژها، تکنولوژی جرم، تکنولوژی کاغذ و تکنولوژی صابون چیست؟

اکنون در مورد «تکنولوژی صنایع شیمیایی» چه فکری کنید؟ در صنایع شیمیایی، با جنبه‌های کاربردی علم شیمی و محصولات شیمیایی روبه‌رو هستیم و در کارخانه‌های صنایع شیمیایی از مواد خام طبیعی محصولات صنعتی و غیر صنعتی را به دست می‌آوریم.

برای مثال، به تهیه سولفوریک اسید که یک محصول بسیار مهم صنایع شیمیایی است توجه کنید. مواد خامی که برای تهیه آن به کار می‌روند، سولفیدهای طبیعی و یا گوگرد طبیعی و اکسیژن هوا است. سولفیدها و یا گوگرد را در کوره می‌سوزانند تا  $SO_2$  حاصل شود.  $SO_2$  حاصل را بالایش کرده، سپس با اکسیژن هوا از روی کاتالیزگر گرم عبور می‌دهند تا به  $SO_3$  اکسید شود. آنگاه  $SO_3$  را در آب حل می‌کنند تا محلول سولفوریک اسید به دست آید. اکنون می‌گوییم که به شناخت این مجموعه عملیات و به کارگیری و مطالعه آنها «تکنولوژی تولید سولفوریک اسید» گفته می‌شود.

بر این قیاس، می‌توان گفت منظور از تکنولوژی صنایع شیمیایی عبارت است از شناخت و به کارگیری روشها و عملیات لازم برای تبدیل مواد خام طبیعی به محصولات شیمیایی.

یک تقسیم‌بندی کلی از تکنولوژی؛ برخی اوقات تکنولوژی را به مکانیکی و مهندسی شیمیایی دسته‌بندی می‌کنند. تکنولوژی مکانیکی شامل شناخت، به کارگیری و مطالعه مجموعه روشها و عملیاتی است که برای تغییر شکل و یا تغییر خواص فیزیکی مواد اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالی که در تکنولوژی مهندسی شیمیایی، شناخت، به کارگیری و مطالعه مجموعه روشها و عملیاتی که در آنها ترکیب درصد، خواص شیمیایی و ساختار کلی مواد شرکت‌کننده دستخوس



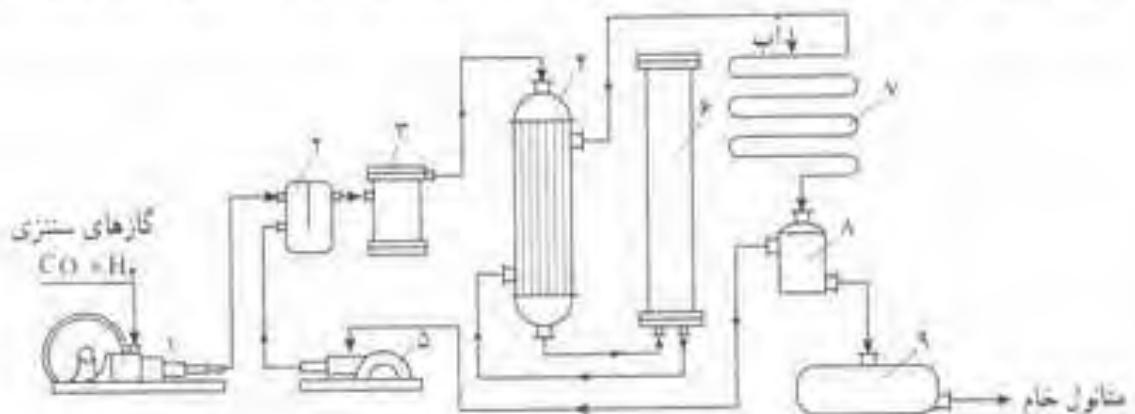
تغییر اساسی می‌شوند، مورد نظر می‌باشند.

باید در نظر داشت که این تقسیم‌بندی در عمل چندان دقیق نیست و معمولاً در هر یک از آن دو، ممکن است روشها و عملیاتی از هر دو نوع شرکت داشته باشند.

## ۲-۳ روش تولید یک محصول

روش تولید یک محصول عبارت است از یک عده عملیات پی‌درپی که باید بر روی مواد اولیه انجام شود، تا از آن، محصول مورد درخواست به دست آید. به‌عنوان مثال، به تولید صنعتی متانول توجه کنید. برای تهیه صنعتی متانول، از CO و H<sub>2</sub> استفاده می‌شود. CO و H<sub>2</sub> خود از واکنش هیدروکربنهای مناسب با آب در شرایط مناسب به دست می‌آیند. از واکنش میان کربن و بخار آب در دمای مناسب نیز می‌توان به CO و H<sub>2</sub> دست یافت. از الکترولیز آب نیز می‌توان هیدروژن و اکسیژن را تهیه کرد.

اکنون به روش تهیه متانول از CO و H<sub>2</sub> توجه کنید. نخست مخلوط این دو گاز با نسبت مناسبی از H<sub>2</sub> و CO فشرده می‌شود و پس از عبور از سیستم مخلوط‌کننده و گرم‌کننده، به درون برج کانالیزگرددار سرازیر می‌شود. سنتز متانول در داخل برج انجام می‌گیرد و محصول به دست آمده پس از خروج از برج سنتز، متراکم و سرد شده، به صورت مایع در می‌آید و در مخزن مناسبی جمع‌آوری می‌شود. مجموعه چنین عملیاتی که طی آن، یک محصول یا یک فرآورده از مواد اولیه لازم به دست می‌آید، روش تولید آن محصول را می‌رساند. ترتیب این عملیات ممکن است از راه تشریحی و یا از راه نموداری معرفی شود. معرفی نموداری اغلب ساده‌تر است و از دقت کردن در آن می‌توان به نکات آموزنده‌ای رسید. در شکل ۲-۱ ترتیب عملیاتی سنتز متانول از CO و H<sub>2</sub>، از راه نموداری نشان داده



شکل ۲-۱ نمودار عملیات لازم برای سنتز متانول از هیدروژن و مونواکسید کربن

۱- متراکم‌کننده ۲- مخلوط‌کن ۳- صافی ۴- مبادله‌کننده گرم ۵- متراکم‌کننده ۶- برج سنتز ۷- جگانه و

سردکننده ۸- جداکننده ۹- مخزن جمع‌آوری متانول.



شده است و علاوه بر آن، وسایل، دستگاهها و ماشینهای مورد استفاده نیز در جای خود معرفی شده اند.

## ۲-۴ فرآیند در تکنولوژی شیمیایی

در تکنولوژی شیمیایی، فرآیند شامل مجموعه تغییرهای فیزیکی و شیمیایی است که در مراحل تبدیل ماده خام اولیه به محصول شیمیایی مورد نظر، انجام می‌شود. برای مثال به جزئیات فرآیند تهیه آهک توجه کنید. در این فرآیند نخست سنگ آهک (کلسیم کربنات طبیعی) را در اندازه‌های مناسب خرد کرده، در صورت نیاز ناخالصیهای اولیه را از آن جدا می‌کنند، سنگ خرد شده را در کوره می‌جینند و سپس برای مدت زمان لازم آن را حرارت می‌دهند تا کلسیم کربنات به آهک زنده،  $\text{CaO}$  و گاز کربن دی‌اکسید تجزیه شود.  $\text{CaO}$  را از کوره خارج کرده، بر آن آب می‌پاشند تا به آهک نسکفته،  $\text{Ca(OH)}_2$  تبدیل شود. آهک نسکفته محصولی است که آماده برای مصارف ساختمانی است.

یک فرآیند ممکن است به صورت «دفعه به دفعه»<sup>۱</sup> و یا «مداوم»<sup>۲</sup> انجام شود. در حالت نخست مقادیر مشخصی از مواد خام را در دستگاه و یا در ظرف عمل می‌ریزند و با هم مخلوط می‌کنند. سپس عملیات لازم را بر روی آنها انجام می‌دهند تا محصول یا محصولات در نتیجه تغییرهای فیزیکی و شیمیایی به عمل آمده، به دست آیند. آنگاه محصول یا محصولات را از ظرف و یا دستگاه خارج می‌کنند و از نو عملیات گفته شده را برای دور بعد و دورهای دیگر تکرار می‌نمایند. به فرآیندی با مشخصات گفته شده «فرآیند بچ»<sup>۳</sup> می‌گویند.

در فرآیند مداوم یا جاری<sup>۴</sup>، مواد اولیه به تدریج و به صورت جریان، از یک سو وارد محیط واکنش می‌شود. در آنجا تغییرات فیزیکی و شیمیایی لازم بر روی آنها انجام می‌گیرد و محصولات فرآیند تشکیل می‌شوند. این محصولات به تدریج و به طور پیوسته از سوی دیگر از محیط واکنش خارج می‌گردند.

امروزه تهیه بیشتر محصولات صنعتی از راه فرآیندهای مداوم و یا جاری صورت می‌گیرد و بازده اقتصادی آن بسیار بالاتر است. به نمودار ترسیم شده در شکل ۲-۱ پیرامون تهیه صنعتی متانول توجه کنید. در این نمودار چگونگی تهیه متانول به روش پیوسته و یا جاری نشان داده شده است. همانطوری که گفتیم مواد واکنش دهنده پس از آماده شدن، به صورت جاری و پیوسته وارد برج ستر می‌شوند و در آنجا در حضور کاتالیزگرهای مختلف و در دما و فشار مناسب با هم واکنش می‌دهند و متانول را می‌سازند. متانول تولید شده، از سمت دیگر به طور پیوسته از برج خارج می‌شود و پس از سرد و مایع شدن در مخزن جمع می‌گردد.

لازم است در نظر داشته باشید که در هر فرآیند تکنولوژیکی شیمیایی سه مرحله اساسی دخالت دارد :

الف - انتقال اجزای واکنش دهنده به محیط واکنش و انتشار آنها در یکدیگر.

ب - انجام واکنشهای شیمیایی لازم در محیط واکنش.

ج - بیرون راندن محصولات از محیط واکنش.

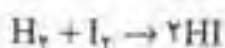
از میان سه مرحله یاد شده، مرحله ب، دارای اهمیت زیادی است. در این مرحله است که واکنشهای شیمیایی مورد نظر انجام می‌شوند و در صنایع شیمیایی دارای نقش تعیین کننده هستند. واکنشهای انجام شده ممکن است تا حدودی کامل و یا اینکه پیشرفت کمی داشته باشند، سریع انجام شوند و یا آنکه کند باشند، با کاتالیزگر همراه، یا بدون کاتالیزگر باشند و یا اینکه دارای شرایط دیگری باشند.

## ۲ - ۵ اهمیت تعادل‌های شیمیایی در تکنولوژی

تعادل‌های شیمیایی در تولید محصولات صنایع شیمیایی اهمیت زیادی دارند. در این راستا، ابتدا بحث گوناومی را در مورد انواع واکنشهای شیمیایی با شما در میان می‌گذاریم :

الف - واکنشهای کامل : در برخی از واکنشها، وقتی مواد واکنش دهنده را به نسبت مناسب با هم مخلوط می‌کنیم تقریباً به طور کامل به محصولات تبدیل می‌شوند. برای مثال، اگر ۴۰/۰ گرم سود (سدیم هیدروکسید) به حالت محلول و ۳۶/۵ گرم هیدروکلریک اسید به حالت محلول را با هم مخلوط کنیم، آن دو، تقریباً به طور کامل با هم واکنش داده، تماماً از بین می‌روند و در ازای آن، محصول واکنش که نمک (سدیم کلرید) و آب است به دست می‌آیند. به این واکنش و واکنشهای مثل آن، واکنشهای کامل با یک طرفه می‌گویند.

ب - واکنشهای تعادلی : در عده زیادی از واکنشها، تنها قسمتی از هریک از مواد واکنش دهنده به محصولات تبدیل می‌شود و قسمتی هم به همان صورت اولیه باقی می‌ماند. به عنوان مثال، واکنش  $H_2$  با  $I_2$  از این گونه است. معادله این واکنش به صورت زیر است



طبق این معادله، ۲ گرم هیدروژن ( $H_2$ ) می‌تواند با ۲۵۴ گرم ید ( $I_2$ ) واکنش بدهد. اما وقتی این مقادیر از  $H_2$  و  $I_2$  را در ظرفی در دمای مناسب با هم مخلوط می‌کنیم، می‌بینیم که پس از گذشت زمان لازم، فقط کسری از مقدارهای گفته شده با هم واکنش داده، به HI تبدیل می‌شوند و کسر دیگر آنها به همان صورت  $H_2$  و  $I_2$  باقی می‌مانند. برای مثال، اگر ۲ گرم هیدروژن (۱ مول  $H_2$ ) و ۲۵۴

گرم بد (۱ مول  $I_2$ ) را در دمای  $430^\circ C$  در یک ظرف  $10$  لیتری با هم مخلوط کنیم و منتظر بمانیم که واکنش میان آن دو، تا سرحد امکان پیشرفت کند، در نهایت دیده خواهد شد که در این دما فقط  $78/6\%$  از مقدارهای مخلوط شده وارد واکنش می‌شوند و به  $HI$  تبدیل می‌گردند و  $21/4\%$  بقیه به همان صورت  $H_2$  و  $I_2$  در ظرف باقی می‌ماند. بدین ترتیب، در این دما، تعداد مولهای  $HI$  تولید شده در ظرف  $1/572$  و تعداد مولهای باقیمانده از هر یک از  $H_2$  و  $I_2$  برابر با  $0/214$  است. این مقادیر، دیگر با گذشت زمان در دمای داده شده تغییر نمی‌کنند و ثابت می‌مانند. از این رو گفته می‌شود که آنها در ظرف با هم در حال تعادل هستند و واکنش به تعادل رسیده است. به واکنش در حال تعادل «تعادل نسبی» می‌گویند.

واکنشی مانند واکنش میان  $H_2$  و  $I_2$ ، واکنش غیر کامل نام دارد؛ زیرا تمام مقدار مواد واکنش دهنده که در شرایط آزمایش در ظرف واکنش با هم مخلوط می‌کنیم، به محصولات تبدیل نمی‌شوند، بلکه فقط قسمتی از آنها وارد واکنش می‌شوند.

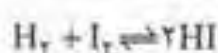
با توجه به مقدارهای تجربی که برای واکنش  $I_2 + H_2$  در  $430^\circ C$  و در ظرف به حجم  $10$  لیتر، داده شد، می‌توان غلظت مولاری هر یک از  $HI$ ،  $H_2$  و  $I_2$  را در مخلوط در حال تعادل به شرح زیر حساب کرد:

$$[HI] = 1/572 \text{ mol} \div 10 \text{ L} = 0/1572 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[H_2] = [I_2] = 0/214 \text{ mol} \div 10 \text{ L} = 0/0214 \text{ mol L}^{-1}$$

نماد  $[ ]$  برای نمایش غلظت بر حسب مول بر لیتر بکار می‌رود، این غلظتها برای این واکنش در شرایط داده شده، با گذشت زمان ثابت می‌مانند و آن، از ویژگیهای واکنش  $H_2$  با  $I_2$  در شرایط مورد بحث است.

نظر به اینکه در واکنش میان  $H_2$  و  $I_2$ ، در شرایط آزمایش، هم امکان تشکیل  $HI$  از  $H_2$  و  $I_2$  و هم امکان تجزیه آن به  $H_2$  و  $I_2$  در کار است، معادله آن را به صورت زیر می‌نویسند:



در ضمن برای چنین واکنش دو طرفه‌ای، یک ثابت تعادل،  $K_c$ ، را بر طبق رابطه زیر در نظر می‌گیرند:

$$K_c = \left( \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \right) = \frac{(0/1572)^2}{0/0214 \times 0/0214} = 54$$

در موقع تعادل

مقدار ۵۴ به عنوان ثابت تعادل واکنش داده شده، فقط در دمای  $۴۳^{\circ}\text{C}$  معتبر است و با تغییر دما مقدار آن نیز تغییر خواهد کرد.

یک واکنش در حال تعادل کدام است؟ یک واکنش وقتی در حالت تعادل است که در شرایط آزمایش تا سرحد امکان پیشرفت کرده باشد و از آن به بعد در مقدار محصولات تولید شده و مقدار مواد اولیه باقیمانده، با گذشت زمان تغییری حاصل نشود.

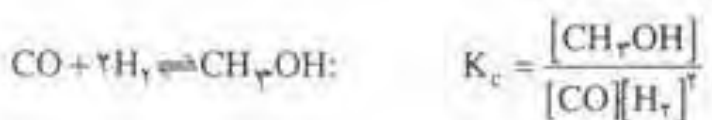
ثابت تعادل یک واکنش در حالت کلی: یک واکنش کلی دو طرفه مانند



را که در یک دمای معین به حالت تعادل است در نظر بگیرید. ثابت تعادل آن،  $K_c$ ، به صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$K_c = \frac{[C]^{\gamma}[D]^{\delta}}{[A]^{\alpha}[B]^{\beta}}$$

مثال:



اهمیت ثابت تعادل در تکنولوژی شیمیایی: هر واکنش شیمیایی دو طرفه دارای یک ثابت تعادل مخصوص به خود در یک دمای معین است. هر اندازه ثابت تعادل واکنشی بزرگتر باشند، آن واکنش به مرز کامل بودن نزدیکتر است، یعنی در آن، درصد بیشتری از مقادیر مواد اولیه قابل تبدیل به محصولات است. برای مثال، ثابت تعادل واکنش « $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ » در دمای معمولی در حدود  $۱۰^{-۳۲}$  است که عدد بسیار بزرگی است.

$$K_c = \frac{[\text{HCl}]^2}{[\text{Cl}_2][\text{H}_2]} \cong ۱۰^{-۳۲}$$

از این ثابت تعادل فوق العاده بزرگ درمی یابیم که واکنش  $\text{H}_2$  با  $\text{Cl}_2$  تا مرز کامل شدن پیش می رود. از سوی دیگر، ثابت تعادل واکنش « $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ » در  $۷۲۳^{\circ}\text{C}$  در حدود  $۱/۳$  است که مقدار نسبتاً کوچکی است.

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} \cong 0.3$$

از این ثابت تعادل نسبتاً کوچک بی می‌بریم که واکنش  $N_2$  با  $H_2$  در شرایط داده شده پیشرفت زیادی ندارد و پس از تعادل، علاوه بر  $NH_3$ ، مقادیر قابل توجهی از  $N_2$  و  $H_2$  که وارد واکنش نشده‌اند در ظرف عمل نیز موجودند.

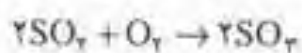
دما تأثیر زیادی در مقدار ثابت تعادل یک واکنش دارد. اگر واکنشی در زمان انجام، گرما آزاد کند، ثابت تعادل آن با افزایش دما کوچکتر می‌شود. برعکس، ثابت تعادل واکنشی که گرماگیر است، با بالا رفتن دما بزرگتر می‌شود.

موضوع تأثیر دما بر روی ثابت تعادل، در تولید محصولات شیمیایی اهمیت زیادی دارد. در واقع با تغییر دما می‌توان بازده یک واکنش شیمیایی را تغییر داد و آن را بهینه ساخت.

عامل فشار نیز به نوبه خود می‌تواند در میزان تشکیل یک محصول مؤثر باشد. هرگاه یک محصول طی واکنشی حاصل شود که در آن تعداد مولکولهای به حالت گاز در طرف دوم واکنش کمتر از طرف اول آن است، افزایش فشار بهره تشکیل آن محصول را بالا می‌برد. برای مثال، در واکنش  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  بهره تشکیل  $NH_3$  از  $N_2$  و  $H_2$  در فشارهای بالاتر بیشتر است (در یک دمای ثابت).

## ۲-۶ اهمیت کاتالیزورها در تکنولوژی شیمیایی

کاتالیزورها موادی هستند که باعث افزایش سرعت واکنشهای شیمیایی می‌شوند. با استفاده از یک کاتالیزگر مناسب می‌توان زمان تولید یک محصول را کاهش داد. این موضوع از دید اقتصادی بسیار مهم است و از این راه می‌توان هزینه‌های مربوط به تولید محصولات صنایع شیمیایی را کاهش داد. برای مثال، در یکی از مرحله‌های تهیه سولفوریک اسید باید  $SO_2$  را به  $SO_3$  تبدیل کرد:



سرعت این واکنش بدون کاتالیزگر ناچیز است و از دید اقتصادی به صرفه نزدیک نیست. اما سرعت همین واکنش، با شرکت کاتالیزگری مانند  $V_2O_5$  بسیار افزایش یافته. قابل توجه می‌شود.

## ۲-۷ بهره یک واکنش

بهره یا راندمان یک واکنش، درصد مواد واکنش دهنده (مواد اولیه) را که تا لحظه برقراری تعادل به محصولات تبدیل شده‌اند می‌رساند. برای مثال اگر در واکنشی پس از آنکه ۷۰٪ از مواد واکنش دهنده



به محصولات تبدیل شد، تعادل برقرار شود، می‌گوییم بهره یا راندمان این واکنش ۷۰٪ است. در واکنشهای کامل، بهره واکنش در حدود ۱۰۰٪ است. در واکنشهای دیگر، بهره واکنش کمتر از ۱۰۰٪ است.

در واکنشی مانند  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$  که تقریباً تا مرز کامل شدن پیش می‌رود، بهره واکنش در حدود همان ۱۰۰٪ است، یعنی تمامی  $H_2$  و  $Cl_2$  به  $HCl$  تبدیل می‌شود. در مقابل در واکنش  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  که پیشرفت چندانی ندارد، بهره واکنش در حدود یک چند درصد بیشتر نیست. یعنی درصد کمی از  $N_2$  و  $H_2$  با هم ترکیب شده و به  $NH_3$  تبدیل می‌شوند و بقیه به صورت ترکیب شده باقی می‌مانند.

در اینجا لازم است توجه داشته باشید که افزایش دما، بهره واکنشهای گرماگیر را بالا می‌برد. از سوی دیگر، افزایش فشار در صورتی بهره تشکیل یک محصول شیمیایی را بالا می‌برد که واکنش تشکیل آن محصول با کم شدن تعداد مولکولهای گاز همراه باشد.

تمرین: الف - در ارتباط با صنایع شیمیایی، دو واکنش را نام ببرید که بهره آن با افزایش دما افزایش یابد.

ب - دو واکنش شیمیایی صنعتی را نام ببرید که بهره آن با افزایش فشار افزایش یابد.

## ۲ - ۸ مواد خام مورد استفاده در صنایع شیمیایی

برای عملی ساختن یک فرآیند تکنولوژیکی، به مواد خام، انرژی و وسایل و دستگاههای لازم، نیاز است. مواد خام، رکن اساسی تولید یک محصول محسوب می‌شود. مسأله اقتصادی، روشهای تولید و کیفیت یک محصول ارتباط تنگاتنگی با مواد خام مورد استفاده در تهیه آن محصول دارند. مواد خام: به موادی می‌گویند که به‌طور طبیعی یافت می‌شوند (صفحه ۱۷) و از آنها برای تهیه محصولات صنعتی استفاده می‌شود. توسعه روزافزون تولیدات صنعتی و نیاز روزافزون به محصولات شیمیایی، اهمیت مواد خام را روز به روز آشکارتر کرده، مواد خام جدیدی را می‌طلبند.

می‌توان مواد خام مورد استفاده در صنایع شیمیایی را از نظر منابع دسترسی به آنها به سه دسته تقسیم کرد: معدنی، گیاهی و حیوانی. در این میان، مواد خام معدنی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. این مواد از معادن موجود در زمین استخراج می‌شوند که ممکن است به‌حالت جامد، مایع و یا گاز باشند. شما خود می‌توانید نمونه‌هایی از مواد خام جامد، مایع و گاز را که از معادن به‌دست می‌آیند نام ببرید.

پرسش: منابع مواد معدنی کدام است؟

یک تقسیم‌بندی دیگر از مواد خام، یا در نظر گرفتن ماهیت آنها، می‌تواند به‌صورت مواد خام

الی و غیر آلی باشند. گاهی اوقات، مواد خام معدنی را به سنگهای معدنی، غیر فلزی و قابل سوختن نیز تقسیم‌بندی می‌کنند. سنگهای معدنی شامل آن دسته از مواد خام معدنی هستند که از آنها فلز استخراج می‌شود. مواد معدنی غیر فلزی، به مواد خامی می‌گویند که برای تهیه فلز به کار نمی‌روند، در مقابل، برای تهیه ترکیبات شیمیایی و مواد مورد مصرف در کارهای ساختمانی و... مورد استفاده‌اند؛ مانند سولفانها، فسفاتها، تیرانها و... مواد معدنی قابل سوختن، مانند نفت خام، زغال سنگ طبیعی و... توجه داشته باشید که آب و هوا نیز در شمار مواد خام طبیعی هستند که اهمیت آنها برای همه ما روشن است.

مواد خام گیاهی و حیوانی مانند چوب، بنه، ابریشم، روغنبا، چربها، شیر، بره پشم و غیره ممکن است برای دو مصرف به کار برده شوند: یکی برای تهیه غذا که در این صورت به آنها مواد خام غذایی گفته می‌شود و دیگری برای تهیه محصولات صنعتی که در این حالت به آنها مواد خام تکنیکی گفته می‌شود. در عین حال، در برخی فرآیندهای صنعتی، مواد خام غذایی به محصولات صنعتی و یا به عکس تبدیل می‌شوند.

پرسش: الف - آیا می‌توانید مواد خام را به روشهای دیگری هم دسته‌بندی کنید؟

ب - تأثیر مواد خام و نیز تأثیر کیفیت این مواد در اقتصاد ملی کدام است؟

## ۲ - ۹ معرفی برخی فرآیندهای مهم در تکنولوژی شیمیایی

مجموعه عوامل و متغیرهایی که در سرعت، بهره و کیفیت محصول یک فرآیند مؤثر هستند، «نظام تکنولوژیکی» آن فرآیند را تشکیل می‌دهند. در بیشتر فرآیندهای تکنولوژیکی شیمیایی، عوامل و متغیرهای مؤثر عبارت‌اند از:

دما، فشار، کاتالیزگر و فعالیت آن، غلظت مواد واکنش‌دهنده، روش به کار رفته برای به هم زدن مخلوط واکنش و درجه اختلاط.

به علاوه عواملی مانند ولتاژ، جگالی جریان در فرآیندهای الکتروشیمیایی و شدت تابش در فرآیندهای فتوشیمیایی نیز در خور اهمیت می‌باشند.

فرآیندهای تکنولوژیکی شیمیایی برحسب عوامل و متغیرهای مؤثر در آنها و محیطهای واکنش مورد استفاده، ممکن است به دو دسته تقسیم شوند: همگن و ناهمگن. در فرآیندهای تکنولوژیکی همگن، مواد واکنش‌دهنده همگی در یک فاز قرار دارند، مثلاً همه آنها به صورت گاز و یا به صورت محلول و یا به صورت جامد هستند. برعکس، در فرآیندهای تکنولوژیکی ناهمگن، مواد واکنش‌دهنده، فازهای مختلفی را تشکیل می‌دهند. مثلاً ممکن است برخی از آنها به صورت گاز، برخی به شکل محلول و یا برخی به حالت جامد باشند.

تمرین: چند فرآیند تکنولوژیکی همگن و چند فرآیند تکنولوژیکی ناهمگن را نام ببرید و هر یک از آنها را به طور مختصر شرح دهید.

فرآیندهای تکنولوژیکی ناهمگن ممکن است بیشتر در شکل «گاز - مایع»، «گاز - جامد» و «مایع - جامد» باشند. باید در نظر داشت که در بیشتر فرآیندهای صنعتی یا دو یا چند فاز سروکار داریم و اهمیت این نوع فرآیندها در صنعت خیلی بیشتر از فرآیندهای همگن است. برخی فرآیندهای ناهمگن عبارتند از:

سوختن جامدات و مایعات، حل کردن فلزات و مواد معدنی در اسیدها و بازها، احیای اکسیدهای قلزی در کوره‌ها، جداسازی از راه تقطیر و تبلور و ...

از سوی دیگر، بسته به عوامل نظام تکنولوژیکی، می‌توان فرآیندها را به فرآیندهای با دمای پایین، با دمای بالا، با شرکت کاتالیزگر، بدون شرکت کاتالیزگر، در زیر خلأ، در فشار بالا و یا در فشار معمولی، با غلظت‌های بالا یا پایین از واکنش‌دهنده‌ها و ... نیز تقسیم‌بندی کرد. از میان آنها برخی که اهمیت بیشتری دارند عبارتند از:

الف - فرآیندهای با دمای پایین و بدون دخالت کاتالیزگر.

ب - فرآیندهای با دمای بالا.

ج - فرآیندهای کاتالیزگری.

د - فرآیندهای الکتروشیمیایی.

تمرین: فرآیند را تعریف کنید و چند فرآیند ساده و آشنای مربوط به صنایع شیمیایی را شرح دهید. در اینجا لازم است توجه نمایید که برخی فرآیندها را در دمای ثابت انجام می‌دهند که به آنها فرآیندهای تک دما یا هم‌دما می‌گویند. از سوی دیگر در برخی فرآیندها، شرایط را طوری فراهم می‌کنند که گرمایی مبادله نشود. چنین فرآیندی که بدون مبادله گرما انجام می‌گیرد، «فرآیند آدیاباتیک» نام دارد.

## ۲ - ۱ تعریف برخی فرآیندها و اصطلاحات دیگر در صنایع شیمیایی

همانطور که گفته شد قلمرو و گستره صنایع شیمیایی بسیار وسیع است و از این رو، در صنایع شیمیایی با فرآیندهای گوناگون و اصطلاحات مختلف روبه‌رو هستیم. تا اینجا با برخی فرآیندها و اصطلاحات آشنا شده‌اید. اینک برخی دیگر را که اهمیت بیشتری دارند، نام می‌بریم.

**تقطیر<sup>۱</sup>**: تقطیر فرآیند نسبتاً پیچیده‌ای است که برای جدا کردن اجزای یک مخلوط مایع از یکدیگر به کار می‌رود. در فرآیند تقطیر هم تبخیر<sup>۲</sup> و هم جگالش<sup>۳</sup> پیش می‌آید. در عمل تبخیر، یک

۱. Adiabatic    ۲. Distillation    ۳. Evaporation    ۴. Condensation

جزء به حالت مایع، در نتیجه جذب گرما به بخار تبدیل می‌شود و در عمل جگالنس، یک بخار در نتیجه سرد شدن و از دست دادن گرما و گاه همراه با تراکم یافتن به حالت مایع در می‌آید. توجه داشته باشید که جگالنس، معکوس عمل تبخیر است.

در صنعت نفت از فرآیند تقطیر، به‌ویژه تقطیر جزء به جزء، در معیار وسیعی برای جدا کردن برشهای نفتی از یکدیگر استفاده می‌شود.

**تبلور<sup>۱</sup>:** تبلور فرآیندی است که برای جدا کردن اجسام حل شده، از یک محلول مایع به کار می‌رود. از این فرآیند برای خالص‌سازی نیز استفاده می‌شود. تبلور ممکن است در دمای متغیر و یا در دمای ثابت صورت گیرد. تبلور در دمای متغیر بدین ترتیب است که محلول سیر شده در یک دمای بالا را به تدریج سرد می‌کنند تا جسم حل شده، در شکل جامد متبلور از محلول ته‌نشین و جدا شود. این روش موقعی به کار می‌رود که قابلیت حل شدن اجسام حل شده در دماهای بالاتر پیش از دماهای پایین‌تر باشد.

تبلور در دمای ثابت، چنین است که محلول را در دمای ثابت تبخیر می‌کنند، تا مقداری از حلال از این راه به بخار تبدیل شود و محلول به صورت سیر شده و فوق سیر شده درآید و از آنجا مقداری از جسم حل شده به شکل بلور از محلول جدا شود.

**استخراج<sup>۲</sup>:** در این عمل، یک مخلوط را با حلال مناسبی مجاور می‌کنند. خاصیت این حلال طوری است که یکی از اجزای مخلوط را در حد زیادی در خود حل می‌کند، در حالی که سایر اجزای مخلوط به کار رفته، یا در حلال تقریباً نامحلول هستند و یا آنکه قابلیت حل شدن آنها اندک است. از این راه، یک جزء از مخلوط در حلال به کار رفته حل می‌شود که با تبخیر محلول به دست آمده می‌توان آن جزء را جدا نمود. با انتخاب حلالهای مناسب دیگر می‌توان سایر اجزای مخلوط را از این راه از آن جدا ساخت.

**تمرین:** مخلوطی از دو نمک مناسب را تهیه کنید و به کمک حلال آب، آن دو را از هم جدا سازید. حلالهای مورد استفاده برای این روش عبارت‌اند از: آب، اسیدهای معدنی، قلیاها، حلالهای آلی مانند کربن تتراکلرید، الکلها و ...

استخراج یک جزء از یک مخلوط جامد به کمک حلال<sup>۳</sup>، در سطح وسیعی در عملیات صنایع شیمیایی به کار می‌رود. مثالهایی از آن عبارت‌اند از: جدا کردن برخی نمکها و ترکیبات از هم، جدا کردن محصولات حاصل از شکستن اوراتیم در محیطهای واکنش هسته‌ای، جدا کردن محصولات دارویی از هم و ...

۱. Crystallization

۲. Extraction or Leaching

۳. Leaching



لخته شدن<sup>۱</sup>: لخته شدن فرآیندی است که طی آن ذرات کلوئیدی به هم می‌چسبند و ذرات بزرگتر را تشکیل می‌دهند و به صورت لخته درمی‌آیند. فرآیند لخته شدن در صنایع لاستیک، پلاستیک، الیاف، غذایی و ... دارای اهمیت زیادی است.

جذب<sup>۲</sup>: در فرآیند جذب، مولکولهای یک نوع ماده در بین مولکولهای یک ماده دیگر نفوذ کرده و در آنجا ننگه‌داری می‌شوند. برای مثال وقتی یک نمونه گاز را در تماس با یک مایع قرار می‌دهیم، مولکولهای گاز به تدریج در بین مولکولهای مایع نفوذ کرده، ناپدید می‌شوند (در واقع در آن حل می‌شوند). در برخی اوقات فرآیند جذب ممکن است با انجام واکنش شیمیایی همراه شود؛ مانند جذب هیدروژن کلرید در آب که یک نوع انحلال همراه با انجام واکنش است.

از فرآیند جذب در تهیه سولفوریک اسید، هیدروکلریک اسید، نیتریک اسید، فسفریک اسید، آمونیاک، سدیم کربنات و ... در حد زیادی استفاده می‌شود. همانطور که اشاره شد، فرآیند جذب ممکن است با انجام واکنشهای شیمیایی نیز همراه شود.

تمرین: یک فرآیند جذب که با انجام واکنش شیمیایی همراه است نام بپرید و معادله واکنش آن را هم بنویسید.

جذب سطحی<sup>۳</sup>: در جذب سطحی مولکولهای یک نوع ماده، (معمولاً مولکولهای یک گاز)، بر روی سطح یک جامد جمع می‌شوند اما به درون آن نفوذ نمی‌کنند. این فرآیند در واکنشهای کاتالیزگری ناهمگن اهمیت بسیار زیادی دارد. برای مثال در سنتز آمونیاک، مواد واکنش‌دهنده، یعنی  $N_2$  و  $H_2$  بر روی سطح کاتالیزگر جذب می‌شوند. در نتیجه این کار، تشکیل آمونیاک آسان می‌شود. واجذب<sup>۴</sup>: واجذب معکوس عمل جذب سطحی است. در این عمل، مولکولهای جذب شده بر روی سطح یک جامد از آن جدا می‌شوند. در بسیاری از فرآیندهای تکنولوژیکی از جذب و واجذب به طور همزمان استفاده می‌شود.

تمرین: یک فرآیند در صنایع شیمیایی را نام بپرید که در آن از فرآیند جذب و واجذب استفاده می‌شود.

بخش<sup>۵</sup>: پراکنده شدن مولکولهای یک گاز، یا یک مایع را «بخش» می‌نامند (به پراکنده شدن انرژی گرمایی و نور نیز انتشار می‌گویند). پدیده بخش نیز به نوبه خود در فرآیندهای تکنولوژیکی شیمیایی اهمیت بسیار زیادی دارد. برای مثال، وقتی در واکنش « $H_2 + Cl_2$ » مواد واکنش‌دهنده را با هم مجاور می‌کنیم مولکولهای آنها از راه بخش در هم مخلوط شده، وارد واکنش می‌شوند و از آنجا گاز هیدروژن کلرید حاصل می‌شود.

پرسش: الف - تفاوت میان جذب و جذب سطحی در چیست؟  
ب - برای هر یک از جذب و جذب سطحی یک جذب فیزیکی و یک جذب شیمیایی را نام  
ببرید.

## ۲ - ۱۱ تعریف ساده موازنه جرم و انرژی

در محاسبات تکنولوژیکی، موضوعاتی چون هیدرودینامیک، گرما، انتقال جرم، سرعت واکنش و موضوعات دیگری از این قبیل، با هم، مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرند. در این میان، موضوع موازنه جرم و موازنه انرژی در طراحی یک واحد شیمی صنعتی بسیار مهم است.

موازنه جرم براساس قانون محفوظ ماندن جرم در واکنشهای شیمیایی صورت می‌گیرد. قانون محفوظ ماندن جرم در واکنشهای شیمیایی و یا قانون بقای ماده می‌گوید که در یک واکنش شیمیایی، مجموع جرم مواد واکنش دهنده و مجموع جرم محصولات با هم مساوی است. وقتی این قانون را در مورد یک فرآیند تکنولوژیکی شیمیایی به کار می‌بریم، معنای آن این است که جرم مواد اولیه شرکت کننده در فرآیند (مواد ورودی) با جرم مواد نهایی حاصل (مواد خروجی) مساوی است.

چون مواد خام مورد استفاده در فرآیندها اغلب ناخالص هستند، بنابراین برخی محصولات فرعی نیز به دست می‌آیند و برخی پس مانده‌های غیر قابل مصرف نیز برجای می‌مانند. از این رو در موقع موازنه جرم باید جرم آنها را هم در موازنه شرکت داد.

موازنه انرژی: دانشمندان از راه تجربه‌های گوناگون پی برده‌اند که در جریان تغییرهای فیزیکی و شیمیایی انرژی نابود نمی‌شود و از هیچ هم به وجود نمی‌آید، بلکه از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود و یا از جایی به جای دیگر جابه‌جا می‌شود. این بیان، قانون «بقای انرژی» نام دارد. براساس این قانون می‌توان به «موازنه انرژی» در فرآیندهای به کار رفته در تکنولوژی شیمیایی مبادرت کرد و مجموع انرژیهای مصرف شده و آزاد شده را در برابر هم نهاد.

غالباً در فرآیندهای وابسته به تکنولوژی شیمیایی به جای موازنه انرژی، موازنه گرما را مورد توجه قرار می‌دهند. در این موازنه تمام گرماهایی را که در فرآیند آزاد می‌شود و تمام گرماهایی را که مصرف می‌شود جداگانه حساب می‌کنند و از مقایسه آنها پی می‌برند که فرآیند از لحاظ گرمایی در کل چه موقعیتی دارد.

واکنشهای هسته‌ای: در واکنشهای معمولی مانند سوختن هیدروژن در اکسیژن، واکنش هیدروژن با کلر، خنثی شدن اسیدها و بازها با یکدیگر و ... معمولاً الکترونها لایه آخر آنها و مولکولهای شرکت کننده دستخوش تغییر و جابه‌جایی می‌شوند، در حالی که هسته‌ها بدون تغییر می‌مانند.

از سوی دیگر، در واکنشهای هسته‌ای، هسته‌های اتمها هستند که دچار تغییر می‌شوند. معمولاً دو نوع واکنش هسته‌ای را می‌توان در نظر گرفت. یکی شکافت هسته‌ها، دیگری جوش خوردن هسته‌ها به یکدیگر. در شکافت هسته‌ای، هسته‌های سنگین به هسته‌های سبک‌تر شکسته می‌شوند. اما در جوش هسته‌ای، چند هسته سبک‌تر به هم جوش می‌خورند و هسته سنگین‌تری را به وجود می‌آورند.

معمولاً، هم در شکافت هسته‌ای و هم در جوش هسته‌ای مقدار اندکی از جرم هسته‌های واکنش دهنده به انرژی تبدیل می‌شود و از این راه انرژی فوق‌العاده زیادی به نام انرژی هسته‌ای تولید می‌شود. در تکنولوژی هسته‌ای کوشش می‌شود که انرژی حاصل از واکنشهای هسته‌ای مهار شده، از آن برای مقاصد صلح‌جویانه و سازندگی استفاده بهینه به عمل آید.

### ✱ مطالعه آزاد

به طور کلی، هم در واکنشهای هسته‌ای از نوع شکافت<sup>۱</sup> و هم از نوع جوش<sup>۲</sup>، جرم هسته‌های به دست آمده اندکی از جرم هسته‌های واکنش دهنده کمتر است. این تفاوت جرم که آن را با  $\Delta m$  نشان می‌دهند، همان است که به انرژی تبدیل می‌شود. انرژی حاصل از این کاهش جرم، از رابطه‌ای که به نام رابطه اینشتین<sup>۳</sup> در مورد تبدیل ماده و انرژی به یکدیگر مشهور است، قابل محاسبه است.

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad \text{«رابطه اینشتین»}$$

$c$ ، سرعت نور است. در این رابطه، اگر  $\Delta m$  برحسب کیلوگرم و  $c$  برحسب متر بر ثانیه داده شود، انرژی برحسب ژول به دست خواهد آمد.

مثال: اگر در یک واکنش هسته‌ای ۱ گرم ماده به انرژی تبدیل شود، چند ژول انرژی حاصل خواهد شد؟

پاسخ: از معادله اینشتین استفاده می‌کنیم. سرعت نور برابر است با

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta mc^2 \\ &= 0.001 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 9 \times 10^{13} \text{ J} \\ &\equiv 2 \times 10^{13} \text{ cal} \end{aligned}$$



این انرژی، انرژی فوق‌العاده زیادی است و تقریباً برابر با انرژی گرمایی حاصل از سوختن کامل ۱۰۰۰۰ تن زغال در شکل گرافیت است. این مثال نشان‌دهنده اهمیت و عظمت تکنولوژی هسته‌ای است.

تمرین: انرژی حاصل از تبدیل ۱/۰ گرم ماده به انرژی، می‌تواند چند گرم یخ  $0^{\circ}\text{C}$  را به آب  $0^{\circ}\text{C}$  ذوب کند؟ (هر ۱ گرم یخ برای آنکه ذوب شود باید  $80$  کالری گرما را دریافت کند)

### پرسش و تمرین

۱. معنای اصطلاح «تکنولوژی» چیست؟ تکنولوژی شامل شناخت و به کارگیری چه مجموعه عملیاتی است؟
۲. تکنولوژی شیمیایی چه نوع تکنولوژی است؟ آن را شرح دهید.
۳. یک صنعت شیمیایی چه نوع صنعتی است؟ چند نوع صنعت شیمیایی را نام برده و اهمیت هر یک را شرح دهید.
۴. روش تولید یک محصول شامل چه نکاتی است؟ تفاوت میان فرآیند تیج و فرآیند مداوم کدام است؟
۵. یک فرآیند تکنولوژیکی، معمولاً دارای چه مراحل اساسی است؟
۶. یک ثابت تعادل بزرگ از چه خبر می‌دهد؟
۷. بهره یا راندمان یک واکنش کدام است؟ چه عواملی بر آن مؤثر هستند؟ اثر آنها را توضیح دهید.
۸. مواد خام چه نوع موادی هستند؟ دسته‌بندی آنها چگونه است؟ اهمیت آنها را شرح دهید.
۹. نظام تکنولوژیکی یعنی چه؟ چگونه دسته‌بندی فرآیندهای تکنولوژیکی را شرح دهید. پنج فرآیند تکنولوژیکی مهم را نام ببرید.
۱۰. تعریف ساده هر یک از فرآیندهای استخراج، تبلور، جذب، جذب سطحی، لخته‌شدن و بخش کدام است؟
۱۱. اهمیت موازنه جرم و موازنه انرژی در عملیات صنایع شیمیایی را شرح دهید.
۱۲. در چه نوع واکنش شیمیایی، افزایش دما و افزایش فشار، بهره‌تولید محصول واکنش را بالا می‌برد؟



### شناخت صنایع اسیدها، بازها و نمکها

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:

– صنایع اسیدها، بازها، نمکها و برخی کاربردهای آنها را به طور مقدماتی

توضیح دهد.

#### ۳-۱ مقدمه

وقتی تاریخ صنایع شیمیایی را مرور می‌کنیم، به آسانی درمی‌یابیم که به دنبال کشف و تهیه اسیدهایی مانند سولفوریک اسید، نیتریک اسید، هیدروکلریک اسید بوده است که صنایع شیمیایی در مسیر تکامل و توسعه سریع خود قرار گرفته است. در واقع، سولفوریک اسید پس از آب، هوا، زغال سنگ و نفت از مهمترین محصولاتی است که در صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و یقیناً تهیه صنعتی اسیدهای معدنی به عنوان یکی از پیشرفتهای مهم در توسعه صنایع شیمیایی به حساب می‌آید.

اسیدهای معدنی کاربردهای زیادی دارند؛ برای مثال، از آنها برای حل کردن بسیاری از مواد معدنی، تهیه بسیاری از محصولات شیمیایی، تهیه کودهای شیمیایی و در بسیاری از شاخه‌های صنعت استفاده می‌شود.

#### ۳-۲ سولفوریک اسید

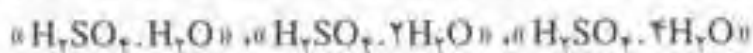
سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) خالص مایعی سنگین و روغنی شکل است<sup>۱</sup> و کار کردن با آن باید با احتیاط زیاد همراه باشد. سولفوریک اسید با هر نسبتی در آب حل می‌شود و گرمای زیادی را تولید می‌کند. گرمای حل شدن اسید در آب به قدری زیاد است که می‌تواند محلول را به شدت به جوش آورد. در موقع حل کردن سولفوریک اسید غلیظ در آب، باید دقت زیادی را به عمل آورد و اسید را کم کم و به آهستگی در آب ریخت و آن را به هم زد. هیچ وقت نباید آب را در اسید غلیظ ریخت، چرا؟

۱. چگالی سولفوریک اسید در  $25^\circ C$  برابر با  $1.84 \text{ gcm}^{-3}$  است. دمای انجماد و جوش آن در فشار ۱ اتمسفر به ترتیب

$10^\circ C$  و  $338^\circ C$  است.

در تجارت، نام سولفوریک اسید هم برای اسید خالص و هم برای محلول آن در آب  $(H_2SO_4 + nH_2O)$  استعمال دارد. حتی این نام گاهی برای اُنسوم  $(H_2SO_4 + nSO_2)$  نیز به کار می‌رود.

سولفوریک اسید با آب هیدراتهای پایداری را می‌دهد. این هیدراتها اغلب مانند یک ترکیب شیمیایی عمل می‌کنند. مهمترین هیدراتهای این اسید «سولفوریک اسید - آب» عبارت‌اند از:



بخار سولفوریک اسید در دماهای بالا به آب و  $SO_2$  تجزیه می‌شود<sup>۱</sup>.



برخی نکات مهم در مورد سولفوریک اسید: این اسید یک ترکیب شیمیایی بسیار فعال است. اکسیدهای فلزی و بیشتر فلزات را در خود حل می‌کند. از سولفوریک اسید برای تهیه اسیدهای دیگر از نمکهایشان در دماهای مناسب استفاده می‌شود. این اسید یک آبگیر و جاذب رطوبت قوی است. بسم و محصولات گیاهی، بافتهای سلولزی، نشاسته و شکر و نظایر آنها، در سولفوریک اسید غلیظ تجزیه می‌شوند. اسید غلیظ پوست را می‌سوزاند و از این لحاظ باید با احتیاط زیاد با آن کار کرد.

کاربرد: فعالیت شیمیایی بسیار زیاد سولفوریک اسید و پایین بودن قیمت آن باعث شده است که این اسید در ردیف یکی از محصولات بسیار مهم صنایع شیمیایی درآید. به سختی می‌توان یک واحد تولیدی صنعتی را تصور کرد که در آن از سولفوریک اسید و یا فرآورده‌هایی که سولفوریک اسید در تهیه آنها به کار می‌رود، استفاده نشود. مصرف عمده سولفوریک اسید در تهیه کودهای شیمیایی مثل سوپرفسفاتها، آمونیم سولفات و ... است. بسیاری از اسیدهای دیگر و نمکها نیز به کمک سولفوریک اسید تهیه می‌شوند. از این اسید در استخراج فلزات غیر آهنی نیز زیاد استفاده می‌شود. مصارف دیگر این اسید عبارت است از:

در آبکاری، در بالایش محصولات نفتی و پتروشیمیایی، در صنعت رنگ، در داروسازی، در تهیه برخی ترکیبات آلی، در تهیه شوینده‌ها، در تهیه سموم و حشره‌کشها، در تهیه ابریشم مصنوعی، در آماده کردن الیاف برای رنگ، در صنایع غذایی، در باتری‌سازی و در تهیه مواد منفجره و ...

۱- در بالاتر از  $400^\circ C$ ، درصد  $SO_2$  در تعادل بالا بیش از  $H_2SO_4$  است.

در دماهای خیلی بالاتر،  $SO_2$  نیز به نوبه خود به  $SO_3$  و  $O_2$  تجزیه می‌شود.

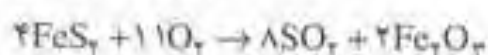
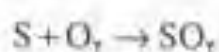


در بالاتر از  $700^\circ C$ ، تعادل بالا بیشتر شامل  $SO_3$  و  $O_2$  است. در واقع در بالاتر از  $1000^\circ C$  تقریباً تمامی  $SO_2$  به  $SO_3$

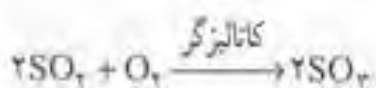
و  $O_2$  تجزیه می‌شود.

تولید صنعتی سولفوریک اسید: در صنعت، سولفوریک اسید را با دو روش تهیه می کنند. یکی، روشی که در گذشته رواج داشته است و دیگری روشی که امروزه مرسوم است. در گذشته،  $SO_2$  حاصل از سوزاندن گوگرد را به کمک اکسیژن هوا و با شرکت کاتالیزگرهای مانند  $NO$  و  $NO_2$  به  $SO_3$  تبدیل می کردند و سپس از حل کردن  $SO_3$  در آب، محلول سولفوریک اسید را تهیه می نمودند. در روش امروزی که از آن به نام روش مجاورت یاد می شود، برای تبدیل  $SO_2$  به  $SO_3$  از کاتالیزگرهای فلزی و اکسید فلزی استفاده می شود. این روش از اواخر سده نوزده و اوایل سده بیست متداول شده و در حال حاضر جایگزین روش اول گردیده است که بیش از دوست سال مورد استفاده بوده است.

در هر دو روش، نخستین مرحله شامل تهیه گوگرد دیوکسید،  $SO_2$ ، از سوزاندن گوگرد یا پیریت در کوره های مناسب است



$SO_2$  حاصل از این راه، دارای ناخالصیهای زیادی است. این ناخالصیها به سرعت کاتالیزگرهای به کار رفته در تبدیل  $SO_2$  به  $SO_3$  را ضایع کرده، آنها را از فعالیت باز می دارند.



از این رو، لازم است این ناخالصیها را از  $SO_2$ ، قبل از تبدیل آن به  $SO_3$ ، جدا نمود. تهیه سولفوریک اسید به روش مجاورت: این روش علاوه بر مرحله تولید  $SO_2$  دارای سه مرحله اساسی دیگر است:

(۱) جدا کردن ناخالصیها از  $SO_2$  برای جلوگیری از ضایع شدن کاتالیزگرها و از کار افتادن آنها (برای جلوگیری از مسموم شدن کاتالیزگرهای به کار رفته).

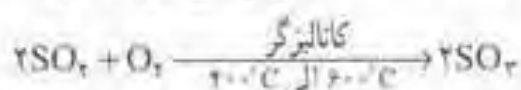
(۲) اکسایش  $SO_2$  به  $SO_3$  به کمک کاتالیزگرهای مناسب (در اینجا، اکسایش به معنای واکنش دادن با اکسیژن است).

(۳) جذب  $SO_3$  حاصل و تبدیل آن به سولفوریک اسید، محلول سولفوریک اسید برای جذب  $SO_3$  بسیار مناسب است و می تواند مقدار زیادی از آن را در خود حل کند. از این راه می توان آلنوم را به دست آورد. آلنوم محلول  $SO_3$  در  $H_2SO_4$  است. مقدار  $SO_3$  در آلنوم به ۲۰ درصد هم می رسد.

گذشته از آن، می توان سولفوریک اسید ۹۲/۵٪ را هم تهیه کرد که ۷/۵٪ آب دارد

سولفوریک اسید تجارتي که در بازار به فروش می‌رسد، معمولاً در حدود ۹۸٪ خالص است. در روش مجاورت، کاتالیزگرهای زیادی را برای تسريع واکنش اکسایش  $SO_2$  به  $SO_3$  شناسایی کرده‌اند. از میان آنها، تنها سه کاتالیزگر است که کارایی بیشتری دارند و جنبه تجاری یافته‌اند. این سه کاتالیزگر عبارت‌اند از پلاتین، آهن (III) اکسید و وانادیم (V) اکسید. امروزه بیشتر از وانادیم (V) اکسید و آهن (III) اکسید استفاده می‌شود، زیرا هم ارزاتر هستند و هم در برابر ناخالصیها، فعالیت خود را به سرعت از دست نمی‌دهند.

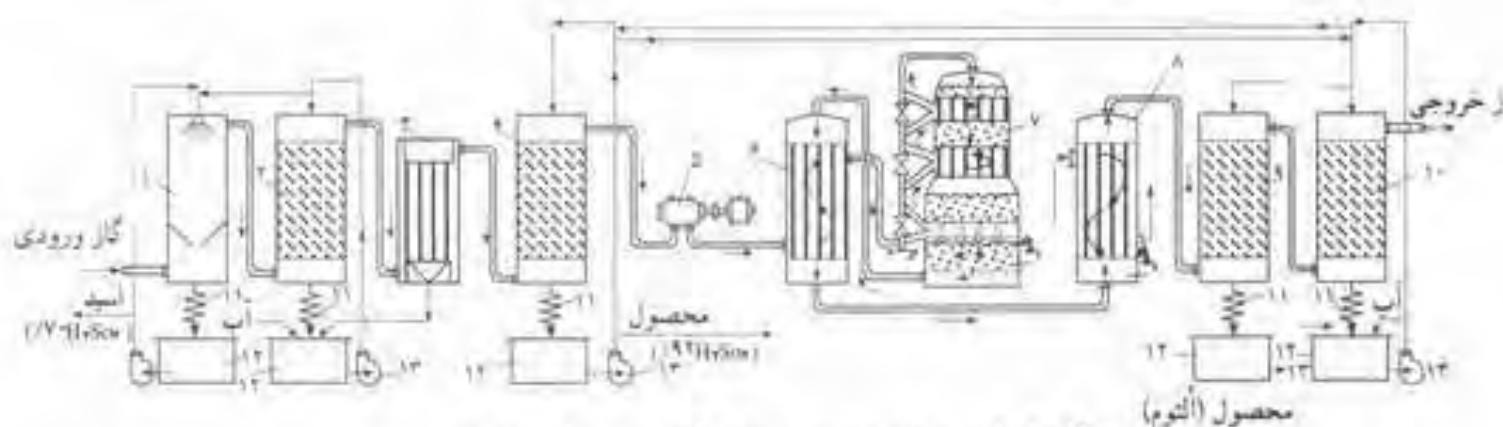
در کارخانهٔ باکسان در نزدیکی تهران یک واحد تولید سولفوریک اسید وجود دارد که روش مورد استفاده در آن واحد، همان روش مجاورت است و بیشتر از کاتالیزگر  $V_2O_5$  استفاده می‌شود. برای بالا بردن سرعت تبدیل  $SO_2$  به  $SO_3$  علاوه بر استفاده از کاتالیزگر، لازم است دما هم در یک حد مناسبی بالا باشد. معمولاً دماهای بین  $400^\circ C$  تا  $600^\circ C$  برای این کار مناسب است.



تمرین: به کمک مطالعه کتابخانه‌ای روش تهیه سولفوریک اسید یا شرکت اکسیدهای نیتروژن به عنوان کاتالیزگر را مورد بررسی قرار دهید و معادله واکنشهای انجام شده در این روش را بنویسید (این تمرین به عنوان مطالعه آزاد است).

پرسش: در واکنش تهیه  $SO_3$  از  $SO_2$ ، فشرده کردن مخلوط مواد شرکت کننده در واکنش چه تأثیری بر روی بهرهٔ تبدیل  $SO_2$  به  $SO_3$  دارد؟

تمرین: به نمودار داده شده در شکل ۳-۱ توجه کنید. در این نمودار مراحل تهیه سولفوریک اسید به روش مجاورت نشان داده شده است. در آن چه نوع سولفوریک اسیدی به عنوان محصول به دست آمده است؟



شکل ۳-۱ نمودار تهیه صنعتی سولفوریک اسید به روش مجاورت.

۱ و ۲- برجهای تخلیص - ۳ صافی - ۴ برج خشک‌کن - ۵ مبراگم‌کننده - ۶ مبادله‌کنندهٔ گرما - ۷ محیط واکنشی کاتالیزگری  
 ۸- گاز سردکن ۹ و ۱۰- برجهای جدت ۱۱- سردکننده‌های اسید ۱۲- مخزنهای اسید ۱۳- بجها



### ۳-۳ آمونیاک

آمونیاک،  $NH_3$ ، یکی از ترکیبات نیتروژن دار است. ترکیبات نیتروژن دار به طور کلی در زندگی انسان و موجودات زنده و در صنایع گوناگون شیمیایی اهمیت بسیاری دارند. برای بی بردن به این موضوع به چند مورد از کاربرد این ترکیبات توجه کنید:

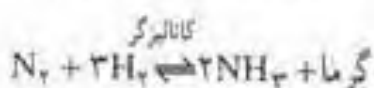
- در بسیاری از فرآیندهای زیست شیمیایی با ترکیبات نیتروژن سروکار است.  
- پروتئینها که برای ادامه حیات و در صنایع غذایی اهمیت زیادی دارند، در ردیف ترکیبات نیتروژن دار می باشند.

- از ترکیبات نیتروژن دار برای تهیه کودهای شیمیایی، مواد منفجره و آتش زا، به عنوان حد واسط در تهیه رنگها، پلاستیکها، الیاف سنتزی، داروهای پزشکی، داروهای عکاسی و ... استفاده می شود. مهمترین محصولات اولیه ای که برای تهیه سایر ترکیبات نیتروژن دار مورد استفاده قرار می گیرند، یکی آمونیاک و دیگری نتریک اسید است. از این رو باید به تهیه صنعتی این دو محصول بیشتر توجه کرد.

ترکیبات نیتروژن دار طبیعی که از نظر تجارت شایان توجه باشند کمتر یافت می شوند. تنها در شیلی و جنوب افریقا است که معادن مهم سدیم نترات وجود دارد. علاوه بر آن، از گازهای حاصل از تقطیر زغال سنگ نیز مقادیری ترکیبات نیتروژن دار (مانند آمونیم سولفات) حاصل می شود.

از سوی دیگر، نیتروژن به شکل گاز  $N_2$  بخش مهمی از هوای اطراف زمین را تشکیل می دهد. هوا به طور عمده مخلوطی از گاز نیتروژن ( $N_2$ ) و گاز اکسیژن ( $O_2$ ) است. در هوا گازهای دیگری مانند،  $H_2$ ،  $Ne$ ،  $He$ ،  $Kr$ ،  $Xe$ ،  $CO_2$  و ... نیز به مقدارهای بسیار کم یافت می شوند. در حدود  $78/۰۳\%$  حجم هوا از گاز  $N_2$ ،  $2۰/۹۵\%$  آن از گاز  $O_2$ ،  $۰/۹۳\%$  آن از گاز آرگن و بقیه شامل مخلوط سایر گازهای موجود در هوا است.

تهیه صنعتی آمونیاک: تهیه صنعتی آمونیاک در سالهای ۱۹۰۸-۱۹۰۴ توسط هابر<sup>۱</sup> طراحی شد. در روش هابر، نیتروژن و هیدروژن را در دماهای مناسب از روی کاتالیزگر عبور می دهند:



چون واکنش تشکیل آمونیاک گرما ده است، لذا بازده یا بهره واکنش در دماهای پایینتر بیشتر است. اما همانطوری که می دانید، سرعت واکنش تشکیل آمونیاک در دماهای پایین ناچیز است و این امر از لحاظ اقتصادی مطلوب نیست. از این رو در صنعت، آمونیاک را در یک دمای مناسب بالا و با

<sup>۱</sup> - F. Haber

استفاده از کاتالیزگر و در فشارهای زیاد تهیه می‌کنند.

دماهای بین  $400^{\circ}\text{C}$  تا  $500^{\circ}\text{C}$  دماهای مناسبی برای تهیه آمونیاک هستند. علاوه بر آن، باید آمونیاک را در فشارهای بالا و در حدود  $1000$  اتمسفر تهیه کرد. در جدول ۳-۱ درصد آمونیاک در مخلوط در حال تعادل « $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ » در دماها و فشارهای مختلف داده شده است. دقت در آن می‌تواند بسیار آموزنده باشد.

جدول ۳-۱ درصد آمونیاک در تعادل  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  در دماها و فشارهای مختلف.

درصد آمونیاک		
دما ( $^{\circ}\text{C}$ )	در فشار $300\text{-atm}$	در فشار $1000\text{-atm}$
۲۰۰	٪۸۹/۹۴	٪۹۸/۲۹
۳۰۰	٪۷۰/۹۶	٪۹۲/۵۵
۴۰۰	٪۴۷/۰۰	٪۷۹/۸۲
۵۰۰	٪۲۶/۴۴	٪۵۷/۴۷
۶۰۰	٪۱۳/۷۷	٪۳۱/۴۳
۷۰۰	٪۷/۲۸	٪۱۲/۸۳

با کمی دقت در جدول، می‌توانید به این نکته پی‌برید که در دماهای پایین و در فشارهای بالا بازدهی واکنش تشکیل آمونیاک بیشتر است. اما همانطور که اشاره شد، در دماهای پایین، سرعت واکنش بسیار کم است، لذا دماهای بین  $400^{\circ}\text{C}$  -  $500^{\circ}\text{C}$  دماهای مناسبی برای سنتز آمونیاک است. در تهیه صنعتی آمونیاک به چند نکته مهم باید توجه کرد:

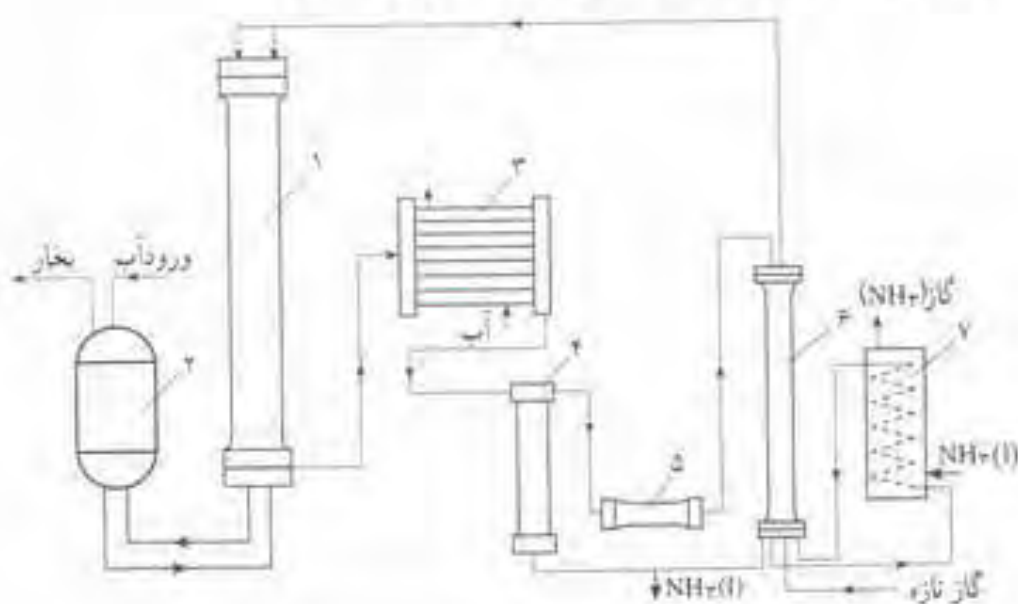
الف - چگونگی تهیه  $\text{H}_2$  و  $\text{N}_2$  لازم برای سنتز آمونیاک که  $\text{N}_2$  را از هوا جدا می‌کنند و  $\text{H}_2$  را از تجزیه متان و همولوگهای آن و یا از الکترولیز آب و ... به دست می‌آورند.  
ب - جدا کردن ناخالصیها از مخلوط  $\text{N}_2 + \text{H}_2$ : مخصوصاً جدا کردن ناخالصیهایی که باعث مسموم شدن کاتالیزگرهای به کار رفته می‌شوند.

ج - استفاده از کاتالیزگر مناسب برای بالا بردن سرعت واکنش: فلزاتی مانند آهن، پلاتین، منگنز، تنگستن و برخی فلزات واسطه دیگر به عنوان کاتالیزگر در تهیه آمونیاک به کار برده می‌شوند. در این میان، کاتالیزگر آهن به دلیل ارزان بودن و فعالیت زیاد مورد توجه است. امروزه از این کاتالیزگر و همراه با ترکیباتی مانند  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{K}_2\text{O}$ ،  $\text{CaO}$ ، و  $\text{SiO}_2$  که کارایی و کیفیت کاتالیزگر را بالا می‌برند، در سنتز آمونیاک استفاده می‌شود.

مراحل تشکیل آمونیاک با دخالت کاتالیزگر عبارت است از:

- ۱- مجاور شدن مخلوط  $N_2 + H_2$  با سطح کاتالیزگر.
  - ۲- انجام فرآیند جذب شیمیایی  $N_2$  و  $H_2$  بر روی سطح کاتالیزگر.
  - ۳- انجام واکنش تشکیل آمونیاک بر روی سطح کاتالیزگر.
  - ۴- جدا شدن آمونیاک تشکیل شده از سطح کاتالیزگر.
- تمرین: در شکل ۲-۳ نمودار یک واحد سنتز آمونیاک را مشاهده می‌کنید. قسمتهای مهم این واحد را از روی شکل نام ببرید.

پرسش: آیا کاتالیزگر در بهره‌تولید آمونیاک مؤثر است یا نه؟



شکل ۲-۳ نمودار یک واحد سنتز آمونیاک.

- ۱- برج ستز ۲- دیگ بخار ۳- دستگاه سردکننده ۴- جداکننده ۵- تراکم‌کننده ۶- برج جگالتس ۷- بخیرکننده

### ۳-۴ نیتریک اسید

نیتریک اسید یکی از اسیدهای معدنی مهم است. این اسید یک اکسید کننده قوی است. تقریباً می‌توان گفت تمامی فلزات به جز پلاتین، رودیم، ایریدیم و طلا یا نیتریک اسید غلیظ واکنش می‌دهند و به اکسیدهای خود تبدیل می‌شوند و سپس از اکسیدهای حاصل، آنهایی که در نیتریک اسید محلول هستند به نیتراتهای مربوط تبدیل می‌شوند.

آهن به راحتی در محلول رقیق نیتریک اسید حل می‌شود. اما اگر آهن را در محلول غلیظ نیتریک اسید وارد کنیم، در سطح آن، یک فتراکسید سخت و نفوذناپذیر و نامحلول در اسید فوراً تشکیل می‌شود که مانع تأثیر بعدی اسید بر آهن می‌شود و اصطلاحاً گفته می‌شود که آهن روپین شده است. بر همین اساس است که می‌توان نیتریک اسید غلیظ و حتی با ۱۰٪ سولفوریک اسید را در مخزنهای فولادی حمل کرد.

بسیاری از مواد آلی در نیتریک اسید ضایع می‌شوند و برخی از آنها در تماس با نیتریک اسید غلیظ مشتعل می‌شوند. از نیتریک اسید بدون آب و مخلوط آن با سولفوریک اسید در برخی از واکنشهای آلی استفاده می‌شود. علاوه بر آن، از این اسید برای تهیه مواد منفجره و مصارف نظامی و... نیز بهره گرفته می‌شود.<sup>۱</sup>

**تهیه صنعتی نیتریک اسید:** در صنعت، نیتریک اسید را معمولاً از اکسایش آمونیاک تهیه می‌کنند. مراحل کار، چنین است:

**الف -** اکسایش آمونیاک به کمک کاتالیزگر: در واکنش میان آمونیاک و اکسیژن، بسته به نوع کاتالیزگر و شرایط عمل، ممکن است محصولات مختلفی مانند  $\text{NO}$ ،  $\text{N}_2\text{O}$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و... تولید شوند. این واکنش در دماهای بالا، مثلاً بالاتر از  $900^\circ\text{C}$ ، پیشرفت دارد و از پلاتین، اکسیدهای آهن، منگنز، کبالت و... می‌توان به عنوان کاتالیزگر برای آن استفاده کرد.

**ب -** اکسایش  $\text{NO}$  به  $\text{NO}_2$ : گاز  $\text{NO}$  در دمای مناسب با اکسیژن واکنش می‌دهد و به  $\text{NO}_2$  اکسید می‌شود.

**ج -** انحلال  $\text{NO}_2$  در آب:  $\text{NO}_2$  حاصل از مرحله (ب) را در آب حل کرده، از این راه محلول نیتریک اسید با درجه خلوص ۴۸ تا ۵۰٪ تهیه می‌کنند.

برای به دست آوردن نیتریک اسید غلیظ می‌توان اسید رقیق را تغلیظ کرد یا آن که آن را مستقیماً تهیه نمود.<sup>۲</sup>

۱- نیتریک اسید مورد استفاده در آزمایشگاهها در حدود ۶۵٪ خالص است و چگالی آن  $1/2 \text{ kg L}^{-1}$  می‌باشد. در تجارت معمولاً اسید ۵۰ تا ۶۰ درصد خالص را به کار می‌برند و در مواردی از اسید ۹۶ تا ۹۸ درصد خالص نیز استفاده می‌شود. نیتریک اسید خالص به صورت مایع بی‌رنگی است با چگالی  $1/52 \text{ kg L}^{-1}$  (در  $15^\circ\text{C}$ ) این اسید در مجاورت هوا دودکننده است. دمای انجماد این اسید  $-41^\circ\text{C}$  و دمای جوش طبیعی آن  $86^\circ\text{C}$  است. نیتریک اسید خالص و نیز نیتریک اسید غلیظ نسبتاً ناپایداراند و به طور جزئی به  $\text{NO}_2$ ،  $\text{O}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تجزیه می‌شوند.

۲- الف - معادله‌های شیمیایی اکسایش آمونیاک



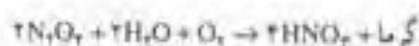
ب - اکسایش  $\text{NO}$  به  $\text{NO}_2$



ج - انحلال  $\text{NO}_2$  در آب



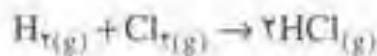
تهیه مستقیم نیتریک اسید:



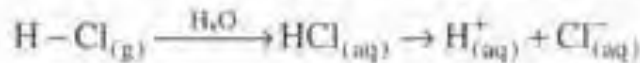


### ۳-۵ هیدروکلریک اسید

از واکنش میان گاز کلر با گاز هیدروژن، هیدروژن کلرید (H-Cl) به دست می‌آید:



هیدروژن کلرید ترکیبی مولکولی است که از حل شدن آن در آب، هیدروکلریک اسید به حالت محلول حاصل می‌شود. محلول هیدروکلریک اسید دارای یونهای  $H^+$  و  $Cl^-$  است.



از محلول هیدروکلریک اسید برای تهیه برخی نمکها در تهیه کلروپرن و ویتیل کلرید، در تهیه رنگهای آنیلینی، در هیدرولیز نشاسته به منظور تهیه الکل و در تعدادی فرآیندهای صنعتی دیگر استفاده می‌شود.<sup>۱</sup>

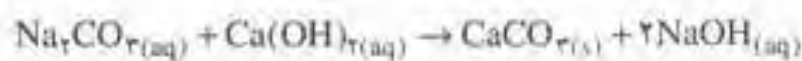
### ۳-۶ سدیم هیدروکسید

سدیم هیدروکسید (NaOH) یکی از محصولات مهم صنایع شیمیایی است، این محصول کاربرد صنعتی وسیعی دارد. از سدیم هیدروکسید در حد قابل توجهی در تهیه سایر فرآورده‌های شیمیایی (در تهیه الباف و پارچه، آب قلیا، پاک کننده‌ها و شوینده‌ها و صابون، خمیر کاغذ و نیز در پالایش نفت و ...) استفاده می‌شود.

در تجارت، به سدیم هیدروکسید اغلب سود سوزآور<sup>۲</sup> می‌گویند.

سدیم هیدروکسید در تجارت از دو راه تهیه می‌شود: یکی روش قدیمی است که در آن از

واکنش میان سدیم کربنات و محلول کلسیم هیدروکسید استفاده می‌شود:



کلسیم کربنات که نامحلول است به شکل رسوب جدا می‌شود و سدیم هیدروکسید به شکل محلول می‌ماند که از تبخیر آن می‌توان سود جامد را به دست آورد.

روش دیگر، روش الکترولیز محلول نمک طعام است که از دید صنعتی بسیار مهم است. در

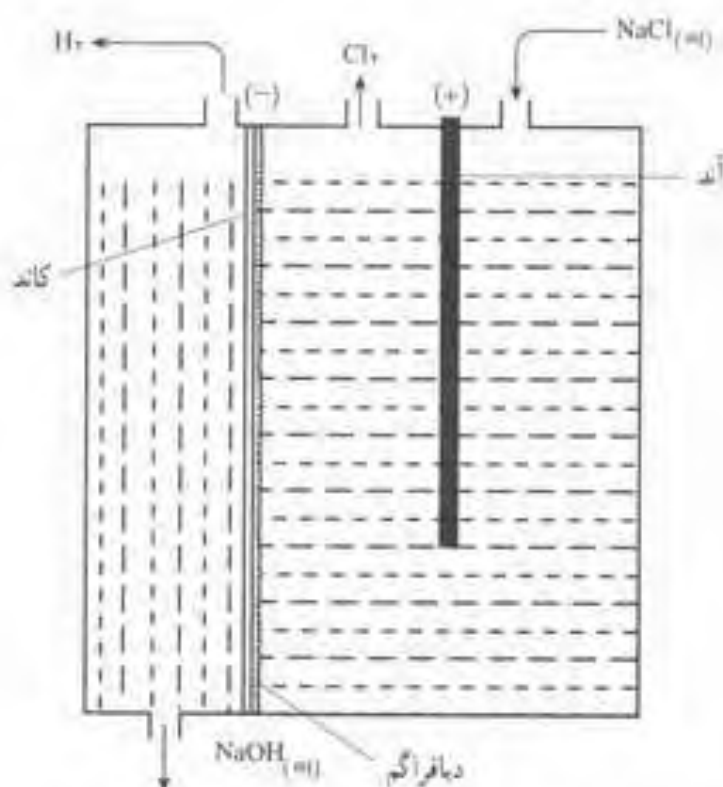
این روش جریان برق مستقیم را از محلول نمک طعام عبور می‌دهند. از این راه، علاوه بر سود سوزآور

---

۱- نوعی محلول غلیظ هیدروکلریک اسید در حدود ۳۷/۷٪ اسید در خود دارد و مابقی آن آب است. چگالی چنین محلولی در حدود  $1/199 \text{ kg L}^{-1}$  است. می‌توان محلول هیدروکلریک اسید با غلظتهای دیگر را هم تهیه کرد. برای مثال ۱ لیتر آب در دمای  $25^\circ \text{C}$  می‌تواند در حدود ۵۲۵ لیتر گاز هیدروژن کلرید دارای فشار ۱ اتمسفر را در خود حل کند و محلولی را بدهد که در حدود ۲۴/۱۵٪ وزنی هیدروکلریک اسید را داراست. در تجارت بیشتر از محلول هیدروکلریک اسید ۲۷/۵٪ الی ۳۱٪ خالص استفاده می‌شود.

که به شکل محلول تشکیل می‌شود، گاز هیدروژن و گاز کلر هم به دست می‌آید که می‌توان آنها را برای مصارف مختلفی به کار برد. برای مثال می‌توان از واکنش گاز کلر با گاز هیدروژن، هیدروژن کلرید (HCl) را تهیه کرد<sup>۱</sup>.

در شکل ۳-۳ نمودار ساده شده یک سلول الکترولیز برای تهیه سودسوزآور نشان داده شده است.

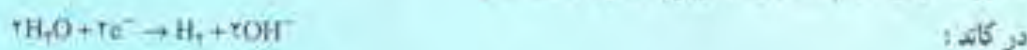


شکل ۳-۳ نمودار ساده شده یک سلول الکترولیز برای تهیه NaOH، H<sub>2</sub> و Cl<sub>2</sub> از محلول نمک طعام.

### ✳ مطالعه آزاد

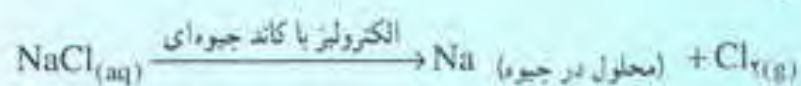
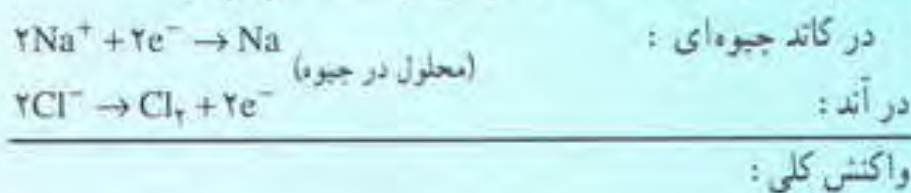
در روش الکترولیز نمی‌توان تمام نمک طعام موجود در محلول را از راه الکترولیز به سدیم هیدروکسید تبدیل کرد. محلول واقع در بخش کاتد دستگاه پس از انجام الکترولیز علاوه بر سدیم هیدروکسید هنوز دارای مقدار قابل توجهی نمک طعام است. در یک شرایط بهینه، در هر لیتر از آن محلول، پس از تغلیظ نمودن ممکن است ۱۱ تا ۱۲

۱- واکنشهای انجام شده در الکترولیز محلول نمک طعام

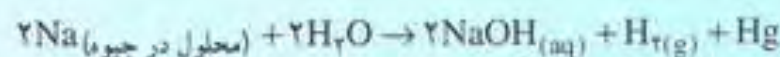


گرم سود و  $17^{\circ}$  تا  $18^{\circ}$  گرم نمک طعام موجود باشد. با وجود این، چون قابلیت حل شدن سودسوزآور و نمک طعام در آب با هم تفاوت دارد و تغییر حلالیت آنها با دما نیز متفاوت است می توان از راه تبلور نوبتی سودسوزآور را از نمک طعام جدا کرد. در واقع با افزایش غلظت سودسوزآور در محلول، از قابلیت حل شدن نمک طعام کاسته می شود. برای مثال، در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ ، قابلیت حل شدن نمک طعام در یک محلول دارای  $769$  گرم سودسوزآور در هر لیتر، فقط  $13/9$  گرم بر لیتر می باشد. از این رو، وقتی محلول دارای سودسوزآور و نمک طعام را تبخیر می کنیم، ابتدا نمک طعام به شکل بلور از محلول جدا می شود و سودسوزآور در محلول باقی می ماند. در هر حال از این راه می توان به محصولی که در حدود  $92 - 94\%$  سدیم هیدروکسید و  $2 - 3\%$  سدیم کلرید دارد دست یافت.

برای تهیه سودسوزآور خالص باید از کاتد جیوه‌ای در فرآیند الکترولیز استفاده کرد. در این شرایط از الکترولیز محلول نمک طعام، آمیزه (ملغمه) سدیم که شامل محلول سدیم در جیوه است در کاتد و گاز کلر در آنود حاصل می شود.



آمیزه سدیم به دست آمده را از سلول الکترولیز خارج کرده، آن را در یک ظرف دیگر با آب واکنش می دهند



دست آخر، محلول حاصل از واکنش آمیزه سدیم با آب را تبخیر می کنند تا سود خالص حاصل شود.

### ۳-۷ نمکها و اهمیت صنعتی آنها

نمکها دسته بسیار مهمی از ترکیبات شیمیایی هستند. صدها نمک معدنی مختلف در زمینه های مختلف زندگی و در صنعت مورد استفاده دارند. این نمکها یا به صورت مواد خام طبیعی در



طبیعت موجوداتند که پس از جداسازی و تخلیص مورد استفاده قرار می‌گیرند و با اینکه در کارخانجات صنایع شیمیایی سنتز و تهیه می‌شوند، برخی کاربردها و اهمیت صنعتی نمکهای معدنی عبارت‌اند:

– در کشاورزی از تعداد زیادی از نمکها به عنوان کودهای شیمیایی و مصارف دیگر استفاده می‌شود.

– بسیاری از نمکها در صنایع غذایی به کار می‌روند و عده‌ای از نمکها در قرآبتدهای زیستی اهمیت بگانه دارند.

– از نمکها در مورد‌های زیادی برای تهیه داروهای پزشکی استفاده می‌شود.

– از نمکها در صنایعی مانند، صنعت شیشه، کاغذ، رنگ، آبکاری، مثالورزی، شوینده‌ها، سمهای دفع آفات، سیمان، سرامیک، جرم و ... استفاده می‌شود.

– به طور خلاصه نمی‌توان هیچ شاخه صنعتی را از نمکهای معدنی بی‌نیاز دانست. مصارف سالانه نمکها در زمینه‌های مختلف بالغ بر ده‌ها میلیون تن است.

اکنون چند کاربرد ویژه از چند نمک معدنی را از نظر می‌گذرانیم:

– سدیم سولفات به عنوان یک ماده خام در تهیه سولفید و شیشه به کار می‌رود. از سویی، سدیم سولفید، سدیم تیوسولفات و سدیم سولفیت در عکاسی و در جاهای دیگر مصرف دارند. – نمک طعام علاوه بر مصرف غذایی و دارویی، در تهیه گاز کلر، سود و برخی ترکیبات دیگر به کار می‌رود.

– سدیم فلئوئورید، سدیم و پتاسیم دی‌کرومات، فسفات‌ها و نیر نمکهای آهن، آلومینیم و باریم در تهیه صنعتی رنگها، برخی مواد شیمیایی ویژه، کاتالیزورها، الیافهای صنعتی، پلاستیکها، لاستیکها، شوینده‌ها و سایر محصولات شیمیایی به کار برده می‌شوند.

– سولفات‌ها و فسفات‌ها و نترات‌ها در تهیه کودهای شیمیایی مورد استفاده‌اند.

پرسش:

الف – دو مورد دیگر – به غیر از مورد‌های یاد شده – از کاربرد نمکها را نام ببرید.

ب – آیا می‌توانید صنعتی را نام ببرید که در آن از نمکهای معدنی استفاده نمی‌شود؟ دسته‌بندی نمکهای معدنی؛ نمکهای معدنی را می‌توان به چند لحاظ دسته‌بندی کرد:

کرد:

الف – بر حسب منشأ؛ که آنها را به نمکهای موجود در طبیعت و نمکهای سنتزی تقسیم می‌کنند.



ب - بر حسب ماهیت: که آنها را به نمکهای سدیم، پتاسیم، و ... دسته بندی می کنند.

ج - بر حسب روشهای تولید.

د - بر حسب مصارف و کاربرد.

روشهای تولید نمکهای معدنی: نمکهای معدنی بر اساس دو روش کلی تهیه می شوند. یکی استخراج نمکهایی که به طور طبیعی در طبیعت موجود اند و دیگری سنتز و تهیه آنها در کارخانه های صنایع شیمیایی از نمکهای طبیعی و سایر مواد خام طبیعی.

الف - استخراج نمکهای طبیعی: در این روش نمکهایی را که در معادن موجود اند از راه عملیات مختلف استخراج می کنند. برای مثال، از راه تبخیر آب دریاچه های شور می توان نمکهای موجود در آنها را جدا و خالص سازی کرد و یا می توان نمکهای طبیعی محلول در آب را که با ناخالصیهای نامحلول در آب همراه هستند، از راه حل کردن آنها در آب جدا کرد. برای این کار، نمک طبیعی ناخالص را در آب حل می کنند، محلول حاصل را از ناخالصیهای جدا کرده، تبخیر می نمایند تا نمک مورد نظر جدا شود. اگر دو یا چند نمک محلول در آب در ماده خام اولیه موجود باشند، می توان آنها را از راه تبلور نوبتی<sup>۱</sup> از هم جدا کرد.

ب - تهیه و سنتز نمکهای معدنی در کارخانه: برای تهیه و سنتز نمکهای معدنی که تعداد آنها هم بسیار زیاد است از روشها و فرآیندهای مختلفی استفاده می شود. با وجود این، می توان جگوتگی سنتز و تهیه بیشتر آنها را در چهارچوب یک «واحد عملیاتی» خلاصه کرد. در یک واحد عملیاتی مربوط به تکنولوژی نمکهای معدنی عملیاتی به شرح زیر انجام می شود:

۱ - خرد کردن و کاستن اندازه مواد جامد طبیعی.

۲ - بهره وری از مواد خام طبیعی.

۳ - انجام اعمالی مانند خشک کردن، تکلیس کردن، مخلوط کردن و حل کردن، رسوب دادن، صاف کردن، تبخیر، تصعید، سرد کردن محلول، تبلور، جذب و واجذب و....

در جریان عملیات ذکر شده، واکنشهای شیمیایی لازم نیز انجام می گیرد و از آنجا محصول و یا محصولات شیمیایی مورد نظر تولید و آماده مصرف می شوند.

در هر واحد عملیاتی به شرح بالا تعدادی تغییرهای فیزیکی و یک عده تغییرهای شیمیایی انجام می شود. بیشتر عملیات انجام شده به ویژه آنهایی که با تهیه مواد خام و کارهای لازم بر روی محصولات نهایی در ارتباط است فیزیکی هستند. در مقابل، تهیه مواد شیمیایی جدید از واکنش میان مواد خام

۱- تبلور نوبتی به تبلور در چند نوبت گفته می شود.

به کار رفته، از نوع تغییر شیمیایی است.

مواد خامی که از آنها برای سنتز و تهیه نمکهای معدنی در کارخانه استفاده می‌شود، عبارتند از: مواد معدنی موجود در طبیعت، محصولات شیمیایی واسطه در صنایع شیمیایی و محصولات شیمیایی زاید در صنعت.

لازم به یادآوری است که یکی از مشخصه‌های تکنولوژی نمکهای معدنی آن است که در سنتز و تهیه آنها معمولاً به کاتالیزگر نیازی نیست.

در جریان تهیه نمکهای معدنی از مواد خام، علاوه بر انجام فرآیندهای فیزیکی، برخی اعمال شیمیایی مهم مانند تجزیه، ترکیب، اکسایش - کاهش و... نیز انجام می‌شود. برای مثال، کانیهای دارای نمکهای معدنی را در اسیدها و یا در قلیاها حل می‌کنند تا به اجزای محلول تجزیه شوند، و یا اینکه آنها را حرارت می‌دهند تا به اجزای مفیدتر تجزیه گردند و همینطور آنها را در معرض اکسیژن هوا حرارت می‌دهند تا دستخوش اکسایش لازم شوند.

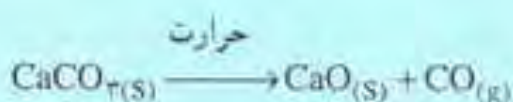
تولید صنعتی سدیم کربنات؛ سدیم کربنات دارای کاربردهای صنعتی زیادی است و میزان تولید جهانی آن بسیار بالاست. از این نمک برای تهیه سایر محصولات شیمیایی، در متالورژی، در صنعت شیشه، در بالایش محصولات نفتی، در تهیه خمیر کاغذ، در صابون‌سازی، در تهیه الیاف سنتزی، در صنایع سنتز ترکیبات آلی و... استفاده می‌شود.

### ❖ مطالعه آزاد

روش صنعتی تهیه سدیم کربنات، در اواخر سده نوزده توسط سلوی<sup>۱</sup> شیمیدان بلژیکی طراحی و توسعه یافت. مواد خام مورد استفاده در این روش شامل کلسیم کربنات و نمک طعام است. مراحل تهیه سدیم کربنات عبارت است از:

۱- کلسیم کربنات را در کوره مناسب حرارت می‌دهند تا به  $\text{CaO}$  و  $\text{CO}_2$

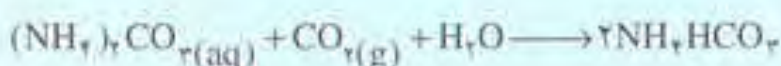
تجزیه شود:



۲- سپس  $\text{CO}_2$  حاصل را در محلول دارای آمونیاک و نمک طعام که از نمک طعام سیر شده است وارد می‌کنند، تا از این راه سدیم هیدروژن کربنات به دست آید. چون قابلیت حل شدن سدیم هیدروژن کربنات در آب کم است، با تغلیظ محلول

<sup>۱</sup> Solvay

می‌توان آن را به صورت جامد، از محلول جدا کرد.



در گام بعدی، واکنش تعویض  $\text{Na}^+$  با  $\text{NH}_4^+$  صورت می‌گیرد



۳- سدیم هیدروژن کربنات جدا شده را حرارت می‌دهند تا به سدیم کربنات تجزیه

شود

حرارت دادن



$\text{CO}_2$  حاصل از این مرحله از نو در مرحله (۲) مورد استفاده قرار

می‌گیرد.

۴- آمونیوم کلرید حاصل از مرحله (۲) یک محصول فرعی در تهیه سدیم کربنات

است که خود دارای مصارف مختلفی می‌باشد. گذشته از آن، می‌توان آن را با

$\text{Ca}(\text{OH})_2$  حاصل از مرحله (۱) مخلوط کرد و حرارت داد تا آمونیاک مورد استفاده

در مرحله (۲) به دست آید



کلسیم کلرید یک محصول فرعی دیگری است که در واکنش بالا به دست می‌آید و

دارای مصارف مختلفی است.

بدین ترتیب، اگر واکنشهای به کار رفته در مراحل چهارگانه یاد شده را با هم جمع

کنیم به معادله کلی زیر می‌رسیم:



پرسش: آیا از واکنش مستقیم کربنات کلسیم با نمک طعام می‌توان سدیم کربنات

را تهیه کرد؟ برای پاسخی که می‌دهید دلیل بیاورید.

پرسش: در شکل ۳-۴ نمودار مراحل تهیه سدیم کربنات ترسیم شده است. از

دقت کردن در آن به چه نتایج آموزنده‌ای می‌رسید؟







۴. مراحل تهیه سولفوریک اسید به روش مجاورت را نام ببرید.
۵. چرا سنتز آمونیاک دارای اهمیت صنعتی زیادی است؟
۶. سنتز آمونیاک در صنعت را شرح دهید.
۷. تهیه تیتریک اسید و اهمیت صنعتی آن را شرح دهید.
۸. چگونگی تهیه هیدروکلریک اسید و کاربردهای آن را شرح دهید.
۹. از چند راه می توان سدیم هیدروکسید تجارتمی را تهیه کرد؟ چه کاربردهایی را برای آن می شناسید؟
۱۰. پنج نمک معدنی مهم را که در صنعت مصرف زیادی دارند نام ببرید.
۱۱. در یک واحد عملیاتی مربوط به تکنولوژی نمکهای معدنی، معمولاً چه فرآیندهایی انجام می شود؟
۱۲. دو روش عمده در تهیه نمکهای معدنی را شرح دهید.

### شناخت فرآورده‌های صنایع سیلیکات

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
- صنایع سیلیکات از قبیل صنعت سیمان، گچ، آهک، شیشه، لعاب و سرامیک را توضیح دهد.

#### ۴ - ۱ مقدمه

صنایع سیلیکات، صنایعی هستند که ماده اولیه مورد مصرف آنها بیشتر سیلیس<sup>۱</sup> ( $\text{SiO}_2$ ) و ترکیبات آن است. امروزه صنایع تهیه آجرهای نسوز منیزی، کرومی، گرافیتی را نیز در ردیف صنایع سیلیکات می‌آورند؛ زیرا اصول کار آنها مشابه با کار صنایع سیلیکات می‌باشد.

محصولاتی که در صنایع سیلیکات تهیه می‌شوند، خواص جالب توجه و مهمی دارند، اغلب آنها خبلی سخت هستند و نقطه ذوب بالایی دارند. این گونه محصولات در مقابل عوامل شیمیایی مقاوم هستند و گرما را بخوبی تحمل می‌کنند. علاوه بر آن، قیمت آنها پایین است.

مواد خام مصرفی در صنایع سیلیکات، در طبیعت فراوان است. خاک رس، مارن، سنگ آهک، گچ، دولومیت، کوارتز و فلدسپار جزو این مواد هستند.

برخی از مواد اولیه مورد استفاده در این صنایع را به‌طور مصنوعی نیز تهیه می‌کنند؛ مثل: سدیم کربنات و سدیم سولفات. در ضمن، ضایعات بعضی از صنایع، نظیر صنایع گداخت فلزات آهنی و غیرآهنی و برخی صنایع شیمیایی نیز به‌عنوان مواد اولیه صنایع سیلیکات به‌کار می‌روند. رونق کوره‌های تهیه چدن، تفاله قیری و لجن آلومینیم‌سازی از این مواد هستند.

محصولات صنایع سیلیکات بسیار متنوع‌اند، هر دسته از این محصولات را در شاخه‌ای از صنایع سیلیکاتی تهیه می‌کنند. مهم‌ترین شاخه‌های صنایع سیلیکات عبارت‌اند از: سیمان، شیشه، لعاب، سرامیک، و سرامیکهای آتشخوار.

معمولاً صنایع گچ و آهک را هم در جزو این صنایع بررسی می‌کنند.

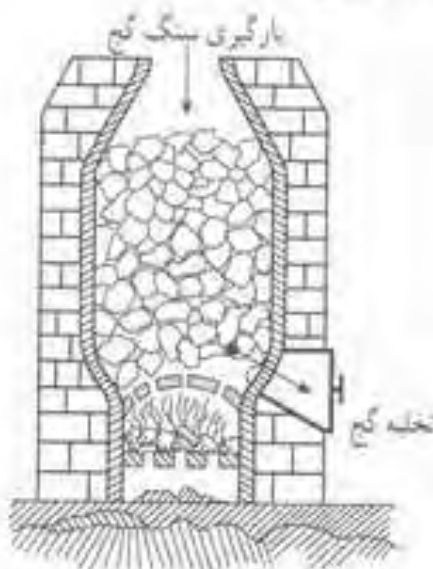
<sup>۱</sup> - silica : silice

## ۴-۲ گچ

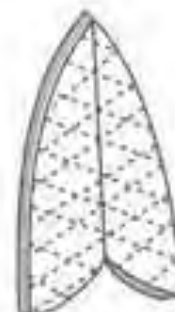
گچ را از سنگ گچ تهیه می‌کنند. سنگ گچ کلسیم سولفات آبدار است ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) که به آن «زیس» می‌گویند. بلورهای زیس به شکل سرنیزه در معادن یافت می‌شود (شکل ۴-۱). نوع دیگری از سنگ معدن گچ، کلسیم سولفات بی‌آب ( $\text{CaSO}_4$ ) است که «اندریت» نام دارد. اگر به سنگ گچ گرما داده شود وقتی دمای آن به حدود  $120^\circ\text{C}$  برسد، هر مولکول آن یک و نیم مولکول آب از دست می‌دهد و به گچ ساختمانی تبدیل می‌گردد. حال موفعی که گچ ساختمانی در مجاورت آب قرار گیرد با آب واکنش می‌دهد و به حالت قبل از گرما دیدن درمی‌آید. در این حالت می‌گویند که گچ خود را گرفته است «گرفتن گچ». اگر در بختن گچ دما از  $180^\circ\text{C}$  بالاتر برود، گچ تمامی آب خود را از دست می‌دهد و اصطلاحاً می‌گویند به گچ سوخته تبدیل شده است. این گچ در مجاورت آب از نو متبلور نمی‌شود، تا به صورت  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  درآید. اصطلاحاً گفته می‌شود که چنین گچی خود را نمی‌گیرد. بنابراین برای مصارف بنایی و برای گچ گرفتن در عملیات شکسته بندی مناسب نیست.

**تهیه گچ ساختمانی:** برای تهیه گچ ساختمانی، نخست سنگ معدن آن را ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) از کوه جدا کرده، قطعه قطعه می‌کنند و سپس آنها را در کوره‌های ثابت (قدیمی) و با در کوره‌های جدید که سنگ گچ در حین عبور از آنها بخته می‌شود جای می‌دهند. دمای بخت بین  $120^\circ$  تا  $180^\circ$  درجه سلسیوس می‌باشد. گچ‌های بخته شده را ترم و بسته بندی می‌کنند.

در شکل ۴-۲ کوره جدید تهیه گچ نشان داده شده است. از دقت کردن در آن به چه نکاتی بی‌می‌پرید؟



شکل ۴-۲ کوره تهیه گچ در روسیه



شکل ۴-۱ زیس سرنیزه‌ای

۱ - anhydrite

۲ - فرمول گچ ساختمانی  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  است.

۳ - فرمول گچ سوخته  $\text{CaSO}_4$

**مصارف گچ:** گچ را برای قالبگیری، تهیه سنگ مصنوعی، گچکاری، گچبری، تهیه دیوار گچی، مجسمه سازی و... به کار می‌برند.

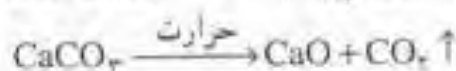
گچبری از هنرهای ظریف ایرانیان قدیم بوده است. گچبریهای زیبای مساجد اصفهان نمونه‌ای از این هنر است.

مصریها از دو هزار سال قبل از میلاد مسیح گچ را در کارهای ساختمانی به کار می‌برده‌اند.

## ۴-۳ آهک و سنگ آهک

سنگ آهک و گل سفید و مرمر سفید، کلسیم کربنات تقریباً خالص هستند. اما مرمر رنگین نوع ناخالص کلسیم کربنات است. سنگ آهک، در دمای بیش از  $1000^{\circ}\text{C}$  تجزیه می‌شود و گاز کربن دی‌اکسید (گاز کربنیک) و آهک زنده می‌دهد.

گاز کربن دی‌اکسید + آهک زنده  $\xrightarrow{\text{حرارت}}$  سنگ آهک



آهک زنده، کلسیم اکسید (CaO) می‌باشد. وقتی به آهک زنده آب می‌زنند مقداری از آب، با آهک ترکیب می‌گردد و از این عمل گرما تولید می‌شود. گرما مقداری از آب را بخار می‌کند و باعث از هم پاشیدن آهک (شکفته شدن) می‌گردد. ترکیب حاصل از آهک و آب، کلسیم هیدروکسید نامیده می‌شود. کلسیم هیدروکسید آهک مرده نام دارد.

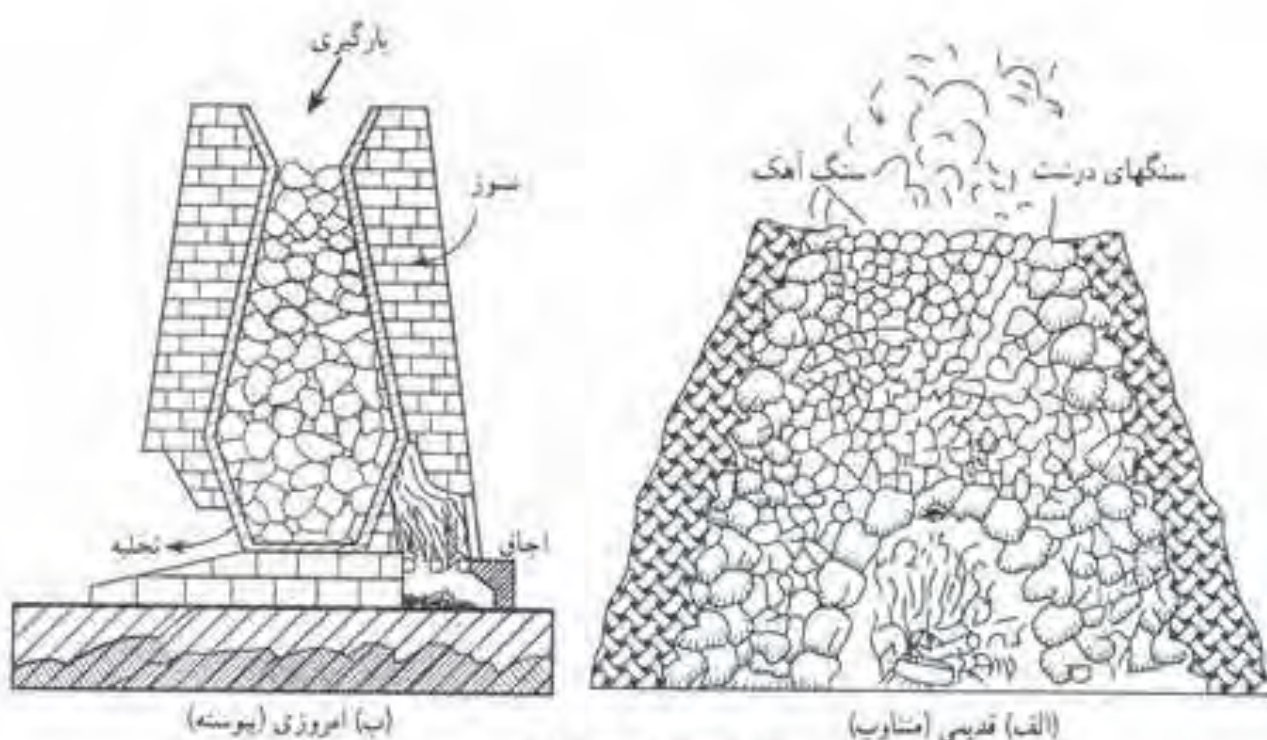
کلسیم هیدروکسید در آب کم حل می‌شود (۱/۵ گرم در لیتر)، محلول حاصل، «آب آهک» نام دارد. از مخلوط کردن مقدار زیاد کلسیم هیدروکسید با آب، «شیر آهک» حاصل می‌گردد.

**کوره‌های آهک‌پزی:** کوره‌های قدیمی تهیه آهک، به‌طور غیر پیوسته کار می‌کردند، اما کوره‌های امروزی به‌طور پیوسته کار می‌کنند. در شکل ۴-۳ هر دو نوع کوره نشان داده شده است.

**مصارف آهک:** از آهک در صنایع شیمیایی، به‌عنوان قلیای ضعیف استفاده می‌شود. آهک در تهیه آمونیاک، سودسوزآور، کلسیم کلرید، کلسیم کربید و کلسیم سیانامید به کار می‌رود.

آهک در کشاورزی، برای اصلاح زمین و به‌عنوان حشره کش ضعیف نیز مصرف می‌شود. مهمترین کاربرد آهک در کارهای ساختمانی و برای تهیه ملاط و سیمان است.





شکل ۴-۲ کوره‌های آهک‌پزی

#### ۴-۴ سیمانها

سیمانها موادی هستند بودری شکل که آنها را یا از معدن بیرون می‌آورند و یا به‌طور مصنوعی تهیه می‌کنند. مخلوط آب و سیمان، خمیری می‌دهد که شکل پذیر است و به‌سبب قابلیت‌گیری می‌شود. خمیر بتدریج سفت شده، مثل سنگ می‌شود.

سیمانها را از روی خواص آنها و زمینه کاربرد آنها، به سه دسته تقسیم می‌کنند:

۱. سیمانهای سفت شونده در هوا، که خود را در مجاورت هوا می‌گیرند و سفت می‌شوند.
  ۲. سیمانهای آبی (هیدرولیک)، که در زیر آب سفت می‌شوند.
  ۳. سیمانهای مقاوم در برابر اسیدهای معدنی.
- سیمانهای دسته اول کاربرد زیادی در ساخت بنا و اشیای زینتی دارند. سیمانهای آبی دارای اهمیت زیادی هستند. از آنها در تهیه اجزای بیش‌ساخته بنا (ساختمانهای بیش‌ساخته) و تأسیسات مهندسی زیرآبی استفاده می‌شود.

مهمترین نوع سیمانهای آبی، «سیمان پرتلند» می‌باشد.

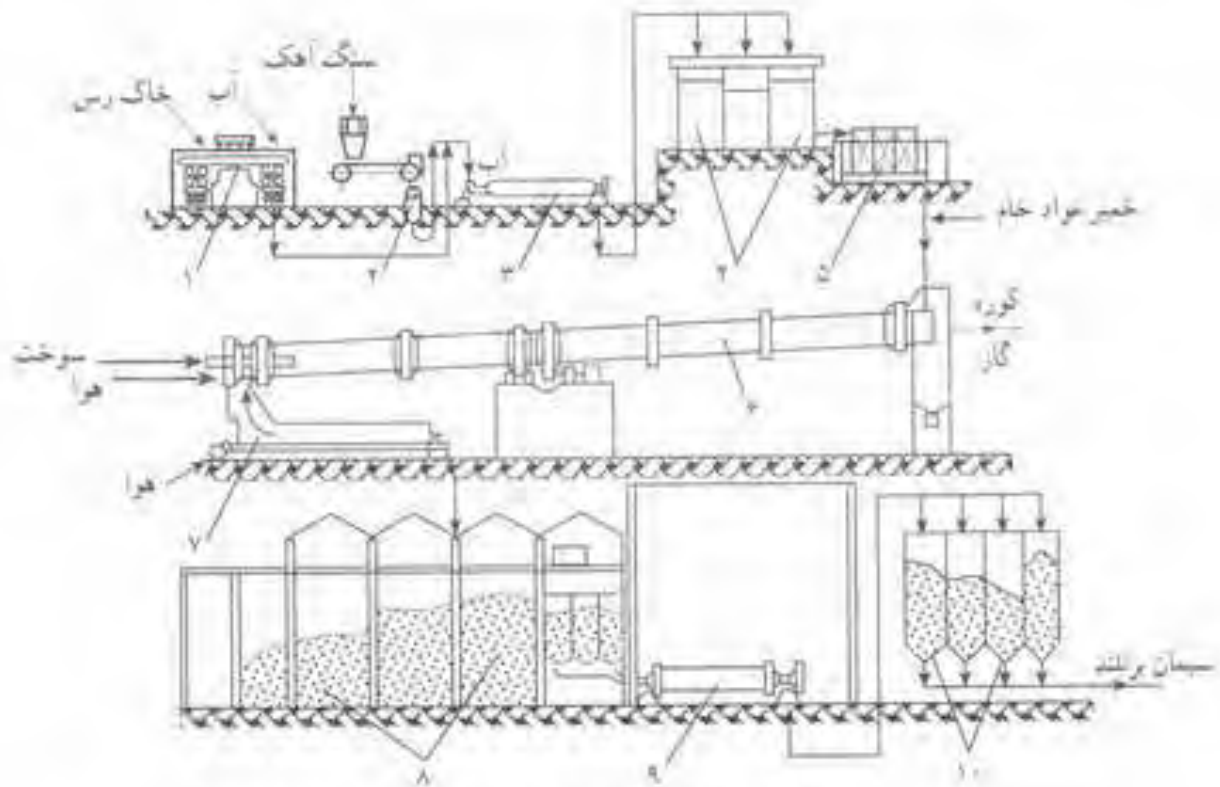
سیمان پرتلند: سیمان پرتلند از پختن مخلوط سنگ آهک و گِل رس تولید می‌شود. مخلوط

باید نسبت مشخصی داشته باشد. در تهیه این سیمان کارهای به شرح زیر انجام می‌گیرد.

تهیه خمیر سیمان، پختن خمیر و سرد کردن آن، شکفته کردن سیمان، آسیاب کردن سیمان

بخته شده و انبار کردن آن.

در شکل ۴-۴ مجتمع تهیه سیمان نشان داده شده است.



شکل ۴-۴ یک واحد تهیه سیمان پرتلند

۱- مخلوط کننده خاک رس ۲- سنگ ۳- آسیاب مواد خام ۴- حوضچه های اصلاح خمیر ۵- حوضچه های افقی خمیر  
۶- کوره جرخان ۷- خنک کن ۸- انباری ۹- آسیاب سیمان ۱۰- سیلوی سیمان

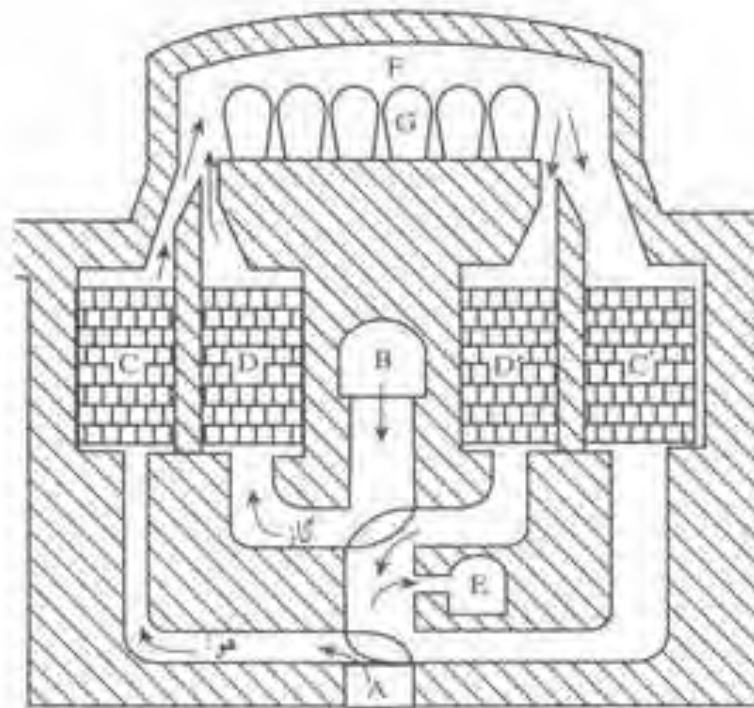
#### ۴-۵ شیشه

شیشه ماده‌ی تکلی است که معمولاً از سیلیس،  $SiO_2$ ، و سدیوم اکسید،  $Na_2O$ ، و کلسیم اکسید،  $CaO$ ، تهیه می‌شود.

برای تهیه شیشه، مخلوط سدیوم کربنات و کلسیم کربنات و سیلیس را در کوره (شکل ۴-۵)، در دمای  $1400^\circ$  درجه سلسیوس گرم می‌کنند و آنقدر در این دما نگه می‌دارند، تا تمامی گازها از ماده مذاب خارج شود. واکنشی که در این عملیات انجام می‌گیرد چنین است.



پس از آن خمیر شیشه به دست آمده را در مسیر عملیات شیشه‌گری قرار می‌دهند. نوع عملیات بنابر جنس و شکل اشیاء متفاوت است. مثلاً در قدیم در تهیه شیشه جام، استادکار با انتهای یک فونک مقداری از خمیر را برمی‌داشتند و در آن می‌دمیده است. مراحل تهیه



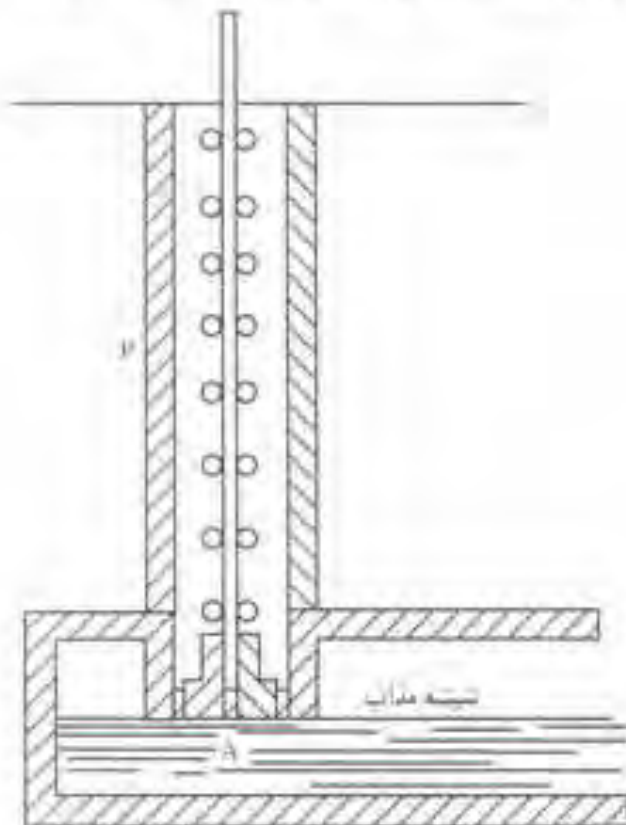
شکل ۴-۵ کوره نیتروسیازی

(A) محل ورود هوا (B) ورود گاز (C) و (D) محل گرم شدن هوا و گاز (F) محل سوخت (G) پوله مواد اولیه

در شکل ۴-۶ دیده می شود.

ولی امروزه تهیه نیتروسیام به روش مکانیکی و در دستگاهی مطابق شکل ۴-۷ انجام

می گیرد.



شکل ۴-۷ دستگاه جام ساز

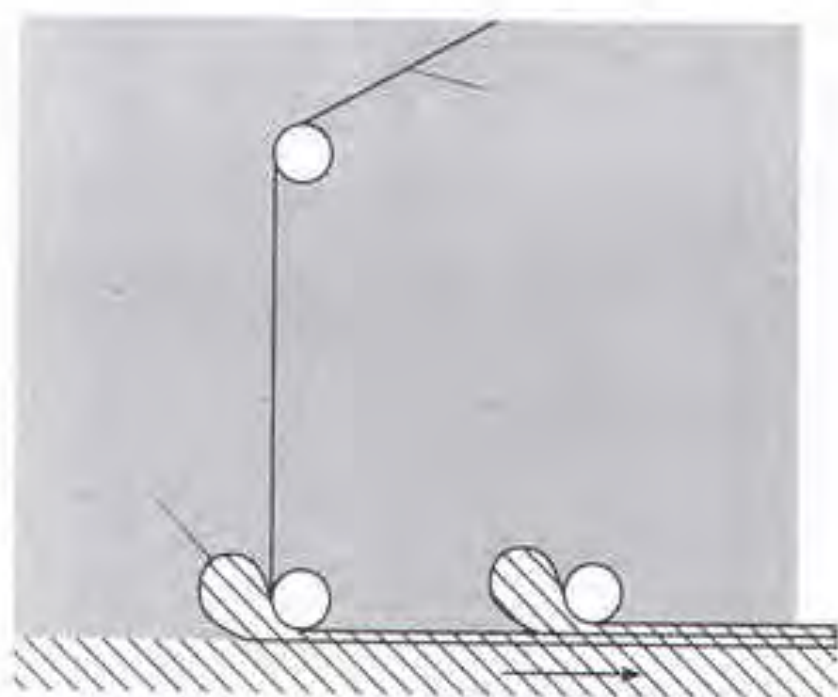


شکل ۴-۶ مراحل تهیه بگه نیتروسیام به روش قدیمی



شیشه‌های مشجر و شیشه‌های مسلح: برای ساختن شیشه‌های مشجر، ابتدا خمیر شیشه را بر روی میز کار می‌ریزند. سپس آن را به وسیله غلتکهای نقش دار، غلتک می‌زنند؛ در این عمل شیشه نقش دار می‌شود.

برای ساختن شیشه‌های مسلح؛ ابتدا یک ورقه خمیر شیشه را گسترده، سپس سلاح فلزی را که به شکل توری ساخته‌اند در روی این ورقه قرار می‌دهند و غلتک می‌زنند و بالاخره قشر دومی از شیشه در روی آن می‌ریزند و دوباره غلتک می‌زنند. و بدین طریق شیشه مسلح را می‌سازند. عمل مذکور، در دستگاهی مطابق شکل ۴ - ۸ انجام می‌گیرد.



شکل ۴ - ۸ تهیه شیشه مسلح

مزیت شیشه مسلح در این است که پس از شکستن، خطر برتاب شدن تکه‌های شیشه و صدمه رساندن تقریباً در کار نیست. به همین علت از آنها برای پوشش سقف بازارها و سینماها استفاده می‌کنند.

### انواع شیشه‌ها و خواص کلی آنها

شیشه‌ها مواد جامدی هستند که در آب و اسیدها (بجز HF) و قلیاها و نمکها حل نمی‌شوند. شفاف هستند؛ نور را از خود عبور می‌دهند؛ در حالی که سخت هستند در برابر گرما و ضربه مقاومت ندارند. اما با تغییر ساختار شیشه یعنی با به کار بردن مواد اولیه مختلف، می‌توان خاصیت دلخواه را به شیشه داد. مثلاً شیشه نشکن و یا نسوز تهیه نمود.



در جدول ۴ - ۱ ترکیب درصد تقریبی بعضی از شیشه‌ها داده شده است.

## مطالعه آزاد

جدول ۴-۱ ترکیب تقریبی بعضی از شیشه‌ها

درصد وزنی سازندگان								نوع شیشه
$B_2O_3$	PbO	$K_2O$	$Na_2O$	MgO	CaO	$Al_2O_3$	$SiO_2$	
-	-	-	۱۴-۱۵	۳-۴	۸-۱۰	۱/۵-۲	۷۰-۷۳	شیشه پنجره
-	-	-	۱۵-۱۶	۳-۴	۹-۱۰	۳-۴	۶۹-۷۲	بطری بیرنگ
۰-۱	-	۰-۳	۱۵-۱۶	۰-۳	۶-۱۰	-	۷۳-۷۵	ظروف غذا - خوری اغلا
-	۳۰-۳۵	۱-۱۳	-	-	-	-	۵۵-۷۷	بلور
۲-۴	-	۵-۶	۸-۱۰	۱-۲	۶-۸	۳-۵	۶۸-۷۰	مقاوم شیمیایی
-	۴۵	۶	-	-	-	-	۴۷-۶۵	نوری
-	-	۴	۱۱-۱۶	-	۴-۵	۴-۶	۶۹-۷۳	باشمان (مشور)
-	-	-	۱۲-۱۳	۳-۴	۵-۶	-	۶۹-۷۰	لامپهای الکتریکی
۶-۱۳	-	-	۰/۵-۲	۰-۸	۵-۱۶	۱۰-۱۸	۴۸-۵۶	الیاف شیشه‌ای

سنگهای قیمتی و سنگهای مصنوعی: سنگهای قیمتی، اشکال متبلور سیلیس و شیشه‌های

نادرند که در طبیعت وجود دارند و با به‌طور مصنوعی تهیه می‌شوند.

کوارتز یا در کوهی (شکل ۴ - ۹) سیلیس خیلی خالص متبلور است. بلورهای شفاف آن در

جواهرسازی به کار می‌رود. لعل بنفش، عقیق، آپال، انواع رنگی کوارتز هستند که آنها هم در

جواهرسازی کاربرد دارند.



شکل ۴-۹ کوارتز

بعضی از سیلیکاتها نیز در جواهرسازی مصرف می‌شوند. مثل زیرجد، زمردها و ...  
 سنگهای قیمتی دیگر مثل العاس، یاقوت و قبروزه از دسته سیلیس و سیلیکاتها هستند.  
 امروزه انواع مختلف سنگهای قیمتی را، از راه مصنوعی تهیه می‌کنند. بدین طریق که مواد سازنده آنها را با یکدیگر ترکیب می‌کنند، از این سنگها، زیورآلات، اشبای تجملی، باید ابزارهای دقیق فیزیکی، مثل اجزای ساعت‌های دقیق و شاهین ترازو را می‌سازند. وزن سنگهای قیمتی مصنوعی ساخته شده به ۶ تا ۴۰ گرم (۳۰ تا ۲۰۰ قیراط) می‌رسد. آنها را پس از ساخت تراش می‌دهند.  
 تولید روزانه یک کارخانه یاقوت‌سازی که ۱۵۰ عدد بوری داشته باشد، به حدود ۹۰ هزار قیراط یاقوت می‌رسد.

#### ۴ - ۶ لعابها

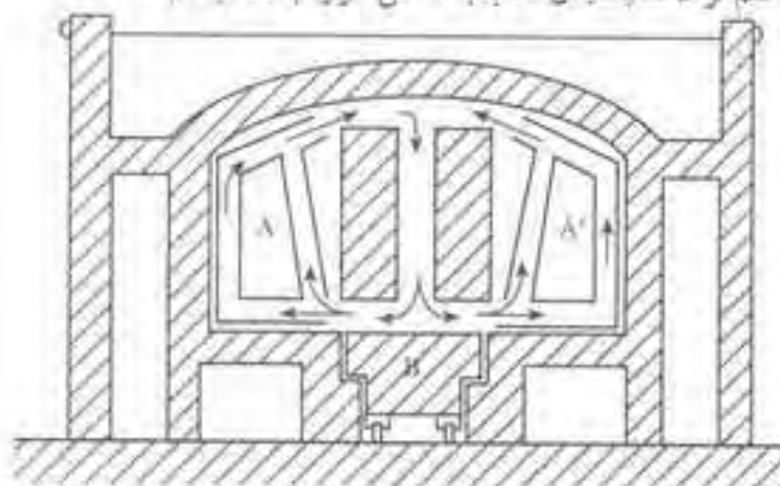
لعابها مواد بی‌شکلی هستند که مانند شیشه‌ها از ترکیب اکسیدهای اسیدی و بازی بوجود می‌آیند. خاصیت اصلی لعابها، شیشه‌ای شدن آنهاست. این خاصیت از سیلیس و بوریک اکسید ( $B_2O_3$ ) موجود در آنها بدید می‌آید.

لعابها، خیلی سخت و نامحلول هستند و در مقابل گازها و مایعات، غیرقابل نفوذ می‌باشند. لعابها را معمولاً به صورت پوسته‌تازگی برای پوشش بدنه بعضی از مصنوعات (سرامیکها) بکار می‌برند با این عمل سرامیکها را غیرقابل نفوذ، جلوه‌دار، زیبا و از نظر بهداشتی مناسب می‌کنند.  
 لعابها، بیرنگ، رنگی، مات، نیمه‌مات و شفاف‌اند.

روشهای مختلف لعابکاری: لعاب دادن به روشهای مختلفی انجام می‌گیرد:

۱ - غوطه‌ور کردن جسم در لعاب ۲ - بانسیدن لعاب بر روی جسم ۳ - ریختن لعاب به داخل

ظرف ۴ - مالیدن با قلم مو ۵ - بانسیدن لعاب به داخل کوره بخت جسم



شکل ۴ - ۱۰ یک کوره بخت لعاب

۸ و ۸' - کانوهای سوختن گازها ۱۱ - مخزن تویلی طرف

## ۴-۷ سرامیک

ترکیب و مصرف: سرامیکها محصولات هستند که از خاک رس حرارت دیده بوجود می آیند. محصولات سرامیکی بسیار متنوع هستند، معمولی ترین آنها آجر و مرغوبترین آنها چینیهای ظریف می باشند.

آجرها و سفالها؛ موزائیک و کاشی؛ سرویسهای بهداشتی؛ برخی گلدانها و مجسمه ها و ظروف غذاخوری انواع مختلف سرامیکهایی هستند که به طریقی با مسکن و زندگی روزمره ارتباط دارند. سرامیکها در صنعت نیز کاربرد زیادی دارند. در ساختن کوره ها، بوتله ها، قرعهای آتشخوار، عابفهای برق و نیز کانال کشی، از آنها استفاده می شود.

مواد اولیه سرامیک: در بیشتر مواد سرامیکی، چهارگونه ماده اولیه به کار می رود. یکی خاک رس، که خاصیت شکل پذیری دارد؛ دیگری سیلیس که از ترک خوردن جلوگیری می کند؛ سوم، کمک ذوبها و چهارمی، لعابها.

خاک رسها؛ آلومینیم سیلیکاتهای آبدار هستند که خاصیت اسیدی دارند.

خاک رس خالص، که خاک چینی و کائولن، نیز نامیده می شود، سفید رنگ است. اما، خاک رسها، تقریباً همیشه ناخالص هستند و ناخالصی آنها بیشتر اکسیدهای آهن و کلسیم می باشد. وجود ناخالصی در خاک رس باعث می شود که خاک زود ذوب شود؛ و خمیر آن که چسبندگی دارد شکل پذیر گردد.

مواد ضدترک: این مواد، یا سیلیس خالص هستند و یا از ترکیبات سیلیس، خرده شیشه، کوارتز و سنگ آتش زنه، جزو این مواد هستند. وقتی که این مواد به خاک رسها اضافه می شوند، جسم ساخته شده از گل مخلوط، هنگام خشک و پخته شدن ترک نمی خورد و شکل خود را از دست نمی دهد.

کمک ذوبها: این مواد چون به خمیر سرامیک افزوده شوند، باعث می گردند که هنگام بخت نقطه ذوب جسم پایین بیاید، از همین روست که آنها را «کمک ذوب» نامیده اند.

کلسیم کربنات و منیزیم کربنات و فلدسپات از مواد کمک ذوب هستند.

لعابها: گفته شد که این مواد را بر روی اجسام تهیه شده، بونمس می دهند و سپس در کوره می بزند. علاوه بر لعاب، گاهی از مواد تزئین کننده هم استفاده می کنند.

سرامیکهای جدید: امروزه پیشرفتهای زیادی در تهیه سرامیکها حاصل شده است. سرامیکهایی ساخته اند که نوعی از آنها در داخل یخچال و فریزر (محیط سرد) و نوع دیگر در داخل سولیمیت

(بخاریهای گازسوز زینتی)، کاربرد دارد.  
از دیگر انواع سرامیکهای جدید آنها می‌باشند که در صنایع نیروگاههای هسته‌ای، راکتها و موشکها و نیمه هادیها کاربرد دارند.

### تمرین و پرسش

۱. انواع کلسیم سولفات را نام ببرید و فرمول هر کدام را بنویسید.
۲. تفاوت گچ سوخته و گچ بنایی (ساختمانی) را توضیح دهید.
۳. اختلاف کارکرد کوره‌های قدیمی و امروزی در چیست؟ آن را توضیح دهید.
۴. چند نوع محصول گچی را که می‌شناسید نام ببرید.
۵. سگفته شدن آهک یعنی چه؟ آن را توضیح دهید.
۶. از آهک زنده چگونه آهک مرده، شیر آهک و آب آهک تهیه می‌کنند؟
۷. کوره‌های آهک‌پزی و گچ‌پزی را با یکدیگر مقایسه کنید.
۸. با مراجعه به کتابهای زمین‌شناسی و جانورشناسی مطالبی در مورد جنس صدف نرم‌تنان، استلاکتیت، استلاگمیت و گل سفید، جمع‌آوری کرده در مورد آنها توضیح دهید.
۹. منابع مواد اولیه صنایع سبلیکات را نام ببرید.
۱۰. مراحل تهیه سیمان را شرح دهید.
۱۱. تهیه نیشه مسلح را توضیح دهید.
۱۲. روشهای لعابکاری را توضیح دهید.
۱۳. چند نوع سرامیک را که در مدرسه با آن سروکار دارید نام ببرید.
۱۴. با مراجعه به کتابهای کوزه‌گری، طرز تهیه کوزه‌های آب و کوزه‌های دیگر را توضیح دهید.
۱۵. گستره کاربرد سرامیکها را شرح دهید.



### صنایع شیمیایی و تولید فلزات

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
— راه تهیه آلیاژهای آهن و خواص و کاربرد فلزات آهن، مس، آلومینیم و آلیاژهای آنها را توضیح دهد.

#### ۵-۱ سابقه تاریخی

چنین گمان می‌رود که تهیه فلزات از راه احیای اکسیدهای آنها، یکی از دست‌آوردهای مهم انسان در قلمرو شیمی عملی باشد. با وجود این، فلزاتی چند که در طبیعت به حالت آزاد یافت می‌شوند، از زمانهای بسیار کهن مورد توجه انسانها قرار گرفته‌اند. شاید طلا نخستین فلزی بوده باشد که به دلیل رنگ و درخشندگی خاص خود مورد شناسایی قرار گرفته‌است. مس و نقره نیز از زمانهای بسیار قدیم توسط بشر شناخته شده‌است. کیمیاگران عهد باستان علاوه بر طلا، مس و نقره فلزات دیگری مانند جیوه، آهن، سرب و... را هم می‌شناختند و می‌توانستند آنها را برای مصارفی چند به کار برند. از زمانهای بسیار دور، در برخی از سرزمینها عده‌ای از استادکاران ماهر به چگونگی تهیه مس از سنگ مالانیت پی برده بودند. — سنگ مالانیت که در طبیعت یافت می‌شود از مس کربنات و مس هیدروکسید درست شده‌است. — در آن زمانها وقتی این سنگ را با شعله حاصل از سوختن چوب حرارت می‌دادند نخست به مس اکسید و بخار آب و کربن دی‌اکسید تجزیه می‌شد و سپس مس اکسید حاصل، در دمای بالا با زغال چوب به مس احیا می‌گردید و رنگ سرخ آن مورد توجه قرار می‌گرفت. از سنگ مالانیت به عنوان رنگ آبی و سبز نیز استفاده می‌شده‌است و زنان مصری در عهد باستان از آن به عنوان سرمه استفاده می‌کرده‌اند.

از زمانهای خیلی پیش از میلاد مسیح، آهن را در سرزمینهای بین‌النهرین می‌شناختند و مصریها نیز با آهن و کار با آن آشنا بودند.

از گذشته‌های بسیار دور مفرغ که آلیاژی از مس و قلع است تهیه و به کار برده می‌شده‌است. پس از آن، برنج که آلیاژی از مس و روی است مورد استفاده قرار گرفته‌است.

در سال ۱۵۵۶ بعد از میلاد، کیمیاگری به نام آگریکولا کتابی را در مورد فلزگذاری نوشت. تألیف این اثر به پیشرفت استخراج و کاربرد فلزات کمک کرد. در نیمه دوم سده هجده، کارخانه‌های

صنعتی زیادی در زمینه‌های مختلف تأسیس شد و صنایع فلزی نیز به نوبه خود شاهد توسعه و پیشرفت‌های شایان توجهی گردید.

## ۵-۲ طبقه‌بندی فلزات

امروزه فلزات را به انواع آهنی و غیرآهنی طبقه‌بندی می‌کنند. آهن، منگنز، کرم و نظیر آنها را از نوع «فلزات آهنی» و بقیه را «غیرآهنی» می‌گویند.

فلزات غیرآهنی به چهار دسته تقسیم می‌شوند: ۱- فلزات سنگین مثل مس، قلع، سرب، روی و نیکل ۲- فلزات سبک، مثل آلومینیم ۳- فلزات نجیب و قیمتی، مثل پلاتین، طلا و نقره ۴- فلزات کمیاب مثل تنگستن، مولیبدن و کبالت.

آلیاژها: هرگاه دو یا چند فلز را با هم ذوب کرده، سپس مذاب را سرد نمایند، از آن یک آلیاژ حاصل می‌شود. در برخی از آلیاژها عناصر غیرفلزی هم ممکن است شرکت داشته باشند. به طور کلی آلیاژها از لحاظ صنعتی خیلی مهم هستند و دارای کاربردهای زیادی می‌باشند.  
تمرین: پنج کاربرد متفاوت آلیاژها را نام ببرید.

## ۵-۳ فلزات در طبیعت

تعداد کمی از فلزات مثل طلا و پلاتین به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند، اما بیشتر آنها در طبیعت به حالت ترکیب موجوداند. مهمترین ترکیبات فلزات که در طبیعت یافت می‌شوند عبارت‌اند از: سولفیدها، اکسیدها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها، سولفات‌ها، نیترات‌ها و... این ترکیبات در طبیعت به صورت «کانه» یافت می‌شوند.

کانه ماده‌ای ناخالص است که در طبیعت یافت می‌شود و می‌توان از آن یک یا چند فلز را چنانکه مقرون به صرفه باشد، استخراج کرد.

کانه‌ها در هنگام استخراج، عموماً مقادیر متغیری مواد نامطلوب دارند، این مواد را گانگ می‌گویند. گانگ معمولاً از سیلیس، سیلیکات و آلومین و... تشکیل می‌شود. اگر گانگ از سیلیس باشد، آن را اسیدی می‌گویند و اگر دارای اساس  $CaO$  و  $MgO$  و  $FeO$  باشد آن را بازی می‌نامند. اگر نسبت مواد اسیدی و بازی تقریباً متعادل باشد آن را خنثی گویند.

کانه‌ای برای استخراج فلز مناسب است که مقدار نسبی فلز در آن، آنقدر باشد که در سطح دانش امروز، استخراج آن ممکن و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد. این مقدار نسبی از یک فلز به فلز دیگر بسیار متغیر است. برای آلومینیم یا آهن این مقدار نسبی باید ۳۰ درصد و برای روی

۳ درصد و برای مس می‌تواند تا ۵/۰ درصد باشد.

## ۵-۴ تعریف متالورژی

متالورژی، علم استخراج فلزات از کانه‌های آنها و آماده‌سازی آن فلزات برای مصرف است. فرآیندهای متالورژی را می‌توان به سه نوع عملیات اصلی تقسیم بندی کرد: ۱- تغلیظ کانه ۲- کاهش ۳- بالایش  
تغلیظ کانه: در این عملیات سعی می‌شود تا حد ممکن ناخالصیهای سنگ معدن جدا گردد و کانه برای عملیات بعدی آماده شود.

کاهش: در این عملیات، کانه‌های فلزی را به کمک مواد کاهنده به فلز کاهش می‌دهند (احیا می‌کنند).

بالایش: در این مرحله فلز به دست آمده در مرحله بالا را تا حدودی خالص می‌کنند و در خیلی از موارد موادی را هم به آن می‌افزایند، تا کیفیت مطلوب و مرغوبیت لازم را پیدا کند.

## ۵-۵ صنایع آهن

آهن - چدن - فولاد: در فرآیند تهیه آهن، اغلب آلیاژهایی از آهن و کربن بدست می‌آید. در این آلیاژها عناصر دیگری نیز وجود پیدا می‌کنند، این عناصر را یا به دلخواه به محصول اضافه می‌کنند و یا اینکه از ناخالصیهای خوراک کوره وارد محصول می‌شود.

اگر مقدار کربن در آلیاژ آهنی کمتر از ۲/۰ درصد باشد، آن را آهن نرم می‌گویند. اگر مقدار کربن بین ۲/۰ تا ۷/۱ درصد باشد، محصول را فولاد؛ و اگر بیش از ۷/۱ درصد باشد، فرآورده را چدن می‌نامند.

تولید چدن: چدن را در کوره بلند تولید می‌کنند این کوره‌ها بیش از ۲۵ متر ارتفاع دارند. بیرون آنها از فولاد و داخل آنها از آجرهای آتشخوار است. تولید آهن در آنها به ۲۰۰۰ تن در ۲۴ ساعت می‌رسد.

خوراک کوره: خوراک کوره از سه ماده اصلی سنگ معدن و مواد سوختی و کمک ذوب تشکیل شده است. در ضمن برای اکسایش مواد سوختی، باید هوا را هم در کوره بدمند.

کانه‌های آهن: اکسیدهای آهن (هماتیت و ماگنتیت)<sup>۱</sup> و آهن کربنات از کانه‌های مهم آهن هستند که از آنها برای تهیه چدن استفاده می‌شود. آنها را قبل از وارد کردن به کوره به صورت ذراته‌های یک شکل و تا حدودی یک اندازه درمی‌آورند.

۱- هماتیت -  $Fe_2O_3$  دارای ۷۰ درصد آهن، ماگنتیت -  $Fe_3O_4$  دارای ۷۲/۴ درصد آهن و آهن کربنات -  $FeCO_3$  دارای ۴۸/۴ درصد آهن می‌باشد.

سوخت کوره‌های بلند؛ مهمترین سوخت کوره‌های بلند کک می‌باشد. کک پس مانده زغال سنگ است که به حالت جامد است وقتی زغال سنگ را در غیاب هوا حرارت دهند، مواد فرار آن خارج می‌شود و زغال کک بر جای می‌ماند.

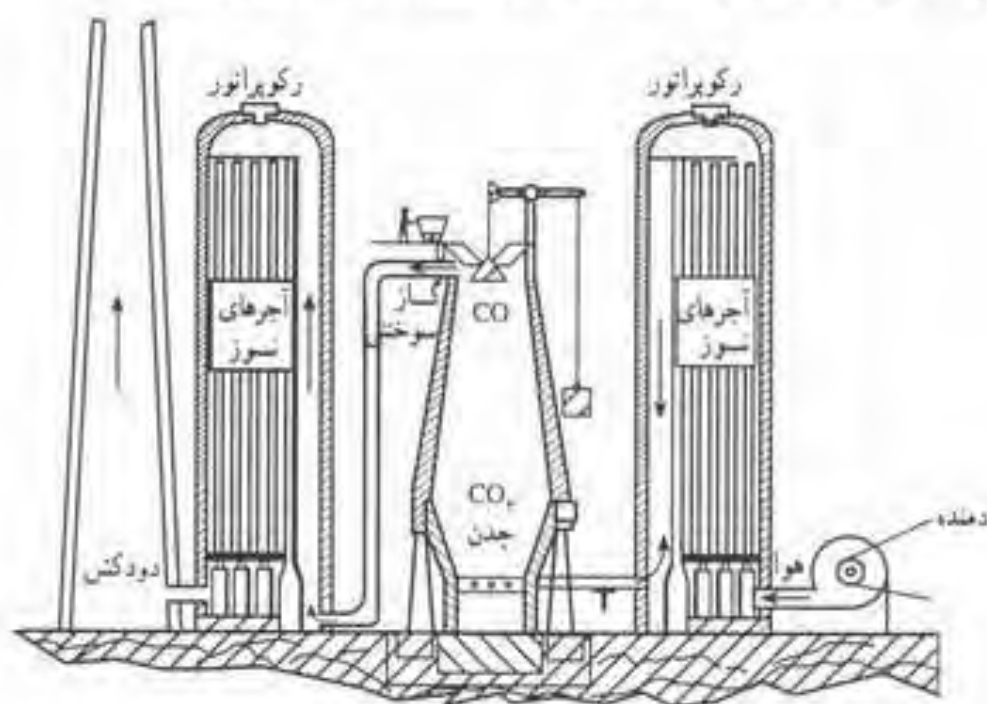
(البته متذکر شویم که این روش یک روش سنتی برای سوخت کوره‌هاست. امروزه از روش مستقیم یعنی بهره‌گیری از گازهای طبیعی، استفاده می‌گردد.)

کمک‌ذوبها: کمک‌ذوبها موادی هستند که برای ترکیب شدن با ناخالصیهای سنگ معدن و کک و نیز برای آسان کردن عمل ذوب، به کار می‌روند. سنگ آهک، سیلیس، آلومین از کمک‌ذوبها هستند.

محصولات کوره بلند: چدن محصول اصلی کوره بلند است. بر روی چدن، موادی جمع می‌شود که شبیه کف در عملیات آشپزی است؛ به این ماده روپاره می‌گویند. گازهای گرم، محصول دیگری از کوره بلند است.

گازهای خارج شده از کوره بلند، دارای ۳۰ درصد کربن منواکسید است که قدرت گرمایی زیادی دارد. از سوزاندن آن برای گرم کردن خوراک کوره در دستگاههایی به نام رکوپراتور استفاده می‌شود.

روپاره دارای کلسیم اکسید، سیلیس و آلومین است. عموماً آن را برای ساخت سیمان و بتون به کار می‌برند و اگر دارای فسفر باشند به عنوان کود کشاورزی مصرف می‌کنند.



شکل ۵-۱ کوره بلند و رکوپراتورهای آن



رکوپراتور: دستگاه بازیافت گرما است. در رکوپراتورها گازهای خروجی کوره بلند را از نو می‌سوزانند و از گرمای حاصل از آن برای گرم کردن خوراک کوره استفاده می‌کنند.

چدن: محصول مذابی که از احیای کانه‌های آهن در کوره‌های بلند حاصل می‌شود «چدن» نام دارد. چدن علاوه بر کربن دارای ۲ تا ۳ درصد سیلیسیم و مقداری فسفر و گوگرد و برخی گازهای حل شده در آن است.

انواع چدن: دو نوع چدن سفید و خاکستری، را می‌توان از یک نوع مواد اولیه و فقط با تغییر دمای کوره و سرعت سرد کردن چدن بدست آورد.

چدن سفید، در حدود  $1100^{\circ}$  درجه سلسیوس ذوب می‌شود و حالت خمیری به خود می‌گیرد؛ در نتیجه برای ریخته‌گری مناسب نیست. چدن سفید، جامد، سخت و شکننده است و فقط برای تهیه فولاد به کار می‌رود.

چدن خاکستری، در حدود  $1200^{\circ}$  درجه سلسیوس ذوب می‌شود، به حالت سیال درمی‌آید و برای ریخته‌گری مناسب است.

می‌توان انواع دیگر چدن را نیز بر حسب نیاز تهیه کرد.

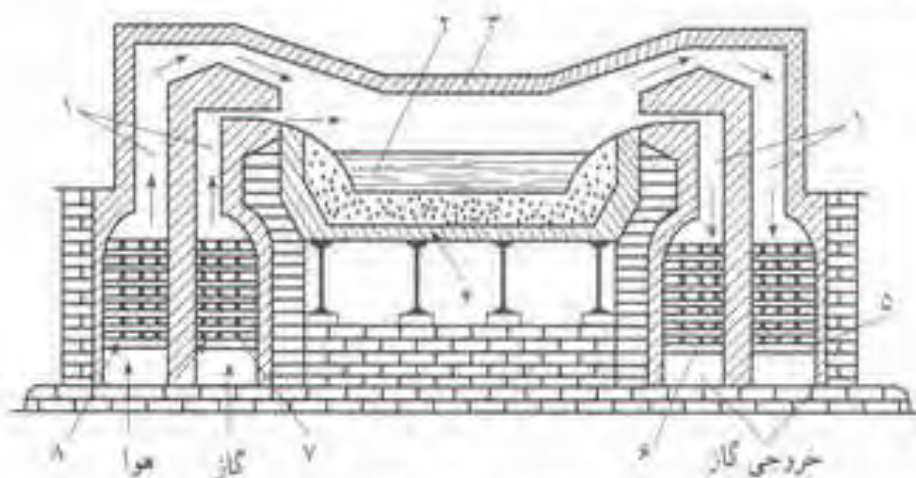
فولاد: فولاد از پالایش چدن بدست می‌آید. در این عمل درصد زیادی از کربن و سیلیسیم و دیگر ناخالصیهای چدن را از بین می‌برند، ولی درصد آهن زیاد تغییر نمی‌کند. پالایش به روشهای بسمه و مارتن و با در کوره‌های الکتریکی انجام می‌گیرد.

روش بسمه: در این روش، ناخالصیهای چدن را با دمیدن هوای گرم در چدن مذاب، می‌سوزانند و سرانجام منگنز را در حد لازم به چدن مذاب می‌افزایند تا فولاد منگنزدار به دست آید. این عمل در دستگاهی به نام کنورتیسور انجام می‌گیرد (شکل ۵ - ۲ را ملاحظه کنید).



شکل ۵ - ۲ حالات مختلف کنورتیسور:  
الف - بارگیری ب - دمیدن ج - تخلیه

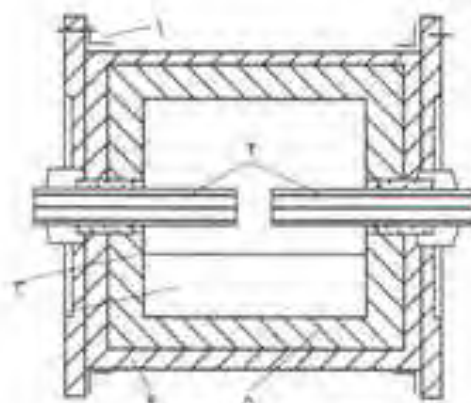
روش مارتن: در این روش ناخالصیهای چدن را با افزایش آهن (III) اکسید از بین می‌برند. کوره با گاز سوختی گرم می‌شود. و دارای رکوبراتور می‌باشند. (به شکل ۳-۵ به دقت نگاه کنید).



شکل ۳-۵ کوره مارتن

۱- محل عبور سوخت و هوا - ۲- محط واکنش - ۳- سقف کوره - ۴- اجاق ۵ و ۶ و ۷ و ۸- رکوبراتورها

روش الکتریکی: در مناطقی که انرژی برق ارزان است، برای تهیه فولاد از این روش استفاده می‌کنند. در این کوره‌ها، منبع تأمین گرما، قوس الکتریکی است که بین الکترودها و بار کوره تشکیل می‌گردد (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵ کوره الکتریکی

۱- جدار خارجی کوره - ۲- الکترودها - ۳- سطح فلز در کوره - ۴- لایه عایق گرمایی - ۵- آستر

انواع فولاد: فولادها را از روی کاربرد در صنعت به سه دسته تقسیم می‌کنند: فولادهای ساختمانی، فولاد برای ساخت ابزار و فولادهای دارای خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه. پس از این گفته شد که مقدار کربن فولادها بین  $0.2\%$  تا  $1.7\%$  درصد است. مقدار کربن فولاد می‌تواند میزان تقسیم‌بندی فولاد به انواع خیلی نرم، نرم، نیمه سخت و خیلی سخت قرار گیرد. هر نوع فولاد مصرف خاصی دارد. مثلاً، فولادهای خیلی سخت را برای تهیه ابزار جراحی و فولادهای نرم را برای ساخت توب و وزه‌پوش به کار می‌برند.

برای سخت کردن فولاد آن را آب می‌دهند. بدین طریق که فولاد را بین ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه سلسیوس گرم کرده، فوراً در آب یا روغن و یا جیوه سرد می‌کنند و با این عمل، فولاد آبدیده بدست می‌آورند. فولاد آبدیده سخت و شکننده است. برای رفع شکنندگی آن را مدنی در دمای ۲۰۰ تا ۳۵۰ درجه سلسیوس می‌پزند.

از فولاد برای تهیه آهنرباهای دایمی و عقربه قطب‌نما استفاده می‌کنند.

فولادهای مخصوص: برای تهیه این نوع فولادها، مقادیر مناسبی از یک یا چند عنصر دیگر را به فولاد می‌افزایند و فولادهای آلیاژی را بدست می‌آورند. مهمترین این فولادها چنین‌اند:

فولادهای کرم‌دار - این فولادها خیلی سخت هستند و برای تهیه بلبرینگ به کار می‌روند.

فولادهای نیکل‌دار - مقاومت آنها در برابر اکسید شدن زیاد است. خیلی سخت هستند و برای ساخت چرخ دنده‌های خودرو به کار می‌روند.

فولادهای کرم و تنگستن‌دار - که فولادهای خیلی سختی هستند و تا گرمای ۵۰۰ درجه خاصیت آبدیدگی خود را حفظ می‌کنند.

انواع دیگری از فولادها وجود دارد که از ذکر آنها خودداری می‌شود.

آهن خالص: آهن خالص را از احیای اکسیدهای آن به وسیله هیدروژن و یا با عمل الکترولیز نمکهای آهن بدست می‌آورند.

آهن فلزیست سفید خاکستری که در ۱۵۳۹ درجه سلسیوس ذوب می‌شود؛ جگالی آن ۷/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشند؛ چکش‌خوار و مفتول‌شدنی است؛ در مقابل کشش مقاومت دارد. آهن به وسیله آهنربا جذب می‌شود. وقتی که از اطراف آن جریان برق عبور کند، خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند، به همین علت در تهیه آهنرباهای مصنوعی به کار می‌رود.

## ۵-۶ آلومینیم

آلومینیم از فراوانترین عناصر در پوسته جامد زمین است. آن را از دو ترکیب مهم «بوکسیت» و «کربولیت» تهیه می‌کنند.

معادن بوکسیت در ایران تسیناً قراوان است. تاکنون در کرمان، بهبهان، شاهرود، مشهد و شمال غرب کشور کشف شده است.

کارخانه تولید آلومینیم ایران به ظرفیت ۴۵ هزار تن در اراک واقع است و از سال ۱۳۵۱ به بهره‌برداری رسیده است.

۱- بوکسیت آلومینیم اکسید آبدار و با نوعی آلومینیم هیدروکسید است. کربولیت یک کانی به فرمول  $\text{Ni}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  می‌باشد.

خواص و کاربرد: آلومینیم فلزیست سفید نقره‌ای و نرم؛ جگالی آن  $\frac{1}{3}$  آهن است؛ مقاومت آن در برابر کشیدن زیاد است؛ رسانایی برق آن نسبتاً خوب است (۶/۰ برابر مس)؛ به علت همین خاصیت است که آن را برای انتقال برق به کار می‌برند.

آلومینیم را برای تهیه ظروف آشپزخانه، در و پنجره ساختمان، توری و... مصرف می‌کنند. از آلومینیم می‌توان ورقه‌هایی به ضخامت یک صدم میلیمتر تهیه کرد. از این ورقه‌ها برای ساخت خازنهای برق و پوشش مواد غذایی استفاده می‌کنند.

آلومینیم ۹۰ درصد از اتمه‌ای را که به سطح آن برخورد می‌کند، منعکس می‌نماید. از این خاصیت برای تهیه آینه‌های خوب استفاده می‌کنند.

بودر آلومینیم برای تهیه رنگهای نقره‌ای مقاوم به کار می‌رود. از ترکیب آلومینیم با اکسیژن، گرمای زیادی حاصل می‌شود. آلومینیم می‌تواند اکسیژن خیلی از اکسیدها را از آنها بگیرد. از این خاصیت که «آلومینوترمی» نامیده می‌شود استفاده می‌کنند و فلزاتی از قبیل کروم، منگنز و وانادیم را استخراج می‌نمایند.

مخلوط بودر آلومینیم و اکسید مغناطیسی<sup>۱</sup> آهن، به نام «ترمیت» برای جوشکاری ریل‌های قطار به کار می‌رود.

آلومینیم اکسید طبیعی که با کمی آهن (II) اکسید همراه است، «کرتندم» نامیده می‌شود و به عنوان سمباده بکار می‌رود.

لعل و یاقوت آبی و جواهراتی از این قبیل، اکسیدهای آلومینیم هستند که با ناخالصیهایی همراه‌اند. آلیاژهای آلومینیم: آلیاژهای آلومینیم از دو خاصیت مهم مکانیکی و سبکی برخوردارند. مهمترین این آلیاژها دورآلومین<sup>۲</sup> است. دورآلومین گروهی از آلیاژهای آلومینیم با مس، منگنز، سیلیسیم، آهن و منیزیم است. دورآلومین که سختی آهن می‌یابند، سه برابر از آهن سبکتر است. سبکی آن باعث شده که آن را در صنایع هواپیماسازی زیاد به کار ببرند.

سبکی قطعات فلزی در اغلب صنایع دارای اهمیت است. مثلاً اگر در قسمتی از بدنه واگونهای حمل کالا و یا لکوموتیو به جای آهن از دورآلومین استفاده شود، صرفه‌جویی زیادی به عمل می‌آید. زیرا حدود یک سوم وزن واگون حمل کالا را بدنه آن و ۹۵ درصد وزن لکوموتیو را وزن خود آن تشکیل می‌دهد. پس بی‌علت نیست که آلومینیم را «فلز آینده» نامیده‌اند.

۱- فرمول اکسید مغناطیسی آهن  $Fe_3O_4$  است.

۲- Corundum

۳- یک نوع دورآلومین (Duralumin) از ۹۴ درصد آلومینیم، ۴ درصد مس و ۰/۵ درصد از هر یک از عناصر منیزیم و منگنز و سیلیسیم و آهن ساخته می‌شود.



## ۵-۷ مس

فلز مس را از ترکیبات سولفیدی و گاهی هم از اکسید آن تهیه می‌کنند.

**خواص و موارد استعمال مس:** مس فلزیست سرخ‌رنگ؛ سنگین‌تر از آهن. از آنجا که این فلز جریان برق را بخوبی هدایت می‌کند، آن را برای تهیه سیمهای انتقال برق به کار می‌برند. چون گرما را خوب انتقال می‌دهد برای تهیه ظروف آشپزخانه، ستونهای تقطیر و اوتوکلاوها به کار می‌رود. باید دانست که مس در مقابل اسیدهای موجود در مواد غذایی، مقاومت چندانی ندارد و خیلی زود از یک ورقه زنگار پوشیده می‌شود که سمی است. به همین علت از قدیم سطح ظروف مسی را قلع‌اندود می‌کردند. مس چکش‌خوار است و می‌توان آن را به صورت ورقه درآورد. خیلی سخت نیست و به علاوه قابلیت قالبگیری ندارد.

برای افزایش قابلیت و کاربرد مس، آن را با دیگر فلزها مزوج کرده، آلیاژهای مس را بدست می‌آورند.

**آلیاژهای مس:** سه نوع آلیاژ از مس تهیه می‌شود. این آلیاژها عبارت‌اند از: برنج، ورنیو و مفرغ.

برنجها - آلیاژهای مس و روی هستند. چکش‌خواری بیشتر و استحکام زیادتری دارند و در مقابل عوامل شیمیایی مقاوم‌ترند و ارزانتر از مس هم هستند.

برنجها را برای تهیه دستگاههای فیزیکی، نوری، موسیقی، وسایل روستنایی و تهیه ظروف برنجی به کار می‌برند.

ورنیو - آلیاژ مس و روی و نیکل است. سفید رنگ است و خیلی کم اکسیده می‌شود. در ساخت قطعات ساعت، دستگاههای دقیق مثل قطب‌نما و پرگار به کار می‌رود.

مفرغها - آلیاژهای مس و قلع هستند، گاهی فلز روی هم به آنها اضافه می‌شود. خیلی سخت‌تر از مس هستند و قالبگیری می‌شوند. در تهیه وسایل خانه، تهیه زنگ و مدال و نشان به کار می‌روند.

برنز آلومینیم نوعی مفرغ است که ۱۰ درصد آلومینیم دارد. خیلی سخت است. در جواهرسازی و تهیه علائم و نشانهای لشکری مصرف دارد.

## پرسش و تمرین

۱. انواع فلزات غیرآهنی را نام ببرید.

۲. آلیاژ را تعریف کنید.

۳. کانه‌های مهم فلزات را نام ببرید.
۴. کانه را تعریف کنید.
۵. گانگ را تعریف کنید.
۶. انواع گانگ را نام ببرید.
۷. متالورژی چه علمی است؟ فرآیندهای متالورژی کدام‌اند؟
۸. خوراک کوره تولید چدن چیست؟ محصول این کوره چه می‌باشد؟
۹. چرا گازهای کوره بلند را در رگوبراتور می‌سوزانند؟
۱۰. سنگهای معدن آهن کدام‌اند؟ درصد آهن کدام سنگ بیشتر است؟
۱۱. انواع چدن را نام ببرید و تفاوت آنها و مصرف هر کدام را بگویید.
۱۲. دو روش برای تهیه فولاد را نام ببرید.
۱۳. تهیه فولاد در روشهای دوگانه چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟
۱۴. آبدادن فولاد یعنی چه؟ چرا فولاد را آب می‌دهند؟
۱۵. انواع فولاد را از لحاظ سختی نام ببرید.
۱۶. سه نوع فولاد مخصوص نام برده، مورد مصرف هر نوع را مشخص کنید.
۱۷. کاربرد آهن خالص را نام ببرید.
۱۸. در مورد آلومینیم ایران، مختصری توضیح دهید.
۱۹. علت کاربرد آلومینیم را در صنایع هواپیماسازی و واگون‌سازی بنویسید.
۲۰. آینه آلومینیمی چه مزیتی دارد؟
۲۱. چرا آلومینیم را فلز آینده می‌گویند؟
۲۲. سمیاده از چه تهیه می‌شود؟
۲۳. آلومینوترمی را توضیح دهید.
۲۴. ترمیت چیست و چه مصرفی دارد؟
۲۵. علت مصرف مس را در تهیه سیمهای برق و ظروف آشپزخانه بنویسید.
۲۶. عیب مس برای ساخت ظروف آشپزخانه چیست؟ این عیب را چگونه برطرف می‌کنند؟
۲۷. برنج و وزنیو را از لحاظ سازندگان و خواص مقایسه کنید.
۲۸. برنجها و مفرغها را از لحاظ موارد مصرف مقایسه کنید.

## خوردگی - آبکاری - کاربرد روکشهای فلزی

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
 - خوردگی، آبکاری، پوشش فلزات و ارتباط آن با صنایع شیمیایی را شرح دهد.

### ۶-۱ مقدمه

اغلب شاهد این واقعت هستیم که بسیاری از اشیای فلزی دستخوش خوردگی شده، کم کم از بین می‌روند. برای مثال، وسایل آهنی در برابر هوا و رطوبت دستخوش زنگ‌زدگی می‌شوند و بر روی آنها لایه قهوه‌ای رنگی تشکیل می‌شود که به تدریج بر ضخامت آن افزوده می‌شود. از همین راه است که بدنه اتومبیلها در مناطق مرطوب به سرعت دستخوش بوسیدگی می‌شود و یا بدنه کشتیها، لوله‌های آهنی کار گذاشته شده در خاک کم کم دچار خوردگی می‌شوند. به همین ترتیب، لوله‌های آب گرم و آب سرد منازل پس از مدتی بوسیده و سوراخ می‌شوند. شما خود شاهد خوردگی تدریجی ظروف مسی و سیاه شدن وسایل نقره‌ای هستید. در همه این موارد، عوامل محیطی از قبیل هوا، رطوبت، نمکها و... با اشیای فلزی ناپایدار در برابر آن عوامل، وارد واکنش شیمیایی می‌شوند و آنها را به ترکیبات شیمیایی بی‌دوام تبدیل می‌کنند.

بر اساس آمار و ارقام موجود می‌توان تخمین زد که زیانهای حاصل از خوردگی در سطح جهانی بالغ بر بیلیونها دلار است. از این رو، مطالعه خوردگی فلزات و راههای مقابله با آن اهمیت بسیار زیادی دارد. در واقع با بهره‌گیری از کاربرد علم و تکنولوژی می‌توان آثار بد خوردگی و زیانهای ناشی از آن را به حداقل کاهش داد. با آنکه خوردگی امری اجتناب‌ناپذیر است، اما می‌توان زیانهای حاصل از آن را با اقدامات لازم و بویژه تقلیل داد. مثلاً از راه رنگ کردن، لعاب دادن، انتخاب آلیاژهای مناسب، آبکاری، تمیز کردن و زدودن لکه از روی وسایل و دستگاههای فلزی و... می‌توان با مسأله خوردگی مقابله کرد. در واقع هدف اصلی و اساسی «مهندسی خوردگی» مقابله و مبارزه با امر خوردگی است.

## ۶-۲ تعریف خوردگی

خوردگی را به چند روش می‌توان تعریف کرد؛ برخی از آنها عبارت‌اند از:

الف - از بین رفتن یا بوسیدن یک ماده، یک وسیله، یک دستگاه و مانند آنها در اثر واکنش با عوامل موجود در محیط.

ب - از بین رفتن مواد و وسایل و دستگاههای گوناگون بر اثر عوامل مختلفی که صد درصد مکانیکی نیستند.

عده‌ای از متخصصان ترجیح می‌دهند که اصطلاح «خوردگی» را فقط در مورد فلزات و وسایل و دستگاههای ساخته شده از فلزات به کار برند. در مقابل، عده‌ای دیگر معتقدند که باید خوردگی را در معنای وسیعتری به کار برد، مثلاً از بین رفتن رنگ و ضایع شدن لاستیک در اثر تابش نور خورشید، فرسوده شدن جدار کوره‌های فولادسازی، از بین رفتن جدارهای فلزی در نتیجه تماس با فلزات مذاب و... همه، خوردگی نامیده می‌شوند.

## ۶-۳ محیطهای خورنده

در عمل، اکثر محیطها دارای اثر خوردگی هستند، اما قدرت خوردگی آنها متفاوت است. محیطهای خورنده که برای ما بیشتر آشنا هستند عبارت‌اند از:

هوا، رطوبت، آبهای ناخالص مانند آبهای معدنی، هوای آلوده شهری و صنعتی، بخارها و گازهای خورنده مثل بخار آمونیاک، گاز کلر، گاز گوگرد دیوکسید و... اسیدها، قلیاها، خاکها، نفت و... در شکل ۶-۱ مهمترین عوامل خورنده را مشاهده می‌کنید.

## ۶-۴ معرفی برخی خسارتهای ناشی از خوردگی

خسارتهای ناشی از خوردگی ابعاد بسیار وسیع و گوناگونی دارد. در اینجا برخی از آنها که مهمتر و شناخته شده‌تر هستند معرفی می‌کنیم:

الف - خوردگی، ظاهر وسایل و دستگاههای مورد استفاده را ناخوش آیند می‌سازد. بدنه ماشینی که دستخوش خوردگی شده است دارای ظاهر ناخوشایندی است. همین‌طور ظاهر یک وسیله که دچار خوردگی شده نازیبا است. گذشته از آن، دوام و عمر یک وسیله و یا یک دستگاه در معرض خوردگی بسیار کمتر از زمانی است که خطر خوردگی در میان نیست و از این راه خسارت مالی زیادی پیش می‌آید.

ب - اگر در یک کارخانه، لوله‌ای دچار خوردگی شود، برای تعویض آن ممکن است مجبور





## ۶-۵ طبقه بندی خوردگی

خوردگی را به روشهای مختلفی می توان طبقه بندی کرد دو نوع آن که بیشتر معمول است عبارت اند از: «خوردگی تر» و «خوردگی خشک».

خوردگی تر در محیط مایع و یا محلول صورت می گیرد. برای مثال، محلولهای شامل الکترولیتها محیطهای خورنده نسبتاً قوی هستند. انواع فولادها در محیطهای آبی بتدریج دچار خوردگی می شوند. خوردگی خشک موقعی پیش می آید که مایعی در محیط خوردگی موجود نباشد. در این شرایط، بخارها و گازهای خورنده باعث خوردگی می شوند. این نوع خوردگی معمولاً در دماهای بالا پیش می آید و یک نوع آن شامل خورده شدن فولاد به وسیله گازهای کوره است.

در اینجا لازم است به این نکته مهم توجه کنید که حتی وجود مقدار بسیار اندکی از رطوبت می تواند جگونی و شکل خوردگی را به طور کلی متفاوت سازد. برای مثال، گاز کلر خشک در شرایط معمولی باعث خوردگی اغلب فولادها نمی شود، اما کلر مرطوب و یا کلر محلول در آب شدت خورنده است و بیشتر فلزات و آلیاژها را دچار خوردگی می سازد. جالب توجه است بدانید که این امر در مورد فلز تیتانیوم برعکس است. در مورد این فلز، گاز کلر خشک نسبت به گاز کلر مرطوب قدرت خوردگی بیشتری دارد.

**خوردگی الکتروشیمیایی فلزات:** این نوع خوردگی وقتی پیش می آید که دو فلز مختلف در مجاورت یکدیگر قرار بگیرند و یک محیط الکترولیتی هم وجود داشته باشد.

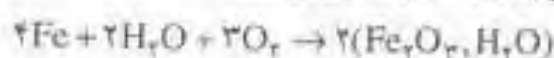
واکنش اصلی خوردگی آهن در محیطهای آبی، واکنش تعادلی زیر می باشد:



اگر تحت شرایطی، هیدروژن و یا  $\text{Fe}^{2+}$  از محیط خارج گردد، تعادل به سمت راست جابه جا می شود و مقدار بیشتری از آهن دچار خوردگی می گردد.

اکسیژن موجود در هوا و آب، هیدروژنهای اتمی را به صورت آب درمی آورد و یونهای  $\text{Fe}^{2+}$  را هم به یونهای  $\text{Fe}^{3+}$  تبدیل می کند. بعد از آن یونهای  $\text{Fe}^{3+}$  با یونهای آب وارد عمل می شوند و زنگ آهن را بوجود می آورند.

معادله واکنش کلی زنگ زدن آهن را می توان به صورت زیر نوشت:



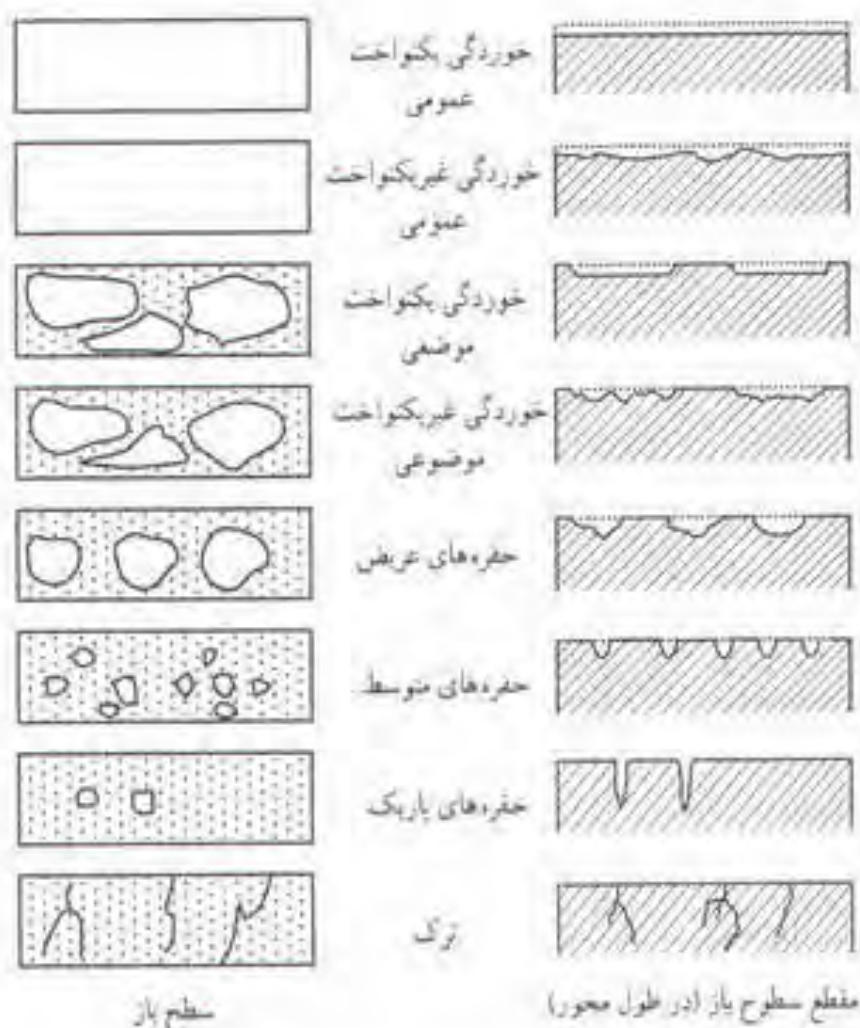
اما فرمول زنگ آهن، پیچیده تر از فرمول سمت راست می باشد. عوامل متعددی، از قبیل شرایط محیطی و شرایط خوردگی باعث این پیچیدگی می شوند.

سختندگی قلیایی: وقتی که در دیگهای فلزی تولید بخار، از آبی استفاده شود که زیاد قلیایی

باشند. ذره‌های ریز فلز در بدنه دیگ کم کم از یکدیگر فاصله می‌گیرند و باعث ایجاد ترک‌هایی در بدنه دیگ می‌گردند. این پدیده را شکندگی قلیایی می‌نامند و در جزو خوردگی بررسی می‌نمایند.

## ۶-۶ شکلهای مختلف خوردگی

خوردگیهای شیمیایی و الکتروشیمیایی باعث پیدایش مناطق خورده شده در فلز می‌شوند. این مناطق به شکلهای مختلفی نمایان می‌گردند. در شکل ۶-۲ انواع مختلف اشکال خوردگی نشان داده شده است. آنها را به دقت بررسی کنید.



شکل ۶-۲ اشکال خوردگی

جدا شدن انتخابی: در برخی از خوردگیها یکی از عنصرهای شرکت کننده در آلیاژ از آن جدا می‌شود. مثالی از این نوع جدا شدن فلز روی از آلیاژهای برنجی است. آلیاژهای برنجی آلیاژهایی از روی و مس هستند. برنج زرد معمولی آلیاژی است که تقریباً ۳۰ درصد روی و ۷۰ درصد مس دارد. این آلیاژ دچار خوردگی می‌شود و برخی جاهای آن به رنگ قرمز مسی درمی‌آید که به آسانی از رنگ

زرد اصلی آلیاژ قابل تشخیص است. در این مکانهای به رنگ قرمز مسی، بخشی از فلز روی در جریان فرآیند خوردگی از آن جدا شده است و آلیاژ با درصد مس بالاتر تشکیل شده است.

**بوسیدگی در خط جوش:** گاهی اوقات در قطعات فلزی به هم جوش داده شده، در تردیکتهای محل جوش و به موازات آن، بوسیدگی و فساد به وجود می‌آید. از این رو، به این نوع خوردگی «بوسیدگی خط جوش» می‌گویند. در جریان این نوع بوسیدگی برآمدگیهای ظاهراً زیر و شکر مانند در یک سمت و یا در هر دو طرف خط جوش و به موازات آن پدید می‌آیند که در هر لحظه ممکن است از آن جدا شوند و خوردگی پیشرفت نماید.

**خوردگی سایشی:** در خوردگی سایشی، عمل خوردگی بر اثر حرکت نسبی یک مایع خورنده بر سطح یک فلز، سرعت بیشتری پیدا می‌کند. در مواقعی که سایش مکانیکی هم در کار باشد، پیشرفت این نوع خوردگی بیشتر محسوس است، زیرا محصول خوردگی بر اثر سایش مکانیکی از محل خوردگی دور می‌شود و خوردگی با سرعت و وسعت بیشتری ادامه می‌یابد.

**خوردگی فرسایشی:** این نوع خوردگی در محل‌های تماس بین دو فلز که تحت فشار هستند و در معرض ارتعاش و لغزش قرار دارند پیش می‌آید. نتیجه این نوع خوردگی به شکل حفره‌ها یا تیارهایی که به وسیله محصولات خوردگی احاطه شده است ظاهر می‌شود.

مثال کلاسیکی خوردگی فرسایشی در صفحات فولادی که به وسیله پیچ و مهره برای نگهداری ریل‌های راه آهن به کار می‌روند، پیش می‌آید. برای کاستن سرعت خوردگی باید به‌طور مرتب پیچ و مهره‌ها را سفت کرد.

یک مثال متداول دیگر از خوردگی فرسایشی در بلبرینگهایی است که یا فشار بر روی یک محل معین کار گذاشته شده‌اند. چنین خوردگی باعث لق شدن و انهدام می‌شود.  
تعمیر: دو نوع خوردگی دیگر را نام ببرید و برای هر کدام مثالهایی بیاورید.

## ۶-۷ راههای جلوگیری از خوردگی

برای جلوگیری از خوردگی می‌توان از روشهای زیادی استفاده کرد. برخی از آنها که آسانتر و آسانتر هستند عبارت‌اند از:

**الف - رنگ زدن:** تیرهای آهنی را با لایه‌ای از رنگ قرمز می‌پوشانند تا خطر خوردگی آنها کمتر شود. رنگ کردن درب و پنجره‌های فلزی نیز بر دوام آنها می‌افزاید. رنگ کردن بدنه اتومبیلها، از یک سو باعث زیبایی و از سوی دیگر باعث دوام آنها می‌شود.

**ب - روپین ساختن:** هرگاه یک ورقه آهنی را در نیتریک اسید غلیظ و سرد داخل کنیم، یک



لایه نازک اکسید بر سطح آن تشکیل می‌شود که ورقه آهنی را در برابر عوامل خوردنده بشدت حفظ می‌کند. برای مثال جنین آهنی که «آهن روئین» نام دارد، حتی در نیتریک اسید هم پایدار می‌ماند و خورده نمی‌شود.

با استفاده از سدیم کرومات هم می‌توان آهن را روئین کرد. علاوه بر آن، مشگنز فسفات و آهن فسفات نیز خاصیت حفاظتی دارند. برای این منظور ورقه‌های آهنی را به وسیله لایه نازکی از آنها می‌پوشانند تا دوام آهن در برابر خوردگی افزایش یابد.

ج - تشکیل لایه اکسید مقاوم: اکسیدهای برخی از فلزات چسبنده و مقاوم اند و می‌توانند مانع خوردگی بیشتر آن فلزات شوند. برای مثال فلز آلومینیم در برابر هوا بسیار ناپایدار است و به سرعت با اکسیژن واکنش می‌دهد و به آلومینیم اکسید تبدیل می‌شود. لایه اکسید تشکیل شده با چسبندگی زیادی سطح آلومینیم را می‌پوشاند و مانع اکسایش بیشتر آلومینیم می‌شود. از همین رو است که وسایل آلومینیومی در برابر عوامل محیطی با دوام هستند.

د - استفاده از لعابها و پوششهای دیگر نیز برای جلوگیری از خوردگی مفید هستند.

ه - پوشاندن سطوح خارجی قطعات در معرض خوردگی به وسیله یک فلز مقاوم و در عین حال دارای ظاهر خوش آیند و زیبا از راه آبکاری نیز برای جلوگیری از خوردگی بسیار رایج است.

## ۶-۸ آبکاری

روکش کردن فلزات، برای منظوره‌های مختلفی انجام می‌گیرد که یکی از آنها، حفاظت فلزات ناپایدار، در برابر اثر عوامل جوئی و محیطی است. هدف دیگر تزئین فلز با دادن رنگ و منظره خاص به فلز می‌باشد.

روشهای مختلفی برای آبکاری فلزات معمول است. از میان آنها روش الکترولیز بسیار رایجتر است.

آبکاری به روش الکترولیز: در این روش، جسمی را که باید روکش داده شود، در محلول نمک فلز روکش، قرار می‌دهند و سپس آن را به قطب منفی یک مولد برق بکطرفه وصل می‌کنند. قطب مثبت مولد را به میله یا ورقه‌ای از فلز روکش که خالص است و در محلول در مقابل شبی آب دادنی قرار گرفته، وصل می‌کنند. از این راه یک جریان مستقیم را برای مدتی از مدار عبور می‌دهند و با این عمل مقداری از فلز روکش را بر جسم می‌نشانند.

کم شدن بوتهای فلزی در محلول یا از حل شدن قطب مثبت جبران می‌شود و یا اینکه با افزودن نمک فلز روکش تأمین می‌گردد.

فلز روکش، فلزست مقاوم و یا زیباکننده، مثل نیکل، کرم، روی، نقره، طلا، پلاتین. حساسیت و دیگر ویژگیهای روکش به ترکیب و غلظت و pH و دمای محلول و دانسیته<sup>۱</sup> جریان مربوط می شود. برق یکطرفه را معمولاً از یک سو کردن برق شهر تأمین می کنند. پتانسیل الکتریکی یا ولتاژ به کار رفته را طوری انتخاب می کنند که با توجه به همه مقاومت های موجود در مدار بتواند یونهای فلزی موجود در محلول را به فلز برساند و بر روی شیبی آب دانی رسوب دهد. در قسمت پایین شکل زیر، یک مدار آبکاری ارائه شده است.



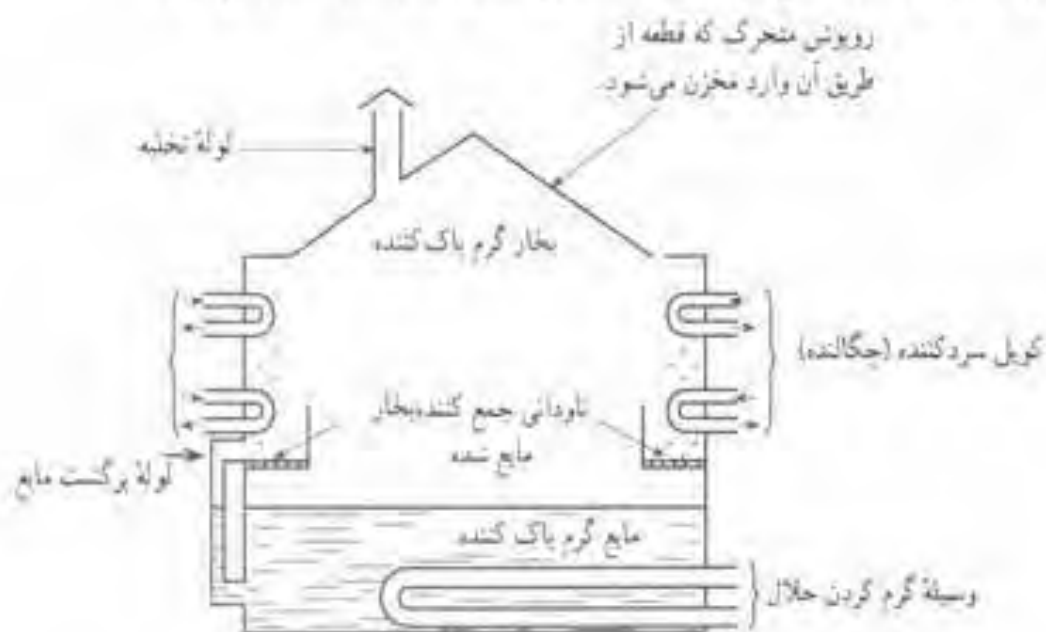
شکل ۶-۳ قسمت های مختلف یک واحد آبکاری

آماده سازی قبل از آبکاری: برای اینکه جسم مورد نظر برای آبکاری، بتواند روکش را بخوبی بپذیرد باید سطح آن عاری از زنگ، اکسید، رسوبها و لکه های چربی باشد. به همین دلیل ابتدا چربی روی جسم را تمیز می کنند. سپس سطح آن را به وسیله نمک و جریخ سمباده و ماسه تمیز کرده، دوباره چربی گیری می کنند و آنگاه در معرض آبکاری قرار می دهند.

۱- پاک کردن آلودگیهای سطحی: آلودگیهای سطحی، عموماً به صورت مواد آلی نظیر روغن و گریس است، آنها را به وسیله حلالهای آلی مانند کربن تتراکلرید، بنزن، استون تمیز می کنند. این

۱- دانسیته جریان = جدار امرهایی است که از سطح یک سانتیمتر مربع می گذرد.

عمل به روش بخار، مایع گرم و در دستگاهی مطابق شکل زیر انجام می‌گیرد.



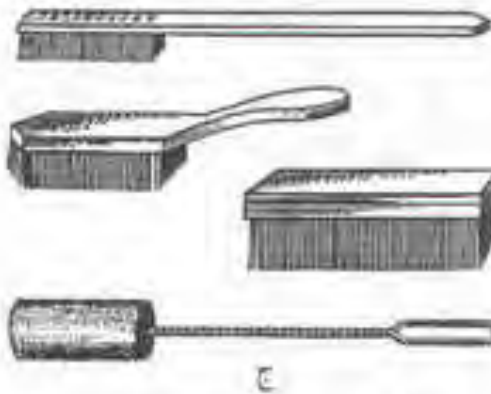
شکل ۶-۲ قسمت‌های مختلف یک پاک کننده که با مایع و بخار کار می‌کند

۲- پاک کردن زنگ خفیف سطحی: رنگهای ناخواسته روی قطعات را می‌توان با عملیات سمباده کاری و صیقل کاری از بین برد و یا اینکه با مواد شیمیایی آنها را حل کرد و جدا ساخت. در عمل سمباده کاری، زنگ را به وسیله کاغذ سمباده یا برسهای سیمی جرخان از سطح قطعات برمی‌دارند.

در صیقل کاری، سطح را صافتر می‌کنند و با خاصیت انعکاسی قطعه را بالا می‌برند. عمل صیقل کاری به روشهای مکانیکی، شیمیایی و الکتریکی انجام می‌گیرد.

۳- چربی‌گیری قبل از آبکاری: در این عملیات ابتدا جسم را با قلیا و گرد صابون تست و شو می‌دهند. بعد آن را تمیز و خشک کرده، با بتزین تست و شو می‌دهند تا هیچ گونه آلودگی بر روی جسم باقی نماند. برای اطمینان بیشتر، دوباره آن را در محلول سود سوزآور و سدیم سیانید و سدیم کربنات تست و شو می‌دهند. بعد با آب می‌شویند و برای خستی کردن اثر قلبایی، جسم مورد نظر را با پوریک اسید تست و شو داده، خشک می‌کنند و در معرض آبکاری قرار می‌دهند.

عملیات بعد از آبکاری: پس از اتمام مراحل آبکاری، جسم را از حمام بیرون می‌آورند و با آب تست و شو می‌دهند تا محلول روی آن جدا شود. بعد از تست و شو آن را برداخت می‌کنند. در برداخت کردن مکانیکی، جسم را با خاک اره و تمد نرم یا قرچه مخصوص، صیقل می‌دهند. در برداخت کردن الکترولیتیکی جسم را در حمام اسیدی برآبی و صیقلی می‌کنند.



شکل ۶-۵ ابزار پاک کردن سطح فلز  
الف) فرجه فولادی الکتریکی با مانسین صاف کننده با سله نرم ج) فرجه های فلزی

جرخ سیمی طرف بافته شده جرخ سیمی یا سیمهای رو به داخل جرخ سیمی با کوره پیچیده



جرخ سیمی یک قطعه ای



جرخ برس زنی سیمی خیلی مقاوم



جرخ سیمی فتجالی



فرجه برای ابزار قابل حمل



شکل ۶-۶ انواع مختلف ابزار تمیز کردن سطح فلزات

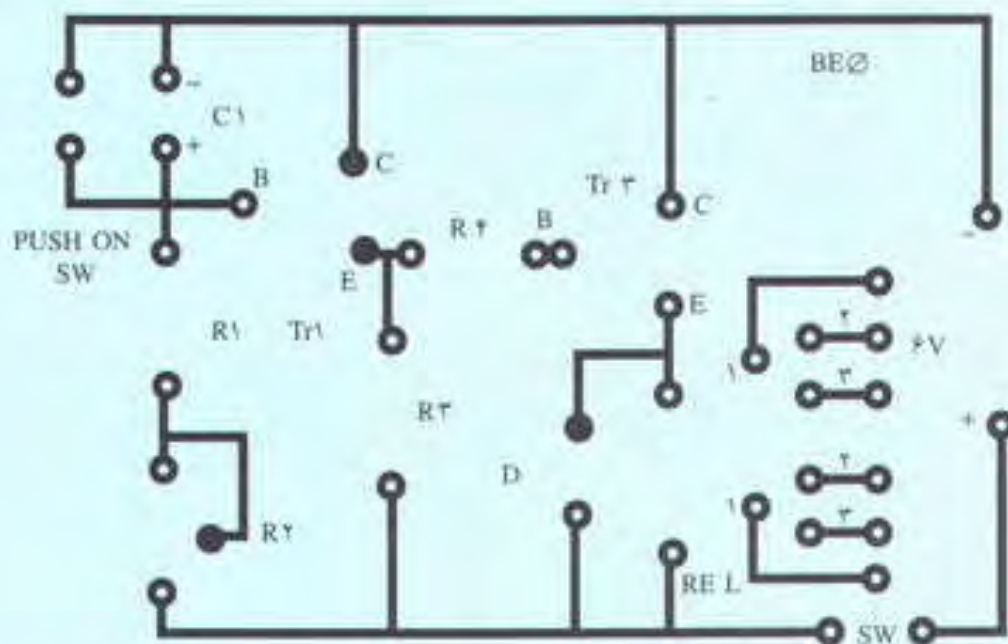


## مطالعه آزاد

### ۶-۹ روشهای فلزی برای ساخت مدار چاپی الکترونیکی

شما کیتهای آموزشی را دیده‌اید و شاید با آنها کار کرده‌اید. کیتهای الکترونیکی از انواع مدار چاپی الکترونیکی هستند.

مدار چاپی چیست: رشته‌ای از نوارهای مس است که بر روی یک ورقه مقوای مخصوص (فیبر) چسبیده است. به بعضی از نقاط این رشته، مقاومتها، خازنها لحیم می‌شود. نوارهای مسی، بخش رسانا و فیبر، بخش نارسانا (عایق) ورقه‌ها را تشکیل می‌دهد. مدار چاپی تایمر الکترونیک یکی از این مدارها می‌باشد (به شکل ۶-۷ به دقت نگاه کنید).



شکل ۶-۷ مدار چاپی تایمر الکترونیک

فیبرهایی که برای ساخت مدار چاپی به کار می‌روند با فنلی هستند یا شیشه‌ای فیبر فنلی<sup>۱</sup> را از لایه‌های کاغذی می‌سازند که قبلاً در محلول چسب فنلی وارد شده باشند. این فیبرها را در مدارهای رادیو و تلویزیون، ضبط صوت، دستگاههای صوتی و... به کار می‌برند.

فیبر شیشه‌ای (فایبرگلاس) را از الیاف فشرده شده پشم شیشه و محلول چسب ایوکسی می‌سازند. این فیبرها را در مدارهای کامپیوترها، ماهواره‌ها و هواپیما به کار می‌برند.

۱ - فنل:  $C_6H_5OH$

ضخامت استاندارد فیبرها ۱ و ۱/۵ و ۱/۶ و ۲ میلیمتر است. معمولاً، نوارهای مسی را به طور مستقیم بر روی فیبر نمی‌چسبانند، بلکه ابتدا سطح فیبر را از مس می‌پوشانند و بعد مدار دلخواه را بر سطح مس رسم می‌کنند - رسم نقشه مدار، به روشهای مختلفی انجام می‌گیرد - سپس مدار را با مواد ضد اسید می‌پوشانند. آنگاه فیبر را در داخل مواد شیمیایی قرار می‌دهند. مسی که روی آن ماده ضد اسید نداشته است حل می‌شود و مدار مسی بر فیبر عایق بدست می‌آید.

## ۶-۱۰ آبکاری فیبرها و پلاستیکها

می‌دانیم که فیبر و پلاستیک مواد عایقی هستند. بدین دلیل، آبکاری آنها مثل آبکاری فلزات نیست. برای آبکاری فیبر و پلاستیک، باید ابتدا آنها را رسانای جریان برق کرد. بدین منظور آنها را از یک لایه فلزی پوشش می‌دهند و بعد مثل فلز آبکاری می‌کنند. پوشش دادن را به روش شیمیایی انجام می‌دهند. در اغلب موارد جنس پوشش از فلز پالادیم (Pd) است، زیرا معلوم شده که پوشش پالادیمی بهترین پوشش برای آبکاری پعدی است.

قبل از پوشش دادن، فیبر را در محلول مخلوط سولفوریک اسید + فسفریک اسید + کرومیک اسید قرار می‌دهند تا اینکه فیبر هم آب دوست و هم زیر گردد. برای نشانیدن پالادیم بر روی فیبر، قطعه را در محلول قلع کلرید و سپس محلول پالادیم کلرید فرو می‌برند.

## تهیه مدار چاپی به روش پرده ابریشمی (سیلک اسکرین)

امروزه در ایران اکثر مؤسسات و شرکتهای تولیدی وسایل الکترونیک و سازندگان کیتهای آموزشی، مدار چاپی را به روش پرده ابریشمی می‌سازند.

اساس روش جنین است که طرح مدار را بر روی پارچه ابریشم (سیلک) چاپ می‌نمایند. به طوری که خطوط و علائم، روی پارچه ابریشمی خالی می‌ماند و بقیه قسمتها با ماده مخصوص پوشیده می‌شود. سپس این ابریشم را روی فیبر قرار می‌دهند و با یک تیغه لاستیکی (نورد)، مرکب یا رنگ روغنی مخصوص را روی آن می‌غلطانند. رنگ از سوراخهای ریز عبور کرده، روی مس فیبر مدار چاپی ظاهر می‌گردد. پس از خشک شدن رنگ روی فیبر مسی، آن را به درون محلول اسیدی آهن (III) کلرید



می اندازند، تا قسمتهای رنگ نخورده در محلول اسید خورده شود و از بین برود. حال مدار جایی آماده مونتاژ می باشد.

معمولاً خطوط مسی فیبر مدار جایی را با ماده مخصوص عایق می نمایند تا لحیم کاری بعدی خوب انجام گیرد.

یادآوری - پس از استفاده از ایربشم، آن را فوری با تینر خوب می شویند و از آن برای دور بعد استفاده می کنند (از یک برده ایربشمی چندین بار می توان برای تهیه مدار جایی استفاده نمود) از این رو به خاطر سرعت عمل و اقتصادی بودن این روش، در صنعت بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. اسید مدار جایی - شامل آهن (III) کلرید - نیتریک اسید - آلومینیوم پرسولفات - کرومیک اسید - هیدروفلوئوریک اسید است (دو اسید اخیر برای فیبر شیشه ای به کار می روند).

### پرسش و تمرین

۱. زبان خوردگی فلزات را توضیح دهید.
۲. خوردگی فلزات را تعریف کنید.
۳. چند گاز نام ببرید که فلزات را فاسد می کنند.
۴. خوردگی الکتروشیمیایی چگونه انجام می گیرد؟ آن را توضیح دهید.
۵. شکندگی قلیایی چگونه صورت می گیرد؟ آن را توضیح دهید.
۶. فرمولهای مختلفی برای زنگ آهن می نویسند. علت چیست؟
۷. چند نوع خوردگی را می شناسید؟ آنها را به ترتیب توضیح دهید.
۸. راههای جلوگیری از خوردگی را توضیح دهید.
۹. چرا سطح فلزها را به وسیله فلز دیگر می پوشانند؟
۱۰. چهار روش آبکاری را نام ببرید.
۱۱. مراحل آبکاری الکترولیتیکی را نام ببرید.
۱۲. جری گیری اولیه جسم چگونه است؟ آن را توضیح دهید.
۱۳. ولتاژ آبکاری باید چه مقدار باشد؟
۱۴. پرداخت کردن یعنی چه؟
۱۵. چرا بعد از آبکاری و درآوردن جسم از حمام، باید آن را با آب نسیب و شو داد؟

\* این پرسشها مربوط به بخش مطالعه آزاد هستند.

۱۶. مدار جایی چیست؟

۱۷. نوارهای سیاه در شکل مدار تایمر الکترونیک چه چیز را مشخص می کند؟

۱۸. چند نوع فیبر وجود دارد؟ آنها را توضیح دهید.

۱۹. آبکاری فیبرها و پلاستیکها چگونه انجام می شود؟ توضیح دهید.

۲۰. تهیه مدار جایی به روش برده ابرشیمی را توضیح دهید.



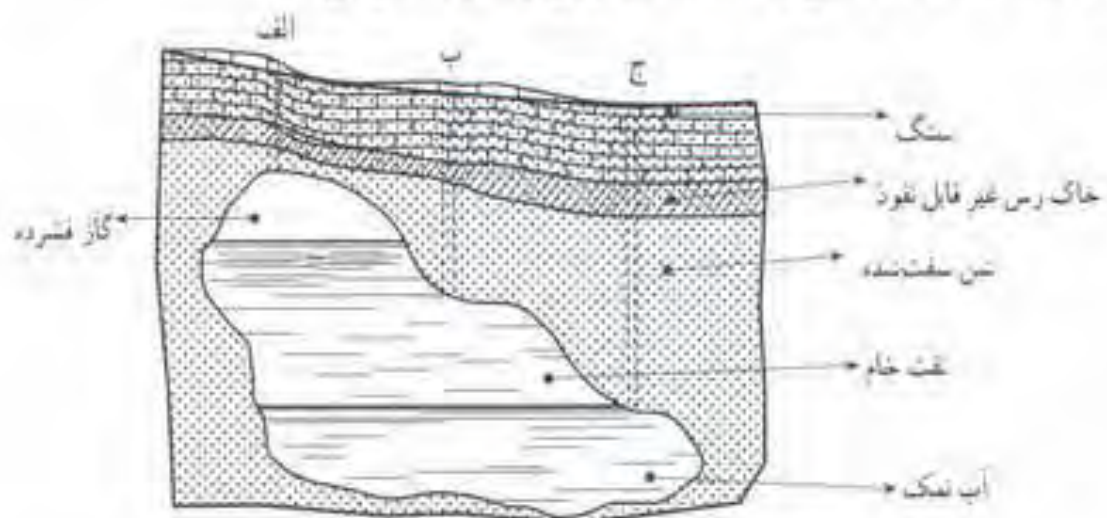
## فصل هفتم

### شناخت صنایع نفت و پتروشیمی

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
- صنایع نفت و پتروشیمی را با ذکر برخی فرآورده‌های آن معرفی کند.

#### ۷-۱ نفتها

نفت در طبیعت: نفتها، محلولهای مایعی هستند که در حفره‌های اعماق زمین، بین لایه‌های نفوذناپذیر، قرار دارند. هر مخزن نفتی مطابق شکل ۷-۱، از سه طبقه تشکیل می‌شود: طبقه زیرین را آب نمک، طبقه وسطی را نفت و طبقه رویی را گاز تشکیل می‌دهد.



شکل ۷-۱ نموداری از یک منبع نفتی  
الف- وقتی که چاه به گاز برسد ب- وقتی که چاه به نفت برسد ج- وقتی که به آب نمک برسد.

ویژگیهای نفت خام: نفت خام مایعی است روغنی، قهوه‌ای یا سیاه‌رنگ. در آب حل نمی‌شود. چگالی انواع مختلف آن از ۰/۷۵ تا ۰/۹۵ گرم بر میلی‌لیتر می‌رسد.  
اجزای نفت خام: نفت خامی که از چاه استخراج می‌شود، اصولاً از مواد آلی تشکیل می‌شود. اما در زمان استخراج، همراه با نفت، مقداری از مواد معدنی نیز از چاه بیرون آورده می‌شود. مواد معدنی موجود در نفت عبارت‌اند از: شن، خاک رس، آب، کلسیم کلرید، منیزیم کلرید، نمکهای آهن و سدیم.  
مواد آلی نفت خام، از گروه هیدروکربنها می‌باشند. نوع هیدروکربتهای نفت، بشا بر موقعیت

جغرافیایی فرق می‌کند. مثلاً نفت پسیلوانیا ایالات متحده، بیشتر از نوع پارافینی<sup>۱</sup> و نفت قفقاز بیشتر از نوع نفتنی<sup>۲</sup> می‌باشد.

مولکولهای هیدروکربنهای نفتی بین ۱ تا ۳۳ کربن دارند و تعداد هیدروکربنهای نفتی به بیش از سیصد عدد می‌رسد.

در نفت خام ترکیبات گوگرددار، اکسیژن‌دار و ازت‌دار آلی نیز وجود دارد و تعداد آنها نسبتاً زیاد است.

مقدمه‌ای بر تصفیه نفت خام؛ سابقه تاریخی استفاده از نفت، متعلق به چند هزار سال پیش است که آن را به منظور روشنایی و دارو به کار می‌بردند و گاز آن را در آتشکده، به عنوان آتش مقدس ابدی می‌سوزانیدند و قیر را اغلب به جای ساروج مصرف می‌کردند. در شهر باکو، مشعلهای آن به نام آتش جاویدان باکو، راهنمای کشتیها بوده است.

اما از پیش از صد سال پیش بوده است که نفت خام را تقطیر کرده، از آن نفت چراغ بدست آورده‌اند و باقیمانده آن را برای سوزانیدن در کوره‌ها بکار برده‌اند.

از زمانی که خودرو و هواپیما اختراع شده، تقاضا برای نفت افزایش یافته است. از طرفی همزمان با پیشرفت صنایع شیمیایی نیاز به مواد اولیه بیشتر شده است و تا این زمان پژوهشگران توانسته‌اند اجزای سازنده نفت خام را کاملاً شناسایی کنند. نیاز به مواد اولیه از یک طرف و شناخت اجزای تشکیل دهنده نفت از طرف دیگر، نشان داده است که نفت می‌تواند منبع خوبی برای تهیه مواد اولیه صنایع شیمیایی باشد.

کاربرد مواد نفتی در صنایع شیمیایی، صنعت جدیدی به نام پتروشیمی را بوجود آورده است. برای تهیه خوراک این صنعت، ناگزیر شده‌اند مواد ساده‌تری را از نفت خام جدا کنند یعنی که نفت را بالایش نمایند.

بالایش نفت خام؛ هدف از این عمل، جدا کردن مواد مختلف از نفت است. از آنجا که نفت خام دارای مواد معدنی و گاز و آب به حالت محلول می‌باشد باید اول گازهای موجود در آن را خارج کنند و نمکهای معدنی آن را جدا سازند، سپس آب آن را خارج کنند و بعد نفت را برای انبار کردن و یا حمل، پایدار نمایند و سپس آن را بالایش کنند.

بالایش نفت در بالایشگاه انجام می‌گیرد و عملیات به روش قیرزکی و شیمیایی انجام می‌شود. در روش قیرزکی، نفت خام را تقطیر می‌کنند، و از این راه، فرآورده‌های مختلف نفتی (استگین و

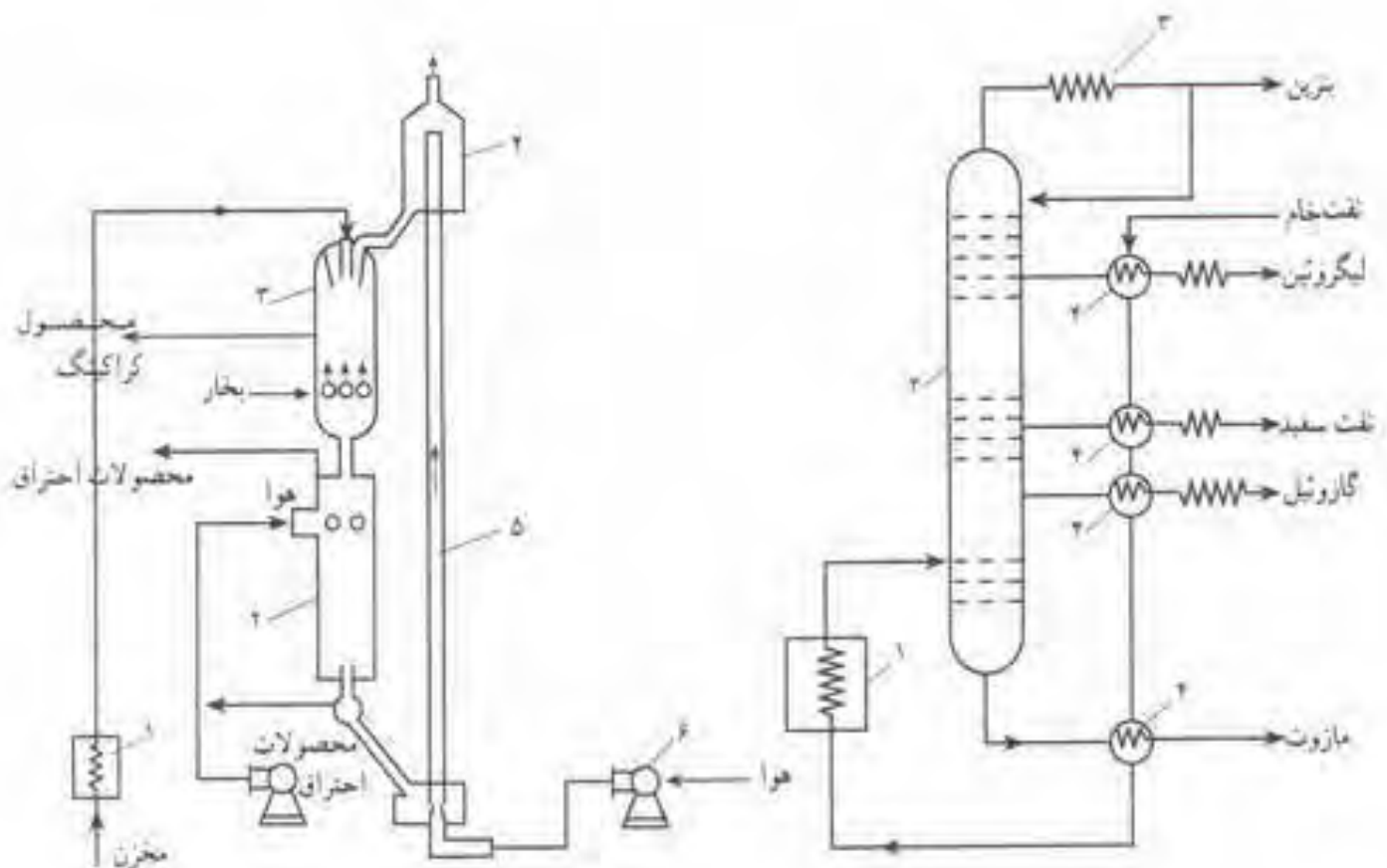
۱ - پارافینها، هیدروکربنهای سیر شده هستند.

۲ - نفتها؛ هیدروکربنهای سیر شده حلقوی می‌باشند.

سیک) را بدست می آورند.<sup>۱</sup>

در روش شیمیایی، نفت را در معرض تبدیلهای شیمیایی قرار می دهند. مهمترین این تبدیلهای «کراکینگ» است. کراکینگ را برای شکستن مولکول فرآورده های سنگین نفت خام و تبدیل آنها به اجزای سبب بنزین انجام می دهند. این عمل در فشار و گرما و در مجاورت کاتالیزگر آلومینوسیلیکاتها انجام می گیرد. در شکل ۷-۳ نموداری از یک دستگاه کراکینگ داده شده است.

فرآورده های نفتی: ارائه یک فهرست کامل از فرآورده های نفتی کار ساده ای نیست، چون که تعداد و گوناگونی آنها پیشمار است. در شکل صفحه بعد قسمتی از فرآورده ها، معرفی شده اند:



شکل ۷-۳ نموداری از یک واحد کراکینگ دارای کاتالیزگر متحرک  
 ۱- فرغ ۲- احیاکننده کاتالیزگر  
 ۳- محیط واکنش کاتالیزگری ۴- جهند  
 ۵- بالابر کاتالیزگر ۶- سبب هوا

شکل ۷-۴ نموداری از یک واحد تقطیر نفت خام  
 ۱- فرغ لوله ای ۲- برج تقطیر  
 ۳- محل تبدیل محصول بخار به مایع  
 ۴- محل سرد کردن محصول و انتقال گرما به نفت خام

۱- برشتهای، سایر دمای تقطیر از یکدیگر جدا می شوند. بنزین تا ۱۷۰° و لیگروئین بین ۱۶۰ تا ۲۰۰ درجه و کروئین از ۲۰۰ تا ۳۰۰° و گازوئیل از ۳۰۰ تا ۳۵۰° از بقیه مواد جدا می شوند.









– آنتلین، که برای تهیه رنگ به کار می‌رود.

فقل، ضد عفونی کننده و تری نیتروفقل با بی‌کریک اسید، یک ماده منفجره است.

– بزن مونسولفونیک اسید که در تهیه شوینده‌ها بکار می‌رود.

نفت خام ماده اولیه اصلی صنایع پتروشیمی است: نمودار شکل ۷-۵ اهمیت نفت خام را به عنوان ماده اولیه تا اندازه‌ای روشن می‌کند.

البته باید در نظر داشت که در صنایع پتروشیمی، تعداد زیادی از مواد معدنی هم به کار می‌رود. اسیدها، قلیاها، سدیم کربنات، کلر و... از این مواد هستند. زیرا بدون استفاده از این مواد معدنی نمی‌توان فرآورده‌ها را به طور رضایت بخش به انجام رسانید.

گازهای هیدروکربنی، یک ماده اولیه دیگر صنایع پتروشیمی هستند. گازهای هیدروکربنی یا از معادن گاز استخراج می‌شوند و یا آنهایی هستند که همراه نفت خام از منابع زیرزمینی بیرون آورده می‌شوند و با اینکه از عملیات پالایش نفت حاصل می‌گردند.

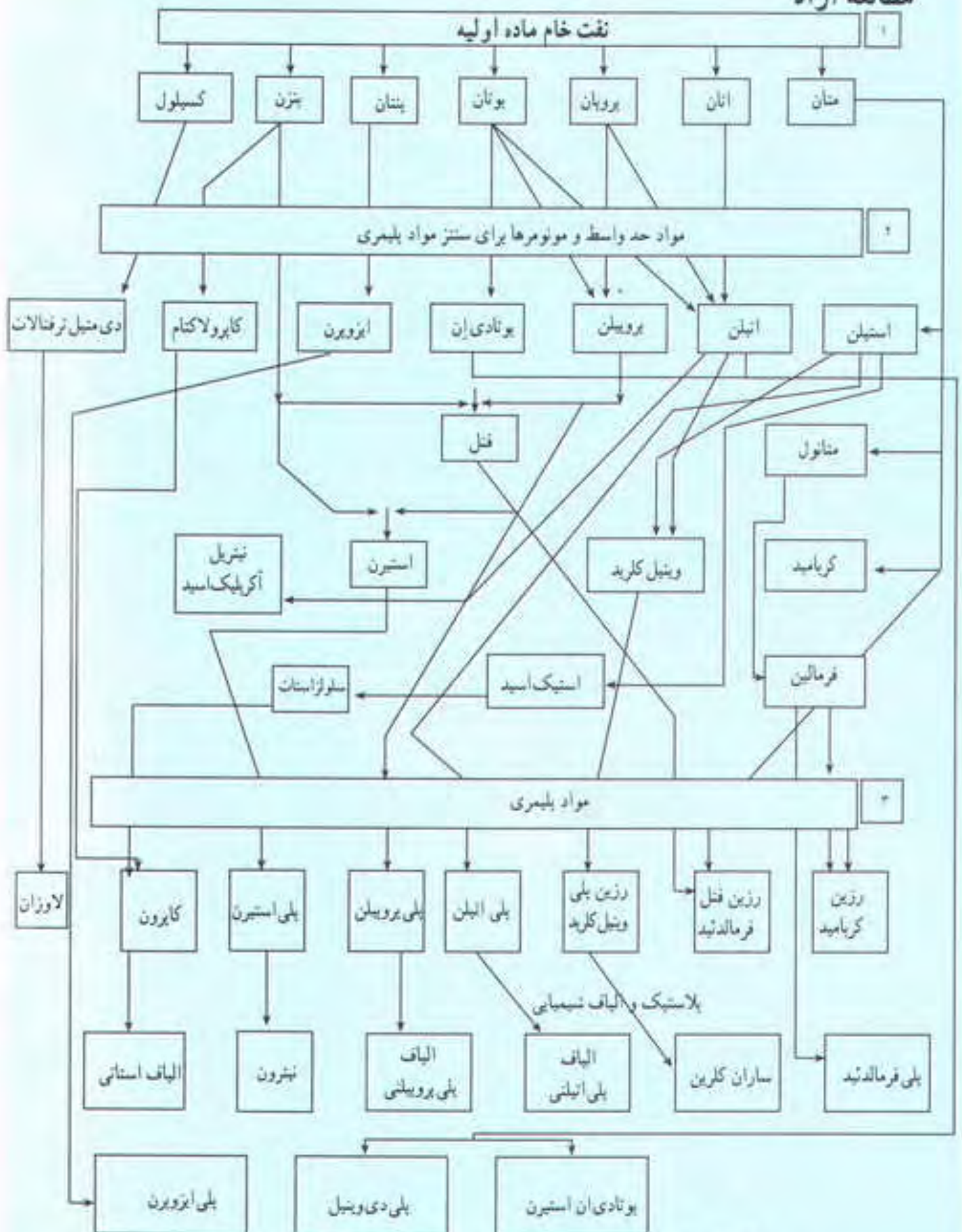
علاوه بر اینها، گازهای هیدروکربنی را از تقطیر زغال سنگ و عملیات تولید گاز سوختنی یا مواد اولیه صنایع شیمیایی، نیز تهیه می‌کنند.

ترکیب گازهایی که از منابع مختلف بدست می‌آید، با یکدیگر تفاوت زیادی دارد، ولی در همه حال مخلوط چند ترکیب مثل متان، اتان و پروپان و بوتان و اتیلن و پروپیلن و... است.

نظر به این که خوراک هر صنعت پتروشیمی و شیمیایی یک ماده خالص و یا حداکثر مخلوط دو ماده می‌باشد، از این رو باید این مخلوط گازها را به اجزای سازنده آنها تبدیل کرد. عملیات جداسازی بر اساس فرآیندهای فیزیکی نظیر تراکم، جذب و تقطیر، پی‌ریزی می‌شود.

امروزه گازهای هیدروکربنی را به عنوان یک سوخت خوب و تمیز مصرف می‌کنند.

# مطالعه آزاد



شکل ۷ - ۵ نمودار مصرف نفت خام به عنوان یک ماده اولیه صنایع پتروشیمی

## پرسش و تعریف

۱. ویژگیهای نفت خام را شرح دهید.
۲. مواد معدنی موجود در نفت خام از کجا می‌آیند و از کدام گروه مواد به حساب می‌آیند؟
۳. دو نوع از هیدروکربنهای نفت خام را نام ببرید.
۴. مصارف نفت خام را توضیح دهید.
۵. هدف از پالایش نفت خام را توضیح دهید.
۶. پنج برش اصلی را که از تقطیر نفت خام حاصل می‌گردند نام ببرید.
۷. چرا ترکیبات سنگین مولکول نفت خام را مورد کراکینگ قرار می‌دهند؟
۸. صنایع پتروشیمی به چه صنایعی گفته می‌شود؟
۹. خط ارتباطی ماده اولیه به محصول نهایی در صنایع پتروشیمی چگونه است؟
۱۰. منابع اصلی مواد اولیه را نام ببرید.
۱۱. چهار ماده نام ببرید که از بتن بدست می‌آید.
۱۲. سه ماده معدنی نام ببرید که در صنایع پتروشیمی مصرف می‌شوند.
۱۳. نام سه پلاستیک و سه الیاف را ذکر کنید که از نفت تهیه می‌شوند.
۱۴. پنج منبع گازی برای صنایع پتروشیمی را نام ببرید.
۱۵. فرآیندهای فیزیکی جداسازی گازهای هیدروکربنی از یکدیگر را نام ببرید.



### کاربرد برخی از فرآورده‌های صنایع شیمیایی

### در صنایع غذایی و کشاورزی و داروسازی

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
- کاربرد برخی فرآورده‌های صنایع شیمیایی را در صنایع غذایی، کشاورزی و داروسازی توضیح دهد.

#### ۸-۱ صنایع غذایی

مواد غذایی را از روی ترکیبات شیمیایی و خواص تغذیه‌ای آنها به پنج دسته تقسیم می‌کنند:  
۱- مواد قندی ۲- مواد چربی ۳- مواد پروتئینی ۴- مواد معدنی ۵- ویتامینها  
فرآورده‌های صنایع شیمیایی، آن‌طور نیست که بتواند جانشین مواد غذایی بشود؛ اما در نگهداری و تبدیل مواد غذایی سهم بسزایی دارد. از روشهای شیمیایی و فیزیکی برای استخراج مواد غذایی استفاده می‌کنند.

نگهداری مواد غذایی: برای نگهداری مواد غذایی لازم است این مواد را از خطر عوامل مؤثر در فاسد شدن، دور نگهداشت. بدین منظور می‌توان آنها را خشک کرد، منجمد نمود، پاستوریزه کرد، در انبارهای مخصوص نگه داشت و با اینکه با افزایش مواد شیمیایی آنها را در مقابل فساد مقاوم کرد.

روش افزایش مواد شیمیایی: برای این منظور، یک ماده شیمیایی را به ماده غذایی اضافه می‌کنند. این ماده باید جنان خاصیتی داشته باشد که مانع از رشد و نمو باکتریها در ماده غذایی گردد یعنی فعالیت حیاتی آنها را متوقف کند ولی برای بدن آدمی ضرر نداشته باشد. مواد افزودنی متعددی است: استیک اسید، فرمیک اسید، بنزواتیک اسید، تری کلرواستیک اسید، سدیم بنزوات و نمک طعام و کلسیم هیدروژن سولفیت از این دسته هستند.

در زیر چند مورد استفاده از این مواد توضیح داده می‌شود:  
به کنسروهای ماهی، نمک و استیک اسید، و به آب میوه، تری کلرواستیک اسید اضافه می‌کنند. دود دادن گوشت و ماهی، گرچه روش خشک کردن و بظاهر روشی فیزیکی است، اما باید

داشت که در دود چوب درختان بلوط و آلس، مقداری فنل و کرزول و استیک اسید و سایر اجسام میکروپ کش وجود دارد که در موقع دود دادن، داخل گوشت می شود و مانع از قاسد شدن آن می گردد.

در محلول غلیظ قند، میکروبها آب موجود در بافت خود را از دست می دهند و در نتیجه از بین می روند. در واقع می توان گفت که از تشنگی می میرند. از این ویژگی برای نگهداری میوه و به صورت مربا استفاده می شود.

شیر آهک خاصیت میکروب کشی دارد، به همین دلیل است که تخم مرغ را در شیر آهک هم نگهداری می کنند. و گاهی آن را در محلول ۵٪ درصد قند ائینار می کنند.

گاز گوگرد دیوکسید یک میکروب کش است. در انبارها و سردخانه های محل نگهداری میوه، مقداری از این گاز را وارد می کنند.

بسته بندی: بعد از تهیه و عمل آوردن مواد غذایی باید آنها را بسته بندی کرد و به محل مصرف فرستاد. ظروف و پوششهای بسته بندی را از مواد شیمیایی تهیه می کنند. انواع کاغذها، روکشها و محافظ های غذایی، نظیر ورقه های پلاستیکی و آلومینیومی که برای پوشش شکلاتها، شیرینی، نان قندی و غیره به کار می روند، از این دسته مواد هستند.

بسته بندیهای زیبا و بهداشتی، برای انواع رب، سس، پنیر، پسته، بادام از یک طرف و ظروف یک بار مصرف و یا حلبی و ظروف پلاستیکی و مقوایی از طرف دیگر هم مواد غذایی را از آلودگی محافظت می کنند و هم نظر مشتری را جلب می نمایند و در بازار رقابت خریداران و مصرف کنندگان یک نوع محصول را افزایش می دهند؛ که نتیجه آن، گسترش کار واحد تولید مواد غذایی است.

از آنچه که گفته شد نتیجه می شود که :

در هر روش نگهداری و عرضه مواد غذایی، اثری از محصولات صنایع شیمیایی دیده می شود. یک مسأله اقتصادی: بر طبق آمارهای ارائه شده، سالانه حدود ۶ میلیون تن مواد غذایی که ۳۵ درصد از محصولات کشاورزی کشور را تشکیل می دهد از بین می رود. از این رقم مقدار ۱/۹ میلیون تن غلات و ۵۴۲ هزار تن سیب زمینی و ۱/۸۷ میلیون تن سبزی و صیفی و ۱/۳ میلیون تن میوه و ۲۹۵ هزار تن لبنیات و ۳۳ هزار تن حبوبات است. ارزش این مواد در سال ۱۳۷۲ بالغ بر ۱۴۲ میلیارد تومان بوده است.

این آمار و ارقام مقدار خسارت را تا زمانی نشان می دهد که مواد به بازار عرضه می شوند. می دانیم که از آن زمان تا موقع مصرف هم مقداری از مواد به هدر می رود. مثلاً سالانه در کشور

حدود ۳۰ میلیارد تومان نان دور ریخته می‌شود.

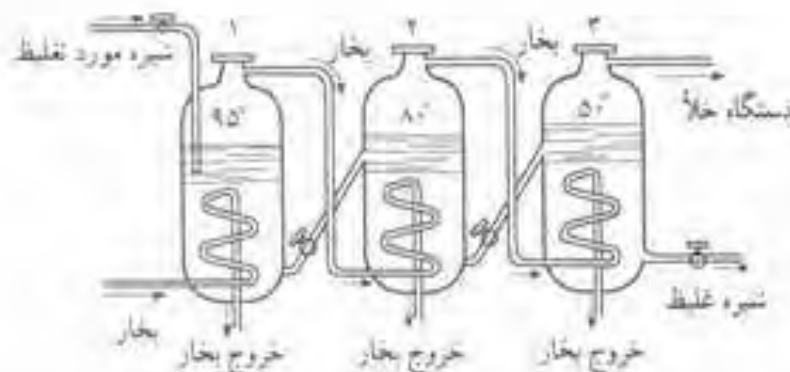
ملاحظه کنید که اگر بتوانیم از اتلاف قسمتی از این ضایعات به کمک صنایع شیمیایی جلوگیری کنیم چه کمک بزرگی به اقتصاد کشور کرده‌ایم.

**صنایع استخراج:** بعضی از مواد غذایی به صورت خام و پراکنده در اندام گیاهان و حیوانات وجود دارند. این مواد باید متمرکزم و آماده بشوند. قند و چربیها و اسانسها جزو این دسته مواد هستند. جداسازی و جمع‌آوری مواد به کمک واکنشهای شیمیایی و عملیات فیزیکی انجام می‌گیرد. در زیر به شرح چند مورد می‌پردازیم:

**استخراج قند از نیشکر:** ساکارز یا قند معمولی را از نیشکر و یا چغندر قند استخراج می‌کنند.

ساقه نیشکر را که حدود ۱۶ تا ۱۸ درصد قند دارد می‌برند و در کارخانه پس از نستن، آن را از بین غلتک عبور می‌دهند. شیرۀ آن را می‌گیرند. شیرۀ را با شیرآهک می‌جوشانند. آنگاه شیرۀ صاف شده را تبخیر و تغلیظ می‌کنند و بلورهای قند را با دستگاه گریز از مرکز جدا می‌نمایند.

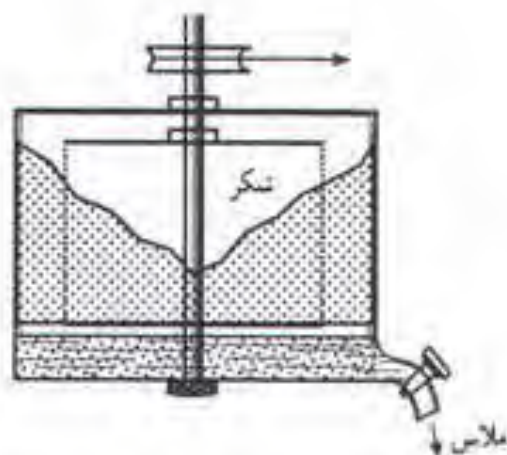
در تهیه قند از چغندر قند که ۱۳ تا ۱۴ درصد قند دارد، از آهک و گاز کربن دی‌اکسید استفاده می‌کنند.<sup>۱</sup> برای بی‌رنگ کردن قند بدست آمده، گاز گوگرد دی‌اکسید با محصولات آن مثل جوهر قند را به کار می‌برند. در زیر، شکل دستگاههای تغلیظ شربت و جداسازی قند آورده شده است.



شکل ۸-۱ دستگاه تغلیظ شیره قند

۱- مراحل تهیه قند از چغندر قند چنین است:

۱- نستن شیره چغندر ۲- تهیه خلال ۳- گرفتن قند از چغندر ۴- تهیه آهک ۵- گرفتن مواد خارجی ۶- استخراج مواد قندی ۷- بی‌رنگ کردن شربت ۸- تبخیر و تغلیظ شربت ۹- بخت شکر ۱۰- خشک کردن محصول بخت ۱۱- سفید کردن شکر ۱۲- خشک کردن ۱۳- نگهداری ۱۴- گرفتن قند از ملاس



شکل ۸-۲ توربین جداکننده

استخراج روغن نباتی: روغن در دانه‌های گیاهانی نظیر پنبه، ذرت، سویا (لویبای روغنی)، زیتون، بادام، گردو، هسته خرما، هسته انگور و ... وجود دارد.

برای گرفتن روغن، ابتدا دانه‌ها را به وسیله آسیابهای مخصوصی، نظیر دستگاه شکل ۸-۳ خرد می‌کنند. سپس دانه‌های خرد شده را داخل کیسه مقاوم می‌ریزند و با فشردن روغن آنها را می‌گیرند. روغنهای باقیمانده را به وسیله مواد شیمیایی نظیر کربن دی‌سولفید و کربن تتراکلرید استخراج می‌کنند. باقیمانده را که کنجاله نامیده می‌شود برای خوراک دامها مصرف می‌کنند. از مراحل بعدی کار، بوگیری از روغن است که به وسیله مواد جاذب انجام می‌گیرد.



شکل ۸-۳ آسیاب برای خرد کردن زیتون

استخراج اسانس و تهیه عرقیات: اسانس‌ها، مثل عطر و گلاب و عرقیات را با عمل تقطیر بدست می‌آورند. امروزه عرق انواع گیاهان صحرایی در بازار وجود دارد. عملیات مربوط به ایجاد برخی دگرگونیها در محصولات غذایی: با انجام عملیاتی چند و

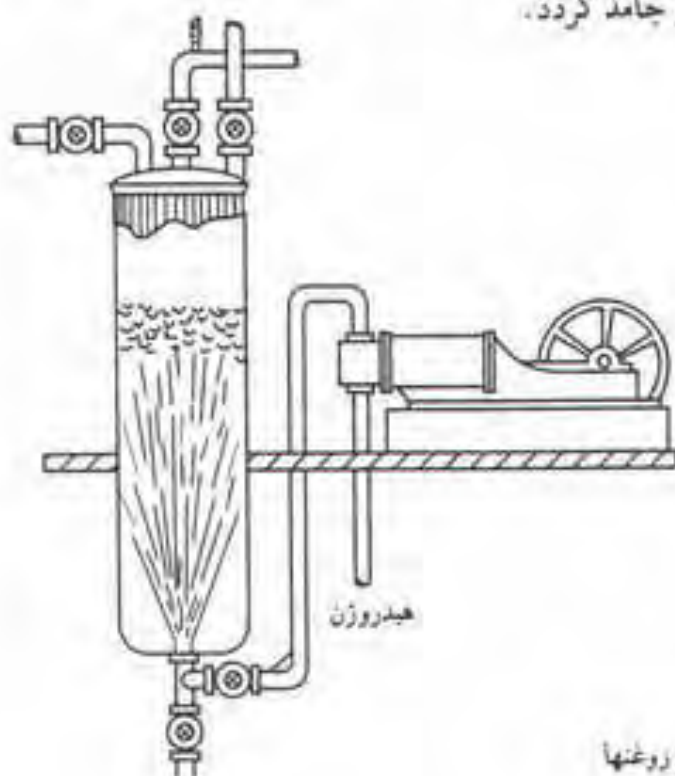


به کمک برخی فراورده‌های شیمیایی، تبدیلهایی را در مواد غذایی بوجود می‌آورند. بعضی از این تبدیلهای عبارتند از:

تبدیل مواد قندی به سرکه، تبدیل روغنهای نباتی مایع به جامد، تهیه ماست و سمنو، تهیه ماءالشعیر از جو و تهیه نان از آرد غلات.

تهیه نان: نان را از پختن خمیری تهیه می‌کنند که قبلاً تخمیر شده باشد. برای تهیه خمیر، آرد غلات و بیشتر گندم را با آب خمیر می‌کنند و به آن خمیر مایه می‌زنند. خمیر مایه دارای مقدار زیادی مخمر است. خمیر را با دست یا با همزن مکانیکی به هم می‌زنند و مدت چند ساعت آن را در گرمای  $40^{\circ}\text{C}$  به حال خود وامی‌گذارند مخمر ابتدا دیاستازی ترشح می‌کند که مقداری از نشاسته را به گلوکز تبدیل می‌کند و سپس با ترشح زیماز، مقداری از گلوکز را به الکل و گاز کربن دیوکسید مبدل می‌سازد. گاز کربن دیوکسید باعث متورم شدن خمیر می‌شود - خمیر ور می‌آید - خمیر را به شکل‌های مختلف درآورده، در تنوری که دمای آن  $200^{\circ}$  تا  $250^{\circ}$  سلسیوس است می‌پزند. امروزه برای «متورم کردن خمیر» از جوش شیرین استفاده می‌کنند.

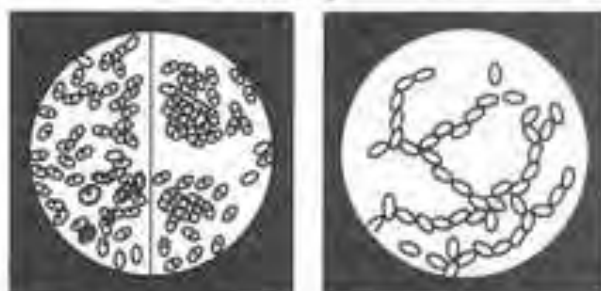
تبدیل روغنهای نباتی مایع به جامد: برای جامد ساختن روغنهای مایع، آنها را با هیدروژن ترکیب می‌نمایند. این عمل به کمک کاتالیزگر نیکل بودری انجام می‌گیرد. بدین طریق که روغن مایع را در یک اوتوکلاو گرم می‌کنند، و نیکل بودری را در آن به حال تعلیق درمی‌آورند و سپس هیدروژن را در آن می‌دمند. هیدروژن با روغن مایع ترکیب می‌شود. محصول را در گرما و تحت فشار از تنوری عبور می‌دهند و می‌گذارند تا سرد و جامد گردد.



شکل ۸-۴ دستگاه هیدروژناسیون روغن‌ها

مارگارین: مخلوطی است از روغنهای نباتی و شکر یا کره و محصولی که از بیه گاو استخراج می‌شود. مارگارین کره مصنوعی نام دارد.

تهیه سرکه از مواد قندی: برای تهیه سرکه، معمولاً انگور را در ظرفی می‌ریزند و درب آن را می‌بندند. برای چند ماهی آن را به حال خود رها می‌کنند. در طی این مدت، قند انگور ابتدا به الکل و گاز کربن دی‌اکسید (گاز کربنیک) تبدیل می‌شود و سپس الکل به سرکه مبدل می‌گردد. این تبدیلها به وسیله مخمر انجام می‌گیرد. مخمرها در روی انگور وجود دارند. مخمرها موادی به نام دیاستاز ترشح می‌کنند و باعث تبدیلها می‌گردند، در زیر، شکل دو نوع مخمر داده شده است.

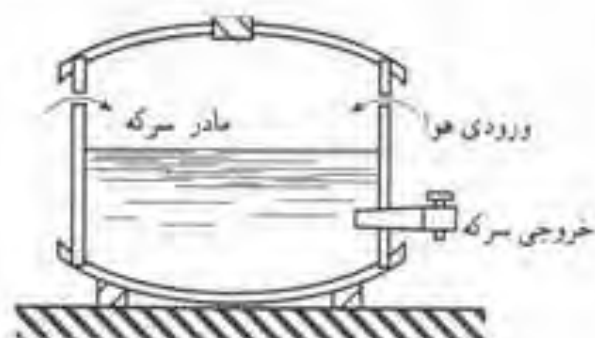


ب - مخمر قند

الف - مخمر جو

شکل ۸ - ۵ دو نوع مخمر

سرکه را در کوتاه مدت از محلول رقیق الکلی نیز تهیه می‌کنند. در روش یاستور، محصول الکلی و بچه سرکه را در چلیکهای کم عمقی می‌ریزند و از روی آن هوای بدون ذرات میکروبی عبور می‌دهند و بدین طریق الکل را به سرکه تبدیل می‌کنند. در زیر، شکل یکی از این چلیکها داده شده است.



شکل ۸ - ۶ تهیه سرکه از الکل

## ۸ - ۲ کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی

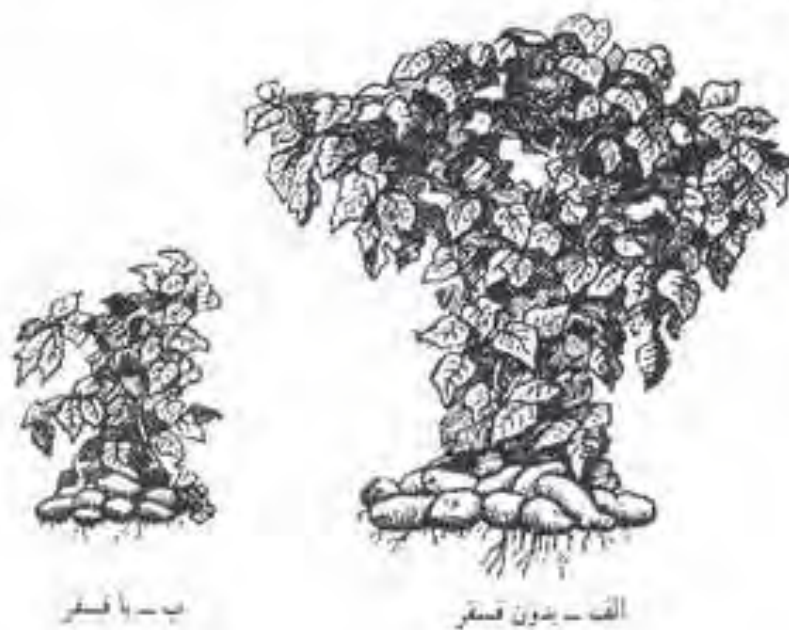
نجزیه گیاهان مختلف نشان داده است که حدود ۶۰ عنصر در گیاهان وجود دارد. در بین این عناصر، کربن، اکسیژن و هیدروژن قسمت اصلی ماده گیاهی را می‌سازند. نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم،

گوگرد، کلسیم و آهن در تشکیل یافته‌های گیاهی مشارکت دارند و بنابراین برای رشد گیاه ضروری هستند.

گیاه مواد مورد نیاز خود را از هوا و آب و خاک می‌گیرد.

موادی که دارای نیتروژن و فسفر و پتاسیم هستند برای زندگی گیاهان اهمیت زیادی دارند. زیرا متابولیسم (سوخت و ساز) سلولهای گیاهی را تقویت می‌کنند و رشد گیاه و بخصوص میوه آن را زیاد می‌نمایند و مقدار مواد ارزشمند، نظیر نشاسته در سیب‌زمینی، قند در چغندر قند، میوه و دانه، پروتئین دانه‌ها را افزایش می‌دهند و مقاومت گیاه را در برابر یخ زدن و آفت بالا می‌برند.

در شکل ۷-۸ دو بوته سیب‌زمینی نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود، بوته‌ای که با فسفر تغذیه شده محصول بهتری داده است.



شکل ۷-۸ دو بوته سیب‌زمینی تغذیه شده

بر اثر کشتهای مکرر، میزان عناصر مورد نیاز گیاه و بخصوص نیتروژن و فسفر و پتاسیم زمین کم می‌شود و در نتیجه محصول زراعی کاهش می‌یابد. برای تأمین کمبود مواد خاک، آنها را به زمینهای زراعی می‌افزایند. مواد افزودنی کود نام دارند.

از قدیم، فقط کودهای حیوانی، نباتی، خاکستر و خاک دیواره‌های گلی قدیمی و اصطبلها را به زمین می‌دادند. اما چون این کودها، کفایت نکرده است، به فکر افتاده‌اند که کودها را به روش شیمیایی تهیه کنند.

## انواع کودهای شیمیایی

کودهای لازم برای تقویت زمینهای زراعتی به انواع زیر تقسیم می‌شوند: کودهای ازت دار، کودهای فسفردار، کودهای پتاس دار و ...

کودها ممکن است یک یا دو عنصر و یا تمامی عناصر مورد نیاز زمین را در خود داشته باشند؛ در حالت اخیر، کود را کامل می‌گویند.

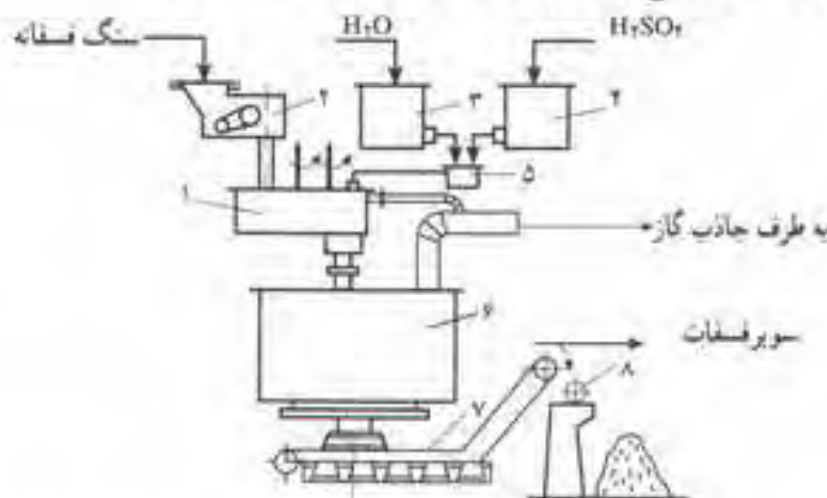
کودهای تکمیلی، کودهایی هستند که مقدار کمی از عناصر: پُر، منگنز، روی، مس و ... را دارند. این کودها را به مقدار کمتر از یک کیلوگرم به هر هکتار زمین می‌دهند.

کودهایی که در میزان زیاد ساخته می‌شوند و در ساخت آنها، از روشهای معمول در صنایع شیمیایی استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: سوپرفسفاتها، کودهای نیتراتی و اوره و کودهای آمونیاکی. تهیه سوپرفسفاتها؛ در صنایع شیمیایی، دو نوع سوپرفسفات تهیه می‌شود: یکی ساده و دیگری سه گانه.

سوپرفسفات ساده به مقدار زیاد مصرف می‌شود و به صورت بودر و یا دانه‌های خاکستری رنگ وجود دارد. از نظر شیمیایی، منوکلسیم فسفات<sup>۱</sup> است که دارای ناخالصیهای آهن فسفات، آلومینیم، فسفریک اسید، سیلیس و گچ می‌باشد.

برای تهیه سوپرفسفات ساده، کلسیم فسفات طبیعی را تحت اثر سولفوریک اسید قرار می‌دهند. بدین طریق که ابتدا سنگ معدن را نرم می‌کنند و بعد در مخزنی با اسید مخلوط نموده، خمیر حاصل را پس از ۲۰ ساعت از مخزن درمی‌آورند و پس از خشک کردن، آسیاب کرده، کیسه می‌کنند.

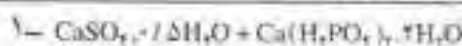
در شکل ۸-۸ مجتمع تهیه سوپرفسفات نشان داده شده است.



شکل ۸-۸ مجتمع تهیه سوپرفسفات

۱- مخلوط کن ۲- دستگاه توزین ۳ و ۴- مخازن آب و سولفوریک اسید ۵- دستگاه اندازه گیری اسید

۶- مخزن سوپرفسفات ۷- حمل کننده سوپرفسفات ۸- بخش کننده سوپرفسفات

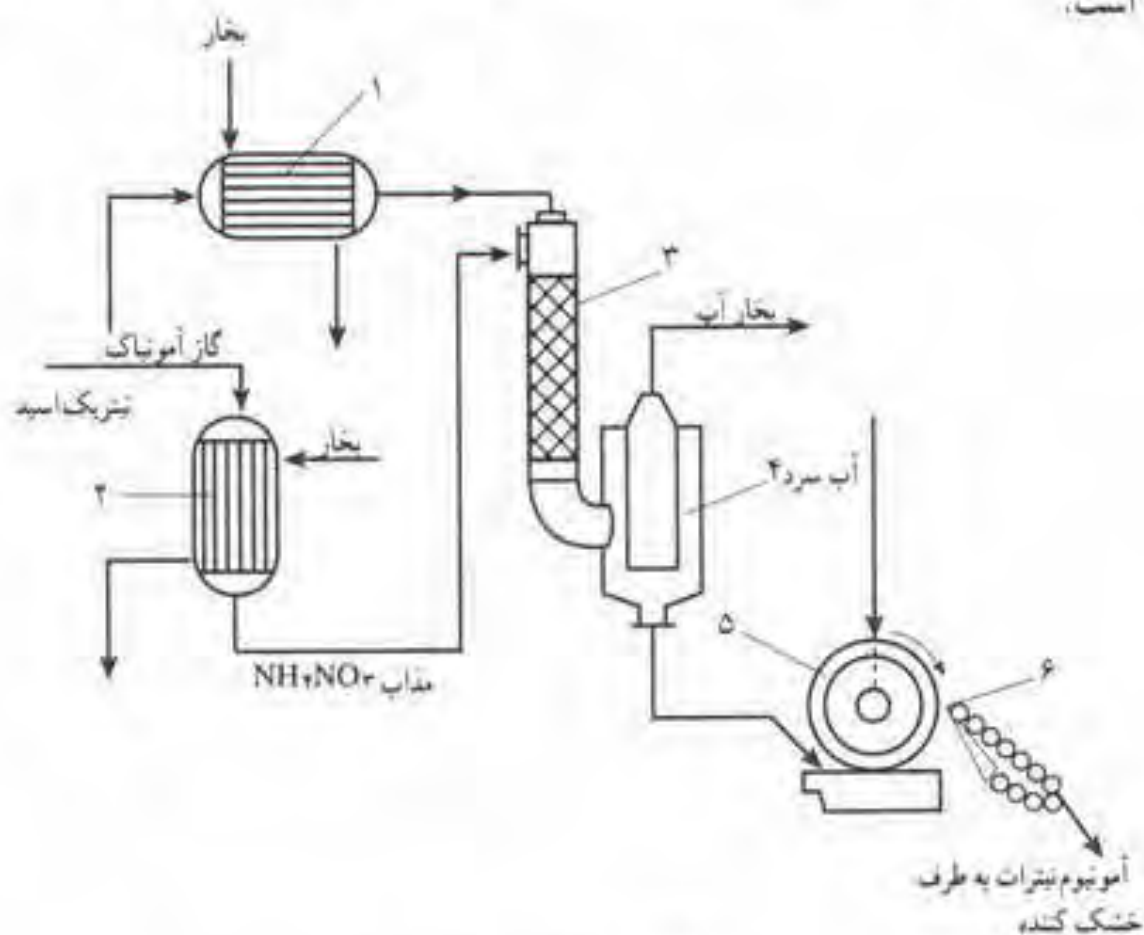




سوپرفسفات سه گانه: این سوپرفسفات از تأثیر فسفریک اسید غلیظ بر فسفاتهای طبیعی بدست می آید. سازنده اصلی آن منوکلسیم فسفات است و ۲ تا ۳ برابر بیشتر از سوپر فسفات ساده، فسفر دارد.

معمولاً مقدار فسفر سوپرفسفاتها را برحسب درصد  $P_2O_5$  آنها بیان می کنند. کودهای ازته: این کودها را به صورت املاح آمونیاکی، نترات و یا میانامید به زمین می دهند.

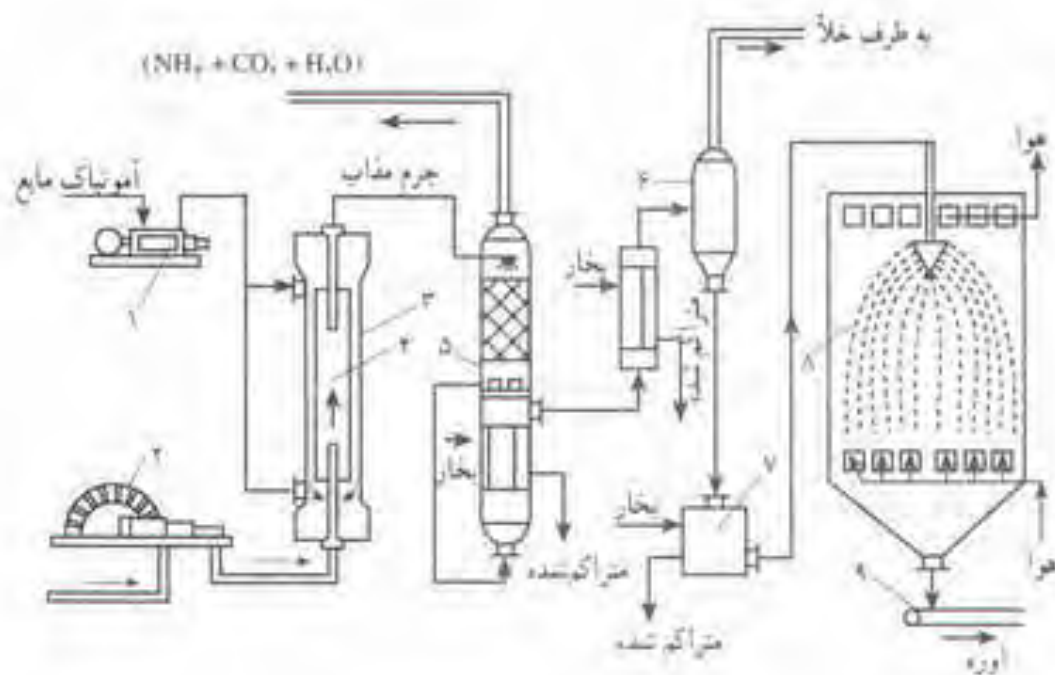
تهیه آمونیوم نترات: این ماده را از ترکیب گاز آمونیاک و محلول نیتریک اسید تهیه می کنند و به صورت دانه درمی آورند. در زیر، شکل یک مجتمع تهیه آمونیوم نترات آورده شده است.



شکل ۸-۹ مجتمع تهیه آمونیوم نترات

- ۱- گرم کننده آمونیاک    ۲- گرم کننده نیتریک اسید    ۳- محیط واکنش  
 ۴- جدا کننده    ۵- تبلور کننده    ۶- تراننده

تهیه اوره: اوره را از ترکیب آمونیاک و گاز کربن دیوکسید بدست می آورند. این عمل در دستگاهی مطابق شکل ۸-۱۰ انجام می گیرد.



شکل ۸-۱۰ مجتمع تهیه اوره  
 ۱- بنس ۲- کمپرسور ۳- برج شش ۴- محیط واکنش ۵- برج تقطیر  
 ۶- دستگاه تحمیر ۷- تانک برای ماده مذاب ۸- برج دانه ساز ۹- دستگاه حمل

### ۸-۳ صنایع دارویی

در گذشته به پزشکان سنتی «حکیم» می گفتند. آنها طب قدیم را فراگرفته بودند. داروهایی که تجویز می کردند مواد اولیه گیاهی، حیوانی و معدنی بود. در زیر دو نسخه درمانی حکیم باشی ها را از کتابهای قدیمی، آورده ایم.

۱- «زرنیخ خام را با سرشیر خام بسایند و روی هر زخمی بمالند، معالجه قوری می شود بخصوص زرد زخم».

۲- «چشم راست خارشست با روغن کنجد در چشم کشند، بینایی حاصل شود».

امروزه، درمان با گیاهان دارویی هنوز مرسوم است و عطاریهای فروشنده این داروها، مشتریهای زیادی دارند.

اما باید قبول کرد که نه می توان تمام بیماریها را با داروهای عطاریها شفا بخشید و نه امکان تهیه مواد گیاهی و حیوانی برای جمعیت بسیار زیاد امروز جهان، وجود دارد. پس باید داروهای جدیدی برای معالجه بیماریهای مختلف پیدا و با تهیه نمود و تهیه آنها هم در مقیاس کلان باشد تا نیازمندیهای دارویی جوامع را پاسخگو باشد.

تاریخچه ساخت یک دارو: در قدیم که پزشکان، مواد گیاهی، حیوانی، معدنی طبیعی و با مواد شیمیایی ساخته شده توسط شیمیدانان را بکار می بردند از راز ماده مؤثر و از نحوه عملکرد آنها

در بدن هیچ گونه اطلاعی نداشتند.

پس از استخراج کینین از پوست گنه گنه و مرفین از تریاک، ماده مؤثر این داروها شناخته شد و معلوم گردید که بخشی از یک ماده طبیعی است که اثر درمانی دارد.

بعد از کشف اثر درمانی ماده استخراج شده، شیمیدانها به فکر افتادند که ساختار شیمیایی این مواد مؤثر را تعیین کنند.

در مرحله بعد سعی کردند آنها را بسازند و چه بسا به هنگام ساخت یک ماده، مواد دیگری کشف می شد که اهمیت آنها از ماده اولیه بیشتر بوده است.

داروهای جدید: ساخت داروهای شیمیایی و اجسام آلی، دنیای کنونی ما را به کلی متحول ساخته است. زیرا، از یک طرف می توان بسیاری از فرآورده های گیاهی، حیوانی و معدنی را به طور مصنوعی - سنتزی - تهیه کرد و از طرف دیگر، برخی از مواد نامبرده را که معمولاً به مقدار کم و محدود از عوامل طبیعی بدست می آیند، به مقدار زیادتری ساخته و در دسترس افراد بشر قرار داد. در زمینه های مختلف درمانی، داروهای زیادی ساخته شده است که در زیر به بعضی از موارد اشاره می شود:

کشف و پیدایش سولفامیدها، معالجات شیمیایی آنتی باکتری را به معنی واقعی و با اثرات شگفت آور تکامل بخشیده است.

کشف اجسام طبیعی ضد میکروبی، مانند آنتی بیوتیکها، قدم دیگری در شیمی دارویی بوده است. امروزه دهها نوع آنتی بیوتیک ساخته شده است که پیش از پانزده عدد آنها بطور صنعتی تهیه می شود. بنی سلیبها که خاصیت متوقف کردن رشد میکروبهای مختلف مانند گونو کوک، استروپتوکوک و ... را دارند، از کبک بنی سیلین و با عملیات خیلی پیچیده تهیه می شوند. و به صورت پودر، در آمبول عرضه می گردند و به اشکال دارویی: محلول، قرص، گرد، قطره و پماد مصرف می شوند. به هر آمبول یا قرص چند<sup>۱</sup> واحد بنی سیلین نسبت داده می شود.

ویتامینها: در بررسی علت بعضی از بیماریها، چنین نتیجه گرفته اند که کمبود بعضی از مواد در غذاها، باعث پیدایش آن بیماریها می شود. این مواد را «ویتامین» نام داده اند.

انواع ویتامینها: ویتامینها را از روی قابلیت انحلال در آب و چربی به دو دسته تقسیم می کنند: ویتامینها را با حروف لاتینی A و B و ... معرفی می کنند. کمبود یک ویتامین در بدن مرض و یا امراض خاصی را باعث می شود. مثلاً ویتامین A در رشد و نمو بدن و نرم نگهداشتن پوست و مخاطها

۱ - فعالیت بنی سلیبها را بر حسب واحد بین المللی بیان می کنند. هزار واحد فعالیت بنی سیلین برابر است با ۴-۶ میلی گرم سدیم بنزیل بنی سلیبات

و حفظ قدرت بینایی مؤثر است. این ویتامین در روغن ماهی، کره، تخم مرغ، شیر، ماست، پنیر، جگر، هویج، سبزیها، گوجه فرنگی و زردآلو به مقدار قابل توجهی یافت می شود.

ویتامینهای قابل حل در آب عبارتند از: ویتامینهای گروه B ( $B_{12}$ ,  $B_6$ ,  $B_7$ ,  $B_1$ ) و ویتامین C ویتامینهای قابل حل در چربیها عبارتند از: ویتامین A, D, E, K.

حشره کشها:

تعریف: حشره کشها موادی هستند که منشأ نباتی و یا شیمیایی (معدنی یا آلی) دارند و به طور تنها یا همراه با سایر مواد برای از بین بردن حشرات و به منظورهای بهداشتی و کشاورزی و یا صنعتی مصرف می شوند.

حشره کشها را به صورت محلولهای پاشیدنی، گردها، آئروسلها، گازها، طعمه ها و دودکننده ها بکار می برند.

حشره کشهای به شکل آئروسل: آئروسلهای حشره کش، در سالهای اخیر، برای از بین بردن حشرات خانگی به مقدار زیاد به مصرف می رسند. مواد مؤثر آنها در حلالی نظیر نفت بی بو حل شده است. مولد فشار آنها از فرئون (دی کلرو دی فلورمتان) است. مواد را داخل استوانه های فلزی قرار می دهند. وقتی که دکمه نستی آنها را فشار دهند، مقداری از مواد آنها به صورت ذرات در فضا پراکنده می شود.

### پرسش و تمرین

۱. انواع مواد غذایی را نام ببرید.
۲. روشهای نگهداری مواد غذایی را نام ببرید.
۳. روش افزایش مواد نسجی در نگهداری مواد غذایی چگونه انجام می گیرد؟
۴. چرا ماهی دودی فاسد نمی شود؟
۵. مزایای بسته بندی مواد غذایی را توضیح دهید.
۶. استخراج شکر از نیشکر چگونه انجام می گیرد؟
۷. قند را چگونه از چغندر قند استخراج می کنند؟
۸. استخراج روغن را از زیتون توضیح دهید.
۹. پنج صنعت تبدیلی غذایی را نام ببرید.

۱- فرمول «فلیت» که توسط کارخانه ایسو ساخته می شود چنین است:  
بی رت رینها ۲۵٪ - درصد ۱: ۵.۵: ۲ درصد - بی پتروئیل بوتوکسید ۱ درصد - مواد نفتی معطر ۵ درصد - محصولی از نفت تصفیه شده ۶/۷۵ درصد - مواد پرکننده ۸۵ درصد



۱۰. نان مرغوب چگونه تهیه می‌شود؟
۱۱. جامد کردن روغنهای نباتی را توضیح دهید.
۱۲. تهیه سرکه را در خانه و در کارخانه مقایسه کنید.
۱۳. کود چیست؟ چرا به زمین کود می‌دهند؟
۱۴. کودهای قدیمی را نام ببرید.
۱۵. سه دسته از کودهای شیمیایی را نام ببرید.
۱۶. در صنایع شیمیایی، چند نوع سوپرفسفات تهیه می‌شود؟ چگونه؟
۱۷. مقدار فسفر را در سوپرفسفاتها برحسب وزن چه ماده‌ای تعیین می‌کنند؟
۱۸. سه ماده ازت‌دار نام ببرید که به عنوان کود به زمین داده می‌شود.
۱۹. تاریخچه ساخت یک دارو را توضیح دهید.
۲۰. سه نوع داروی جدید نام ببرید.
۲۱. عمل بنی‌سیلین چیست؟
۲۲. فعالیت بنی‌سیلین چیست و چگونه بیان می‌شود؟
۲۳. ویتامین یعنی چه؟
۲۴. تقسیم‌بندی ویتامینها را بیان کنید.
۲۵. سه ویتامین قابل حل در آب و سه ویتامین قابل حل در چربی را نام ببرید.
۲۶. منشأ حشره‌کشها از چه موادی است؟
۲۷. سه نوع طرز مصرف حشره‌کشها را نام ببرید.
۲۸. حشره‌کشهای آتروسلی کدام‌اند؟

## شناخت صنایع کاغذ، چرم و تصفیه آب

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
- صنایع کاغذ، چرم و تصفیه آب را توضیح دهد.

### ۹ - ۱ صنایع کاغذ

کاغذ: کاغذ نوعی از بافته‌های گیاهی است که الیاف آن به یکدیگر بسته و پیوسته شده‌اند. در اوایل، کاغذ را از پنبه و کتان و شاهدانه تهیه می‌کردند، بعدها به فکر افتادند که از مواد سلولزی ارزانتر تهیه کنند. کاه گندم و ذرت و جوب درختهایی از قبیل تبریزی، سیدار و کاج مواد سلولزدار ارزان هستند.

امروزه سعی بر این است که آن را از گیاهانی مانند نپ، نیشکر، حتی برگ درخت توت تهیه نمایند.

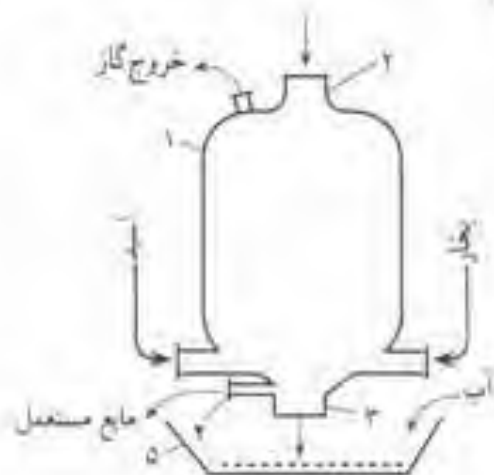




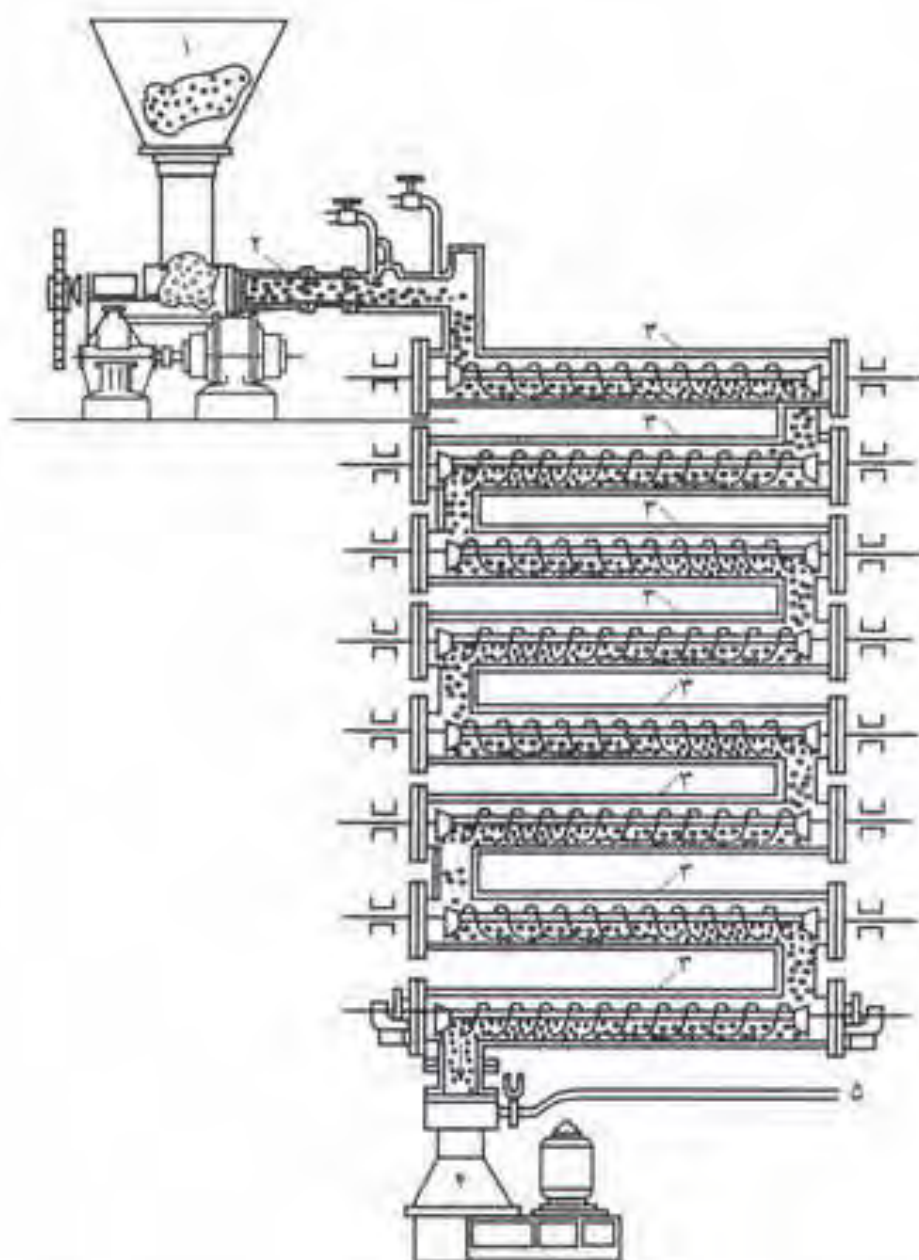
شکل ۹-۱ عکس چند گیاه که برای تهیه کاغذ به کار می‌رود.

ساخت کاغذ: در ساخت کاغذ دو دسته عملیات انجام می‌گیرد. یکی تهیه خمیر و دیگری تبدیل آن به کاغذ.

تهیه خمیر: برای تهیه خمیر، مواد اولیه را به قطعات ریز و ابعاد حدود ۲ سانتیمتر، خرد می‌کنند. خرده‌های مواد را می‌خیسانند و در دستگاه خمیرساز، مواد چربی و سیلیسی و رزینی و چربی آنها را به کمک قلیا و با سدیم هیدروژن سولفیت، تحت اثر فشار و گرما، جدا می‌کنند. در زیر و صفحه بعد، شکل دو دستگاه خمیرساز، آورده شده است.



شکل ۹-۲ نمودار خطی یک خمیرساز  
 ۱- شیشه ۲- محل بارگیری ۳- لوله زیرین  
 ۴- لوله تخلیه مایع مستعمل ۵- مخزن زیرین



شکل ۹-۲ خمیر ساز لوله ای

۱- خوراک دهنده ۲- ماریج خوراک دهنده ۳- لوله های ماریجی خوراک دهنده ۴- محل تغلیه ۵- لوله خروج هوا  
 بعد خمیر را جدا کرده با آب شست و شو می دهند و به وسیله پرکلرین<sup>۱</sup> یا سدیم هیدروژن سولفیت  
 بی رنگ می کنند.

اگر بخواهند کاغذ مطبوعات تهیه کنند، یعنی کاغذی تهیه کنند که سفت و مقاوم باشد و آب را  
 جذب نکند، به آن چسب<sup>۱</sup> می زنند.

برای از بین بردن شفافیت، مواد پرکننده ای مثل گل سفید اضافه می کنند و رنگ زرد خمیر را  
 به وسیله نیل از بین می برند.

۱- پرکلرین = ترکیب آهک و کلر

۲- چسب را از صابون رزینی و آلومینیم سولفات و نشاسته یا زلاتین تهیه می کنند.



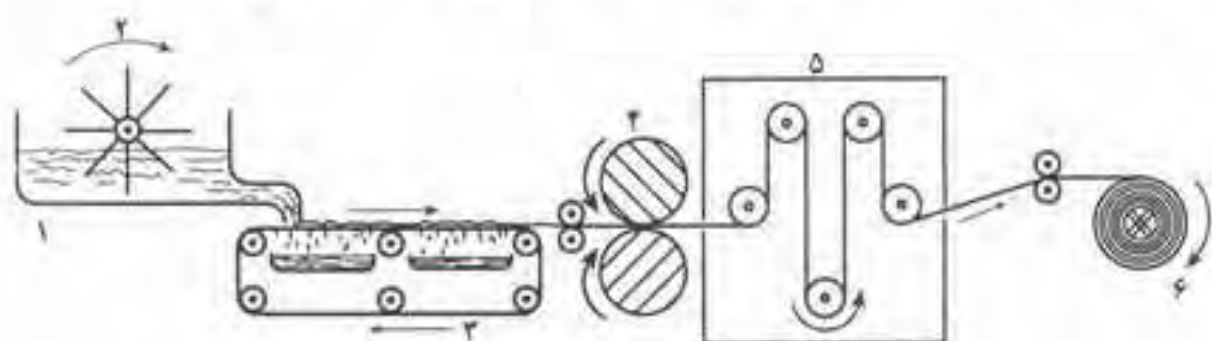
تبدیل خمیر به ورق : طی چند مرحله خمیر را به ورق کاغذ تبدیل می کنند.

تهیه کاغذهای مرغوب : کاغذهای مرغوب مثل : کاغذهای اسکناس و تمبردار، خشک کن، کاغذ صافی و کاغذ رسم را در قدیم با دست تهیه می کردند ولی امروز، به طریقه مکانیکی تهیه می کنند. خمیر این کاغذها یا از بنه خالص و یا مخلوط با خمیر چوبهای سفید تهیه می شود. روش کار چنین است : ابتدا قالی درست می کنند که ته آن دارای یک توری ظریف، از جنس آلایز برنج است این قاب را در ظرف دارای خمیر وارد می کنند و سپس آنرا بیرون می کشند. قاب مقداری از خمیر را با خود بیرون می آورد، بعد می گذارند که آب آن چکه کند. ورقه نرم کاغذی را که بدست می آید از لابلای نمدهایی می گذرانند و با این عمل کاغذ را فشرده کرده، هوا داده، خشک می کنند.

کاغذی که دارای نوارهای برنجی باشد کاغذ «ورژه» نامیده می شود.

در کاغذهای اسکناس که «فیلی گرانه» نامیده می شود، نوشته و نقش ها را در عمق قاب قرار داده، آنها را به صورت ترسیمهای شفاف حفظ می کنند.

طریقه مکانیکی تهیه کاغذهای معمولی : برای تهیه کاغذهای معمولی، خمیر شفاف را در مخزنی می ریزند خمیر به وسیله دستگاه به روی توریهای فلزی هدایت می شود و بتدریج بر روی نوردهای نمدی منتقل می گردد و در آنجا به وسیله عبور هوا خشک می شود. سپس بر روی استوانه های مسی یا جدنی می رود این استوانه ها با بخار گرم شده اند. در روی این استوانه ها خشک و فشرده و درخسند می گردد. ورقه های کاغذ بدست آمده، بر روی نوردهای چوبی پیچیده می شود و با اینکه به صورت قطعاتی برش داده می شود. در شکل ۹ - ۴ مراحل تهیه کاغذ دیده می شود.



شکل ۹ - ۴ تهیه کاغذ به روش مکانیکی

۱- مخزن خمیر ۲- مخلوط کن ۳- توری ۴- استوانه های گرم ۵- خشک کن ۶- نورد کاغذ

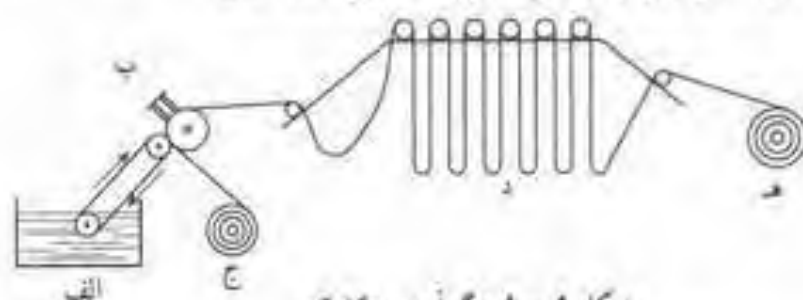
انواع کاغذ : برای هر نوع مصرف، کاغذ مخصوصی تهیه می شود. مثلاً کاغذ برای چاپ اسکناس، کاغذ مطبوعات، کاغذ رسم، کاغذ پارشمن برای اسناد و حواله ها، کاغذ کالک، کاغذ کُبی، کاغذ بسته بندی و مانند اینها.

کاغذ دیواری : کاغذ دیواری نوعی کاغذ است که برای روکش کردن و تزئین دیوارهای داخل ساختمان به کار می رود و جای رنگ را می گیرد. کاغذ دیواری را به صورت نواری، رول، و در عرضهای ۴۷، ۶۰ و ۸۰ سانتیمتر و در طول ۸ تا ۱۱ متر برش می زنند.

معمولاً یک طرف (رویه) کاغذ دیواری دارای طرح و رنگ قشنگ می باشد. رنگ و طرح را به طور مکانیکی و به وسیله غلتکهای چوبی منقش به ورقه های برنجی، بر کاغذ منتقل می کنند. برای تهیه رنگ کاغذ دیواریهای قابل شست و شو، بودر رنگ را در روغنهای خشک شونده، حل می کنند و بدین طریق یک ورنی<sup>۱</sup> بدست می آورند که در آب نامحلول است.

مواد رنگ کننده که در این صنعت به کار می روند، از همه نوع هستند یا از خاکهای رنگی نظیر گل آخری<sup>۲</sup> و یا از لاکها<sup>۳</sup> و یا رنگهای آنیلینی هستند.

تزئین کاغذ دیواری : نوارهای کاغذی را که خمیر آنها رنگی بوده است به وسیله مانسین، نقش دار می کنند. در شکل زیر جگونگی عمل مشخص شده است.



شکل ۹-۵ رنگ آمیزی مکانیکی

الف- طرف رنگ ب- فرجه (رُوس) ج- نورد کاغذ اولیه د- ترکه های خشک کننده ه- نورد کاغذ رنگ آمیزی شده  
برای تهیه کاغذهای گران قیمت، یکی از دو طرف آن را، به طور مکانیکی از رنگ بکنواختی پوشش می دهند و سپس بر روی این رنگ، طرح تزئینی را نقش می زنند. این عملیات با مانسین انجام می گیرد.

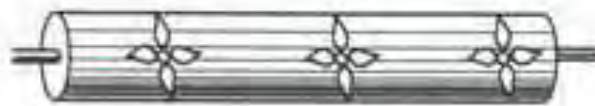
نوع دیگر ترین، چاپ نقش و نگار است، که هم به طریقه دستی و هم به روش مکانیکی انجام می گیرد. چاپ دستی را برای کاغذهای اعلا و چاپ مکانیکی را برای انواع معمولی کاغذ انجام می دهند.

چاپ نقش و نگار به وسیله غلتک (شکل ۹-۶) و چاپ خطوط موازی به وسیله خط کش (شکل ۹-۷) انجام می گیرد.

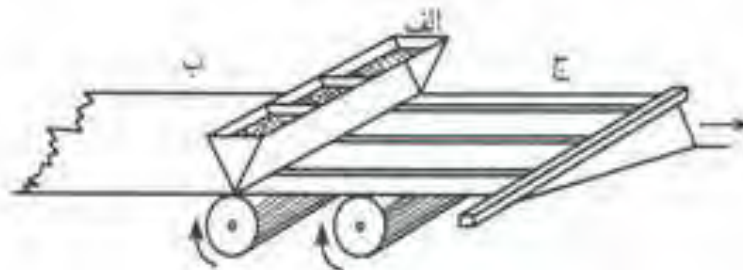
۱- ورنی : محلول صمغ در الکل یا تیر

۲- گل آخری :  $Fe_2O_3$

۳- لاک : صمغ سرخ رنگ هندی و نیز جسمی که از ترکیب سدیم کربنات و قرمز دانه و زاج ساخته می شود (فرهنگ



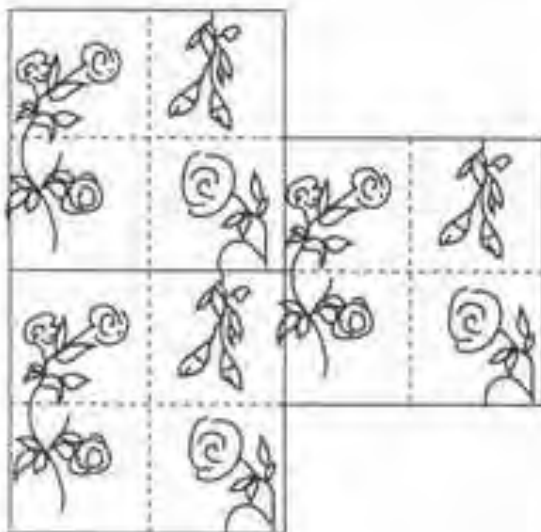
شکل ۹-۶ غلتک چاپ



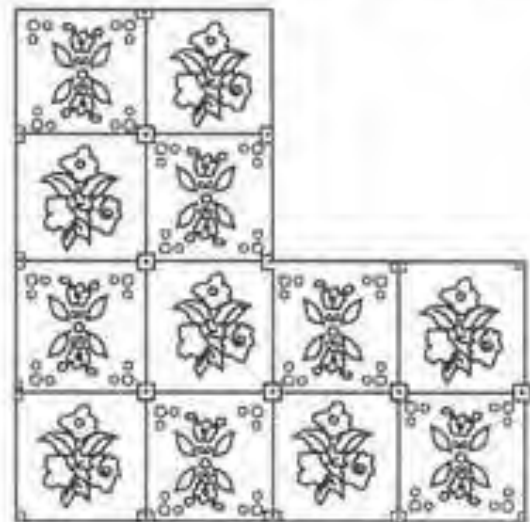
شکل ۹-۷ خط کش

الف- طرف رنگ ب- کاغذ دیواری بدون طرح ج- کاغذ دیواری طرح دار

برای رنگ آمیزی، از صفحات مخصوصی به نام صفحه باسمه استفاده می شود و هر رنگ به وسیله یک صفحه به کاغذ منتقل می گردد. تهیه طرح صفحات توسط دکوراتوره های صاحب ذوق و سلیقه انجام می گیرد. هنگام چسباندن کاغذ، نصب کنندگان باید این طرحها را رعایت کنند. در شکل ۹-۸ دو نوع از جفت و جور کردنها نشان داده شده است.



ب - ضربدری



الف - پهلو به پهلو

شکل ۹-۸ دو نوع جور کردن طرح

## ۹-۲ صنایع چرم

در صنایع چرم سازی از پوست حیوانات استفاده می شود. پوست حیوانات از دو قسمت تشکیل شده است: یکی اپیدرم یا روپوست که موها بر روی آن قرار دارند؛ و دیگری درم یا قسمت زیرین پوست.

که ضخیم می باشد و شامل بافت درهم رفته و الیاف کشنده و سلولهای چربی و ریشه مو، می باشد. اگر پوست در معرض هوا بماند، بزودی فاسد می شود.

برای اینکه بتوان از پوست استفاده کرد، باید ابتدا با انجام عملیاتی از فاسد شدن آن جلوگیری نمود و سپس آن را برای کاربردهای مورد نظر، عمل آورد. بدین معنی که باید آن را نرم و مستحکم و در مقابل آب نفوذ ناپذیر نمود.

کلیه عملیاتی که به منظور، عمل آوردن پوست انجام می گیرد «دباغی» نامیده می شود. اگر موهای لایه روی پوستهای دباغی شده کاملاً از بین رفته باشند، محصولات «چرم» نامیده می شوند و اگر موی خود را داشته باشند، «پوست» نام می گیرند.

### کاربردها و انواع چرم

چرم در صنایع مختلفی مثل کفایتی، تهیه دستکش و کلاه و لباس؛ مبیل سازی؛ چمدان سازی و کیف سازی یا سراجی کاربرد دارد.

چرم را بیشتر از پوست پستانداران تهیه می کنند. چرمها را از روی خواص، کاربرد و چگونگی تهیه، طبقه بندی می کنند:

**الف - چرمهای محکم:** که از پوست گاو تر، ماده گاو و گاو میش تهیه می شود و برای نخت کفش و تسمه و غیره به کار می رود.

**ب - چرمهای نرم:** این چرمها از پوست اسب، کره اسب و بز تهیه می شود و در ترمیم کاری زین و براق سازی و جلدسازی بکار می رود.

**ج - چرمهای ظریف:** که از پوست گوسفند، بزه، بزغاله و بزکوهی تهیه می شود و در ساخت دستکش و کفشهای ظریف، کیف و جلد کتاب کاربرد دارد.

میشن نوعی چرم است که از دباغی پوست گوسفند بوسیله بلوط حاصل می شود چون قسمت بیرونی آن خیلی ظریف است، در کارهای هنری و در تهیه کیف و جلد و اشیای زیبا به کار می رود. خوکهای آبی و شبر ماهیها، پوستهای محکم ریزدانه دارند چرم آنها را در ساخت کیفهای دستی به کار می برند.

پوست پستانداران وحشی، نظیر خرگوش را با مو و پشم عمل می آورند و در صنایع پوستین و پوست دوزی بکار می برند.

در چرمسازی از: پوست خزندگانی چون سوسمار، مار بوآ، پوست پرندگانی از قبیل غاز، مرغابی، شتر مرغ و ماهیهای چون کوسه ها و سفره ماهیها نیز استفاده می کنند.



تانتها و مواد دباغی : دباغی را می توان به وسیله محصولات گیاهی به نام تانتها و یا مواد دیگری مثل زاج، کرم و روغن انجام داد.

تانتها، در پوست بلوط، افاقیا، کاج، قان، در چوب بلوط، شاه بلوط و برگهای سماق وجود دارند. تانتها را به حالت بودر یا عصاره مایع به کار می برند.

تهیه چرم از پوست : این عمل، به دو روش سنتی و امروزی انجام می گیرد : در روش جدید، عملیات شامل سه مرحله : قبل از دباغی، دباغی و بعد از دباغی می باشد.

الف - عملیات قبل از دباغی : پوست حیوان را از لاشه جدا می کنند، و برای آنکه تا کارخانه و تا زمان دباغی فاسد نشود با مخلوط نمک و نقتالین ضد عفونی می نمایند.

پوستها را در محل کارخانه «جوان» می کنند. بدین طریق که آنها را در دستگاههای عظیم مخلوط کننده که دارای وسیله تنظیم دما و پمپ تخلیه و تنظیم مقدار آب است شست و شو می دهند. در این عمل هم مواد محافظ جدا می شود و هم پوست، آب جذب می کند و متورم می گردد. سپس موهای موجود بر روی پوست را به وسیله آهک و یا ارسنیک سولفید (زرنیخ) از بین می برند. موهای باقی مانده و گوشت و چربی را با کاردهای مخصوص، که در شکل مشخص شده است جدا می نمایند. مجموعه این کارها، عملیات رودخانه ای نام دارد.



شکل ۹ - ۹ کارد موری و آتش زدایی

ب - دباغی : ابتدا پوستها را در مجاورت جوشانده بودر درخت و یا عصاره بودرها غلتک می زنند. سپس آنها را در حوضچه هایی قرار می دهند و روی آنها بودر می باشند و به حال خود رها می کنند تا پوست با مواد وارد عمل شده، به جرم تبدیل گردد. طول مدت دباغی را با عبور جریان برق از حوضچه ها کم می کنند.

ج - عملیات بعد از دباغی : در این عملیات جرم را برداخت می کنند. آبگیری، ورقه کردن، تراشیدن، سمباده زنی و شست و شو، از کارهای این مرحله است. بعد از این عملیات، جرم را رنگ می کنند.

برای تهیه چرمهای سیاه، جرم را در محلول آهن استنات فرو می برند، بعد واکس سیاه می زنند و با اسفنج آن را برق می اندازند.

برای تهیه چرمهای سفید، از بتاسیم پرمنگنات و سدیم هیپوکلریت و صابون استفاده می کنند گاهی هم جرم را در مقابل نور خورشید و هوا قرار می دهند.

### ۹ - ۳ تصفیه آب

مقدمه: آب برای منظورهای مختلفی مصرف می‌شود. مثلاً برای آشامیدن و تسنن و شستو و دیگهای بخار، سرد کردن دستگاهها، تهیه مواد، آبیاری و ...

هریک از این نوع آبها، باید ویژگی معینی داشته باشند. مثلاً آب آشامیدنی باید بی بو، بی رنگ، بدون میکروبهای بیماریزا و بدون مواد سمی باشد. ویژگیهای آب آشامیدنی را اداره بهداشت تعیین می‌کند.

آب مورد استفاده در دیگهای بخار، باید سختی خیلی کمی داشته باشد. مواد کف کننده، گاز، روغن و سیلیسیک اسید نداشته باشد.

آب مورد مصرف در صنایع فیلمسازی، پارچه بافی و کاغذسازی، باید آهن و منگنز و سیلیسیک اسید نداشته باشد.

آب دباغی باید ملایم باشد، باکتری و قارچ نداشته باشد.

منابع آب عبارتند از: چشمه، رودخانه، دریاچه، دریا و جاهای عمیق.

آبهای طبیعی اغلب ناخالص هستند. زیرا هنگام جریان، مقداری از مواد را در خود حل می‌کنند و یا به صورت معلق درمی‌آورند. مواد موجود در آب از امسفر، خاکها و سنگهای مورد تماس و واکنشهای زیستی گیاهان و جانوران، وارد آن می‌شوند.

از آنچه گفته شد، نتیجه می‌شود که آبها قبل از مصرف، باید تصفیه شوند.

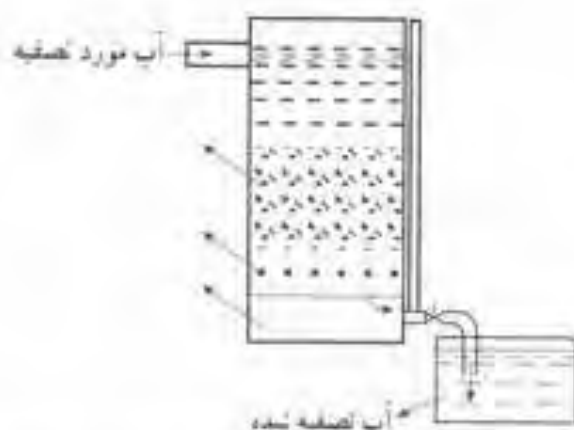
نوع عملیاتی که در تصفیه آب انجام می‌گیرد، به نوع آب طبیعی و ویژگیهای آب مورد مصرف بستگی دارد.

نوع عملیات تصفیه عبارتند از:

تصفیه از ذرات درشت معلق، لخته کردن کلونیدها، ضد عفونی کردن، اخراج مواد خورنده فلز و بتون، اخراج گازهای حل شده، رفع بو و مزه، نمک گیری و نرم کردن، تصحیح میزان آهن، منگنز، سیلیس و فلونورید و اخراج مواد رادیواکتیو.

تصفیه از ذرات معلق و ریز پراکنده: ذرات معلق را با ته نشین کردن جدا می‌کنند. اما ذرات ریز را ابتدا منعقد می‌کنند و بعد ته نشین و جدا می‌نمایند. برای انعقاد، از مواد منعقد کننده استفاده می‌کنند. آلومینیم سولفات و آهن (III) کلرید، از گروه مواد منعقد کننده هستند. برای اینکه انعقاد سریعتر انجام بگیرد، مواد لخته کننده به کار می‌برند. نشاسته و سیلیس فعال از این مواد هستند. برای جداسازی ذرات معلق، آب را از صافیهای شن و ماسه دار عبور می‌دهند. (مطابق شکل

۹ - ۱) مواد منعقد شده و لخته شده را در حوضچه های ته نشینی رسوب می‌دهند.



شکل ۹ - ۱۰ سامی شی

**ضد عفونی کردن آب:** کشتن موجودات زنده ذره بینی آبها، به وسیله مواد شیمیایی و یا به وسیله عملیات فیزیکی انجام می گیرد. گاز کلر به مقدار ۰/۱ تا ۰/۳ گرم برای هر متر مکعب آب؛ و هیوکلرینها و کلردیوکسید، ازن و نمکهای فلزات نقره و مس (II) و جیوه (II)، از مواد شیمیایی میکروب کش هستند.

در عملیات فیزیکی از اثر اشعه فرابنفش، امواج فراصوتی و گرما دادن استفاده می کنند. خارج کردن موادی که بتون و یا فلز را می خورند: آب اگر دارای گاز کربن دیوکسید و یا اسید باشد، فلز را می خورد. اگر دارای کلسیم هیدروژن کربنات و یا منیزیم هیدروژن کربنات باشد، در دیگرها رسوب می گذارد و اگر گاز کربن دیوکسید را همراه با نمکهای سولفاتی و کلریدی داشته باشد، بتون را از بین می برد.

آبهای که دارای ویژگیهای ذکر شده باشند، آب ناپایدار، نام دارند. آبهای ناپایدار را، با افزودن مواد شیمیایی و جدا کردن محصول عمل آنها، پایدار می کنند.

**خارج کردن گازها:** گازهای محلول در آب نظیر کلر، اکسیژن، گاز کربن دیوکسید و هیدروژن سولفید را به روشهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و فیزیکوشیمیایی خارج می کنند. در روش فیزیکی، دمای آب را زیاد و فشار هوای روی آن را کم می کنند و یا آب را اسیری کرده، از برجهای خنک کننده عبور می دهند و با این عملیات گازهای حل شده را خارج می کنند. در روش شیمیایی، به آب موادی اضافه می کنند که بتوانند با گازها وارد عمل شوند. مثلاً برای حذف کلر و یا اکسیژن، به آب سدیم سولفیت می زنند و یا گاز گوگرد دیوکسید،  $SO_2$ ، را در آب وارد می کنند.

در روش فیزیکوشیمیایی، آب را از بسترهایی می گذرانند که دارای زغال و یا کلسیم کربنات است گازها، با این دو ماده ترکیب می شوند و از آب جدا می گردند.

۱ - هیوکلرینها، نمکهای هیوکلرواسید،  $HClO$ ، هستند. هیوکلرینهای مورد مصرف از اثر کلر بر محلول سود و یا پتاس سوزآور و یا آهک تهیه می شوند. اگر فلزا، آمونیاک باشد محصول کلرآمین نامیده می شود.

رفع بو و مزه: بدین منظور آب را از روی زغال فعال عبور می دهند یا در آب اُزن وارد می نمایند و یا مواد جاذب بو و مزه را به آب اضافه می کنند.

### نرم کردن آبها:

آبهای سخت: اگر آبی دارای نمکهای کلسیم و منیزیم باشد، «آب سخت» نامیده می شود. میزان یون کلسیم و منیزیم آب، درجه سختی آن را مشخص می کند. در کشورهای مختلف، برای درجه سختی، این میزان را مختلف می گیرند و به این علت است که درجات سختی آلمانی، فرانسوی، انگلیسی و امریکایی معمول شده است.

یکی از انواع بیان برای درجه سختی، قسمت در یک میلیون قسمت «بی. پی. ام. ppm»<sup>۱</sup> است و آن برابر با تعداد میلی گرم یونهای سختی دهنده در هزار گرم آب می باشد. از روی درجه سختی، آبها را به خیلی نرم، نرم، کمی سخت، نسبتاً سخت، سخت و خیلی سخت دسته بندی می کنند.

آب سخت: برای شست و شو مناسب نیست زیرا در موقع شست و شوی با آن مقدار بیشتری شوینده مصرف می شود و لباسها را زودتر فرسوده می کند.

– برای بختن گوشت و حبوبات خوب نیست، زیرا پروتئین آنها را بیرون می کشد.

– برای دیگهای بخار، زیان آور است. زیرا در دیگ و لوله ها رسوب می دهد و لوله ها را مسدود می کند.

بنابر آنچه گفته شد، آبهای سخت را قبل از مصرف، بویژه وقتی که لازم است در دیگهای تولید بخار مصرف شوند باید نرم کرد.

روشهای حذف سختی: روشهای متعددی برای حذف سختی آب معمول است. در هر روش آبی تهیه می شود که ویژگی معینی دارد. گاهی چند روش را یکی پس از دیگری بکار می برند تا آب مورد نظر را تهیه کنند. در زیر چند روش تهیه آب برای مصرف در دیگهای بخار بیان می شود:

۱ – روش رسوب دادن: که با افزایش آهک، سدیم کربنات و سودسوزآور انجام می شود.

۲ – روش مبادله یون: که یونهای سختی دهنده را با نرمه سنگهای مخصوص و یا صمغهای مصنوعی و رزینها، می گیرند.

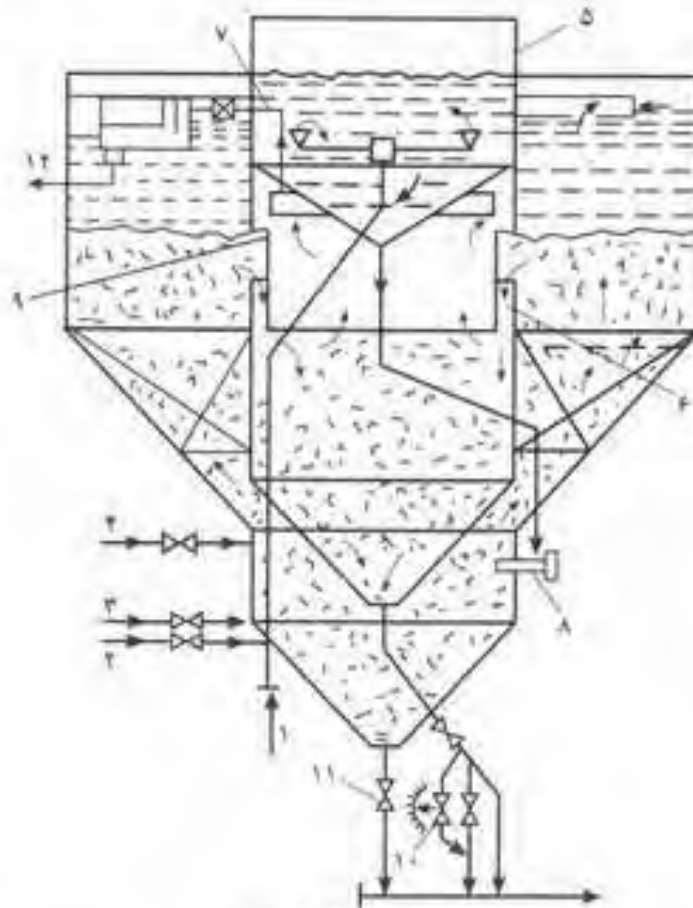
۳ – روش گرم کردن: در این روش کلسیم کربنات و منیزیم کربنات و کلسیم سولفات آن را تا اندازه ای رسوب می دهند.

۴ – افزودن موادی که مانع از چسبندگی رسوبها به بدنه دیگ می شود. یکی از این مواد،

<sup>۱</sup> - part per million



مخلوطی از سدیم فسفات + نشاسته + آرد چوب پنبه + تانن می باشد.  
 در زیر شکل خطی یک دستگاه تصفیه آب مورد مصرف در دیگهای بخار، نشان داده شده است.



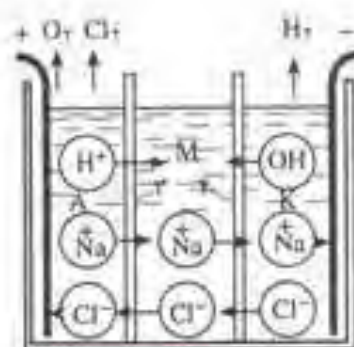
شکل ۹-۱۱ دستگاه تصفیه

- ۱- آب اولیه ۲- شیر آهک ۳- منعقدکننده ۴- لخته کننده ۵- هوا ۶- مترآکم کننده لجن  
 ۷- برگشت آب از مترآکم کننده لجن ۸- ورودی آب اولیه ۹- سوراخهای خروجی لجن  
 ۱۰- شیر خروجی لجن مترآکم ۱۱- شیر بایستی دستگاه تصفیه ۱۲- خروجی آب تصفیه شده

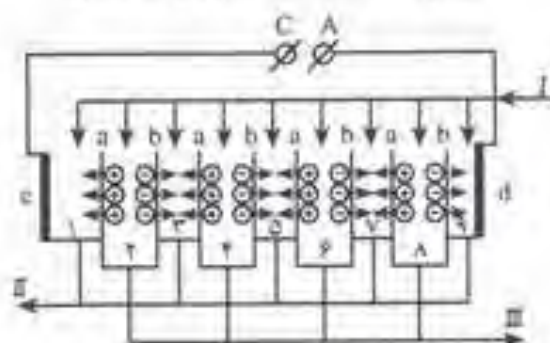
نمک گیری: در این عملیات، نمک آب را حذف می کنند. بدین منظور از روشهای: انجماد، تقطیر، الکتروشیمیایی و مبادله یونی استفاده می کنند.

در روش الکتروشیمیایی، آب را در معرض الکترولیز قرار می دهند. این دستگاه سه بخش دارد: یکی بخش کاتدی و دیگری آنودی و سومی بخش میانی. بخش میانی به وسیله دریچه ای (دیافراگم) از دو بخش دیگر جدا شده است. در موقع الکترولیز، یونها به طرف کاتد و آنود می روند و در آنجا تخلیه بار می کنند.

می توان در دیافراگم ماده ای قرار داد که یونها را مبادله کنند و آب بدون یون بدهند در صفحه بعد، شکل دستگاههای الکترولیز نشان داده شده است.



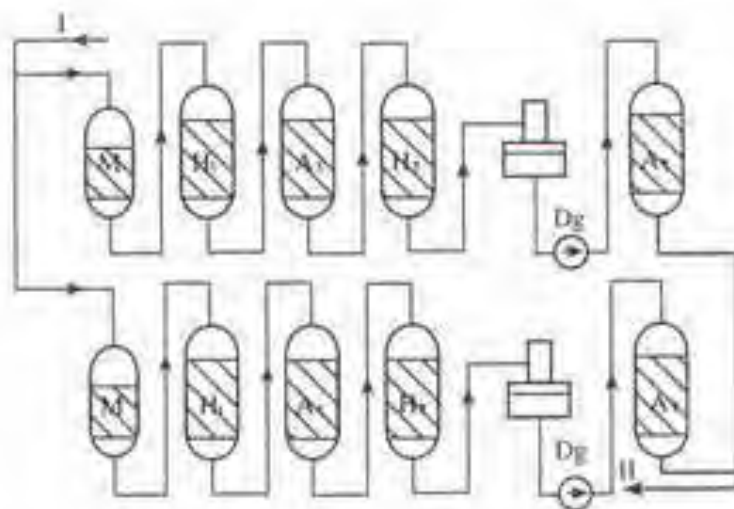
شکل ۹-۱۲ دستگاه الکترولیز قسمتی



شکل ۹-۱۳ دستگاه نمک گیر دیافراگم دار

الف - دیافراگم مبادله کننده کاتیون ب - ماده کننده آنیون ج و د - صفحات فلزی. که به آنها بناسیل اثر داده می شود.

روش مبادله یونی : در این روش، آب را از ستونهای مبادله کننده یون کاتیون یا یون هیدروژن و آنیون یا یون هیدروکسیل عبور می دهند و با این عملیات، نمک آب را به وسیله یونهای آب جانشین می کنند - یونها  $H^+$  و  $OH^-$  با هم ترکیب می شوند و آب می دهند - شکل زیر یکی از این دستگاهها را نشان می دهد.



شکل ۹-۱۴ طرح کارخانه نمک گیری از آب

← I ورودی آب ← II خروجی آب

M - صنایع های مکانیکی  $H_2$  و  $H_2$  - مبادله کننده کاتیونها با  $H^+$  و  $A_1$  و  $A_2$  - مبادله کننده آنیونها یا  $OH^-$

فاضلابها: پسابهای کارخانه‌ها، آبهای مصرف شده خانگی و شهری آلوده، قبل از اینکه وارد آبهای جاری شوند باید تصفیه گردند. تصفیه آبها، با عملیات مکانیکی و فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی انجام می‌گیرد.

در عملیات مکانیکی، با جنگکهای درشت و ریز و یا توری مواد شناور آب را می‌گیرند. در عملیات فیزیکی، با آرام گذاشتن فاضلاب، مواد جامد ریز آن را ته‌نشین می‌کنند اگر لازم باشند، منعقدکننده و لخته‌کننده هم می‌زنند.

در عملیات شیمیایی: فاضلاب را با مواد شیمیایی مجاور می‌کنند، تا بعضی از واکنشهای شیمیایی انجام گیرد. مثلاً آبهای اسیدی را با قلیا خنثی می‌کنند.

عملیات بیولوژیکی: در این عملیات، مواد آلی فاضلاب به وسیله باکتریها تجزیه می‌شوند. این عمل در حوضهای گندزدایی انجام می‌گیرد. در این حوضها، هوا را در فاضلاب می‌دمند و آب را شدیداً بهم می‌زنند.

در نتیجه دمیدن هوا، گونه‌های مختلف جاندارهای بسیار ریز (باکتریهای) موجود در لجن، مواد موجود در آب را می‌خورند و آب را پاکیزه می‌کنند. بعد آب وارد استخرهای ته‌نشینی لجن می‌شود و پس از ته‌نشین کردن مواد، وارد جریانهای معمولی آب می‌گردد. لجن را پس از خشک کردن به مصارف مختلف می‌رسانند از جمله به‌عنوان کود مصرف می‌کنند و یا از آن آجرهای ساختمانی تهیه می‌کنند.

### پرسش و تمرین

۱. کاغذ چیست؟ آن را توضیح دهید.
۲. درختان و گیاهان بوته‌ای را نام ببرید که برای تهیه کاغذ، مصرف می‌شوند.
۳. چرا امروزه سعی می‌کنند که از درختان و از پنبه برای تهیه کاغذ کمتر استفاده شود؟
۴. عملیات اساسی تهیه کاغذ کدام‌اند؟
۵. در دستگاه خمیرساز چه عملی و به‌وسیله چه عواملی انجام می‌گیرد؟
۶. کاغذهای مرغوب را از چه موادی تهیه می‌کنند؟
۷. سه نوع کاغذ مرغوب نام ببرید.
۸. در یک اسکناس چه مشخصاتی وجود دارد؟
۹. چرا باید سعی کرد که اسکناس زیاد فرسوده نشود؟
۱۰. چرا باید در مصرف کاغذ صرفه‌جویی کرد؟

۱۱. کاغذ دیواری چیست؟ چرا از کاغذ دیواری استفاده می کنند؟
۱۲. تزیین کاغذ دیواری چگونه انجام می گیرد؟
۱۳. روش مکانیکی تهیه کاغذ مطبوعات را توضیح دهید.
۱۴. قسمت‌های مختلف پوست را نام ببرید.
۱۵. کدام قسمت از پوست، برای تهیه جرم به کار می رود؟
۱۶. دباغی را توضیح دهید.
۱۷. چهار صنعت نام ببرید که از جرم استفاده می کنند.
۱۸. سه نوع جرم نام ببرید.
۱۹. میشن چیست؟
۲۰. سه پستاندار اهلی، دو پستاندار وحشی، سه حیوان دریایی، دو خزنده و دو پرنده نام ببرید که از پوست آنها در جرم سازی و پوستین و پوست دوزی استفاده می شود.
۲۱. تاننها کدام اند و در صنعت جرم سازی چه مصرفی دارند؟
۲۲. لئس زدایی و موزدایی چیست؟
۲۳. جوان کردن به چه عملی گفته می شود؟
۲۴. عملیات رودخانه ای کدام اند؟
۲۵. در قدیم عملیات دباغی بین ۱۶ تا ۱۸ ماه طول می کشیده است ولی امروزه دو هفته طول می کشد. علت را توضیح دهید.
۲۶. چند مورد مختلف از مصرف آب را نام ببرید.
۲۷. چرا باید آبهای مصرف دیگ بخار، عاری از سختی باشد؟
۲۸. چرا باید اغلب آبها را قبل از مصرف، تصفیه کرد؟
۲۹. دو ماده منعقدکننده و دو ماده لخته کننده نام ببرید.
۳۰. مفهوم جمله «آب، بتون و یا فلز را می خورد» یعنی چه؟ آیا خوردگی برای ساختمانهای بتونی، کانالهای بتونی و یا لوله های فلزی انتقال آب زیان دارد؟ دلیل خود را بیان کنید.
۳۱. آیا باید کلیه عملیات ذکر شده برای تصفیه آبها را در مورد یک آب انجام داد یا خیر؟ به چه دلیل؟
۳۲. زیانهای آب سخت را توضیح دهید.
۳۳. چند نوع واحد برای بیان درجه سختی ذکر کنید.
۳۴. چهار قسمت از دستگاه تصفیه آب را از روی شکل بیان کنید.



۳۵. از آبهای دریا و آب شور، چگونه آب شیرین تهیه می‌تمایند؟
۳۶. فاضلاب یعنی چه؟ چند نوع فاضلاب نام ببرید.
۳۷. روش شیمیایی و فیزیکی تصفیه فاضلاب را مقایسه کنید.
۳۸. روش شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه فاضلاب را مقایسه کنید.
۳۹. روش مبادله یون را توضیح دهید.

## شناخت سوختهای فسیلی و هسته‌ای

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:  
- صنایع تولیدکننده سوختهای فسیلی و هسته‌ای را توضیح دهد.

## ۱-۱ سوختهای فسیلی

سوختها موادی هستند که برای تولید گرما به کار می‌روند. بدون شک چوب و هیزم، اولین سوختهایی بوده‌اند، که بشر از آنها استفاده کرده‌است. و مدتها گذشته است تا اینکه سوختهای دیگری مثل زغال سنگ و نفت مورد شناسایی و استفاده قرار گیرند.

امروزه بیشترین مقدار سوخت را از معادن استخراج می‌کنند. این سوختها در طی قرن‌ها در داخل زمین بوجود آمده‌اند. و چون ذخیره‌های قدیمی سوخت هستند، سوختهای فسیلی نام گرفته‌اند. سوختهای فسیلی در سه حالت: جامد، مایع و گاز در طبیعت وجود دارند.

علاوه بر سوختهای فسیلی و چوب و هیزم، سوختهای دیگری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سوختها مصنوعی هستند و از عملیات مختلف بر روی مواد طبیعی حاصل می‌شوند. سوختهای مصنوعی نیز دارای سه حالت:

جامد (زغال چوب)، مایع (الکل) و گاز (گاز آب) هستند.

۱-۱-۱ سوختهای جامد: چوب، زغال سنگ و آتراسیت از انواع طبیعی و زغال چوب

و زغال کک از انواع مصنوعی سوختهای جامد به شمار می‌آیند.

## زغال سنگ و انواع آن

منشأ: زغال سنگها از تجزیه خود به خود مواد آلی نباتی، مانند تنه، شاخه‌ها و ریشه درختانی بوجود آمده‌اند، که در دورانهای مختلف زمین شناسی، در گودالها و چین خوردگیهای زمین قرار گرفته‌بوده‌اند.



شکل ۱۰-۱ نشانه‌های گیاهان فسیلی روی زغال سنگ

این تبدیلات در اثر حرارت و فشار، در اعماق زمین انجام گرفته است.

زغال سنگها را برحسب مقدار کربنی که دارند و یا برحسب مقدار مواد فرّار و یا مقدار کُکی که از تقطیر آنها حاصل می شود، دسته بندی می کنند. مثلاً زغال سنگی که با شعله زیاد بسوزد، زغال سنگ چرب و زغال سنگی که با شعله کوشاه بسوزد، زغال سنگ لاغر نام گرفته است.

زغال سنگ نارس که از علفها و خزها و ریشه نباتات باتلاقی بوجود آمده اند و زغال سنگهای قهوه ای را که قدمت تشکیل آنها، خیلی کمتر از زغال سنگ است، جزو زغال سنگها نمی آورند.

ترکیب سوختهای جامد طبیعی؛ هر سوخت جامد از دو نوع ماده بوجود آمده است. یکی مواد آلی که می سوزند و دیگری مواد معدنی که نمی سوزند.

مواد آلی سوختها از کربن و هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده اند، ولی در بعضی از آنها ازت و گوگرد هم وجود دارد.

مواد سوختی یک سوخت جامد، معمولاً شامل: رطوبت، کربنات، سیلیکات، فسفات، سولفات، سولفید فلزات آهن، کلسیم، منیزیم، آلومینیم، سدیم و پتاسیم می باشد.

وقتی که سوخت جامد می سوزد و یا به مصرف تهیه گاز می رسد، مواد معدنی آن به صورت خاکستر باقی می ماند.

اگر سوخت جامد در ظروف در بسته حرارت داده شود، گازها و مواد فراری از آن خارج می شود و جسم سیاهی به نام کُک و یا زغال فرغ در ظرف باقی می ماند.

قدرت حرارتی سوخت جامد؛ برای بیان ارزش سوختی یک سوخت جامد، معمولاً گرمای حاصل از سوختن یک کیلوگرم آن را در نظر می گیرند. این مقدار گرما را برحسب کیلو کالری و یا کیلوژول بیان می کنند.

در جدول ۱-۱ مشخصات چند سوخت جامد داده شده است.

کُک: کک جامدی است سیاه، متخلخل که آن را در فلزگدازی، در تولید گاز، تهیه کلسیم کربید و الکتروود و بعنوان واکنشگر در تعدادی از رشته های شیمی صنعتی به کار می برند.

چون کک در فلزگدازی به کار می رود باید از برخی ویژگیها برخوردار باشد: در اثر فشار خرد نشود؛ قدرت حرارتی آن بالا باشد (حدود ۳۲ هزار کیلوژول برای کیلوگرم)؛ خوب بسوزد و به آسانی با اکسیدها ترکیب گردد. گوگرد و خاکستر و رطوبت و مواد فرّار نداشته باشد.

کک سازی: در عملیات کک سازی، زغال سنگ را در قرعهای سر بسته، در دمای حدود

## مطالعه آزاد

جدول ۱۰-۱ ترکیب درصد سوخت‌های جامد و گرمای سوختن آنها

سوخت	درصد اجزای آلی			درصد رطوبت	درصد خاکستر	درصد گوگرد	درصد مواد فرار	گرمای سوخت کیلوژول برای یک کیلوگرم
	کربن	هیدروژن	اکسیژن - ازت					
چوب	۴۴	۶	۵۰	۳۰ تا ۴۰	۰/۴	۰/۱۰	>۷۰	۱۸۸۵۰
زغال سنگ نارس	۵۹	۶	۳۵	۲۵	۲/۵	۰/۴	۷۰	۲۳۹۰۰
زغال سنگ قهوه‌ای	۷۰	۵/۵	۲۴/۵	≤۵۰	۴	۲ تا ۳	۴۵ تا ۵۵	۲۵۵۵۰
زغال سنگ	۸۲	۵	۱۳	۳ تا ۸	۶	۲ تا ۶	۸ تا ۵۰	۳۳۹۲۰
انتراسیت	۹۵	۴	۲	۱/۳	۶	۱ تا ۲	۸	۳۳۵۰۰
سیت‌های قهوه‌ای	۷۵	۱۰	۱۵	-	۵۰	-	-	۳۳۹۲۰

۱۰۰۰ درجه حرارت می‌دهند. در نتیجه کک در قرع می‌ماند و مواد فرار از آن خارج می‌شود. از مواد فرار، گازهای سوختنی ( $CO, CH_4, H_2$ )، روغنهای سبک، مایع آمونیاکی و قطران بدست می‌آورند.

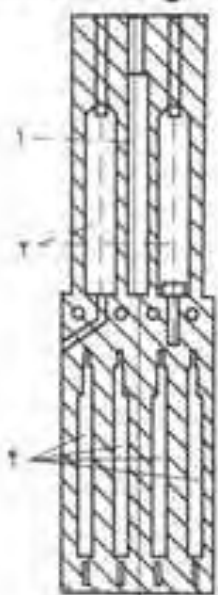
قطران مایع ناروانی است که تاکنون ۲۰۰ ماده مختلف از آن جدا کرده‌اند. این مواد برای صنایع داروسازی، تهیه حشره‌کشها، پلاستیکها و الیاف مصنوعی، به کار می‌روند.

از تقطیر روغنهای سبک، هیدروکربنهای معطر و مخلوط آنها بدست می‌آید. این هیدروکربنها به عنوان مواد اولیه صنایع شیمیایی، کاربرد دارند. مثلاً از قفل برای تهیه رنگ، استفاده می‌شود.

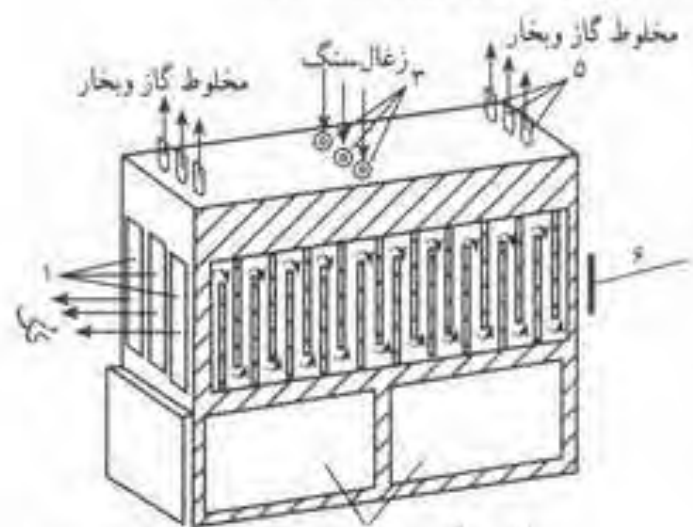
در جدول ۱۰-۲، مواد حاصل از یک تن زغال سنگ آورده شده است.

در شکل ۱۰-۲ نمایی از یک کوره کک‌سازی و در شکل ۱۰-۳ نمایی از دستگاه تصفیه

مقدمانی مواد فرار، آورده شده است.



ب - برش کوره



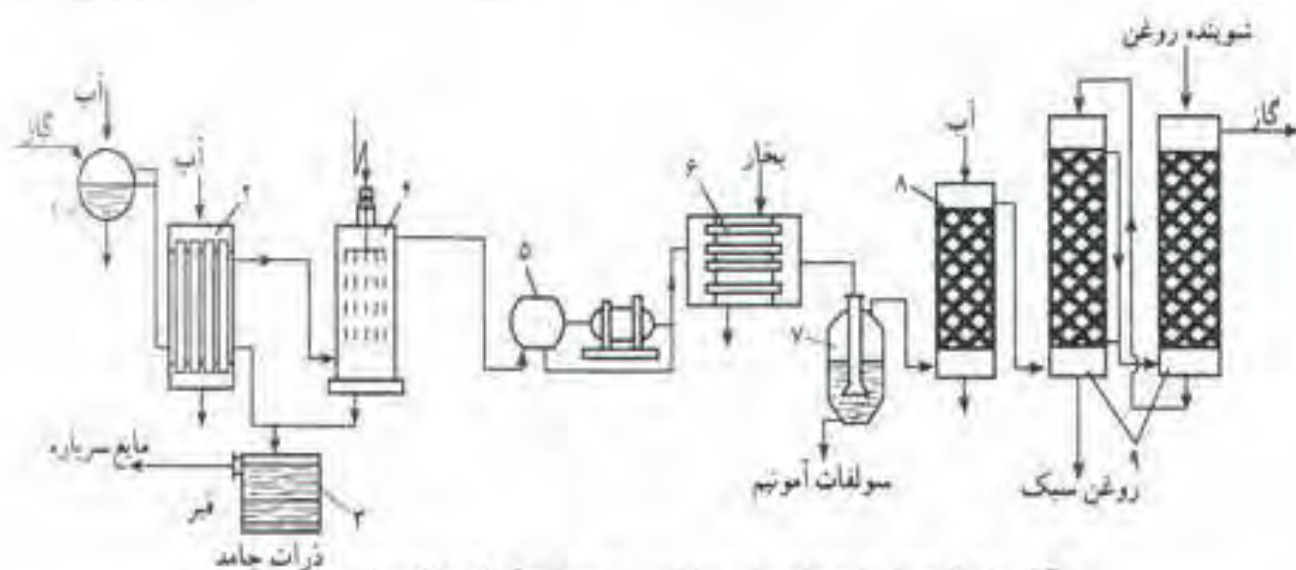
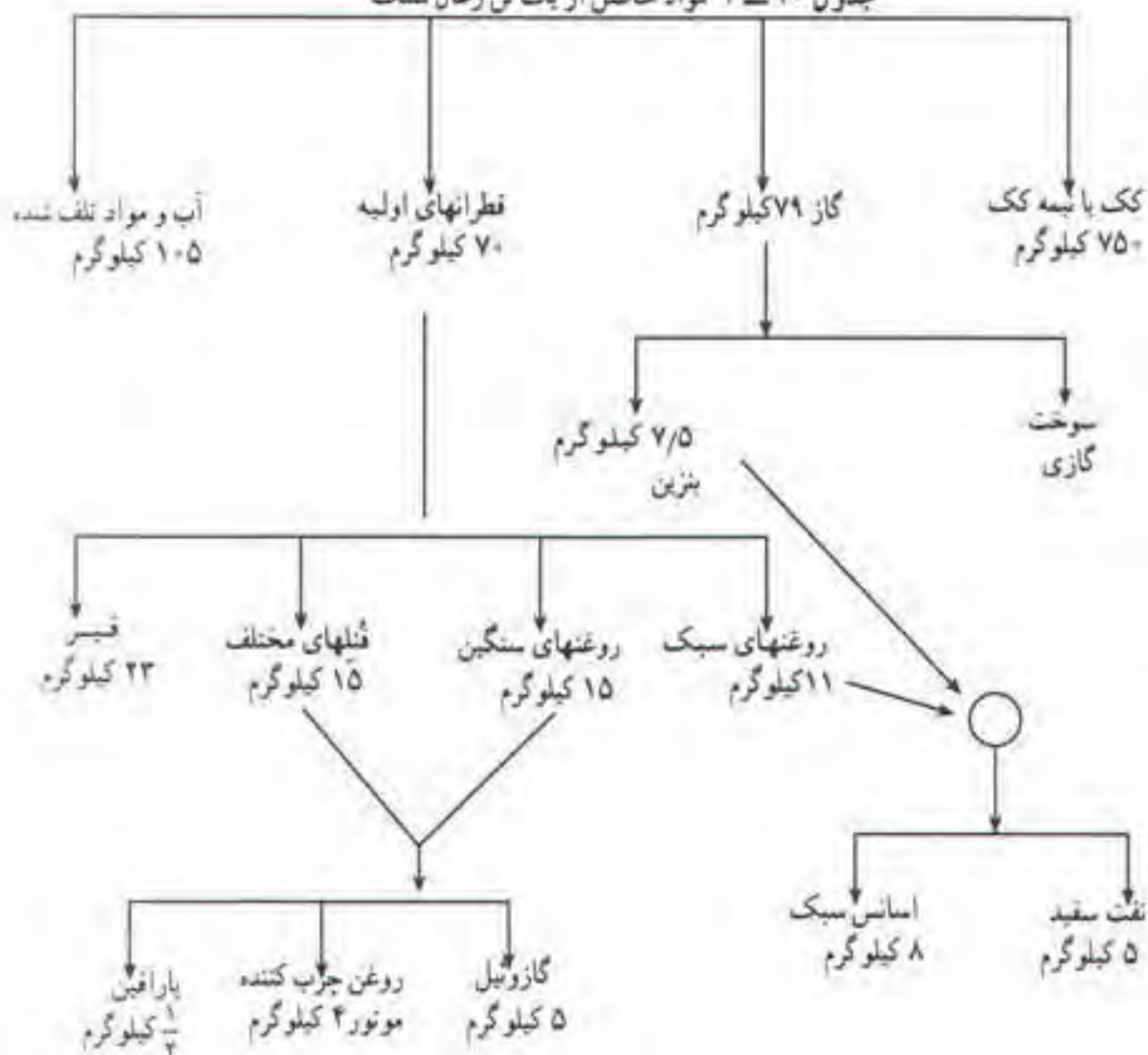
الف - کوره

شکل ۱۰-۲ کوره کک‌سازی

۱- اتاق تقطیر ۲- محفظه تولید گرما ۳- محل بارگیری ۴- محل تخلیه کک ۵- لوله‌های خروج بخار ۶- دستگیره درب تخلیه کک



جدول ۱۰-۲ مواد حاصل از یک تن زغال سنگ



شکل ۱۰-۳ نمودار طرح جامع برای عملیات بر روی مواد فرآورد کوره کک‌سازی

- ۱- مخزن گاز؛ ۲- سردکننده؛ ۳- ایبار؛ ۴- رسوب دهنده الکتروستاتیکی؛ ۵- تخلیه کننده؛ ۶- گرمکن؛ ۷- انجماد کننده؛ ۸- سردکننده؛ ۹- دستگاه‌نست و شو؛

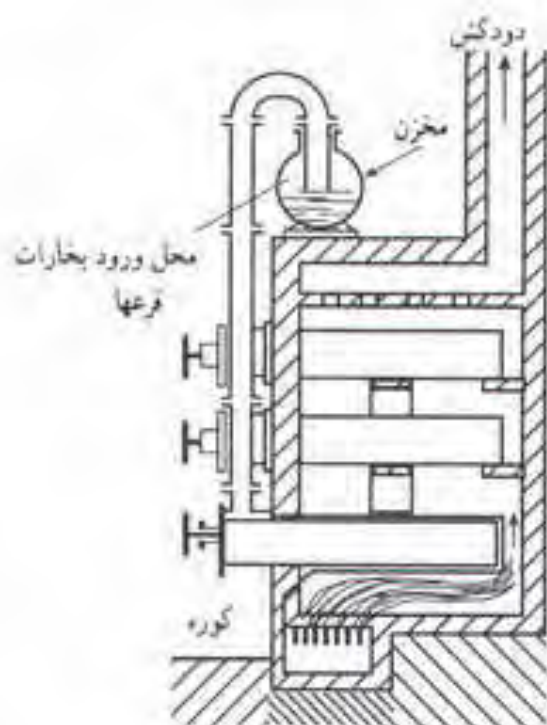
« ۱-۱-۲ سوختهای مایع: این سوختها را نیز می توان در دودسته طبیعی و مصنوعی مطالعه کرد.

نفت خام، ماده اولیه اغلب سوختهای مایع است. (فصل هفتم دیده شود) سوختهای مایع مصنوعی مانند اتانل (اتیل الکل) را از راههای مختلفی تهیه می کنند، که یکی از آنها تبدیل بعضی از گازهای موجود در نفت خام است.

« ۱-۱-۳ سوختهای گازی: این سوختها را نیز یا از معادن استخراج می کنند و یا به طور مصنوعی تهیه می نمایند.

گازهای طبیعی را از معادن گاز، از معادن نفت و یا از عملیات تصفیه نفت به دست می آورند. گازهای سوختنی مصنوعی را از راههای مختلف تهیه می کنند که بعضی از آنها در زیر ذکر می شود. عملیات کک سازی:

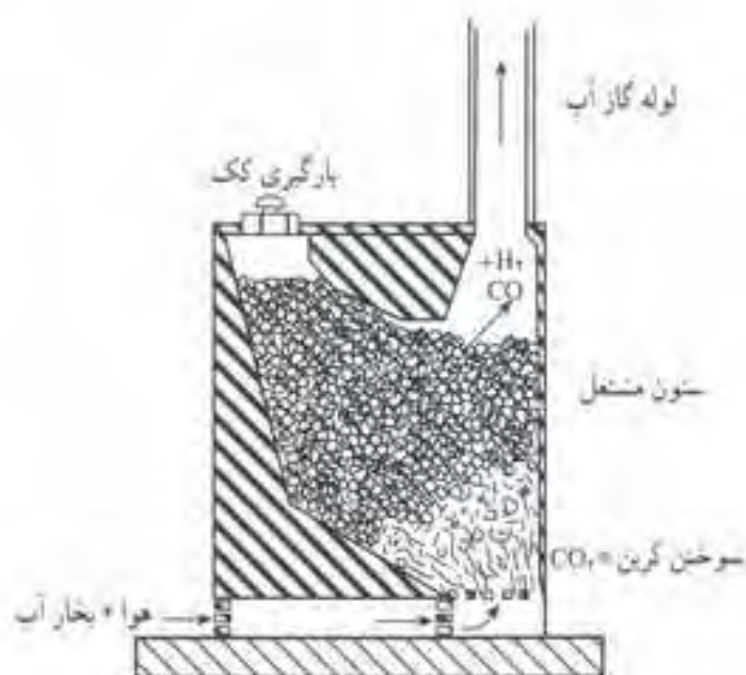
تهیه گاز روشنائی: این گازها را از تقطیر بعضی از زغال سنگها بدست می آورند. این عمل در دستگاهی مطابق شکل زیر انجام می گیرد.



شکل « ۱-۴ تهیه گاز روشنائی

در تهیه این نوع گاز، می توان علاوه بر تقطیر، هوا و یا هیدروژن را هم بر زغال سنگ حرارت دیده اثر داد و با این عملیات، باعث تغییر نوع و تعداد سازندگان گاز شد.

گاز آب: این گاز را که بیشتر از  $H_2 + CO$  تشکیل می شود، از اثر بخار آب بر روی زغال سرخ شده بدست می آورند. این عمل در دستگاهی مطابق شکل « ۱-۵ انجام می گیرد.



شکل ۱۰-۵ نپه صنعتی گاز آب

اجزای سازنده گازهای سوختنی: بسته به منبع گاز طبیعی<sup>۱</sup> و چگونگی تولید گازهای مصنوعی<sup>۲</sup> اجزای سازنده و مقدار درصد آنها با یکدیگر اختلاف دارد. در هر حالت این گازها، قبل از مصرف سوخت باید تصفیه شوند. مثلاً گازهای سوختنی ای را که هیدروژن سولفید دارند قبل از مصرف، از روی لیمونیت<sup>۳</sup> عبور می دهند تا گاز سمی و بدبوی خود را از دست بدهند و قابل مصرف در گاز سوزها بشوند. صنعت تصفیه گاز، صنعت مهمی می باشد. کاربردهای دیگر گازهای طبیعی در مبحث پتروشیمی بررسی شده است.

## ۱۰-۲ سوختهای هسته ای

مروری بر پرتوزایی برخی عناصر شیمیایی: هسته اتمهای برخی از عناصر ناپایدارند، برای پایدار شدن، از خود ذره ها و پرتوهایی به بیرون می فرستند. این ذره ها و پرتوها، بر فیلم عکاسی و ماده شبنما (ZnS: روی سولفید) اثر می کنند. به همین دلیل، پرتوهای فعال (راديو-اكتيف) نامیده می شوند و این بدیده، را پرتوزایی (راديو اکتیویته) می نامند.

از میان ذراتی که از تلافی اتمهای ناپایدار بوجود می آید، دو تنای آنها

- ۱- گازهای طبیعی معادن مختلف از متان (۹۵ تا ۳۱ درصد)، اتان (۱۶ تا ۲۰ درصد)، پروپان (۱۳ تا ۲۱/۵ درصد)، بوتان (۰/۵ تا ۲۰ درصد)، هیدروکربنهای با کربن بیشتر (۴ تا ۱۹/۸)، ازن + گاز کربن دیوکسید + هیدروژن سولفید (۱/۵ تا ۱۱/۶ درصد) تشکیل می شود. ملاحظه کنید که ترکیب گازها حقدر یا یکدیگر اختلاف دارند.
- ۲- لیمونیت:  $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ ، آهن (III) اکسید آیدار

مهمتر می‌باشند.

یکی از آنها که ذره  $\alpha$  (آلفا) نامیده شده، از هسته صادر می‌گردد. ذره دیگری، که الکترون است و از پوسته اتم بیرون می‌رود، ذره بتا ( $\beta$ ) نام دارد.

از عناصر پرتوزای (راديواکتیف)، پرتوهای گاما ( $\gamma$ ) هم خارج می‌شوند. این پرتوها، در نورخورشید هم وجود دارند.

عناصر پرتوزای، با بیرون فرستادن ذره‌ها و پرتوها، کم‌کم فعالیت خود را از دست می‌دهند و دست آخر به عنصری تبدیل می‌شوند که تعداد پروتون و نوترون موجود در هسته آن در حدی است که مانع از دفع پروتون‌ها می‌شود.

عناصر پرتوزای یا در طبیعت وجود دارند؛ مثل اورانیم ( $U$ )، توریم ( $Th$ ) و رادیم ( $Ra$ ) و پولونیم ( $Po$ )؛ و یا اینکه از تأثیر ذره‌های آلفا، بر بعضی از عناصر شیمیایی بدست می‌آیند. در حالت اخیر آنها را عناصر پرتوزای مصنوعی می‌گویند.

یکی از ذراتی که برای تهیه عناصر پرتوزای مصنوعی به کار می‌رود، نوترون ( $n$ ) است. نوترون ذره بدون بار است که در هسته تمامی آنها وجود دارد (بجز در اتم هیدروژن معمولی).

یکی از عناصری که برای تهیه عناصر پرتوزای مصنوعی به کار می‌رود، اورانیم<sup>۱</sup> است.

وقتی که یک نوترون به هسته اورانیم  $^{235}U$  برخورد کند، هسته ناپایدار شده به دو تکه تقسیم می‌شود. از این واکنش، دو هسته جدید (عناصر دیگر) و دو یا سه نوترون حاصل می‌گردد. هر نوترون جدید، باعث شکافت یک هسته اورانیم دیگر می‌شود. اگر مقدار اورانیم کافی نباشد، نوترون‌ها از سطح جرم آن خارج می‌شوند. ولی اگر مقدار آن زیاد باشد، واکنش به طور زنجیری انجام می‌گیرد. مقدار لازم برای واکنش زنجیری، جرم بحرانی، نامیده می‌شود.

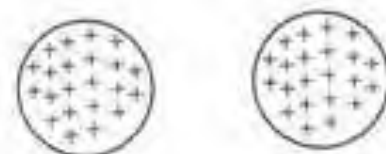
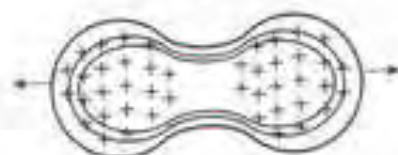
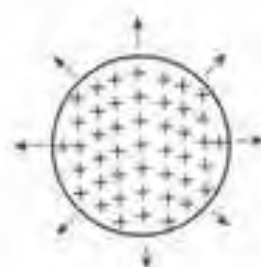
۱- اورانیم در طبیعت به مقدار کم وجود دارد، به طوری که اگر سهم عناصر را در وزن پوسته زمین در نظر بگیریم، سهم اورانیم ۱/۲ گرم در هر تن وزن پوسته زمین است.

همین مقدار ناچیز، خود از اختلاط سه نوع اتم بوجود آمده است. یکی اورانیم سنگین هسته،  $^{238}U$ ؛ دیگری متوسط هسته،  $^{235}U$ ؛ سومی سبک هسته  $^{233}U$ .

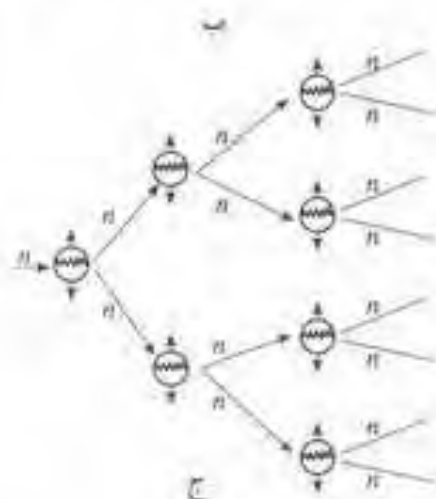
مقدار نوع متوسط هسته  $^{235}U$  ۰/۷ درصد کل اورانیم را تشکیل می‌دهد. انواع مختلف اورانیم را ایزوتوپهای اورانیم می‌گویند.



در زیر شکل شکافت یک هسته<sup>۱</sup> نشان داده شده است.



الف



ج

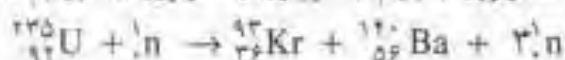
شکل ۱۰-۶

الف - نمودی از شکافت یک هسته ب - عکسی از شکافت هسته اورانیم ؛ خطوط سفید جهت دو هسته جدید را نشان می دهد  
ج - نمودی از شکافت هسته اورانیم بر اثر برخورد نوترون به هسته

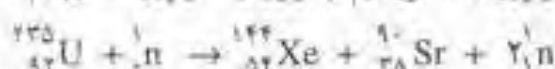
از آنچه که گفته شد، نتیجه می شود که، اگر هسته اورانیم را به وسیله نوترون بمباران کنند هسته ناپایدار شده، دو تکه می گردد و همزمان ۲ یا ۳ نوترون و مقداری گرما تولید می کند. نوترونهای تولید شده، هسته اتمهای دیگری را هدف قرار می دهند و باعث ایجاد شکافتهای جدید می شوند و بدین طریق، شکافت هسته ای و تولید گرما ادامه می یابد. تولید گرما، نظیر آتش گرفتن و سوختن سوختههای

۱- معادله واکنش شکافت هسته اورانیم بر اثر برخورد نوترون به صورت زیر نشان داده می شود :

سه عدد نوترون + باریم + کریبتون → نوترون + اورانیم (۱)



دو عدد نوترون + استرونتیم + زنون → نوترون + اورانیم (۲)



در این دو معادله، مجموع جرم اجزای حاصل کمتر از مجموع جرم اجزای وارد در عمل است این تفاوت جرم، همان جرمی است که به انرژی تبدیل می شود.

از بردن این مقدار جرم در رابطه انیشتین،  $E = mc^2$ ، مقدار انرژی حاصل محاسبه می شود.

محاسبات نشان می دهد که از شکافت یک تریلیون هسته، حدود ۸ کالری کوچک انرژی آزاد می گردد.

معمولی است. پس بجاست که اورانیم را سوخت هسته‌ای بنامند.

### کاربرد سوخت‌های هسته‌ای:

تهیه گرما: برای تهیه گرما از سوخت‌های هسته‌ای، چند موضوع باید در نظر گرفته شود. در زیر توضیح مختصری برای هر مورد، ارائه می‌گردد.

الف - انتخاب سوخت - سوخت هسته‌ای مناسب  $^{235}\text{U}$  است، ولی امروزه از اورانیم طبیعی و یا اورانیم غنی شده نسبت به  $^{235}\text{U}$  هم استفاده می‌شود.

ب - مقدار جرم بحرانی، که بنا به نوع سوخت مقدار آن متفاوت است.

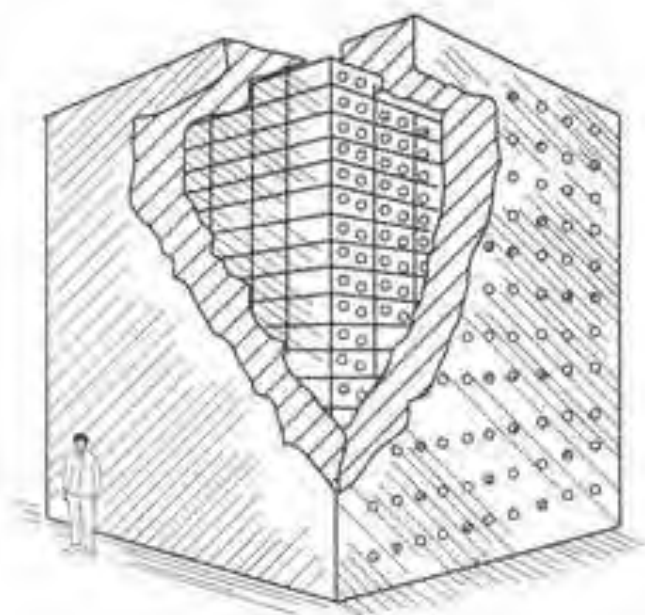
ج - متعادل کننده های واکنش - کار این مواد آن است که تعداد نوترون حاصل از هر شکافت را در حد یک نگه دارند و زیادی آن را جذب کنند تا انفجار پیش نیاید. آب سنگین، آب و گرافیت متعادل کننده هستند.

د - پسماندها - این عناصر خودبرتوزای هستند، پس باید از نظر زیستی و زیست محیطی بی‌ضرر بشوند.

عملیات تهیه گرما و انرژی از سوخت‌های هسته‌ای در راکتور هسته‌ای (محیط واکنش هسته‌ای) انجام می‌گیرد.

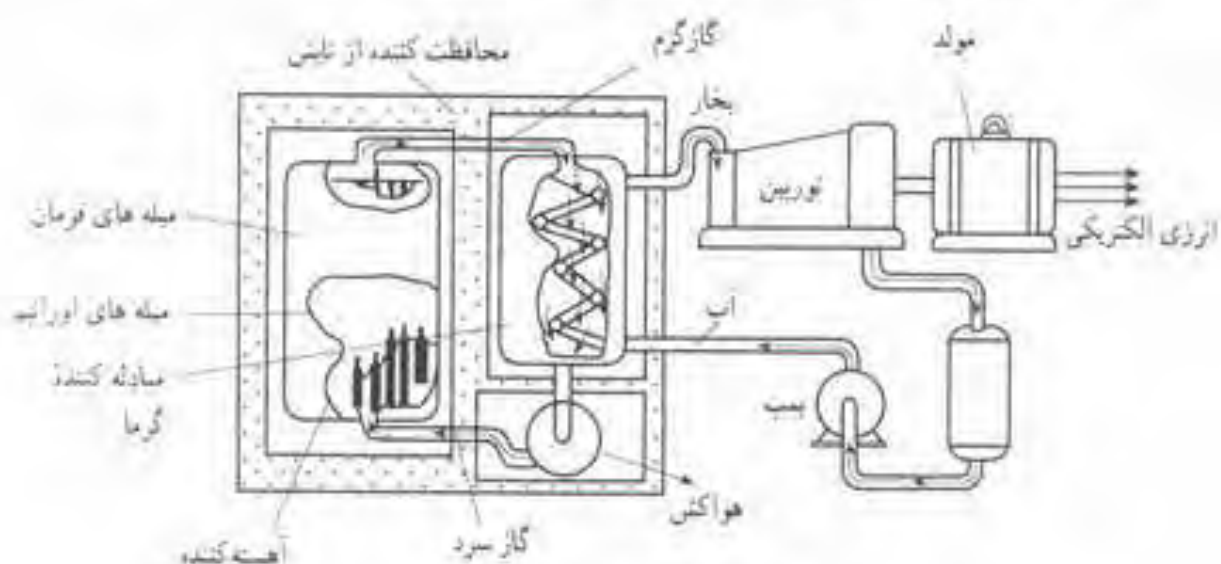
این راکتورها دستگاه سردکننده دوآبی دارند که گرمای حاصل از راکتور را به خارج از آن انتقال می‌دهد، تمامی راکتورهای هسته‌ای حفاظ کامل دارند.

راکتورهای اولیه‌ای که در آنها از اورانیم طبیعی به عنوان سوخت استفاده می‌شده است بسیار بزرگ بوده‌اند؛ مکعبهایی که هر یال آنها ۶ تا ۷/۵ متر بوده است.



شکل ۱-۷ نمودی از یک محیط واکنش هسته‌ای در شکل عظمت دستگاه در مقابل اندازه آدمی نشان داده شده است.

با استفاده از سوخت‌های غنی شده، اندازه محیط‌های واکنش تا حد زیادی کوچک شده است. انرژی گرمایی محیط واکنش معمولاً به صورت انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل زیر، نمود خطی کاربرد انرژی اتمی داده شده است.



شکل ۱۰-۸ نمودی از کاربرد انرژی اتمی

### پرسش و تمرین

۱. سه سوخت جامد، سه سوخت گازی و سه سوخت مایع نام ببرید.
۲. سه نوع زغال سنگ نام ببرید.
۳. دلیل اینکه زغال سنگ را از بقایای گیاهان قدیمی می‌دانند چیست؟
۴. مواد نسوختنی موجود در سوخت‌های جامد کدام‌اند؟
۵. ارزش سوختی یک سوخت جامد را چگونه بیان می‌کنند؟
۶. کک فلز گذاری چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟
۷. سه نوع مواد حاصل از عملیات کک‌سازی را نام ببرید.
۸. از فطران چه موادی تهیه می‌شود؟
۹. سه نوع گاز سوختنی طبیعی و سه نوع گاز سوختنی مصنوعی نام ببرید.
۱۰. برتوزای (راديو اکتيف) به چه عنصری گفته می‌شود؟
۱۱. چند عنصر برتوزای طبیعی نام ببرید.
۱۲. از برخورد نوترون با هسته اورانیم چه پدیده‌ای بروز می‌کند؟
۱۳. واکنش زنجیری یعنی چه؟

۱۴. جرم بحرانی یعنی چه؟
۱۵. سوخت معمولی و سوخت هسته‌ای را با یکدیگر مقایسه کنید.
۱۶. سه سوخت هسته‌ای نام ببرید که برای تولید گرما به کار می‌رود.

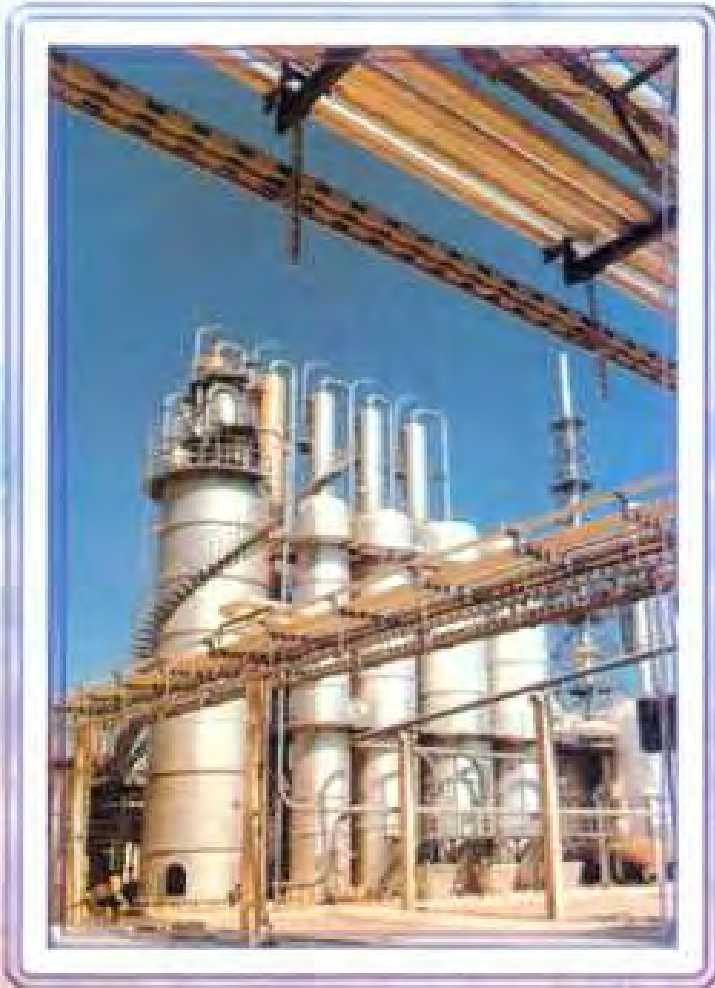


## منابع و مأخذ

- ۱- تاریخ علم شیمی، تألیف دکتر حسین آفانی (۱۳۷۲)
- ۲- مهندسی خوردگی، ترجمه دکتر احمد ساعتچی (۱۳۶۵)
- ۳- فرهنگ منالورزی، تألیف مهندس پرویز فرهنگ (۱۳۶۳)
- ۴- نمالوده صنایع شیمیایی دکتر حسینعلی شیبانی انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۵۳)
- ۵- مبانی خوردگی جان س، اسکالی ترجمه رضا آلانی نشر دانشگاهی (۱۳۶۵)
- ۶- آپکاری فلزات ای. آ. تریت، ترجمه: فریدون مجدینیا و ناصر خواجه نصیری جهاد دانشگاهی (۱۳۶۵)
- ۷- شیمی صنعتی، مهندس مرتضی قاسمی، دانشگاه تهران (۱۳۳۸)
- ۸- آفت کش ها، دکتر باقدیانس، دانشگاه تهران (۱۳۴۹)
- ۹- اصول مسائل غذایی، جلد اول، ترجمه و نگارش دکتر عبدالله شیبانی، دانشگاه تهران (۱۳۷۲)
- ۱۰- شیمی آلی، جلد اول و دوم، دکتر شیخ، دانشگاه تهران (۱۳۳۷)
- ۱۱- از پوست تا چرم، ترجمه علی داهی، گروه صنعتی ملی (۱۳۵۹)
- ۱۲- گزارش کارخانه سالامبورسازی شهپاز، همدان (۱۳۶۲)
- ۱۳- طرح و تهیه مدار جایی بسیار ساده است، تألیف خلیل زاده - شهریبانی
- ۱۴- شیمی دارونی، قادری نژاد، دانشگاه تهران (۱۳۴۲)

- 15 - Chemical Technology; by: I. Mukhlyonov, D.Kuznetsov,  
A. Averbukh,E. Tumarkina,I. Furmer, 1974.
- 16 - Man -Made. Fibre; by: Riw. Moncrieff; 1963.
- 17 - Properties of Engineering materials by: William.  
A. Cordon; 1979.
- 18 - Engineering Thermodynamics, by: V.A. Kirillin,V.V. Sychev, A.E.  
Sheindlin, 1987.
- 19 - Introductory chemistry; by: Zumdahl,1995.
- 20 - Technologie des Me'tiers Fe'minins M. Vermillet Editions Eyrolles Paris.
- 21 -Technologie des Me'tiers de L'habillement Mme .C. Blanquet. Editions  
Foucher Paris.
- 22 - Me'tallurgie Mir Mosoow,1965.
- 23 - Chimie Mine'rale. B. NEKRASSOV Editions De Moscou.
- 24 - Chimie Organique B.Pavlov Editions MIR. Moscou, 1967.
- 25 - Chimie.L.I.Olmer. J.De GIGORD Editeur Paris.
- 26 - Water Traitement. F.LBELAN MIR Moscow1985.
- 27 - Chemistry Of Water and Microbiology N.F.VOZNAYA MIR MOSCOW  
1981.





شابک ۹۶۴-۰۵-۰۶۶۶۳-X  
ISBN 964-05-06663-X