

از یکی دو سده قبل و در سده حاضر، صنایع شیمیایی با پیشرفت‌های اعجاب‌برانگیزی همراه شده و توسعه شایان توجهی یافته است؛ به طوری که، با نگاهی ساده به گوشه‌های زندگی روستایی و شهری، به آسانی می‌توانیم به اهمیت بی‌چون و چرای صنایع شیمیایی و فرآورده‌های آن پی ببریم. 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 اسیدها، بازها و نمک‌ها، سنتز و تهیه هزاران ترکیب آلی با مصرف‌های گوناگون در قلمرو صنایع شیمیایی قرار دارند. هم‌چنین، تهیه انواع کودهای شیمیایی و سم‌های دفع آفات، کاربری انواع رنگ‌ها، لعاب‌ها و آبگینه و سرامیک‌ها در عرصه‌های مختلف، تهیه و تولید انواع پودرهای 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، همگی زیرمجموعه صنایع شیمیایی محسوب می‌شوند و در پرتو 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 چشم‌اندازهای مقدماتی از گستره متنوع صنایع شیمیایی و فناوریهای نوین مرتبط با آن به هنجریان عزیز معرفی گردد تا از این راه به اهمیت، تنوع و گستردگی آن پی ببرند.

## هدف کلی

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

## پیشینه صنایع شیمیایی و مفاهیم اصلی

**هدف‌های رفتاری:** در پایان این فصل، فراگیرنده باید بتواند:

- ۱- کیمیاگری را، در عهد باستان و دوران صدر اسلام، توضیح دهد.
- ۲- تکامل کیمیاگری را به اختصار شرح دهد.
- ۳- چگونگی گذر از کیمیاگری به دانش شیمی را شرح دهد.
- ۴- انقلاب علمی و انقلاب صنعتی را در اروپا شرح دهد.
- ۵- چگونگی پیشرفت صنایع شیمیایی مهم را، در سده‌های جدید، به اختصار شرح دهد.
- ۶- مواردی از دستاوردهای مهم شیمی را به اختصار شرح دهد.
- ۷- برخی اصطلاحات و مفاهیم مورد استفاده در صنایع شیمیایی، از قبیل تکنولوژی، تکنولوژی صنایع شیمیایی، فرآیند و ... را تعریف کند.

### 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 بعضی جوامع بشری عهد باستان رواج داشته است. در آن ایام جمعی از استادکاران ماهر و صاحبان حرفه می‌توانستند پاره‌ای فلزات اولیه را جداسازی کنند و به کار برند، تعدادی از آلیاژها را تهیه کنند، نمونه‌هایی از رنگ‌های مختلف و لعاب‌ها را بسازند، برخی از شیشه‌های نامرغوب و آبگینه‌ها را فراهم آورند، مقداری از عصاره‌ها و داروهای گیاهی را استخراج کنند و به کار برند 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.

امروزه صنایع شیمیایی بسیاری وسعت یافته است و در آن با اصطلاحات و مفاهیم مختلفی برخورد می‌کنید که درک معنای علمی آن‌ها ضروری است. در این فصل، با بعضی از اصطلاحات رایج در این صنعت، آشنا می‌شوید.

## ۱-۲ کیمیاگری، پایه و مایه شکل‌گیری شیمی

کیمیاگری در عهد باستان، هنر و فعالیتی عملی بوده است که طی آن کیمیاگران می‌کوشیدند تا فلزات کم‌ارزش را به طلا تبدیل کنند و از سوی دیگر، تلاش می‌کردند ماده‌ای به نام اکسیر یا سنگ فیلسوف (Philosopher's Stone) به دست آورند تا به کمک آن جوانی دایمی را به اشخاص هدیه دهند. 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، تشویه، تقطیر، سیاه‌اندود کردن فلزات و ذوب کردن آن‌ها) پرداختند.

گرچه کیمیاگران هیچ‌وقت موفق به تبدیل فلزات به طلا و تهیه اکسیر نشدند، اما توانستند بسیاری از مواد را، ضمن شناسایی، از یکدیگر جدا کنند. هم‌چنین موفق شدند به بسیاری از خواص مواد پی ببرند، 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 ساله کیمیاگران بود که سنگ بنای شیمی امروزی را پایه‌گذاری کرد.

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 ماهر می‌زیسته‌اند و دستاوردهای قابل توجهی را عرضه کرده‌اند.

کیمیاگران با اعتقاد به «نظریه چهار عنصری»<sup>۱</sup> بر این باور بودند که از اختلاط مواد در یکدیگر

---

۱- 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.

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 به‌دست آورد و یا به جوهری به‌نام «اکسیر» دست یافت.

همان‌طور که گفته شد، نظریهٔ چهار عنصری نظریهٔ 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 شیوهٔ «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 غیرعلمی و بیش‌تر بر مبنای حدس و گمان بود.

به همین دلیل، دستاوردهای کیمیاگران در دورهٔ دو هزار ساله (از حدود سیصد سال پیش از میلاد تا سدهٔ هفده تا هجدهٔ بعد از میلاد) در مقایسه با دستاوردهای شیمی در دو سدهٔ اخیر بسیار ناچیز و اندک است. با وجود این، نباید فراموش کرد که اگر همان دستاوردهای بسیار اندک کیمیاگران نبود، ما هم امروزه، شاهد پیشرفت‌های خارق‌العاده در قلمرو شیمی و صنایع شیمیایی نبودیم.

### ۳-۱ کیمیاگری در صدر اسلام

کیمیاگری در صدر اسلام و سرزمین‌های اسلامی، هم‌چون سایر علوم و فنون، بسیار رونق یافت. بی‌شک این رونق بیش‌تر در پرتو ستایش دین مبین اسلام از علم و عالم به‌دست آمده است. در قرآن مجید، در موارد متعدّد، علم و عالم مورد ستایش قرار گرفته است. نخستین آیاتی که بر پیامبر گرامی نازل شد، نوید خواندن و تعلیم می‌داد و به قلم و آنچه می‌نویسد سوگند یاد می‌کرد. برای مثال در آیهٔ ۹ از سورهٔ زُمر 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. همهٔ 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 علم‌اندوزی و صیانت

آن در مضامین اسلامی به چشم می خورد.

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 سایر 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 آن جا 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 زمان بود که آثار علمی و پزشکی یونانی، از جمله نوشته‌هایی در باب کیمیاگری دوره اسکندری، 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 کنند و سازند و اصطلاحاتی را، چون الکیما، الکالی، الکحل، کاربوی، نفتا، زیرکن و غیر آن‌ها، به دنیای کیمیاگری عرضه کنند. در این دوره برخی صنایع دستی نیز در حال رونق و تکامل بوده‌اند، از جمله تهیه قند از نیشکر، تهیه بعضی آلیاژها و ساختن ادوات جنگی، تهیه لعاب‌ها و به کارگیری آن‌ها، تهیه شیشه‌های ساده و رنگی، ریسندگی و تهیه پارچه‌های الوان، استخراج و تهیه داروهای گیاهی.

## ۴-۱ برخی کیمیاگران نامدار جهان اسلام

از نظر تاریخی، شروع کیمیاگری اسلامی را به شخصی به نام خالد از خاندان بنی‌امیه نسبت می‌دهند. براساس بعضی از روایات، او کیمیاگری را از راهبی مسیحی فرا گرفته و گذشته از آن، چندین متن علمی آن زمان را به عربی ترجمه کرده است. جابر بن حیان (۱۰۷-۲۰۰ ه.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. صاحب‌نظران اروپایی می‌گویند مقام جابر در کیمیاگری هم چون مقام ارسطو در علم منطق است. تهیه نیزاب سلطانی، جیوه (II) کلرید یا سوبلیمه 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 نیتریک 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 (حدود ۲۰۰۰ جلد)، را به او نسبت داده‌اند. 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 محمدبن 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 (محلول 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 زمینه 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 ابن‌سینا 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. درسی و هشت 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، آن‌هایی را که با مشاهده و تجربه موافق نبود، نمی‌پذیرفت. این، همان چیزی است که اندیشمندان اروپایی در سده هفده (هفتصد سال بعد) به آن دست یافتند. بیرونی ترازویی را برای اندازه‌گیری چگالی اجسام طراحی کرد و به کمک آن، چگالی بعضی فلزات و یاقوت سرخ و لاجورد را اندازه گرفت. جواب‌هایی که او از این راه به دست آورد به مقادیر دقیق امروزی بسیار نزدیک است. جدول ۱-۱ را ملاحظه کنید.

جدول ۱-۱ چگالی برخی اجسام که توسط بیرونی اندازه‌گیری شده است.

نام	چگالی بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب	
	امروزی	از بیرونی
طلا	۱۹/۲۶	۱۹/۲۶
نقره	۱۰/۵	۱۰/۶۸
جیوه	۱۳/۵۹	۱۳/۷۴
سرب	۱۱/۳۵	۱۱/۴
یاقوت سرخ	۳/۹۵ تا ۴/۱۴	۳/۸۵
لاجورد	۲/۴ تا ۲/۸	۲/۶

## ۵-۱ 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 می‌شد. هر اندازه نتایج تجربی کیمیاگران افزایش می‌یافت، ضعف نظریه کیمیاگری برای توجیه آن‌ها آشکارتر می‌شد. تا این‌که سرانجام در سال‌های سده هفده برخی کیمیاگران که از دقت نظر بالا و اندیشه پویایی 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 عالمانه‌ای در رد آن به استدلال پرداختند. برای مثال، بویل<sup>۱</sup> ایرلندی که کیمیاگری ماهر بود، در سال ۱۶۶۱ کتابی به نام «شیمی‌دان شکاک» منتشر کرد. او در کتاب خود در رد عقاید کیمیاگری به استدلال پرداخت و تعریف عنصر را، به گونه‌ای 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 واژه کیمیاگری (Alchemy)، واژه Chemistry (شیمی) را به کار برد و کیمیاگر<sup>۲</sup> را به شیمی‌دان<sup>۳</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 سده هجدهم بر باور کیمیاگری اصرار ورزیدند و به آسانی از عقاید خود دست برنداشتند. 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 سده هجدهم، شیمی‌دان‌ها و سایر دانشمندان، بارها جلسات مشورتی ترتیب دادند و نتیجه این همایش‌ها، آن شد که در سال ۱۶۶۶ فرهنگستان علوم در پاریس تأسیس شود (البته انجمن سلطنتی علوم در لندن نیز در سال ۱۶۶۲ تشکیل شده بود).

در ادامه این پیشرفت‌ها، نظریه اتمی دالتون، قوانین وزنی و حجمی در واکنش‌های شیمیایی، شناخت خواص گازها، کشف عناصر و تهیه ترکیبات جدید، که همگی در رسیدن به شیمی امروزی تأثیرگذار و سهمین بودند، علم شیمی را گسترش دادند.

از سوی دیگر، مطالعات ارزنده داوی، فاراده، آرنیوس و دیگران بحث الکتروشیمی را به

۱- Boyle

۲- Alchemist

۳- Chemist



دنیای شیمی کشاند. ساختار 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 وهلر، وانت هوف، ککوله و... در مسیر درست خود قرار گرفت و بالآخره 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 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.

## ۱-۶ پیشرفت‌های علمی و صنعتی در سده‌های هفدهم و هجدهم

سرزمین‌های اروپایی در سده‌های میانی، از حدود سده چهارم تا سیزدهم پس از میلاد، شاهد رکود نسبی علمی و صنعتی بود، حال آن‌که سرزمین‌های اسلامی در بخشی از این دوران (سده هشتم تا دوازدهم) به شکوفایی و توسعه علمی دست یافتند. دوره تجدید حیات علمی در اروپا از سده چهاردهم آغاز می‌شود و تا پایان قرن شانزدهم به نقطه اوج خود می‌رسد. اروپاییان در این چند سده در عرصه علم، فلسفه، صنعت و... موقعیت‌های چشم‌گیری نصیب خود ساختند. به دنبال دوره تجدید حیات علمی، در سده‌های هفدهم و هجدهم اروپا پیشرفت‌های علمی گوناگون به قدری زیاد بود که نام انقلاب علمی به خود گرفت. کاربرد دستاوردهای علمی در عرصه تکنولوژی و صنعت در نیمه دوم سده هجدهم و اوایل سده نوزدهم، به حدی فراوان و فراتر از انتظار بود که به «انقلاب صنعتی» نامیده شد.

## ۱-۷ توسعه شیمی و صنایع شیمیایی در دوران جدید

تا حوالی سده هفدهم و اوایل سده هجدهم، 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 هوش و نبوغ بالایی برخوردار بودند، کوشیدند تا سنجش و اندازه‌گیری را در شیمی هم چون فیزیک رواج دهند.

در سال ۱۷۵۴، پزشک و شیمی‌دانی به نام بلاک<sup>۱</sup> در ارتباط با پژوهش‌هایی که برای دریافت

۱- Joseph Black

درجهٔ دکترای پزشکی خود انجام می‌داد، نخست، مقداری سنگ‌آهک (کلسیم کربنات) را وزن کرد، سپس آن را حرارت داد تا به  $\text{CaO}$  و  $\text{CO}_2$  تجزیه شود. پس از آن، مادهٔ برجای مانده را از نو توزین کرد و از این راه به کاهش وزن حاصل شده پی برد. این آزمایش بلاک سرآغازی برای سنجش‌ها و اندازه‌گیری‌های بعدی در شیمی محسوب می‌شود.

در سال ۱۶۷۷، بویل ایرلندی، بستگی میان حجم و فشار یک نمونهٔ 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 نمونهٔ گاز در دمای ثابت»، مشهور است.

در سال ۱۷۶۶، هنری کاوندیش<sup>۱</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 شدهٔ آن زمان است. گام‌های اساسی بعدی در مورد اندازه‌گیری در شیمی توسط لاوازیه در سال‌های نزدیک به ۱۷۷۰ برداشته شد و در پرتو آن، قانون بقای جرم در واکنش‌های شیمی شکل گرفت.

لاوازیه، در سال ۱۷۷۰ برای آزمودن عقیدهٔ فلاسفهٔ یونان باستان دربارهٔ عنصر بودن آب، به آزمایش جالبی دست زد. فلاسفهٔ یونان باستان عقیده داشتند که آب یکی از عناصر چهارگانهٔ تشکیل‌دهندهٔ جهان خلقت است. آن‌ها بر این باور بودند که آب در پی جوشیدن متوالی، به خاک تبدیل می‌شود. لاوازیه مقداری آب را توزین کرد و سپس آن‌را در بالنی مجهز به یک سردکننده 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. لاوازیه در پایان این مدت دید که شفافیت آب و مقدار آن تغییری نکرده و از تبدیل آب به خاک خبری نشده است. او با این آزمایش نشان داد که عقاید فلاسفهٔ 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 سنجش‌های کمی دیگری که سایر دانشمندان انجام دادند، آشکار ساختند که شیمی نیز علمی است که با اندازه‌گیری و کمیّت سر و 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 عظیم شیمی‌دانان در سدهٔ نوزدهم، باعث شدند که

علم شیمی، خواه از جنبه‌های نظری و خواه از جنبه‌های کاربردی ابعاد بسیار وسیعی پیدا کند. در همین راستا، صنایع عظیم شیمیایی بسیاری (مانند تهیهٔ اسیدها، بازها، نمک‌ها و اکسیدها، استخراج فلزات و تهیهٔ آلیاژها، تهیهٔ محصولات شیمیایی)، که از جنبه‌های نظامی، کشاورزی، دارویی و... شایان اهمیت‌اند و هم چنین صنایع نفت و پتروشیمی، صنایع سیلیکات، صنایع رنگ و... شکل گرفتند و تکامل یافتند.

از سویی علم شیمی در حال حاضر، در پرتو تکامل و توسعهٔ 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 به اندازه‌ای وسیع و پهناور شده‌اند که شاید یک دانش‌پژوی پرتلاش نتواند حتی در تمام عمر خود بخشی از یکی از آن‌ها را به دقت فراگیرد و در آن صاحب نظر شود.

## ۸-۱ اهمیت صنایع شیمیایی

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

با انجام عملیات شیمیایی بر روی نفت خام، گاز طبیعی و زغال سنگ می‌توانیم صدها فرآوردهٔ بسیار مهم و ارزشمند مانند انواع بنزین‌ها، نفت و گازوئیل، انواع روغن‌ها، گاز شهری، زغال کک و صدها محصول پتروشیمی دیگر به دست آوریم. شما با کمی دقت می‌توانید به اهمیت این فرآورده‌ها در زندگی روزانه، حمل و نقل، امور نظامی، کشاورزی، دارویی و... پی ببرید.

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

تهیهٔ آلومینیم از بوکسیت و تهیهٔ فلزات دیگر از ترکیبات آن‌ها نیز به دنبال اجرای واکنش‌های شیمیایی در دستگاه‌های مورد نظر، عملی می‌شود.

از سوزاندن گوگرد و یا پیریت در کارخانه و انجام عملیات بعدی بر روی آن، سولفوریک اسید به دست می‌آید. از این اسید برای تهیهٔ 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 می آیند. 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 می شود. این ها به نوبه خود در تهیه صابون، کاغذ، پارچه های پنبه ای و پشمی، پلاستیک، فیبرها و ... کاربرد دارند.

از راه اجرای عملیات شیمیایی بر روی چوب، می توان به محصولاتی چون ابریشم مصنوعی، انواع فیبرها، انواع کاغذها، پلاستیک ها، پودرهای بدون دود، زغال فعال، استیک اسید، اتانول و متانول، تربانتین، رزین، استون و ... دست یافت.

هم چنین، از راه انجام واکنش های شیمیایی بر روی مواد خام اولیه مورد نظر انواع شیشه ها و انواع رنگ های مصنوعی به دست می آیند. تهیه انواع سرامیک ها و فرآورده های سرامیکی نیز با انجام واکنش های شیمیایی چندی همراه است.

تولید انرژی نیز به نوبه خود بیش تر منشأ شیمیایی و صنایع شیمیایی دارد، مانند انرژی حاصل از سوخت های معمولی و انرژی حاصل از واکنش های هسته ای.

به همین ترتیب، در پرتوشیمی و صنایع شیمیایی است که انواع داروهای پزشکی، سم های دفع آفات، انواع کاتالیزورها و هزاران محصول دیگر سنتز، تهیه یا استخراج می شود. بنابراین، با اطمینان می توان گفت شکوفایی اقتصادی ملی تا حدود زیادی در پرتوشیمی و صنایع شیمیایی امکان پذیر است.

## ۹-۱ آشنایی با برخی اصطلاحات و مفاهیم

شما در جریان فراگرفتن هر علمی با اصطلاحات و مفاهیم بنیادی بسیاری روبه رو می شوید. توجه داشتن به معنای دقیق این اصطلاحات، به یادگیری آن علم بسیار کمک می کند. در این راستا، در صنایع شیمیایی، که از قلمرو وسیعی نیز برخوردار است، با اصطلاحات و مفاهیمی مانند تکنولوژی، تکنولوژی صنایع شیمیایی، روش، فرآیند، ماده خام، محصول، بهره یا بازده و ... برخورد می کنید که در نظر گرفتن معنای علمی آنها شالوده یادگیری این علم را تشکیل می دهد.

تعریف تکنولوژی و تکنولوژی شیمیایی: شما در مطالعه و شناخت صنایع شیمیایی با اصطلاح «تکنولوژی» یا «فناوری» زیاد روبه رو می شوید. در خصوص معنای رایج و امروزی آن چه فکر می کنید؟ تکنولوژی به زبان ساده عبارت است از کاربرد نظریه ها و روش های علمی و همراه با عملیات لازم برای تبدیل مواد خام طبیعی به محصولات قابل مصرف و ساخت و تهیه انواع وسایل،

دستگاه‌ها و ماشین‌های مورد استفاده.

**مواد خام طبیعی:** یعنی موادی که در طبیعت موجودند و از آن‌ها در صنایع شیمیایی برای تهیه مواد دیگر استفاده می‌شود. برای مثال، زغال‌سنگ، نفت خام، سنگ‌های معدنی فلزی و غیرفلزی، آب، هوا (شامل: نیتروژن و اکسیژن) 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 بهره‌وری‌های گوناگون نیست. از نفت خام نمی‌توان، هم‌چون بنزین، گازوئیل و دیگر فرآورده‌های نفتی استفاده کرد. برای به‌دست 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 پالایش نفت» گفته می‌شود. برای مثالی دیگر، به تولید صنعتی آهن توجه کنید. آهن محصول صنعتی بسیار مهمی است، اما به‌صورت خالص به‌ندرت 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 خردکردن، 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:

با توجه به تعریفی که از تکنولوژی ارائه شد، منظور از تکنولوژی استخراج قند، تکنولوژی آلیاژها، تکنولوژی چرم، تکنولوژی کاغذ و تکنولوژی صابون چیست؟  
اکنون در مورد «تکنولوژی صنایع شیمیایی» چه فکر می‌کنید؟ 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 به‌دست می‌آوریم.  
برای مثال، به تهیه سولفوریک اسید، که یک محصول بسیار مهم صنایع شیمیایی است، توجه کنید. مواد خامی که برای تهیه آن به‌کار می‌روند، سولفیدهای طبیعی یا گوگرد طبیعی و اکسیژن هوا است. سولفیدها یا گوگرد را در کوره می‌سوزانند تا  $SO_2$  حاصل شود.  $SO_2$  حاصل را پالایش می‌کنند، 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 به‌دست آید. اکنون می‌گوییم که به شناخت این مجموعه عملیات و به‌کارگیری و مطالعه آن‌ها «تکنولوژی تولید سولفوریک اسید» گفته می‌شود.

بر این قیاس، می‌توان گفت منظور از تکنولوژی صنایع شیمیایی عبارت‌است از شناخت و به‌کارگیری 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، به‌کارگیری 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، به‌کارگیری و مطالعه مجموعه روش‌ها و عملیاتی که در آن‌ها ترکیب درصد، خواص شیمیایی و ساختار کلی مواد شرکت‌کننده دست‌خوش تغییر اساسی می‌شوند، مورد نظر است.

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 باشد.

**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 می‌کنند و در صورت نیاز ناخالصی‌های اولیه را از آن جدا می‌سازند. سنگ خرد شده را در کوره می‌چینند 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 می‌کنند و بر آن آب می‌پاشند تا به آهک شکفته،  $\text{Ca(OH)}_2$ ، تبدیل شود. آهک شکفته 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 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 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 دفعه به دفعه<sup>۲</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 به‌طور 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.

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

الف) انتقال اجزای واکنش‌دهنده 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 تعیین‌کننده‌اند. واکنش‌های انجام شده ممکن است تا حدودی کامل یا این‌که پیشرفت کمی داشته باشند، سریع انجام شوند یا آن‌که کند باشند، با کاتالیزگر همراه، یا بدون کاتالیزگر باشند و یا این‌که دارای شرایط دیگری باشند.

**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. مسئله 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 ۱۳) و از آن‌ها برای تهیه محصولات صنعتی استفاده می‌شود. توسعه روزافزون تولیدات صنعتی و نیاز روزافزون به محصولات شیمیایی، اهمیت مواد خام را روزبه‌روز آشکارتر می‌کند و مواد خام جدیدی را می‌طلبد.

مواد خام را، با در نظر گرفتن ماهیت آن‌ها، می‌توان به‌صورت مواد خام معدنی و آلی تقسیم‌بندی کرد. 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 سولفات‌ها،

فسفات‌ها، نیترات‌ها 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، پنبه، ابریشم، روغن‌ها، چربی‌ها، شیر، پر، پشم و غیر آن‌ها 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 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؟

## ۱-۱۰ تعریف برخی فرآیندها و اصطلاحات دیگر در صنایع شیمیایی

همان‌طور که گفته شد، قلمرو و گستره صنایع شیمیایی بسیار وسیع است. از این رو، در صنایع شیمیایی با فرآیندهای گوناگون و اصطلاحات مختلف روبه‌رو هستیم. تا این جا 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 چگالش<sup>۳</sup> پیش می‌آید. در عمل تبخیر، یک جزء به حالت مایع، در نتیجه جذب گرما به بخار تبدیل می‌شود و در عمل چگالش، یک بخار در نتیجه سرد شدن و از دست دادن گرما و گاه همراه با تراکم یافتن به حالت مایع درمی‌آید. توجه داشته باشید که چگالش، 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>۴</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 یا در

۱- Distillation

۲- Evaporation

۳- Condensation

۴- Crystallization



دمای ثابت صورت گیرد. تبلور در دمای متغیر به این 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 بیش 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>۱</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 یا آن که 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 از این راه سایر اجزای مخلوط را 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 کرین‌تتراکلرید، الکل‌ها و ....

استخراج یک جزء از یک مخلوط جامد به کمک حلال<sup>۲</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 اورانیم در محیط‌های واکنش هسته‌ای، جدا کردن محصولات دارویی از هم و ....

**لخته شدن<sup>۳</sup>:** لخته شدن فرآیندی است که طی آن ذرات بسیار ریز نامحلول که قابلیت ته‌نشینی ندارند (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>۴</sup>:** در فرآیند جذب، مولکول‌های یک نوع ماده (معمولاً گاز) در بین مولکول‌های یک ماده دیگر (معمولاً مایع) نفوذ می‌کنند و در آنجا نگهداری می‌شوند. برای مثال، وقتی یک نمونه گاز را در

۱- Extraction or Leaching

۲- Leaching

۳- Coagulation

۴- Absorption

تماس با یک مایع قرار می‌دهیم، مولکول‌های گاز به تدریج در بین مولکول‌های مایع نفوذ می‌کنند (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 تهیهٔ سولفوریک اسید، هیدروکلریک اسید، نیتریک اسید، فسفریک اسید، آمونیاک، سدیم کربنات و ... در حدّ 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 ببرید و معادلهٔ واکنش آن را هم بنویسید.

**جذب سطحی<sup>۱</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  $H_2$  و  $N_2$  بر روی سطح کاتالیزگر جذب می‌شوند. در نتیجهٔ این کار، تشکیل آمونیاک آسان می‌شود.

**واجذب<sup>۲</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 به‌طور همزمان استفاده می‌شود.

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

**پخش یا نفوذ<sup>۳</sup>:** پراکنده شدن مولکول‌های یک گاز، یا یک مایع را «نفوذ» می‌نامند. پدیدهٔ نفوذ نیز به نوبهٔ 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 نفوذ در هم مخلوط می‌شوند و واکنش نشان می‌دهند 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.

۱- Adsorption

۲- Desorption

۳- Diffusion

**تعریف موازنه جرم و انرژی:** 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 یا قانون بقای ماده بیانگر آن است که در یک واکنش شیمیایی، مجموع جرم مواد واکنش‌دهنده و مجموع جرم محصولات با هم مساوی‌اند. وقتی این قانون را در مورد یک فرآیند تکنولوژیکی شیمیایی به کار می‌بریم، معنای آن این است که جرم مواد اولیه شرکت‌کننده در فرآیند (مواد ورودی) با جرم مواد نهایی حاصل (مواد خروجی) مساوی است. چون مواد خام مورد استفاده در فرآیندها اغلب ناخالص‌اند، بنابراین برخی محصولات فرعی نیز به دست می‌آیند و برخی پس مانده‌های غیرقابل 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 در کل فرآیند از لحاظ گرمایی چه موقعیتی دارد.

**واکنش‌های هسته‌ای:** در واکنش‌های معمولی مانند سوختن هیدروژن در اکسیژن، واکنش هیدروژن با کلر، خنثاشدن اسیدها و بازها با یکدیگر و ... معمولاً الکترون‌های لایه آخر اتم‌ها و مولکول‌های شرکت‌کننده دست‌خوش تغییر و جابه‌جایی می‌شوند، در حالی که هسته اتم‌ها بدون تغییر می‌مانند. از سوی دیگر، در واکنش‌های هسته‌ای<sup>۱</sup>، هسته اتم‌ها دچار تغییر می‌شوند.

۱- در فصل انرژی‌های تجدیدپذیر، با واکنش‌های هسته‌ای آشنا خواهید شد.

- ۱- کیمیاگران چه هدف‌هایی را دنبال می‌کردند؟
- ۲- چه نوع صنایع اولیه‌ای در صدر اسلام رواج داشته است؟
- ۳- چگونگی گذار از کیمیاگری به شیمی را شرح دهید؟
- ۴- انقلاب علمی و انقلاب صنعتی در چه سده‌هایی رخ داد؟
- ۵- ارتباط میان صنایع شیمیایی و شیمی را مورد بحث قرار دهید و پنج صنعت شیمیایی مهم را نام ببرید.
- ۶- آیا می‌توانید صنعتی را نام ببرید که به کلی از شیمی بی‌بهره باشد؟
- ۷- معنای اصطلاح «تکنولوژی» چیست؟ تکنولوژی شامل شناخت و به‌کارگیری چه مجموعه عملیاتی است؟
- ۸- تکنولوژی شیمیایی چه نوع تکنولوژی‌ای است؟ آن را شرح دهید.
- ۹- یک صنعت شیمیایی چه نوع صنعتی است؟ چند نوع صنعت شیمیایی را نام ببرید و اهمیت هر یک را شرح دهید.
- ۱۰- یک فرآیند تکنولوژیکی، معمولاً دارای چه مراحل اساسی است؟
- ۱۱- مواد خام چه نوع موادی هستند؟ دسته‌بندی آن‌ها چگونه است؟ اهمیت آن‌ها را شرح دهید.
- ۱۲- تعریف ساده‌تر یک فرآیندهای استخراج، تبلور، جذب، جذب سطحی، لخته‌شدن و پخش کدام است؟
- ۱۳- اهمیت موازنه جرم و موازنه انرژی در عملیات صنایع شیمیایی را شرح دهید.