مقدمه

از یکی دو سدهٔ قبل و در سدهٔ حاضر، صنایع شیمیایی با پیشرفت‌های اعجاب‌برانگیزی همراه شده و توسعهٔ شایان توجهی یافته است؛ به‌طوری که، با نگاهی ساده به گوشه‌های زندگی روستایی و شهری، به‌آسانی می‌توانیم به اهمیّت بی‌چون و چرای صنایع شیمیایی و فرآورده‌های آن پی ببریم. در واقع دست‌یابی به فرآورده‌های نفتی بسیار متعدد، تولید فلزّات گوناگون و آلیاژهای مختلف آن‌ها در سطحی بسیار گسترده، تهیّهٔ محصولات شیمیایی بسیار مهمی چون اسیدها، بازها و نمک‌ها، سنتز و تهیّهٔ هزاران ترکیب آلی با مصرف‌های گوناگون در قلمرو صنایع شیمیایی قرار دارند. هم‌چنین، تهیّهٔ انواع کودهای شیمیایی و سم‌های دفع آفاتی، کاربری انواع رنگ‌ها، لعاب‌ها و آبگینه و سرامیک‌ها در عرصه‌های مختلف، تهیّه و تولید انواع پودرهای شوینده، صابون‌ها، شامپوها و دیگر موادّ بهداشتی در مقادیر بسیار بالا، تهیهٔ انواع روغن‌های نباتی، داروهای طبّی و بسیاری از محصولات غذایی و همین‌طور موارد بسیار متعدد دیگری از این قبیل، همگی زیرمجموعهٔ صنایع شیمیایی محسوب می‌شوند و در پرتو آن است که روزانه مقادیر بسیار بالا و روزافزونی از آن‌ها روانهٔ 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 اهمیّت آن برای همه آشکار باشد. از این‌رو، در این کتاب سعی شده است چشم‌اندازهایی مقدماتی از گسترهٔ متنوع صنایع شیمیایی و فناورهای نوین مرتبط با آن به هنرجویان عزیز معرّفی گردد تا از این راه به اهمیّت، تنوع و گستردگی آن پی ببرند.

هدف کلّی

شناخت کلّی صنایع شیمیایی و آشنایی مقدّماتی با تنوع، گستردگی و اهمیّت این صنایع

فصل ۱

پیشینهٔ صنایع شیمیایی و مفاهیم اصلی

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

۱ــ کیمیاگری را، در عهد باستان و دوران صدر اسلام، توضیح دهد.

۲ــ تکامل کیمیاگری را به‌اختصار شرح دهد.

۳ــ چگونگی گذر از کیمیاگری به دانش شیمی را شرح دهد.

۴ــ انقلاب علمی و انقلاب صنعتی را در اروپا شرح دهد.

۵ــ چگونگی پیشرفت صنایع شیمیایی مهم را، در سده‌های جدید، به‌اختصار شرح دهد.

۶ــ مواردی از دستاوردهای مهم شیمی را به‌اختصار شرح دهد.

۷ــ برخی اصطلاحات و مفاهیم مورد استفاده در صنایع شیمیایی، از قبیل تکنولوژی، تکنولوژی صنایع شیمیایی، فرآیند و ... را تعریف کند.

۱ــ۱ 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 فلزّات اوّلیه را جداسازی کنند و به‌کار برند، تعدادی از آلیاژها را تهیّه 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 به‌کار 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. درواقع از توسعه و تکامل این‌گونه عملیات و فعالیت‌های آغازی بوده که سنگ اوّلیهٔ 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.

۲ــ۱ کیمیاگری، پایه و مایهٔ 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) به‌دست 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 فلزّات و ذوب کردن آن‌ها) پرداختند.

گرچه کیمیاگران هیچ‌وقت موفّق به تبدیل فلزات به طلا و تهیّهٔ 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 سادهٔ شیمی دست یابند و بسیاری از وسایل و دستگاه‌های اولیهٔ مورد مصرف در آزمایشگاه‌های شیمی را طرّاحی و تهیه کنند. در واقع، کوشش‌های شبانه‌روزی دو هزار سالهٔ کیمیاگران بود که سنگ بنای شیمی امروزی را پایه‌گذاری کرد.

هنر کیمیاگری از حدود سیصد سال پیش از میلاد و حتّی پیش از آن، در برخی از سرزمین‌های آن روز رواج داشته است. این هنر در مصر باستان، خصوصاً در دورهٔ 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 دستاوردهای قابل توجهی را عرضه کرده‌اند.

کیمیاگران با اعتقاد به «نظریّهٔ چهار عنصری[1]» بر این باور بودند که از اختلاط مواد در یکدیگر

۱ــ فلاسفهٔ یونان باستان، نظریهٔ چهار عنصری را در مورد اجزای سازندهٔ 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 فلزّات کم‌ارزش فلزّات 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، امّا 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 ــ 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.

۳ــ۱ کیمیاگری در صدر اسلام

کیمیاگری در صدراسلام 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 عالِم 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 زُمَر می‌خوانیم :

«هَلْ یَسْتَوی الّذین یَعْلَمُونَ وَالّذینَ لایَعْلَمونَ»

(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 تعلّم (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 به‌چشم می‌خورد.

این جانب‌داری شریعت اسلام از تحصیل علم، شوق و شعف 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 آن‌جا بود که یکی از خلفای عباسی در سال ۲۰۶ هجری دستور داد تا مرکزی به‌نام بیت‌الحکمه (خانهٔ حکمت یا فرهنگستان)، به‌منظور ترجمهٔ متون یونانی دورهٔ اسکندر به عربی، تأسیس شود. از این زمان بود که آثار علمی و پزشکی یونانی، از جمله نوشته‌هایی در باب کیمیاگری دورهٔ 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 استفادهٔ کیمیاگران را طراحی کنند و بسازند و اصطلاحاتی را، چون الکیمیا، الکالی، الکحل، کاربوی، نفتا، زیرکُن و غیر آن‌ها، به دنیای کیمیاگری عرضه کنند.

در این دوره برخی صنایع دستی نیز در حال رونق و تکامل بوده‌اند، از جمله تهیّهٔ قند از نیشکر، تهیّهٔ بعضی آلیاژها و ساختن ادوات جنگی، تهیّهٔ لعاب‌ها و به کارگیری آن‌ها، تهیّهٔ شیشه‌های ساده و رنگی، ریسندگی و تهیّهٔ پارچه‌های الوان، استخراج و تهیه داروهای گیاهی.

۴ــ۱ برخی کیمیاگران نامدار جهان اسلام

از نظر تاریخی، شروع کیمیاگری اسلامی را به‌شخصی به‌نام 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.

جابربن‌حیّان (۱۰۷ــ۲۰۰ هـ.ق): وی یکی از شاگردان بنام امام جعفر صادق(ع) است. او بر علوم و فلسفهٔ زمان خود وقوف کامل داشت و در کیمیاگری نیز استاد بود. صاحب‌نظران اروپایی می‌گویند مقام جابر در کیمیاگری هم‌چون مقام ارسطو در علم منطق است. تهیهٔ تیزاب سلطانی، جیوه (II) کلرید یا سوبلیمه و سفیداب سرب

مطالعهٔ آزاد

(سرب‌هیدروکربنات) را به وی نسبت می‌دهند. جابر آمونیوم‌کلرید را توصیف نمود، تهیهٔ سرب سفید را شرح داد، سرکه را تقطیر کرد و احتمالاً نیتریک‌اسید غلیظ و سولفوریک‌اسید را نیز تهیه کرد.

جابر نظریهٔ 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 به‌نام استادشان، جابر، انتشار یافته است.

ابوبکر محمدبن زکریای رازی (۲۵۱ــ۳۱۳ هـ.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 شیوهٔ ماهرانه‌ای طبقه‌بندی نمود. روش تهیهٔ آب گوگرد (محلول کلسیم‌پلی‌سولفید)، آب قلیایی و آب اسیدی را نیز به‌خوبی شرح داد. گفته می‌شود که او الکل معمولی را از راه تقطیر به‌دست آورده است.

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

ابوعلی ابن‌سینا (۳۷۰ــ ۴۲۸ هـ.ق): ابن‌سینا یکی دیگر از اندیشمندان و فلاسفهٔ بزرگ دورهٔ اسلامی است. او در پزشکی، منطق، فلسفه و سایر علوم زمان خود استادی مسلّم و یگانه بود. ابوعلی کتاب‌های بسیار باارزشی را تألیف و تصنیف نمود. کتاب «قانون» او در طب شهرت جهانی دارد. در کتاب «الشفا»، ابن‌سینا 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، مایهٔ 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 هوشمندانهٔ ابن‌سینا سهم شایسته‌ای در تکامل علم و فلسفه در جهان داشته است.

ابوریحان محمّد بیرونی (۳۶۲ــ۴۴۲ هـ.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 گفتهٔ خود وی تا سال ۴۲۷ یکصد و سیزده جلد کتاب تألیف نمود.

بیرونی فعالیت‌های علمی را بر پایهٔ 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 سدهٔ 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 به‌دست آورد به مقادیر دقیق امروزی بسیار نزدیک است. جدول ۱ــ۱ را ملاحظه کنید.

جدول ۱ــ۱ چگالی برخی اجسام که توسّط بیرونی اندازه‌گیری شده است.

نام	چگالی برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب		
	از بیرونی	امروزی	تفاوت
طلا	۱۹/۲۶	۱۹/۲۶	۰/۰۰
	۱۹/۰۵		۰/۲۱
نقره	۱۰/۶۸	۱۰/۵	۰/۱۸
جیوه	۱۳/۷۴	۱۳/۵۹	۰/۱۵
سرب	۱۱/۴	۱۱/۳۵	۰/۰۵
یاقوت سرخ	۳/۸۵	۳/۹۵ تا ۴/۱۴	—
لاجورد	۲/۶	۲/۴ تا ۲/۸	—

۵ــ۱ گذر از کیمیاگری به شیمی امروزی

همان‌طور که گذشت، کیمیاگری از حدود سیصد سال پیش از میلاد رونق گرفت و از آن به‌بعد گاه و بی‌گاه بر وسعت و قلمرو آن افزوده شد. دورهٔ 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 نظریهٔ کیمیاگری برای توجیه آن‌ها آشکارتر می‌شد. تا این‌که سرانجام در سال‌های سدهٔ هفده برخی کیمیاگران که از دقت نظر بالا و اندیشهٔ پویایی برخوردار بودند، نسبت به تفکر اصلی کیمیاگری، که شامل تبدیل فلزات دیگر به طلا و تهیّهٔ سنگ فیلسوف بود، ابراز تردید کردند و به شیوهٔ عالمانه‌ای در رد آن به استدلال پرداختند. برای مثال، بویل[۱] ایرلندی که کیمیاگری ماهر بود، در سال ۱۶۶۱ کتابی به‌نام «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، به‌جای واژهٔ کیمیاگری (Alchemy)، واژهٔ Chemistry (شیمی) را به‌کار برد و کیمیاگر[۲] را به شیمی‌دان[۳] 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 هجدهم بر باور کیمیاگری اصرار ورزیدند و به‌آسانی از عقاید خود دست برنداشتند. در هر حال، از موقعی که بویل به نوشتن کتاب «شیمی‌دان شکاک» همّت گماشت، بر جمع طرفداران عقاید او افزوده شد و از این راه بود که شیمی در مسیر پیشرفت حقیقی خود قرار گرفت.

در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم، شیمی‌دان‌ها و سایر دانشمندان، بارها جلسات مشورتی ترتیب دادند و نتیجهٔ این همایش‌ها، آن شد که درسال ۱۶۶۶ فرهنگستان علوم در پاریس تأسیس شود (البته انجمن سلطنتی علوم در لندن نیز در سال ۱۶۶۲ تشکیل شده بود).

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

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

۱ــ Boyle ۲ــ Alchemist ۳ــ 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 بالأخره در پرتو همهٔ آن‌چه که برشمرده شد و آن‌چه که مجال گفتن آن در این مختصر نبود، درخت تنومند شیمی به‌بار نشست، به‌طوری که امروزه کم‌تر محصولی می‌توان یافت که شیمی در تهیهٔ آن نقشی نداشته باشد یا کم‌تر فرآیندی می‌توان درنظر 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.

۱ــ۶ پیشرفت‌های علمی و صنعتی در سده‌های هفدهم و هجدهم

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

۱ــ۷ توسعهٔ شیمی و صنایع شیمیایی در دوران جدید

تا حوالی سدهٔ هفدهم و اوایل سدهٔ هجدهم، اغلب این طرز فکر حاکم بود که اجرای سنجش و اندازه‌گیری کمّی 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 هم‌چون فیزیک رواج دهند.

درسال ۱۷۵۴، پزشک و شیمی‌دانی به‌نام بلاک[۱] در ارتباط با پژوهش‌هایی که برای دریافت

۱ــ Joseph Black

درجهٔ دکترای پزشکی خود انجام می‌داد، نخست، مقداری سنگ‌آهک (کلسیم‌کربنات) را وزن کرد، سپس آن را حرارت داد تا به CaO و 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.

درسال 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.

درسال ۱۷۶۶، هنری کاوندیش[۱] 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، درسال 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 بالُنی مجهز به یک سردکننده ریخت. او آب داخل بالُن را برای ۱۰۱ روز جوشاند و بخار آب حاصل از جوشاندن، در مبرّد سرد و مایع شد و از نو به داخل بالُن 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 درخصوص عنصر بودن آب نادرست است.شما امروزه می‌دانید که آب یک جسم مرکب است و از هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده است.

آزمایش‌های کمّی، که از آن‌ها نام برده شد و سنجش‌های کمّی 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

۱ــ Henry Cavendish

علم شیمی، خواه از جنبه‌های نظری و خواه از جنبه‌های کاربردی ابعاد بسیار وسیعی پیدا کند. در همین راستا، صنایع عظیم شیمیایی بسیاری (مانند تهیّهٔ 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 درحال 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 به‌دقت فراگیرد و در آن صاحب‌نظر شود.

۸ــ۱ 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 اقتصاد ملی هر کشوری در پرتو توان و گستردگی صنایع شیمیایی آن کشور امکان‌پذیر است. برای پی بردن به این مطلب، به چند مثال توجّه کنید :

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

استخراج آهن از کانی‌های آن، به‌دنبال اجرای یک سلسله واکنش‌های شیمیایی در کورهٔ 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.

تهیّهٔ آلومینیم از بوکسیت و تهیّهٔ فلزات دیگر از ترکیبات آن‌ها نیز به‌دنبال اجرای واکنش‌های شیمیایی در دستگاه‌های موردنظر، عملی می‌شود.

از سوزاندن گوگرد و یا پی‌ریت در کارخانه و انجام عملیات بعدی بر روی آن، سولفوریک‌اسید به‌دست می‌آید. از این اسید برای تهیهٔ انواع کودهای شیمیایی، برخی نمک‌ها، دیگر ترکیب‌های شیمیایی، حل کردن کانی‌ها و... استفاده می‌شود.

آمونیاک و نیتریک‌اسید از محصولات جنبی صنعت زغال‌سنگ و گاز طبیعی به‌دست می‌آیند. این دو در تهیهٔ کودهای شیمیایی و برای مصارف دیگر اهمیّت زیادی دارند.

از نمک طعام برای تهیّهٔ هیدروکلریک‌اسید، سدیم‌کربنات، سود، گاز کلر، سدیم و ... استفاده می‌شود. این‌ها به نوبهٔ خود در تهیهٔ صابون، کاغذ، پارچه‌های پنبه‌ای و پشمی، پلاستیک، فیبرها و... کاربرد دارند.

از راه اجرای عملیات شیمیایی بر روی چوب، می‌توان به محصولاتی چون ابریشم مصنوعی، انواع فیبرها، انواع کاغذها، پلاستیک‌ها، پودرهای بدون دود، زغال فعال،استیک‌اسید، اتانول و متانول، تربانتین، رزین، استون و... دست یافت.

هم‌چنین، از راه انجام واکنش‌های شیمیایی بر روی مواد خام اولیهٔ مورد نظر انواع شیشه‌ها و انواع رنگ‌های مصنوعی به‌دست می‌آیند. تهیهٔ انواع سرامیک‌ها و فراورده‌های سرامیکی نیز با انجام واکنش‌های شیمیایی چندی همراه است.

تولید انرژی نیز به‌نوبهٔ خود بیش‌تر منشأ شیمیایی و صنایع شیمیایی دارد، مانند انرژی حاصل از سوخت‌های معمولی و انرژی حاصل از واکنش‌های هسته‌ای.

به همین‌ترتیب، در پرتوشیمی و صنایع شیمیایی است که انواع داروهای پزشکی، سم‌های دفع آفات، انواع کاتالیزگرها و هزاران محصول دیگر سنتز، تهیّه یا استخراج می‌شود. بنابراین، با اطمینان می‌توان گفت شکوفایی اقتصاد ملّی تا حدود زیادی در پرتو شیمی و صنایع شیمیایی امکان‌پذیر است.

۹ــ۱ آشنایی با برخی اصطلاحات و مفاهیم

شما در جریان فراگرفتن هر علمی با اصطلاحات و مفاهیم بنیادی بسیاری روبه‌رو می‌شوید. توجه داشتن به معنای دقیق این اصطلاحات، به یادگیری آن علم بسیار کمک 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، مادّهٔ خام، محصول، بهره یا بازده و ... برخورد می‌کنید که در نظر گرفتن معنای علمی آن‌ها شالودهٔ یادگیری این علم را تشکیل می‌دهد.

تعریف تکنولوژی و تکنولوژی شیمیایی: شما در مطالعه و شناخت صنایع شیمیایی با اصطلاح «**تکنولوژی**» یا «**فنّاوری**» زیاد روبه‌رو می‌شوید. در خصوص معنای رایج و امروزی آن چه فکر می‌کنید؟ تکنولوژی به زبان ساده عبارت است از کاربرد نظریه‌ها و روش‌های علمی و همراه با عملیات لازم برای تبدیل مواد خام طبیعی به محصولات قابل مصرف و ساخت و تهیّهٔ 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 برروی 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 مجموعهٔ این عملیات و روش‌های مورد استفاده و شناخت و مطالعهٔ آن‌ها، «تکنولوژی پالایش نفت» گفته می‌شود.

برای مثالی دیگر، به تولید صنعتی آهن توجّه 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 تهیهٔ آهن از این ترکیبات، باید یک سلسله عملیات مانند خردکردن، جدا کردن، گرم کردن، احیا کردن و ... برروی آن‌ها انجام شود. در این‌جا نیز به شناخت فنی این عملیات و مطالعه و بررسی آن‌ها «تکنولوژی تولید آهن» گفته می‌شود.

پرسش :

با توجّه 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 موادّ خام طبیعی محصولات صنعتی و غیر صنعتی را به‌دست می‌آوریم.

برای مثال، به تهیهٔ سولفوریک‌اسید، که یک محصول بسیار مهم صنایع شیمیایی است، توجه کنید. مواد خامی که برای تهیهٔ 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 سولفوریک‌اسید به‌دست آید. اکنون می‌گوییم که به شناخت این مجموعه عملیات و به‌کارگیری و مطالعهٔ آن‌ها «تکنولوژی تولید سولفوریک‌اسید» 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، به کارگیری و مطالعهٔ مجموعه روش‌ها و عملیاتی است که برای تغییر شکل و یا تغییر خواص فیزیکی موادّ اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی‌که در تکنولوژی مهندسی شیمیایی، شناخت، به‌کارگیری و مطالعهٔ مجموعهٔ 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 مادهٔ خام اولیه به محصول شیمیایی مورد نظر، انجام می‌شود. برای مثال به جزئیات فرآیند تهیّهٔ آهک توجّه کنید. در این فرآیند، نخست سنگ آهک (کلسیم‌کربنات 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 کلسیم‌کربنات به آهک زنده،CaO و گاز کربن‌دیوکسید تجزیه شود. CaO را از کوره خارج می‌کنند و بر آن آب می‌پاشند تا به آهک شکفته، $Ca(OH)_2$ ، تبدیل شود. آهک شکفته محصولی است که آماده برای مصارف ساختمانی است.

یک فرآیند ممکن است به‌صورت «دفعه‌به‌دفعه[1]» و یا «مداوم[2]» 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 برروی آن‌ها انجام می‌دهند تا محصول یا محصولات در نتیجهٔ تغییرهای فیزیکی و شیمیاییِ به‌عمل آمده، به‌دست 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[3]» می‌گویند.

در فرآیند مداوم یا جاری[4]، موادّ اولیه به‌تدریج و به‌صورت جریان، از یک سو وارد محیط واکنش

۱ــ Batch ۲ــ Continuous ۳ــ Batch Process ۴ــ Continuous Process or Flow Process

می‌شود. در آن‌جا تغییرات فیزیکی و شیمیایی لازم برروی آن‌ها انجام می‌گیرد و محصولات فرآیند تشکیل می‌شوند. این محصولات به‌تدریج و به‌طور پیوسته از سوی دیگر از محیط واکنش خارج می‌گردند.

امروزه، تهیهٔ بیش‌تر محصولات صنعتی از راه فرآیندهای مداوم و یا جاری صورت می‌گیرد و بازده اقتصادی آن بسیار بالاتر است.

لازم است درنظر 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 مرحلهٔ یاد شده، مرحلهٔ ب، دارای اهمیّت 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. مسئلهٔ اقتصادی، روش‌های تولید و کیفیت یک محصول ارتباط تنگاتنگی با مواد خام مورد استفاده در تهیّهٔ آن محصول دارند.

موادّ خام: به موادی می‌گویند که به‌طور طبیعی یافت می‌شوند(صفحهٔ ۱۳) و از آن‌ها برای تهیّهٔ محصولات صنعتی استفاده می‌شود. توسعهٔ روزافزون تولیدات صنعتی و نیاز روزافزون به محصولات شیمیایی، اهمیّت مواد خام را روزبه‌روز آشکارتر می‌کند و مواد خام جدیدی را می‌طلبد.

مواد خام را، با در نظر گرفتن ماهیّت 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 تهیّهٔ فلز به کار نمی‌روند، در مقابل، برای تهیهٔ ترکیبات شیمیایی و مواد مورد مصرف در کارهای ساختمانی و ... مورد استفاده‌اند ؛ مانند سولفات‌ها،

فسفات‌ها، نیترات‌ها و.... موادّ معدنی قابل سوختن، مانند نفت خام، زغال سنگ طبیعی و.... توجه داشته باشید که آب‌وهوا نیز در شمار موادّ خام طبیعی هستند که اهمیّت 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 به‌کار برده شوند : یکی برای تهیّهٔ غذا که در این‌صورت به آن‌ها مواد خام غذایی گفته می‌شود و دیگری برای تهیهٔ 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 کیفیّت این مواد در اقتصاد ملّی کدام است؟

۱۰ــ۱ تعریف برخی فرآیندها و اصطلاحات دیگر در صنایع شیمیایی

همان‌طور که گفته شد، قلمرو و گسترهٔ صنایع شیمیایی بسیار وسیع است. از این‌رو، 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[۱]: تقطیر فرآیند نسبتاً پیچیده‌ای است که برای جدا کردن اجزای یک مخلوط مایع از یکدیگر به کار می‌رود. در فرآیند تقطیر هم تبخیر[۲] و هم چگالش[۳] پیش می‌آید. در عمل تبخیر، یک جزء به حالت مایع، در نتیجهٔ جذب گرما به بخار تبدیل می‌شود و در عمل چگالش، یک بخار در نتیجهٔ 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 جداکردن برش‌های نفتی از یکدیگر استفاده می‌شود.

تبلور[۴]: 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 متغیّر یا در

۱ــ Distillation ۲ــ Evaporation ۳ــ Condensation ۴ــ Crystallization

دمای ثابت صورت گیرد. تبلور در دمای متغیّر به این ترتیب است که محلول سیر شده در یک دمای بالا را به تدریج سرد می‌کنند تا جسم حل شده، در شکل جامدِ متبلور از محلول ته‌نشین و جدا شود. این روش موقعی به‌کار 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 حلّال 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[1]: در این عمل، یک مخلوط را با حلّال مناسبی مجاور می‌کنند. خاصیت این حلّال طوری است که یکی از اجزای مخلوط را در حد زیادی در خود حل می‌کند، در حالی که سایر اجزای مخلوط به‌کار رفته، یا در حلّال تقریباً نامحلول هستند یا آن‌که قابلیت حل شدن آن‌ها اندک است. از این راه، یک جزء از مخلوط در حلّال به‌کار رفته حل می‌شود که با تبخیر محلول به‌دست آمده می‌توان آن جزء را جدا نمود. با انتخاب حلّال‌های مناسب دیگر می‌توان از این راه سایر اجزای مخلوط را از آن جدا ساخت.

تمرین: مخلوطی از دو نمک مناسب را تهیّه کنید و به کمک حلّال آب، آن دو را از هم جدا سازید. حلّال‌های مورد استفاده برای این روش عبارت‌اند از : آب، اسیدهای معدنی ، قلیاها، حلّال‌های آلی مانند کربن‌تتراکلرید، الکل‌ها و ....

استخراج یک جزء از یک مخلوط جامد به کمک حلّال[2]، در سطح وسیعی در عملیات صنایع شیمیایی به‌کار 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[3]: 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 اهمیّت زیادی است.

جذب[4]: در فرآیند جذب،مولکول‌های یک نوع ماده (معمولاً گاز) در بین مولکول‌های یک مادهٔ دیگر(معمولاً مایع) نفوذ می‌کنند و در آن‌جا نگه‌داری می‌شوند. برای مثال، وقتی یک نمونهٔ گاز را در

۱ــ Extraction or Leaching ۲ــ Leaching ۳ــ Coagulation ۴ــ 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 هیدروژن‌کلرید در آب که یک نوع انحلال همراه با انجام واکنش است.

از فرآیند جذب در تهیّهٔ سولفوریک‌اسید، هیدروکلریک اسید، نیتریک‌اسید، فسفریک‌اسید، آمونیاک، سدیم‌کربنات 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[1]: در جذب سطحی مولکول‌های یک نوع ماده، (معمولاً مولکول‌های یک گاز)، بر روی سطح یک جامد جمع می‌شوند امّا 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 نتیجهٔ این کار، تشکیل آمونیاک آسان می‌شود.

واجذب[2]: واجذب معکوسِ عمل جذبِ 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[3]: 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 واکنش دهنده را با هم مجاور می‌کنیم مولکول‌های آن‌ها از راه نفوذ در هم مخلوط می‌شوند و واکنش نشان می‌دهند و از آن‌جا گاز هیدروژن‌کلرید 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.

۱ــ Adsorption ۲ــ Desorption ۳ــ Diffusion

تعریف موازنهٔ جِرم و انرژی: موضوع موازنهٔ جرم و موازنهٔ انرژی در طرّاحی یک واحد شیمی صنعتی بسیار مهم است.

موازنهٔ 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 موادّ 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 اولیهٔ شرکت‌کننده در فرآیند (مواد ورودی) با جرم موادّ 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 این‌رو، در موقع موازنهٔ جرم باید جرم آن‌ها را هم در موازنه شرکت داد.

موازنهٔ انرژی: دانشمندان از راه تجربه‌های گوناگون پی‌برده‌اند 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 «موازنهٔ انرژی» در فرآیندهای به‌کار 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 موازنهٔ انرژی، موازنهٔ گرما را مورد توجّه 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 مقایسهٔ آن‌ها پی می‌برند که در کل فرآیند از لحاظ گرمایی چه موقعیّتی دارد.

واکنش‌های هسته‌ای: در واکنش‌های معمولی مانند سوختن هیدروژن در اکسیژن، واکنش هیدروژن با کلر، خنثا شدن اسیدها و بازها با یکدیگر و ...، معمولاً الکترون‌های لایهٔ آخر اتم‌ها و مولکول‌های شرکت‌کننده دست‌خوش تغییر و جابه‌جایی می‌شوند، در حالی‌که هسته اتم‌ها بدون تغییر می‌مانند. از سوی دیگر، در واکنش‌های هسته‌ای[1]، هسته اتم‌ها دچار تغییر می‌شوند.

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

پرسش و تمرین

۱ــ کیمیاگران چه هدف‌هایی را دنبال می‌کردند؟

۲ــ چه نوع صنایع اوّلیه‌ای در صدر اسلام رواج داشته است؟

۳ــ چگونگی گذار از کیمیاگری به شیمی را شرح دهد؟

۴ــ انقلاب علمی و انقلاب صنعتی در چه سده‌هایی رخ داد؟

۵ــ ارتباط میان صنایع شیمیایی و شیمی را مورد بحث قرار دهید و پنج صنعت شیمیایی مهم را نام ببرید.

۶ــ آیا می‌توانید صنعتی را نام ببرید که به کلی از شیمی بی‌بهره باشد؟

۷ــ معنای اصطلاح «تکنولوژی» چیست؟ تکنولوژی شامل شناخت و به‌کارگیری چه مجموعه عملیاتی است؟

۸ــ تکنولوژی شیمیایی چه نوع تکنولوژی‌ای است؟ آن را شرح دهید.

۹ــ یک صنعت شیمیایی چه نوع صنعتی است؟ چند نوع صنعت شیمیایی را نام ببرید و اهمّیت هر یک را شرح دهید.

۱۰ــ یک فرآیند تکنولوژیکی، معمولاً دارای چه مراحل اساسی است؟

۱۱ــ مواد خام چه نوع موادی هستند؟ دسته‌بندی آن‌ها چگونه است؟ اهمیت آن‌ها را شرح دهید.

۱۲ ــ تعریف سادهٔ هر یک از فرآیندهای استخراج، تبلور، جذب، جذب سطحی، لخته‌شدن و پخش کدام است؟

۱۳ــ اهمیت موازنهٔ جرم و موازنهٔ انرژی در عملیات صنایع شیمیایی را شرح دهید.