

دانشگاه سindh
پنج

اصول صنایع شیمیایی

(رشته شیمی)

دکتر عبدالمحمد عطاران دکتر محمود پایه قدر

«امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.»^۱

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	سیزده
فصل اول. صنایع شیمیایی و اقتصاد.....	۱
هدف کلی	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ صنایع شیمیایی قبل از انقلاب صنعتی.....	۴
۲-۱ انقلاب صنعتی.....	۶
۳-۱ توسعه و بلوغ صنایع شیمیایی.....	۹
۴-۱ فناوری‌های شیمیایی.....	۱۴
۵-۱ اهمیت اقتصادی صنایع شیمیایی.....	۱۶
۶-۱ الکترونیک در صنایع شیمیایی.....	۱۷
۷-۱ دورنمای صنایع شیمیایی.....	۱۸
۸-۱ پیشرفت‌های جدید در فنون صنایع شیمیایی.....	۱۹
۱-۸-۱ فناوری‌های شیمیایی سبز.....	۲۱
۲-۸-۱ گسترش صنایع شیمیایی.....	۲۵
۳-۸-۱ چشم‌انداز شیمی سبز در صنایع شیمیایی.....	۳۰
۹-۱ کیفیت فراورده‌های شیمیایی.....	۳۶
خلاصه فصل اول.....	۳۶
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....	۳۷
خودآزمایی تشریحی فصل اول.....	۳۸

فصل دوم. مواد اولیه و انرژی در صنایع شیمیایی.....	۳۹
هدف کلی.....	۳۹
هدف‌های یادگیری.....	۳۹
مقدمه.....	۳۹
۱-۲ مواد اولیه خام.....	۴۰
۱-۲-۱ نفت خام و گاز طبیعی.....	۴۱
۱-۲-۲ زغال سنگ.....	۴۲
۱-۲-۳ مواد خام معدنی.....	۴۴
۱-۲-۴ مواد خام دیگر.....	۴۵
۲-۲ آب در صنایع شیمیایی.....	۴۵
۳-۲ خوراک صنایع شیمیایی.....	۴۶
۴-۲ انرژی در صنایع شیمیایی.....	۴۹
۲-۴-۱ منابع انرژی.....	۵۰
۲-۴-۲ انرژی حرارتی.....	۵۱
۲-۴-۳ انرژی الکتریکی.....	۵۴
۲-۴-۴ استفاده بهینه از انرژی.....	۵۷
خلاصه فصل دوم.....	۶۲
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم.....	۶۲
خودآزمایی تشریحی فصل دوم.....	۶۳
فصل سوم. اصول اساسی صنایع شیمیایی.....	۶۵
هدف کلی.....	۶۵
هدف‌های یادگیری.....	۶۵
مقدمه.....	۶۵
۱-۳ سرعت فرایند شیمیایی.....	۶۷
۲-۳ دسته‌بندی فرایندهای شیمیایی.....	۶۸
۳-۳ فرایندهای فیزیکی.....	۷۲
۴-۳ ایجاد یک فرایند شیمیایی.....	۷۵
۵-۳ برآورد هزینه‌ها.....	۷۶
۳-۵-۱ مواد اولیه.....	۸۰
۳-۵-۲ نیروی انسانی.....	۸۰
۳-۵-۳ تجهیزات و ماشین‌آلات.....	۸۰
۳-۵-۴ انبارداری و ذخیره‌سازی.....	۸۱
۳-۵-۵ تجزیه و کنترل کیفی.....	۸۲
۳-۵-۶ تأسیسات جانبی.....	۸۲
۳-۵-۷ مواد زائد و تصفیه پساب‌ها.....	۸۲

۸۲	۳-۵-۸ هزینه‌های متفرقه.....
۸۳	۳-۶ تجهیزات تولید انبوم.....
۸۳	۳-۶-۱ واکنشگاه‌ها.....
۸۷	۳-۶-۲ تبادلهای گرمایی.....
۸۷	۳-۶-۳ تله گازهای زائد یا جاروب‌کننده‌ها.....
۸۹	۳-۶-۴ صاف‌کننده‌ها.....
۹۱	۳-۶-۵ خشک‌کن‌ها.....
۹۳	۳-۶-۶ تجهیزات کنترل‌کننده خودکار.....
۹۴	۳-۷ ایمنی در صنایع شیمیایی.....
۹۴	خلاصه فصل سوم.....
۹۵	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم.....
۹۶	خودآزمایی تشریحی فصل سوم.....
۹۷	فصل چهارم. موازنه جرم و انرژی در جریان سیالات.....
۹۷	هدف کلی.....
۹۷	هدف‌های یادگیری.....
۹۷	مقدمه.....
۹۸	۴-۱ برخی تعاریف مهم.....
۱۰۰	۴-۲ معادله عمومی موازنه.....
۱۰۲	۴-۲-۱ موازنه‌ها در فرایندهای پیوسته حالت پایا.....
۱۰۴	۴-۲-۲ موازنه‌های انتگرالی در فرایندهای ناپیوسته.....
۱۰۵	۴-۲-۳ موازنه‌های انتگرالی در فرایندهای نیمه‌ناپیوسته و پیوسته.....
۱۰۷	۴-۳ محاسبات موازنه مواد.....
۱۱۱	۴-۳-۱ مقیاس‌بندی نمودار گردشی و محاسبه.....
۱۱۴	۴-۳-۲ موازنه کردن فرایند.....
۱۱۷	۴-۳-۳ موازنه مواد همراه با واکنش شیمیایی.....
۱۱۹	۴-۳-۴ موازنه مواد در فرایندهای چند واحدی.....
۱۲۳	۴-۴ جریان‌های بازگشت، کنارگذر و زدایش.....
۱۲۵	۴-۵ موازنه انرژی در جریان سیالات.....
۱۲۶	۴-۵-۱ موازنه انرژی بدون واکنش شیمیایی.....
۱۳۳	۴-۵-۲ موازنه انرژی همراه با واکنش شیمیایی.....
۱۳۵	خلاصه فصل چهارم.....
۱۳۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم.....
۱۳۷	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم.....
۱۴۱	فصل پنجم. فرایند صنایع معدنی و تخمیری.....
۱۴۱	هدف کلی.....

۱۴۱	هدف‌های یادگیری.....
۱۴۱	مقدمه.....
۱۴۲	۱-۵ فرایندهای تولید مواد معدنی.....
۱۴۲	۱-۱-۵ اسیدسولفوریک.....
۱۴۵	۲-۱-۵ آمونیاک.....
۱۴۹	۳-۱-۵ اسید نیتریک.....
۱۵۱	۴-۱-۵ کلرید سدیم و مشتقات آن.....
۱۵۶	۵-۱-۵ اسید فسفریک و مشتقات آن.....
۱۵۹	۶-۱-۵ گازهای صنعتی.....
۱۶۲	۷-۱-۵ مواد شیمیایی از سنگ آهک.....
۱۶۴	۲-۵ فرایندهای تخمیری.....
۱۶۵	۱-۲-۵ فرایندهای بی‌هوازی.....
۱۶۶	۲-۲-۵ تخمیر هوازی.....
۱۶۸	۳-۲-۵ شرایط فرایند تخمیر صنعتی.....
۱۷۱	خلاصه فصل پنجم.....
۱۷۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم.....
۱۷۳	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم.....
۱۷۵	فصل ششم. فرایندهای تولید مواد آلی.....
۱۷۵	هدف کلی.....
۱۷۵	هدف‌های یادگیری.....
۱۷۵	مقدمه.....
۱۷۶	۱-۶ تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی خالص.....
۱۷۷	۱-۱-۶ فرایندهای جداسازی.....
۱۷۸	۲-۱-۶ فرایندهای تبدیل.....
۱۸۰	۲-۶ فرایندهای صنعتی بر پایه اتیلن.....
۱۸۰	۱-۲-۶ منومر کلرید وینیل (VCM).....
۱۸۲	۲-۲-۶ استالددئید.....
۱۸۴	۳-۲-۶ وینیل استات.....
۱۸۴	۴-۲-۶ اتیلن اکسید.....
۱۸۴	۵-۲-۶ اتیلن گلاکول.....
۱۸۵	۶-۲-۶ استایرن.....
۱۸۶	۷-۲-۶ پروپینالددئید.....
۱۸۶	۸-۲-۶ اتانول.....
۱۸۷	۹-۲-۶ پلی اتیلن.....
۱۸۷	۳-۶ فرایندهای صنعتی بر پایه پروپیلن.....

۱۸۷	۶-۳-۱ آکرولئین و آکریلونیتریل
۱۸۹	۶-۳-۲ اکسید پروپیلن و استایرن
۱۸۹	۶-۳-۳ اکسید پروپیلن و t- بوتانول
۱۹۰	۶-۳-۴ فنول و استون
۱۹۰	۶-۳-۵ بوتیرآلدئید
۱۹۱	۶-۳-۶ بیس فنول A
۱۹۱	۶-۴ فرایندهای صنعتی بر پایه برش چهار کربنه
۱۹۲	۶-۴-۱ سنتز بوتادین
۱۹۲	۶-۴-۲ فراورده‌های تولیدشده از برش‌های چهار کربنه
۱۹۳	۶-۴-۳ هگزامتیلن دی‌آمین
۱۹۵	۶-۴-۴ کلروپرن
۱۹۵	۶-۴-۵ ترشری بوتانول
۱۹۵	۶-۴-۶ متیل اتیل کتون (MEK)
۱۹۶	۶-۴-۷ متیل ترشری - بوتیل اتر (MTBE)
۱۹۶	۶-۴-۸ فنول‌های بوتیل دار شده
۱۹۷	۶-۴-۹ مالئیک انیدرید
۱۹۷	۶-۵ فرایندهای صنعتی بر پایه بنزن
۱۹۸	۶-۵-۱ فنول
۱۹۸	۶-۵-۲ سیکلو هگزان
۱۹۹	۶-۵-۳ آدیپیک اسید
۲۰۰	۶-۵-۴ کاپرولاکتام
۲۰۱	۶-۵-۵ نیتروبنزن و آنیلین
۲۰۲	۶-۵-۶ مالئیک انیدرید
۲۰۲	۶-۶ فرایندهای صنعتی بر پایه تولوئن
۲۰۴	۶-۷ فرایندهای صنعتی بر پایه زایلن‌ها
۲۰۴	۶-۷-۱ ترفتالیک اسید
۲۰۵	۶-۷-۲ دی‌متیل ترفتالات
۲۰۶	۶-۷-۳ فتالیک انیدرید
۲۰۷	۶-۸ فرایندهای صنعتی بر پایه متان
۲۰۷	۶-۸-۱ متانول
۲۰۷	۶-۸-۲ فرمالدئید
۲۰۸	۶-۸-۳ اسید استیک
۲۰۸	۶-۸-۴ متیل آمین‌ها
۲۰۹	۶-۸-۵ متیل متاآکریلات
۲۰۹	۶-۸-۶ اتانول
۲۰۹	۶-۸-۷ سیانید هیدروژن

۲۱۰	۸-۸-۶ کلرومتان‌ها.....
۲۱۰	۹-۸-۶ استیلن.....
۲۱۱	۹-۶ فرایند صنعتی تولید کربن سیاه.....
۲۱۱	خلاصه فصل ششم.....
۲۱۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم.....
۲۱۳	خودآزمایی تشریحی فصل ششم.....
۲۱۵	فصل هفتم. صنایع شیمیایی در ایران.....
۲۱۵	هدف کلی.....
۲۱۵	هدف‌های یادگیری.....
۲۱۵	مقدمه.....
۲۱۶	۱-۷ صنایع پتروشیمی.....
۲۱۷	۱-۱-۷ منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر).....
۲۲۲	۲-۱-۷ منطقه ویژه انرژی پارس (عسلویه).....
۲۲۷	۳-۱-۷ سایر مناطق.....
۲۳۱	۴-۱-۷ طرح‌های پتروشیمی.....
۲۳۱	خلاصه فصل هفتم.....
۲۳۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم.....
۲۳۲	خودآزمایی تشریحی فصل هفتم.....
۲۳۵	فصل هشتم. فرایندهای همگن و ناهمگن.....
۲۳۵	هدف کلی.....
۲۳۵	هدف‌های یادگیری.....
۲۳۵	مقدمه.....
۲۳۶	۱-۸ فرایندهای همگن.....
۲۳۹	۱-۱-۸ فرایندهای همگن در فاز گازی.....
۲۴۲	۲-۱-۸ فرایندهای همگن در فاز مایع.....
۲۴۳	۳-۱-۸ اصول فرایندهای همگن.....
۲۴۵	۴-۱-۸ واکنشگاه فرایندهای همگن در فاز گاز.....
۲۴۶	۵-۱-۸ واکنشگاه‌های فرایندهای همگن در فاز مایع.....
۲۴۸	۲-۸ فرایندهای غیرکاتالیزوری ناهمگن.....
۲۵۰	۱-۲-۸ سیستم‌های گاز - مایع.....
۲۵۲	۲-۲-۸ سیستم‌های گاز - جامد.....
۲۵۷	۳-۲-۸ سیستم‌های مایع - جامد.....
۲۶۰	۴-۲-۸ سیستم‌های جامدات دوتایی، مایعات دوتایی و سیستم‌های چند فازی.....
۲۶۱	۳-۸ فرایندهای دما و فشار زیاد.....

۲۶۳	 ۱-۳-۸ تولید آمونیاک
۲۶۴	 ۲-۳-۸ فرایندهای دما و فشار زیاد با بستر سیال
۲۶۵	 ۳-۳-۸ فرایندهای پلاسمایی
۲۶۵	 خلاصه فصل هشتم
۲۶۶	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۲۶۷	 خودآزمایی تشریحی فصل هشتم
۲۶۹	 فصل نهم. فرایندها و دستگاه‌های کاتالیزوری
۲۶۹	 هدف کلی
۲۶۹	 هدف‌های یادگیری
۲۶۹	 مقدمه
۲۷۲	 ۱-۹ گروه‌بندی کاتالیزورها
۲۷۳	 ۲-۹ تاریخچه استفاده از کاتالیزور در صنایع شیمیایی
۲۷۵	 ۳-۹ اصول عمومی فرایندهای کاتالیزوری
۲۷۶	 ۱-۳-۹ مکانیسم کارکرد کاتالیزورها
۲۷۸	 ۲-۳-۹ انرژی فرایندهای کاتالیزوری
۲۷۸	 ۳-۳-۹ مواد ساخت کاتالیزورها
۲۸۵	 ۴-۹ فرایندهای کاتالیزوری صنعتی
۲۸۵	 ۵-۹ واکنشگاه‌ها در فرایندهای کاتالیزوری
۲۹۰	 خلاصه فصل نهم
۲۹۰	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل نهم
۲۹۱	 خودآزمایی تشریحی فصل نهم
۲۹۳	 پاسخنامه
۲۹۵	 منابع

پیشگفتار

خداوند متعال را سپاس که به این جانبان فرصت داد تا با تألیف کتاب اصول صنایع شیمیایی، خدمت کوچکی به جامعه علمی کشور، به ویژه دانشجویان عزیز انجام دهیم. در کتاب حاضر اصول صنایع شیمیایی با زبانی ساده، در ۹ فصل برای دانشجویان کارشناسی شیمی محض و کاربردی نگارش شده است. در فصل اول، کلیاتی در مورد نقش صنایع شیمیایی در اقتصاد هر کشور بیان شده که اهمیت صنایع شیمیایی به عنوان راهبرد اساسی در توسعه اقتصادی هر کشوری را نشان می دهد. در فصل دوم به مواد اولیه و انرژی و نقش آن ها در صنایع شیمیایی پرداخته شده است. در فصل سوم، اصول اساسی صنایع شیمیایی، شامل سرعت واکنش های شیمیایی، دسته بندی فرایندهای صنعتی، نحوه برآورد هزینه احداث واحدهای صنعتی و بررسی واکنشگاه های صنعتی آورده شده است. در فصل چهارم، نحوه موازنه جرم و انرژی در صنایع شیمیایی به طور مختصر بیان شده است. در فصل های پنجم و ششم به ترتیب برخی از فرایندهای صنایع معدنی و تخمیری و فرایندهای تولید مواد آلی آورده شده است. در فصل هفتم، صنایع شیمیایی ایران و به ویژه صنایع پتروشیمی بررسی شده است که با مطالعه آن دانشجویان در جریان این صنایع تا نیمه اول سال ۱۳۹۷ قرار می گیرند. فرایندهای صنعتی همگن و ناهمگن، فرایندهای دما و فشار بالا و فرایندها و دستگاه های کاتالیزوری، به ترتیب در فصل های هشتم، نهم و دهم به طور مختصر آورده شده است.

به منظور آشنایی دانشجویان با نحوه سؤالات آزمون‌های تستی و تشریحی از این درس، در پایان هر فصل چند سؤال تستی و چند سؤال تشریحی برای نمونه آورده شده است. هرچند به زعم خود کتابی بی‌عیب تألیف کرده‌ایم، ولی مطمئناً ایراداتی دارد. لذا خواهشمند است با ارسال نظرات ارزشمند خود به یکی از پست‌های الکترونیکی زیر این‌جانبان را در رفع این اشکالات در چاپ‌های بعدی یاری فرمایید.

سپاسگزاریم

عبدالمحمد عطاران محمود پایه‌قدر
am.attaran@yahoo.com mpayehghadr@pnu.ac.ir
زمستان ۱۳۹۸

فصل اول

صنایع شیمیایی و اقتصاد

هدف کلی

در این فصل دانشجویان باید اهمیت صنایع شیمیایی در اقتصاد هر کشور را شرح دهند.

هدف‌های یادگیری

- دانشجویان عزیز، بعد از مطالعه این فصل باید توانایی‌های زیر را به دست آورید:
۱. نقش صنایع شیمیایی را در اقتصاد کشور و استفاده روزمره از محصولات شیمیایی را شرح دهید.
 ۲. عمده مواد شیمیایی پرمصرف جهان را شناخته و مصارف هریک را شرح دهید.
 ۳. تاریخچه توسعه صنایع شیمیایی را شرح دهید.
 ۴. دورنمای صنایع شیمیایی جهان و کشور ایران را ترسیم کنید.
 ۵. پیشرفت‌های صنایع شیمیایی و به‌ویژه فناوری‌های سبز را درک کرده و شرح دهید.

مقدمه

صنایع شیمیایی سهم عمده‌ای در اقتصاد هر کشور دارد. در این صنایع، مواد ارزشمندی مانند، انواع مواد شیمیایی مصرفی برای صنایع مختلف، انواع سوخت (گازها، بنزین‌ها، گازوئیل)، داروهای سنتزی، پلیمرها، رنگ‌های نقاشی و رنگرزی، الیاف مصنوعی موردنیاز برای صنعت و پوشاک، انواع رزین‌ها، لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها، مواد ساختمانی، مواد کشاورزی (کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، سموم)، مواد آرایشی-بهداشتی، افزودنی‌های مواد غذایی، عطرها و چاشنی‌ها، مواد موردنیاز برای استخراج

فلزات و پردازش فلزات، شیشه‌ها، سرامیک‌ها و انواع دیگری از مواد مهم، تولید و به جهان عرضه می‌شود.

در صنایع شیمیایی، مواد شیمیایی با ارزش از منابع طبیعی، مانند: خاک، هوا، آب، نفت خام، زغال‌سنگ، سنگ‌ها و کانه‌های معدنی، چوب و ضایعات کشاورزی، فضولات حیوانی و انسانی، تبدیل مواد شیمیایی دیگر و به‌تازگی از زباله‌های شهری، تولید می‌شود. تولید مواد شیمیایی یکی از اصلی‌ترین نیازهای صنایع است. در نتیجه، صنایع شیمیایی نقش بسیار مهمی در بین همه صنایع دارد. چون مواد شیمیایی طبیعی جواب‌گوی مصرف انسان نیست، در اغلب موارد، مواد شیمیایی مصنوعی جدید، جایگزین مواد طبیعی شده است.

تولید مواد شیمیایی در طول تاریخ بشریت انجام می‌شده است، ولی ایجاد صنایع شیمیایی (تولید مواد شیمیایی با مصارف متنوع و در حجم زیاد)، با شروع انقلاب صنعتی در جهان توسعه داده شد. در طول سالیان گذشته، پیشرفت صنایع شیمیایی در سراسر جهان با معرفی فناوری‌های نوین در تولید بسیاری از مواد ارزشمند، اثرات شگرفی بر کیفیت زندگی بشر گذاشته است. بدون شک، صنایع شیمیایی یکی از موفق‌ترین بخش‌های صنعتی در بسیاری از کشورها است. فناوری‌های شیمیایی در آینده نقش تعیین‌کننده‌ای در کشورهای در حال توسعه خواهد داشت، ولی پیش‌بینی می‌شود که این تأثیر در کشورهای توسعه‌یافته به دلیل محدودیت منابع اولیه و ملاحظات جدی در ارتباط با اثرات مخرب زیست‌محیطی، همانند قرن بیستم میلادی فراگیر نباشد. محصولات شیمیایی از مصرف بالایی در زندگی روزمره مردم جهان برخوردار بوده و در عین حال، به دلیل خطرات احتمالی بالفعل و بالقوه آن‌ها، باعث به وجود آمدن نگرانی‌های شدیدی نیز در جامعه بشری شده است. در واقع امروزه، فناوری‌های شیمیایی جدید و نوآورانه‌ای لازم است که در عین حفظ کیفیت و کارایی بالا، بر سلامت انسان و محیط‌زیست اثر سوء نداشته باشد. بدین ترتیب، پیشرفت علوم و فنون بایستی تحت نظارت و کنترل دقیق برای پرهیز از چنین مخاطراتی انجام شود. در سال‌های اخیر، نگرشی سازگار با محیط‌زیست به صنایع شیمیایی و فرایندهای صنعتی مربوطه شده است که منجر به ایجاد فرایندهای صنایع شیمیایی سبز شده است (میسونو^۱، ۲۰۰۴).

صنایع شیمیایی شامل کارخانه‌هایی است که مواد شیمیایی را در مقیاس نیمه‌صنعتی یا صنعتی تولید می‌کنند. منظور از مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی به ترتیب تولید در مقیاس کم‌وزیاد است. صنایع شیمیایی از جنبه‌های اقتصادی جدید بسیار حائز

اهمیت است، زیرا مواد خام را به بیشتر از ۷۰۰۰۰ فراوردهٔ باارزش‌های مختلف تبدیل می‌کند. در جدول (۱-۱)، ۵۰ نوع مادهٔ شیمیایی پرمصرف و مهم، به ترتیب اهمیت ارزش اقتصادی آن‌ها آورده شده است. هر یک از این مواد، به‌عنوان مادهٔ اولیه برای تولید محصولات زیاد و متنوعی به‌کار می‌روند که در بخش‌های مختلف این کتاب به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

پلیمرها، مواد بسیار مهمی در زندگی روزمرهٔ همهٔ انسان‌ها هستند که از ۵۰ مادهٔ شیمیایی موجود در جدول (۱-۱)، تولید می‌شوند. برخی از این مواد پلیمری که در ساختن پلاستیک‌ها، الیاف، الاستومرها، رنگ‌ها، پوشش‌ها، چسب‌ها و بسیاری از مواد دیگر، استفاده می‌شوند، به ترتیب اهمیت اقتصادی و مقدار تولید جهانی در جدول (۱-۲)، آورده شده است.

جدول ۱-۱. ۵۰ مادهٔ شیمیایی مهم از جنبهٔ اقتصادی و مادهٔ اولیهٔ صنایع شیمیایی (فیلیپ^۱، ۲۰۰۲).

ردیف	مادهٔ شیمیایی	ردیف	مادهٔ شیمیایی	ردیف	مادهٔ شیمیایی
۱	اسیدسولفوریک	۱۸	وینیل کلرید	۳۵	اکسید پروپیلن
۲	نیتروژن	۱۹	اتیل بنزن	۳۶	بوتادین
۳	اکسیژن	۲۰	استایرن	۳۷	کربن سیاه
۴	اتیلن	۲۱	متانول	۳۸	ایزوبوتیلن
۵	آهک ^۲	۲۲	دی‌اکسید کربن	۳۹	پتاس
۶	آمونیاک	۲۳	زایلین	۴۰	استونیتریل
۷	اسید فسفریک	۲۴	فرمالدئید	۴۱	وینیل استات
۸	هیدروکسید سدیم	۲۵	اسید ترفتالیک	۴۲	دی‌اکسید تیتانیم
۹	پروپیلن	۲۶	اکسید اتیلن	۴۳	استون
۱۰	کلر	۲۷	اسید کلریدریک	۴۴	بوتیرآلدئید
۱۱	کربنات سدیم	۲۸	تولون	۴۵	سولفات آمونیوم
۱۲	متیل ترشری- بوتیل اتر	۲۹	پارا زایلین	۴۶	سیلیکات سدیم
۱۳	اتیلن دی‌کلرید	۳۰	کومن ^۳	۴۷	سیکلو هگزان
۱۴	اسید نیتریک	۳۱	سولفات آمونیوم	۴۸	اسید آدیپیک
۱۵	نیترات آمونیوم	۳۲	اتیلن گلیکول	۴۹	نیتروبنزن
۱۶	بنزن	۳۳	اسید استیک	۵۰	بیس فنول A
۱۷	اوره	۳۴	فنول		

جدول ۱-۲. مواد پلیمری مهم به ترتیب مصرف جهانی (فیلیپ، ۲۰۰۲).

گروه	ردیف	ماده شیمیایی	گروه	ردیف	ماده شیمیایی
پلاستیک‌ها	۱	پلی‌اتیلن سبک	الیاف مصنوعی	۱۱	آکریلیک
	۲	پلی‌اتیلن سبک خطی		۱۲	نایلون
	۳	پلی‌اتیلن سنگین		۱۳	اولفین
	۴	پلی‌پروپیلن		۱۴	پلی‌استر
	۵	پلی‌استایرن		۱۵	استات و ربون
	۶	استایرن-کریلونیتریل	لاستیک مصنوعی	۱۶	SBR ^۲
	۷	ABS ^۱		۱۷	پلی‌بوتادین
	۸	پلی‌امید		۱۸	اتیلن - پروپیلن
	۹	پلی‌وینیل کلرید و کوپلیمرها		۱۹	نیتریل، جامد
	۱۰	اپوکسی		۲۰	پلی‌کلروپرن

1. ABS: Acrylonitrile-butadiene-styrene

2. SBR: Styrene-butadiene rubber

۱-۱ صنایع شیمیایی قبل از انقلاب صنعتی

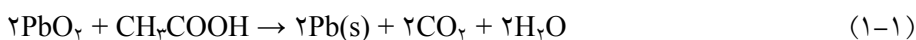
استخراج فلزات، به‌ویژه فلزاتی مانند طلا که به حالت آزاد در محیط پیرامون انسان در طبیعت یافت می‌شد و از خواص فیزیکی و مکانیکی جالبی نیز برخوردار بود، اولین فرایندی است که توجه بشر اولیه را به خود معطوف کرد. دومین فلز آزاد نقره بود که ویژگی‌هایی شبیه طلا دارد و انسان اولیه برای استخراج و استفاده از آن کارکرده است. کشف آتش و استفاده از آن برای پختن غذا منشأ پیدایش صنایع شیمیایی برای انسان شد؛ زیرا منجر به کشف سومین فلز توسط انسان اولیه در حدود چندین هزار سال قبل از میلاد مسیح در ساحل رود نیل در مصر باستان شد. اولین بار زمانی که انسان از چیدن سنگ‌ها در کنار آتش به‌منظور درست کردن اجاق استفاده کرده بود، مشاهده کرد که فلزی سرخ‌رنگ از دل سنگ بیرون زده است. درواقع، این فلز مس بود که در اثر گرمای آتش و در حضور زغال به‌عنوان ماده کاهنده، به‌صورت مس فلزی حاصل شده بود. با توجه به نقش مس در رفع نیازهای بشر آن زمان و تحولی که در این ارتباط به وجود آورد، می‌توان گفت که دوران شناخت و استفاده از مس نقطه عطفی بین زمان ماقبل تاریخ و ابتدای تاریخ زندگی بشر بود. بعدها یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های صنعت شیمیایی، پالایش سنگ‌های دارای عناصر طلا و مس در دوران کیمیاگری بود.

استفاده از گرمای آتش، سرمنشأ انجام فرایندهای گرماگیر توسط انسان، برای تبدیل ماده از حالتی به حالت دیگر و در نتیجه، توسعه فن^۱ صنعتگری شد. فن یا فناوری^۲، علمی است که به بررسی فرایندها^۳ (مراحل تولید فراورده‌های شیمیایی) و روش‌های تغییر شکل مواد خام طبیعی به مواد مورد مصرف می‌پردازد و نحوه تولید آن‌ها را بررسی می‌کند.

فلزات دیگری که پس از مس در قرن‌های گذشته کشف شد، به ترتیب سرب، قلع و جیوه بود. حدود سه هزار سال قبل از میلاد مسیح، چینی‌ها و همچنین اروپایی‌ها ترکیب جدیدی را به نام مفرغ تهیه کردند. این ترکیب آلیاژی از مس و قلع است که به رنگ زرد طلایی بوده و در فرانسه آن را برونز و در زبان فارسی مسبار می‌نامند. کشف یک تبر آهنی متعلق به سه هزار سال قبل از میلاد مسیح در داخل یکی از قبرهای سومریان، نشان می‌دهد که استفاده از آهن توسط انسان از این تاریخ، به‌طور عمده در مصر، آشور، چین و هندوستان رواج داشته است. استفاده از آهن در ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح به حدی رواج داشته که آن دوران را عصر آهن نامیده‌اند.

آشنایی انسان با رویدادهای شیمیایی از بین‌النهرین و مصر باستان شروع شد و به اروپا راه یافت. صنایع شیمیایی اولیه فقط به ساختن ظروف آشپزخانه و زیباسازی ظروف سرامیکی با پوشش دادن آن‌ها توسط لعاب رنگی محدود می‌شد.

مصریان باستان از اکسید سرب، ترکیبات کبالت و از اکسید آهن، برای ساختن روکش استفاده می‌کردند. کشف فرایند تخمیر که در نتیجه آن اسید استیک (CH_3COOH) تولید می‌شود را نیز به مصریان نسبت داده‌اند. سپس از اسید استیک برای تولید فلز خالص سرب مطابق واکنش (۱-۱)، استفاده کردند.



صنعت شیمیایی آن زمان، انسان را قادر ساخت تا پوست و پشم حیوانات را با استفاده از رنگ‌های گیاهی و طبیعی و زاج رنگ کرده و به‌عنوان لباس استفاده کند. صنعت رنگرزی محرک رشد و توسعه شیمی تجربی و کاربردی شد. رنگ‌های مختلف گیاهی و طبیعی از منابع مختلف تولید می‌شد. برای مثال، از درخت وسمه رنگ نیلی،

از گیاه روناس رنگ زرد و از پوست حلزون رنگ ارغوانی تولید می‌کردند. از چربی حیوانات و روغن در تولید صابون استفاده شد و دریافتند که چگونه می‌توان با گرما دادن سنگ‌آهک و گچ از آن‌ها در ساختن منازل و اماکن، استفاده کرد.

به‌طور کلی انسان همیشه از مواد اولیه موجود در طبیعت اطراف خود به‌عنوان مواد خام جهت تولید مواد باارزش دیگر استفاده می‌کرده است تا زمانی که نخستین عملیات شیمیایی توسط کیمیاگران برای تبدیل فلزات دیگر به طلا انجام شد (از ۳۰۰ سال قبل از میلاد تا ۱۶۵۰ میلادی). درواقع کیمیاگران نخستین شیمیدانانی بودند که قصد داشتند ماهیت مواد را تغییر دهند. هرچند که آن‌ها هرگز موفق به این کار نشدند، ولی تلاش آن‌ها باعث کشف روش‌های ساده و بنیادی شیمیایی و فیزیکی شد. لازم به ذکر است که امروزه با استفاده از صنایع هسته‌ای، آرزوی بسیار طولانی کیمیاگران عملی شده است و می‌توان طلا را از واکنش‌های هسته‌ای تولید کرد، ولی قیمت تمام‌شده طلای مصنوعی، بسیار بیشتر از طلای استخراج‌شده از خاک‌های معدنی است. هنرهای نمایشی در زمان مصر باستان توسعه‌یافته بود و در آن زمان برای گریم از رنگ‌های شیمیایی، ترکیباتی مانند اکسید آهن (قهوه‌ای)، سرب قرمز، سولفید آرسنیک و اکسید سرب زرد رنگ استفاده می‌شد.

شیمی تجربی از قرن هفدهم میلادی (۱۶۶۱)، زمانی که رابرت ویلیام بویل^۱ عنصر را به‌صورت یک جسم تجزیه‌ناپذیر تعریف کرد شروع شد. در قرن هجدهم (۱۷۹۰) آنتوان لاوازیه^۲، سوختن اجسام توسط اکسیژن هوا و قانون بقای جرم را ارائه کرد. تئوری اتمی دالتون^۳ و بیان خواص اتم‌ها راهگشای توسعه بعدی علم و صنایع شیمیایی شد.

۱-۲ انقلاب صنعتی

اولین ماده شیمیایی تولیدشده در مقدار زیاد با فرایند صنعتی، اسیدسولفوریک (H_2SO_4) است که در سال ۱۷۳۶ توسط یک داروساز به نام جوشا وارد^۴ از حرارت دادن شوره برگ تنباکو و ترکیب کردن آن با آب تولید شد. در این فرایند، در اثر گرما گوگرد

1. Robert William Boyle

2. Antoine Lavoisier

3. John Dalton

4. Joshua Ward

موجود در شوره با حضور اکسیژن موجود در هوا اکسید شده و سپس با آب واکنش می‌دهد. سپس در سال ۱۷۴۹ جان روبروک^۱ و اسمال گاربت^۲ اولین کارخانه تولید اسیدسولفوریک را در اسکاتلند احداث کردند (دری^۳، ۱۹۹۳ و کیفر^۴، ۲۰۰۱).

در ابتدای قرن هجدهم، لباس‌ها با فروبردن در ادرار بیات یا شیر ترشیده شده و سپس قرار دادن آن‌ها برای مدت طولانی در معرض نور خورشید، بی‌رنگ می‌شدند. البته این عمل رضایت‌بخش نبود تا اینکه در اواسط این قرن از اسیدسولفوریک همراه با آهک به‌عنوان فراوده کارآمدتر استفاده شد و منجر به کشف پودر رنگ‌بر توسط چارلز تنات^۵ شد که به قدیمی‌ترین سرمایه‌گذار صنعت شیمیایی معروف شده است. کارخانه او در سال ۱۷۹۹ با تولید ۵۲ تن پودر رنگ‌بر احداث شد و در سال ۱۸۰۴ ظرفیت آن به حدود ۱۰۰۰۰ تن در سال افزایش یافت. کلر موردنیاز برای این فرایند، از حرارت دادن محلول اسیدکلریدریک با سنگ معدن پیرولوزیت^۶ (MnO_۲) مطابق واکنش (۲-۱)، تأمین می‌شد.

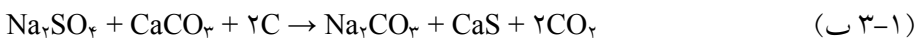


سودااش (Na_۲CO_۳) از زمان‌های قدیم برای تولید شیشه، منسوجات، صابون و کاغذ استفاده می‌شد و منبع کربنات دوسود آن از خاکستر چوب در اروپای غربی بود. در قرن هجدهم به‌علت قطع درختان جنگلی، این منبع غیراقتصادی شد و لذا، فرهنگستان علوم فرانسه برای ایجاد روشی به‌منظور تولید قلیا از نمک دریا (کلرید سدیم، NaCl)، جایزه گذاشت. درنتیجه، فرایند لبلان در سال ۱۷۹۱ توسط نیکلاس لبلان^۷ گزارش شد که به تولید کارخانه‌ای منجر شد. البته لبلان به‌علت وقوع انقلاب فرانسه موفق به دریافت جایزه نیز نشد (افتالون^۸، ۱۹۹۱).

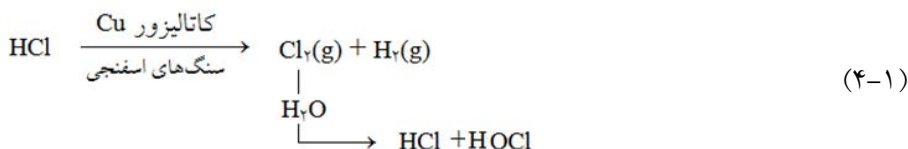
در روش لبلان که با فرایند ناپیوسته (پیمانه‌ای)^۹ انجام می‌شد (واکنش ۳-۱)، نمک طعام درون اسیدسولفوریک ریخته شده و یک نمکی حاصل (سولفات سدیم) با سنگ‌آهک

1. John Roebuck
2. Samuel Garbett
3. Derry
4. Kiefer
5. Charles Tennant
6. Pyrolusite
7. Nicolas Leblanc
8. Aftalion
9. Batch Process

و زغال (کک بهتر است) برشته می‌شود تا خاکستر سیاه حاصل شود. این خاکستر سیاه مخلوطی از کربنات سدیم و سولفید کلسیم است. سپس کربنات سدیم با آب استخراج شده و محلول در یک ظرف تخت و بزرگ تا خشک شدن تبخیر می‌شود. برای تولید کربنات سدیم خالص تر (برای مثال، برای شیشه‌سازی)، محصول نوبلورسازی می‌شود.



با به‌کارگیری فرایند لبلان به شکل صنعتی، توسعه سریع صنعت شیمیایی آغاز شد. این فرایند در بریتانیا در سال ۱۸۱۶ برای تولید صنعتی سودااش مورد استفاده قرار گرفت؛ اما به‌علت تعرفه‌های گمرکی زیاد تا سال ۱۸۲۴ تولید آن در مقیاس کوچک انجام می‌شد. زمانی که تعرفه‌های گمرکی برداشته‌شده، صنعت تولید سودااش بریتانیا گسترش یافت و در سال ۱۸۷۰ تولید آن به ۲۰۰۰۰۰ تن در سال افزایش یافت. این کارخانه‌های بزرگ، شروع تولید مواد شیمیایی گوناگون بیشتر بود که به بلوغ انقلاب صنعتی معروف شده است. از طرف دیگر، یکی از مسائل و مشکلات عمده این فرایند، رها شدن گاز HCl در فضای کارخانه بود که باعث ایجاد خوردگی در فلزات و از همه مهم‌تر آلودگی هوای کارخانه و به خطر انداختن سلامت کارگران می‌شد. با ساختن یک دودکش به ارتفاع ۴۰ متر سعی کردند گاز HCl را به خارج از محیط کارخانه هدایت کنند که آن‌هم مشکلات دیگری را به‌وجود آورد. بعدها این مشکل به روش دیگری که در واکنش (۱-۴)، نشان داده‌شده است، حل شد. سپس از گاز کلر به‌دست‌آمده برای رنگ‌زدایی پنبه (سفیدکننده) در صنایع نساجی استفاده شد.



همچنین این کارخانه باعث ورود مقدار زیادی پساب قلیایی به محیط‌زیست شد که در نتیجه، منجر به اولین قانون محیط‌زیستی در سال ۱۸۶۳ شد. بازرسی‌های دقیق از کارخانه‌ها محدودیت‌هایی برای کاهش ورود مواد آلاینده به محیط‌زیست ایجاد کرد که در نتیجه، باعث تولید فراورده‌های فرعی از پساب‌های قلیایی شد.