



اصول صنایع شیمیایی

(رشته شیمی)

ہوارد ال. وایت

ترجمہ: دکتر احمد میرشکرای

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

پیشگفتار مترجم.....	سیزده
پیشگفتار مؤلف.....	پانزده

فصل اول - صنایع شیمیائی و تولید مواد شیمیائی در مقیاس بزرگ.....	۱
۱-۱: عوامل زمینه‌ای در فرایندهای بزرگ.....	۳
۱-۱-۱: مواد خام.....	۳
۲-۱: مروری بر عناوین مهم.....	۶
۳-۱: فعالیت‌هایی که دانشجویان باید در طول ترم انجام دهند.....	۸
۱-۳-۱: چگونه یک مقاله تهیه کنیم.....	۹
۲-۳-۱: چگونه گزارش بازدید علمی تهیه کنیم.....	۱۰
۳-۳-۱: نام‌گذاری.....	۱۱
مراجع.....	۱۱
تمرین فصل ۱.....	۱۱
واژه‌های مهم فصل اول.....	۱۲

فصل دوم - فرایندهای تهیه مواد معدنی.....	۱۳
۱-۲: فرایند مرطوب برای تولید فسفریک اسید و سوپر فسفات‌ها.....	۱۴
۱-۱-۲: فرایندهای تولید H_3PO_4	۱۵
۲-۱-۲: سوپر فسفات.....	۲۰
۳-۱-۲: سوپر فسفات سه‌گانه.....	۲۱
۲-۲: فرایند گرمایی برای تهیه فسفریک اسید.....	۲۱
۱-۲-۲: توضیح درباره روش‌ها.....	۲۲
۲-۲-۲: نکته‌هایی درباره این فرایند.....	۲۳
۳-۲: آمونیاک.....	۲۴
۱-۳-۲: فرایند هابر برای تولید آمونیاک.....	۲۵
۴-۲: سولفوریک اسید.....	۳۰

۳۰	۲-۴-۱: فرایند تماسی برای تولید سولفوریک اسید.....
۳۰	۲-۴-۲: مراحل فرایند تماسی.....
۳۳	۲-۵-۵: نیتریک اسید.....
۳۵	۲-۵-۱: توضیح فرایند.....
۳۷	۲-۶-۶: سدیم هیدروکسید و کلر.....
۳۷	۲-۶-۱: فرایند دیافراگمی.....
۴۱	۲-۶-۲: سلول جیوه.....
۴۳	۲-۷: خلاصه مطالب.....
۴۳	مراجع.....
۴۳	تمرین فصل ۲.....
۴۵	واژه‌های مهم فصل دوم.....

فصل سوم - فراورده‌های فرایندهای تخمیر..... ۴۷

۴۷	۳-۱: سوابق استفاده از فرایندهای تخمیری در صنایع شیمیایی و در خنثی سازی فاضلاب‌ها.....
۴۸	
۴۹	۳-۱-۱: ریز ارگانیزم‌ها چگونه تبدیل‌های شیمیایی را انجام می‌دهند؟.....
۵۰	۳-۱-۲: پیش نیازهای یک تخمیر صنعتی موفق.....
۵۲	۳-۱-۳: توضیح درباره یک فرایند تخمیر.....
۵۶	۳-۲: تخمیرهای صنعتی با استفاده از روش‌های هوازی و ناهوازی.....
۵۶	۳-۲-۱: پنی سیلین G - یک تخمیر هوازی.....
۵۸	۳-۲-۲: بوتانول - استون، یک تخمیر ناهوازی.....
۵۹	۳-۲-۳: تخمیر از دیدگاه هزینه.....
۶۱	۳-۲-۴: مقایسه تخمیرهای صنعتی و روش‌های خنثی سازی فاضلاب‌ها.....
۶۱	۳-۳: آب، ماده‌خام بسیار مهم برای صنایع شیمیایی.....
۶۲	۳-۳-۱: موارد استفاده آب و ویژگی‌های تجزیه‌ای آن.....
۶۵	۳-۳-۲: بحثی پیرامون آلودگی آب‌های طبیعی.....
۶۸	۳-۳-۳: مراحل مهم در طرح‌های خنثی سازی فاضلاب‌های شهری.....
۶۹	۳-۳-۴: خارج ساختن مواد آلوده از فاضلاب‌های شهری.....
۷۳	۳-۴: خلاصه مطالب.....
۷۴	مراجع.....
۷۵	تمرین فصل ۳.....
۷۵	واژه‌های مهم فصل سوم.....

فصل چهارم - فرایندهای تهیه ترکیبات آلی..... ۷۷

۷۸	۴-۱: تبدیل نفت خام به مواد شیمیایی خالص.....
۷۸	۴-۱-۱: فرایندهای جداسازی.....

۸۰	۲-۱-۴: فرایندهای تبدیل
۸۱	۳-۱-۴: انواع واکنش‌های پالایشگاهی
۸۴	۲-: فرایندهای صنعتی با استفاده از شیمی اتیلن
۸۴	۱-۲-۴: جایگزین کردن یک یا چند هیدروژن اتیلن، اکسایش
۸۵	۲-۲-۴: وینیل کلرید (VCM)
۸۹	۳-۲-۴: استالدهید
۹۲	۴-۲-۴: واکنش‌های استالدهید
۹۴	۵-۲-۴: تهیه متانول
۹۶	۶-۲-۴: وینیل استات
۹۷	۷-۲-۴: واکنش‌های افزایش به پیوند دوگانه اتیلن
۹۷	۸-۲-۴: اتیلن اکسید
۹۹	۹-۲-۴: اتیلن گلیکول
۱۰۲	۱۰-۲-۴: استیرن
۱۰۳	۱۱-۲-۴: پروپینالدهید
۱۰۵	۱۲-۲-۴: اتانول
۱۰۵	۱۳-۲-۴: بسپارش اتیلن
۱۰۶	۳-۴: فرایندهای صنعتی مبتنی بر شیمی پروپیلن
۱۰۶	۱-۳-۴: واکنش‌های اکسایشی پروپیلن
۱۱۰	۲-۳-۴: فرایندهای پروپیلنی که دو فراورده تولید می‌کنند
۱۱۴	۳-۳-۴: تهیه بوتیرالدهید با استفاده از واکنش هیدروفرمیل‌دار کردن
۱۱۸	۴-۳-۴: ایزوپرپانول
۱۱۹	۴-۴: فرایندهای صنعتی مبتنی بر بوتن، یک فراورده پالایشگاهی
۱۲۰	۱-۴-۴: سنتز بوتادین
۱۲۱	۲-۴-۴: مواد شیمیایی قابل تهیه از بوتادین و ایزوبوتیلن
۱۲۱	۳-۴-۴: سایر مواد شیمیایی حاصل از هیدروکربن‌های چهار کربنی
۱۲۵	۵-۴: مواد شیمیایی صنعتی حاصل از بنزن
۱۲۶	۱-۵-۴: ادیپیک اسید و کاپرولاکتام
۱۳۰	۲-۵-۴: آنیلین و مشتقات دیگر بنزن
۱۳۲	۳-۵-۴: مالتیک انیدرید
۱۳۲	۶-۴: مواد شیمیایی صنعتی حاصل از تولوئن
۱۳۴	۷-۴: مواد شیمیایی صنعتی حاصل از زایلن‌ها
۱۳۴	۱-۷-۴: ترفتالیک اسید
۱۳۵	۲-۷-۴: فتالیک انیدرید
۱۳۷	۸-۴: مواد شیمیایی صنعتی حاصل از متان
۱۳۷	۱-۸-۴: کاربردهای سنتی متانول
۱۴۰	۲-۸-۴: کاربردهای متانول در آینده

۱۴۱	 ۳-۸-۴: سایر کاربردهای متان
۱۴۴	 ۹-۴: خلاصه مطالب
۱۴۷	 تمرین فصل ۴
۱۴۸	 واژه‌های مهم فصل چهارم

فصل پنجم - تبدیل یک فرایند آزمایشگاهی به واحد صنعتی نمونه و سپس به کارخانه ۱۵۱

۱۵۲	 ۱-۵: تبدیل یک فرایند آزمایشگاهی به فرایند تجارتي
۱۵۲	 ۱-۱-۵: چگونه یک تولید آزمایشگاهی به تولید صنعتی تبدیل می‌شود؟
۱۵۳	 ۱-۵-۲: مرحله ۱: مدیریت کارخانه پروژه را تعریف و طرح کاری مناسب را تصویب می‌کند
۱۵۴	 ۱-۵-۳: مرحله ۲: محاسبه مقدماتی هزینه‌ها
۱۵۴	 ۱-۵-۴: مرحله ۳: توسعه و تکوین فرایند آزمایشگاهی
۱۵۸	 ۱-۵-۵: مرحله ۴: تهیه طرح پایلوت
۱۵۸	 ۱-۵-۶: مرحله ۵: تصویب نصب طرح پایلوت
۱۶۰	 ۱-۵-۷: مرحله ۶: تصویب تولید تجارتي فراورده
۱۶۲	 ۲-۵: خلاصه مطالب
۱۶۲	 مراجع
۱۶۲	 تمرین فصل ۵
۱۶۳	 واژه‌های مهم فصل پنجم

فصل ششم - برآورد هزینه‌ها ۱۶۵

۱۶۶	 ۱-۶: کسب آمادگی برای انجام مسئولیت محاسبه هزینه‌ها
۱۶۶	 ۱-۱-۶: قسمت‌های اصلی در فرایند محاسبه هزینه
۱۶۸	 ۱-۶-۲: هزینه‌ها به تفکیک
۱۷۵	 ۱-۶-۲: استفاده از عملیات محاسبه هزینه‌ها برای بهبود بازده
۱۷۵	 ۱-۶-۲: مقدار اضافی مولی کمینه یک واکنشگر برای بیشترین افزایش بازده
۱۷۶	 ۱-۶-۲: جنبه‌های هزینه ای کوتاه کردن دوره‌های زمانی
۱۷۶	 ۱-۶-۳: استفاده از عملیات محاسبه هزینه‌ها برای کاهش آلودگی
۱۷۷	 ۱-۶-۳: عملیات محاسبه هزینه نمونه
۱۸۲	 ۱-۶-۴: خلاصه مطالب
۱۸۲	 مراجع
۱۸۲	 تمرین فصل ۶
۱۸۲	 واژه‌های مهم فصل ششم

فصل هفتم - آثار زیست محیطی فرایندها ۱۸۵

۱۸۷	 ۱-۷: آلودگی هوا
۱۸۷	 ۱-۱-۷: هوای ناآلوده

۱۹۰	۲-۱-۷: هوای آلوده
۱۹۱	۳-۱-۷: سمیت نسبی مواد آلوده کننده هوا
۱۹۲	۴-۱-۷: ساختار جو
۱۹۲	۲-۷: کنترل مواد آلوده کننده هوا
۱۹۴	۱-۲-۷: کربن مونوکسید
۱۹۷	۲-۲-۷: گوگرد دیوکسید
۲۰۰	۳-۲-۷: چگونه مشکل وجود گوگرد در سوخت‌ها را حل کنیم
۲۰۳	۴-۲-۷: نیتروژن اکسیدها
۲۰۶	۵-۲-۷: هیدروکربن‌ها و اکسید کننده‌ها کاتالیزوری
۲۱۱	۶-۲-۷: ذرات پراکنده در هوا
۲۱۳	۳-۷: آلودگی خاکی، سیستم‌های موجود در خاک ناآلوده
۲۱۳	۱-۳-۷: اثر عوامل جوی بر خاک
۲۱۴	۲-۳-۷: ساختار خاک
۲۱۷	۳-۳-۷: تنظیم فرایندها برای کاهش آسیب‌های زیست محیطی
۲۱۸	۴-۳-۷: باران اسیدی
۲۲۰	۴-۷: خلاصه مطالب
۲۲۱	مراجع
۲۲۲	تمرین فصل ۷
۲۲۲	واژه‌های مهم فصل هفتم

فصل هشتم - تجهیزات و وسایل برای تولید بزرگ

۲۲۳	۱-۸: واکنشگاه ناپیوسته
۲۲۵	۲-۸: سایر تجهیزات مورد نیاز در تولید بزرگ
۲۳۰	۳-۸: برگزیدن فرایند ناپیوسته یا فرایند پیوسته
۲۳۵	۴-۸: وسایل کنترل خودکار
۲۳۹	۱-۴-۸: استفاده از یک سری ظرف‌ها برای انجام یک سنتز آلی ساده
۲۴۱	۵-۸: خلاصه مطالب
۲۴۳	مراجع
۲۴۳	تمرین فصل ۸
۲۴۴	واژه‌های مهم فصل هشتم

فصل نهم - تقطیر، استخراج، و تبلور در تولیدهای بزرگ

۲۴۵	۱-۹: تقطیر
۲۴۶	۱-۱-۹: تقطیر استخراجی، تقطیر آژئوتروپی
۲۴۹	۲-۹: استخراج
۲۵۲	۳-۹: تبلور

۲۵۶	 ۹-۴: خلاصه مطالب
۲۵۷	 مراجع
۲۵۷	 تمرین فصل ۹
۲۵۷	 واژه‌های مهم فصل نهم
۲۵۹	 فصل دهم - تهیه فراورده‌های شیمیایی از مولکول‌های کوچک
۲۶۰	 ۱-۱۰: مواد ضد آفات
۲۶۱	 ۱-۱-۱۰: حشره‌کش‌های آلی کلر
۲۶۲	 ۱-۱-۱۰: حشره‌کش‌های آلی فسفر
۲۶۳	 ۱-۱-۱۰: حشره‌کش‌های کرباماتی
۲۶۴	 ۱-۲: علف‌کش‌ها
۲۶۵	 ۱-۲-۱۰: علف‌کش‌های تریازینی
۲۶۵	 ۱-۲-۱۰: علف‌کش‌های فنوکسی
۲۶۷	 ۱-۲-۱۰: علف‌کش‌های آمیدی
۲۶۸	 ۱-۲-۱۰: علف‌کش‌های دی نیتروآنیلین
۲۶۸	 ۱-۲-۵: سایر فراورده‌های شیمیایی - کشاورزی
۲۶۸	 ۱-۲-۶: عوامل مهم در طراحی تولید یک فراورده شیمیایی
۲۶۹	 ۱-۳-۳: صابون و پاک‌کننده‌ها
۲۶۹	 ۱-۳-۱۰: پاک‌کننده‌های آنیونی
۲۷۲	 ۱-۴: مواد دارویی
۲۷۴	 ۱-۵: خلاصه مطالب
۲۷۴	 مراجع
۲۷۴	 تمرین فصل ۱۰
۲۷۵	 واژه‌های مهم فصل دهم
۲۷۷	 فصل یازدهم - کاتالیز صنعتی
۲۷۸	 ۱-۱۱: کاتالیز ناهمگن
۲۷۹	 ۱-۱-۱۱: انتخاب کاتالیزور
۲۸۲	 ۱-۱-۲: گزینندگان کاتالیزور
۲۸۵	 ۱-۱-۳: جنبه‌های مختلف کاتالیز ناهمگن
۲۸۷	 ۱-۲: کاتالیز همگن
۲۸۸	 ۱-۲-۱۱: نمونه‌هایی از کاتالیزورهای همگن مورد استفاده در فرایندهای صنعتی
۲۹۰	 ۱-۳: خلاصه مطالب
۲۹۱	 مراجع
۲۹۱	 تمرین فصل ۱۱
۲۹۲	 واژه‌های مهم فصل یازدهم

فصل دوازدهم - مشاغلی که برای آنها دانش صنایع شیمیایی ضروری است.....	۲۹۳
۱-۱۲: شغل‌ها در یک شرکت شیمیایی متوسط.....	۲۹۴
۱-۱-۱۲: شیمیدان محقق.....	۲۹۵
۲-۱-۱۲: شیمیدان تجزیه.....	۲۹۶
۳-۱-۱۲: شیمیدان طراح فرایند.....	۲۹۷
۴-۱-۱۲: شیمیدان طراح روش‌های تجزیه‌ای.....	۲۹۷
۵-۱-۱۲: شیمیدان متخصص تولید.....	۲۹۷
۶-۱-۱۲: تکنسین.....	۲۹۸
۷-۱-۱۲: آزمایشگاه کنترل.....	۲۹۸
۸-۱-۱۲: مسئول ایمنی، بهداشت و محیط زیست.....	۲۹۹
۹-۱-۱۲: اداره فروش.....	۲۹۹
۱۰-۱-۱۲: ارائه خدماتی فنی به مشتریان.....	۳۰۰
۱۱-۱-۱۲: مشاغل مدیریتی.....	۳۰۰
۱۲-۱-۱۲: مشاغل در رشته شیمی.....	۳۰۰
۲-۱۲: مشاغل دولتی.....	۳۰۱
۳-۱۲: مشاغل در صنایع دارویی.....	۳۰۱
۱-۳-۱۲: مشاغل در آزمایشگاه‌های بیولوژیکی و پزشکی.....	۳۰۲
۲-۳-۱۲: مشاغل در قسمت‌های فرمولبندی.....	۳۰۲
۴-۱۲: مشاغل در صنایع صابون و پاک‌کننده‌ها.....	۳۰۲
۵-۱۲: مشاغل در صنایع فرآورده‌های بهداشتی.....	۳۰۳
۶-۱۲: مشاغل در صنایع کود شیمیایی.....	۳۰۳
۷-۱۲: مشاغل در صنایع سموم کشاورزی.....	۳۰۳
۸-۱۲: مشاغل در صنایع غذایی.....	۳۰۴
۹-۱۲: سایر بخش‌های صنایع شیمیایی.....	۳۰۴
۱۰-۱۲: نیازهای عمومی جامعه.....	۳۰۵
۱۱-۱۲: نوشتن فرایندهای شیمیایی، نوشتن گزارش.....	۳۰۵
۱۲-۱۲: نکات پایانی.....	۳۰۷
۱۳-۱۲: خلاصه کتاب.....	۳۰۸
مراجع.....	۳۰۸
مراجع برای مطالعه بیشتر.....	۳۰۹

پیشگفتار مترجم

کتابی که تحت عنوان اصول صنایع شیمیایی ترجمه شد و با تغییراتی چند به عنوان کتاب درسی در اختیار دانشجویان دانشگاه پیام نور قرار گرفت، ترجمه کتاب:

Introduction to Industrial Chemistry, Howard L. White, 1986

است که به اعتقاد مترجم، در شرایط فعلی می‌تواند به خوبی جوابگوی نیازهای دانشجویان ما باشد. مانند گذشته، در این مورد نیز امید می‌رود که گروه شیمی دانشگاه پیام‌نور بتواند در فرصتی بیشتر و با همکاری اساتید صاحب‌نظر و دانشمند، گام مثبت دیگری بردارد و کتاب‌های موجود را غنی‌تر و پربارتر نماید، یا کتاب‌های جدیدتر و بهتر جایگزین کند. از این‌رو، مترجم با گشاده‌رویی، و با مسرت و امتنان، از نقدها و نظرات همکاران گرامی در این دانشگاه و دانشگاه‌های دیگر استقبال می‌کند و بر آن است با دریافت دیدگاه‌ها و نقطه‌نظرهای اساتید ارجمند در این کتاب و کتاب‌های دیگر خود اصطلاحات لازم را به عمل آورد.

سید احمد میر شکری

سپاسگزاری

برای من مایه خرسندی است که اذعان کنم دانش من درباره، صنایع شیمیایی، حاصل سال‌ها کار من در شرکت سیبا - گایگی و همکاری با متخصصین با تجربه در قالب ده‌ها پروژه بوده است.

استفاده از تسهیلات کتابخانه دانشگاه براون، که برایم بی‌اندازه مفید و کارساز بوده است، نیز مرا برآن می‌دارد که از مسئولین این دانشگاه تشکر کنم.

هوارد ل. وایت

پیشگفتار مؤلف

در برنامه‌های درسی دانشجویان شیمی، که با احتمال زیاد درشاخه‌ای از صنایع شیمیایی مشغول به کار خواهند بود، به عیان کمبودی حس می‌شود. برای جبران این کمبود، لازم است دانشجویان درس اصول صنایع شیمیایی را در یک ترم بگذرانند؛ این کتاب درسی به همین منظور به رشته تحریر در آمد. دانشجویان باید پس از گذراندن دروس عمومی، دروس مقدماتی شیمی تجزیه، شیمی آلی، شیمی معدنی و شیمی فیزیک، این درس را بگیرد. در این کتاب دانشجویان با مشاغل موجود در صنایع شیمیایی آشنا می‌شوند و مسایل فنی مربوط به واکنش‌های شیمیایی را، هنگامی که در مقیاس بزرگ اجرا می‌شوند، به اختصار فرا می‌گیرد. در تالیف این کتاب، از بیش از بیست سال تجربه در صنایع شیمیایی و تکوین فرایندها و تدریس درس صنایع شیمیایی در دانشگاه‌ها استفاده شده است.

پس از جنگ جهانی دوم، شیمی با سرعت شگفت‌انگیزی توسعه یافت و مبانی نظری پدیده‌های شیمیایی کشف شد و در نتیجه، امروزه بخش عمده‌ای از برنامه، دانشجویان رشته شیمی را مطالب نظری تشکیل می‌دهد. به موازات این تحولات، تعداد بی‌شماری فراورده‌های شیمیایی تولید شدند و به بازار مصرف فرستاده شدند، مطالعه واکنش‌های آزمایشگاهی و تبدیل آن‌ها به فرایندهای صنعتی عظیم را آزمایشگاه‌های صنعتی انجام دادند، در حالی که در دانشگاه‌ها به این جنبه شیمی توجه چندانی نشد. فاذالتحصیلان دانشگاه‌ها به سختی می‌توانند خود را با نیازهای صنعت تطبیق دهند و خدمات مورد نیاز صنایع شیمیایی را ارائه دهند. این کتاب قطعاً در رفع این نقص بزرگ موثر واقع خواهد شد.

حجم زیاد دروس نظری، دانشجویان را از توجه لازم به شیمی کاربردی باز می‌دارد. خوشبختانه، امروزه برنامه ریزان دانشگاه‌ها این نکته را دریافته‌اند که باید درصدد رفع این کمبود برآیند.

این کتاب، با پرداختن به مباحث صنعتی و تولید بزرگ در فرایندهای معدنی، تخمیری، و آلی در جهت تحقق این هدف گام مفیدی برمی‌دارد. این کتاب پاسخگوی پرسش‌های دانشجویانی است که مایلند در صنایع شیمیایی کار کنند. در این کتاب، فرایندها بر اساس بینش‌های مکانیسمی جدید شرح داده شده‌اند و از این‌رو، از دانش نظری دانشجو نیز استفاده شده‌است.

در سال‌های اخیر، یک بینش ضد علمی در جوانان رشد کرده است. به عنوان مثال، تهیه فراورده‌های شیمیایی صنعتی، از قبیل سموم کشاورزی، یک عمل زشت و ضد محیط زیست تلقی می‌شود. در این کتاب، با توضیح فرایندهای تولید مواد شیمیایی با کمترین آلودگی و کمترین آسیب به محیط زیست، سعی شده است این بینش نادرست در جوانان برطرف شود. تبدیل میکروبی فراورده‌ها و فاضلاب‌های مضر به ترکیبات بی‌ضرر، به تفصیل شرح داده شده‌است. در نتیجه به احتمال زیاد این بینش نادرست اصلاح خواهد شد.

در این کتاب، به جنبه‌های اقتصادی فرایندها توجه کافی شده‌است. با محاسبه‌های ساده، هزینه‌های تولید فراورده‌ها و خشتی‌سازی فاضلاب‌ها و نیز درآمد واحد صنعتی مشخص می‌شوند. روش‌های پاک‌سازی کارخانه و محیط و رفع مواد مضر با کمترین هزینه شرح داده شده‌است.

به اعتقاد نویسنده، برنامه‌های فعلی شیمی در دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا، مبتنی بر تحقیق است، در حالی که بسیاری از دانشجویان و استادان از این نکته غافل‌اند که صنایع شیمیایی، گستره بزرگی از تحقیق و اشتغال را برای دانشجویان امروز و فارغ‌التحصیلان فردا تشکیل می‌دهد. خوبست استادان، دروس پیشرفته را با سود جستن از مثال‌هایی از فرایندهای صنعتی به دانشجویان عرضه کنند و دانشجویان را به کار در زمینه، تکوین فرایندهای صنعتی و تحقیقات کاربردی علاقمند سازند.

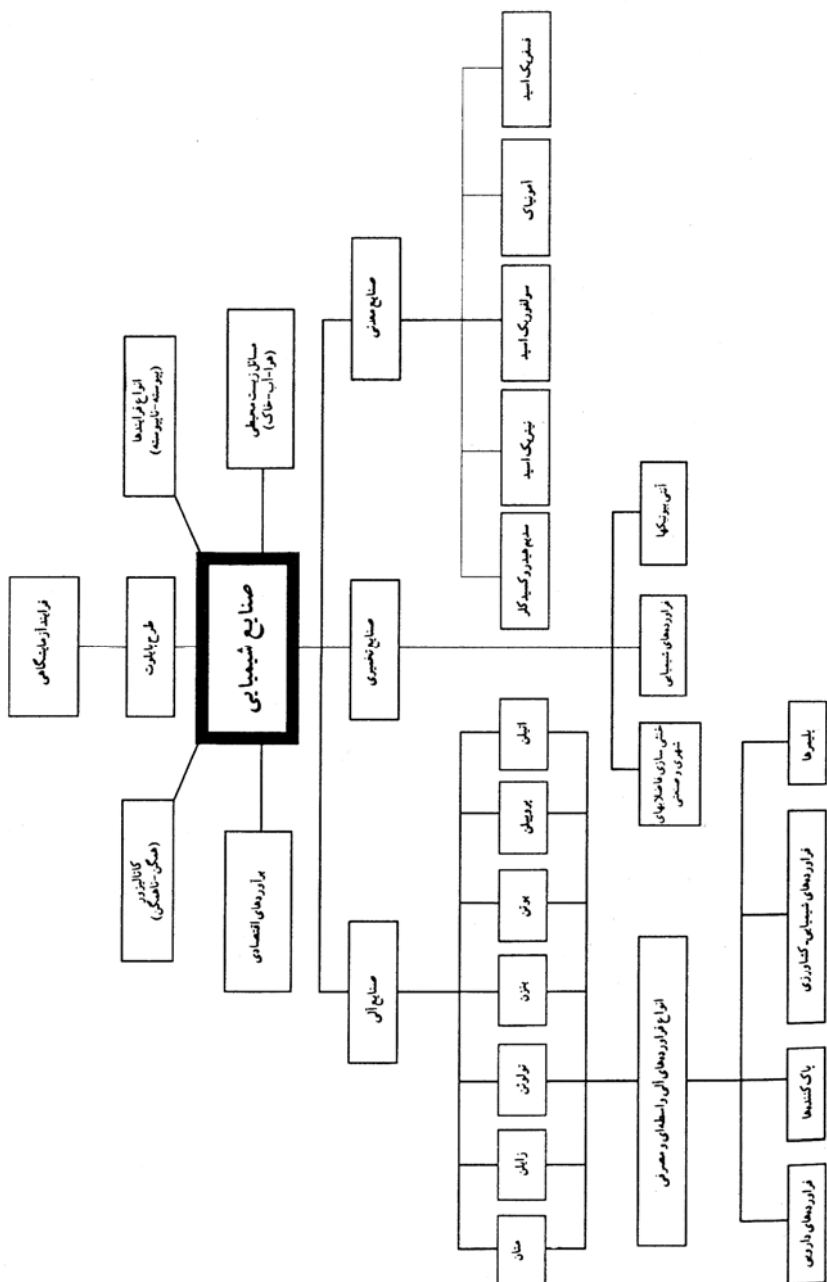
به اعتقاد نویسنده، درس صنایع شیمیایی نباید به صورت یک درس اختیاری برای معدودی از دانشجویان ارائه شود، بلکه این درس باید برای همه دانشجویان شیمی الزامی باشد.

درس صنایع شیمیایی باید یک درس تخصصی الزامی باشد، نه یک درس اختیاری یا تکمیلی. مشکل در این است که دانشگاهیان به فرایندهای صنعتی علاقه، چندانی نشان نمی‌دهند و شیمیدان‌های صنعتی، با سرزنش همکاران دانشگاهی خود به صورتی نادرست، این بی‌اعتنایی را تشدید می‌کنند.

حق این است که این درس، به عنوان یک درس مهم، جایگاه واقعی خود را در برنامه‌های درسی دانشجویان شیمی به دست آورد و صورتی جامع و دلپذیر، با استفاده از منابع و کتاب‌های درسی خوب، در اختیار همه دانشجویان شیمی قرار داده شود.

هوارد ل. وایت

۱۹۸۶



فصل اول

صنایع شیمیایی و تولید مواد شیمیایی در مقیاس بزرگ

هدف کلی

در این فصل دانشجو گروه بندی فراورده‌ها در صنایع شیمیایی را فرا خواهد گرفت و با عناصر اصلی تشکیل دهنده مبحث صنایع شیمیایی (موادخام، عوامل زیست محیطی، مسائل اقتصادی، تجهیزات و وسایل، کنترل، و غیره) آشنا خواهد شد.

هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل دانشجو باید توانایی‌های زیر را به دست آورده باشد:

- ۱-۱: گروه بندی مواد شیمیایی در صنایع شیمیایی را بنویسد.
- ۲-۱: عوامل اصلی و مهم در فرایندهای شیمیایی صنعتی را برشمارد.
- ۳-۱: با استفاده از دانش کسب شده در دروس شیمی، واکنش‌های تهیه دست کم ده فراورده مهم صنعتی را به اختصار بنویسد.
- ۴-۱: مباحث مهم در صنایع شیمیایی را فهرست وار بیان کند.

این بحث را با توصیف مواد تهیه شده توسط شرکت‌های به وجود آورنده صنایع شیمیایی، آغاز می‌کنیم. این فراورده‌ها را بر اساس مصرف آن‌ها طبقه بندی می‌کنیم تا توجه خواننده به موادی که در زندگی روزانه خود با آن‌ها سروکار دارد و خاستگاه صنعتی آن‌ها جلب شود. لازم است ارتباط بین این فراورده‌ها با مواد خام مربوطه مشخص شود. این دیدگاه مبتنی بر دو هدف عمومی است.

نخست این که بایستی بتوانیم بین آموخته‌های دانشگاهی خود در دروس شیمی و تولید مواد در مقیاس بزرگ، ارتباط برقرار کنیم. برای توضیح مسایل و مشکلات مربوط

به تبدیل یک عمل آزمایشگاهی به یک تولید صنعتی، لازم است مطالبی را بیاموزیم. نمونه‌هایی از این مسائل، قوانین زیست محیطی یا ملاحظات اقتصادی است. دوم این‌که، ما فرایندهای صنعتی را به گونه‌ای توضیح می‌دهیم که فارغ‌التحصیل دانشگاه یک زمینه مقدماتی برای انتخاب شغل و اشتغال در صنایع شیمیایی را به دست آورد.

گروه‌بندی فرآورده‌های صنایع شیمیایی در مونوگراف
Chemistry in the Economy (Harris and Tishler, 1973, pp, vii – viii)
به گونه زیر است:

کودهای شیمیایی

آهن و فلزات آهن‌دار

شیشه

مواد شیمیایی معدنی دیگر

فرآورده‌های نفتی و پالایشگاهی

لاستیک طبیعی و لاستیک مصنوعی

پلاستیک‌ها و رزین‌ها

الیاف نساجی

صابون و پاک‌کننده‌ها

اندودها و پوشش‌های محافظت‌کننده

داروها

فرآورده‌های بهداشتی

حشره‌کش‌ها و مواد شیمیایی – کشاورزی

مواد شیمیایی مورد نیاز صنایع غذایی

مواد شیمیایی مورد نیاز صنایع کاغذ سازی

فرآورده‌های شیمیایی عکاسی

فرآورده‌های مورد نیاز صنایع الکترونیک

مواد آلی دیگر

فرآورده‌های صنایع هسته‌ای

در این کتاب چند فراورده برگزیده برای توضیح نسبتاً مفصل انتخاب شده است. بعضی از این فراورده‌ها معدنی و بعضی آلی هستند. بعضی صرفاً برای توضیح اصول صنایع شیمیایی انتخاب شده‌اند. هدف این است که با نگرستن در چگونگی تبدیل و تهیه این مواد، انگیزه تفکر درباره مشروح هر فرایند شیمیایی در دانشجو ایجاد شود. تجارب آزمایشگاهی بیشتر دانشجویان شیمی، در تهیه چند گرم از این یا آن ترکیب شیمیایی خلاصه شده است. البته ممکن است استادی در ضمن درس به معدودی فرایندهای صنعتی و معادله‌های مربوطه اشاره‌ای کرده باشد. این کتاب، بسیاری از فرصت‌های موجود برای استفاده از این سابقه آزمایشگاهی در تکوین و توسعه فرایندهای شیمیایی صنعتی در مقیاس بزرگ برای تولید فراورده‌های شیمیایی را شکوفا می‌کند. دانش آزمایشگاهی، در عین مفید بودن به تنهایی برای تبدیل این دانش به یک فرایند صنعتی کافی نیست.

۱-۱: عوامل زمینه‌ای در فرایندهای بزرگ

در این فصل به معرفی عناوینی می‌پردازیم که در برپا ساختن فرایندهای بزرگ به کار می‌آیند در حالی که در بیشتر آزمایشگاه‌ها اشاره‌ای به آن‌ها نمی‌شود. سنتزها، یا دست کم معادله‌های این سنتزها را ممکن است در دروس شیمی خوانده باشیم. در بسیاری از موارد، یک فرایند شیمیایی به شرایط بهتری از نظر قیمت، مسایل زیست محیطی، کیفیت، و غیره، ایجاد اصلاحات جدید در فرایند امری ضروری است.

۱-۱-۱: مواد خام

کمتر ممکن است یک دانشجو شیمی در آزمایشگاه فقط با مواد شیمیایی طبیعی، مانند ترکیبات معدنی، نفتی، محصولات کشاورزی، یا هوا سروکار داشته باشد. هنگامی که قرار است میلیون‌ها کیلو از یک فراورده تهیه شود، لازم است امکان دستیابی به مواد خام مورد نیاز دقیقاً بررسی شود. دانشجوی شیمی باید بداند که از میان واکنش‌گرهای شیمیایی متعدد مورد استفاده در آزمایشگاه فقط معدودی از آن‌ها در مقیاس تجارتي تولید می‌شود. هنگامی که درباره منابع یک ماده خام برای ایجاد یک فرایند جدید

مطالعه می‌شود، بایستی به محدود بودن این منابع طبیعی در جهان نیز اندیشید سپس، برای کاستن از مصرف مواد خام، مهندسين و شیمیدان‌ها، فرایندهای بازیابی ترکیبات مفید از فاضلاب و ضایعات، چگونگی تبدیل فراورده‌های بی‌مصرف جانبی به فراورده‌های مفید، و طراحی فرایند به گونه‌ای کارآمدتر و اقتصادی‌تر را مورد مطالعه قرار خواهند داد. مطالبی از این نوع در فصل‌های ۴، ۵ و ۶، بیان خواهد شد.

مواد خام معدنی و آلی، در اثر یک سری واکنش‌های متوالی به فراورده‌های واسطه‌ای تبدیل شده به فروش می‌رسند، یا، در مواردی، به فراورده‌های تجارتي و مصرفی تبدیل می‌شوند. این موضوع، در مورد مواد شیمیایی معدنی موجود در طبیعت به صورت یک جدول نشان داده شده است (شکل ۱-۱).

این اطلاعات بیانگر این واقعیت‌اند که بعضی از مواد شیمیایی مصرفی (فراورده‌هایی که به مقدار بسیار زیاد تولید می‌شوند)، مستقیماً از مواد طبیعی تولید می‌شوند. سایر مواد خام، آن‌هایی هستند که خود، در طی یک سنتز جداگانه، از مواد خام دیگری تهیه شده‌اند.

اعداد در فهرست زیر مربوط به شکل ۱-۱ می‌باشند:

- ۱- اکسیژن و نیتروژن با تقطیر هوای مایع به‌دست می‌آیند.
- ۲- گاز سنتز (سین گاز، مخلوطی از کربن مونوکسید و هیدروژن) از واکنش متان (یا سایر هیدروکربن‌ها) با بخار آب تهیه می‌شود (بخش ۲-۳-۱)
- ۳- آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن سنتز می‌شود (بخش ۲-۳-۲).
- ۴- نیتریک اسید از آمونیاک با اکسایش کاتالیزوری تهیه می‌شود (بخش ۲-۵)
- ۵- سولفوریک اسید از گوگرد، اکسیژن و آب، در یک فرایند سه مرحله‌ای ساخته می‌شود. گوگرد از معادن استخراج می‌شود یا از نفت خام بازیابی می‌شود (بخش ۲-۴).
- ۶- آلومینیوم سولفات فراورده واکنش سولفوریک اسید و آلومینیوم اکسید (آلومین، یک ماده معدنی) است.

مواد خام طبیعی	مواد خام دیگر	فرآورده‌ها
هوا		$O_2 + N_2$ (1)
$CH_4 + H_2O$		$CO + H_2$ (2)
N_2 (as air) +	H_2	NH_3 (3)
O_2 (as air) +	NH_3	HNO_3 (4)
O_2 (as air) + S + H_2O		H_2SO_4 (5)
Al_2O_3 +	H_2SO_4	$Al_2(SO_4)_3$ (6)
$CaF_2 \cdot 3[Ca_3(PO_4)_2]$ +	H_2SO_4	H_3PO_4 (7)
$NaCl + H_2O$		$NaOH + Cl_2 + H_2$ (8)
	$H_2 + Cl_2$	$2HCl$ (9)
آلکانها +	Cl_2	$Cl\text{-alkanes} + HCl$ (10)
$CaCO_3$		$CaO + CO_2$ (11)
$CaCO_3 + NaCl$		$CaCl_2 + Na_2CO_3$ (12)
SiO_2 +	Na_2CO_3	$Na_2O \cdot SiO_2$ (13)
	$CO_2 + NH_3$	NH_2CONH_2 (14)
TiO_2 (as air) +	$Cl_2 \rightarrow TiCl_4$	TiO_2 (15)

شکل ۱-۱. خلاصه‌ای از تهیه چند فرآورده شیمیایی مصرفی (چنیر، ۱۹۸۳).

۷- فسفریک اسید، از سنگ فسفات (یک ماده معدنی به نام آپاتیت که نمک دوگانه کلسیم فلوئورید - کلسیم فسفات است)، و سولفوریک اسید تهیه می‌شود (بخش ۲-۱)

۸- سدیم هیدروکسید و کلر از الکترولیز محلول سدیم کلرید (نمک طعام) به دست می‌آید (بخش ۲-۶).

۹- از واکنش مستقیم هیدروژن و کلر، هیدروژن کلرید حاصل می‌شود.

۱۰- هیدروژن کلرید غالباً از واکنش انواع آلکان‌ها (به دست آمده از نفت خام) با کلر به دست می‌آید. کلروآلکان‌ها در بخش ۴-۸-۳-ج، مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱۱- آهک از حرارت دادن سنگ آهک تهیه می‌شود.

۱۲- سدیم کربنات (سودااش) از ماده معدنی سنگ آهک و نمک طعام به کمک آمونیاک و کک تهیه می‌شود. این، فرایند سلوی است. این ترکیب به صورت طبیعی و به عنوان جزئی از ماده معدنی ترونا^۱ نیز یافت می‌شود.

۱. یک ماده طبیعی با فرمول $Na_2CO_3 \cdot 2H_2O$ که در اثر تبخیر دریاچه‌ها تشکیل می‌شود. این ماده اورثو (urao) نیز نامیده می‌شود.