

شیمی سبز و فن آوری

جلد اول

جیمز کلرک
دونکان مکواری

مترجم

دکتر فهیمه ورمقانی



عنوان و نام پدیدآور	: شیمی سبز و فن آوری / نوشته: جیمز کلرک، دونکان مکواری
مشخصات نشر	: ترجمه: فهیمه ورمقانی
مشخصات ظاهری	: همدان: دانش مانا، ۱۳۹۴.
شابک	: ج.: مصور
وضعیت فهرست نویسی	: ۹۷۸-۶۰۰-۷۹۰۵-۰۰۵
یادداشت	: فیای مختصر
	: http://opac.nlai.ir: فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی:
	: قابل دسترسی است
یادداشت	: عنوان اصلی: Handbook of GREEN CHEMISTRY
شناسه افزوده	: AND TECHNOLOGY
رده بندی کنگره	: ورمقانی، فهیمه، ۱۳۶۲- مترجم
رده بندی دیویی	:
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۸۵۶۵۴۱

نام کتاب:	شیمی سبز و فن آوری
مؤلف:	جیمز کلرک، دونکان مکواری
مترجم:	فهیمه ورمقانی، ۱۳۶۲
نوبت چاپ:	اول- ۱۳۹۴
ناشر:	دانش مانا
چاپ و صحافی:	روشن
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۹۰۵-۰۰۵
تیراژ:	۱۰۰۰
قیمت:	۱۵۰۰۰۰ ریال
مشخصات ظاهری	۴۰۴ ص، همراه با عکس

فهرست

۵	فهرست.....
۱۳	پیشگفتار مترجم.....
۱۵	پیشگفتار مولف.....

فصل اول: مقدمه

۲۳	۱ مقدمه.....
۲۳	۱,۱ شیمی - گذشته، حال و آینده.....
۲۶	۲,۱ هزینه ضایعات.....
۲۸	۳,۱ سبز کردن شیمی.....
۳۸	منابع.....

فصل دوم: شیمی سبز و پایدار

۴۱	۱ مقدمه.....
۴۲	۲ شیمی سبز و صنعت.....
۴۵	۳ به حداقل رساندن ضایعات و اقتصاد اتمی.....
۴۵	۱,۳ اقتصاد اتمی.....

۲,۳	برخی واکنشها که ذاتاً اقتصاد اتمی بالایی دارند.....	۴۷
۳,۳	برخی واکنشهایی که ذاتاً از لحاظ اقتصاد اتمی وضعیت مناسبی ندارند.....	۴۹
۴	کاهش مواد مورد استفاده.....	۵۱
۱,۴	محلولهای کاتالیتیکی (راه حل‌های کاتالیتیک).....	۵۱
۲,۴	عدم استفاده از گروههای حفاظت‌کننده.....	۵۴
۳,۴	کاهش استفاده از مواد اولیه غیر قابل تجدید.....	۵۵
۴,۴	تقویت فرآیند.....	۵۸
۵	کاهش انرژی مصرفی.....	۵۹
۱,۵	نمونه‌هایی از بهبودهای کارایی انرژی.....	۶۰
۲,۵	منابع انرژی جایگزین.....	۶۱
۶	کاهش خطرات.....	۶۲
۱,۶	طرحهایی که ذاتاً ایمن باشند.....	۶۲
۲,۶	حلالهای جایگزین.....	۶۶
۷	نتیجه‌گیری.....	۶۷
	منابع.....	۷۰

فصل سوم: شیمی و محیط

۱	مقدمه.....	۷۵
۲	شیمی اتمسفر.....	۷۶
۱,۲	ساختار اتمسفر.....	۷۶
۲,۲	آلودگی تروپوسفری.....	۷۹
۳,۲	آلودگی استراتوسفریک.....	۹۴
۴,۲	آلودگی محیط.....	۹۶
۳	شیمی محیط زمین.....	۹۷
۱,۳	پوسته زمین.....	۹۷
۲,۳	آلودگی زمین.....	۹۹
۳,۳	آبهای شیرین.....	۱۰۴
۴,۳	آلودگی آب آشامیدنی.....	۱۰۶

۱۱۷.....	۴ شیمی اقیانوسها
۱۱۷.....	۱,۴ شیمی اقیانوس آزاد
۱۲۰.....	۲,۴ شیمی دهانه رودها
۱۲۱.....	۳,۴ آلودگی اقیانوسها
۱۲۶.....	۵ نتیجه گیری
۱۲۸.....	منابع

فصل چهارم: شیمی سبز و توسعه پایدار

۱۳۳.....	۱ مفهوم پایداری
۱۳۴.....	۲ شیمی سبز و پارامترهای پایداری
۱۳۵.....	۱,۲ استفاده پایدار مواد اولیه شیمیایی
۱۳۷.....	۲,۲ استفاده پایدار از آب
۱۳۸.....	۳,۲ استفاده پایدار از انرژی
۱۴۰.....	۴,۲ سازگاری محیط زیستی
۱۴۰.....	۳ یک برنامه پایدار
۱۴۲.....	منابع

فصل پنجم: ارزیابی چرخه حیات: ابزاری برای شناسایی فرآیندها و محصولات تولیدی پایدارتر

۱۴۷.....	۱ مقدمه
۱۴۸.....	۲ روش LCA
۱۴۹.....	۱,۲ چارچوب روش
۱۶۰.....	۳ کاربرد LCA
۱۶۱.....	۱,۳ محصولات با جهت گیری LCA
۱۶۶.....	۲,۳ فرآیندهایی با جهت گیری LCA
۱۷۱.....	۴ نتیجه گیری
۱۷۷.....	۵ ضمیمه
۱۷۷.....	۱,۵ تعریف اثرات زیست محیطی

منابع..... ۱۸۳

فصل ششم. فرآورده‌های صنعتی با استفاده از کاتالیزورهای اسیدی جامد

۱	مقدمه	۱۹۱
۲	مفاهیم اسیدیته و کاتالیزورهای اسیدی جامد	۱۹۳
۳	کاربردهای صنعتی کاتالیزورهای اسیدی جامد	۱۹۹
۱,۳	کاتالیزورهای اسیدی جامد زنولیتی	۱۹۹
۲,۳	کاتالیزورهای اسیدی جامد بر پایه هتروپلی اسیدها	۲۱۵
۳,۳	ترکیبات زیرکونیوم سولفات شده	۲۲۱
۴,۳	رزینهای تعویض یون	۲۲۶
۵,۳	رسهای پیلارد و اسیدی	۲۳۲
۴	توسعه مواد کاتالیتیکی و فرآورده‌های مورد استفاده	۲۳۳
۱,۴	فرآیند وارنر و شیمی استری شدن	۲۳۳
۲,۴	نانوترکیبات نفیون /سیلیکا	۲۳۵
۳,۴	فرآیند آلکیلایسیون هالدور-توبو برای تولید سوخت‌های با اکتان بالا	۲۴۴
۴,۴	فرایند موبایل-بادگر ایزوپروپیل بنزن	۲۴۷
۵,۴	فرآیند ایزودواکسینگ	۲۴۸
۵	خلاصه	۲۵۰
	منابع	۲۵۱

فصل هفتم: سیلیکاهای با قالب مایسلی به عنوان کاتالیزور در شیمی سبز

۱	مقدمه	۲۵۹
۲	مواد مزوپوری با ساختارهای خاص	۲۵۹
۱,۲	سنتز مواد با قالب مایسلی	۲۶۰
۲,۲	عامل‌دار کردن مواد پس از تشکیل قالب مایسلی	۲۶۳
۳,۲	تهیه مستقیم سیلیکاهای با قالب مایسلی آلی	۲۶۴
۳	کاربردهای کاتالیزوری	۲۶۶
۱,۳	اساس فعالیت سیلیکانه‌ای با قالب مایسلی و آلومینوسیلیکات‌ها	۲۶۶

۲,۳	 ساختارهای با قالب مایسلی با قدرت اسیدی بیشتر	۲۶۸
۳,۳	 کاتالیز کردن اکسایشی	۲۷۲
۴,۳	 کاتالیز کردن بازی	۲۸۸
۵,۳	 کاتالیزور آنانتیوگزین	۲۹۵
۴	 نتیجه گیری	۲۹۹
	 منابع	۳۰۰

فصل هشتم: معرفهای پوشش داده شده بر روی پلیمر

۱	 مقدمه	۳۱۱
۱,۱	 پیشرفت در روشهای سنتز مواد آلی یا انجام آنها به شیوه متفاوت؟	۳۱۱
۲,۱	 ابزارهای پلیمری برای سنتز آلی	۳۱۱
۳,۱	 آنچه که واقعاً امکانپذیر است و آنچه که تنها انتظار می رود	۳۱۳
۲	 ساخت پلیمر	۳۱۵
۱,۲	 طرحهای کلی	۳۱۵
۲,۲	 خصوصیات مورد نیاز برای پلیمر	۳۱۶
۳,۲	 کوپلیمر شدن با مونومرهای متداول	۳۱۷
۴,۲	 پلی استیرنها	۳۲۰
۵,۲	 فضاپرکنها	۳۲۱
۶,۲	 پلی آکریلاتها	۳۲۴
۷,۲	 پلی وینیل پیریدینها	۳۲۶
۸,۲	 پلی بنزایمیدازولها	۳۲۷
۹,۲	 پلی فسفازنها	۳۲۷
۱۰,۲	 کلرو فلورو پلیمرها	۳۲۷
۳	 سنتزهای شیمیایی با استفاده از معرفهای پوشش داده شده بر روی پلیمر	۳۲۸
۱,۳	 اسید کلریدها و آنهیدریدها	۳۲۸
۲,۳	 الکلهها	۳۳۰
۳,۳	 آلدئیدها و کتونها	۳۳۲
۴,۳	 آمیدها و لاکامها	۳۳۸

۳۳۹.....	۵,۳ آمینها.....
۳۴۱.....	۶,۳ آزیدها.....
۳۴۱.....	۷,۳ رنگدانه‌های آزو.....
۳۴۲.....	۸,۳ برم، کلرو و یدو آروماتیکها.....
۳۴۴.....	۹,۳ کریو دی ایمیدها.....
۳۴۴.....	۱۰,۳ اپوکسیدها.....
۳۴۴.....	۱۱,۳ استرها و لاکتونها.....
۳۴۷.....	۱۲,۳ اترها.....
۳۴۸.....	۱۳,۳ مشتقات فلورو.....
۳۵۰.....	۱۴,۳ هالیدها و واکنشهای هالوژن‌زدایی.....
۳۵۳.....	۱۵,۳ هالو هیدرین‌ها.....
۳۵۳.....	۱۶,۳ ایروکسازولیدینها.....
۳۵۴.....	۱۷,۳ نیتریل‌ها.....
۳۵۵.....	۱۸,۳ سولفوکسایدها.....
۳۵۵.....	۱۹,۳ تیوسیانات و اوره.....
۳۵۵.....	۲۰,۳ تیرانها، تیولها و دی سولفیدها.....
۳۵۷.....	۲۱,۳ ویتیک و واکنشهای مشابه ویتیک.....
۳۵۷.....	۴ نتیجه.....
۳۵۹.....	منابع.....

فصل نهم: کاتالیز زیستی

۳۷۳.....	۱ مقدمه.....
۳۷۳.....	۲ تولید شیمیایی با کاتالیز زیستی.....
۳۷۳.....	۱,۲ مواد شیمیایی با تولید انبوه.....
۳۷۶.....	۲,۲ مواد دارویی.....
۳۷۸.....	۳,۲ ترکیبات معطر.....
۳۸۰.....	۴,۲ کریویدراتها.....
۳۸۳.....	۵,۲ سیتونهای خالص آناتیومری.....

۳۸۴	۶,۲ پلیمرها.....
۳۸۶	۳ فرآیندهای زیستی سبز.....
۳۸۶	۱,۳ کاتالیز زیستی در کربن دی اکسید فوق بحرانی.....
۳۸۷	۲,۳ کاتالیز زیستی در حذف ضایعات.....
۳۹۲	۳,۳ گوگرد زدایی زیستی.....
۳۹۳	۴ نتیجه.....
۳۹۵	منابع.....
۴۰۱	نمایه.....

پیشگفتار مترجم

با شروع انقلاب صنعتی، جهان در مسیری رو به رشد قرار گرفت. این موفقیتها در اواخر قرن بیستم بسیار چشمگیر بود و پیشرفت جوامع در تمام زمینههای صنعتی، کشاورزی، پزشکی، دارویی و... حائز اهمیت گردید. موفقیتها و پیشرفتهای فنآوری در همه جنبههای زندگی این توهّم را به وجود آورد که انسان می تواند بدون مرز از طبیعت برای رسیدن به اهداف خود استفاده کند. او تصور می کرد که طبیعت تنها برای رفع نیازهای حریصانه اش اختصاص یافته است. منابع طبیعی بیش از حد مورد استفاده قرار گرفت. استخراج معادن، سوختهای فسیلی و نابودی آب و خاک ظالمانه بود، اما چنین توسعه هایی باید در طول زمان پایدار باشد که نیازهای نسل امروز را فراهم کند، اما در عین حال تأمین نیازهای نسل آینده را به خطر نیندازد و به توسعه پایدار دست یابد. مفهوم پایداری نتیجه آگاهی بشر نسبت به مسائل محیط زیست و مشکلات فرهنگی-اجتماعی و اقتصادی می باشد. یکی از مهمترین اهداف توسعه پایدار حفظ طبیعت و اصلاح نگاه به آن است. شیمی سبز یا شیمی پایدار بخش جدایی ناپذیر توسعه پایدار است. شیمی سبز به دنبال طراحی محصولات و فرآیندهایی است که استفاده و تولید مواد خطرناک را به حداقل برساند و در جستجوی راههایی برای کاهش اثرات منفی مواد شیمیایی بر روی محیط زیست است. شیمی سبز پیشرفتهای جدید در علم، از تئوری تا عمل و ارتقای نسل آینده علوم و فنآوری می باشد و راههای علمی و اخلاقانه را برای موقعیتهای محیطی جهان کنونی اتخاذ می نماید. شیمی سبز یک گزینه نیست، یک اجبار است. زیرا ما به نابود کردن منابع، آب و خاکمان پرداخته ایم. زمین را آلوده ساخته ایم و آینده و نتایج فاجعه آمیز این روند را نادیده گرفته ایم.

کتاب "شیمی سبز و فنآوری" جیمز کلرک و دونکان مکوار می شامل بر ۲۳ فصل است. این کتاب تمام روشهای سبز و پایداری که در تولید مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرند را مورد بحث و بررسی قرار می دهد و به طور جامع به ذکر نمونه ها و مثالهایی در هر زمینه می پردازد. مفاهیم، موضوعات، مثالها و نمونه های عملی این کتاب می تواند به دانشجویان کارشناسی و تحصیلات تکمیلی شیمی در یادگیری و درک کامل تمامی روشهای شیمی سبز کمک شایانی نماید. این جلد برگردانی از ۹ فصل ابتدایی منبع اصلی است و فصول دیگر منبع در جلد های بعدی کتاب ارائه خواهد شد. امیدوارم این کتاب مورد توجه علاقمندان قرار گیرد و بتوانم از دقت نظر شما در مطالعه این کتاب و نقدهای سازنده تان بهره مند گردم. در خاتمه شایسته است از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر داود نعمت الهی به خاطر تشویق ها و راهنمایی های ارزشمندشان تشکر و قدردانی نمایم.

فهیمة ورمقانی

همدان-تابستان ۱۳۹۴

پیشگفتار مولف

صنایع شیمیایی مسلماً موفق‌ترین و وسیع‌ترین بخش صنایع است. محصولات شیمیایی در بخشهای دارویی، بهداشت و درمان، کشاورزی و مواد غذایی، پاک‌کننده‌ها، الکترونیک و حمل و نقل به کار می‌رود.

در حالی که در قرن نوزدهم، شیمی با علوم مختلف فیزیک، زیست‌شناسی، پزشکی و مواد مرتبط شد، قرن بیستم شاهد رشد سریع مواد شیمیایی و صنایع وابسته به آن بود و به یکی از قدرتمندترین حوزه‌های اقتصادی تبدیل شد. در واقع صنایع شیمیایی یک اصل شد و منبع اصلی کالاهای صادراتی در قدرتمندترین کشورها بود. چرا قرن بیست و یکم، شیمی و صنایع شیمیایی را پیشنهاد می‌دهد؟

همانطور که در ابتدای فصل اول اشاره کرده‌ام، شیمی در وضعیت بدی قرار دارد. از سویی تقاضا برای محصولات شیمیایی از هر زمان دیگری بیشتر است و پیش‌بینی می‌شود که بالغ بر ۵۰٪ در هر سال رشد کند. این افزایش تقاضا در شرق که جمعیت بسیار زیادی دارند بیشتر است. اما کاملاً منطقی است که این کشورها نیز خواهان رسیدن به استانداردهای بهداشت و درمان، مسکن، پوشاک و محصولات مصرفی در سطح کشورهای صنعتی هستند. به هر حال، فشار بی‌سابقه اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی به صنایع شیمیایی وارد آمده است که فعالیتهای خود را عاری از آلودگی کنند و فرآورده‌های شیمیایی و محصولات را پایدارتر و با محیط زیست سازگارتر کنند. عموم مردم بیشتر نسبت به اشتباهات صنایع (آلودگی، انفجار و...) آگاهی دارند تا مزایایی بی‌شمار صنایع شیمیایی، که البته رسانه‌ها در به وجود آمدن این دیدگاه منفی نقش مهمی داشته‌اند. زیرا همیشه بسیار مشتاق به انتشار خبرهای بسیار بدی راجع به مواد شیمیایی هستند.

تصور عموم از صنایع شیمیایی در ۲۰ سال اخیر رو به وخامت نهاده است طوری که تولید مواد شیمیایی در کنار صنایعی همچون قدرت هسته‌ای و دחانیات قرار داده شده است. هم اکنون شاهد کاهش قابل توجه دانشجویان رشته شیمی، مهندسی شیمی و موضوعات وابسته به آن هستیم و البته این غیر منطقی نیست که بدانیم ارتباطی بین این دو موضوع وجود دارد. باید به هر صورتی از کاهش جوانان جویای فرصتهای شغلی در شیمی جلوگیری کنیم.

ما اکنون در یک بازار تجاری جهانی هستیم که محصولی در یک ناحیه از دنیا ساخته می‌شود و در گوشه دیگری از دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. سوال این است که آیا واقعاً این مطابق با اصول پایداری است. چون یکی از اصول پایداری حمل و نقل کم هزینه است. اما به هر حال گاهی

اوقات به دلیل فقدان منابع در ناحیه‌ای و تولید آلودگی، تولید مواد در همان محل مورد استفاده امکان‌پذیر نیست. به هر حال، آنچه که شفاف است این است که تولید بسیار رقابتی شده است و پایه صنایع کشورهای در حال توسعه نیز با سرعت قابل توجهی رو به افزایش است و با پیشرفت این کشورها تولید مواد نزدیک بازار اهمیت می‌یابد. برای اینکه یک کارخانه شیمیایی با بازارهای جهانی رقابت کند باید کارایی خود را افزایش دهد. در این راستا بحث کارایی اتمی که به معنی استفاده از مواد خام و تولید حداقل ضایعات است بسیار اهمیت دارد. از آنجایی که هزینه تخریب ضایعات رو به افزایش است و به بار اقتصادی می‌افزاید، دولتها و سازمانهای فراملی مانند EU با اتخاذ کردن مالیات سنگین برای ضایعات، پاک کردن آلودگی و جایزه به ابداعات و تولید سبزتر موجب شده‌اند که توجه به این مسائل خیلی بیشتر شود.

در این کتاب چالشها و فرصتهایی به پیش برندگان شیمی و صنایع شیمیایی پیشنهاد شده است. عنوان شیمی سبز و فن‌آوری برای این کتاب با دقت انتخاب شده که از ابتدا نشان دهد که برای اینکه به هدف برسیم و صنایع در این قرن رو به جلو حرکت کنند ما به ابداعات و فن‌آوری شیمیایی نیاز داریم.

شیمی سبز مفهومی است که راههایی را دنبال می‌کند که به شیمیدانها کمک کند که عملکرد محیط زیست و ایمنی فرآیندهای شیمیایی را بهبود دهند و خطراتی که برای انسان و محیط تولید محصولات شیمیایی دارند را کاهش دهند. اصول پایداری و شیمی سبز در فصل ۲ مورد بحث قرار می‌گیرد. عبارتهای مهم و روشهایی مانند اقتصاد اتمی، به حداقل رسانیدن ضایعات و کاهش مواد و انرژی مصرفی و زمینه خطرهای معرفی و شرح داده شده است. اینها اساس شیمی سبز هستند.

اگر می‌خواهیم اثر مواد شیمیایی بر محیط زیست را بدانیم لازمه آن این است که از شیمی حاکم بر محیط زیست اطلاع داشته باشیم. شیمی اتمسفر، زمین و اقیانوس در فصل ۳ معرفی می‌شود و بر روی آلودگی و اثرات آن متمرکز شده است. فهم بهتر شیمی محیط به بهبود طراحی‌های مطابق با محیط زیست کمک خواهد کرد.

برای توسعه پایدار جامعه جهانی باید به نیازهای نسل آینده توجه کنیم. بایستی مواد شیمیایی را به شیوه پاک تهیه کرد و در نتیجه زمین را بدون آسیب به فرزندانشان تحویل دهیم. مفهوم پایداری در فصل ۴ مورد بحث قرار می‌گیرد که استفاده پایدار از مواد اولیه شیمیایی، آب و انرژی در نظر گرفته شده است. یک سناریو پایداری نیز توصیف می‌شود.

چگونه ما نتایج تلاشهایمان را در ساخت مواد شیمیایی پایدارتر و حفظ آنها برآورد کنیم؟ ارزیابی چرخه حیات (LCA) شاید قدرتمندترین ابزار برای شناسایی محصولات و فرآیندهای پایدارتر است. LCA و کاربردهایش در فصل ۵ توصیف می‌شود.

جعبه ابزار فن‌آوری سبز شامل تعدادی فن‌آوری کاملاً تأیید شده است که علی‌رغم شناخته شده بودن باید حداقل در برخی حوزه‌های شیمی بهتر به کار گرفته شود و به کاهش اثرات زیست محیطی کمک کند. مسلماً کاتالیزورها مهمترین ابزار در ذراد خانه شیمی سبز هستند و چند فصل این کتاب به موضوع کاتالیزورهای سبز اختصاص دارد و به ویژه به کاربردهای آن در تولید برخی مواد شیمیایی که در آن کاتالیزورها خیلی مورد استفاده نبوده‌اند می‌پردازد. مواد شیمیایی و بیوشیمیایی، کاتالیزورهای همگن و ناهمگن همه در این زمینه تجدید شده‌اند.

در فصل ۱، تعدادی از اسیدهای جامد جدید و کاربردهای آن به عنوان جایگزینی برای اسیدهای قدیمی توصیف شده است. کاتالیز کرن اسیدی به مراتب مهمترین دسته از کاتالیزورها هستند و جایگزین موفق اسیدهای قدیمی مانند H_2SO_4 و HF و AlCl_3 که خطرناک و آلوده کننده محیط زیست هستند می‌باشد. برای کنترل بهتر واکنشها در سطح مولکولی، طراحی کاتالیزور در سطح مولکولی مورد نیاز است.

استفاده از کاتالیزورهای ناهمگن رو به افزایش است و پیشرفتهایی در زمینه سل-ژل حاصل آمده است. این کاتالیزورها موجب می‌شود واکنشهای آلی-معدنی به خوبی در محیط آبی انجام شود. برخی از این مواد جدید و جالب در فصل ۷ معرفی می‌شود که کاربردهایش در زمینه‌هایی مانند کاتالیز کردن بازی، کاتالیزور اکسایشی و انانتیوگزین توصیف می‌شود. اینها شامل مواد زنولیتی، رزینها و نانو کمپوزیتها هستند.

معرفهای پوشش داده شده بر روی بستر با سیستمهای آلی سازگار هستند و به طور ایده‌آل به عنوان جایگزین مستقیم برای معرفهای قابل حل مطالعه شده‌اند. ساخت و استفاده از پلیمرهای عامل‌دار موضوع فصل ۸ است. کاربردهای آن در سنتز بسیار گسترده است و روشی دوستدار محیط را برای طبقه‌ای از ترکیبات آلی شرح می‌دهد.

شیمی قادر به حل همه مسائل انقلاب شیمی سبز نیست. ما باید بهتر از سایر علوم و فن‌آوریها استفاده کنیم و بیوشیمی یکی از اینهاست. در فصل ۹ تولید مواد شیمیایی با کاتالیزورهای زیستی توصیف می‌شود. گستره فرآیندهایی که در آن کاتالیزورهای زیستی اثبات شده‌اند وسیع است و شامل تولید مواد شیمیایی حجیم، مواد دارویی، پلیمرها و مواد شیمیایی معطر هستند.

کاتالیزورهای انتقال فاز به طور گسترده (اما نه اختصاصاً) کاتالیزور همگن را شامل می‌شوند و از استفاده بیشتر از حلالهای سمی جلوگیری می‌کند. شیمی در سطح مشترک رخ می‌دهد جایی که کاتالیزورها عمل می‌کنند. پیشرفتهای اخیر در کاتالیزور انتقال فاز، شامل ستر نامتقارن و کاتالیزورهای سه فازی (که سرعت واکنش را بسیار بالا می‌برند) در فصل ۱۰ مورد بحث قرار می‌گیرد.

اکسایش مهمترین روش شیمیایی برای وارد کردن یک گروه عاملی به یک مولکول است. از آنجایی که هیدروکربنها مواد اولیه اصلی هستند، اکسایش و به ویژه اکسایش گزینشی تقریباً در هر زمینه از مواد شیمیایی و صنایع وابسته حیاتی است. متأسفانه، تاریخ طولانی شیمی اکسایش با روشهای بسیار خطرناک و آلوده کننده به خصوص با استفاده از اکسیدانهای فلزی همراه بوده است. اساساً منبع اکسیژن در طراحی واکنشهای اکسایش پاک‌تر مهم است. هوا یا اکسیژن بهترین منبع و هیدروژن پراکسید که تنها آب را به عنوان محصول جانبی می‌دهد در درجه دوم قرار دارد. بسیاری از واکنشهای اکسایش با آلردگی کم و موثر با استفاده از هیدروژن پراکسید شناخته شده است و تعداد زیادی از آنها در فصل ۱۱ معرفی می‌شود و موجب پیشرفت در سیستمهای کاتالیتیکی اصلی و سایر کاربردهای زیست محیطی شده است.

با وجود اینکه تولید دارو نیز یکی از صنایع شیمیایی است اما با این حال دیدگاههای عمومی نسبت به این صنعت منفی نیست. اما صنایع دارویی نیز ضایعات زیادی را به همراه دارد. سبز کردن چنین فرآیندهایی دچار چالش‌های ویژه‌ای مانند کاهش تعداد مراحل و کاربرد کم مواد افزودنی و کمکی است. به حداقل رساندن ضایعات در توسعه فرآیندهای دارویی در فصل ۱۲ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شیمی سبز در عمل در فصل‌های ۱۳ و ۱۴ متمرکز می‌شود. کاتالیزورهای تجاری که برای سترهای سبزتر طراحی شده‌اند و به طور قابل توجه ضایعات واکنش فریدل-کرافتس در فاز مایع و واکنشهای اکسایشی را کاهش می‌دهند در فصل ۱۳ مورد بحث قرار می‌گیرد. ادامه این مبحث در فصل بعدی ارائه می‌شود و به ذکر مثالهایی در زمینه کاتالیزهای همگن و ناهمگن در عمل، استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر در تولید مواد شیمیایی و تولید زیستی مواد شیمیایی در صنعت می‌پردازد. صنایع شیمیایی قرن بیست و یک بسیار متفاوت از قرن بیستم است. جدا از ضایعات کمتر که به هوا، آب و زمین وارد می‌شود، با محیط زیست بسیار سازگارتر است، تجهیزات خیلی بزرگ و بسیار زمین جایگزین سازه‌های کوچکتر می‌شود. کوچکتر به این معنی که انبار کردن کمتر مواد با واکنشگاههای قابل انعطاف کوچک و تولید مواد در همان زمانی که مورد نیاز باشد انجام شود.

مهندسی فرآیند و مواد شیمیایی خلاق برای انقلاب شیمی سبز حیاتی‌تر از شیمی جدید است. تقویت فرآیند قلب فن‌آوری شیمی سبز است و در فصل ۱۵ به آن پرداخته می‌شود. این فصل به روشهای اثبات شده‌ای از قبیل غشاها و روشهای جدیدتر مانند رآکتورهای دیسک چرخان می‌پردازد.

روشهای جدید یا کاربرد روشهای اثبات شده در راههای جدید، ابزار مهمتری در جعبه ابزار شیمی سبز است. اساس و برخی کاربردهای جالب توجه شیمی صوت در فصل ۱۶ توصیف می‌شود. این روش شامل سنتز با استفاده از شیمی صوت، استفاده مافوق صوت در حفظ محیط زیست و ترکیب شیمی صوت و الکتروشیمی است. در فصل ۱۷ بسیاری از واکنشهای همراه با میکروویو توصیف می‌شود. اثرات سرعت و برخی مزایای غیر قابل انتظار به عنوان یک منبع جایگزین اثبات شده است. جزئیات سیستم میکروویو تنظیم فشار شده و استفاده از آب با دمای بالا به عنوان یک محیط برای سنتز آلی پرداخته می‌شود.

فوتونها به عنوان معرفهای پاک، شناخته شده هستند و فوتوشیمی نسبت به واکنشهای معمولی مزایای زیادی از قبیل دمای واکنش کمتر و کنترل گزینش‌پذیری واکنش دارد. برخی مشکلات فرآیندهای فوتوشیمیایی در فصل ۱۸ توصیف می‌شود و تمایلات آینده در نظر گرفته شده است. الکتروشیمی روشی است که در زمینه تولید مواد آلی تا حدی مورد غفلت واقع شده است. اما انقلاب شیمی سبز افق جدیدی را به روی استفاده از آن باز کرده است. در فصل ۱۹، در مورد این روش صحبت می‌شود. مثالهایی از سنتز الکتروشیمیایی تهیه نمکهای فلزی، تولید در محل معرفها و الکتروسنتز آلی توصیف می‌شود.

سلهای سوختی یکی از سوختهای پاک برای آینده است. فصل ۲۰ به سلهای سوختی، انواع سلهای موجود و کاربردهای آن در حمل و نقل، تولید نیرو و کاربردهای جایگزین باتری در آینده سل‌های سوختی می‌پردازد. حلالهای جایگزین ابزار دیگری در جعبه ابزار شیمی سبز است و موضوع تلاش محققان بسیاری است. در حالی که استفاده از آب، سیالات فوق بحرانی و مایعات یونی در مراحل متعدد از این کتاب اشاره می‌شود، کربن دی اکسید فوق بحرانی، سیستمهای دو فاز در جریان و آب فوق بحرانی موضوعاتی هستند که کم و بیش با جزئیات بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرد. فصل ۲۱ به استفاده از CO_2 فوق بحرانی به عنوان یک محیط واکنش ملایم برای سنتزهای شیمیایی اختصاص دارد. بهبودهای متعدد در عملکرد فرآیند، شامل تشدید، فضاگزینی و افزایش طول عمر کاتالیزور مورد بحث قرار می‌گیرد. بحثهای بیشتر استفاده از CO_2 فوق بحرانی

برای جداسازی محصول و بازیافت کاتالیزور و همچنین استفاده همزمان سیال به عنوان حلال و معرف مورد بحث قرار می‌گیرد.

سیستم دو فازي در جريان يکي از ابداعات هوشمندانه برای شیمی سبز در سالهای اخیر است. فصل ۲۲ به استفاده و ساخت آنها، استخراج و سنتزهای انجام شده با آنها می‌پردازد. سرانجام ارتباط بین جريان و محیط CO_2 فوق بحرانی و امکانات اقتصادی شیمی دو فازي در جريان در نظر گرفته می‌شود.

فصل نهایي این کتاب آب فوق گرم را در نظر می‌گیرد. جدا از یک حلال جایگزین برای برخی واکنشهای آلی این مایع قابل توجه می‌تواند برای استخراج محصولات طبیعی و سایر مواد مورد استفاده قرار گیرد.

از زمانی که مقدمه مقاله شیمی با حداقل ضایعات را در شش سال پیش نوشتم پیشرفت‌های قابل توجهی داشته‌ایم. مفهوم شیمی سبز پدیدار شده است. هم اکنون کنفرانسهای شیمی سبز بسیار معمول است. یک مجله اختصاصی موجود است. کتابهای مقدماتی منتشر شده است و فعالیتهای آموزشی در همه سطوح وجود دارد. جعبه ابزار شیمی سبز اکنون خیلی بزرگ شده است. با توسعه‌های جالب در محیط واکنش جایگزین، کاتالیزور ناهمگن، سنتز پاک‌تر و طراحی راکتور. مهمتر از همه تعداد زیادی مثالهای جالب شیمی سبز در عمل وجود دارد. مثالهای واقعی که در آن صنعت به مزایای محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی دست یافته است. اما هنوز چالشهای بزرگتر پیش رو است. صنایع شیمیایی قرن بیست و یکم باید تمام اصول شیمی سبز را از طریق کارایی اتمی با کاربرد بهتر مواد خام، ضایعات کمتر، فرایندهای ساده‌تر و ایمن‌تر، بر پایه واکنشهای کوچک قابل انعطاف، محصولات ایمن‌تر و کاربرد مواد اولیه تجدیدپذیر تحقق بخشند و بدین وسیله دیدگاههای منفی نسبت به شیمی و صنایع شیمیایی باید از بین برود. شانس‌های بی‌شماری برای ابداع و کاربرد فن‌آوری پاک‌تر وجود دارد. مزایای بالقوه سبز شدن صنایع شیمیایی بسیار زیاد است و این مزایا به جامعه و نسل آینده منتقل خواهد شد.

از ویراستار همکارم دونکان مک‌کوری به خاطر شرکت در این کتاب و پذیرفتن تمام سختیهای آن و تکمیل این کار به بهترین نحو تشکر می‌کنم. در پایان از مالانی برنر در برآوردن نیازهای ویراستارها، نویسندگان و ناشران این کتاب سپاسگزارم.