

بسم الله الرحمن الرحيم

شیمی آلی فرانسیس ای کری

(ویرایش پنجم)

مترجمین:

دکتر منظر بانو اثنی عشری - دکتر مهشید نیکپور نزهتی

دکتر داوود نوری شرق - رباب اردکانی

سرشناسه	: کارلی، فرانسیس، ۱۹۳۷-م. Carey, Francis A
عنوان و نام پدید آور	: شیمی آلی کوی / نویسنده فرانسیس رای کوی : مترجمین دکتر منظر بانوائی عشری ۱۳۳۹ ... [و دیگران]
مشخصات نشر	: تهران : محراب دانش، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری	: ۶۲۲ ص. : مصور. جدول. نمودار.
شابک	: ۷۸۰۰۰ ریال، (ج. ۱) ۳-۲-۲۷۵۸-۹۶۴-۹۷۸ ریال (ج. ۱)
وضعیت فهرست نویسی: فیبا	
یادداشت	: مترجمین: منظر بانوائی عشری - مهشید نیکپور نزهتی - داوود نوری شرق - رباب اردکانی
یادداشت	: عنوان اصلی: Organic chemistry, 5th ed.
یادداشت	: چاپ قبلی: زند (۱۳۸۲).
یادداشت	: واژه نامه.
موضوع	: شیمی آلی.
شماره افزوده	: ۱۳۳۹ - مترجم منظر بانوائی عشری.
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۶ ش ۹ ق ۲ / QD ۲۵۱/۳
رده بندی دیویی	: ۵۲۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۱۱۵۲۵۱

نام کتاب شیمی آلی جلد ۱ - کوی

مترجمین دکتر منظر بانوائی عشری - دکتر داوود نوری شرق -

دکتر مهشید نیکپور نزهتی - رباب اردکانی

ناشر محراب دانش - خدمات فرهنگی نوآوران دانشگاهی

ناظر چاپ مهندس محمد رضا خسرو سرشکی

لیتوگرافی ستایش

چاپ آزاده

صحافی مرکز نشر صدا

طراح جلد گروه پنجره

تیراژ ۲۵۰۰ نسخه

چاپ دوم (اول ناشر) پائیز ۱۳۸۶

قیمت ۷۸۰۰۰ ریال

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۲۷۵۸-۰۴-۳

خدمات فرهنگی نوآوران دانشگاهی

مرکز توزیع: تهران - میدان انقلاب - خیابان کارگر جنوبی - خیابان لبافی نژاد غربی - انتهای کوی سیمین -

پلاک ۲۴۱

تلفن: ۶۶۵۶۵۸۲۵ - ۶۶۹۲۶۶۳۴ - ۶۶۵۹۶۶۱۸ همراه: ۰۹۱۲۵۵۸۴۹۸۲

حق چاپ برای شرکت کتاب نوآوران پارسا به شماره ثبت ۳۰۸۲۳۵ محفوظ می باشد.

فهرست مطالب

۹	مقدمه مترجمین
۱۱	پیشگفتار
۱۳	مقدمه
۲۳	فصل ۱: خواص حاصل از ساختار
۲۳	۱-۱: اتمها، الکترون‌ها و اوربیتال‌ها
۲۸	۲-۱: پیوندهای یونی
۳۱	۳-۱: پیوندهای کووالانسی و قانون هشت‌تایی
۳۳	۴-۱: پیوندهای دوگانه و سه‌گانه
۳۵	۵-۱: پیوندهای کووالانسی قطبی و الکترونگاتیویته
۳۹	۶-۱: بار قراردادی
۴۵	۷-۱: فرمولهای ساختاری مولکولهای آلی
۴۸	۸-۱: ایزومرهای ساختاری
۴۹	۹-۱: رزونانس
۵۷	۱۰-۱: شکل‌های چند مولکول ساده
۶۰	۱۱-۱: گشتاورهای دو قطبی مولکولی
۶۲	۱۲-۱: اسیدها و بازها: نظریه آرنیوس
۶۳	۱۳-۱: اسیدها و بازها: نظریه برونشتد-لوری
۶۹	۱۴-۱: چه اتفاقی برای pK_b می‌افتد؟
۷۰	۱۵-۱: چگونگی اثرات ساختاری روی قدرت اسیدی
۷۶	۱۶-۱: تعادل اسید-باز
۷۹	۱۷-۱: اسیدهای لوئیس و بازهای لوئیس
۸۲	۱۸-۱: خلاصه
۹۵	فصل ۲: هیدروکربنها، آلکانها
۹۵	۲-۱: طبقه‌بندی هیدروکربنها
۹۶	۲-۲: موج‌های الکترون و پیوندهای شیمیایی
۹۹	۳-۲: تشکیل پیوند H_2 ، مدل پیوند ظرفیت

۱۰۱	۴-۲: تشکیل پیوند در H_2 ، مدل اوربیتال مولکولی
۱۰۳	۵-۲: معرفی آلکانها: متان، اتان و پروپان
۱۰۵	۶-۲: هیبریداسیون sp^3 و تشکیل پیوند در متان
۱۱۰	۷-۲: تشکیل پیوند اتان
۱۱۱	۸-۲: آلکانهای ایزومری: بوتان‌ها
۱۱۲	۹-۲: نرمال آلکانهای بالاتر
۱۱۳	۱۰-۲: ایزومرهای C_5H_{12}
۱۱۶	۱۱-۲: نامگذاری ترکیبهای بدون شاخه
۱۱۸	۱۲-۲: کاربرد قواعد آیوپاک: نامهای ایزومرهای C_6H_{14}
۱۲۰	۱۳-۲: گزوههای آلکیل
۱۲۲	۱۴-۲: نامگذاری آیوپاک آلکانهای با شاخه‌های بیشتر
۱۲۵	۱۵-۲: سیکلوآلکانها
۱۲۹	۱۶-۲: منابع آلکانها و سیکلوآلکانها
۱۳۱	۱۷-۲: خواص فیزیکی آلکانها و سیکلوآلکانها
۱۳۶	۱۸-۲: خواص فیزیکی: احتراق آلکانها
۱۴۱	۱۹-۲: اکسایش-کاهش در شیمی آلی
۱۴۵	۲۰-۲: هیبریداسیون sp^2 و پیوند اتیلن
۱۴۸	۲۱-۲: هیبریداسیون sp و تشکیل پیوند در استیلن
۱۴۹	۲۲-۲: کدام نظریه پیوند شیمیایی بهتر است؟
۱۵۱	۲۳-۲: خلاصه
۱۶۳	فصل ۳: صورتبندی آلکان‌ها و سیکلوآلکان‌ها
۱۶۴	۱-۳: تحلیل صورتبندی اتان
۱۷۰	۲-۳: تحلیل صورتبندی بوتان
۱۷۲	۳-۳: صورتبندی‌های آلکان‌های بزرگتر
۱۷۵	۳-۴: ساختار سیکلوآلکان‌ها: مسطح یا غیرمسطح؟
۱۷۸	۵-۳: حلقه‌های کوچک: سیکلوپروپان و سیکلوبوتان
۱۷۹	۶-۳: سیکلپنتان
۱۸۰	۷-۳: صورتبندی‌های سیکلوهگزان
۱۸۲	۸-۳: پیوندهای محوری و استوایی در سیکلوهگزان
۱۸۵	۹-۳: وارونگی صورتبندی (وارونگی حلقه) در سیکلوهگزان
۱۸۷	۱۰-۳: تحلیل صورتبندی سیکلوهگزان‌های تک استخلافی
۱۹۳	۱۱-۳: سیکلوآلکان‌های دو استخلافی: ایزومرهای فضایی
۱۹۵	۱۲-۳: تحلیل صورتبندی سیکلوهگزان‌های دو استخلافی
۲۰۱	۱۳-۳: حلقه‌های متوسط و بزرگ
۱۰۱	۱۴-۳: سیستم‌های حلقوی پلی‌سیکلیک (چند حلقه‌ای)

۲۰۴	۱۵-۳ ترکیبات هتروسیکلی
۲۰۵	۱۶-۳ خلاصه
۲۱۷	فصل ۴: الکل‌ها و آلکیل هالیدها
۲۱۸	۱-۴: گروه‌های عاملی
۲۲۰	۲-۴: نامگذاری آیوپاک آلکیل هالیدها
۲۲۱	۳-۴: نامگذاری آیوپاک الکل‌ها
۲۲۲	۴-۴: طبقه‌بندی الکل‌ها و آلکیل هالیدها
۲۲۳	۵-۴: تشکیل پیوند در الکل‌ها و آلکیل هالیدها
۲۲۵	۶-۴: خواص فیزیکی الکل‌ها و آلکیل هالیدها: نیروهای درون مولکولی
۲۳۱	۷-۴: تهیه آلکیل هالید از الکل‌ها و هیدروژن هالیدها
۲۳۳	۸-۴: مکانیسم واکنش الکل‌ها با هالیدهای هیدروژن
۲۴۲	۹-۴: نمودار انرژی پتانسیل واکنشهای چند مرحله‌ای
۲۴۳	۱۰-۴: ساختار، تشکیل پیوند و پایداری کربوکاتیون
۲۴۷	۱۱-۴: اثر ساختار الکل روی سرعت واکنش
۲۴۹	۱۲-۴: واکنش الکل‌های نوع اول با هیدروژن هالیدها: مکانیسم S _N ۲
۲۵۱	۱۳-۴: روش‌های دیگر برای تبدیل الکل‌ها به آلکیل هالیدها
۲۵۲	۱۴-۴: هالوژن‌دار کردن الکان‌ها
۲۵۳	۱۵-۴: کلردار شدن متان
۲۵۴	۱۶-۴: ساختار و پایداری رادیکالهای آزاد
۲۶۰	۱۷-۴: مکانیسم کلردار شدن متان
۲۶۳	۱۸-۴: هالوژن‌دار کردن الکانهای بالاتر
۲۷۰	۱۹-۴: خلاصه
۲۸۱	فصل ۵: ساختار و روش تهیه آلکن‌ها
۲۸۲	۱-۵: نامگذاری آلکن‌ها
۲۸۷	۲-۵: ساختار و پیوند در آلکن‌ها
۲۸۸	۳-۵: ایزومری شدن در آلکن‌ها
۲۹۱	۴-۵: نامگذاری آلکن‌های ایزومر فضائی بر طبق سیستم نمادین E-Z
۲۹۴	۵-۵: خواص فیزیکی آلکن‌ها
۲۹۵	۶-۵: پایداری نسبی آلکن‌ها
۳۰۰	۷-۵: سیکلو آلکن‌ها
۳۰۳	۸-۵: تهیه آلکن‌ها: واکنشهای حذفی
۳۰۴	۹-۵: آب‌زدائی از الکل‌ها
۳۰۶	۱۰-۵: جهت‌گزینی در آب‌زدائی الکل قانون زایتسف
۳۰۸	۱۱-۵: فضاگزینی در آب‌زدائی الکل
۳۰۹	۱۲-۵: مکانیسم‌های E1 و E2 مربوط به آب‌زدائی الکل

۳۱۲	۵-۱۳: نوآرانی‌ها در آب زدائی الکل
۳۱۷	۵-۱۴: هیدرو هالوژن زدائی الکیل هالیدها
۳۲۰	۵-۱۵: هیدرو هالوژن زدائی الکیل هالیدها با مکانیسم E۲
۳۲۲	۵-۱۶: حذف آنتی در واکنشهای E۲
۳۲۵	۵-۱۷: مکانیسم E۱ هیدرو هالوژن زدائی الکیل هالیدها
۳۲۸	۵-۱۸: خلاصه
۳۴۳	فصل ۶: واکنشهای آلکن‌ها: واکنشهای افزایشی
۳۴۳	۶-۱: هیدروژن دار کردن آلکن‌ها
۳۴۵	۶-۲: گرمای هیدروژن دار کردن
۳۴۸	۶-۳: شیمی فضائی هیدروژن دار کردن آلکن
۳۵۱	۶-۴: افزایش هسته دوستی هیدروژن هالیدها به آلکن‌ها
۳۵۲	۶-۵: جهت‌گزینی در افزایش هیدروژن هالید
۳۵۵	۶-۶: اساس مکانیسمی قاعده مارکونیکوف
۳۵۹	۶-۷: نوآرانی‌های کربوکاتیونی در افزایش هیدروژن هالید به آلکن‌ها
۳۶۰	۶-۸: افزایش هیدروژن برمید به آلکن‌ها، بواسطه تشکیل رادیکال آزاد
۳۶۵	۶-۹: افزایش سولفوریک اسید به آلکن‌ها
۳۶۷	۶-۱۰: آب‌دار کردن آلکن‌ها در حضور کاتالیزگر اسیدی
۳۷۱	۶-۱۱: هیدرو بوردار کردن - اکسایش آلکن‌ها
۳۷۴	۶-۱۲: شیمی فضائی هیدرو بوردار کردن - اکسایش
۳۷۵	۶-۱۳: مکانیسم هیدرو بوردار کردن - اکسایش
۳۷۷	۶-۱۴: افزایش هالوژن به آلکن‌ها
۳۷۹	۶-۱۵: شیمی فضائی افزایش هالوژن
۳۸۰	۶-۱۶: مکانیسم افزایش هالوژن به آلکن‌ها
۳۸۴	۶-۱۷: تبدیل آلکن‌ها به هالو هیدرین‌های مجاور
۳۸۶	۶-۱۸: اپوکسیده کردن آلکن‌ها
۳۸۹	۶-۱۹: ازون کافت آلکن‌ها
۳۹۲	۶-۲۰: مقدمه‌ای بر سنتز شیمیائی مواد آلی
۳۹۴	۶-۲۱: واکنشهای آلکن‌ها با آلکن‌ها: پلیمر شدن
۴۰۲	۶-۲۲: خلاصه
۴۱۵	فصل ۷: شیمی فضایی
۴۱۵	۷-۱: کایرال بودن مولکولی: انانتیومرها
۴۱۷	۷-۲: مرکز کایرال
۴۲۲	۷-۳: تقارن در ساختارهای آکایرال
۴۲۳	۷-۴: فعالیت نوری
۴۲۶	۷-۵: پیکربندی مطلق و نسبی

۴۲۹	۶-۷: سیستم علامت‌گذاری S-R کان - اینگوولد - پرلوگ
۴۲۳	۷-۷: تصاویر فیشر
۴۲۶	۸-۷: خواص انانتیومرها
۴۲۹	۹-۷: واکنش‌هایی که مرکز کایرال به وجود می‌آورند
۴۴۳	۱۰-۷: مولکول‌های کایرال دارای دو مرکز کایرال
۴۴۷	۱۱-۷: مولکول‌های آکایرال دارای دو مرکز کایرال
۴۵۱	۱۲-۷: مولکول‌های دارای چندین مرکز کایرال
۴۵۴	۱۳-۷: واکنش‌هایی که دیاستریومرها به وجود می‌آورند
۴۵۷	۱۴-۷: جداسازی انانتیومرها
۴۶۱	۱۵-۷: پلیمرهای دارای نظم فضایی (فضا منظم)
۴۶۳	۱۶-۷: مراکز کایرال غیر از کربن
۴۶۴	۱۷-۷: خلاصه
۴۷۹	فصل ۸: جانشینی هسته دوستی
۴۸۰	۱-۸: تغییر گروه عاملی از طریق جانشینی هسته دوستی
۴۸۴	۲-۸: واکنش‌پذیری نسبی گروه‌های خارج شونده هالید
۴۸۴	۳-۸: جانشینی هسته دوستی از طریق مکانیسم SN_2
۴۸۶	۴-۸: شیمی فضایی واکنش‌های SN_2
۴۸۹	۵-۸: چگونه واکنش‌های SN_2 اتفاق می‌افتد؟
۴۹۰	۶-۸: اثرات فضایی در واکنش‌های SN_2
۴۹۳	۷-۸: هسته دوست‌ها و هسته دوستی
۴۹۸	۸-۸: مکانیسم SN_1 در واکنش جانشینی هسته دوستی
۵۰۰	۹-۸: پایداری کربوکاتیون و سرعت واکنش‌های SN_1
۵۰۲	۱۰-۸: شیمی فضایی واکنش‌های SN_1
۵۰۴	۱۱-۸: نوآرایی کربوکاتیون در واکنش‌های SN_1
۵۰۵	۱۲-۸: اثر حلال روی سرعت جانشینی هسته دوستی
۵۰۹	۱۳-۸: جانشینی و حذفی به عنوان واکنش‌های رقابتی
۵۱۳	۱۴-۸: استرهای سولفون به عنوان سوسترهایی در واکنش‌های جانشینی هسته دوستی
۵۱۷	۱۵-۸: نگاهی به عقب: واکنش‌های الکل‌ها با هیدروژن هالیدها
۵۱۹	۱۶-۸: خلاصه
۵۳۱	فصل ۹: آلکین‌ها
۵۳۱	۱-۹: منابع آلکین‌ها
۵۳۳	۲-۹: نامگذاری
۵۳۳	۳-۹: خواص فیزیکی آلکین‌ها
۵۳۴	۴-۹: ساختار و پیوند در آلکین‌ها: هیبریداسیون sp
۵۳۹	۵-۹: اسیدیته استیلن و آلکین‌های انتهایی

۵۴۲	۶-۹: تهیه آلکین‌ها با استفاده از آلکیل‌دار کردن استیلن و آلکین‌های انتهایی
۵۴۴	۷-۹: تهیه آلکین‌ها با استفاده از واکنش‌های حذفی
۵۴۶	۸-۹: واکنش‌های آلکین‌ها
۵۴۶	۹-۹: هیدروژن‌دار کردن آلکین‌ها
۵۴۹	۱۰-۹: کاهش آلکین‌ها با استفاده از فلز-آمونیاک
۵۵۱	۱۱-۹: افزودن هالیدهای هیدروژن به آلکین‌ها
۵۵۴	۱۲-۹: آبیوشی (افزایش آب) آلکین‌ها
۵۵۶	۱۳-۹: افزایش هالوژن به آلکین‌ها
۵۵۷	۱۴-۹: اوزون‌کافت آلکین‌ها
۵۵۸	۱۵-۹: خلاصه
۵۶۹	فصل ۱۰: مزدوج شدن در سیستم‌های آلکادی‌ان و آللیک
۵۷۰	۱-۱۰: گروه آلیل
۵۷۰	۲-۱۰: کربوکاتیونهای آلیلی
۵۷۶	۳-۱۰: رادیکالهای آزاد آلیلی
۵۷۸	۴-۱۰: هالوژن‌دار کردن آلیلی
۵۸۰	۵-۱۰: دسته‌بندی ترکیبهای دی‌ان
۵۸۲	۶-۱۰: پایداری نسبی ترکیبهای دی‌ان
۵۸۴	۷-۱۰: پیوند در دی‌انهای مزدوج
۵۸۷	۸-۱۰: پیوند در آنها
۵۸۹	۹-۱۰: تهیه دی‌انها
۵۹۱	۱۰-۱۰: افزایش هیدروژن هالیدها به دی‌انهای مزدوج
۵۹۴	۱۱-۱۰: افزایش هالوژن به دی‌انها
۵۹۷	۱۲-۱۰: واکنش دیلز-آلدر
۶۰۱	۱۳-۱۰: اوربیتالهای مولکولی p اتیلن و ۱ و ۳-بوتا دی‌ان
۶۰۵	۱۴-۱۰: آنالیز واکنش دیلز-آلدر براساس اوربیتال مولکولی p
۶۰۷	۱۵-۱۰: خلاصه

مقدمه مترجمین

بر محققین پوشیده نیست که شیمی آلی هر روز گسترش می‌یابد و ضرورت انتخاب کتابی که در برگیرنده تمام مطالب در این زمینه باشد، روز بروز بیشتر احساس می‌شود.

دانشمند با سابقه Francis A. Carey که هم‌اکنون نیز در بخش آموزش و پژوهش شیمی آلی فعال می‌باشد، سعی کرده است، کتاب حاضر را برای دانشجویان دانشگاهها و افرادی که تمایل دارند در زمینه شیمی آلی اطلاعات نسبتاً گسترده و جدیدی را کسب کنند، ارائه دهد. چاپ نخست این کتاب در سال ۱۹۸۷ میلادی به وسیله انتشارات Mc Graw-Hill منتشر شده و در زمان کوتاهی جزء پرفروش‌ترین کتابهای بسیار مفید درآمد. چاپ پنجم این کتاب در سال ۲۰۰۳ به وسیله انتشارات Mc Graw-Hill منتشر شد. مباحث موجود در این کتاب به صورت ساده و روشن مورد توجه قرار گرفته است. ترجمه فارسی چاپ پنجم این کتاب، در سه جلد تنظیم شده است و مطالب هر جلد تقریباً با سر فصل‌های مصوب کمیته علوم پایه شورای عالی انقلاب فرهنگی، برای درس‌های شیمی آلی ۱ و ۲ و ۳ مطابقت دارد.

در ترجمه این کتاب کوشش شده است که تا حد امکان از واژه‌های فارسی استفاده شود. با تمام کوشش‌هایی که مترجمین در جهت استفاده از عبارتهای ساده و روان به عمل آورده‌اند، هرگز ادعا نمی‌کنند که برگردان حاضر، عاری از هرگونه عیب و کاستی است. از این رو، انتقادات و راهنمایی‌های همکاران ارجمند و خوانندگان گرامی را به جان خریدارند و با تشکر ارج می‌نهند.

مترجمین از تلاش‌های فراوان مدیریت مؤسسه انتشارات شریف برای چاپ کتاب با کیفیت هر چه بهتر سپاسگزاری می‌کنند.

منظر بانو اثنی عشری؛ داوود نوری شرقی؛
مهشید نیکپور؛ ریاب اردگانی

پیشگفتار

از نخستین ویرایش کتاب تاکنون «ویرایش پنجم» شیمی آلی به گونه‌ای طراحی شده است که نیازهای اصلی دانشجویان رشته شیمی آلی را در دو ترم فراهم نماید. از آغاز و در هر ویرایش جدید ما به برخی اصول اساسی وفادار مانده‌ایم.

آیا موضوعات کتاب به طور مقتضی علایق، خواسته‌ها و تجربیات خوانندگان را مورد نظر قرار می‌دهد؟ در عین حال لازم است که یک تصویر دقیق از موقعیت امروزی شیمی آلی نشان داده شود. حال چگونه می‌توانیم از میزان دانسته‌هایمان اطلاع پیدا کنیم؟ چه چیزی باعث می‌شود که شیمی آلی ارزش مطالعه پیدا کند؟ ما در کجای این راه هستیم؟ و به کجا می‌رویم؟

مهمترین نکته شیمی این است که خواص یک ماده از ساختار آن ناشی می‌شود. مسأله‌ای که کمتر مورد توجه بوده و در عین حال اهمیت زیادی دارد نتایج فرعی این قضیه می‌باشد. یک دانش آموخته شیمی می‌تواند با نگاه کردن به ساختار یک ماده، اطلاعات زیادی در مورد ویژگی‌های آن به دست آورد. شیمی آلی شاخه‌ای از علم شیمی است که به بهترین صورت ساختار یک ماده را به ویژگی‌های آن مرتبط می‌کند. هدف ما تأکید بر ارتباط بین ساختار و ویژگی‌های یک ماده با استفاده از وسایلی است که به بهترین وجه این ارتباط را میسر سازد.

یکی از این وسایل توجه به ویژگی‌های ساختاری می‌باشد. با گذشت زمان اهمیت گروه‌های عاملی به خوبی مشخص شده است که این گروه‌ها واحدهای ساختاری مولکول هستند و خواص مولکول از آن‌ها ناشی می‌شود. متن کتاب مطابق با گروه‌های عاملی مختلف تنظیم شده است اما تأکید زیادی بر مکانیسم واکنش‌ها شده و در عین حال دانشجویان را تشویق می‌کند تا شباهت‌هایی در گروه‌های عاملی مختلف پیدا کنند.

وسیله دیگر نحوه ارائه اطلاعات می‌باشد. در ویرایش سوم توجه و تأکید بر روی مدل مولکولی بوده و در ویرایش چهارم با اضافه کردن نقشه‌های «الکتروستاتیک اسپارتن»^۱ سعی نمودیم کمک بیشتری به درک مسایل کنیم و این شیوه را در ویرایش پنجم نیز ادامه دادیم.

مدل‌های مولکولی و نرم‌افزارهایی برای ساختن مدل‌های شخصی نه تنها شیمی آلی را برای دانش‌آموزان قابل دسترس‌تر می‌کند، بلکه تجربه مفیدی برای همگان خواهد بود.

ویژگی‌های جدید ویرایش پنجم

ساختار

تغییرات کلی در ابتدا و انتهای کتاب مشاهده می‌شود. تغییراتی که در فصل ۱ صورت گرفته، زیاد بوده و به صورت کمتر در تمامی کتاب ادامه دارد. فصل ۲۸ نیز به کتاب اضافه شده است.

- جدید! فصل ۱ با عنوان «ساختار، ویژگی‌ها را تعیین می‌کند، نامگذاری شده است تا هدف آن بهتر منعکس شود و برای نشان دادن طرز عمل دقیق‌تر اسیدها و بازها دوباره‌نویسی شده است. پیش از آنکه مروری بر دانسته‌های دانشجویان، درباره‌ی اسیدها و بازها که در شیمی عمومی آموخته‌اند، شود بخش‌های ۱۲- تا ۱۷- اسیدها و بازها را از دیدگاه شیمی آلی مورد بررسی قرار می‌دهد.

- برای تطبیق وسایل جدید در مورد بخش اسیدها و بازها در فصل ۱ مدل هیبریداسیون اوربیتالی پیوندها در ترکیب‌های آلی دوباره‌نویسی شده و به فصل ۲ منتقل شده است و به همین منظور فصل ۲ نیز با عنوان «پیکره‌های هیدروکربنی، آلکان‌ها» نامگذاری شده است. - به فصل ۱۳ «اسپکتروسکوپی^۱» ضمیمه‌ای در مورد تغییر مکان شیمیایی ^1H و ^{13}C و بخش جدیدی در مورد $^2\text{DNMR}$ اضافه شده است.

همچنین بخش جدیدی با عنوان «هزاران طیف» تهیه شده است که به معرفی «وب سایت‌هایی^۲» می‌پردازد که در آن‌ها کتابخانه‌های طیف‌ها و مسائل اسپکتروسکوپی برای سطوح مختلف آمده است.

- در فصل ۲۷ بخش مربوط به اسیدهای نوکلئیک حذف شده و عنوان فصل نیز به «آمینو اسیدها، پپتیدها و پروتئین‌ها» تغییر کرده است. - جدید! فصل ۲۸ «نوکلئوسیدها، نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک» به کتاب اضافه شده است. اضافه شدن این فصل به دلیل اهمیت زیاد این موضوع و رشد فزاینده‌ی آن در مورد ساختار مولکولی ژنتیک می‌باشد.

روش تدریس

- جدید! واکنش‌مبثی که به استفاده فراوان از جدول‌های تنظیم شده شیمی آلی وجود دارد ما را بر آن داشت که جدول‌های جدیدی اضافه کنیم.

مقدمه

ریشه تمام علوم کنجکاوی سیری ناپذیر، برای آگاهی در مورد خود ما و دنیای پیرامونمان است. ما، همانند اجدادمان هنگامی که کرم‌های شب تاب، یک عصر تابستانی را روشن می‌کنند شگفت زده می‌شویم.

رنگ‌ها و بوهای طبیعت پیغام ظریفی از گوناگونی بی‌نهایت است. حتی با چشمان بسته می‌توانیم بگوییم که آیا در یک جنگل کاج هستیم یا نزدیک ساحل دریا. ما تمام این زیبایی‌ها را ستایش کرده و در عین حال شگفت زده می‌شویم. چگونه کرم شب تاب نور تولید می‌کند؟ چه موادی هستند که باعث منحصر به فرد بودن بوی جنگل کاج می‌شوند؟ چگونه برگ‌های سبز درختان در تابستان به قرمز، نارنجی و طلایی رنگ پائیز تبدیل می‌شوند؟

خاستگاه شیمی آلی

علم شیمی - علم مطالعه مواد و تغییرات مواد - به عنوان یکی از ابزارهای فهم بیشتر دنیای پیرامون ما، تا اواخر قرن هجدهم میلادی به گندی پیشرفت کرد. در همان زمان یک نجیب زاده فرانسوی به نام «آنتوان لوزن لاوازیه» ضمن مطالعه احتراق مواد، به نکاتی دست یافت که نشان می‌داد چگونه می‌توان ترکیبهای شیمیایی را با تعیین و اندازه گیری میزان آب، دی اکسید کربن و سایر مواد تولید شده در ضمن سوختن در هوا شناسایی نمود. همزمان با مطالعات لاوازیه علم شیمی به دو شاخه دسته بندی شد: یک شاخه به موادی می پرداخت که از طبیعت یا موجودات زنده به دست آمده و شیمی آلی نامیده شد. شاخه دیگر به دسته موادی می پرداخت که از مواد غیرزنده، معدنی و مانند آن به دست می آمد و شیمی معدنی یا غیرآلی نامیده شد. تجزیه مواد حاصل از احتراق نشان داد که ترکیبهایی که از منابع آلی مشتق شده اند محتوی کربن می باشند و بدین ترتیب تعریف جدیدی از

شیمی آلی بوجود آمد. شیمی آلی علم مطالعه ترکیبهای کربن دار است این تعریفی است که امروزه نیز به کار می رود.

برزلیوس، و هلر و اصل حیات

در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزده «جونز ژاکوب برزیوس»^۱ یکی از پیشگامان دنیای علوم بود. برزیوس که رشتهٔ اصلی‌ش طب بود، علاقهٔ فراوانی به علم شیمی داشت و همکاری‌های متعددی در این زمینه انجام داده بود. او بود که در سال ۱۸۰۷ اصطلاح شیمی آلی را به مطالعهٔ ترکیب‌های مشتق شده از منابع طبیعی مربوط کرد. برزیوس همانند سایر هم‌عصرانش به اصلی به نام اصل حیات^۲ معتقد بود. این اصل بیان می‌داشت که سیستم‌های زنده دارای یک نیروی حیات هستند که در سیستم‌های غیرزنده وجود ندارد. عقیده بر این بود که ترکیب‌های مشتق شده از منابع طبیعی (آلی) به طور اساسی با ترکیب‌های غیرآلی تفاوت دارند. ترکیب‌های غیرآلی را می‌توان در آزمایشگاه به طور سنتزی تهیه نمود اما این امر در مورد ترکیب‌های آلی امکان‌پذیر نیست و یا حداقل نمی‌توان آنها را از مواد غیرآلی تهیه کرد.

در سال ۱۸۲۳ فردریش وهلر^۳ که تازه تحصیلات خود را در علم طب در آلمان کامل کرده بود به استکهلم^۴ سفر کرد تا مطالعاتش را تحت نظر «برزلیوس» ادامه دهد. یک سال بعد «وهلر» به کرسی استادی شیمی نائل شد و تحقیقاتش را در برلین ادامه داد. او بیشتر اوقاتش را در دانشگاه Göttingen سپری می‌کرد. اما عمده شهرتش در این زمان مربوط به انتشار مقاله سال ۱۸۲۸ می‌شود. او بیان کرد که هنگام تبخیر محلول آبی سیانات آمونیوم به بلورهای شفاف و بی‌رنگی دست یافته است که هر کدام بیش از یک اینچ طول دارد و این بلورها، سیانات آمونیوم نبوده بلکه به جای آنها اوره تولید شده است.



مشاهدات و هلر نشان می‌داد که یک نمک غیرآلی «سیانات آمونیوم»، به اوره که یک ماده آلی شناخته شده است و در گذشته از ادرار جدا می‌شد، تبدیل شده است، این آزمایش یک گام بزرگ در علم بوده و اولین مرحله برای از میان برداشتن فلسفه اصل حیات است. اگرچه روش و هلر برای سنتز آزمایشگاهی یک ترکیب آلی از مواد اولیه غیرآلی پایه‌های اصل حیات را متزلزل کرد، اما اعتقاد به این اصل یک شبه از میان نرفت. و هلر هیچ ادعایی در مورد رابطه کشفش با تئوری اصل حیات نکرد اما زمینه‌های از میان رفتن این اصل، فراهم شد و نسل بعد شیمی آلی به کلی آن را منسوخ کرد.

آنچه و هلر و مزیی آن برزیلوس را در مورد این آزمایش هیجان‌زده می‌کرد، ارتباط کمی به اصل

حیات داشت. برزیلیوس به مواد کاملاً متفاوتی که ترکیب عنصری یکسان داشتند علاقه‌مند بود و اصطلاح ایزومری را برای تشریح آنها به کار برد. این واقعیت که یک ترکیب غیرآلی (سیانات آمونیوم) با فرمول مولکولی $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ می‌تواند به یک ترکیب آلی (اوره) با همان فرمول مولکولی تبدیل شود، یک مفهوم مهم ایزومری می‌باشد.

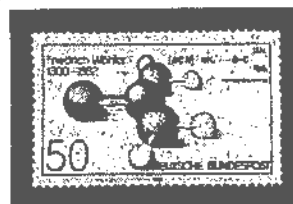
مقاله «وهرل و نیروی حیات» در شماره مارس ۱۹۵۷ مجله آموزشی شیمی (۱۴۲-۱۴۱) به چاپ رسید و نشان می‌دهد که چگونه آزمایش وهرل بر اعتقاد بر اصل حیات تأثیر گذاشت. شرح جدیدتری از اهمیت کار وهرل در شماره سپتامبر ۱۹۹۶ همان مجله (۸۸۶-۸۸۳) به چاپ رسیده است.



تصویر لاوازیه بر روی تمبر چاپ شده در فرانسه در سال ۱۹۴۳



تمبری که به افتخار برزیلیوس در سال ۱۹۷۹ در سوئد چاپ شد.



این تمبر آلمانی مدل مولکولی اوره را به تصویر می‌کشد و در سال ۱۹۸۲ به افتخار یکصدمین سال مرگ وهرل چاپ شد. گرافیک کامپیوتری که در آغاز بخش مقدمه آمده نیز یک مدل از اوره می‌باشد.

تئوری ساختاری

با استفاده از مفهوم ایزومری می‌توان به خاستگاه تئوری ساختاری دست یافت. تئوری ساختاری بدین معنی است که آرایش دقیق اتم‌ها برای هر ماده، منحصر به فرد است. سیانات آمونیوم و اوره به دلیل داشتن ساختارهای متفاوت، ترکیبهای مختلفی هستند. در این دوران بود که زمان لازم برای طرح تئوری ساختاری تا حدودی فراهم شده بود. سد دانشمند به نام‌های «آگوست ککوله»^۱، «آرچی بالد. اس. کوپر»^۲ و «الکساندرام. باتلروو»^۳ به طور جداگانه پایه‌های تئوری ساختاری را پیشنهاد کردند.

تحصیلات دانشگاهی ککوله ابتدا در زمینهٔ نقش‌کشی بود و همکاری او در زمینهٔ علم شیمی به تشریح ساختار مولکول بر می‌گردد. موضوعات اصلی کار ککوله حول دو محور بود: ارزیابی منتقدانه

1. August Kekule

2. Archibald S. Couper

3. Alexander M. Butlerov

اطلاعات آزمایشگاهی و استعداد او که مولکول را به صورت ذرات مجزای اتمی در نظر می‌گرفت ویژگی‌های اساسی تئوری ککوله هنگامی که او در دانشگاه «هایدل برگ» تدریس می‌کرد توسعه پیدا کرد. در این زمان بود که مشخص شد کربن به طور طبیعی چهار پیوند تشکیل می‌دهد و این توانایی را دارد تا با اتم‌های کربن دیگر تشکیل پیوند داده و زنجیرهای طولیل کربنی ایجاد کند. مشخص شد که حالت ایزومری به دلیل اینکه ترکیب همان عناصرها می‌تواند بیش از یک مدل از اتم‌ها و پیوندها را فراهم کند امکان‌پذیر بود. (فرمول مولکولی C_4N_2O در سیانات آمونیم و اوره مشترک است)

مدت زمان کوتاهی بعد از ککوله «آرچی بالد. اس. کوپر» در آزمایشگاه Charles-Adolphe wartz at the École de médecine در پاریس و «الکساندر باتلروو» یک شیمیدان روسی در دانشگاه (Kazan) به طور مستقل تئوری‌های مشابهی را پیشنهاد کردند.



تصیری که در سال ۱۹۶۸ در آلمان چاپ شد
و طرحی از ساختار بنزن همراه با تصویر صورت ککوله می‌باشد

دانشگاه کازان مکانی است که تعداد زیادی از شیمیدانان آلی برجسته قرن نوزدهم در آن فعالیت داشته‌اند مشارکت آنها در این زمینه به صورت دو مقاله در شماره‌های ژانویه و فوریه ۱۹۹۴ مجله آموزش شیمی منتشر شده است. (۴۲-۳۹ و ۹۸-۹۳).

تئوری‌های الکترونی ساختار و واکنش‌پذیری

در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم کشف‌های مهمی در مورد طبیعت اتم‌ها انجام شد و باعث شد که تئوری‌های ساختار و پیوند مولکولی، پایه و اساس محکم‌تری پیدا کنند. نظریه‌های - ساختاری از تشخیص ارتباط بین اتم‌ها آغاز و به کوشش‌هایی در زمینه فهم نیروهای پیوندی منتهی شد. در سال ۱۹۱۶ گیلبرت - ان - لوئیس^۱ از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی^۲، پیوند کووالانسی را با اصطلاح جفت الکترونی‌ها به اشتراک گذاشته شده تشریح کرد. لینوس پائولینگ^۳ در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا طرح پیوندی پیچیده‌تری را براساس نظریه لوئیس مطرح کرد، و مفهوم رزونانس را با استفاده از مکانیک کوانتوم فیزیک بیان کرد. هنگامی که شیمیدانان به ارزش مفاهیم اساسی پیوند دست یافتند، گام منطقی بعدی، دانستن چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی بود که از میان دانشمندانی که در این زمینه فعالیت کردند، دو شیمیدان آلی انگلیسی به نام‌های «سر رابرت

1. Gilbert N. Lewis

2. Berkeley

3. Linus Pauling

رایبسون^۱ و سر کریستفر اینگلد^۲، برجسته‌تر می‌باشند. هر دو این شیمیدانان کرسی تدریس را در دانشگاه دَر اختیار داشتند. رایبسون در دانشگاه آکسفورد و اینگلد در دانشگاه لندن تدریس می‌کرد. رایبسون که در ابتدا به شیمی آلی فراورده‌های طبیعی علاقه‌مند بود هوش سرشار و فهم عمیقی از تئوری داشت. او با استفاده از عناصر اولیه تئوری ساختاری لوئیس، پیشنهاد کرد که تغییرات شیمیایی را می‌توان با تمرکز به روی الکترون‌ها به خوبی درک کرد. در واقع او واکنش‌های آلی را با توجه به الکترون‌ها تجزیه کرده و فهمید که اتم‌ها به دلیل انتقال الکترون، حرکت می‌کنند. اینگلد با استفاده از شیوه‌های کوانتومی شیمی فیزیک، به مطالعه واکنش‌های آلی پرداخت تا توانی مراخل واکنش را بهتر درک کند. این امر در واقع مکانیسم واکنش می‌باشد که در آن یک ماده آلی تحت شرایط داده شده به محصول تبدیل می‌شود.

درک امروزی، از مکانیسم واکنش‌های اولیه بسیار خوب می‌باشد. بسیاری از واکنش‌های اساسی شیمی آلی به حدی موشکافی شده‌اند که تصویر نسبتاً روشنی از واسطه‌هایی که در جریان تبدیل مواد اولیه به محصولات به وجود می‌آیند دارند. از سوی دیگر توسعه مفاهیم مکانیسم به واکنش‌هایی که در سیستم‌های زنده روی می‌دهند، زمینه‌ای است که در آن هنوز هزاران پرسش بدون پاسخ باقی مانده است.



تصویری از لِنوس پائولینگ بر روی تمبری که در سال ۱۹۷۲ چاپ شده است. فرمول‌های شیمیایی دو فرم رزونانس پزن را به تصویر می‌کشند و انفجاری که در پس زمینه مشاهده می‌شود سمبلی از کوشش‌های پائولینگ برای محدود کردن آزمایش سلاح‌های هسته‌ای است.

تأثیرات مهم علم شیمی آلی

بسیاری از ترکیب‌های آلی نزد فرهنگ‌های باستانی، شناخته شده بوده و مورد استفاده قرار می‌گرفتند. تقریباً هر جامعه بشری نوشیدنی‌هایی محتوی اتیل الکل تهیه و استفاده کرده و تولید اسید استیک را هنگامی که شراب به سرکه تبدیل می‌شود، مشاهده کرده است. تمدن‌های اولیه چین (۳۰۰۰-۲۵۰۰ BCE) به طور گسترده‌ای از مواد طبیعی برای درمان بیماری‌ها، استفاده می‌کردند و دارویی به نام ماهانگ^۳ را از افشره‌های گیاهی تهیه کرده بودند. این دارو یک محرک بوده و فشار

1. Sir Robert Robinson

2. Sir Christopher Ingold

3. ma huang

خون را بالا می‌برد. امروزه می‌دانیم که این ماده شامل «افدرین» است که یک ترکیب آلی بوده و از نظر ساختار و فعالیت فیزیولوژیکی به آدرنالین شبیه می‌باشد. آدرنالین هورمونی است که از غدهٔ آدرنال ترشح می‌شود.

تقریباً تمامی داروهایی که امروزه برای درمان بیماری‌ها تجویز می‌شوند، مواد آلی هستند. برخی از آنها از منابع طبیعی استخراج شده و بسیاری دیگر محصولات سنتزی شیمی آلی هستند. در حدود سال‌های ۲۵۰۰ BCE در هندوستان نیل برای رنگ کردن پارچه‌ها به آبی تیره مورد استفاده قرار می‌گرفت. فنیقی‌های اولیه کشف کردند که یک رنگ ارغوانی با ارزش بالا را می‌توان از یک حلزون دریایی مدیترانه‌ای استخراج کرد. زیبایی این رنگ و نادر بودن آن سبب شد که رنگ ارغوانی به رنگ سلطنتی تبدیل شود.

فراوانی مواد رنگزا در سال ۱۸۵۶ دچار تغییر ناگهانی شد. در این زمان بود که یک دانش‌آموز ۱۸ ساله به نام «ویلیام هنری پرکین»^۱ به طور تصادفی یک روش ساده برای تهیهٔ رنگ ارغوانی تیره از عصارهٔ زغال‌سنگ کشف کرد. او این ماده را *mauveine* نامید. این روش به تحقیق برای تولید رنگ‌های سنتزی دیگر منجر شده و ارتباط دائمی بین صنعت و تحقیقات شیمیایی به وجود آورد.

صنعت فیبر سنتزی به گونه‌ای که امروزه می‌شناسیم در سال ۱۹۲۹ هنگامی که «ای دو پنت دنوموروس»^۲ و کمپانی، پرفسور والارنس اچ. کاروتز را از دانشگاه هاروارد به سمت ریاست دپارتمان تحقیقاتش انتخاب کرد، آغاز شد. با گذشت چند سال کاروتز و همکارانش نایلون، اولین فیبر مصنوعی، و نئوپرن، یک جایگزین پلاستیک را تولید کردند.

فیبرهای مصنوعی و لاستومرها هر دو صنایع مهم همزمانی هستند که در اواسط دههٔ ۱۹۲۰ بیش از هر چیز قابل تصور دیگری، تأثیر اقتصادی مهمی داشتند.



تصویر کاشف پنی سیلین، سرالکساندر فلمینگ^۳ بر روی دو تمپر به چاپ رسیده است این تمپر مجارستانی که در سال ۱۹۸۱ چاپ شده است تصویری از فلمینگ و فرمول ساختاری پنی سیلین را نشان می‌دهد.

کامپیوتر و شیمی آلی

1. William Henry Perkin

2. E.I. Du Pont de Nemours

3.

در یک آرایش آشنا از علوم، شیمی، بین فیزیک، که بیشتر محاسباتی بوده، و زیست، که بیشتر تشریحی می‌باشد، قرار دارد.

از میان زیر مجموعه‌های علم شیمی، شیمی آلی بیشتر تشریحی است تا محاسباتی، زیرا بر جوانب کیفی ساختار مولکولی، واکنش‌ها و سنتز، تأکید می‌کند. کاربردهای اولیه کامپیوتر در شیمی با استفاده از قدرت پردازنده‌های مرکزی بر روی تجزیه داده‌ها و محاسباتی است که بیشتر به جنبه‌های کمی تئوری پیوند می‌پردازد.

اخیراً شیمیدانان آلی کشف کرده‌اند که با استفاده از توانایی‌های گرافیکی مینی کامپیوترها و کامپوترهای شخصی می‌توان مولکول را به صورت یک جسم سه بعدی مشاهده کرد و می‌توان واکنش مولکول‌ها را با یکدیگر بخوبی دید.

اگر یک مولکول زیستی با ساختار شناخته شده به عنوان مثال، یک پروتئین و یک دارو که بر روی آن قرار دارد داشته باشیم، نرم‌افزار مدل مولکولی می‌تواند راه‌های گوناگونی را که این دو مولکول می‌توانند با هم واکنش دهند را به دهد. این گونه مطالعات، اطلاعاتی را در مورد مکانیسم عمل داروها فراهم کرده و راهنمایی برای توسعه داروهای جدید با کارایی بالاتر است.

اثر کامپیوتر بر عمل شیمی آلی یک پیشرفت بسیار مهم بوده که می‌توان آن را در فصل‌های پیش‌رو، مشاهده کرد.



کشورهای زیادی صنایع شیمیایی خود را با انتشار تمبر تحسین کردند. تمبر فوق در سال ۱۹۷۱ در آرژانتین چاپ شد.

رقابت‌ها و فرصت‌ها

یکی از دلایل مهم پیشرفت شیمی آلی در قرن حاضر دسترسی آسان به صنایع اولیه ارزان قیمت است. نفت و گاز طبیعی پایه‌های لازم برای ساختن مولکولهای بزرگ‌تر را فراهم می‌کنند. با استفاده از پتروشیمی آرایش خیره‌کننده‌ای از مواد گوناگون به دست می‌آید که زندگی ما را غنی‌تر می‌کند. بسیاری از داروها، پلاستیک‌ها، فیبرهای مصنوعی، فیلم‌ها و الاستومرها که از مواد شیمیایی آلی ساخته می‌شوند در واقع از نفت به وجود می‌آیند.

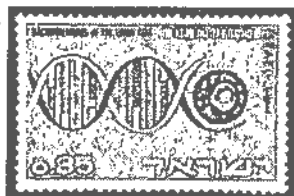
با ورود به عصری که با کاهش روزافزون منابع طبیعی روبه‌رو هستیم میزان استفاده از منابع نفتی در شکل‌گیری نوع جامعه تأثیر زیادی خواهد داشت. با استفاده از منابع جایگزین، انرژی به ویژه برای حمل و نقل درصد بیشتری از منابع نفتی محدود موجود را می‌توان به جای سوزاندن در موتور

اتومبیل‌ها، به پتروشیمی تبدیل کرد. در یک اقدام پایه‌ای‌تر دانشمندان در صنعت شیمی در تلاش هستند، راه‌هایی را برای استفاده از دی‌اکسید کربن به عنوان منبع کربن در تولید مولکول‌های ساختاری بیابند. بسیاری از فرآیندهای مهم در صنعت شیمی در حضور کاتالیزورها انجام می‌شود. کاتالیزورها سرعت یک واکنش شیمیایی ویژه را افزایش می‌دهند بدون آنکه خود در جریان واکنش مصرف شوند. در این تحقیق برای کشف کاتالیزورهای جدید می‌توانیم اطلاعات زیادی را از بیوشیمی به دست آوریم. بیوشیمی علم مطالعه واکنش‌های شیمیایی است که در ارگانیسم‌های زنده رخ می‌دهد. تمامی واکنش‌های پایه‌ای با آنزیم‌ها کاتالیز می‌شوند. هنگامی که یک واکنشی که در آن کاتالیزور آنزیمی به کار رفته است را با یک واکنشی که در غیاب این کاتالیزور، مقایسه کنیم، مشاهده می‌کنیم که سرعت واکنش کاتالیز شده چندین میلیون برابر است. بسیاری از بیماری‌ها در نتیجه نقصان آنزیم ویژه‌ای است و این امر باعث تداخل در متابولیسم طبیعی می‌شود.

در تجزیه نهایی، درمان مؤثر بیماری‌ها، نیازمند ادراک فرایندهای بیولوژیکی در سطح مولکولی می‌باشد. محصولات فرعی واکنش چیست؟ محصولات اصلی کدامند؟ و مکانیسمی که محصول فرعی را به محصول اصلی تبدیل کند چگونه است؟ پیشرفت‌های فراوانی در زمینه فهم فرایندهای بیولوژیکی به وجود آمده است اما به دلیل پیچیدگی سیستم‌های زیستی تاکنون تنها توانسته‌ایم سطح این دنیای شگفت‌انگیز را خراش دهیم.

در طی سال‌های اخیر گام‌های شگفت‌انگیزی در ژنتیک برداشته شده است. اگر چه ژنتیک عموماً به عنوان شاخه‌ای از زیست‌شناسی در نظر گرفته می‌شود اما مطالعات فراوانی در این زمینه در سطح مولکولی به وسیله دانشمندان علم شیمی برداشته شده است. تکنیک‌های شکاف ژن‌ها و شیوه‌های تعیین ساختار دقیق مولکولی DNA، تنها دو نمونه از وسایلی هستند که به انقلاب علوم آینده منتهی می‌شوند.

شما شیمی‌آلی را در عصری مطالعه می‌کنید که بیشترین تأثیرش را بر روی زندگی روزانه ما دارد. امروزه می‌توان آن را یک علم بالغ در نظر گرفت و زمان نیست که مهم‌ترین پرسش‌های ممکن در زمینه آن مطرح می‌شود.



تمبر فوق که نشان دهنده دو رشته به هم پیچیده DNA است
در سال ۱۹۶۴ در اسرائیل چاپ شد.