شیمی در قرن آینده و راهبرد آموزشی ما

داور م. بقاعی
دانشیار دانشکدهٔ شیمی
دانشگاه صنعتی شریف

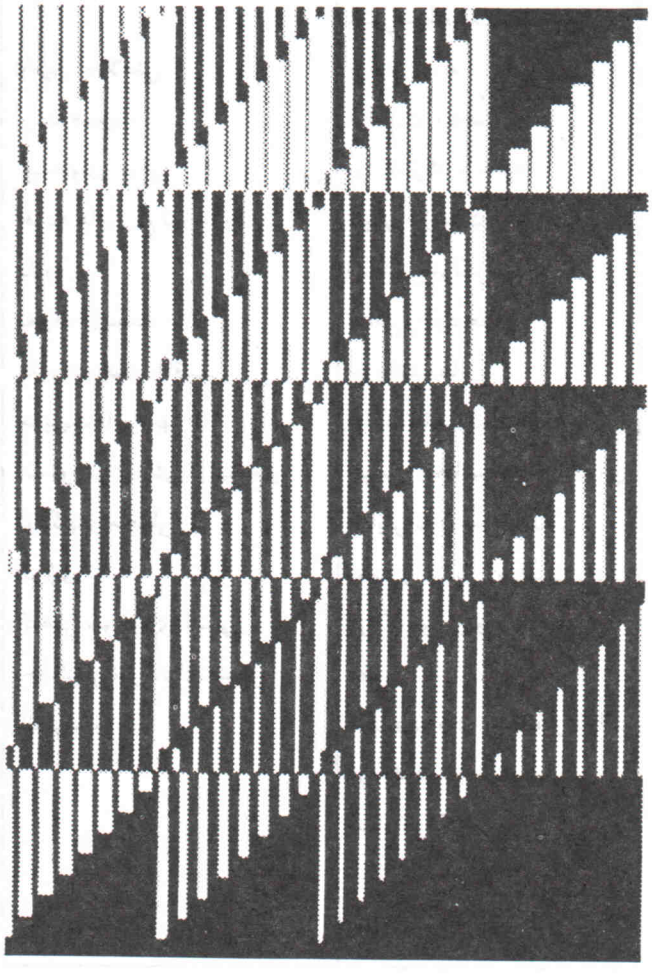
چکیده

مسیر شیمی در آینده از طریق مشارکت و سهم اجتناب ناپذیر آن در یک مقیاس وسیع برای "حل معضلات اجتماعی" وهمچنین "طرح و تولید فکرهای جدید" که نتیجهٔ تحقیقات پایه ای در این شاخه است تعیین خواهد شد. شیمی در حل مسائل مربوط به چهار عرصهٔ اجتماعی ایفای نقش خواهد کرد: *امنیت ملی*، *تامین سلامتی*، *محیط زیست و انرژی* - و چهار حوزهٔ تحقیقاتی برای این عرصه های اجتماعی ثمره هایی به بار خواهد آورد: *شیمی مواد*، *شیمی زیست شناختی*، *محاسبات رایانه ای در شیمی* و *شیمی کاوش در قلمرو محدوده های "اندازه و سرعت"* در پدیده های شیمیایی.

بدیهی است راهبرد آموزشی ما در زمینهٔ شیمی باید کاملاً با در نظر گرفتن این موارد تدوین و تعیین شود. اصول مدیریت آموزشی، روانشناسی یادگیری و نوجوانی، فنون انتقال مفاهیم شیمی، تنظیم برنامه های آموزشی هدف دار، تدوین کتابهای مناسب، ارتقاء انگیزهٔ تفکر و پژوهش در شیمی و به کارگیری ابزارهای پیشرفتهٔ آموزشی جایگاه ویژه‌ای در این راهبرد خواهند داشت.

مقدمه

می توان گفت شیمی بر روی دو پایه رشد می کند: رفع نیازها و حس کنجکاوی (شکل ۱). مسیر آیندهٔ آن را فقط می توان حدس زد و به میزان رشد آن در گذشته و موقعیت فعلی بستگی دارد. جالبترین و مهمترین جهت گیری آیندهٔ شیمی ممکن است خیزش جهش وار از وضعیت فعلی باشد. چنین رویکردی غیرقابل پیش بینی است. آنچه قابل پیش بینی است، "کشش" ناشی از *معضلات اجتماعی* و "فشار" *تولیدات علوم و فن آوری* است که آیندهٔ شیمی را رقم خواهد زد. چهار عرصهٔ اجتماعی شامل: *امنیت ملی*، *تامین سلامتی*، *محیط زیست و انرژی* و چهار حوزهٔ تحقیقاتی شامل: *شیمی مواد*، *شیمی زیست شناختی*، *محاسبات رایانه ای و شیمی کاوش در قلمرو محدوده های "اندازه و سرعت"* در پدیده های شیمی در این جهت دهی کارساز خواهند بود (جدول ۱). سهم هر یک از آنها باید بررسی شود تا بتوان یک راهبرد آموزشی مناسب برای ارائه آن طراحی کرد. شناخت و پیش بینی عوامل موثر در سمت گیری آیندهٔ این شاخهٔ مهم علوم پایه و دستیابی به روشها و فنون انتقال مفاهیم آن به نسل آینده، موقعیت ما را در دهکدهٔ جهانی مطرح خواهد کرد و در بهره گیری از مواهب "طبیعی - الهی" برای رشد در یک زندگی شاد و مرفه توانمندمان خواهد ساخت.



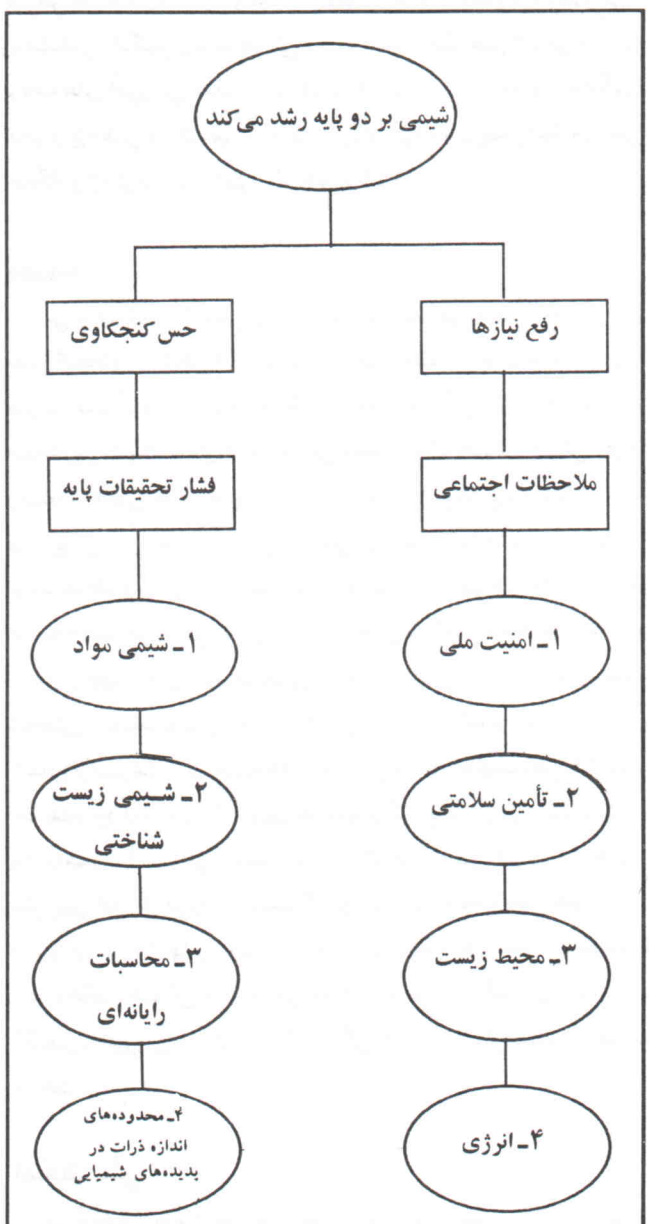
امنیت ملی

در گذشته، *امنیت ملی* مترادف با ملاحظات نظامی بود ولی امروز

فقط به این مفهوم محدود نمی شود. برای یک دورهٔ فطرت (شاید هم موقت) می توان امیدوار بود احتمال جنگ در یک مقیاس بزرگ، بین قدرتها ضعیف باشد. در مقیاس جهانی، رقابتهای ملی و منطقه ای جای جنگ را خواهد گرفت. در صورت زوال نسبی فن آوری نظامی، رقابتهای اقتصادی و یا به تعبیر دیگر جنگهای اقتصادی در خیلی از موارد جایگزین جنگهای نظامی خواهند شد. موفقیت یا شکستهای آیندهٔ ملتها براساس قابلیت آنها در تامین معیشت برای شهروندان خودارزیابی خواهد شد. شاید هم به میزان زیاد به قابلیت و توان آنها برای رقابت در بازارهای جهان ارتباط یابد. این رقابت متکی به قابلیت در تولید با کیفیت بالا و عرضه و فروش در بازارها با قیمت قابل قبول برای مصرف کنندگان خواهد بود. تردیدی نیست که شیمی در هر بخش از رقابتهای ساخت و ساز و اقتصادی نقش کلیدی خواهد داشت. [۱] به عنوان مثال، طراحان قطعات بدنهٔ پلاستیک اتومبیل در نهایت به مشخص کردن توزیع با جزئیات بیشتر اوزان مولکولی قطعات مورد استفاده مجبور خواهند شد، تا اینکه زمینهٔ فرایند تزریق و مدلسازی با کیفیت بالا فراهم شود. به این ترتیب، شیمی ضرورتاً و

شکل ۱

طرح واره‌ٔ عوامل موثر در رشد شیمی در دهه‌ٔ آینده



جدول ۱

"کشش" ناشی از ملاحظات اجتماعی و "فشار"پژوهشهای پایه ای در جهت دهی شیمی

کشش	فشار
امنیت ملی	**شیمی مواد**
رقابت اقتصادی، معادل با جنگ	پلیمرها
	شیمی سطح (سطوح مشترک)
تامین سلامتی	مواد هوشمند
رشد جمعیت	مواد برای ساخت
اپیدمیهای جهانی	مواد سازگار با محیط
هزینه های رفع نیازمندیها	**شیمی زیست شناختی**
دارو	تشخیص مولکولی
محیط زیست	تکامل وخود جفت و
تغییرات جوی و اقلیمی	جورکننده ها
مدیریت فاضلابها	فرایندهای زیست انرژی
مسمومیتهای ناشی از سموم و	**شیمی محاسبات رایانه ای**
آلودگیهای محیطی	افزایش توان محاسبات
انرژی	معماری جدید: ماشینهای
کاهش سوختهای فسیلی	بزرگ موازی و شبکه های
جایگزینی سوختهای فسیلی	عصبی
الکتریسیته	**محدوده های اندازه و ذرات در پدیده های شیمیایی**
	بسیار کوچک
	بسیار سریع
	بسیار بزرگ

به طور عمیق در مباحث طراحی و ساخت درگیر خواهد شد. و دیگر ساخت "سادهٔ" ترکیبات شیمیایی برای موفقیت اقتصادی کافی نیست. افزون بر اینها، جا به جایی از دفاع نظامی به دفاع اقتصادی شیوه ای برای تامین امنیت ملی خواهد بود.

یکی دیگر از موارد رقابت ملی، اختصاص دادن منابع برای رشد در فن آوری و علوم است که اصطلاحاً "پروژه های بزرگ علمی" نامیده می شود. تحرکات برای اهداف ملی در اجرای این پروژه ها پیچیده است. تصمیم به پی گیری کاوش "در سیاره ها"، ساخت "ابر رساناها" (SSC)، یا پروژه های "کروموزوم انسانی" انتخابهای بزرگی در تنظیم اولویتهای ملی برای علوم و فن آوری پیش روی قرار خواهد داد. هر یک از این پروژه ها، اجزای مولکولی خاص دارند و این اجزاء از تقریباً بزرگ (برای پروژه های کروموزوم)، تا بی نهایت کوچک برای SSC را در بر می گیرند.

تا'مین سلامتی

تامین سلامتی به عنوان یک محور اساسی در ملاحظات اجتماعی مطرح خواهد بود. چهار مورد در تامین سلامتی در سالهای آینده اهمیت خواهند یافت که همهٔ آنها نیازمند شیمی است. اول از همه رشد جمعیت است. تامین هزینه های بهداشتی برای فراهم آوردن زمینه های سلامتی و انواع مواد برای پیشگیری از مبتلاء شدن به امراض، سنگین خواهد بود. بخش اعظم هزینه برای تامین سلامتی برای معالجهٔ امراض صرف خواهد شد. افراد بیشتری در ارتباط با امراضی نظیر: امراض قلبی، سرطان، دیابت و آرتروز درگیر خواهند شد. علاوه بر آن، احتمالاً موارد جدیدی مطرح خواهند شد: آلزایمر و ناراحتی عصبی. شیمی در تولید مواد تامین کنندهٔ بهداشت و داروها برای درمان و در نهایت تامین سلامتی ایفای نقش خواهد کرد (جدول ۲). به این ترتیب، علوم زیست شناسی و پزشکی از شیمی متاثر خواهند شد، اغلب داروها ماهیت شیمیایی خواهند داشت و از طریق سنتزهای شیمیایی ساخته خواهند شد.

بخش دیگر تامین سلامتی، همه گیریهای جهانی است. تحرک مردم و مبادلهٔ کالا بین کشورها در مقیاس وسیع، امراض جدیدی را با سرعت شیوع خواهد داد. ایدز، بیماریهای مربوط به باکتری مقاوم در مقابل آنتی بیوتیک و موجهای جدید آنفولانزا نمونه هایی از این همه گیری است. برای مقابلهٔ سریع با پیامدهای این همه گیریها، انواع آزمایشهای "تجزیه ای-کلینیکی" باید تدوین و داروهایی برای درمان طراحی شوند.

در خصوص تامین سلامتی، هزینه ها مبحث مهم دیگری است. تامین سلامتی در استاندارد بالا هزینهٔ زیادی را طلب می کند. رقابت بین کارخانه ها برای کاهش هزینه های توسعه و تولید داروهای جدید، شیمی را مجبور خواهد ساخت با علوم زیست شناسی و در نهایت فرایندهای تولید ارزان داروها همجوشی بیشتر داشته باشد.

محیط زیست

نوید محیط زیست مطلوب از ملاحظات مهم اجتماعی برای سالیان دراز خواهد بود (شکل ۲). تحلیل مسائل مربوط و اجزای فنی برای حل مسائل زیست محیطی، مشارکت شیمی با سایر شاخه های علمی را اجتناب ناپذیر می سازد. [۲و۳]

گرم شدن جهان، تغییرات وسیع آب و هوایی بر اثر فعالیتهای بشر -بخصوص احتراق سوختهای فسیلی و کشاورزی- باید تعدیل شوند که در این میان نقش شیمی در تعدیل این فعالیتها مهم خواهد بود. روشهای تجزیه ای برای شناخت از شیمی اقیانوسها و اتمسفر هنوز کافی نیست. برای درک بیشتر جزئیات این واکنشها باید در مقیاس جهانی به الگوسازی پرداخت. تکامل روشهای جایگزین برای تولید انرژی که گازکربنیک و دیگر گازهای مضر را تولید نکند، الکتریسیته از

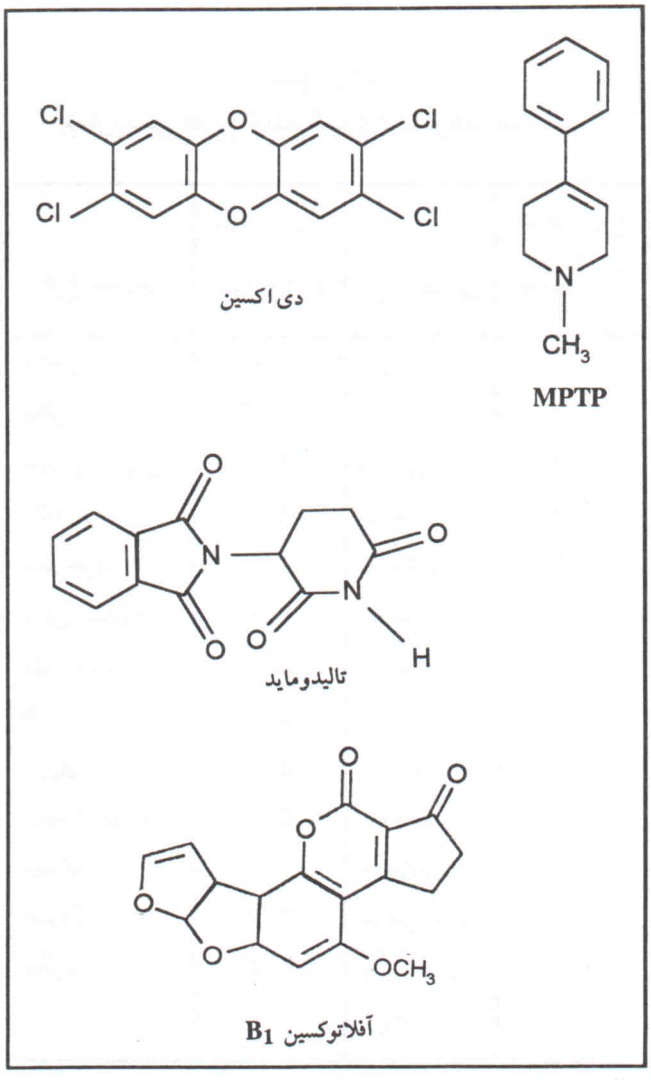
جدول (۲)
بیماریهایی که در آینده شیوع فراگیرخواهند یافت

نوع بیماری	میزان شیوع بیماری(٪)	نوع بیماری	میزان شیوع بیماری(٪)
دندانی	۱۵	پلیپ روده	۲/۳
چاقی	۱۱/۳	دیابت	۲/۰
سینوزیت مزمن	۹/۴	بیخوابی	۲/۰
آرتروز	۸/۶	سرطان	۱/۶
فشارخون	۷/۹	سکته قلبی	۱/۳
پوکی استخوان	۶/۰	زخمها	۱/۳
کلسترول بالا	۵/۹	جرّاحات	۰/۷
قلبی	۵/۴	امراض	۰/۷
آلرژی	۵/۲	فراموشی	
دردهای کمر و	۵/۰	ورم و نفق	۰/۷
دیسک		پروستات	۰/۷
افسردگی	۳/۷	امراض روانی	۰/۳
میگرن	۲/۵	ایدز و عوارض مربوط	۰/۲

ژنراتورهای با قدرت هسته ای، خورشیدی، باد و دی هیدروژن از چرخهٔ "دماهسته" و استفادهٔ بهینه از آنها، نیازمندِ توسعهٔ فن آوری مواد است. زیست شیمی مصرف گازکربنیک و تولید متان هنوز به طور کامل درك نشده است. امکان ارتقای تثبیت گاز کربنیک توسط جلبکهای دریایی با اضافه کردن آهن به دریاهای پیرامون قطبهای شمال و جنوب، نیازمند الگوسازی دقیق است. در آینده، ممکن است مجبور شویم منابع مصرفی را برای گازکربنیک به گونه ای طراحی کنیم که

شکل ۲

خطرهای مربوط به بسیاری از اجسام شیمیایی (دی اکسین،...) به طور اتفاقی کشف شده است. براساس دانش متابولیسم خطرات آنها دقیقاً مشخص نیست. پیش بینی دقیق میزان سمی بودن آنها وترکیبات مشابه و همچنین درک سوخت و ساز براساس پیوندهای مولکولی امکانپذیر است.



دی اکسین

MPTP

تالیدومایید

آفلاتوکسین B_1

معادل با درختان جنگل آمازون این گاز را به مصرف برساند تا زندگی ما موجودات با خطر نابودی مواجه نشود.

مدیریت فاضلابها و ضایعات صنعتی و شهری دومین مساله وابستهٔ اقتصادی و فنی محیط زیست است. ازبین بردن فاضلاب ـ بویژه اگر بخواهیم به طرز بهینه از آن استفاده کنیم ـ نیازمند فن آوریهای ابتکاری است. در آینده، به حداقل رساندن فاضلابهای صنعتی بخش کلیدی توسعهٔ فرایندهای جدید خواهد بود. طراحی مجدد و جایگزینی نوع قدیمی و استفاده از مواد اولیهٔ پایه مناسب و متفاوت ایجاب می کند تا در فرایندهای شیمیایی تولید فراورده های تازه آن هم در مقیاس وسیع، بازنگری شود. به حداقل رساندن تاثیرات زیست محیطی، ضایعات ناخواستهٔ صنعتی (شامل محصولات جانبی نظیر مواد قراضه، حلالها و...) بسته بندی و به کارگیری مجدد این ضایعات در چرخهٔ زندگی در بهای تمام شدهٔ محصولات کاملاً موثر است. به حداقل رساندن هزینه ها بخصوص در مدیریت فاضلاب به تولید مواد جدید محدود نمی شود و تنها بخشی از تجارتی است که مواد شیمیایی را مصرف می کند.

لازمهٔ مدیریت فاضلاب به طور جدی تابع تحقیقات پایه در شیمی است.

انرژی

در عرصهٔ تاثیرگذاری روی مسیر شیمی، انرژی به عنوان چهارمین ملاحظهٔ اجتماعی مطرح خواهد بود. در بیست سال آینده، مصرف انرژی و در پی آن قیمت انرژی افزایش خواهد یافت. فرصتهای جدیدی برای کاربرد شیمی در تولیدات نفتی و یا مصرف سایر سوختهای فسیلی فراهم خواهد شد. از سوی دیگر، افزایش کارایی سوختها، جایگزینی مناسب با موادی نظیر متانول و اتانول مورد توجه خواهد بود. تنها فن آوری کارا قادر است در مقیاس وسیع جایگزینی سوختهای فسیلی را میسر سازد. جایگزینی هیدروکربورهای مایع توسط الکتریسیته به عنوان منبع انرژی برای وسایل حمل و نقل، ساخت باطریها با بازده قابل قبول را اجتناب ناپذیر می سازد.

لازم است که تحقیقات شیمی در زمینهٔ "رساناها"، "نیمه رساناها" و "دی الکتریک" توسعه یابد. انتقال از سوخت فسیلی به نیروگاههای هسته ای به کندی انجام می گیرد. افزون بر آن، مقررات برای کنترل آلودگیهای اتمسفری و هوای شهرها یک عامل تعیین کننده در توسعهٔ اتومبیلهای هیبریدی "الکتریکی ـ احتراق" خواهد بود. اختراع راکتورهای هسته ای کوچک و امن، الکتروشیمی و شیمی "دمای بالا" از زمینه های جالب و جاذب بررسی فرایندهای شیمیایی خواهد بود.

چهار زمینهٔ تحقیقاتی علمی شیمی را تحت "فشار" قرار خواهد داد

حل مشکلات اجتماعی و اینکه طبیعت چگونه عمل می کند دلیل عمدهٔ تداوم تحقیقات علمی است. سه زمینهٔ تحقیقات علمی در شیمی (شیمی مواد، زیست شیمی و شیمی رایانه ای) مورد علاقهٔ بسیاری از شیمیدانهاست. این حوزه ها درك مسائل مهمی را در علوم پایه میسر می سازند. پیشرفت سریع فن آوری تجزیه ای در حل مسائل کارساز بوده و فرصتهایی را برای کاربرد آنها فراهم می کند. هر یک از این سه زمینه برای سالهای پیش روی، جایگاه مستحکم خود را حفظ خواهند کرد. زمینهٔ تحقیقاتی دیگری که مورد علاقهٔ شیمیدانهاست، کاوش در مقیاسهای اندازه و زمان است، پدیده ها در مقیاس اتمی و زمانهای سریعتر از ارتعاشات پیوندی.

شیمی مواد

شیمی مواد اولین و مهمترین زمینهٔ علمی است که در آینده جایگاه وسیعی در تحقیقات خواهد داشت. [۴] روند تحولی علم شیمی، از مطالعهٔ اتمها و مولکولهای کوچک به مطالعه مولکولهای بزرگ و تجمع مولکولها حرکت کرده است. شیمی مواد شامل: پلیمرها، حالت جامد، شیمی فیزیک مادهٔ متراکم، علم مواد و مهندسی از این مقوله هستند. دو منظور اساسی و گستردهٔ تحقیقاتی در این قلمرو درك خواص میکروسکپی ماده (مقیاس اتمی) و ساختار آن و تهیهٔ مواد جدید با خواص و ویژگیهای منحصر به فرد است.

در این قلمرو پرسشهای اساسی پیش روست. شخص چگونه می تواند ساختار و مدل پلیمر آلی را فقط با دانستن واحدهای مونومری آن بداند؟ چگونه می توان جامدی را سنتز کرد که در ۴۰۰K ابررسانا باشد؟ شیمی مواد به طور استثنایی موضوع گسترده ای است و می توان چهار بخش آن را که هر کدام مسیر شیمی را به نوبهٔ خود تحت فشار قرار می دهد ملاحظه کرد.

پلیمرهای ساخت بشر

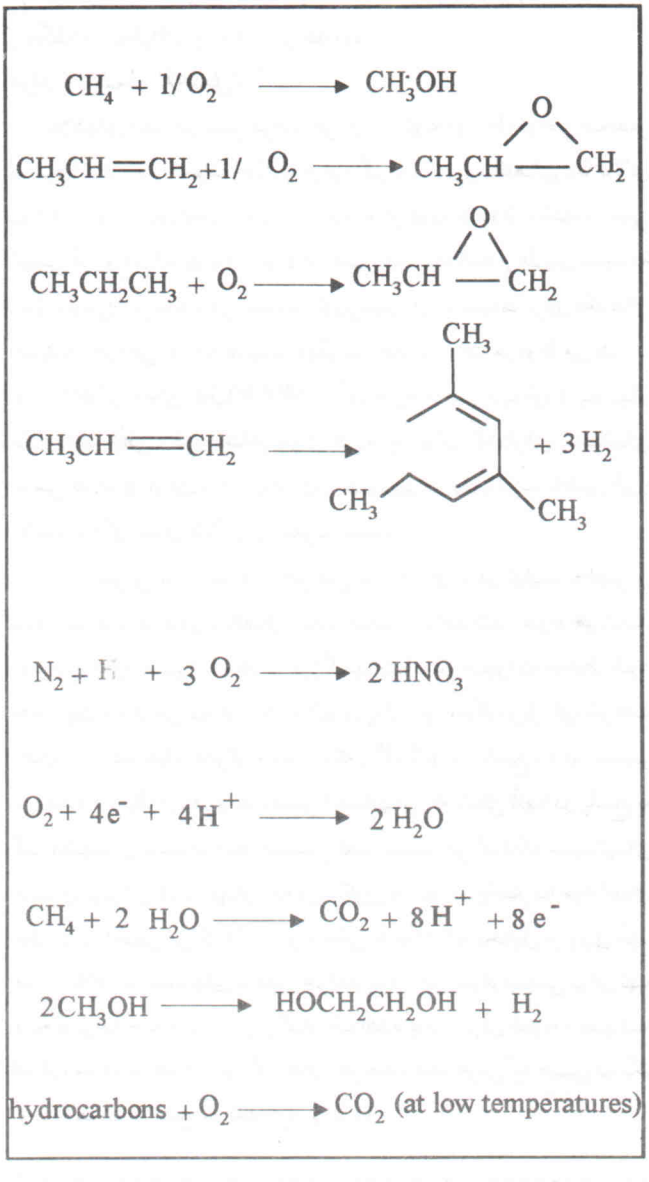
پلیمرهای ساخت بشر از نظر تاریخی بهترین هدیهٔ شیمی به علم مواد است. به نظر می رسد، در آینده پلیمرهای جدید با ویژگیهای جالب و ارزان قیمت معرفی خواهند شد. فرایندهای جدید برای تولید پلیمرها از منومرهای جدید، تولید فراورده های جانبی را کاهش و از هزینه های سامان دادن به محیط زیست خواهد کاست. برپایی این فرایندهای پیشرفتهٔ جدید برای تولید پلیمرهای ویژه، تغییر در نوع کاتالیزورها را در پی دارد (شکل ۳).

در آینده، سیستم های ناهمگن برپایهٔ پلیمرها، "کوپلیمرهای فاز جدا"، آلیاژها، کامپوزیتهای حاوی فیبرها، مصارف مهم خواهند یافت و از این رو، موضوعهای مورد علاقهٔ مهم برای پیگیری خواهند بود. [۵] توسعه و درك اساسی جنبه های مختلف این سیستم ها هنوز در مراحل ابتدایی است. کامپوزیتهای حاوی فیبر، نمونهٔ جالبی در این خصوص است. در عمل کاربرد آنها هنوز محدود و کاملاً درك نشده است. اساس اتمی در کامپوزیتها چیست؟ خواص کامپوزیت چگونه به خواص مجموعه ماتریس و فیبر مرتبط است؟ انرژی چگونه در مقیاس مولکولی جامد پراکنده می شود؟ برای پاسخ به این پرسشها درك ژرف رفتار اتمی/ مولکولی جامدهای زیر تنش ضروری است.

شکل ۳

کاتالیزور: مرکزیتی برای واکنش ها

انجام دادن برخی از واکنشهای مهم نیاز به پیدا کردن کاتالیزورهای مناسب برای انجام دادن آن دارند.



شیمی سطح (سطوح مشترك)

سطح و سطوح مشترك در سیستم ها از ادوات میکروالکترونیک، کاتالیزورها تا نسوج موجودات زنده خواص استثنائی دارند. روند آتی در "شیمی مواد" جهت یابی به سمت استفاده از مواد "نانو ساختار" است، موادی که دارای اجزاء با ابعادی در حدود nm ۱۰۰ ـ ۰/۲ دارند. در مواد نانوساختار سطوح مشترك از خواص مهم و تعیین کننده است و در مواردی مستقل از خواص کل سیستم می باشد.

فنون تجزیه ای جدید، "طیف بینی اشعهٔ X فتوالکترون" (XPS) یا میکروسکپی تونل زنی پویشی (STM) در مطالعات خواص استثنایی بین سطوح انقلاب ایجاد کرده است. فنون سنتز نظیر "ته نشینی بخار شیمیایی" (CVD) و "خود جفت و جور کنندهٔ مولکولی" امکان کنترل فوق تصور روی ساختارهای فصول مشترك را امکانپذیر می سازند. [۶] آمیختن این فنون تجزیه ای و سنتز، همانند "شیمی محلولها" در گذشته، راهگشا در تحقیقات پیشرفته خواهد بود.

مواد هوشمند (عامل)

تلاشهای اخیر در سنتز مواد، طراحی و تهیهٔ مواد با خواص منحصر به فرد است. سه نمونه جالب از این گونه، "ابررساناهای دما بالای ساخته شده از اکسیدهای فلزی"، رساناهای تهیه شده از مشتقات پلی آنیلین آلی و فیلمهای نازك الماسی هستند که از طریق شیوهٔ بخارسازی ترسیب می شوند. فهرستی از کاندیدها برای فکرهای جدید در طراحی به خلاقیتهای دیگر در حالت جامد مربوط می شود: ابررساناهای دمای اتاق (Tc=400k)، مواد با ضرایب نوری بسیار بالای غیرخطی، فرو مغناطیسهای آلی، جامداتی که دارای نسبتهای منفی بازداری از فعالیت است، جامدات دما/ رسانشی آلی، الاستومرهای دمای بالا از این مقوله هستند.

در دسترس بودن مواد با خواص غیر عادی، در نهایت به اجرای تعهدات علم مواد در سالهای آینده منجر خواهد شد. مواد هوشمند (موادی که با تغییرات زیاد در ویژگیها یشان به تغییرات محیط خود حساسیت نشان می دهند.) در سالهای پیش رو جایگاه ویژه ای خواهند یافت. شیشه های فتوکرومیک (که رنگ آنها در پاسخ به نور تغییر می کند)، سیالهای فرو مغناطیس (سیالهایی که شکل آنها در پاسخ به گرادیانهای میدان مغناطیسی تغییر می کند)، سیالهای الکترورئولوژی (سیالهایی که ویسکوزیته آنها در پاسخ به میدانهای الکتریکی تغییر می کنند)، نمونه هایی هستند که تحقیق بر روی آنها مورد علاقهٔ شیمیدانهای محض خواهد بود. این مواد اساسی برای تهیه مجموعه جدیدی از ابزار کار خواهند بود. برای نمونه، شیشهٔ فتوکرومیک به عنوان "درزگیرهای چرخنده مغناطیس" به صورت یک وسیلهٔ هوشمند عمل خواهد کرد. [۸و۷]

مواد برای ساخت

تاکید روزافزون برای درك و کنترل ساخت، طیفی از پیگیری مسائل برای تهیهٔ مواد مناسب ساخت را مطرح خواهد کرد. برای نمونه، درك چگونگی "ترشدن" جامدات توسط پلیمرها و جریان پلیمرها با پیشبرندگی بالا، امکانات مهم برای ساخت کامپوزیتها، تزریق در قالب پلیمرها و فن آوریهای دیگر از این دست را فراهم خواهد ساخت. برای طراحی مدارهای مجتمع، توجه به تاثیر تنش روی فیلمهای نازك و کنترل چسبندگی و ضریب انبساط دمایی در این سیستم ها بیشتر خواهد شد. در واقع، هر فرایند ساخت قالب سازی، ماشین کاری، جوش کاری، پوشش کاری حاوی عناصری از علوم پایه و بخصوص شیمی است که ترکیب فنون جدید تجزیه ای، فنون محاسباتی پیشرفته و به همین ترتیب تحقیقات پایه ای در زیست شیمی را الزامی خواهد ساخت.

مواد سازگار با محیط (موادی که بتوانند به صورت چرخه ای مورد استفاده قرار گیرند) و یا موادی که به صورت زیستی از بین بروند در ساخت مورد توجه خواهد بود. [۱۰و۹]

شیمی زیست شناختی

دومین زمینهٔ علمی مهم که شیمی را متاثر و بی تردید آن را در آینده تحت فشار قرار خواهد داد مطالعهٔ اجسام و واکنشهایی است که به حیات موجود زنده مربوط می شود. زیست شناسی، کانونی برای بسیاری از انقلابهای علمی است و هیجان درك نحوهٔ کار در سیستمهای زنده برای سالها ادامه خواهد یافت. توجیهات مولکولی در شیمی دارویی، کشاورزی و کشف الگوهای کاری آنها برای استفاده در سیستم های غیر زیستی، از زمینه های کاری در شیمی می باشند.

تشخیص مولکولی

تعداد بسیاری از فرایندهای زیستی در یک پدیدهٔ معمولی اشتراك دارند تشخیص انتخابی یک مولکول یا قطعه مولکولی توسط دیگری در یک مخلوط پیچیده موجود در سلول یا اندام واره و به همین ترتیب تجمع هستی بخش آنها.

درك موشکافانهٔ اساس کار چگونگی تشخیص مولکولی در سیستم های زیستی (آنجایی که پیوندهای قوی ـ پیوند کووالانسی و پیوند هیدروژنی عمل می کنند) موفق بوده است. به نظر می رسد سیستم های زیست شناختی از تعداد زیادی بر هم کنشهای نسبتاً ضعیف که در بالای سطح بزرگی از صفحات مولکولی رخ می دهد سود می برند. گستره ای از فنون NMR دو بعدی و آنالیزهای اشعهٔ X ومحاسباتی که در درك مولکولی سیستم های زیست شناسی راهگشا هستند، رشد سریع این حوزه را موجب خواهند شد.

یکی از کاربردهای توسعهٔ تشخیص مولکولی، طراحی منطقی دارو ا ست. فرایندهای توسعهٔ دارو در سالهای اخیر کند و گران بوده است. فرایندهای ساخت دارو با استفاده از امتیاز فنون زیست شناسی مولکولی طی سه مرحله انجام می گیرد:

۱ـ مطالعهٔ زیست شناسی، شناسایی آنزیم کلیدی یا گیرنده که در فرایند درگیر است؛

۲ـ تشخیص ژن عامل مثلاً برای پروتئین سازی، به دست آوردن مقادیر متنابهی از آن تعیین ساختار از طریق فنون اشعهٔX؛

۳ـ طراحی و سنتز مولکولها که به طرز مناسب به محل فعال پیوند شود. مزه، ایمنی، تغییرپذیری و ساخت فرایند دیگر چرخهٔ کشف دارو است که در مراحل مختلف آنها، شیمی مطرح است.

تکامل و خود جفت و جور کردن

منشا حیات و ماهیت تکامل از جمله پرسشهای اساسی در علوم طبیعی است. مطالعات اخیر نشان داده است که مولکولهای ساده تحت شرایط پیش زیستی قابل قبول اندام واره های حیاتی پیچیده را شکل داده است. α- آمینونیتریلها تا پرفیرینها، از گلیکوآلدئید فسفات تا ریبوز، برای بررسی این گونه مسائل، نمودارهای مناسبی را طراحی کرده‌اند.

خود جفت و جوری به طور واضح مسیر مناسب برای شکلبندی ممبرانهای لیپیدی، تابیدن پلی پپتیدها، پروتئینها و موارد مشابه در سیستم های زیست شناسی است. این گونه مطالعات در ارتباط با درك حیات، مسیر دیگری رادر سیستم های غیر زیستی باز خواهد کرد. فیلمهای تک لایه ای منظم، بلورهای مایع، لیپوزومها از جملهٔ این زمینه هاست. اینکه خود جفت و جوری چگونه در نهایت به تکثیر و مشابه سازی منجر می شود کاملاً درك نشده و برای همین نیز ممکن است شیمی را به فرضیاتی جدید در زمینه حیات وادار کند.

در سیستم های زیستی، شیمی تغییرات انرژی و ذخیره سازی انرژی و نحوهٔ انجام دادن کار موجود زنده موضوعهای مورد علاقه و مهم آینده خواهند بود. [۱۱]

شیمی محاسباتی

سومین زمینهٔ بزرگ قابل توجه در مبحث سمت دهی شیمی، محاسبات رایانه ای است. محاسبات در یک مقیاس بزرگ (مکانیک کوانتومی)، مکانیک مولکولی و نیمه تجربی و شبیه سازی در یک مقیاس بزرگ یکی از برنامه های مهم، بخصوص در سیستم های پیچیده است. توان محاسباتی در مواردی آن چنان بالا خواهد بود که ممکن است از نتایج تجربی فراتر رود. برای نمونه، شبیه سازی جایگزینی یک گروه NHـ پروتئین توسط CH^2ـ که در تجربهٔ واقعی ممکن نیست، از طریق محاسبات رایانه ای تاثیر این تغییر قابل پیش بینی و ارزیابی خواهد شد. [۱۲]

تجسس محدوده ها

"خیلی کوچک، خیلی سریع، خیلی بزرگ": در حال حاضر این امر امکانپذیر است که فرایندهایی با سرعت زیاد حتی سریعتر از ارتعاشات پیوندی را مطالعه کرد. این گونه مطالعات راه را برای فهم شیمی "نحوه ادراك"، "تشخیص" و "شیمی حافظه" هدایت خواهد کرد.

خیلی کوچک

میکروسکوپ تونل زنی پویشی(STM)، انقلابی در مشاهدهٔ ساختارها با تفکیک در مقیاس اتمی و در محدودهٔ کلیه پدیده های شیمیایی ایجاد خواهد کرد. اگر چه در حال حاضر مشکلات در تفسیر نتایج به دست آمده از این طریق مطرح است ولی یک دستگاه کلیدی برای تعیین ساختارهای با تفکیک زیاد در مواد، به عنوان مثال رساناهاست. مطالعهٔ امکان کپی برداری ژن و مطالعهٔ چگونگی انجام دادن واکنشهای زنجیره ای پلیمر(PCV) با این ابزارها دقیقتر خواهد بود.

خیلی سریع

اسپکتروسکپی فمتوثانیه قابلیتها را برای تعقیب ماهیت فرایندها در مقیاس زمانی کوتاه در مقایسه با ارتعاشات، شکستن و تشکیل پیوند و انتقال انرژی افزایش خواهد داد.

اسپکتروسکپی فمتوثانیه که براساس لیزر با پالسهای نوری بسیار کوتاه کار می کنند به عنوان منابع با شدت خارق العاده در پراش اشعهX، شیمی را برای پیگیری فرایندهای سریع مجهز خواهد ساخت.

خیلی بزرگ

میدانهای الکترومغناطیسی بسیار عظیم از طریق تمرکز لیزر، تنظیم ذرات ـ برای نمونه برای سنتز الماس ـ را در حد بالا ممکن و راههای جدید در سنتز و مطالعات شیمی را هموار خواهد ساخت. [۱۳]

در ۲۰ سال گذشته، موضوعهای شیمی به طور جهشی تغییر کرده است. در ۲۰ سال آینده نیز چنین خواهد بود و شاید هم بیش از گذشته دگرگونیهایی صورت خواهد گرفت، ولی در هر حال ماهیت اساسی آن، تغییر نخواهد کرد. جزئیات تغییرات اخیر در شیمی، آیندهٔ آن را رقم خواهد زد.

با روندی که شیمی در آینده خواهد داشت، چگونه باید راهبرد آموزشی خود را طراحی کنیم؟

آموزش و پرورش در آینده

به اقتضای تحولات و پیشرفتهایی که در زمینهٔ علوم و فنون اتفاق افتاده و خواهد افتاد انتظار می رود که راهبرد آموزشی در زمینه های زیر دگرگونی پیدا کند:

- *ساختار نظامهای آموزش و پرورش:* تمرکززدایی تا حدی که بتوانند به صورت خود گردان اداره شوند؛
- ***مدیریت و رهبری آموزش و پرورش:*** مشارکت مردمی در ادارهٔ امور مدارس خودگردان؛
- *فن آوری آموزش و پرورش:* استفاده از روشها و فنون رایانه ای؛
- ***مدیریت کیفیت فراگیر در آموزش و پرورش:***

* با توجه به کوتاه شدن هفتهٔ کاری، مردم اوقات فراغت بیشتری برای آموزش و پرورش در خانه و در مراکز آموزشی و دانشگاهها خواهند یافت؛
* آموزش و پرورش در سنین پایینتر شروع خواهد شد؛
* جایگزین شدن نرم افزارهای رایانه ای به جای کتابهای درسی؛
* معلمان به عنوان:
- تسهیل کننده یادگیری؛
- تشخیص دهنده مسائل یادگیری؛
- طراح برنامهٔ درسی؛
- رهبرو تسهیل کنندهٔ امور آموزشی؛

درخواهند آمد. [۱۴]

مراجع

1. Board on Chemical Science and Technology, *Opportunities in Chemistry,* National Academy Press. Washington, DC, USA (1985).

2. F. di Castri, *La Recherche 21* (1990) 882.

3. Hopper, D.R., *Chem. Eng. N.Y. 96,*. **8**, P. 94 (1989); Hileman B., *Chem. Eng. News 67,* **11**, P. 25 (1989); Seinfeld, J.H., *Science 243,* P.745 (1989); McElroy, M.B., Salawitch. R.J. *ibid, 243,* P.763 (1989) Schneider, S.H., *ibid. 243,* P.771 (1989) and Gushee, D.E., *CHEMTECH* 19, P.470 (1989).

4. Committee on Materials Science and Engineering, *Materials Science and Engineering for the 1990s* National Academy press, Washington, DC, USA (1989); Psaras P.A., and Langford H.D., Eds, *Advancing Materials Research,* National Academy Press, Washington, DC, USA (1987).

5. Ishida, H., *Interfaces in Polymer, Ceramic and Metal Matrix Composites,* Elsevier, New York (1988).

6. Adamson, A., *Physical Chemistry of Interfaces,* 4th Ed., Wiley-Interscience, New York (1982); Israelachvili J.N., *Intermolecular and Surface Forces.* Academic Press, New York (1985).

7. Webb, N., *Chem. Br.* 26, P.338 (1990).

8. Heslot, F., Cazabat, A.M., Levinson, P., Fraysse, N., *Phys. Rev. Lett. 65* (1990) 599; Heslot, F., Cazabat, A.M., Levinson, P., *ibid. 62,* P.1286 (1989); Heslot, F., Fraysse, N., Cazabat, A.M., *Nature 338,* P.1289 (1989); De Gennes, P.G. *Rev.Mod. Phys. 57,* P.827 (1985).

9. Seymour, R.B., *Rev. Plast. Mod. 55,* PP.759, 765 (1990).

10. Evans, J.D., Sikdar, S.K., *CHEMTECH 20,* P.38 (1990) 38; Rodriguez, F., *ibid. 20,* P.409 (1990).

11. Griffin, L.C., Dervan, P.B., *Science 245,* P.967 (1989); Maher, L.J., Wold, P, and Dervan, P.B., *ibid. 245,* P.735 (1989).

12. Ksander, G., Bold, G., Lattmann, R., Lehmann, C., Fruh, T., Xiang, Y.B., Inomata, K., Buser, H.P., Schreiber, J., Zass, E. and Eschenmoser, A., *Helv. Chim. Acta 70,* P.1115 (1987); Drenkard, S., Ferris, J., and Eschenmoser, A., *ibid. 73,* P.1373 (1990); Wagner, E., Xiang, Y.-B., Baumann, K., Gluck, J., and Eschenmoser, A., *ibid. 73,* P.1391 (1990); Muller, D., Pitsch, S., Kittaka, A., Wagner, E., Wintner, C.F., and E schenmoser, A., *ibid. 73,* P.1410 (1990); Eschenmoser, A., *Angew, Chem. 100,* P.5 (1988); *Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 27,* P.5 (1988).

13. Tjivikua, T., Ballester, P., and Rebek, Jr., J., *J. Am. Chem. Soc. 112,* P.1249 (1990). Strobel, S.A., Dervan, P.B., *Science 249,* P.73 (1990); see also Von Kiedrowski, G., *Angew. Chem. 98,* P.932 (1986); *Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 25,* P.932 (1986).

14. Ballantine, J.H., *Schools in the early twenty - first Century,* Phisociolgy of education, Prentice Hall, New Jersey (1989).