

# مروری بر سیر تاریخی آموزش شیمی در جهان

عابد بدریان\*

## مقدمه

علم شیمی، از شاخه‌های فعال علوم تجربی، به مطالعه ترکیب، ساختار، و خواص مواد می‌پردازد. کاربردهای گسترده علم شیمی در پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی، کشاورزی، آرایشی و بهداشتی، تهیه رنگ، پلاستیک، لاستیک و انواع پوششها، محیط زیست، انرژی، و ... اهمیت زیاد آن را در بهداشت، سلامت، تأمین رفاه، رشد اقتصادی، و توسعه پایدار جوامع بشری نشان می‌دهد.

در چند دهه اخیر، علم شیمی رشد چشمگیری داشته و موضوعات و نظریه‌های جدیدی به این دانش بشری اضافه شده است. علم شیمی و اهمیت روزافزون آن در زندگی بشر سبب شده تا آموزش مناسب و مؤثر آن، به‌ویژه در برنامه درسی مدارس و مراکز آموزش عالی، اهمیت بسزایی یابد.

با ورود به قرن ۲۱، شیوه‌های آموزش و یادگیری علم شیمی تحت تأثیر عوامل مختلفی واقع شده است. گسترش نظریه‌های شناختی و افزایش درک پژوهشگران از فرایند یادگیری، استفاده گسترده از رایانه و فناوری اطلاعات برای تجسم و مرئی‌سازی پدیده‌های علمی پیچیده، وجود عوامل بیرونی مانند نگرانیهای جهانی از انرژی، منابع آب و محیط زیست، افزایش سطح سواد علمی، تبیین سطوح مختلف سواد شیمی، و افزایش درک عمومی از علوم مختلف سبب شده تا یاددهی و یادگیری مؤثر شیمی در مدارس و دانشگاهها مورد توجه مسئولان، سیاستمداران، جامعه‌شناسان و حتی اقتصاددانان قرار گیرد.

در ادامه، نگاهی گذرا به سیر تاریخی آموزش شیمی در دانشگاهها و مدارس خواهد شد. هر چند تاریخچه پیدایش علم شیمی به هزاران سال پیش برمی‌گردد، آموزش آن به صورت کلاسیک و در قالب نظریه‌ها و مفاهیم مستند علمی به چند قرن اخیر برمی‌گردد [۱].

## سیر تحول آموزش شیمی در جهان

تا اواسط قرن ۱۸، شیمی به صورت تلفیق شده با دروس علوم پزشکی آموزش داده می‌شد و درس جداگانه‌ای با عنوان شیمی وجود نداشت؛ تا آنکه در ۱۷۵۰، ویلیام کولن<sup>۱</sup> (۱۷۹۰-۱۷۱۰)، در دانشگاه گلاسکو واقع در اسکاتلند، موفق به پایه‌گذاری درس شیمی به صورت یک موضوع درسی مستقل و بخشی از برنامه درسی علوم پزشکی شد. بعدها، جوزف بلاک<sup>۲</sup> (۱۷۹۹-۱۷۲۸)، از شاگردان ویلیام کولن، موفق شد علم شیمی را به صورت موضوع درسی نظام‌مندی در برنامه درسی دوره کارشناسی برخی رشته‌ها از جمله علوم طبیعی و مهندسی وارد کند. گسترش علم شیمی، نیازهای صنعتی، و نیز ضرورت تهیه انواع داروها برای مصارف پزشکی سبب شد تا فشارهای زیادی از حوزه خارج از دانشگاه برای گسترش آموزش شیمی به صورت نظام‌مند وارد شود [۲].

با شروع انقلاب صنعتی در اواخر قرن هجدهم، توجه زیادی به علم کشاورزی و گسترش زمینهای زیرکشت و افزایش بازده تولیدی آنها شد. بخش وسیعی از زمینهای اسکاتلند و انگلستان، به علت اسیدی بودن خاک، برای کشاورزی مناسب نبودند و دانشگاهها موظف به ارائه راهکاری علمی برای این مسئله بودند.

پژوهشهای جوزف بلاک در مورد خواص شیمیایی کربناتها و کشف کربن دیوکسید به ارائه روش مناسبی برای خنثی‌سازی خاکهای اسیدی با آهک و مناسب ساختن آنها برای کشاورزی منجر شد. این امر موجب شد تا آموزش علم شیمی اهمیت بسزایی یابد و توجه سیاستگذاران و فعالان اقتصادی را به خود جلب نماید.

جوزف بلاک، علاوه بر آموزش شیمی در دانشگاه، پژوهشهای بسیاری در مورد بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی برخی ترکیبات داشته و از بنیانگذاران گرماشیمی است. از موضوعات مورد علاقه وی گرمای نهان تبخیر بود و ویژگیهای آن را به دانشجویان آموزش می‌داد. از دیگر فعالیتهای بلاک می‌توان به سخنرانیهای عمومی وی

1. William Cullen

2. Joseph Black

\* پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش، پژوهشکده برنامه‌ریزی درسی و نوآوریهای آموزشی.

در خصوص اهمیت آموزش شیمی و ارائه مفاهیم شیمی با فلسفه جدید اشاره کرد که به اشاعه و ترویج علم شیمی در سطح جامعه و افزایش اهمیت آن در زندگی منجر شد.

تا اواخر قرن هجدهم، فعالیتهای مؤثر بلاک و شاگردانش موجب شد تا جاذبه‌های اجتماعی و صنعتی عامل مهمی در رشد علم شیمی و ضرورت توجه به آموزش آن تلقی گردد. با آغاز قرن نوزدهم، جانشینان بلاک، در برخی کشورهای دیگر، فعالیتهای آموزشی و پژوهشی مرتبط با علم شیمی را ادامه دادند. فریدریش استرومایر<sup>۱</sup> (۱۸۳۵-۱۷۷۶)، یوهان نیوموک فون فوکس<sup>۲</sup> (۱۸۵۶-۱۷۷۴)، ارنست گوتفردت فیشر<sup>۳</sup> (۱۸۳۱-۱۷۵۴)، و یوستوس فون لیبیگ<sup>۴</sup> (۱۸۷۳-۱۸۰۳) از پیشگامان اولیه آموزش شیمی در کشور آلمان بودند.

لیبیگ از جمله دانشمندانی است که در اوایل قرن نوزدهم، در دانشگاه گیسن آلمان، آموزش آزمایشگاه‌محور شیمی را پایه‌ریزی و در گسترش و ترویج آن بسیار تلاش کرد. مشهور است که لیبیگ، در مقام شیمیدانی آلی، موضوع گروههای عاملی و رادیکالها را دنبال می‌کرد و اطلاعات ناشی از سوختن ترکیبات آلی را در تعیین گروههای عاملی و به دست آوردن فرمول تجربی ترکیبات به کار می‌برد، اما از آنجا که وی برای شناسایی ترکیبات طبیعی به کارشناسانی ماهر در تجزیه و تعیین گروههای عاملی نیاز داشت، کارآموزان و دانشجویان شیمی خود را چنان تربیت می‌کرد که در اجرای فعالیتهای آزمایشگاهی و تجزیه عنصری ترکیبات طبیعی، با کسب مهارت زیاد در علم شیمی به افرادی شایسته تبدیل شوند [۳].

الگوی لیبیگ برای یادگیری شیمی مبتنی بر فعالیتهای آزمایشگاهی در مراکز علمی آن زمان مورد توجه واقع شد و جهت قانون‌مند کردن آن در دانشگاهها بسیار تلاش شد.

بنجمن راش<sup>۵</sup> (۱۸۱۳-۱۷۴۵)، در ایالت پنسیلوانیای آمریکا، و جیمز وات<sup>۶</sup> (۱۸۱۹-۱۷۳۶)، از شاگردان بلاک و مخترع ماشین بخار در انگلستان، از دیگر دانشمندانی بودند که در زمینه گسترش علم شیمی و آموزش آن در دانشگاهها بسیار تلاش کردند.

گسترش صنایع شیمیایی و نیاز به متخصصان شیمی برای کنترل کیفیت محصولات شیمیایی و نیز فعالیتهای پژوهشی برای تولید فرآورده‌های جدید سبب شد در ۱۸۱۸ تامس تامسون<sup>۷</sup> (۱۸۵۲-۱۷۷۳)، که تحت تأثیر فعالیتهای جوزف بلاک در دانشگاه گلاسکو قرار گرفته بود، اولین کرسی آموزش شیمی را به صورت یک رشته مجزای دانشگاهی بنیانگذاری کند. تامسون، از سالها پیش یعنی از ۱۸۰۷، آموزش شیمی با یک برنامه درسی آزمایشگاه‌محور را آزمایشی در دانشگاه ادینبرگ اسکاتلند تجربه کرده بود.

پس از تصویب پیشنهاد تامسون برای راه‌اندازی رشته جدید شیمی در دوره کارشناسی، وی موفق شد با ارائه برنامه درسی این دوره تربیت دانشجویان شیمی در مقطع کارشناسی را از سال ۱۸۱۹ در دانشگاه گلاسکو آغاز کند. به این ترتیب، آموزش شیمی به صورت رسمی و در قالب یک رشته مستقل دانشگاهی شروع شد.

## آموزش شیمی در مدارس

با آغاز قرن نوزدهم و تحولات ناشی از انقلاب صنعتی، آموزش علوم تجربی در مدارس و دانشگاههای اروپا جدی‌تر شد. البته در ابتدا کتاب خاصی با عنوان علوم تجربی وجود نداشت. «علوم طبیعی» از جمله دروسی بود که فراگیران در مدارس مطالعه می‌کردند و محتوای آن را مباحثی از فیزیک، شیمی، زمین‌شناسی، و زیست‌شناسی تشکیل می‌داد. گسترش صنایع شیمیایی و نیاز شدید به کارگران ماهر و آشنا به علم شیمی موجب شد برای وارد کردن علم شیمی به صورت یک موضوع درسی مستقل در برنامه درسی علوم تجربی دوره متوسطه تلاش شود. آموزش شیمی در مدارس در حالی رواج یافت که جدول تناوبی مندلیف هنوز کشف نشده بود. همچنین، در مورد تعادل شیمیایی هیچ نظریه‌ای ارائه نشده بود و ساختار اتم نیز کاملاً ناشناخته بود. پیوندهای شیمیایی به صورت رازی بزرگ تلقی می‌شد و اطلاعاتی از مکانیسم واکنشها در دست نبود. در ۱۸۶۰، شیمیدانان توافق کردند در بیان فرمول آب به جای HO از H<sub>2</sub>O استفاده کنند [۱].

هلند از جمله کشورهای اروپایی پیشرو در آموزش شیمی در مدارس بود که در ۱۸۶۳ موفق شد درس شیمی را به صورت یک موضوع درسی مستقل و سازماندهی شده در برنامه درسی مدارس دوره متوسطه وارد کند. این کشور، که به دروازه اروپا معروف بود، با وارد کردن مواد شیمیایی از کشورهای مختلف، از جمله آمریکا و سپس صدور آنها به اقصی نقاط جهان، به کارشناسان کنترل کیفیت مواد شیمیایی بسیار نیازمند بود. بنابراین، آموزش شیمی در مدارس را جهت تربیت افراد مورد نیاز برای استخدام در مراکز کنترل کیفیت محصولات شیمیایی تنها راه حل دانست. به همین دلیل، برای تربیت افراد کارشناس در علم شیمی و کنترل کیفیت مواد شیمیایی وارداتی، ناگزیر به تربیت افرادی آشنا به علم شیمی شد [۴].

در اواخر قرن نوزدهم، بیشتر مدارس انگلستان و دیگر کشورهای در حال توسعه درس شیمی را در برنامه درسی علوم تجربی دوره متوسطه وارد کردند. بسیاری از فراگیران علم شیمی را در کنار دیگر موضوعات علمی مثل فیزیک، زیست‌شناسی، و علوم زمین می‌آموختند تا بتوانند با عنوان متصدی آزمایشگاه در بخش صنعت مشغول به کار شوند. برخی فراگیران نیز شیمی را می‌آموختند تا بتوانند وارد دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی شوند و در یک رشته دانشگاهی ادامه تحصیل دهند.

در ۱۸۸۰، اولین بار آرمسترانگ، پژوهشگر و معلم علوم تجربی در انگلستان، نظریه یادگیری اکتشافی<sup>۱</sup> را مطرح کرد و، با تلفیق برخی نظریه‌های یادگیری علوم تربیتی، از آن در آموزش علوم تجربی بهره گرفت. این الگوی آموزشی بر پرورش مهارتهایی مثل مشاهده، اندازه‌گیری، و کاربرد این مهارتها در حل مسائل تأکید داشت. این نظریه فراگیران را قادر می‌ساخت تا اصول نظریه‌های علمی را به‌خوبی یاد بگیرند. از نظریه یادگیری اکتشافی آرمسترانگ استقبال شد و آزمایشگاههای ساده‌ای در مدارس برای پرداختن به این رویکرد آموزشی احداث شد و در ۱۸۹۶ وجود آزمایشگاه، که در واقع بخش مهم و ضروری در آموزش علوم تجربی تلقی می‌شد، در مدارس انگلستان به تصویب رسید.

1. Friedrich Stromeyer
2. Johann Nepomuk von Fuchs
3. Ernst Gottfried Fischer
4. Justus von Liebig
5. Benjamin Rush
6. James Watt
7. Thomas Thomson

1. heurism

تا اواخر قرن نوزدهم، شیمی به صورت یک علم تجربی آزمایشگاه‌محور مطرح بود و در برنامه‌های آموزشی آن بیشتر برخی فنون و مهارت‌های آزمایشگاهی برای تهیه مواد شیمیایی و تجزیه و تحلیل آنها آموزش داده می‌شد. آن هنگام، چهره‌ای یک شیمیدان در تصور عموم کسی با موهای ژولیده و روپوش سفید کثیفی بود که مدت‌های مدیدی در آزمایشگاه فعالیت می‌کرد و حتی فرصت غذا خوردن یا حمام رفتن هم نداشت. این تصور به نوعی الهام‌گرفته از دوران کیمیاگری بود.

در اوایل قرن بیستم، اهمیت علم و فناوری سبب شد تا به آموزش عمومی بیشتر توجه شود که منشأ پیدایش فناوری و توسعه اقتصادی بودند. علم شیمی نیز یکی از این علوم محسوب می‌شد. توسعه صنایع شیمیایی از جمله کارخانه‌های تولید مواد منفجره، کودهای شیمیایی، رنگ، الیاف نساجی، انواع داروها، و نیز محصولات مختلف مشتق‌شده از نفت و زغال‌سنگ لزوم توجه ویژه به علم شیمی و آموزش نظام‌مند آن را در مقاطع پایین‌تر دوجندان کرد.

توجه بسیار به علوم پایه سبب تربیت دانشمندانی شد که بعدها منشأ اثر در تاریخ بشریت شدند. شیمیدانان و فیزیکدانانی پرورش یافتند که توانستند مرزهای دانش را درنوردند و نظریه‌ها و قوانین جدیدی را کشف کنند. گسترش نظریه‌های علمی شیمی و فیزیک سبب شد تا شیمیدانان به همراه فرضیه‌های جدید و حساب‌شده‌ای وارد آزمایشگاه شوند. جدول مندلیف به نظام‌مند کردن علم شیمی بسیار کمک کرد. همچنین، بررسی ویژگی گازها مثل فشار، حجم، مول، عدد آووگادرو و نیز خصوصیات مایعات و محلولها، از جمله گرانی، مولاریته، مولالیته و همچنین محاسبات مربوط به استوکیومتری موجب ورود برخی مباحث فیزیک و ریاضی به حیطه علم شیمی شد.

با گذشت زمان، نه تنها علم شیمی توانست با بهره‌گیری از دیگر علوم، از جمله زمین‌شناسی، زیست‌شناسی، فیزیک، ریاضی، محیط زیست، نجوم، و علوم مهندسی، پایه‌های علمی لازم را به صورت یک رشته مستقل و گسترده کسب کند، بلکه توانست به دیگر حیطه‌های علوم تجربی نیز خدمات علمی ارائه دهد [۵].

در چند دهه اخیر، رشد تصاعدی علوم مختلف و تداخل حوزه‌های مختلف علمی سبب شده تا موضوعات بین رشته‌ای جدیدی مثل شیمی پزشکی، شیمی دارویی، شیمی تغذیه، شیمی نفت، شیمی مواد، شیمی هسته‌ای، شیمی سبز، شیمی بسیار، شیمی محاسباتی، زیست‌شیمی، زمین‌شیمی، اخترشیمی، گیاشیمی، الکتروشیمی، نانوشیمی، و ... ایجاد شوند که بیانگر گسترده بودن علم شیمی و رشد انفجاری آن در قرن بیستم است.

گسترده‌گی زیاد علم شیمی و کاربرد نظریه‌ها و فرآورده‌های متنوع آن در صنعت و جامعه و در زندگی روزمره بشر سبب شده تا شیوه آموزش و یادگیری مناسب و مؤثر آن در دانشگاهها و مدارس مورد تأکید واقع شود. ایجاد رشته جدیدی با عنوان آموزش شیمی در دهه ۱۹۷۰ پاسخی به این احساس نیاز بود [۶].

## آموزش شیمی در قرن بیستم

با گسترش سریع فناوری در قرن بیستم و پیشرفت همه‌جانبه علوم و فنون نیاز به آموزش و یادگیری علوم تجربی بیش از پیش

احساس می‌شد. به همین دلیل، بسیاری از مدارس و دانشگاهها در سطح جهان ساعاتی از برنامه‌های هفتگی خود را به آموزش موضوعاتی از علوم تجربی مثل شیمی، فیزیک، و زیست‌شناسی اختصاص دادند. برنامه‌ریزی و آموزش شاخه‌های مختلف علوم تجربی به طور جدی از ۱۹۳۰ آغاز شد. پیدایش و توسعه علم برنامه‌ریزی درسی در اواخر دهه دوم قرن بیستم تغییراتی بنیادی در برنامه‌های درسی علوم به وجود آورد.

در سالهای پیش و پس از جنگ جهانی اول (یعنی سالهای ۱۹۱۵ تا ۱۹۲۵)، متخصصان علوم تربیتی نسبت به روشهای آزمایشگاهی و دیگر راهبردهای آموزشی فعالیت‌محور احساس نوعی بدبینی و خصومت داشتند. این احساس عمدتاً بر روند برنامه‌ریزی و آموزش شیمی در مدارس تأثیری منفی به جا گذاشت، به طوری که در ابتدای قرن بیستم با وجود آنکه استفاده از آزمایشگاه و فعالیت‌های عملی در بسیاری از مدارس اروپا و امریکا مطرح شده بود، از طرف طراحان برنامه درسی آزمایشگاه‌محور به طور جدی دنبال نمی‌شد.

تا سالهای ۱۹۲۰، در برنامه‌های درسی شیمی مدارس روشهای مبتنی بر حفظ کردن مطالب همچنان معمول بود. در این دوران، آموختن مطالب گوناگون، به‌ویژه ریاضیات، فیزیک، و شیمی، وسیله‌ای برای تقویت و تمرین قوای فکری و رشد هوشی فراگیران محسوب می‌شد. در آموزش شیمی بر تدریس به شیوه سخنرانی و ارائه کلامی مطالب بسیار تأکید می‌شد و تجارب نمایشی و کارهای آزمایشگاهی برای تأیید مطالب آموخته‌شده استفاده می‌شد. هسته مرکزی برنامه‌ریزان درسی را شیمیدانانی تشکیل می‌دادند که به پژوهش یا تدریس در دانشگاه اشتغال داشتند و بخشهایی از شیمی را انتخاب می‌کردند که مهم و اساسی به نظر می‌رسید و در محتوای کتابهای درسی می‌گنجاندند.

در سالهای پس از جنگ جهانی اول (۱۹۲۰ تا ۱۹۴۰)، کشف مخازن نفتی در اقصی نقاط جهان، تولید انواع خودرو، هواپیما و صنایع وابسته به نفت، تأمین انرژی از سوخت‌های فسیلی، و نیز پیشرفت‌های انجام‌گرفته در صنایع شیمیایی و فناوریهای وابسته به آنها نیاز به تجدید نظر در روند برنامه‌ریزی درسی و آموزش شیمی را بیش از پیش مطرح ساخت. به طوری که در این سالها برنامه‌های درسی شیمی، در مقایسه با دیگر برنامه‌های درسی، از اهمیت و اولویت بیشتری برخوردار شد. آماده کردن فراگیران برای اجرای فعالیت‌های عملی و حل مسائل روزانه زندگی از اولویتهای برنامه درسی شیمی در سالهای پیش از جنگ جهانی دوم محسوب می‌شود [۱].

برنامه‌ریزی درسی و آموزش شیمی با وقوع جنگ جهانی دوم، در سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۵۰، افت شدیدی کرد. در زمانی که اروپا و دیگر کشورهای درگیر در جنگ جهانی دوم دوران سازندگی را سپری می‌کردند، ایالات متحده امریکا موفق شد با جذب مهاجرانی از معلمان، مدرسان، دانشمندان و استادان برتر دانشگاههای سراسر جهان برنامه‌های آموزشی جدیدی را بر پایه یافته‌های علمی و تجربه کشورهای مختلف پایه‌ریزی کند.

هدف اصلی این برنامه‌ها تربیت دانشمندان آینده و آماده کردن فراگیران برای ورود به دانشگاه بود. به همین دلیل، در آموزش

شیمی تجارب نمایشی و فعالیتهای آزمایشگاهی از گذشته بیشتر و تلاش شد تا محتوای درسی از قالب نظری و توصیفی خارج و از طریق فراگیران به کشف مفاهیم سوق داده شود.

استفاده از روش حل مسئله در آموزش شیمی و اجرای فعالیتهای آزمایشگاهی تحولات تازه‌ای در برنامه‌های درسی شیمی ایجاد کرد. به علاوه، در این دوره تا حدودی به تمایلات، علایق، و نظرهای فراگیران در طراحی برنامه درسی اهمیت داده شد. روش برنامه‌ریزی درسی نیز از حالت متمرکز خارج و به مدارس و معلمان سپرده شد.

در این برنامه‌ها، بر اساس یافته‌های روان‌شناسی پرورشی، توجه به نیازهای فراگیران اهمیت بیشتری یافت و تلاش شد تا برنامه درسی شیمی با توجه به رشد ذهنی و تفاوت‌های فردی فراگیران طراحی و تولید شود. به این منظور، محتوای انتخابی برنامه ابتدا به صورت آزمایشی برای گروه‌های نمونه تدریس شد تا پس از رفع نواقص و تطبیق آن با سن هوشی و توانایی یادگیری فراگیران در برنامه گنجانده شود.

به طور کلی، جهت بهبود و اصلاح برنامه‌های درسی شیمی در این دوره اقدامات زیر صورت گرفت:

۱. نوسازی و بازسازی محتوای شیمی بر اساس طرحها و اصول جدید علمی،
۲. تأکید بر یادگیری فعال شیمی به جای حفظ کردن و تکرار مطالب با تکیه بر فرایند پژوهش و اکتشاف،
۳. توجه عمده به توسعه نگرشهای مطلوب در فراگیران،
۴. استفاده از ابزارها و وسایل ساخته‌شده در آموزش شیمی، و
۵. سازماندهی فعالیتهای گروهی و یادگیری مشارکتی.

رشد تدریجی شاخه‌های مختلف علوم تربیتی و ارائه نظریه‌های جدید یادگیری سبب شد تا فرایند یاددهی‌یادگیری و تربیت نیروی انسانی ماهر در اولویت برنامه‌های دولتمردان و سیاستگذاران آموزشی قرار گیرد [۷].

## آموزش شیمی در دوران اسپوتنیک

در ۱۹۵۷، اسپوتنیک<sup>۱</sup> (اولین ماهواره روسی) به فضا پرتاب شد و با موفقیت در مدار زمین قرار گرفت. در اوج جنگ سرد و رقابتهای دو بلوک شرق و غرب، این موفقیت روسها برای غرب شوک بزرگی بود. نگرانی از پیشی گرفتن روسها در علم و فناوری، برای انقلاب علمی و توسعه تمامی ابعاد فرهنگی، صنعتی، نظامی در جهان غرب، به‌ویژه در ایالات متحده آمریکا، انگیزه‌ای قوی بود. انقلاب آموزشی و استفاده از رویکردهای نوآورانه در برنامه‌ریزی درسی و شیوه‌های یادگیری را می‌توان تغییراتی ناشی از آن انگیزه دانست.

واقعه اسپوتنیک در برنامه‌ریزی و آموزش علوم تجربی تحولی اساسی محسوب می‌شود. به دنبال این رویداد، دولت آمریکا مصمم شد تا در برنامه‌های آموزش علوم تجربی تغییراتی اساسی ایجاد کند. نتیجه این همایش در کتابی که برونر<sup>۲</sup> با عنوان *فرایند آموزش و پرورش* منتشر کرد، ویژگیهای عمده برنامه‌های جدید آموزش علوم تجربی را

مطرح کرد که سرمنشأ تغییرات بنیادی برنامه‌های درسی شاخه‌های مختلف علوم تجربی در دهه‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ محسوب می‌شود. برونر تغییر برنامه‌های درسی علوم تجربی را با توجه به چهار ویژگی زیر پیشنهاد کرد:

۱. ضرورت تعریف مجدد اهداف آموزشی و سازماندهی محتوا بر حسب ساختار حیطه‌های علمی و فرایندهای آموزش علوم تجربی،
۲. توجه به نقش فراگیر در فرایند یادگیری به طوری که در جریان یادگیری مشارکت فعال وجود داشته باشد و با فعالیت و دستکاری اطلاعات به اکتشاف محیط پیرامون خود بپردازد،
۳. تأکید بسیار بر نقش پژوهش و اکتشاف در برنامه‌های درسی و روشهای آموزش علوم تجربی،
۴. توجه به نقش فناوری و کاربرد ابزار که در واقع عامل تسهیل‌کننده یادگیری در طرح‌ریزی برنامه‌های درسی و روشهای آموزش علوم تجربی است.

به موازات تحولات برنامه‌ریزی درسی شیمی در ایالات متحده آمریکا، که در سالهای آخر دهه ۱۹۵۰ آغاز شد، در سالهای اولیه ۱۹۶۰ نیز تحولات مشابهی در انگلستان و دیگر کشورها روی داد. طرحهای اجرانده در زمینه آموزش علوم تجربی، به‌ویژه شیمی، هر یک مدتها در نحوه طراحی و تدوین برنامه‌های درسی شیمی تأثیر داشت. نوآوریهای انجام‌یافته در برنامه‌ها و مواد آموزشی شیمی این دو کشور طی چند سال به کشورهای گوناگون جهان از جمله کانادا، استرالیا، زلاند نو، ایران، و غیر آنها تسری پیدا کرد و به ابداع و ابتکار موازی در برنامه‌ها و مواد آموزشی آن کشورها منجر شد [۵].

از مهم‌ترین طرحهای آموزش شیمی دوران اسپوتنیک در دهه ۱۹۶۰ طرحهای آموزش شیمی با رویکرد پیوندی (CBA)\* و مطالعه مواد آموزشی شیمی در ایالات متحده آمریکا و طرح آموزش شیمی نافیلد<sup>۱</sup> در انگلستان بود که هسته‌های اولیه دگرگونی و اصلاح آموزش شیمی را در این کشورها و سپس در دیگر کشورهای جهان فراهم آوردند. گرچه تفاوت‌های چشمگیری در ساختار و رویکردهای این طرحها وجود داشت، همه آنها در دورانی پدیدار شدند که به پرورش نیروهای انسانی متخصص در علوم و فناوریهای پیشرفته بسیار اهمیت داده می‌شد. هر یک از این طرحها با مشارکت متخصصان علوم تربیتی و دانشمندان مشهور از جمله گلن سیبورگ<sup>۲</sup>، برنده دو جایزه نوبل در شیمی هسته‌ای و ساختار اتم، تدوین شد.

تلقی طراحان این برنامه‌ها، هم در آمریکا و هم در انگلستان، آن بود که رویکرد آموزش شیمی پیشین، بر آموختن واقعیت‌های علمی، به مثابه هدف اصلی بی‌دلیل و ناضروری تأکید کرده و این رویکرد آموزشی واقعیت‌محور، با تحولات جدید علم شیمی، که در سطح جهان اتفاق افتاده بود، هماهنگی و ارتباط مستقیم نداشته است. افزون بر آن، محتوای ماده درسی و آموزش شیمی بر مبنای اشاره به حقایق قطعی و تغییرناپذیر مطرح می‌شد که در واقع چنین نبود و دانش شیمی با شتاب در حال تغییر و تحول بود. کاربرد دانسته‌های علمی در زندگی روزمره و در محل کار نیز از نظر محتوای آموزشی صرفاً مبنای اطلاعاتی و سطحی داشت [۸].

\* CBA مخفف Chemical Bond Approach است.

1. Nuffield 2. Glenn Seaborg

1. Sputnik 2. Brunner

با توجه به این گونه کاستیها در برنامه‌های درسی گذشته، طراحی برنامه‌های آموزشی جدید بر مبنای اصول و رویکردهای زیر صورت گرفت:

۱. به‌روز کردن محتوای درس شیمی در پرتو مفاهیم جدید و به‌روز شیمی،
  ۲. آموزش مفهومی شیمی در کنار یادگیری برخی اصول و واقعیتهای علمی؛ که بر این اساس بسیاری از مفاهیم جامع و بنیادی شیمی مثل قانون تناوب، مول، ساختار اتم، سینتیک، و انرژی حتی در سطوح پایین آموزشی در برنامه‌های درسی گنجانده شد.
  ۳. توجه به مفاهیم شیمی فیزیکی جهت درک بهتر مفاهیم شیمی. این رویکرد در حال حاضر شیمی مفهوم‌محور نامیده می‌شود.
  ۴. آشنایی با روش علمی و کسب بینش علمی در نگرشها و تفکر فراگیران. در این بُعد، فراگیران از شیوه اندیشیدن و عملکرد دانشمندان درک عمیق‌تری به دست می‌آورند و با فعالیتهای عملی و آزمایشگاهی، مشارکت، و بحث و گفتگو با دیگر فراگیران علاوه بر کشف مفاهیم جدید، مفاهیم علمی آموخته‌شده را تعمیم می‌دهند.
  ۵. آگاه کردن فراگیران از برخی کاربردهای شیمی در زندگی روزمره و صنعت با مطالعه برخی مباحث مثل الیاف، بسپارها، شوینده‌ها، داروها، و حشره‌کشها.
- از ویژگیهای بارز برنامه‌های درسی علوم تجربی در دوران اسپوتنیک - که به دوران طلایی آموزش علوم تجربی معروف است - به‌کارگیری نظریه‌ها و یافته‌های جدید علوم تربیتی و روان‌شناسی پرورشی در فرایند یاددهی‌یادگیری بود. اجرای مؤثر این طرحها، بررسی نتایج کسب‌شده، و فعالیت پژوهشی برای بهینه‌سازی فرایند یاددهی و یادگیری به پیدایش موضوعات جدید بین رشته‌ای با عنوانهای آموزش علوم تجربی، آموزش شیمی، و غیره منجر شد [۴]. پژوهش در آموزش شیمی نیز موضوع نوپایی بود که در کنار برنامه‌های آموزش شیمی در دوران اسپوتنیک متولد شد. اجرای اصلاحات آموزشی سبب افزایش چشمگیر پژوهشهای مرتبط با آموزش شیمی شد و اطلاعات پژوهشی ارزشمندی به دست آمد، از جمله شیوه یادگیری فراگیران، مؤثر بودن انواع روشهای تدریس، کج‌فهمیهای رایج در آموزش و یادگیری شیمی، و نیز انواع شیوه‌های ارزیابی از آموخته‌های فراگیران.
- در ادامه طرحهای آموزشی شیمی در دوران اسپوتنیک به طور مختصر معرفی می‌شوند.

#### الف) طرح آموزش شیمی با رویکرد ارتباطی

در طرح آموزش شیمی با رویکرد ارتباطی بر توسعه الگوهای ذهنی فراگیران، درک شیمی با ارتباط دادن مفاهیم به یکدیگر، و تفسیر رفتار مواد شیمیایی تأکید شده بود. اساس این رویکرد را طرح یک مسئله کلی و ارائه مفاهیم به شیوه کل به جزء تشکیل می‌داد. در این طرح چند موضوع اساسی انتخاب و سپس مفاهیم جانبی دیگری برای درک مفهومی این موضوعات مطرح می‌شود که به درک مفاهیم پایه‌ای شیمی بسیار کمک می‌کند.

مثلاً، برای درک قطبی بودن مولکول آب و خمیده بودن شکل آن باید ابتدا بحث هیبرید شدن، شکل مولکولها، الکترونیهای پیوندی و ناپیوندی، آرایش الکترونی، و مدل اوربیتالی ساختار اتم طرح شود. بنابراین، ساختار خمیده مولکول آب و خمیده بودن آن دلیلی برای طرح مباحث اصولی دیگر با یک ارتباط طولی منطقی است.

اولین ویراست نهایی این طرح در ۱۹۶۴ منتشر شد. هدف اصلی طرح آن بود که فراگیران با مدل‌های فیزیکی و ذهنی به درک درستی از ماهیت شیمیایی مواد و رفتار آنها دست یابند. دانش‌آموز برای پاسخ به این پرسش که «چرا مولکولهای HCl یا H<sub>2</sub>O واکنش می‌دهند» باید انواع نیروهای دافعه و جاذبه بین اتمها، توزیع ابر الکترونی، و دوقطبی شدن هر یک از مولکولها را در نظر بگیرد و سپس تصویری از شکل مولکولها را در ذهن خود ترسیم کند که در سایه مفاهیمی چون الکترونگاتیوی و قانون تناوب به دست می‌آید.

برای رسیدن به درکی منطقی باید در جستجوی نوعی الگوی ذهنی بود که رابطه اتمها با یکدیگر و ساختار مولکول را به روشنی بیان کند. مطالب پیشگفته در حالی مطرح شد که معلمان و فراگیران از مشاهده دنیای اتمها، مولکولها، یونها، و رفتار اسرارآمیز آنها عاجز بودند و برای جلوگیری از بروز کج‌فهمی در درک مفاهیم انتزاعی باید با الگوهای ذهنی رفتار و ویژگیهای آنها را بررسی می‌کردند.

استفاده از مدل اتمی بور برای بیان ترازهای انرژی و نیز پیوندهای یونی مناسب است. اما برای بیان پیوند کووالانسی، پیوندهای فلزی، انرژی یونش و ویژگیهای نافلزات نمی‌توان از این مدل استفاده کرد. طرح مدل کوانتومی اتم و معرفی اوربیتالها و عددهای کوانتومی به درک سطوح انرژی، انرژی یونش، آرایش الکترونی، الکترونیهای ظرفیت، و الکترونگاتیوی بسیار کمک کرده است و با وجود طرح مدل‌های جدید در سالهای اخیر، باز استفاده از مدل کوانتومی اتم از نظر شیمیدانان از مقبولیت بسیار زیادی برخوردار است. طرح این مدل ذهنی ساده‌شده سبب درک آسان بخش اعظمی از مفاهیم مهم شیمی شد.

در ۱۹۶۴، محتوای تولیدشده برای آموزش شیمی با رویکرد ارتباطی با عنوان سامانه‌های شیمیایی منتشر شد. دنبال کردن روند بررسی اندیشه‌های جامع و بزرگ در پرتو رویکرد ارتباطی موجب حذف بخش عمده‌ای از محتوای شیمی توصیفی متعارف شد که در برنامه‌های درسی دوره متوسطه آن زمان وجود داشت و مفاهیم نظری و انتزاعی شیمی فیزیکی جای آنها را گرفت [۹].

در این طرح به جنبه‌های کاربردی علم شیمی کمتر اشاره شده بود و تلاش می‌شد تا فراگیران با درگیر شدن با مفاهیم نظری به درک عمیقی از مفاهیم شیمی دست یابند. از سوی دیگر، توسعه هرگونه اندیشه‌ای که در ارتباط با درک منطقی مفاهیم مربوط به پیوندهای کووالانسی، یونی، و فلزی بود، مستلزم درگیر شدن با محتوا و مفاهیمی بود که در گذشته برای شیمی دوره متوسطه دشوار پنداشته می‌شد و حتی در شیمی سال اول دانشگاه نیز کمتر مطرح می‌شدند. در این طرح خواص ویژه فلزات تا آنجا اهمیت داشت که در خدمت توسعه اندیشه‌های مربوط به پیوند فلزی باشند. همچنین، مثبت بودن بار هسته و وجود نوترون و پروتون در آن تا آنجا اهمیت داشت که بتواند در خدمت بررسی انواع پیوندهای بین اتمی و بین مولکولی باشد.

پژوهشها و ارزیابیهای انجام گرفته در نیمه دوم دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ نشان داد که به علت سخت بودن مفاهیم ارائه شده در طرح آموزش شیمی با رویکرد ارتباطی، عده اندکی از فراگیران از این برنامه استقبال کردند. معلمان شیمی نیز معتقد بودند که آموزش محتوای این طرح دشوار به نظر می‌رسد. تجربه‌های آموزشی معلمان و پژوهشها نشان داد که درک بهتر این گونه دیدگاههای شیمی فیزیکی و الگوهای ذهنی مطرح در آنها باز هم به وارد شدن در افقهای دیگر و در الگوهای ذهنی بیشتر نیازمند است. به همین دلیل، این طرح جالب و نوآور سریع‌تر از دیگر طرحهای آموزشی شیمی دوران اسپوتنیک کنار گذاشته شد.

طرح آموزش شیمی با رویکرد ارتباطی به مدت بیش از بیست و پنج سال در فاصله سالهای ۱۳۵۲ تا ۱۳۷۸ در تدوین برنامه و کتابهای درسی شیمی دوره متوسطه ایران استفاده شد [۵].

### ب) طرح مطالعه مواد آموزشی شیمی

طرح مطالعه مواد آموزشی شیمی کاملاً آزمایش محور بوده و رویکرد کشف مفاهیم با اجرای آزمایش را دنبال می‌کرد. در این طرح آموزش هر کدام از مفاهیم بنیادی شیمی از آزمایشگاه آغاز می‌شد و در کلاس درس به پایان می‌رسید. مثلاً، فراگیران در نخستین جلسه درسی با هدف اجرای مشاهده دقیق علمی به آزمایش سوختن شمع می‌پرداختند و داده‌های گوناگون کیفی و بعضاً کمی حاصل از مشاهده خود را ثبت می‌کردند. سپس، یافته‌های خود را با دیگر اعضای گروه در میان می‌گذاشتند و با یکدیگر بحث و گفتگو می‌کردند و پس از جمع‌بندی مشاهدات و یافته‌ها، گزارش یافته‌های آنها در کلاس ارزیابی و تعدیل می‌شد و معلم، علاوه بر بررسی یافته‌های فراگیران و ارائه مفاهیم نظری لازم، پرسشهایی را مطرح می‌کرد تا مسیر برنامه کلاس از مدار خارج نشود [۱۰].

در این طرح آزمایشهای بسیار ظریف و ویژه‌ای هدف‌دار طراحی شده بود که مهیج و بحث‌انگیز بودند و از نظام و روند معینی پیروی می‌کردند. اجرای این آزمایشها فراگیران را به الگوهای ذهنی و مفاهیم مرتبط رهنمون می‌ساخت. در عین حال، اجرای این آزمایشها زمینه‌های رو به رو شدن با رویدادهای نامنتظره و بحث‌انگیز دیگری را آماده می‌کرد. فراگیران به هنگام رو به رو شدن با رویدادی نامنتظره درصدد حل مسئله بر می‌آمدند. مثلاً، آنها هنگام اجرای آزمایش مشاهده سوختن شمع و کاوشهای جنبی، برای پرداختن به فعالیتهای مقصد آزاد نیز، مثل تعیین دمای ذوب شمع، گردآوری و تشخیص فراورده‌های احتراق شمع، و جز آنها فرصت می‌یافتند و به گردآوری داده‌های کیفی و کمی می‌پرداختند.

کتاب درسی فراگیران نیز طوری سازماندهی شده بود که با یافته‌ها و نتایج پیش‌بینی شده از فعالیتهای عملی هماهنگی داشت و فرض می‌شد فراگیران به یافته‌های مناسب از بررسی داده‌ها و کشف روندها و نظامها در آزمایشگاه دست یافته‌اند. گاهی نیز شرح برخی آزمایشها و یافته‌های آنها در کتاب درسی دانش‌آموز مطرح می‌شد که زمینه‌ساز پرسش و پاسخ، تفکر نقاد، داده‌پردازی، و مفهوم‌سازی بود.

افزون بر آن، فعالیتهای آموزشی معلم در آزمایشگاه اغلب به شیوه نمایشی و به کمک کتاب راهنمای معلم صورت می‌گرفت. این فعالیتهای شامل برخی آزمایشهای نمایشی بود که به دلایلی اجرای آنها به وسیله فراگیران ناممکن به نظر می‌رسید. همچنین، در این طرح استفاده از اسلایدهای مربوط به ارائه یک مفهوم علمی، طرح پرسش و پاسخ، استفاده از فیلمهای آموزشی برانگیزاننده و ارائه تصاویری از صنایع شیمیایی مرتبط با موضوع درسی، و غیر آنها جایگاه ویژه‌ای داشتند.

در تدوین محتوای آموزشی ویژه دانش‌آموز بر مفاهیم بنیادی و وحدت‌بخش شیمی بسیار تأکید شده بود. تاریخ شیمی یا شیمی توصیفی‌صنعتی که معمولاً در برنامه‌ها و کتابهای درسی دوره متوسطه آن زمان رواج داشت از کلیه کتابهای درسی حذف شده بود. کتابهای درسی تدوین شده سه بخش داشت که، پس از معرفی روش علمی، به ترتیب زیر سازماندهی شده بود:

۱. نظریه ذره‌ای ماده،

۲. واکنشها و تبدیلات شیمیایی، و

۳. ساختار اتمی ماده.

شش فصل نخست کتاب، که بخش مقدماتی و اولیه آن را تشکیل می‌داد، دانستنیهای کلی درباره بسیاری از اندیشه‌های جامع را برای فراگیر فراهم می‌کرد. این دانستنیها بعدها با تفصیل بیشتر پی‌گیری می‌شد. فراگیر از این طریق به اهمیت رویکرد انتخابی، کیفیت بررسی، و نتیجه‌گیری از آنها واقف می‌شد. از همان آغاز، نیاز به نتیجه‌گیری و ساختن الگوهای جامع و فراگیر مورد توجه برنامه‌ریزان و مجریان طرح واقع می‌شد. در نتیجه، فراگیر به داشتن قطعیت در مشاهده‌های علمی و نظریه‌های حاصل از آنها پی می‌برد و به این جمع‌بندی می‌رسید که یافته‌های علمی باید دوباره بررسی و پژوهش شوند.

بقیه مفاهیم مطرح شده در بخش اول عبارت بودند از ماهیت ذره‌ای ماده، مفهوم مول، نظریه جنبشی، اندیشه تعادل پویا، بقای جرم و انرژی، اتمها، ماهیت الکتریکی اتمها و یونها، قانون تناوبی، و رفتار گازها. در هر مرحله از آموختن این مفاهیم، حداقلی از پایه‌های تجربی تأمین و بررسیهای کامل تر به فصلهای بعدی موکول می‌شد. در حقیقت، هدف از بخش اول آشنا کردن فراگیران با چارچوبها و بنیادهای کلی در برگزیده علم شیمی بود.

فصلهای بعدی کتاب به توسعه همین اصول و دیگر اصول مهم شیمی اختصاص می‌یافت. این کار باز هم بر مبنای تجارب آزمایشگاهی و مطالعات مرتبط استوار بود. این رویکرد توسعه علمی که به تدریج ژرف‌تر می‌شد، به شیوه کل به جزء سازماندهی شده و از ارتباط طولی و عرضی مناسبی برخوردار بود.

در بخش دوم بررسیها با نگاه ژرف‌تر بر تغییر انرژی و نقش آن در واکنشهای شیمیایی، سرعت واکنشها، و تعادل شیمیایی آغاز می‌شد و سپس کاربرد آنها در انحلالپذیری، شیمی اسیدها و بازها، و اکسایش و کاهش ادامه می‌یافت.

در بخش سوم ساختار اتم و پیوند شیمیایی از نگاه نسبتاً تفصیلی و بر مبنای ساختار الکترونی اتم بررسی می‌شد. این مطالعه تا اندازه‌ای در پرتو تأثیرات نیروهای الکتریکی اثرگذار در پیدایش

جدول ۱. انواع موضوعات انتخابی در طرح آموزش شیمی نافیلد.

ردیف	موضوع	ردیف	موضوع
۱	آب	۶	کلوئیدها
۲	تغییر و تبدیل مواد	۷	تتاب، ساختار اتم، و پیوند
۳	فلزات و آلیاژها	۸	مواد مخدر و داروها
۴	بسپارها	۹	صنایع شیمیایی
۵	تجزیه هدف دار مواد در آزمایشگاه	۱۰	مباحث تاریخی (رویکردهای اکتشافی در شیمی)

### آموزش شیمی در دوران پس‌اسپوتنیک

هدف از طراحی طرحهای اولیه دوران اسپوتنیک جایگزین کردن رویکرد توصیفی شیمی با مباحث جدید و به روز با یک شیوه سازماندهی منسجم، منطقی، و به هم پیوسته بود. اما در عمل و در بسیاری از نقاط جهان چنین قضاوت شد که این طرحها در تأکید بر ابعاد نظری زیاده روی کرده‌اند.

با پیشرفت دانش شیمی الگوهایی که در آموزش و یادگیری شیمی به کار گرفته می‌شد به طور فزاینده‌ای انتزاعی تر شده بود. کاربست مفاهیم شدیداً انتزاعی و مدل‌های ریاضی، که از روابط منطقی پیچیده برای تفسیر و توجیه مشاهدات تجربی به کار می‌رفتند، در دانش شیمی و از جمله در حوزه شیمی ساختاری و محاسباتی بسیار پیشرفت کرد.

این تحولات و پیشرفتهای شیمی با وجود ارتقا بخشیدن به شیوه تفکر و کاوشگری در علم شیمی، برای آموزش و یادگیری شیمی در دوره متوسطه مشکلات زیادی به بار آورد. هر چند فراگیران نخبه و نیز مراکز دانشگاهی از این طرحها استقبال کردند، حجم زیاد مطالب و مفاهیم نظری و دشواری زیاد آنها سبب استقبال کم معلمان و فراگیران از آن شد [۵].

بیشتر معلمان معتقد بودند در دوره متوسطه به نوعی برنامه‌ریزی و تألیف نیاز است که آن را به کمک رویکردی جدید با زندگی حال و آینده فراگیران مرتبط سازد. در این صورت، حتی آن دسته از فراگیرانی که معمولاً جذب آموزش عالی نمی‌شوند نیز از چنین برنامه و محتوایی بهره خواهند برد. در مراکز علمی معتقد بودند فراگیران نخستین نسل انقلاب آموزشی (دوران اسپوتنیک) به خوبی درباره مفاهیم انتزاعی و دشوار اوربیتالها، پیوندها، و انرژی آزاد صحبت می‌کنند، در حالی که از خواص ساده مواد شیمیایی متعارف ناآگاه‌اند.

امروزه میزان کج‌فهمی فراگیران از مفاهیم انتزاعی بیش از گذشته شده است. بسیاری از فراگیران علم شیمی را خشک و بی‌روح می‌پندارند، بنابراین انگیزه‌ای برای مطالعه شیمی ندارند. فعالیتهای آزمایشگاهی یکتواخت و خسته‌کننده‌اند و با آسبزی فرق زیادی ندارند. همه این عوامل سبب شد تا انگیزه اجرای اصلاحات آموزشی دوجندان شود. در ادامه به برخی طرحهای آموزش شیمی دوران پس‌اسپوتنیک اشاره می‌شود [۱].

### الف) طرح آموزش شیمی با رویکرد بین رشته‌ای

طراحی و تدوین برنامه آموزش شیمی با رویکرد بین رشته‌ای از ۱۹۷۰ آغاز شد و پس از سه سال کوشش مستمر معلمان شیمی،

پیوندهای شیمیایی و بر مبنای نیروهای جاذبه بین برخی الکترونها و هسته اتمها انجام می‌گرفت. در اینجا به این نکته اشاره می‌شد که گرچه موقعیت الکترونها و مسیر آنها مشخص نیست، می‌توان از نوعی توزیع کلی بار در فضا، با استفاده از واژه اوربیتال، استفاده کرد. این بررسی به ساختار مولکولها و اثر آنها بر خواص موادی در جدول تناوبی کشیده می‌شد که ظاهراً خواص متفاوتی دارند [۱۱].

### ج) طرح آموزش شیمی نافیلد در انگلستان

طرح آموزش شیمی نافیلد، که بنیاد علمی نافیلد آن را بین سالهای ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۰ طراحی و عملیاتی کرد، در طول فرایند یاددهی و یادگیری شیمی بر اجرای آزمایش و کاوشگری بسیار تأکید داشت. رویکردهای انتخابی این طرح نشان می‌دهد علم شیمی برای پیشبرد اهداف آموزشی و رسیدن به هدف نهایی آن یعنی «آموزش از طریق علم شیمی» به خدمت گرفته شده است. اجرای این طرح از ۱۹۶۶ تا به امروز ادامه دارد و اهداف زیر را دنبال می‌کند:

۱. توانایی به خاطر آوردن اطلاعات و تجارب مهم،
۲. مهارت در کار با مواد، ابزار و نصب وسایل، اجرای دستورها برای اجرای آزمایش، و مشاهدات دقیق،
۳. مهارت در طراحی آزمایش برای حل مسائل و معماهای عملی،
۴. مهارت در بررسی و کار با اطلاعات داده‌شده، طبقه‌بندی آنها، و کار با نمودارها و یافته‌های کمی،
۵. توانایی تفسیر اطلاعات یا شواهد لازم برای ارزیابی و قضاوت،
۶. توانایی کاربست دانستنیهای پیشین در موقعیتهای جدید و داشتن تفکری خلاق،
۷. توانایی ارائه گزارش، بحث و گفتگو، و اظهار نظر درباره مسائل ساده و مرتبط با علم شیمی، و
۸. آگاهی از موقعیت علم شیمی در بین دیگر موضوعات علمی و جهان پیرامون.

در طرح نافیلد کتاب درسی رسمی برای فراگیر تدارک دیده نشده بود، اما کتابهای مرجع بسیاری، در هر دو حیطه آزمایشگاهی و نظری، برای معلمان و فراگیران تهیه شده بود. یکی از مواد آموزشی بسیار جذاب و ابتکاری طرح نافیلد، طراحی و تدوین مجموعه‌ای ده‌جلدی از کتابهای کوچک برای فعالیت علمی و پژوهشی بود که در سازماندهی آنها از شیوه آموزش فعال، اجرای آزمایش، داده‌پردازی، مراجعه به منابع، تنظیم گزارش، و پاسخ به پرسشها استفاده شده بود و فراگیران، طبق برنامه درسی رسمی، باید دو مورد از ده موضوع طرح‌شده در جدول ۱ را انتخاب می‌کردند [۱۲].

در تدوین طرح نافیلد از آخرین یافته‌های علوم تربیتی و نیز نظریه‌های دانشمندی مثل ژان پیاژه، دیوید آزیل، بنیامین بلوم، برونر و گانیه به خوبی استفاده شده بود. در حال حاضر، بنیاد علمی نافیلد، که مسئولیت به‌روزرسانی، پویاسازی، اصلاح، و اجرای این طرح را بر عهده دارد، آن را به صورت فراگیر در تمام دوره‌های آموزشی ابتدایی و متوسطه اجرا کرده است.

مشاوران آموزش علوم، و استادان دانشگاه مرلند آمریکا به بار نشست. این برنامه تا حدودی بر اساس این فرض و استدلال پایه‌گذاری شد که با علاقه‌مند شدن فراگیران به علم شیمی آنان بیشتر و بهتر می‌آموزند و آموخته‌های خود را بهتر به یاد می‌سپارند و به‌موقع به کار می‌برند. در این صورت، مفاهیم و مهارت‌هایی را که آموخته‌اند نمود عملی خواهد یافت.

در سازماندهی مفاهیم این طرح از رویکرد پودمانی استفاده شده بود. پودمان‌های هفت‌گانه‌ای که در این طرح در نظر گرفتند شامل مجموعه‌ای از مباحث انعطاف‌پذیر بود که از لحاظ یادگیری خودگام محسوب می‌شدند و امکان تأمین چند مسیر انتخابی را فراهم می‌ساختند. نخستین پودمان آن شامل مفاهیم پایه و مهارت‌های اساسی شیمی بود و پودمان‌های بعدی مفاهیم پودمانی مقدماتی را تقویت می‌کردند و توسعه می‌دادند. فراگیران با پیشروی از یک پودمان به پودمان دیگر به مفاهیم جامعی می‌رسیدند، به طوری که قلمروهای گوناگونی از دانش شیمی را (مثل شیمی فیزیک، شیمی معدنی، شیمی آلی، زیست‌شیمی، شیمی هسته‌ای، و شیمی محیط زیست) وحدت می‌بخشیدند.

### ب) طرح آموزش شیمی در جامعه

انجمن شیمی آمریکا با پشتیبانی بنیاد ملی علوم آمریکا، بنیادهای کارنیگی، راکفلر، و چند نهاد و بنیاد دیگر طرح آموزش شیمی در جامعه را با رویکرد بین رشته‌ای و در ارتباط با مسائل جامعه طرح‌ریزی و نخستین ویراست آن را در ۱۹۸۸ منتشر کردند. اهداف در نظر گرفته‌شده از طراحی و تدوین این طرح عبارت است از:

۱. فراگیران باید نقش مهم شیمی را در آینده شخصی، اجتماعی، و حرفه‌ای خود درک کنند.
  ۲. فراگیران علم شیمی را برای درست اندیشیدن و تصمیم‌گیری‌های سنجیده درباره مسائل مربوط به علم، فناوری، و زندگی به کار برند.
  ۳. فراگیران به نوعی آگاهی و مهارت در یادگیری مادام‌العمر دست یابند و از تواناییها و محدودیتهای علم شناخت پیدا کنند.
- طرح آموزش شیمی در جامعه شامل رویکردهای دانش‌آموز محور، فعالیت محور، و مسئله محور بود و گروه‌های کوچک دانش‌آموزی را برای یادگیری مفاهیم شیمی تشویق می‌کرد. محتوای این طرح عبارت از مفاهیم متعارف شیمی و مهارت‌های آزمایشگاهی، همچنین مفاهیم مرتبط با شیمی موجودات زنده و محیط زیست، صنایع شیمیایی، شیمی آلی، و شیمی هسته‌ای بود. این مجموعه را معمولاً در یک کتاب درسی شیمی استاندارد ارائه نمی‌کنند.

مفاهیم، معانی، و رویکردهای برگزیده در این طرح به فراگیران کمک می‌کرد تا بر پایه نیازهای اجتماعی خود به علم شیمی بنگرند. از ویژگی‌های بارز این طرح آن بود که علم شیمی بر مبنای فلسفه نیاز به دانستن آموخته می‌شود. بنابراین، مسائل و معماهای اجتماعی و فناوریانه هستند که عمق و وسعت مفاهیم شیمی آموخته‌شده را تعیین می‌کنند.

هنگامی که فراگیران در اندیشه به کار بستن مفاهیم شیمی در زندگی روزمره خود باشند، این طرح با ارائه اطلاعات مورد نیاز مسئولیت یادگیری آنها را به عهده خودشان واگذار می‌کند. اغلب مسائل

و معماهای پیچیده و بعضاً شگفت‌انگیز و چالش‌برانگیز جامعه ما ابعادی فراتر از مفاهیم علمی صرف از جمله ارزشهای فردی، اجتماعی، و فرایندهای تصمیم‌گیری گروهی و جمعی را در بر می‌گیرند. به همین دلیل، هدف این طرح آماده کردن فراگیران به صورت شهروندانی آگاه و علاقه‌مند به علم است که قادرند آموخته‌های خود را در تصمیم‌گیریها و حل مسائل شخصی و اجتماعی به کار بندند.

محتوای طرح آموزشی شیمی در جامعه در هفت بخش تنظیم شد که عبارت‌اند از:

۱. آب: پژوهش در محلولها،
۲. مواد: ساختار و کاربردها،
۳. نفت: گسست و تشکیل پیوندها،
۴. هوا: شیمی و جو،
۵. صنعت: کاربرد واکنشهای شیمیایی،
۶. اتمها: برهم‌کنشهای هسته‌ای، و
۷. غذا: ماده و انرژی برای حیات.

سطح مطالب ارائه‌شده در این طرح نسبتاً آسان بود و نمی‌توانست پاسخگوی نیازهای آموزشی فراگیران نخبه و متقاضیان ادامه تحصیل در رشته شیمی در دانشگاه باشد [۱۳]. بخشهایی از برنامه شیمی در جامعه به صورت گزینش‌شده در ۱۳۷۹ برای تدوین کتاب شیمی سال اول دوره متوسطه ایران استفاده شد.

### نتیجه‌گیری

در بررسی سیر تحول برنامه‌های درسی شیمی، به‌ویژه در پنجاه سال اخیر، مشاهده می‌شود در پی تحولات اقتصادی، اجتماعی، و اصلاحات آموزشی نوعی حرکت آونگی را شاهدیم که در یک سمت گرایش افراطی به حجم زیاد و سنگین مفاهیم انتزاعی (دوران اسپوتنیک) و در سمت دیگر گرایشهای افراطی در رقیق کردن محتوای برنامه و نگاه بین رشته‌ای به آموزش شیمی دیده می‌شود (دوران پس‌اسپوتنیک).

پیش از ۱۹۸۰، بیشتر متخصصان برنامه‌ریزی درسی به هنگام تدوین برنامه درسی شیمی در دوره‌های مختلف تحصیلی با این پرسش مواجه می‌شدند که «چه موضوعاتی را باید در برنامه درسی شیمی آموزش داد». این پرسش باعث شد تا برنامه‌های درسی منسجم و حجیمی شامل موضوعاتی متنوع از مفاهیم علم شیمی تهیه و اجرا شود. این برنامه‌های درسی بر پایه ارزشیابیهای صورت‌گرفته بارها اصلاح و بازبینی شده است.

در اواخر قرن بیستم، این پرسش که «فراگیران چه چیزی را باید یاد بگیرند» در مراکز علمی و صنعتی جهان مطرح شد. با این پرسش پژوهشهای انجام‌گرفته عمدتاً از برنامه‌ریزی درسی به سمت فراگیران و اتخاذ رویکردهای فرایندی و پرورش انواع مهارت‌های تفکر، دست‌ورزی، و فعالیت‌های پژوهشی فراگیران سوق داده شد. بررسی و مرور آموخته‌ها و میزان درک فراگیران از مفاهیم مختلف علمی و مشخص کردن کج‌فهمیهای موجود بسیار رونق گرفت و اطلاعات زیادی در خصوص شرایط یادگیری مؤثر بر پایه روشهای یاددهی یادگیری دانش‌آموز محور مثل یادگیری مشارکتی، استفاده از رویکردهای ساختن‌گرایی، و کاوشگری به دست آمد.



3. Morrell, J. B., "The Chemist Breeders: The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson", *Ambix*, 1997, 19, 1.
4. Johnstone A. H., "The Development of Chemistry Teaching", *J. Chemical Education*, 1993, 70, 701.
5. خلخالی، مرتضی، «بررسی مسائل برنامه و کتابهای جدید شیمی دوره‌های متوسطه و پیش‌دانشگاهی ایران (۸۵-۱۳۸۰) از دیدگاه برنامه‌ریزی درسی، روان‌شناسی پرورشی و مطالعات تطبیقی»، گزارش طرح پژوهشی، مؤسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوریهای آموزشی، تهران، ۱۳۸۶.
6. بدریان، عابد، «ارزشیابی از برنامه درسی شیمی دوره متوسطه و پیش‌دانشگاهی»، گزارش طرح پژوهشی، به سفارش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وزارت آموزش و پرورش، تهران، ۱۳۸۸.
7. بدریان، عابد، «ضرورت بازاندیشی در برنامه‌ریزی درسی شیمی دوره‌های مختلف تحصیلی»، هفتمین همایش ملی انجمن مطالعات برنامه درسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۸۷.
8. Erduran, S., "Philosophy of Chemistry: An Emerging Field With Implications for Chemistry Education", *Science & Education*, 2001, 10(6), 581.
9. Kauffman, G. B., "History in the Chemistry Curriculum", *Interchange*, 1989, 20(2), 81.
10. Merrill, R. J., Ridgway, D. and Seaborg, G., "The Story of CHEM Study", Freeman, San Francisco, USA, 1969.
11. Sutman, F. X., "Readings in Science Education for the Secondary School", Hans O. Andersen, The MacMillan Company, New York, 1969.
12. Nuffield Foundation Science Teaching Project (NFSTP), "Nuffield Chemistry", Longman/Penguin Books, 1966.
13. ACS (American Chemical Society), "Chemistry in the Community", Kendall/Hunt Publishing Company, USA, 1993.
14. King, D., "Teacher's Beliefs and Constraints in Implementing a Context-Based Approach in Chemistry", *Teaching Science*, 2007, 1, 1.

پیشرفتهای اخیر در روان‌شناسی پرورشی و علوم تربیتی به پژوهشگران کمک کرده تا بتوانند انتظارات آموزشی خود را به‌درستی مشخص کنند. بر پایه یافته‌های جدید علوم تربیتی، هدف از آموزش شیمی در دوره متوسطه تربیت شیمیدان نیست. در رویکردهای جدید برنامه‌ریزی درسی، هدف اصلی با توجه به تنوع و جاذبه‌های موجود در علم شیمی، آموزش برخی اصول و مفاهیم نظری علم شیمی نیست. بلکه آموزش شیمی وسیله‌ای است برای آموزش مهارت‌های زندگی، حل مسئله، کاوشگری، آشنایی با ماهیت علم، و تقویت نگرش‌های علمی و اخلاقی. در این رویکردها، شیمی در خدمت برنامه‌های آموزشی و تربیت شهروندانی مطلوب است و از جاذبه‌های علم شیمی برای پیشبرد اهداف آموزشی بهره گرفته می‌شود.

در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها کتابهای درسی متنوعی منتشر شده که بر اساس فعالیت‌های فراگیران و انگیزه کاوشگری پایه‌ریزی شده و محتوای شیمی با رویکرد زمینه‌محور و بر پایه کاربردهای مختلف مفاهیم آموخته‌شده در جامعه، فناوری، و محیط زیست ارائه می‌شود تا فراگیران بتوانند کاربرد آموخته‌های خود را در حیطه‌های مختلف زندگی مشاهده کنند [۱۴].

## منابع

۱. بدریان، عابد، آموزش شیمی، تهران، انتشارات مبنای خرد، ۱۳۸۸.
2. Holmes, F. L., "Eighteenth Century Chemistry as an Investigative Enterprise", Berkeley, University of California, 1989.

## اندازه‌گیری تندی فلفل

دانشمندان، در دانشگاه آکسفورد، روشی جدید برای اندازه‌گیری میزان تندی فلفلها ابداع کرده‌اند که به چشیدن آزمایشگران نیازی نیست. تندی فلفلها با مقیاس اسکووئل اندازه‌گیری می‌شود، بر این اساس آنها را آن قدر رقیق می‌کنند تا آزمایشگران تربیت‌شده هیچ تندی مستمری را احساس نکنند. اما با فن جدیدی که «ولتاسنجی عریان‌سازی جذب سطحی» نام دارد، غلظت کپسایسینوئیدها (ترکیبات شیمیایی مسئول تندی فلفلها) به روش الکتروشیمیایی اندازه‌گیری می‌شود. حسگری مبتنی بر نانولوله‌های کربنی چنددیواره مقدار زیادی کپسایسینوئید را بر سطحش جذب می‌کند. سپس، وقتی کپسایسین در واکنش شیمیایی اکسید شد، یک الکتروود جریان تولیدشده را مشخص می‌کند و نتیجه به عددی در مقیاس اسکووئل تبدیل می‌شود.

ترجمه وحید نوروزی

- *Science Illustrated*, January-February 2009.