مقاله مروری

پژوهش در آموزش شیمی، سال پنجم، شماره دوم، صفحات ۶۰-۴۴

پژوهش در آموزش شیمی

https://chemedu.cfu.ac.ir

روش‌های غیرحضوری در تدریس آزمایشگاه شیمی

نسیم اصغری لالمی[1*]

[1] دبیر شیمی آموزش و پرورش، شهرستان رباط کریم، تهران، ایران

چکیده

نقش تدریس آزمایشگاه در آموزش شیمی انکارناپذیر است. انجام حضوری آزمایشگاه شیمی برای دانش‌آموزان و دانشجویان بسیار جالب و هیجان‌انگیز است. اما در مواقعی این درس به‌صورت غیرحضوری ارائه می‌شود. ارائه درس آزمایشگاه در دوره‌های آموزشی برخط یا آموزش از راه دور برای دست اندرکاران آموزش شیمی چالش برانگیز است. مطالعات زیادی که در این زمینه به‌ویژه بعد از شیوع بیماری کووید ۱۹ انجام شده نشان داده است که روش‌های آزمایشگاهی جایگزین می‌توانند عملکردی مشابه با تجربه آزمایشگاه حضوری برای دانش‌آموزان و دانشجویان ایجاد کنند. در این مقاله، پنج روش آزمایشگاهی (حضوری، مجازی، کنترل از راه دور، بسته‌های آزمایشگاهی آزمایش در خانه و به میزان کمتر روش گردش علمی خودآموز) که در ارائه فعالیت‌های آزمایشگاهی عملی و به‌منظور پشتیبانی از مطالعات برخط مورد استفاده قرار گرفته اند را بررسی می‌کنیم. هر روش نقاط قوت و ضعفی دارد و می‌تواند به‌صورت جداگانه یا در ترکیب با روش‌های دیگر استفاده شود. انتخاب و ادغام این روش‌ها، حاصل نتایج یادگیری و عوامل دیگری است که می‌تواند به‌عنوان بخشی از فرآیند طراحی درس آزمایشگاه بررسی می‌شود. نکته آخر این که طراحی آزمایشگاه در آینده به‌طور قطع شامل فن‌آوری‌های جدید خواهد بود و آشنایی با این فناوری‌ها می‌تواند در این زمینه بسیار کمک کننده باشد.

کلیدواژه‌ها: غیرحضوری، آزمایشگاه شیمی، مجازی، دوره های برخط، آموزش.

* نویسنده مسئول: (n_asghari@hotmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

مقدّمه

آزمایشگاه هم از نظر تصور عمومی برای شیمی و هم از نظر هویت‌بخشی حرفه‌ای برای بسیاری از شیمی‌دانان حائز اهمیت است. آزمایشگاه، یک محل کار روزانه برای شیمی‌دانان حرفه‌ای، مرکزی برای اکتشاف و نوآوری و مبنایی برای آموزش شیمی‌دانان آینده است. با این حال، چندین دهه است که نقش و اثربخشی آزمایشگاه در آموزش شیمی مورد بحث بوده و به‌تازگی نیز مورد بررسی‌های زیادی قرار گرفته است. این بحث‌ها به‌ویژه در مورد افزایش هزینه‌های آموزش، افزایش آگاهی در مورد خطرات، نگرانی در مورد ردپای محیط زیستی شیمی آزمایشگاهی و ... می‌باشد. چنین بحث-هایی نیاز ما را به شواهد مبتنی بر تحقیق برای اطلاع از تصمیمات آینده پررنگ‌تر می‌کند. نقش آزمایشگاه در آموزش علوم از جهات مختلف و بسیار زیاد مورد مطالعه قرار گرفته است (لاگوفسکی، ۲۰۰۵؛ رید و شه، ۲۰۰۷؛ برتز، ۲۰۱۹). اصلی‌ترین هدف در تدریس آزمایشگاه شیمی، تقویت مفاهیم درسی و واقعی ساختن شیمی برای دانش‌آموزان و دانشجویان است. فهرست‌هایی از مهارت‌های خاص جسمی و شناختی فراگیران که در طی یک تجربه آزمایشگاهی حاصل می‌شود ایجاد شده است. این مهارت‌ها شامل درک و پیروی از قوانین ایمنی، دست‌ورزی‌های فیزیکی، طرح فرضیه‌ها و مشاهدات، حل مسأله، ثبت دقیق مشاهدات، تجزیه و تحلیل نتایج، مدیریت زمان، ارتباط دادن نتایج و برطرف نمودن خطاهاست. *رید و شه* یک نمای کلی تاریخی از تحول در تدریس آزمایشگاه شیمی همراه با تجزیه و تحلیل عالی از بسیاری از اهداف و مقاصد آن که طی سالیان گذشته بیان شده است ارائه دادند. قبل از بررسی خود آزمایشگاه، باید چند نکته اساسی در مورد یادگیری در شیمی را یادآوری کنیم.

اول این‌که منابع گسترده‌ای در مورد نظریه‌های آموزش و یادگیری وجود دارد که به معلمان و اساتید در درک زیربنای یادگیری دانش‌آموزان و دانشجویان کمک می‌کند. چهار دسته اصلی این نظریه‌ها شامل رفتارگرایی[1]، شناخت گرایی[2]، ساخت‌گرایی[3] و درنهایت ارتباط‌گرایی[4] است. چارچوب نظری اخیر یعنی ارتباط‌گرایی در عصر دیجیتال پدیدار شد که در آن یادگیری و دانستن می‌تواند از طریق تعاملات فناورانه انسانی و غیرانسانی رخ دهد (زیمنس، ۲۰۰۵؛ کپ و هیل، ۲۰۰۸). اگرچه

[1] behaviorism
[2] cognitivism
[3] constructivism
[4] connectivism

بدون تردید ارتباط‌گرایی بر دانشجویان شیمی در عصر اطلاعات تأثیر خواهد گذاشت، اما پذیرش کلی در آموزش شیمی بر مبنای نظریه ساخت‌گرایی است؛ یعنی فراگیران آن‌چه را که به آن‌ها آموزش داده می‌شود، یاد می‌گیرند و به دانسته‌ها و تجربه‌های قبلی خود اضافه می‌کنند تا یادگیری منحصر به فرد خود را بسازند (بیلی و گرت، ۲۰۰۲؛ گالوی و برتز، ۲۰۱۵).

دومین مورد این است که باید در نظر داشت که هر رشته، از جمله شیمی، زبان، فرهنگ و معرفت‌شناسی ویژه خود را دارد که تلاش دارد به‌عنوان بخشی از دانش، به نسل‌های آینده منتقل شود. رویکرد ما در آموزش و یادگیری اغلب بر آن است که بازتاب‌دهنده روش‌های علمی باشیم و انتظار داریم فراگیرانی تربیت شوند که مشکلات را بیان کنند، سوال بپرسند، مشاهده انجام دهند، مشاهدات خود را ثبت کنند، طرحی ایجاد کنند یا آزمایشی انجام دهند و در مورد یافته‌های خود با دیگران گفتگو کنند. این چرخه، چرخه حل مسأله و تحقیق علمی بوده و الگویی برای پیمایش و برخورد با فرضیه‌ها، حقایق، قوانین و نظریه‌ها است (کنپول، ۲۰۲۱).

با توجه به اهداف کلی از آموزش آزمایشگاه شیمی که جلوتر بیان شد، نکته قابل تأمل این است که حجم زیادی از آزمایش‌های تدریس شده در دروس شیمی مدرسه و دانشگاه در چند دهه اخیر به اصطلاح به سبک «کتاب آشپزی» بوده است. اگرچه عوامل متعددی برای این امر وجود دارد (مانند ملاحظات مالی، تعداد زیاد فراگیران و ....) اما این روش به سبک واقعی آزمایشگاهی سنتی تبدیل شده است و هر چیز دیگری به‌جز آن، متفاوت یا غیرسنتی است. با این وجود همان قهرمانان سبک‌های غیرمتعارف هستند که آموزش را به‌سمت تجربیات آزمایشگاهی کامل‌تر و موثرتر پیش می‌برند. یک طبقه‌بندی ساده از سبک‌های آموزش آزمایشگاهی توسط *دومین*[1] ارائه شده که چهار سبک متمایز را توصیف می کند: توصیفی، اکتشافی، تحقیق و مسأله‌محور. هر سبک با این رویکرد که آیا قیاسی است یا استقرایی و آیا رویه‌ها توسط فراگیر یا مربی ایجاد شده‌اند مشخص می‌شود. در کل، یک دانشجوی شیمی فقط یک یا دو سبک آموزشی آزمایشگاهی را تجربه می‌کند و این امر بیانگر «تصویر ناقصی از فعالیت علمی» است (دومین، ۲۰۰۹).

[1] Domin

هدف و پیشینه پژوهش

در این پژوهش، هدف ما بررسی انواع روش‌های ارائه درس آزمایشگاه شیمی به‌ویژه در دانشگاه‌ها و بررسی ویژگی‌های هرکدام از آن‌ها و نقاط قوت و ضعف‌شان برای بهره‌برداری در شرایط مختلف پیش آمده در مبحث آموزش شیمی است. در حالی‌که تجربه فعالیت‌های آزمایشگاهی بخشی جدایی-ناپذیر از برنامه‌های درسی شیمی است، اما در آموزش‌های از راه دور به احتمال قوی چالش برانگیزترین بخش نیز می‌باشد. مربیان شیمی در موسسات برخط در کشورهای مختلف و پیشرفته سال‌هاست که با این مشکل دست و پنجه نرم می‌کنند و تا حدودی نیز موفق بوده‌اند. از لحاظ تاریخی، این رویکردِ جایگزین، دسترسی و انعطاف‌پذیری را برای برخی از فراگیران به نحو بسیار مطلوبی فراهم کرده است. با این حال، تا چندی پیش، تعداد دانش‌آموزان و دانشجویانی که به آموزش از راه دور در شیمی مشغول بودند بسیار کم بوده و اغلب به‌جای یک برنامه کامل آموزشی فقط چند دوره برخط را سپری کرده بودند. هم‌زمان با شیوع بیماری کووید ۱۹ و فاصله‌گذاری اجتماعی اجباری، بسیاری از موسسات دانشگاهی به کشف شیوه‌های یادگیری برخط پرداختند و در رشته‌هایی مانند شیمی با جنبه‌های عملی و آزمایشگاهی نیز مواجه شدند(کنپول، ۲۰۲۱؛ کلی، ۲۰۲۱). بیشتر مقالات مربوط به فعالیت‌های آزمایشگاهی آنلاین و از راه دور شیمی در سطح متوسطه در منابع بسیار پراکنده گزارش شده است. در این مقاله مروری بر ابتکارات تجربیات آزمایشگاهی مناسبی که به‌منظور پشتیبانی از دوره‌های برخط شیمی به‌ویژه در دوره‌های دانشگاهی انجام شده است خواهیم داشت.

روش پژوهش

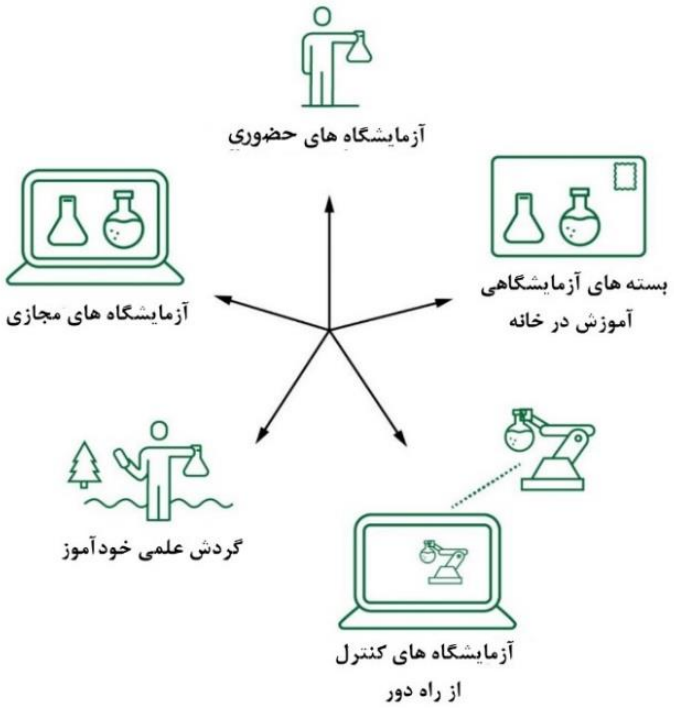
در این مطالعه از روش تحقیق کیفی استفاده نموده‌ایم. در روش تحقیق کیفی هدف شناسایی، طبقه‌بندی و استخراج مفاهیم بر اساس مطالعه متون یا مبتنی بر دیدگاه خبرگان است. این مطالعه نیز با استفاده از روش تحلیل نوشته‌های مکتوب انجام شده است.

یافته‌های پژوهش

آزمایشگاه‌های علوم از راه دور

شاید بهتر باشد که با چشم‌انداز بزرگ‌تر و آزمایشگاه‌های آموزش علومی شروع کنیم که از دوره-های برخط و دوره‌های از راه دور پشتیبانی می‌کنند. این آزمایشگاه‌ها نه تنها زمینه‌ای برای درس

شیمی ارائه می‌کنند، بلکه می‌توانند شامل ایده‌هایی در مورد رشته‌های مرتبط و مواردی که با رشته-های آزمایشگاهی و عملی سروکار دارند (یعنی آزمایشگاه، کلینیک، مطالعات میدانی، پروژه‌های طراحی) نیز باشند. از آن‌جا که این مؤلفه‌ها برای مراکز غیردانشگاهی به‌طور متفاوتی انجام می‌شوند، از لحاظ تاریخی نیز توسط بسیاری از مربیان علوم به‌عنوان غیرسنتی یا جایگزین نامگذاری شده و اغلب با سوءظن نگریسته می‌شوند. اما برخلاف آن‌ها مقالاتی ارائه شده‌اند که بیان می‌کنند روش‌های حضوری و جایگزین در اساس معادل و یکسان هستند (کورتر و دیگران، ۲۰۱۱؛ اسمتانا و بل، ۲۰۱۱، ؛ فالکونر و گراس، ۲۰۱۸؛ پن و رمنرین، ۲۰۱۹). در طی سال‌ها، راهبردهای بسیاری برای کار عملی در علوم انجام شده و توسعه یافته است که از آموزش برخط و آموزش از راه دور پشتیبانی می‌کنند. این راهبردها را می‌توان به پنج گروه تدریس آزمایشگاهی دسته‌بندی نمود که به‌طور بالقوه می‌توانند توسط مربیان علوم برای گنجاندن در دوره‌های درسی مربوطه در نظر گرفته شوند (شکل ۱) (کنپول، ۲۰۲۱).



شکل ۱. روش‌های تدریس آزمایشگاهی برای پشتیبانی از دوره‌های برخط و از راه دور

به استثنای روش حضوری، چهار روش دیگر ارائه آزمایشگاه بر تعامل محتوا و فراگیر بدون تعامل مستقیم فراگیر-فراگیر و فراگیر-مربی تأکید دارند. اگرچه یک محیط آزمایشگاهی حضوری همراه با تعاملات انسانی منجر به یادگیری رسمی و غیررسمی می‌شود، اما می‌دانیم که اشکال دیگر تعاملات در محیط‌های دیگر نیز می‌توانند به‌خوبی منجر به یادگیری شوند (اندرسون، ۲۰۰۳). به‌نظر می‌رسد که از بین پنج روش ذکر شده، آزمایشگاه‌های مجازی به‌شدت با دوره‌های علمی برخط مرتبط هستند. اصطلاح «مجازی» به طرق مختلف در مقالات استفاده شده است، در این‌جا منظور از اصطلاح مجازی، شبیه‌سازی‌های کامپیوتری است. این شبیه‌سازی‌ها برشی از واقعیت را ارائه می‌دهند که به فراگیر اجازه می‌دهد تا به‌صورت تعاملی سناریوهای مختلف را در یک محیط امن کشف کند. اگرچه بهره-گیری از گرافیک و انیمیشن می‌تواند سبب درگیر شدن فراگیر با فعالیت‌های آزمایشگاهی شود، اما این نظر که هرچه شبیه‌سازی بیشتر شبیه به واقعیت باشد، بهتر است درست نیست. یک شبیه‌سازی بسیار واقعی اغلب برای آموزش و به چالش کشیدن متخصصان مناسب‌تر است. در مقابل، یک فراگیر مبتدی اغلب با یک نسخه شبیه‌سازی شده ساده بهتر بر فعالیت مورد نظر تمرکز داشته و اعتماد به نفس کسب می‌کند. برخلاف آزمایشگاه مجازی، در آزمایشگاه‌های کنترل از راه دور، فراگیران آزمایش‌های واقعی را روی نمونه‌های واقعی و به‌صورت واقعی انجام می‌دهند. آن‌ها این کار را با خیال راحت در یک مرورگر و از راه دور انجام می‌دهند. این آزمایش‌ها می‌توانند به‌سادگیِ انجام مشاهدات با دوربین فیلمبرداری و خواندن حس‌گرها تا کنترل یک ابزار از راه دور، و یا حتی در نهایت انجام اعمال فیزیکی با استفاده از ربات‌ها باشد. بنابراین جای تعجب نیست که بیشتر نمونه‌های آموزشی آزمایشگاهی کنترل از راه دور مربوط به زمینه‌های رباتیک، محاسبات، و مهندسی باشد تا علوم طبیعی و فیزیکی. حالت دیگری که در حال رواج است این است که فراگیران کارهای آزمایشگاهی را خارج از محل تحصیل خود با استفاده از موادی که به‌راحتی در دسترس هستند و یا با استفاده از بسته‌های آزمایشگاهی آموزش در خانه انجام دهند. در حالی که رعایت ملاحظات ایمنی در طراحی آزمایش‌های بدون نظارت برای فراگیران بسیار مهم و کلیدی است، اما این آموزش‌های در خانه استقلال و انعطاف باورنکردنی برای فراگیران به همراه دارد که بسیار قابل ملاحظه است (کنپول، ۲۰۲۱).

اگرچه در حال حاضر گردش علمی خودآموز در شیمی رایج نیست، اما در علوم به‌صورت مختصر مطرح بوده است. ویژگی‌های مربوط به گردش علمی خودآموز موجود در مقالات در رشته‌هایی مانند علوم زمین و برخی از علوم زیستی به میزان اندک وجود داشته است (کلوتیس، ۲۰۱۰). اما در

دسترس بودن دستگاه‌های تلفن همراه مجهز به GPS در حال تغییر دادن و بهبود این روش است (توماس، ۲۰۱۷). برنامه‌های موجود در دستگاه‌های تلفن همراه به فراگیران این امکان را می دهدکه مشاهده کنند، داده‌ها را جمع‌آوری و ضبط کنند، شناسایی کنند، ارتباط و همکاری داشته باشند و مسائل را به‌طور مستقیم حل کنند؛ همچنین این برنامه‌ها می‌توانند دارای یک پلت‌فرم یادگیری تطبیقی مبتنی بر مکان باشند که برای یادگیری و ارائه اطلاعات مربوط به یک سایت جغرافیایی خاص ایده‌آل است (مک کولوم، ۲۰۱۶؛ شینمن و دیگران، ۲۰۲۰). در این‌جا نیز ملاحظات مربوط به خطرات و ایمنی در طراحی فعالیت‌های میدانی برای یادگیرندگانِ بدون نظارت، ضروری هستند.

پنجمین و آخرین روشی که در شکل ۱ به آن اشاره شده، روش حضوری است. این روش به‌خوبی قابل درک بوده و روش استاندارد طلایی برای کار عملی در علوم محسوب می‌شود. در حالی که تعداد زیادی از روش‌های جایگزین وجود دارد، اما به دلایل منطقی و ایمنی، همچنان ممکن است روش حضوری انتخاب و یا ضرورت باشد. اغلب در زمان پشتیبانی از دوره‌های برخط، روش حضوری به‌نحو متفاوتی به‌منظور ارائه انعطاف‌پذیری بیشتر نسبت به چیزی که در محل تحصیل وجود دارد، به‌کار می‌رود. به‌عنوان مثال، دانشگاه آزاد انگلستان جلسات آزمایشگاهی منطقه‌ای را به صورت حضوری در مدارس متوسطه دوم مختلفی که نزدیک دانش‌آموزان باشد ترتیب می‌دهد (کنپول، ۲۰۲۱).

بحث و نتیجه‌گیری

قبل از تمرکز بر رشته شیمی، ابتدا باید از جنبه‌های دیگر روش‌های جایگزین در مدارس و دانشگاه‌های دنیا آگاه شویم. اول، این‌که به‌دلیل بررسی دقیق فعالیت‌های آزمایشگاهی جایگزین و این واقعیت که اغلب اوقات آموزش قسمت‌های عملی و آزمایشگاهی از راه دور دشوار است، پرسشی که ابتدا در ذهن فراگیران ایجاد می‌شوند این است که آیا آزمایشگاه لازم است یا خیر؟ برای بیان پاسخ به این پرسش، بهتر است بپرسیم فراگیر از تجربه عملی خود چه خواهد آموخت و یا نتایج یادگیری او چیست؟ برینسون[1] در مورد موفقیت آزمایشگاه‌های علمی سنتی در مقابل غیرسنتی به کمک تجزیه و تحلیل سیستماتیک شش نتیجه یادگیری استاندارد را در مطالعات تجربی گزارش داده است (برینسون، ۲۰۱۷؛ ۲۰۱۵). نقش نتایج واضح یادگیری و ارزیابی آن‌ها نه تنها در تصمیم-گیری، بلکه در چگونگی طراحی آزمایشگاه بسیار مهم است. اگرچه مطالعه برینسون نشان داد که

1 Brinson

اکثر آزمایشگاه های غیرسنتی در مقایسه با آزمایشگاه‌های سنتی کارآمد بودند و به نتایج بالاتر یا معادل آن‌ها دست یافتند، اما این مطالعات فقط نتایج «دانش، فهم و درک» را اندازه‌گیری نموده بودند. سایر نتایج مهم در کار آزمایشگاهی مانند مهارت‌های تحقیق، مهارت‌های عملی، مهارت‌های تحلیلی و ارتباطات اغلب در نظر گرفته نشده بودند. دوم این‌که طبقه‌بندی سه حوزه یادگیری بلوم (شناختی، عاطفی و روانی حرکتی) و سلسله مراتب مرتبط با آن‌ها چارچوب مفیدی برای بازتاب در آزمایشگاه‌های آموزشی و ارزیابی نتایج یادگیری است. در واقع فراگیران دانشگاهی باید در هر سه زمینه دانش، نگرش و مهارت (در اصل سه حوزه بلوم) توانمند گردند. البته بسیاری از مواردی که در مقالات مورد بحث و گزارش قرار می‌گیرند، به‌شدت متمرکز بر حوزه شناختی هستد (کنپول، ۲۰۲۱).

روش‌های آزمایشگاهی اختصاصی شیمی

اکنون به بررسی چهار حالت از رایج‌ترین روش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در شیمی می‌پردازیم. در مورد گردش علمی خودآموز، به‌دلیل عدم وجود اطلاعات و منابع کافی این روش در شیمی حذف شده است.

روش حضوری

بسیاری از دانشگاه‌های بزرگ در سراسر جهان که دوره‌های مربوط به درس شیمی را ارائه می‌دهند، برخی از گزینه‌های حضوری برای بخش آزمایشگاهی نیز دارند (فوزدر و کومار، ۲۰۰۶؛ چندرا و شرما، ۲۰۱۸). اگرچه رایج است که موسسات سنتی در محوطه دانشگاه یک جلسه آزمایشگاهی در هفته یک بار در طول دوره داشته باشند، اما بدیهی است که این روش برای دانشجویان خارج از دانشگاه مناسب نیست. در واقع، به دلیل دسترسی و انعطاف‌پذیری این روش، زمانی‌که دانشجویان پراکنده هستند و در دانشگاه حضور ندارند، راهبردهای مختلفی به‌کار می‌رود. در دهه ۱۹۹۰، با ظهور فناوری‌های ویدئو کنفرانس، برخی افراد به بررسی موارد مشابه در آزمایشگاه‌های حضوری پرداختند. کارشناس آزمایشگاه از طریق ویدئو کنفرانس در مکان‌های دور برای نشان دادن آزمایش‌ها به‌طور کامل یا جزئی و پاسخ به سؤالات آنان با دانشجویان ارتباط برقرار می‌کرد (گرینبو و بورک، ۱۹۹۵). دانشجویان آزمایش را مشاهده نموده و یا همان آزمایش‌های واقعی را خودشان انجام می‌دادند که اغلب با نظارت فردی دیگر در محل همراه بود. به دلیل هزینه و پیچیدگی سازماندهی این رویدادها، این روش هرگز چندان رواج نیافت.

علاوه بر استفاده از آزمایشگاه‌های منطقه‌ای و محلی، یکی دیگر از رویکردهای رایج، متمرکز نمودن کار است. یعنی به‌جای برگزاری یک جلسه سه ساعته یک بار در هفته در طول ترم، دانشجویان

یک دوره سه یا چهار روزه جمع می‌شدند تا آزمایش‌ها را یکباره انجام دهند. در این روش حجم کار بسیار بالاست و نیازمند صبر و حوصله مربیان و دانشجویان است. اما این روش نیز مزایایی دارد. به‌عنوان مثال، دانشجویان تکنیک‌ها را از یک آزمایش به آزمایش دیگر فراموش نمی‌کنند و این کار سنگین و فشرده باعث ایجاد روابط قوی بین دانشجویان حاضر در اردو می‌شود. همچنین، در این حالت دانشجویان ملزم نیستند که هم‌زمان در سه ساعت آزمایش‌های یکسانی انجام دهند. به‌عنوان مثال، دانشجویان شیمی آلی در دانشگاه آتاباسکای کانادا مسئولند که زمان خود را در اجرای آزمایش-های کوتاه و طولانی به‌صورت متوالی و موازی به هر ترتیبی که می‌خواهند مدیریت کنند. این تجربه به‌میزان زیادی معرف یک کار آزمایشگاهی واقعی است (کنپول، ۲۰۲۱).

روش مجازی

آزمایش‌های آموزشی مجازی در شیمی همواره مخالفانی داشته است که به کمبود یک فضای آزمایشگاهی مناسب شامل صداها، بوها و تجربه لمسی انجام آزمایش اشاره می‌کنند. با این حال، بسیاری از مربیان شیمی آن را راهی عالی برای آموزش فراگیران (به‌ویژه افراد تازه‌کار) می‌دانند که در محیطی امن که اغلب شامل بار شناختی کمتری در مقایسه با زندگی واقعی است انجام می‌شود و بنابراین اجازه تمرکز بیشتر بر وظایف و مهارت‌های ویژه را می‌دهد (کریشنر، ۲۰۰۲). در بررسی یک آزمایشگاه شیمی مجازی، سو و چنگ۱ نتیجه گرفتند که بار شناختی و خودکارآمدی به‌طور قابل توجهی بر انگیزه یادگیری تأثیر می‌گذارد، همچنین مشارکت در انجام آزمایش به‌طور قابل توجهی بر پیشرفت تحصیلی تأثیرگذار است (سو و چنگ، ۲۰۱۹). آزمایشگاه مجازی باید یک تکه ساده از واقعیت باشد و توجه دقیق به طراحی در آن ضروری است. به‌عنوان مثال رویکرد طراحی به بازنمایی‌های بصری، که در شیمی مهم است و بخش بزرگی از محیط‌های مجازی را شامل می‌شود، نیاز به در نظر گرفتن حافظه کاری یادگیرنده برای اجتناب از بار شناختیِ غیرضروری دارد (کوک، ۲۰۰۶).

همانند سایر رشته‌های علمی، مطالعات مقایسه‌ای که در تجارب تدریس آزمایشگاه شیمی به-صورت حضوری یا مجازی انجام شده است، به‌طور کلی نشان می‌دهد که یادگیری در این دو روش کم و بیش برابر است. البته این نکته را باید در نظر داشت که این مطالعات اغلب مربوط به بررسی‌های حوزه شناختی است به استثنای یک مطالعه اخیر که به‌طور کلی هم ارزی را در حوزه عاطفی در

1 Su and Cheng

آزمایش شیمی عمومی بررسی نموده است (هنسن و باربرا، ۲۰۱۹). اما مطالعه‌ای برای بررسی تفاوت-های مستقیم در حوزه روانی-حرکتی انجام نشده است، چه بسا به این دلیل که فرآیندهای فیزیکی وابسته به‌طور کامل متفاوت هستند. با این حال، یک تجربه کلاس مجازی قبل از آزمایشگاهِ حضوری ممکن است بر عملکردهای آزمایشگاهی حضوری از جمله مهارت‌های فیزیکی بیفزاید.

علاوه بر کاهش بار شناختی و ایجاد محیطی امن، آزمایشگاه‌های مجازی دارای چندین ویژگی مطلوب دیگر نیز هستند، ازجمله استقلال دانشجو، خودآموزی، حذف کارهای خسته کننده، آزمایش-های تکرار شونده، و ارائه راهی برای پیگیری سناریوهای مختلف «چه می‌شد اگر»! شبیه‌سازی‌های آزمایش‌های شیمی از اوایل دهه ۱۹۸۰ ایجاد شدند. در ابتدا برنامه‌ها به‌صورت فیزیکی روی یک دیسک رایت می‌شدند تا افراد روی کامپیوترشان استفاده کنند. آزمایش‌های تعاملی می‌توانند شبیه‌سازی‌های دستگاهی یا انیمیشن‌ها یا کلیپ‌های ویدیویی باشند. پیچیدگی، کیفیت و در دسترس بودن آزمایش‌های مجازی از آن زمان تاکنون رشد زیادی داشته است. رویکرد اصلی که در این زمینه توسعه یافت، داشتن یک آزمایشگاه یا راه‌اندازی یک آزمایش با طراحی‌های تعاملی برای ارائه یک تجربه همه‌جانبه بود. به‌عنوان مثال، وودفیلد[1] و همکاران مجموعه‌ای از آزمایشگاه‌های سنتز و تجزیه کیفی را ایجاد کردند که با عنوان Virtual ChemLab شناخته می‌شود. این مجموعه گرافیک‌های واقعی ارائه داده و همچنین فعالانه فراگیران را از آزمایش‌های مشابه کتاب آشپزی به‌سمت یادگیری اکتشافی می‌راند. البته شرکت‌های دیگری نیز مانند Model ChemLab، LearnSmart و LateNite به‌عنوان سرمایه‌گذار تجاری وارد عمل شدند و تجربیات مجازی توسط بخش خصوصی نیز توسعه یافت. البته این رویکرد در مورد همه مصداق نداشت. زیرگروه‌های کوچک‌تری از آزمایش‌های مجازی شامل آزمایشگاه‌های ویدیویی یا شبیه‌سازی‌های دستگاهی که جذابیت کمتری دارند و محیط‌هایی که از Life و یا ویدیوهای کروی ۳۶۰ درجه استفاده می‌کنند، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده که جذاب‌تر هستند هم توسعه یافتند. توجه به این نکته مهم است که درجه جذابیت، ارتباطی با تعامل یا یادگیری فراگیر ندارد. با وجود پیشرفت‌های خوب در این زمینه، همچنان نکات منفی در مورد آزمایشگاه مجازی از جمله پاسخگو نبودن سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برنامه‌های قدیمی در مورد مسائل پیچیده‌تر و جدید وجود دارد. جالب‌تر این‌که خیلی سخت است که نتایج و خطاهای غیر ایده‌آل را که به نظر می رسد به‌راحتی در زندگی واقعی وجود دارند شبیه‌سازی کنیم.

---

1 Woodfield

کنترل از راه دور

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، یک آزمایش کنترل از راه دور یک آزمایش مجازی (شبیه‌سازی رایانه‌ای) نیست، بنابراین نتایج واقعی به‌دست می‌آید. زیرا یک نفر در حال انجام آزمایش‌های واقعی (البته از راه دور) است. این آزمایشگاه‌ها بهترین جایگزین برای کار در یک آزمایشگاه واقعی هستند و به‌طور کلی به چهار روش استفاده می شود: (الف) اجازه مشاهده پدیده‌های طبیعی یا آزمایش؛ (ب) انجام اندازه‌گیری‌ها؛ (ج) کار با دستگاه‌ها و یا ابزار فیزیکی در آزمایش؛ و (د) تسهیل کار مشترک از راه دور. دانشمندان مدتهاست که دسترسی به آزمایش‌ها و ابزارهای تحقیقاتی از راه دور را به دلیل محدودیت‌های فیزیکی یا فقط برای به اشتراک گذاشتن تجهیزات گران قیمت مورد استفاده قرار می‌دهند. با این حال، دسترسی به ابزار از راه دور قابل تهیه از طریق اینترنت به‌منظور آموزش آزمایشگاه پدیده‌ای بسیار جدیدتر است. هنوز هم بسیاری از این روش‌های کنترل از راه دور در علوم طبیعی قابل استفاده نیستند. در سال ۲۰۱۰ یک بررسی در مورد ۳۵۵ سایت آزمایشگاهی از راه دور نشان داد که کمتر از پنج آزمایش برای آموزش شیمی و زیست‌شناسی وجود دارد، در حالی که بیشتر آن ها مختص مهندسی (۶۴٪) و فیزیک (۳۶٪) بودند (گرابر و دیگران، ۲۰۱۴، ص.۱۸۰۰۱). اگرچه آزمایش‌های شیمی از راه دور بیشتری از آن زمان به بعد انجام شدند اما باز هم این روش در شیمی بسیار کم مورد استفاده است. این امر می‌تواند تا حدی به دلیل فرهنگ آموزش شیمی باشد، اما به احتمال زیاد، به این دلیل است که به‌طور کلی، آزمایش‌های فیزیک نسبت به آزمایش‌های شیمی از راه دور آسان‌تر کنترل می‌شوند.

در واقع، به استثنای چند مورد مانند انجام یک تییتراسیون کلاسیک از راه دور یا استفاده از یک بازوی رباتیک مینیاتوری از راه دور برای انجام یک آزمایش سنتز، اکثر آزمایشگاه‌های راه دور شیمی به‌منظور کنترل دستگاه‌های تجزیه‌ای هستند. بسیاری از این دستگاه‌های پیچیده در گذشته در محل توسط رایانه کنترل می‌شدند و اکنون با تغییراتی (به‌عنوان مثال افزودن یک نمونه‌گیر خودکار یا دوربین فیلمبرداری) و افزودن نرم‌افزار مناسب (مانند VMWare، LabView، PC Anywhere، PC-Duo، و غیره) اجازه کنترل از راه دور توسط یک فراگیر از طریق اتصال به اینترنت و تنها با استفاده از یک مرورگر انجام می‌شود. نمونه‌هایی از این‌گونه آزمایش‌ها با استفاده از FTIR، UV/VIS، GC، AA، پراش اشعه ایکس تک بلور، ولتامتری، NMR، GCMS، و ICP-OES انجام شده است. در بیشتر موارد مشخص شد که ادراکات و یادگیری آزمایش‌های از راه دور معادل آزمایش-های حضوری است. در مطالعه‌ای ساختاریافته‌تر، برخی ساختارهای اساسی مدل پذیرش فناوری برای

ارزیابی پذیرش تکنولوژیکی دانشجویان از آزمایشگاه از راه دور استفاده شد. هم دانشجویان و هم اساتید از دسترسی و انعطاف‌پذیری این روش راضی بودند و از واقع‌گرایی آن رضایت داشتند.

علاوه بر این‌که تعداد کمی از آزمایشگاه‌های شیمی به روش کنترل از راه دور گزارش شده است، درضمن مشکلات کلی بیشتری در ارتباط با این روش نیز وجود دارد. با وجود ارائه دسترسی و واقعیت، هزینه تأمین و نگهداری آن‌ها بالا است. هزینه جابجایی به آزمایشگاه‌های راه دور برای همه آزمایش‌ها گران است و بدون تردید به‌معنای اجرای مجدد آزمایش‌هایی است که در سایر موسسات اجرا می‌شوند. راه حل واضح این مشکل این است که اشتراک‌گذاری آزمایش‌ها صورت گیرد و موسساتی که میزبان یک آزمایش بوده‌اند در موسسه دیگر میهمان آزمایش دیگری باشند. در گذشته این امر منجر به ایجاد همکاری‌های متعدد و طرح‌های بزرگ آزمایشگاهی از راه دور و کنسرسیوم‌هایی مانند آزمایش‌های عملی با دسترسی به آموزش از راه دور PEARL، شبکه آموزش شیمی، شبکه آزمایشگاه‌های علمی برخط آمریکای شمالی (NANSLO)، تجربه آزمایشگاهی از راه دور (ReLax) و NetLab شده است. از این میان، فقط Netlab هنوز وجود دارد. با این حال، ابتکارات جدیدی مانند شبکه آزمایشگاهی یکپارچه BC (BC-ILN) همچنان در حال توسعه بوده و دسترسی به آزمایش‌های از راه دور با کیفیت را فراهم می کند.

بسته های آزمایشگاهی آموزش در خانه

در برخی موارد، می‌توان با آوردن آزمایشگاه به خانه، فاصله فیزیکی بین فراگیر و آزمایشگاه را از بین برد. فراگیران آزمایش‌هایی را با موادی که در منزل‌شان به‌سادگی وجود دارد و یا به‌کمک بسته-های آزمایشگاهی که برایشان ارسال می‌شود، انجام می‌دهند. لیال و پتی[1] یک معرفی شگفت‌انگیز برای این روش ارائه دادند که شامل بینش در طراحی و ساخت بسته‌های آزمایشگاهی است که ایمنی را افزایش داده و باعث کاهش خطرات می‌شود (لیال و پتی، ۲۰۱۰). اگرچه اغلب فراگیران شیمی، سلامت حرفه‌ای و استانداردهای ایمنی مورد استفاده در دانشگاه که به روش‌های حضوری و کنترل از راه دور ارائه می‌شود را می‌دانند، اما ماهیت این روش که بدون نظارت مربی است نیازمند توجه دقیق در طراحی آن‌ها است. به‌عنوان مثال، این بسته‌ها باید از مقادیر کمتری از مواد شیمیایی بی‌خطری استفاده کنند که بتوان آن‌ها را در سینک تخلیه نمود. بسیاری از دانشگاه‌های آزاد بزرگ در برخی کشورها (مانند استرالیا) در راستای ارائه خدمات انعطاف‌پذیر یادگیری، سال‌هاست که از

1 Lyall and Patti

بسته‌های آزمایشگاهی آموزش در خانه استفاده می‌کنند. در این روش فراگیران آزمایش‌هایی را به‌صورت فیزیکی انجام می‌دهند. تفاوت آن با روش حضوری، عدم وجود محیط آزمایشگاهی بزرگ‌تر و تعامل مستقیم با مربیان، اساتید و سایر دانشجویان است. با این حال، مطالعات نشان می‌دهد که یادگیری در این روش معادل با روش حضوری است (بریور و دیگران، ۲۰۱۳). در یک مطالعه دقیق‌تر، استیلی[1] روش‌های حضوری و بسته‌های آزمایشگاهی آموزش در خانه را مقایسه نموده و نتیجه‌گیری می‌کند که اگرچه یادگیری در این دو روش معادل است، اما مسیر روش آموزش در خانه گران‌تر بود، در عوض ردپای کربن بسیار کمتری دارد. مقایسه مالی دیگری بین روش حضوری و آموزش در خانه نشان داد که روش آموزش در خانه به هزینه بیشتری نیاز دارد (شاو و کارمیچل، ۲۰۱۰). برخی موسسات به‌سادگی این بسته‌های آموزشی را آماده می‌کنند. اگر فردی از وسایل در منزل برای این روش استفاده کند یا بسته‌های آزمایشگاهی آموزش در خانه را داشته باشد، در هر دو صورت هزینه آن توسط فراگیر پرداخت می‌شود. چندین شرکت مانند Hands-On Labs (LabPaq)، eScience Labs، Carolina Distance Learning، Quality Science Labs و ... وجود دارند که بسته‌های آزمایشگاهی آموزش در خانه را به‌طور مستقیم برای فراگیر ارسال می‌کنند (کنپول، ۲۰۲۱). در کشور ما این بسته‌ها بیشتر برای مقطع دانش‌آموزی و البته به‌صورت بسیار محدود مورد استفاده قرار گرفته است و شرکت‌هایی مانند صنایع آموزشی (https://eeishop.ir) در این زمینه بسته‌های آموزشی تولید نموده‌اند. با توجه به ماهیت آزمایش‌ها و تعداد زیاد دانشجویان، جای تعجب نیست که اکثر آزمایش‌های مطالعه خانگی که در مقالات مختلف شرح داده شده‌اند مربوط به درس شیمی عمومی هستند. این بسته‌ها شامل چند نمونه خلاقانه از آزمایشگاه‌های شیمی است که از اقلام معمولی خانگی و یا موادی استفاده می‌شود که به‌راحتی در مغازه‌ها قابل خریداری هستند (اندریو و دیگران، ۲۰۲۰). با این حال، اگر نه در همه موارد ولی در بیشتر موارد، مواد لازم در همان بسته آزمایشگاهی برای دانشجویان وجود دارد. همچنین چند مثال جالب و اندکی فراتر از شیمی عمومی از جمله شیمی تجزیه و شیمی آلی نیز به این روش وجود دارد. اما، دوره‌های پیشرفته‌تر به تجهیزات تخصصی بیشتری نیاز دارند و گاهی اوقات خطراتی را به همراه دارند که به‌طور قطع نیاز به نظارت مربی داشته و این امر استفاده از این روش را محدود می‌کند.

1 Steely

در استفاده از این روش باید چندین مورد را در نظر گرفت. این روش مزیت‌هایی همچون هزینه-های جانبی کمتر و قابلیت دسترسی به آزمایش‌ها و کارهای آزمایشگاهی را دارد. نکته منفی آن نیز این است که جمع‌آوری و تنظیم مواد و وسایل برای دانشجو سخت است؛ همچنین ممکن است در دوره‌های بالاتر این روش قابل استفاده نباشد. یک بسته آزمایشگاهی آموزش در خانه، بسیار مستقل‌تر و حرفه‌ای‌تر، گران‌تر است. این بسته‌ها چه در منزل ساخته شوند و چه به‌صورت تجاری در دسترس باشند، داشتن دستورکارهای واضح که شامل عکس و راهنمای ویدیویی باشد برای لحاظ نمودن اقدامات ایمنی، تنظیمات آزمایش و تکنیک‌های آزمایشگاهی بسیار مهم است. اغلب طراحی و اجرای آزمایش‌های کیفی ساده‌تر است. اما درصورت ادغام آزمایش‌های کمی، اگر نیاز به چیزی بیش از یک ساعت یا خط‌کش باشد، فراگیر باید ابزار اندازه‌گیری را نیز تأمین کند. اگرچه برخی از بسته‌های آموزشی شیمی حاوی ابزارهای ساده قابل حمل مانند pH سنج یا طیف‌سنج، هستند اما اغلب دماسنج و ترازو نیز مورد نیاز است. در واقع، در دسترس بودن یک ابزار مناسب (که ارزان، قابل حمل و قوی باشد) و ترازو برای توزین نیز در برخی از بسته‌های اولیه چالش محسوب می‌شد. سنسورها و کاوشگرهای مقرون به صرفه (مانند تشخیص اکسیژن، فشار گاز، تشعشع) که به‌راحتی قابلیت اتصال و کار کردن با لپ‌تاپ یا حتی یک دستگاه تلفن همراه را دارند در حال توسعه و گسترش از طریق فروشندگان تجاری مانند ورنیه۱ (https://www.vernier.com) هستند. این‌ها بدون شک در بسته‌های آزمایشگاهی آموزش در خانه در آینده نقش مهمی خواهند داشت. سخن آخر اینکه در حالی‌که بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که دانشجویان انعطاف‌پذیری و دسترسی به انجام آزمایش‌های در خانه را بسیار دوست دارند، این‌گونه به نظر می‌رسد که این روش شیمی را دست یافتنی‌تر می‌کند. در مطالعه‌ای، دانشجویان اظهار داشتند که خانواده‌شان در اجرای آزمایش‌های در خانه مشارکت داشته و به انجام این آزمایش‌ها بسیار مشتاق بودند. این مفهوم که شیمی در خارج از آزمایشگاه وجود دارد و می‌تواند توسط افراد در محیط خانه انجام شود نیز نکته بسیار مهمی است (کنپول، ۲۰۲۱).

1 Vernier

منابع

Anderson, T. (2003), Getting the Mix Right Again: An Updated and Theoretical Rationale for Interaction, International Review of Research in Open and Distributed Learning, 4(2), 1-14.

Andrews, J. L.; de Los Rios, J. P. (2020), Experimenting with At-Home General Chemistry Laboratories During the COVID-19 Pandemic, Journal of Chemical Education, 97(7), 1887-1894.

Bretz, S. L. (2019), Evidence for the Importance of Laboratory Courses, Journal of Chemical Education, 96(2), 193-195.

Brewer, S. E.; Cinel, B. (2013), First Year Chemistry Laboratory Courses for Distance Learners: Development and Transfer Credit Acceptance, International Review of Research in Open and Distributed Learning, 14(3), 488-507.

Brinson, J. R. (2017), A Further Characterization of Empirical Research Related to Learning Outcome Achievement in Remote and Virtual Science Labs, Journal of Science Education and Technology, 26(5), 546-560.

Chandra, S.; Sharma, B. (2018), Near, Far, Wherever You Are: Chemistry via Distance in the South Seas, American Journal of Distance Education, 32(2), 80-95.

Cook, M. P. (2006), Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles, Science Education, 90(6), 1073-1091.

Corter, J. E.; Esche, S. K. (2011), Process and Learning Outcomes from Remotely-operated, Simulated, and Hands-on Student Laboratories, Computers & Education, 57, 2054–2067.

Faulconer, E. K.; Gruss, A. B. (2018), A Review to Weigh the Pros and Cons of Online, Remote, and Distance Science Laboratory Experiences. International Review of Research in Open and Distributed Learning, 19(2), 154-168.

Fozdar, B. I.; Kumar, L. S. (2006), Teaching Chemistry at Indira Gandhi National Open University. Turkish Online Journal of Distance Education, 7(2), 80-89.

Galloway, K. R.; Bretz, S. L. (2015), Measuring Meaningful Learning in the Undergraduate General Chemistry and Organic Chemistry Laboratories: A Longitudinal Study, Journal of Chemical Education, 92(12), 2019-2030.

Gröber, S.; Eckert, B. (2014), A New Medium for Physics Teaching: Results of a Worldwide Study of Remotely Controlled Laboratories, European Journal of Physics, 35(1), 18001–18004.

Kelley. E. W. (2021), LAB Theory, HLAB Pedagogy, and Review of Laboratory Learning in Chemistry during the COVID-19 Pandemic, Journal of Chemical Education, 98, 2496-2517.

Kirschner, P. (2002), A. Cognitive Load Theory: Implications of Cognitive Load Theory on the Design of Learning, Learning and Instruction, 12(1), 1-10.

Kop, R.; Hill, (2008), A. Connectivism: Learning Theory of the Future or Vestige of the Past? International Review of Research in Open and Distributed Learning, 9(3), 1-13

Siemens, G. (2005), Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 1-9.

Smetana, L. K.; Bell, R. L. (2011), Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A Critical Review of the Literature, International Journal of Science Education, 34(9), 1337-1370.

Thomas, R. L.; Fellowes, M. D. (2017), Effectiveness of Mobile Apps in Teaching Field-based Identification Skills, Journal of Biological Education, 51(2), 136-143.

Review article

Research in Chemistry Education, Vol 5, No 2, 44-60

Research in Chemistry Education

https://chemedu.cfu.ac.ir

Non-attendance teaching methods in teaching chemistry laboratory

Nasim Asghari Lalami [1*]

[1] *Secretary of Education Chemistry, Rabat Karim City, Tehran, Iran*

Abstract

The role of teaching laboratory course in chemistry education is undeniable. In-person chemistry labs are very interesting and exciting for students, but sometimes this course is offered as non-attendance course. Laboratory course in online or remote learning courses is challenging. Many studies conducted in this field, especially after the outbreak of the COVID-19, have shown that alternative laboratory methods can yield performance results similar to those of a face-to-face laboratory. In this study, methods for teaching laboratory courses of chemistry (face-to-face, virtual, remote control, home study lab kits, and to a lesser extent self-guided field trips) are examined which may contribute to the quality of practical laboratory activities or may serve as a support for online study. Each method has its own strengths and weaknesses and can be used separately or in combination. The selection and integration of these methods, which result from learning outcomes and other factors, is examined as part of the designing process of teaching laboratory course. Finally, laboratory design in the future will definitely include new technologies, and getting acquainted with these technologies can be very useful.

Keywords: Non-attendance, chemistry lab, virtual, online courses, education

[*]Corresponding Author: (✉ *n_asghari@hotmail.com*)
Received: 16 January 2023 / Accepted: 8 July 2023