Archive of SID

مقاله مروری

پژوهش در آموزش شیمی، سال دوم، شماره چهارم، صفحات ۴۱-۵۸

پژوهش در آموزش شیمی

http://chemedu.cfu.ac.ir

لزوم بازنگری در درس‌های شیمی پایه‌ی دوره‌ی کارشناسی برای عبور از چالش‌های جهانی با الهام از همه‌گیری کووید- ۱۹

مهشید گلستانه [1*]

[1] گروه شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

گسترش و شیوع کووید-۱۹ در بیش از یک سال اخیر این فرصت را برای استفاده از روش‌های جدید آموزشی و تحلیل فرایندهای یاددهی-یادگیری، ارزیابی و افزایش کیفیت یادگیری و اتخاذ روش‌های جدید برای سیستم‌های آموزشی دنیا فراهم نموده است. تجربیات جهانی یک سال اخیر در مورد بیماری کووید-۱۹ و چشم‌انداز نامطمئن یافتن راه درمان سریع حاکی از آن است که نمی‌توان به‌سادگی به سبک زندگی و شیوه آموزشی قبل برگشت. در چنین شرایطی نیاز به طراحی و پیاده‌سازی روش‌های جدید یاددهی و یادگیری وجود دارد. اهداف جدید یادگیری باید هم با تجزیه و تحلیل چالش‌های جهانی موجود و روش‌های لازم برای مقابله با آن‌ها و هم با چارچوب‌هایی که دانش، مهارت و نگرش را ارائه می‌دهند، هدایت شود. این مقاله با مرور مقالات چاپ شده در زمینه لزوم تغییر در رویکردهای آموزش شیمی در سطح جهان به توصیف مجموعه‌ای از شایستگی‌های لازم در سه بعد استدلال موازی، ایده‌های اصلی و رویکردهای بنیادی می‌پردازد که می‌تواند برای طراحی، اجرا و ارزیابی برنامه‌های درسی شیمی، رویکردهای تدریس و ارزشیابی در دروس پایه شیمی رشته‌های علوم و مهندسی مورد استفاده قرار گیرد. شکل اصلی استدلال توصیف‌شده در این مقاله، تفکّر سیستمی است که دانشجویان برای بررسی و درک سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده جهانی باید آن را در خود توسعه دهند.

کلیدواژه‌ها: دروس پایه‌ی شیمی، کووید-۱۹، دوره‌ی کارشناسی، تفکّر سیستمی

* نویسنده مسئول: (✉ m.golestaneh@cfu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدّمه

طی یک سال گذشته، ویروسی از خانواده کرونا ویروس[1] که کووید-۱۹[2] نامیده شده است، توانایی وحشتناکی برای ورود به سلّول‌های انسانی و از کار انداختن ارگان‌های بدن از خود نشان داده است. این ویروس توانایی زیادی در کنترل فعّالیّت‌های مولکولی سلول‌ها، تکثیر و سرایت از فرد بیمار به افرادی که در تماس نزدیک با بیمار هستند را نشان داده است. شیوع همه گیری کووید-۱۹ باعث ایجاد ترس، اضطراب و نگرانی‌های زیادی در میان مردم سراسر جهان شده است (اوئیدوتون[3]، ۲۰۲۰). این ویروس نه تنها زندگی روزمره مردم بلکه سیستم آموزشی را نیز تغییر داده است (نئوین[4] و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۹۲۲). به همین دلیل سؤال اینجاست که دانشجویان در طول هرج و مرج وارد شده به زندگی انسان چه از سوی کووید-۱۹ و چه به وسیله‌ی اقداماتی که جوامع و مؤسسات آموزشی انجام داده‌اند، چه تغییراتی را در زندگی خود تجربه کرده‌اند؟ چگونه این تغییرات دانشجویان را مجبور به گسست از گذشته نموده است و آن‌ها را واداشته است تا جهان را از نو و زاویه‌ای جدید تصور کنند؟ آیا استادان و مربیّان شیمی توانسته‌اند و یا می‌توانند نقشی فعّال در کمک به دانشجویان برای استفاده از ابزارهای قدرتمند علوم مولکولی و فراتر رفتن از این گسست و کمک به هدایت جامعه به سمت آینده پایدار بازی کنند و یا به دنبال آن هستند تا سریع‌تر به آموزش شیمی " به‌صورت معمول و همیشگی برگردند (تالانگر[5] و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۶)؟.

این اوّلین بار نیست که صاحب‌نظران و متخصّصان آموزش شیمی در مواجهه با چالش‌های بیماری‌های همه‌گیر به فکر تغییر شیوه‌ها و رویکردهای آموزش شیمی افتاده‌اند. هم‌زمان با وقوع جنگ جهانی اول و شیوع آنفلوانزای اسپانیایی در ۹۵ سال پیش، در اولین شماره مجله آموزش شیمی[6] به نقد رویه‌ی آموزش شیمی در آن زمان و لزوم تغییر در آن اشاره شده است (کورناگ و کولبرت[7]، ۱۹۲۴، ص. ۶):

[1] Coronavirus
[2] COVID-19
[3] Oyedotun
[4] Nguyen
[5] Talanquer
[6] Journal of Chemical Education
[7] Cornog & Colbert

www.SID.ir

Archive of SID

" کتاب‌های درسی شیمی فعلی مملو از مفاهیم شیمی توصیفی چند دهه‌ی قبل و ایده‌های شیمی فیزیکی است که طی ۲۰ تا ۲۵ سال گذشته در آن گنجانده شده است. نتیجه‌ی این کار تربیت یک فرد دائره‌المعارفی است. این کتاب‌ها نسبت به زمان اختصاص‌یافته برای تدریس آن‌ها بیش‌ازحد گسترده هستند و حاوی جزئیات زیادی هستند که باعث سردرگمی دانش‌آموزان می‌شود."

روی[1] معتقد است بیماری‌های همه‌گیر در طول تاریخ انسان‌ها را مجبور به جدا شدن از گذشته و وارد شدن به دنیایی جدید کرده‌اند. از این منظر کووید-۱۹ هم با سایر بیماری‌های همه‌گیر تفاوتی ندارد و دروازه ورود به جهان دیگری است. هرچند که جهان در آرزوی بازگشت به "شرایط عادی" است و تلاش می‌کند آینده را به گذشته پیوند بزند و از پذیرفتن گسست امتناع می‌ورزد" (روی، ۲۰۲۰).

در طی همه‌گیری کووید-۱۹، اساتید و دانشجویان شاهد تغییرات بی‌سابقه در فرایند یاددهی-یادگیری بوده‌اند که از جمله‌ی این تغییرات می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تغییر بسیار سریع در زندگی، عدم اطمینان، ترس و آسیب‌پذیری.
- ظرفیّت قابل‌توجه انسان برای تاب‌آوری در پاسخگویی به اختلال یک‌شبه در الگوی کار، زندگی و ارتباطات اجتماعی که در طول سال‌های متمادی ایجادشده بود.
- تأثیر شدید همه‌گیری بر گروه‌های آسیب‌پذیر از نظر اقتصادی-اجتماعی از جمله سالمندان، افراد بی‌خانمان و کسانی که در کلان‌شهرها و حاشیه‌ی شهرهای پرجمعیّت زندگی می‌کنند.
- نیاز فوری مردم برای ایجاد شایستگی در درک روابط کمّی، نقاط قوت و محدودیت‌های مدل‌ها و متغیرهای به هم مرتبط از جمله افراد مستعد بیماری، افراد آلوده و بهبودیافته.
- تأثیر مثبت خاموش شدن دردناک جهانی بر محیط‌زیست باعث شده است تا هوا در بسیاری از کلان‌شهرهای جهان، پاک و قابل‌تنفس شود. حیات‌وحش جانی دوباره گرفته است. انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال سقوط به مقدار ۱۰ سال قبل است (آژانس بین المللی انرژی[2]، ۲۰۲۰).

[1] Arundhati Roy
[2] International Energy Agency

www.SID.ir

Archive of SID

سؤال مهم این است که تجربیات دانشجویان در دروس شیمی پایه که قبل از همه‌گیری خوانده‌اند و هم‌چنین دروسی که در طی همه‌گیری به آن‌ها آموزش داده شده است، چگونه می‌تواند آن‌ها را با این تغییرات و رفتارهای حیرت‌انگیز منطبق و سازگار کند؟ چه تجربه‌های یادگیری به آن‌ها کمک کرده است درک کنند که چگونه شیمی می‌تواند پاسخی برای چالش‌های غیر مترقبه اجتماعی و زیست‌محیطی ارائه دهد؟ چگونه فعّالیّت‌های آموزشی از طریق درک روابط متقابل بین واکنش‌ها، فرآیندهای شیمیایی و سیستم‌های اجتماعی و محیط‌زیستی باعث شکل‌گیری مهارت‌ها و توانایی تصمیم‌گیری دانشجویان برای مقابله با این پیچیدگی‌ها و تغییرات شده است (ارگیل[1]، یورک[2] و مکلار[3]، ۲۰۱۹، ص. ۲۷۲۲). کدام‌یک از کارهای متداول و جایگزین زیر دانشجویان را به‌عنوان یک شهروند و فرد حرفه‌ای قادر می‌سازد تا بهتر با دنیای پیرامون خود ارتباط برقرار کنند (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۷)؟

- محاسبه pH محلول اتانوئیک اسید ۰/۰۱۵ مولار
- پیش‌بینی شکل BF_4
- یون‌ها
- ترسیم اوربیتال‌های هیبریدی‌اتم کربن در مولکول متان
- بررسی و سنجش فواید و مضرات استفاده از هیدروکسی کلروکوئین-۴ یا نوشیدن ماده‌ی ضدعفونی‌کننده برای انسان
- ارزیابی هزینه‌ها، خطرات و مزایای استفاده از صابون به‌جای ماده سفیدکننده برای کاهش انتشار کووید-۱۹

در این مقاله با تمرکز بر تجربه‌ی دانشجویان در دروس شیمی پایه، سعی می‌شود به چگونگی تغییر دنیای دانشجویان در طی همه‌گیری کووید-۱۹ و نحوه پاسخگویی آموزش شیمی به این تغییرات پرداخته شود و پیشنهاداتی برای اجرای روش‌های جدید یاددهی-یادگیری شیمی بر اساس اهداف یادگیری جدید ارائه گردد. بدون شک برای عبور از چالش‌های جهانی نظیر کووید-۱۹ و چالش‌هایی که در آینده به وجود خواهد آمد، لازم است تا تغییراتی در برنامه درسی رشته‌های مختلف از جمله

[1] Orgill
[2] York
[3] Mackellar
[4] Hydroxychloroquine-5

www.SID.ir

Archive of SID

رشته شیمی صورت گیرد. دروس شیمی پایه از جمله دروسی هستند که می‌توان برای اجرای سرفصل‌هایی که نتیجه آن آمادگی بیشتر دانشجویان به عنوان شهروندان مسئول جامعه برای مواجهه درست با چالش‌های پیش رو است، بکار رود. مجموعه‌ای از شایستگی‌های لازم در سه بعد استدلال موازی[1]، ایده‌های اصلی[2] و رویکردهای بنیادی[3] که می‌تواند برای طراحی، اجرا و ارزیابی برنامه‌های درسی شیمی دوره کارشناسی، شیوه‌های آموزشی و ارزشیابی بکار رود، بیان‌شده است و تفکّر سیستمی به‌عنوان رویکردی که از طریق آن دانشجویان می‌توانند درک خود از سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده جهانی را توسعه دهند، معرفی گردیده است.

نتایج و بحث

۱-در طول همه‌گیری کووید-۱۹، آموزش شیمی چه تغییراتی کرده است؟

در یک سالی که از انتشار ویروس کووید-۱۹ می‌گذرد بسیاری از اساتید مجبور شده‌اند شیوه‌های آموزشی خود را با محیط‌های آموزش آنلاین که پیش از این برای بسیاری از آن‌ها بیگانه بود، تطبیق دهند. گاهی اوقات توانایی‌ها و قابلیّت‌های ابزارهای مجازی باعث شگفتی می‌شود و گاهی محدودیّت‌های آن، ناامیدکننده است. بسیاری از اساتید با استفاده‌ی خلّاقانه از امکانات فضای مجازی برای درگیر کردن هم‌زمان دانشجویان در کارهای گروهی کوچک، از آن‌ها می‌خواهند محتواهایی متنوع تولید کنند. سپس این محتواهای تولید شده توسط دانشجویان برای غنی‌سازی ایده‌های آنان و دریافت بازخورد از همسالان در گروه‌های کلاسی به اشتراک گذاشته می‌شوند. ارزشیابی‌هایی که در طول همه‌گیری کووید-۱۹ انجام می‌شود باعث شده است تا دانسته‌ها و برداشت‌های خود را به روش‌های غیر متداول و غیر مرسومی که تاکنون بکار نمی‌برده‌اند، ارائه دهند (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۷). برخی از اساتید هنوز هم بیش‌ازحد به سخنرانی‌های ویدئویی تکیه می‌کنند و همان جزوه‌های قدیمی خود را در قالب پاورپوینت به دانشجویان ارسال می‌کنند و برای جلوگیری از تقلب در ارزشیابی‌های آنلاین، قوانین مبهمی وضع می‌کنند.

البته تعطیلی مراکز آموزشی در نتیجه همه‌گیری کووید-۱۹، بیشتر مدرسان و اساتید را وا داشته است شیوه‌های آموزشی خود را تغییر دهند. اساتید روش‌های نوآورانه‌ای برای آموزش دانشجویان

[1] Crosscutting reasoning
[2] Core ideas
[3] Fundamental practices

www.SID.ir

Archive of SID

خود یافته‌اند؛ برای مثال اینکه چگونه ساختارهای لوئیس را رسم کنند یا مکانیسم واکنش را بنویسند. هم‌چنین اساتید به روش‌هایی خلّاقانه برای انجام واحدهای آزمایشگاهی در قالب‌های کلاس مجازی دست‌یافته‌اند. اما سؤال اینجاست که آیا استادان در مورد اینکه دانشجویان چه کسی هستند، چه مفاهیم و ایده‌هایی برای یادگیری بهتر آن‌ها در این زمان لازم است و یا چه تحقیقات متفاوتی می‌توانند انجام بدهند تا درک بهتری از جهانی که اکنون همه ما در آن زندگی می‌کنیم پیدا کنند، هم تفکّر و تأملی صورت گرفته است؟

شکی در این وجود ندارد که بیشتر اساتید قصد ارائه بهترین تجربه یادگیری ممکن به دانشجویان خود را دارند، اما در شرایطی که همه‌گیری کووید-۱۹ باعث بازتعریف شیوه‌ی زندگی انسان‌ها شده است، برخی از اساتید هنوز هم با جدیت در حال آموزش اعداد کوانتومی یا سینتیک مرتبه دوم به دانشجویان خود هستند. در بسیاری از موارد، ارتباط غیرقابل انکار بین اهداف یادگیری فعلی و درک شیمیایی و طرز تفکّری که دانشجویان برای تجزیه و تحلیل انتقادی و کمک به رفع چالش‌های جهانی پیش رو دارند، در نظر گرفته نمی‌شود (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۷).

امروز بسیاری از صاحب نظران اذعان دارند که همه‌گیری کنونی عامل تغییر زندگی جوامع مدرن است. بنابراین اساتید شیمی نیز نباید بی‌کار بمانند و درس‌هایی را که بیش از ۵۰ سال است تدریس کرده‌اند به قالب مجازی تبدیل کنند و ارائه نمایند. اکنون فرصتی برای ایجاد تغییر در برنامه‌های درسی شیمی ایجاد شده است. امروزه نیاز به تولید یک برنامه‌ی درسی شیمی احساس می‌شود که در آن نباید کسب دانش و مهارت‌های مربوط به شیمی بر رشد انواع مهارت‌های تفکّر که برای تجزیه و تحلیل، درک و مدیریت فرایندهای پیچیده ای که در حال شکل دادن به زندگی ما در سیاره زمین هستند، در اولویت قرار داشته باشد. این تغییر، قطعاً نیازمند چشم‌پوشی از بخشی از محتوای شیمی است اما می‌تواند از طریق ارتباطات بین‌رشته‌ای، ادغام ایده‌های اصلی با رویکردهای علمی و روش‌های تفکّر و زمینه‌سازی یادگیری شیمی دریچه‌ای جدید برای غنای فکری بگشاید. این تغییر فرصت‌طلبانه نیست بلکه از نظر اخلاقی امری ضروری است (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۸).

۲- چه تغییراتی در آموزش شیمی موردنیاز است؟

کدام برنامه درسی شیمی دانشجویان را به‌عنوان شهروندان و متخصصانی که می‌توانند پیچیدگی، تغییر، عدم اطمینان، انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری را درک و مدیریت کنند، بهتر آماده می‌کند؟ برای شروع لازم است تا ارتباط معناداری بین مشکلات و چالش‌های فعلی جوامع مدرن و برنامه‌ی درسی

www.SID.ir

Archive of SID

شیمی پیدا کرد سپس به بازطراحی برنامه‌ی درسی شیمی اقدام نمود. هدف برنامه درسی جدید باید آماده‌سازی فراگیران مستقل و منتقدی باشد که بتوانند داده‌های کیفی و کمّی را در مورد پدیده‌های موجود جستجو، تجزیه و تحلیل، ترکیب و ارزیابی کنند و از آن برای پیش‌بینی، توضیح و استدلال در مورد خصوصیات، رفتارها و تأثیرات آن‌ها چه در حوزه شیمی و چه فراتر از آن استفاده نمایند. این امر مستلزم ادغام معنادار مفاهیم شیمی با مفاهیم و ایده‌های سایر رشته‌ها (نه‌تنها در علوم تجربی بلکه در علوم اجتماعی و علوم انسانی) است.

کتاب‌های شیمی مملو از مفاهیم گسترده‌ای هستند. برخی از این مفاهیم برای درک سیستم‌ها و پدیده‌های مختلف در جهان، اساسی هستند اما بسیاری از آن‌ها فقط برای تربیت شیمی‌دانان حرفه‌ای بکار می‌آیند. مطالعات آموزش شیمی نشان داده است که گنجاندن تعداد زیادی مفاهیم در کتاب‌های درسی، باعث تقویت ایده‌های اصلی نمی‌شود و دانش‌آموزان را قادر نمی‌سازد تا بتوانند این ایده‌ها را در موقعیت‌های جدید و تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و فرایندهای مهم بکار گیرند (کوپر[1] و استوو[2]، ۲۰۱۸، ص. ۶۰۵۹). شیمی، جایگاه منحصربه‌فردی در میان سایر علوم دارد و به فراگیران کمک می‌کند دانش، طرز تفکّر و شیوه‌های موردنیاز متخصصانی را که می‌توانند برای ساختن آینده‌ای پایدار با هم کار کنند، چالش‌های جهانی را درک نمایند و با مسئولیت‌پذیری و ذهنیت علمی با آن‌ها مقابله کنند را موردتوجه قرار دهند (ماتلین و دیگران، ۲۰۱۶، ص. ۳۹۴). اما برای این‌که این اتفاق بیافتد باید برنامه‌های درسی شیمی، شیوه‌های آموزشی و ابزارهای ارزشیابی بگونه‌ای تغییر کند تا بتواند تمرکز را از توسعه‌ی دانش به ساخت ذهنیت‌هایی که می‌توانند مشکلات پیچیده را درک و بررسی نمایند، منتقل کند.

فراتر از تسلط بر مفاهیم اصلی رشته شیمی، دروس شیمی باید به توسعه سواد زیست محیطی فراگیران کمک کند (ریچمن[3]، میندت[4] و گاردینر[5]، ۲۰۱۷، ۷) تا دانشجویان بتوانند نقش مواد شیمیایی و فرایندها را بر کره‌ی زمین و جامعه و همچنین چگونگی تأثیر مثبت یا منفی این پدیده‌ها را در پایداری کره‌ی زمین درک کنند (مهافی[6] و دیگران، ۲۰۱۹، ص. ۳۶۴). این دروس همچنین

[1] Cooper
[2] Stowe
[3] Rieckmann
[4] Mindt
[5] Gardiner
[6] Mahaffy

www.SID.ir

Archive of SID

باید مسئولیت اجتماعی و زیست‌محیطی دانشجویان را با ارائه ابزارهایی برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی مزایای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، هزینه‌ها و خطرات بهره‌برداری و تبدیل مواد طبیعی، تصمیم‌گیری آگاهانه و مسئولانه حتی با اطلاعات ناقص و تحت عدم اطمینان و اقدام پایدار آماده کند (اسجستروم[1] و تالانگر، ۲۰۱۸، ۱۷). اساتید شیمی، مسئولیت آماده‌سازی افرادی را بر عهده دارند که باید بتوانند در یک جهان پیچیده از لحاظ اجتماعی، سیاسی و اخلاقی، زندگی کنند و امور را هدایت نمایند.

۳- راهی برای تغییر

برای تجهیز بهتر دانشجویان شیمی به دانش، مهارت‌ها و توانایی‌های لازم برای رفع چالش‌های متنوع قرن ۲۱، لازم است تا اساتید شیمی در سطح جهان، با الهام از تجربیات خود، گام‌های فوری و قطعی بردارند. شناسایی این اهداف باید با تجزیه و تحلیل چالش‌های فعلی جهان، درک و عملکرد لازم برای مقابله با آن‌ها انجام شود. همچنین اساتید باید از چارچوب‌های پژوهش در علوم (شورای تحقیقات ملی[2]، ۲۰۱۲)، مهندسی، و آموزش عمومی (گریفین[3]، مک گاو[4] وکییر[5]، ۲۰۱۲، ص. ۴۰) مطلع باشند.

مجموعه‌ای از شایستگی‌های لازم برای هدایت، طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های درسی علوم توسط شورای تحقیقات ملی آمریکا در سال ۲۰۱۳ معرفی شد. این شایستگی شامل سه بعد اصلی یعنی استدلال موازی، ایده‌های اصلی و رویکردهای بنیادی است که چارچوبی برای آموزش علوم، ایجاد نوآوری در شیوه‌های آموزش علوم و چگونگی مشارکت دادن فراگیران در یادگیری علوم فراهم می‌کند.

در بخش رویکردهای بنیادی، این چارچوب چشم‌انداز روشنی برای استفاده از روش‌های علمی به عنوان یک رویکرد موثر جهت درگیر نمودن فراگیران در کاربردهای علوم ارائه می‌کند و ساختاری را برای تحقیقات علمی فراهم می‌نماید تا دانشجویان اطمینان حاصل کنند می‌توانند به صورت علمی،

[1] Sjostrom
[2] National Research Council
[3] Griffin
[4] McGaw
[5] Care

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعات و داده‌ها را جمع‌آوری کرده و با استناد به آن‌ها، استدلال‌های خود را به دیگران منتقل نمایند (شورای تحقیقات ملی، ۲۰۱۳).

استدلال موازی بعد دوم چشم‌انداز جدید برای آموزش علوم است. این بعد داربستی را فراهم می‌کند که معلمان و فراگیران می‌توانند ساختارهای شناختی را برای وحدت بخشیدن به ایده‌های رشته‌های علمی سازمان‌دهی کنند. مفاهیم موازی ابزارهای مفیدی برای استفاده دانشجویان در تعریف پدیده‌های سیستمی، جستجوی روابط علت و معلولی و تعیین آن‌هاست. نقش مفاهیم موازی در یاددهی - یادگیری، استفاده از علیت، سیستم‌ها و الگوهاست و روشی مؤثر برای سازمان‌دهی مفاهیم موازی به‌گونه‌ای است که به اساتید و دانشجویان کمک می‌کند تا پدیده‌ها را بهتر درک کنند (رایت[1] و میلر[2]، ۲۰۱۸، ۴). تفکّر سیستمی نیز یک رویکرد جامع برای تجزیه و تحلیل است که بر نحوه ارتباط متقابل اجزای تشکیل دهنده سیستم و نحوه کار سیستم در طول زمان و در بافتار[3] دستگاه‌های بزرگ‌تر متمرکز است.

بعد سوم چشم‌انداز جدید آموزش علوم شامل ایده‌های اصلی است. ایده‌های اصلی در این بعد از انجمن آمریکایی برای پیشرفت علوم[4] سال ۱۹۹۳، معیارهای سواد علمی و استانداردهای ملی آموزش علوم در سال ۱۹۹۶ نشات گرفته است؛ هرچند که اکنون توسعه یافته‌اند و به ایده‌های بزرگتری تبدیل شده‌اند. نوآوری مهم دیگر در چشم‌انداز جدید نحوه استفاده از این ایده‌های اصلی توسط دانشجویان است. این برداشت‌ها و ایده‌ها به عنوان شواهد و مدارک در استدلال‌های علمی بکار می‌رود. در گذشته، هدف این بود که دانشجویان از این ایده‌های اصلی مطلع باشند اما در چشم انداز جدید هدف این است که دانشجویان بتوانند از این ایده‌ها برای حمایت از عملکردهای علمی خود استفاده کنند (رایت و میلر، ۲۰۱۸، ۶).

با توجه به شرایط پیش آمده ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹، مهافی[5] و همکاران چگونگی استفاده از این شایستگی‌ها را برای طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های درسی شیمی، شیوه‌های آموزشی و ارزشیابی دروس پایه‌ی شیمی دوره کارشناسی مورد بررسی قرار دادند (شکل ۱).

---

[1] Wright
[2] Miller
[3] Context
[4] American Association for the Advancement of Science (AAAS)
[5] Mahaffy

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱. شایستگی‌های مرتبط با ابعاد استدلال موازی، ایده‌های اصلی و رویکردهای بنیادی برای دروس پایه‌ی شیمی دوره کارشناسی (یورک، ارگیل، ۲۰۲۰، ص. ۲۱۲۰).

چارچوب پیشنهادی که در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است، تفکّر سیستمی را به‌عنوان شکل زیربنایی استدلال که دانشجویان باید برای تجزیه و تحلیل و درک سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده جهانی بکار ببرند، پیشنهاد می‌کند (یورک، ارگیل، ۲۰۲۰، ص. ۲۱۱۹؛ ارگیل، یورک و مکلار، ۲۰۱۹، ص. ۲۷۲۴). جدول ۱ این ابعاد و دسته‌بندی‌های مختلف را به‌طور خلاصه بیان می‌کند و شامل انواع شایستگی‌هایی است که باید در فراگیران توسعه یابد.

توسعه شایستگی‌های خلاصه شده در جدول ۱ قطعاً به کاهش پوشش محتوای مرسوم شیمی و انتخاب دقیق و ادغام مفاهیم و ایده‌های شیمی نیاز دارد که برای اندیشیدن مولد در مورد موضوعات محیط‌زیستی - اجتماعی لازم است. به‌عنوان مثال، باید انتظار داشته باشیم که فراگیران درک درستی از چگونگی تأثیر ترکیب مولکولی و ساختار اجزای سیستم بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و برهمکنش‌های آن‌ها، میزان و سرعت فرآیندهایی که در شرکت دارند داشته باشند. فراگیران همچنین باید درک کنند که چگونه شرایط مختلف بر غلظت نسبی گونه‌های مختلف شیمیایی در دستگاه‌های شیمیایی باز و بسته تأثیر می‌گذارد و اهمیت بازخورد (به‌ویژه در سیستم‌های زنده شیمیایی) را بدانند.

www.SID.ir

Archive of SID

با این وجود، می‌توان برای دروس تخصصی‌تر، بحث‌هایی در مورد نظریه‌های مختلف اوربیتالی، ساختار اتمی و پیوند شیمیایی، تجزیه و تحلیل ساختارهایی که جزو موارد استثناء در شیمی هستند، خواص و رفتار گونه‌های شیمیایی غیرمعمول و ارائه روش‌های مختلف برای حل مسائل خاص که اغلب جزو دروس پایه‌ی شیمی هستند، ارائه نمود. با ادغام بخش‌های مختلف دانش از طریق ایده‌های اصلی، رویکردهای بنیادی و تفکّر سیستمی می‌توان موضوعات مهم شیمی که مربوط به تجزیه و تحلیل چالش‌های اصلی سیاره زمین است از جمله برهمکنش‌های انتخابی، گونه‌های شیمیایی و کنترل شیمیایی از طریق توجه دقیق به عوامل ترمودینامیکی و سینتیکی را در محتوای دروس گنجاند (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۸).

این مضامین شیمی به دانشجویان کمک می‌کنند تا در ابتدا برداشتی نسبت به زمینه‌های خاص کسب کنند و سپس آن را به زمینه‌های دیگر تعمیم دهند. همچنین این ایده‌ها باعث هدایت برنامه‌ریزی، آموزش و ارزشیابی می‌شود. برای درک بهتر این ایده‌ها نمونه‌های خاصی از اهداف یادگیری در جدول ۲ ارائه شده است.

فعّالیّت‌های کلاسی و تحقیقات آزمایشگاهی باید به‌گونه‌ای طراحی شود که دانشجویان را در تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها و استنباط الگوهای حاکم بر پدیده‌ها؛ کاربرد و ارزیابی مدل‌ها برای توصیف و توضیح روندهای اصلی؛ ادغام مفاهیم سایر رشته‌ها برای درک بهتر شرایط، علل و اثرات یک موضوع خاص در سایر حوزه‌ها (اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی)؛ و ارزیابی منتقدانه مزایا، هزینه‌ها و خطرات تصمیمات و اقدامات شخصی و اجتماعی فعالانه درگیر نماید. تحقیقات شیمی ممکن است به داده‌های جمع‌آوری‌شده در محیط آزمایشگاه، تحقیقات میدانی یا در دسترس از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی محلی، ملی یا جهانی متکی باشد. لازم است تا اساتید تجربیات "عملی" خود را با توجه به شرایط کنونی توسعه دهند و فضا را برای دانشجویان برای طرح سوالاتی که تنها با کمک گرفتن از منابع مختلف اطلاعات و در بافتار مختلف پاسخ داده شود، باز کنیم. شیوه‌های ارزشیابی نیز باید دوباره بازطراحی شود. ارزشیابی اثربخش جزء بسیار مهمی از آموزش شیمی است. ابزارها و فعّالیّت‌های ارزشیابی باید با اهداف و مهارت‌های یادگیری که موردنیاز یادگیرنده است، متناسب باشد. استراتژی‌های ارزشیابی و مدیریت باید از اجزای جدایی‌ناپذیر تجربه یادگیری باشند، تا دانشجویان را قادر به ارزیابی پیشرفت خود، شناسایی زمینه‌های بازبینی و برقراری مجدد اهداف فوری یادگیری یا درس نماید (گارنر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۵۹۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. شایستگی‌های اصلی دروس پایه شیمی دوره کارشناسی (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۸).

ابعاد	دسته‌بندی‌ها	شایستگی
استدلال موازی	تفکّر سیستمی	تجزیه و تحلیل دستگاه‌های پیچیده در حوزه‌های مختلف به دنبال شناسایی، مشخص کردن و درک تعاملات عمدتاً دینامیکی بین اجزای سیستم در مقیاس‌های مختلف، بازخورد مثبت و منفی، چگونگی و چرایی این تعاملات که منجر به ظهور خصوصیات، رفتارها و الگوی مکانی- زمانی در سطح سیستم می‌شود.
ایده‌های اصلی	ایده‌های اصلی	انتخاب، ادغام و به کار بستن مفاهیم و ایده‌های اصلی شیمی که این امکان را فراهم می‌آورد تا ویژگی‌ها و رفتارهای سیستم را بر اساس ترکیب و ساختار اجزای زیر میکروسکوپی یک سیستم درک کنیم.
	سواد اجتماعی- محیط‌زیستی	شناسایی، آنالیز و توصیف چالش‌های عمده اجتماعی - زیست‌محیطی کره زمین و چگونگی استفاده از دانش شیمی، رویکردها و روش‌های تفکّر که می‌تواند برای درک آن‌ها و کمک به حل آن‌ها بکار رود.
	مسئولیت اجتماعی- محیط‌زیستی	ارزیابی هزینه‌ها و خطرات تولید، توزیع، مصرف و دفع مواد شیمیایی و اتخاذ تصمیماتی در این زمینه؛ انجام اقداماتی که هدف اصلی آن بهبود اوضاع انسانی و احترام به محیط‌زیست است.
رویکردهای بنیادی	رویکردهای مربوط به رشته	شناسایی، بکار بردن و ارزیابی ابزارها و روش‌های مناسب شیمی برای تجزیه و تحلیل و سنتز مواد؛ طراحی، کنترل و بهینه‌سازی فرآیندهای تبدیل آن‌ها
	رویکردهای علمی	طراحی، اجرا و ارزیابی تحقیقات و تفسیر داده‌های کمی و کیفی برای ایجاد، پشتیبانی، انتقاد و استدلال با ذهنیت علمی
	رویکردهای مشارکتی حل مسئله	مشارکت و همکاری فعالانه و مولد در بررسی و حل مشکلات؛ تصمیم‌گیری با دیدگاه انتقادی- انعکاسی؛ انعطاف‌پذیری و سازگاری.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. بازطراحی اهداف یادگیری دروس پایه شیمی دوره کارشناسی (تالانگر و دیگران، ۲۰۲۰، ص. ۲۶۹۸).

تم اصلی	موضوع متداول	زمینه مربوطه (سطح)	عملکرد مورد انتظار
تعاملات انتخابی	برهمکنش نور- ماده	تغییر اقلیم (شیمی عمومی)	برای ارزیابی صحت ادعاهای مختلف در رسانه‌ها از مدل‌های مکانیکی نحوه جذب انرژی توسط گونه‌های شیمیایی و انتقال آن به دیگر مواد در هواکنه استفاده کنید.
		استفاده از مواد دارویی (شیمی آلی)	مقایسه روش‌های تجربی در تشخیص داروهای غیرقانونی برای شناسایی بهترین استراتژی‌ها در آزمایش نقطه مراقبت
شکل گیری گونه‌های جدید در فرایند شیمیایی	تعادل شیمیایی	اسیدی شدن اقیانوس و کمبود اکسیژن (شیمی عمومی)	بررسی و تفسیر داده‌ها برای ارائه شواهدی از تأثیر افزایش غلظت آلاینده‌هایی که از طریق/در بخش‌های مختلف کره زمین (هواکنه، سنگ‌کره، آب‌کره، زیست‌کره) بر روی زندگی دریایی و تأمین مواد غذایی اثر می‌گذارد.
		جذب دارو (شیمی آلی)	بر اساس ساختار مولکولی و شرایط زیست‌محیطی استدلال‌هایی را درباره تغییر در فراهمی زیستی مواد آلی در دستگاه‌های مختلف بسازید.

www.SID.ir

Archive of SID

کنترل شیمیایی	ترمودینامیک و سینتیک واکنش	ارزیابی چرخه زندگی (شیمی عمومی و آلی)	استراتژی‌هایی را برای به حداقل رساندن تقاضای مواد و انرژی به هنگام تولید، استفاده و بازیافت محصولات معمول بر اساس ارزیابی کمی و کیفی، مزایا و هزینه‌ها طراحی کنید.
		مواد سنتزی (شیمی آلی)	ارزیابی استراتژی‌های رقابتی برای سنتز پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر سبزتر بر اساس بررسی ریسک- هزینه - فایده با توجه به عوامل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی.

لازم است تا زمان بیشتری صرف توسعه ارزشیابی‌هایی شود که از دانشجویان می‌خواهد تا ایده‌های اصلی، رویکردهای بنیادی و تفکّر سیستمی را برای تجزیه و تحلیل سناریوهای واقعی، پیش‌بینی یا توضیح خصوصیات و رفتارهای مربوطه در حوزه‌های مختلف و ارزیابی تصمیمات و اقدامات از دیدگاه اجتماعی-زیست‌محیطی با هم ادغام کنند. هرچند نمونه‌هایی از این نوع ارزشیابی‌ها از قبل وجود داشته اما محدود هستند. اساتید شیمی باید در ایجاد و مدیریت این نوع ارزشیابی‌های جایگزین نهایت تلاش خود را انجام دهند تا بدانند چگونه می‌توان از یافتن پاسخ‌های آماده به‌صورت آنلاین توسط دانشجویان جلوگیری کرد. همه‌گیری، انعطاف‌پذیری اساتید شیمی را به بوته آزمایش برده است و تخیل و خلاقیت آن‌ها را به چالش کشیده است.

نتیجه گیری

با همه‌گیری کووید-۱۹ در جهان، نظام‌های آموزشی سراسر جهان با چالش‌ها و تغییرات بسیاری همراه بوده‌اند. آموزش شیمی نیز از این تغییرات متأثر شده است. همه‌گیری کووید-۱۹ را می‌توان به عنوان کاتالیزگری برای لزوم تغییر آموزشی به سمت مدل‌ها و روش‌های انعطاف‌پذیرتر در نظر گرفت. شواهد نشان می‌دهد که تا زمان کشف واکسن و داروی مؤثر و در دسترس قرار گرفتن آن در سطح جهان فاصله زیادی باقی مانده است. از این رو نیاز است تا با تأمل در مورد آنچه آموزش داده می‌شود؛ دلایل آموزش آن‌ها و همچنین چگونگی تسهیل یادگیری فراگیران به طراحی و پیاده‌سازی روش‌های جدید یاددهی و یادگیری در حوزه آموزش شیمی پرداخت. در این مقاله مجموعه‌ای از شایستگی‌های لازم در سه بعد استدلال موازی، ایده‌های اصلی و رویکردهای بنیادی که می‌تواند برای

www.SID.ir

Archive of SID

بازنگری، اجرا و ارزیابی برنامه‌های جدید درسی شیمی پایه دوره کارشناسی و رویکردهای تدریس و ارزشیابی در دروس پایه شیمی رشته‌های علوم و مهندسی مورد استفاده قرار گیرد، معرفی گردید. تفکّر سیستمی نیز به عنوان شکل اصلی استدلال که دانشجویان برای بررسی و درک سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده جهانی باید آن را در خود توسعه دهند، معرفی شد. اساتید شیمی و برنامه‌ریزان حوزه‌ی آموزش شیمی باید در ایجاد و مدیریت این شایستگی‌ها نهایت تلاش خود را بکار گیرند. کووید-۱۹ فرصتی را برای ایجاد تغییر در برنامه‌های درسی شیمی ایجاد نموده است. در شرایط کنونی باید اولویت اصلی بر رشد انواع تفکّر که برای تجزیه و تحلیل، درک و مدیریت فرایندهای پیچیده که در حال شکل دادن به زندگی در سیاره ما هستند قرار داده شود؛ هرچند که مجبور شویم از بخشی از کسب دانش و مهارت‌های مربوط به رشته چشم‌پوشی کنیم. به نظر می‌رسد در شرایط کنونی این تغییر از نظر اخلاقی امری ضروری است.

تقدیر و تشکر

نویسنده از دانشگاه فرهنگیان به دلیل حمایت از این کار تقدیر و تشکر می‌نماید.

منابع

Cooper M. M., Stowe R. L. (2018), Chemistry Education Research From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice, *Chem. Rev*., 118 (12), 6053−6087.

Cornog J., Colbert J. C. (1924), What we teach our freshmen in chemistry, *J. Chem. Educ*., 1 (1), 5−8.

Garner L. V., Smoot J. W., Li Y., Zhou Q., Saveson C. J., Sasso J. M., Gregg A. C., Beskid T. R., Jervey S. R., and Liu C. (2020), Assay Techniques and Test Development for COVID-19 Diagnosis, *ACS Cent Sci.*, 6(5), 591–605.

Global energy review 2020: The impacts of the COVID-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions; International Energy Agency, (2020), https://webstore.iea.org/download/direct/2995 (accessed 06-06-2020)

www.SID.ir

Archive of SID

Griffin P., McGaw B., Care E. (2012), Eds Assessment and Teaching of 21st Century Skills, Springer: New York.

Mahaffy P. G., Matlin S. A., Holme T. A., MacKellar J. (2019), Systems Thinking for Education about the Molecular Basis of Sustainability, *Nat. Sustain.*, 2, 362−370.

Matlin S. A., Mehta G., Hopf H., Krief A. (2016), One-World Chemistry and Systems Thinking, *Nat. Chem.*, 8 (5), 393−398.

National Research Council (2012), A Framework for K−12 Science Education; National Academies Press: Washington, DC.

National Research Council (NRC). (2013) The Next Generation Science Standards; The National Academies Press: Washington, DC.

Nguyen C. K., D. DeNeve R., Nguyen L. T., Limbocker R. (2020), Impact of COVID-19 on General Chemistry Education at the United States Military *Academy, J. Chem. Educ.*, 97, 9, 2922–2927.

Orgill M. K., York S., Mackellar J. (2019) An introduction to systems thinking for the chemistry education community, J. Chem. Educ., 96 (12), 2720-2729.

Oyedotun T. D. (2020), Sudden change of pedagogy in education driven by COVID-19: Perspectives and evaluation from a developing country, *Res. Global.*, 2, 100029.

Rieckmann M., Mindt L., Gardiner S. (2017), Education for Sustainable Development Goals - Learning Objectives, UNESCO.

Roy A. (2020), The pandemic is a portal. Financial Times; THE FINANCIAL TIMES LTD, 2020. https://www.ft.com/content/10d8f5e8-74eb-11ea-95fe-fcd274e920ca (accessed 06-06-2020).

Talanquer V., Bucat R., Tasker R., Mahaffy P. G. (2020), Lessons from a Pandemic: Educating for Complexity, Change, Uncertainty, Vulnerability, and Resilience, *J. Chem. Educ.*, 97 (9), 2696−2700.

Sjostrom J., Talanquer V. (2018) Eco-Reflexive Chemical Thinking and Action. *Curr. Opin, Green Sustain. Chem*., 13, 16−20.

www.SID.ir

Archive of SID

Wright C. M., Miller C. M. (2018), Council of chief state school officers (CCSSO), Using Crosscutting Concepts To Prompt Student Responses, 1-68.

York S., Orgill M. (2020) ChEMIST Table: A Tool for Designing or Modifying Instruction for a Systems Thinking Approach in Chemistry Education. *J. Chem. Educ.*, 97 (8), 2114-2129.

www.SID.ir

Archive of SID

Review Article

Research in Chemistry Education, Vol 2, No 4, 41-58

Research in Chemistry Education

http://chemedu.cfu.ac.ir

The Need to Evaluation of Undergraduate Chemistry Curricula for Overcoming the Global Challenges Inspired by the Coveid-19 Pandemic

Mahshid Golestaneh [1*]

[1] *Department of Chemistry, Farhangian University, Tehran, Iran*

Abstract

In the last year, the Covid-19 pandemic has provided the opportunity to use new educational methods, analyzing the teaching-learning processes, increasing the quality of learning, and adopt new methods of the world's educational systems. The global experience of the last year with Covid-19 disease and the uncertain prospect of finding a quick cure suggests that it is not easy to go back to the old way of life and education. Therefore, there is a need to design and implement new teaching and learning methods. These learning goals should be guided by analyzing the existing global challenges and the methods needed to address them and by the frameworks that provide knowledge, skills, and attitudes. This article through reviewing the published literature about changing chemical education approaches describes a set of competencies in three dimensions of crosscutting reasoning, core understandings, and fundamental practices. These approaches can be used to design, implement and evaluate chemistry curricula, teaching approaches. And evaluation to be used in the chemistry courses in science and engineering. The main form of argument described in this paper is the system thinking that students must develop to study and understand complex global systems and phenomena.

Keywords: Basic Chemistry Courses, COVID-19, Undergraduate, Systems Thinking

[*]Corresponding Author: (✉ m.golestaneh@cfu.ac.ir)

www.SID.ir