مقاله مروری

پژوهش در آموزش شیمی، سال چهارم، شماره اول، صفحات ۲۱-۳۹

پژوهش در آموزش شیمی

http: //chemedu.cfu.ac.ir

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در آموزش شیمی طی همه‌گیری بیماری کووید-۱۹: دستاوردها و چالش‌ها

نسیم اصغری لالمی *

دبیر شیمی، آموزش و پرورش رباط کریم ، تهران، ایران

چکیده

با شیوع بیماری کووید-۱۹ و به‌دنبال آن تعطیلی گسترده مدارس و دانشگاه‌ها در سراسر جهان، روش آموزش دستخوش تغییرات بسیاری شده است. این تغییرات در تمامی نقاط دنیا و همچنین کشور ما با سرعت زیادی به‌وقوع پیوسته است. در بسیاری از مراکز آموزشی، آموزش مجازی بسیار مورد استفاده قرار گرفت. این انتقال از آموزش سنتی به آموزش مجازی، پیامدهایی را به همراه داشته است. دانش‌آموزان و معلمان وارد دوره جدیدی از آموزش شدند که بسیار ناشناخته بود. یکی از این تغییرات استفاده بسیار گسترده-تر و بیشتر از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در بخش آموزش است. در این مقاله به بررسی قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در آموزش دروس مدرسه و دانشگاه به‌ویژه آموزش درس شیمی پرداخته شده است. ابعاد مختلف فناوری اطلاعات و ارتباطات و همچنین تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر استفاده بیشتر از فناوری اطلاعات و ارتباطات در آموزش علوم مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همچنین فرصت‌ها و چالش‌هایی که در این رابطه برای دانش‌آموزان، دانشجویان، معلمان و اساتید ایجاد شده بررسی گردیده است.

کلیدواژه‌ها: فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، آموزش شیمی، همه‌گیری کووید-۱۹، آموزش مجازی

* نویسنده مسئول: (✉ n_asghari@hotmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۲

مقدّمه

امروزه توسعه فن‌آوری‌های تعاملی و سایر برنامه‌های رایگان تحت وب امکان انواع مختلفی از ارائه دروس را برای معلمان و استادان فراهم نموده است. با توسعه فن‌آوری‌های اطلاعاتی، رایانه‌ها به‌عنوان قدرتمندترین ابزار برای توسعه توانایی دانش‌آموزان و دانشجویان در تحقیق و آموزش علوم معرفی شده‌اند (فتاجی[۱] و دیگران، ۲۰۰۷). در یک کلاس درس تعاملی، دانش‌آموزان و یا دانشجویان با یکدیگر تعامل داشته، اطلاعات خود را به اشتراک می‌گذارند، مسائل را به‌طور مشترک حل می‌کنند، موقعیت‌ها را شبیه‌سازی نموده و فعالیت‌های بقیه را ارزیابی می‌کنند. در شیوه‌های جدید برگزاری کلاس‌های تعاملی، دانش‌آموزان مجاز به استفاده از وسایلی از جمله تلفن‌های همراه و تبلت‌ها و معلمان قادر به دیدن نتایج دانش‌آموزان بر روی دستگاه خودشان هستند (سیداکو[۲] و سیترناکتوا[۳]، ۲۰۱۹، ص.۳۱). درواقع امروزه استفاده از *فناوری اطلاعات و ارتباطات*[۴](ICT) روز به روز در حال گسترش است. فناوری اطلاعات و ارتباطات عبارت است از گردآوری، سازماندهی، ذخیره و نشر اطلاعات اعم از صوت، تصویر، متن یا عدد که با استفاده از ابزار رایانه‌ای و مخابرات صورت پذیرد. در این زمینه مطالعات زیادی در سال‌های گذشته صورت گرفته است. فناوری اطلاعات و ارتباطات قابلیت حل مسائل واقعی زندگی را در کلاس‌های درس فراهم می‌کند که شاید این قابلیت در یک محیط کلاس سنتی کمتر امکان‌پذیر باشد. ماهیت انعطاف پذیر ICT و به‌ویژه اینترنت، فرصت‌های تحقیق، تعامل و همکاری را برای دانش‌آموزان و دانشجویان فراهم می‌سازد. ICT از طریق چیدمان مواد آموزشی تعاملی، فرایند آموزش را بهبود بخشیده و انگیزه فراگیران را افزایش می‌دهد. استفاده از ابزارهای چندرسانه‌ای مختلف مانند تلویزیون، محتواهای ضبط شده، فیلم‌ها و برنامه‌های کامپیوتری فضای یادگیری جذاب‌تر و چالشی‌تری را برای فراگیران در رده‌های سنی مختلف ایجاد می‌کنند (سیداکو و سیترناکتوا، ۲۰۱۹). اگرچه استفاده از ICT کم وبیش در جهان وجود داشت اما شیوع بیماری کووید- ۱۹ در سراسر جهان، باعث انتقال سریع بسیاری از کشورها از آموزش سنتی به آموزش مجازی و استفاده بسیار گسترده‌تر از ICT گردید. سرعت انتقال و تطبیق یافتن کشورها

---

۱ Fetaji
۲ Sadykov
۳ Ctrnactova
۴ Information & Communication Technology

با این روش جدید با توجه به فناوری سیستم‌های آموزشی، امکانات و آموزش‌های لازم در این زمینه متفاوت بود (موسارات[۱] ۲۰۲۲، ص. ۱۹).

روش پژوهش

هدف اساسی در تحقیق ما بررسی نقش فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در زمینه درس شیمی و همچنین فرصت‌ها و چالش‌های موجود به‌ویژه در دوران همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ است. در این مطالعه از روش تحقیق کیفی استفاده شده است. در روش تحقیق کیفی، هدف شناسایی، طبقه‌بندی و استخراج مفاهیم براساس مطالعه متون مختلف (شامل مقالات، کتاب‌ها، مطالعات حاصل از سمینارها و همایش‌های علمی و ...) یا مبتنی بر دیدگاه خبرگان است. این مطالعه نیز با استفاده از مرور منابع و تحلیل متون علمی و به‌منظور بررسی همه‌جانبه نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات بر آموزش شیمی انجام شده است.

یافته‌های پژوهش

مطالعات زیادی در زمینه انواع روش‌های آموزش مجازی قبل از شیوع کرونا صورت گرفته بود. مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۸، برداشت مثبت دانش‌آموزان متوسطه نسبت به پذیرش یادگیری با تلفن همراه را نشان داد. تلفن همراه دستگاه اصلی است که بیشتر دانش‌آموزان روزانه از آن استفاده می‌کنند (نیکولوپولو[۲] ۲۰۱۸، ۴۹۹). در مطالعه‌ای دیگر لپ‌تاپ‌ها را به‌عنوان ابزار ارزشمندی برای آموزش علوم معرفی کردند؛ اما این مطالعه بر این نکته نیز تأکید داشت که اجرای مؤثر فن‌آوری نیاز به توسعه حرفه‌ای کافی و مداوم، زیرساخت‌های قوی و پشتیبانی فنی دارد (ژنگ[۳] و همکاران، ۲۰۱۴، ۵۹۱). *بلک ول*[۴] نیز در طی مطالعاتش به این نتیجه دست یافت که استفاده از تبلت می‌تواند یادگیری را در هر کجا و هر زمان امکان‌پذیر کند. ارتباط بین خانه و مدرسه نیز به معلمان این امکان را می‌دهد که با دانش‌آموزان در هر جایی ارتباط داشته باشند. به‌نظر می‌رسد که ترکیبی از تلفن‌های همراه و تبلت‌ها به دانش‌آموزان و دانشجویان امکان می‌دهد که فعالیت‌های آموزشی خود را هم‌زمان انجام داده و همچنین آن‌ها را ترغیب می‌کند تا با یکدیگر تعامل داشته باشند. به‌عنوان مثال در مورد

---

[۱] Musarat
[۲] Nikolopoulou
[۳] Zheng
[۴] Blackwell

پاسخ‌های صحیح فعالیت‌ها گفتگو کنند و در صورتی که هم‌کلاسی‌شان پاسخ صحیح را ندانند به آن‌ها کمک کنند (سیداکو و سیترناکتوا، ۲۰۱۹). برخی از روانشناسان دریافتند که با استفاده از ICT دقت برداشت دانشجویان از محتوای تعاملی آموزشی، عملکرد حافظه و همچنین ویژگی‌های فکری و عاطفی آنان مانند دامنه توجه و توانایی تجزیه و تحلیل فعالیت سایرین بهبود می‌یابد (بلاسکوآرکاس[۱] و همکاران، ۲۰۱۳، ص. ۱۰۲). استفاده از درس‌های تعاملی می‌تواند فرصت بزرگی برای کاهش اضطراب در دانش‌آموزان و دانشجویان باشد. استفاده از این نوع دروس همراه با فناوری اطلاعات و ارتباطات نه تنها می‌تواند به آنان امکان کار گروهی با یکدیگر را بدهد، بلکه احساس راحتی و اعتماد به نفس بیشتری را نیز به آنان خواهد داد (کریمبو[۲] و تفضلی، ۲۰۱۳، ص. ۱۸۷). مایر[۳] در تحقیقات خود عوامل مؤثر بر یادگیری در حوزه ICT را مشخص ساخت (مایر، ۲۰۰۳، ص. ۱۲۵). چند نمونه از این عوامل عبارتند از:

- *اثر چندرسانه‌ای:* این اثر بیان می‌کند هنگامی‌که کلمات و تصاویر در ارائه مطالب استفاده شوند نسبت به زمانی‌که تنها از کلمات استفاده شود یادگیری عمیق‌تری رخ می‌دهد؛

- *اثر انسجام:* این اثر بیان می‌کند که با حذف مطالب اضافی، یادگیری عمیق‌تری صورت می‌گیرد؛

- *اثر مجاورت فضایی:* این اثر بیان‌گر تأثیر مجاورت کلمات وتصاویر است. هنگامی‌که کلمات چاپ شده در نزدیکی تصاویر مربوطه قرار داده شوند نسبت به زمانی‌که کلمات با فاصله از تصاویر مربوطه-شان باشند یادگیری بهتری رخ می‌دهد؛

- *اثر شخصی‌سازی:* این اثر بیان می‌کند وقتی کلمات به‌جای حالت رسمی به‌صورت محاوره‌ای ارائه شوند یادگیری بهتری اتفاق می‌افتد.

با استفاده از مقالات و منابع مربوط به یادگیری ترکیبی، می‌توان فرصت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات را به چهار دسته تقسیم کرد: (اسگوترپ[۴] و گراهام[۵]؛ ۲۰۰۳، ص.۲۲۷).

---

۱ Blasco-Arcas
۲ Chirimbou
۳ Mayer
۴ Osguthorpe
۵ Graham

۱. ICT تجسم پویا و تعاملی برای پدیده‌ها و فرآیندها را امکان‌پذیر می‌کند به‌عنوان مثال، از طریق انیمیشن و شبیه‌سازی؛

۲. ICT فرصت‌های جدیدی در انجام تعاملات اجتماعی ایجاد می‌کند؛

۳. ICT در صورت لزوم، آموزش و یادگیری را فارغ از زمان و مکان امکان‌پذیر می‌سازد؛

۴- ICT امکان به‌دست آوردن داده‌ها، پردازش داده‌ها و به اشتراک‌گذاری آن‌ها را به نحو مؤثرتری فراهم می‌کند.

در واقع به کمک ICT دستیابی سریع و جامع به اطلاعات در هر کجا ممکن است. این امر باعث تغییر ایده افراد در مورد دانش می‌شود. به‌عنوان مثال از طریق محیط‌های یادگیری الکترونیکی فعال در مرورگر اینترنت، دانش‌آموزان و دانشجویان می‌توانند در هر زمان و هر مکان به مطالب آموزشی خود دسترسی داشته باشند. اینترنت راه دستیابی به اطلاعات بدون مرز را فراهم نموده و دسترسی به اطلاعات تخصصی و عمومی را امکان‌پذیر می‌سازد. اطلاعات را می‌توان ساخت، به اشتراک گذاشت و نقد کرد. به‌عنوان مثال بحث بین دانش‌آموزان درکلاس درسی‌شان در گروهی در محیط یادگیری الکترونیکی و در همان زمان در سطح جهانی از طریق رسانه‌های اجتماعی صورت می‌گیرد. ذخیره جهانی اطلاعات مبتنی بر شبکه و کانال‌های ارتباطی، توسعه پایدار را نیز تقویت می‌کند زیرا تبادل اطلاعات، منابع و ارتباطات گفتاری، بدون نیاز به سفر و رفت وآمد صورت می‌گیرد. بر اساس نظریه یادگیری ترکیبی، قابلیت‌های ICT عمومی است و در تمام مشاهدات مربوط به یادگیری اعمال می‌شوند، اما دسته اول (تجسم پویا و تعاملی) از دیدگاه تجسم اطلاعات در شیمی جالب توجه است.

فرصت‌ها و چالش‌های ICT در آموزش شیمی

یکی از اصول اولیه در مورد آموزش شیمی این واقعیت است که شیمی موضوعی به نسبت دشوار است. در شیمی می‌توان اطلاعات یکسان را در سطح ماکروسکوپی (قابل مشاهده)، زیرمیکروسکوپی (غیرقابل مشاهده) و در سطح نمادین (فرمول ساختاری) بررسی نمود. به‌طور کلی این سه سطح به‌عنوان سه سطح شیمی نامیده می‌شوند. برای یک فرد حرفه‌ای مانند یک شیمی‌دان یا یک معلم شیمی، فکر کردن در مورد جهان قابل مشاهده در فرمول‌های ساختاری و فرآیندهای پویایی که در

سطح میکروسکوپی اتفاق می‌افتد، بسیار آسان است، اما برای دانش‌آموزی که تازه آموختن این علم را آغاز کرده است، این مدل‌سازی دشوار است. بنابراین، به روش‌هایی نیاز داریم که بتوانیم اطلاعات را در سطوح مختلف ارائه نموده و برای اتصال آن‌ها به یکدیگر از تصویرسازی استفاده کنیم. ICT ابزار تجسمی لازم برای این منظور را به ما ارائه می‌دهد. پرکاربردترین ابزارهایی که برای تجسم در سطوح مختلف شیمی استفاده می‌شوند عبارتند از انیمیشن‌ها، شبیه‌سازی، ویدئوها و مدل‌سازی‌های مولکولی در ادامه به بررسی این ابزار می‌پردازیم (پرنا[۱] و آکسلا[۲] ۲۰۱۳، ص. ۴۳۵)

انیمیشن: مجموعه‌ای از تصاویر است که به کمک آن‌ها امکان ایجاد تصاویر متحرک وجود دارد. انیمیشن‌ها در توصیف فرآیندها و پدیده‌های شیمی بسیار مناسب هستند. در واقع انیمیشن‌ها از نظر آموزشی یک نوع رسانه چندکاربردی محسوب می‌شوند. معلمان می‌توانند از انیمیشن در ارائه اطلاعات استفاده کنند، اما امکان این‌که دانش‌آموزان خودشان انیمیشن بسازند هم وجود دارد. ساخت انیمیشن یک فرایند بسیار فعال است که در مرحله طراحی انیمیش مهارت‌های تفکر مرتبه بالاتر مانند تجزیه و تحلیل، ارزیابی و بازآفرینی، مورد استفاده قرار می‌گیرند (میچالچیک[۳] ۲۰۰۸). به‌عنوان مثال ChemSense یک نرم‌افزار انیمیشن مناسب برای این منظور است. به کمک این نرم افزار می‌توان متن، عکس، نمودار، طرح و انیمیشن‌های مربوط به فرایندهای شیمیایی را ایجاد نمود و به اشتراک گذاشت. (http://chemsense.sourceforge.net).

ویدئوها: ویدئوها فیلم‌های دیجیتالی مانند انیمیشن هستند، اما از دیدگاه ارائه اطلاعات شیمیایی با یکدیگر تفاوت دارند. در علم شیمی با استفاده از انیمیشن، سطح میکروسکوپی مورد مطالعه قرار می‌گیرد در حالی‌که در ویدئوها امکان ارائه پدیده‌ها در سطح ماکروسکوپی وجود دارد. با کمک پردازش ویدئویی، می‌توان ضبط‌های ویدئویی را ویرایش نمود و فیلم‌های مربوط به سطح ماکرو و انیمیشن‌های سطح میکروسکوپی را به‌هم متصل کرد. درواقع قطعات ویدئویی در سطوح مختلف را می‌توان به‌هم متصل کرد تا در یک ویدیو ارائه شوند و چندین فیلم و انیمیشن را بتوان هم‌زمان مطالعه کرد. ویدئوها در طی کار عملی نیز پشتیبان خوبی محسوب می‌شوند. برای مثال آن‌ها می‌توانند باعث ایمنی در کار آزمایشگاهی و در صورت لزوم صرفه‌جویی در وقت شوند. با کمک ویدئوها

---

[۱] Pernaa
[۲] Aksela
[۳] Michalchik

می‌توانیم از قبل با فرآیندهای مبتنی بر تحقیق، منابع احتمالی خطا، بخش‌هایی که نیاز به دقت دارند و چگونگی ارائه آزمایش‌های خطرناک به روشی ایمن آشنا شویم (لاروچ[۱] ولفسبرگ[۲]و یانگ[۳] ۲۰۰۳، ص. ۹۶۳). امروزه استفاده از فناوری‌های ساخت فیلم آسان است، زیرا همه افراد تلفن‌های هوشمندی دارند که می‌توانند با آن‌ها فیلمبرداری کنند.

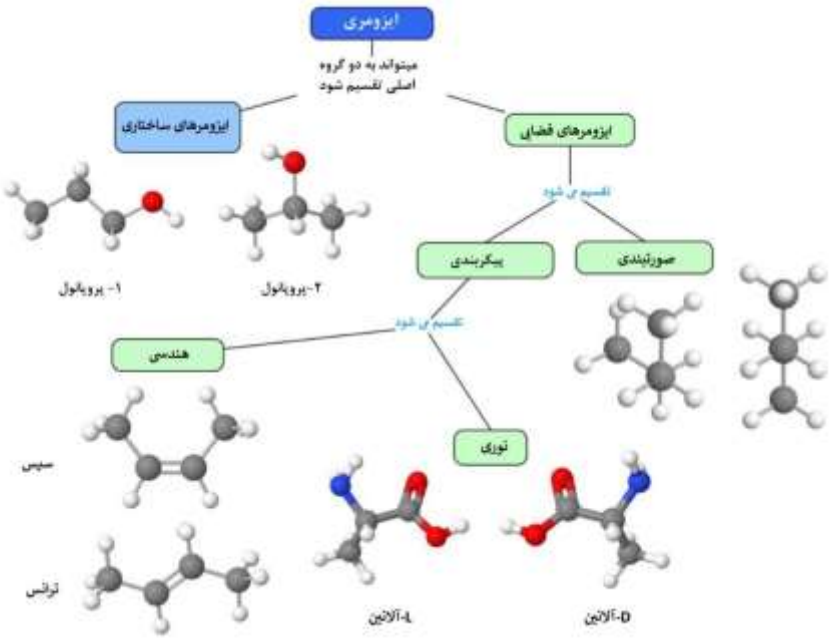
مدل‌سازی و شبیه‌سازی مولکولی: مدل‌سازی به‌معنای مدل‌سازی تک تک مولکول‌ها یا سیستم-های ایستای کوچک است، در حالی‌که در شبیه‌سازی‌ها فرصت رویارویی با سیستم‌های بزرگ‌تر فراهم می‌شود. همچنین شبیه‌سازی‌ها از این نظر با مدل‌سازی مولکولی تفاوت دارند که فرایندهای دینامیکی در آن‌جا بررسی می‌شوند. در مدل‌سازی مولکولی کاربر نقش فعالی دارد و نرم‌افزار این آزادی را به کاربر می‌دهد که سیستم را به روشی که می‌خواهد ساخته، محاسبه کرده و یا تجسم نماید. در شبیه‌سازی، کاربران محدودتر هستند. اغلب کاربر محاسبه انجام نمی‌دهد، زیرا شبیه‌سازی بر مبنای داده‌هایی انجام می‌شود که از قبل محاسبه شده است (راسل[۴]و کازما[۵] ۲۰۰۵). امکانات این دو ابزار ICT را می‌توان به‌راحتی و با استفاده از برنامه‌های رایگان شبکه به‌صورت جداگانه امتحان کرد. به‌عنوان مثال Edumol یک محیط مبتنی بر مرورگر برای مدل‌سازی و تجسم مولکول‌ها است (www.edumol.fi). برای شبیه‌سازی شیمی در سطوح بالاتر نیز برای مثال می‌توان به آدرس phet.colorado.edu مراجعه نمود (پرنا، ۲۰۱۵). مدل‌سازی و شبیه‌سازی مولکولی قابلیت‌های توقف واکنش‌ها، محاسبه انرژی‌ها و تجسم ارتعاشات مولکول‌ها را در شیمی امکان‌پذیر می‌کنند. با کمک انیمیشن‌ها، می‌توانیم نحوه پیشرفت واکنش‌های شیمیایی را نشان دهیم. مدل‌سازی و تجسم پدیده‌ها به دانش‌آموزان و دانشجویان کمک می‌کند تا مدل‌های درونی را ارزیابی و بررسی کنند. با کمک ICT می‌توانیم پویایی را وارد پدیده‌ها کنیم. در حالی‌که با کمک تصاویر موجود در کتاب‌های چاپی، درک ماهیت متحرک و ارتعاشی مولکول‌ها برای دانش‌آموزان کار بسیار دشواری است.

ایجاد ساختارهای منطقی مفاهیم به یادگیری بهتر کمک می‌کند. ارتباطات بین سطوح مختلف را می‌توان با کمک ICT عینیت بخشید. به‌عنوان مثال نقشه‌های مفهومی در این نوع ایده‌آل هستند. نقشه مفهومی ابزاری برای ترسیم اطلاعات است، که در آن مفاهیم با یک کلمه پیونددهنده به یکدیگر

---

[۱] Laroche
[۲] Wulfsberg
[۳] Young
[۴] Russell
[۵] Kozma

متصل می‌شوند که ارتباط آن‌ها را با یکدیگر را نشان می‌دهد. نقشه‌های مفهومی به‌عنوان ابزاری برای تفکر ساخته شده‌اند. ساخت نقشه‌های مفهومی، ساختار اطلاعاتی فرد در مورد یک موضوع را مجسم نموده و سپس ارائه، انتقاد و بحث بیشتر در مورد آن آسان‌تر می‌شود. همچنین، ایجاد نقشه‌های مفهومی مهارت‌های تفکر مرتبه بالاتر را به اشکال محتلف فعال می‌کند. نقشه‌های مفهومی را می‌توان به‌صورت دستی تهیه کرد، اما تهیه قطعات مختلف آن با استفاده از اطلاعاتی مانند تصاویر، صدا، فیلم‌ها، انیمیشن‌ها، پیوندها و سایر موارد و تبدیل آن‌ها به نقشه‌های مفهومی الکترونیکی آسان است. در شکل ۱، یک نقشه مفهومی ساده در مورد ایزومری رسم شده است که در آن یک مثال در سطح زیرمیکروسکوپی از همه گروه‌های ایزومری ارائه شده است (پرنا و آکسلا، ۲۰۱۰). برای ساختن نقشه مفهومی زیر از نرم افزار CmapTools استفاده شده است. این نرم افزار با استفاده از طرح‌های گرافیکی موجود به کاربران اجازه می‌دهد که مدل‌های مفهومی مد نظر خود را ساخته و به طور هم‌زمان آن را ویرایش نموده و به اشتراک بگذارند (https://cmap.ihmc.us/cmaptools).



شکل ۱. یک نقشه مفهومی ساده از ایزومری که توسط نرم افزار CmapTools رسم شده است.

بلو[1] و همکارانش در سال ۲۰۱۸ مروری بر تحقیقات تجربی مرتبط با فن‌آوری‌های یادگیری دیجیتال در آموزش شیمی متوسطه داشتند. نتایج آن‌ها نشان داد که اکثر محققان مباحث شیمی مربوط به ماهیت ذره‌ای مواد را با استفاده از فن‌آوری‌های یادگیری دیجیتال (از جمله تلفن همراه) مورد بررسی قرار داده بودند (بلو، ۲۰۱۸). در طی تحقیقی که از نوامبر ۲۰۱۸ تا ژانویه ۲۰۱۹ در مورد فن‌آوری‌های اطلاعات و ارتباطات در مدارس قزاقستان و در کلاس درس شیمی دانش‌آموزان پسر انجام شد، درس شیمی به‌صورت مجازی و با استفاده از پورتال آموزشی توسط معلمان ارائه شد. نتایج نظرسنجی نشان داد که بیش از چهار پنجم دانش‌آموزان (۸۳٪) این‌گونه تدریس تعاملی مجازی را جالب‌تر از شیوه سنتی دانسته و به حل مسائل و انجام تکالیف با استفاده از تلفن همراه یا رایانه علاقه دارند (سیداکو و سیترناکتوا، ۲۰۱۹).

فعالیت‌های آزمایشگاهی که از اجزای جدایی‌ناپذیر درس شیمی است دانش‌آموزان را قادر می-سازد تا تجربه خود را با استفاده از مواد عینیت ببخشند. به دلایل بسیاری از جمله نگرانی های ایمنی، کمبود تجهیزات و کمبود زمان، استفاده از آزمایشگاه شیمی در فرآیند آموزش به‌شدت کاهش یافته است. آزمایشگاه‌های مجازی بیشتر نقاط ضعف و چالش‌های استفاده از آزمایشگاه‌های موجود در مدارس را برطرف نموده و تجربه انجام آزمایش بدون محدودیت مکانی و زمانی و صرف هزینه را برای فراگیر فراهم می‌کند. در واقع آزمایشگاه‌های مجازی شبیه‌سازی آزمایشگاه سنتی هستند که منجر به یادگیری فراگیر می‌شوند. یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی در یک محیط کامپیوتری اتفاق می‌افتد و در آن یادگیرنده ضمن این‌که در محیط شبیه‌سازی پیش می‌رود به‌تدریج به ویژگی‌های مدل مفهومی نیز پی می‌برد (لهراسبی، ۱۳۹۹، ص. ۲۸)

تعداد نرم‌افزارها و سایت‌های آزمایشگاه‌های مجازی بسیار زیاد است. از جمله نرم‌افزارهایی که در زمینه آزمایشگاه مجازی شیمی و یا شبیه‌سازی مفاهیم در دسترس هستند می‌توانیم به موارد زیر اشاره کنیم:

- Crocodile chemistry (https://crocodile-chemistry.software.informer.com/)

این نرم‌افزار یک ابزار بسیار محبوب، مجهز، با قابلیت‌های فراوان و کاربری آسان در حوزه آزمایشگاه مجازی است. در این نرم‌افزار کاربر توانایی انجام آزمایش‌های از پیش آماده شده همچون

[1] Bellou

انواع تیتراسیون‌ها، رسوب‌گیری و .... و هم‌چنین آزمایش‌های دلخواه را دارد. آزمایش‌های از پیش طراحی شده را نیز می‌توان بر حسب نیاز اصلاح نمود. یکی از مزیت‌های این نرم‌افزار شیوه ساده کار با آن است. هنگام انجام واکنش‌ها، می‌توان از تماشای انیمیشن‌های شبیه‌سازی تغییرات در سطح مولکولی نیز لذت برد.

• HyperChem Professional (https://hyperchem.software.informer.com/)

از جمله معروف‌ترین نرم‌افزارهای موجود در زمینه شبیه‌سازی مولکول‌های شیمیایی است که قابلیت‌های زیادی از جمله ترسیم مولکول‌ها با ساختار سه‌بعدی و انجام محاسبات مختلف، از جمله تعیین تراز انرژی، شبیه‌سازی دینامیک مولکولی و ... را داراست. انعطاف‌پذیری و سادگی کار با این برنامه، قابلیت‌های سه‌بعدی‌سازی و متحرک‌سازی در کنار محاسبات شیمی کوانتومی و مکانیک مولکولی آن را به یک نرم‌افزار بسیار توانمند برای محققین و مهندسین شیمی تبدیل کرده است.

• Virtual Chemistry Lab (https://virtual-chemistry-lab.software.informer.com/)

این برنامه برای دانش آموزان و معلمانی که درس شیمی را آغاز کرده اند، طراحی شده است. یک آزمایشگاه مجازی شبیه‌سازی شده شیمی است که در آن امکان انجام انواع واکنش‌ها و آزمایش‌ها به‌صورت مجازی وجود دارد.

اما دو مشکل اصلی در آموزش تعاملی شیمی به کمک ICT وجود دارد: اولین مشکل، تهیه این دروس به‌نحوی است که بتوانند در مراحل مختلف درس شیمی مورد استفاده قرار گرفته و فراگیران را به نحو مؤثری در فرایند آموزش درگیر کنند. امروزه، بسیاری از معلمان فاقد مهارت و دانش لازم برای تهیه مطالب آموزشی و برنامه‌های تعاملی باکیفیت هستند. برخی از مدارس و معلمان از دروس ایجاد شده توسط ناشران تجاری استفاده کرده‌اند. اما مطالب آن‌ها همیشه با تصور و ایده معلمان مطابقت نداشته و اغلب قیمت بالایی دارند. مشکلات موجود در این زمینه بیشتر مربوط به درک منطق درس است. مشکل دوم این است که از کدام یک از ابزارهای ICT می‌توانیم در آموزش شیمی در طی چند سال آینده استفاده کنیم؟ ICT می‌تواند در آموزش بسیار مفید باشد، اما خطری که استفاده از آن را تهدید می کند این است که ممکن است دانش‌آموزان یا دانشجویان سعی کنند بدون درک اصول و در واقع با تقلب مسائل را بیاموزند و حل کنند. این ابزارها باید به‌گونه‌ای باشند که فراگیران را به چالش کشیده و آن‌ها را به مشاهده کردن و ارتباط دادن مشاهدات با مباحث نظری

به‌منظور ایجاد درکی گسترده‌تر و عمیق‌تر تشویق کنند (گزمان[۱] درمیدی[۲]و برنگل[۳] ۲۰۱۳، ص. ۳۶۰). همچنین دسترسی به لپ‌تاپ‌ها و سایر فن‌آوری‌ها اولین قدم برای استفاده مؤثر از فناوری در قالب ابزارهای آموزشی و یادگیری است که در کشورها و جوامع فقیرتر خود یک مشکل محسوب می‌شود (هپلی[۴]و دیگران، ۲۰۱۰، ص. ۱). در زمینه آزمایشگاه‌های مجازی نیز، یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین چالش‌های موجود که در اکثر نرم‌افزارها وجود دارد محدودیت مواد مورد نیاز برای انجام آزمایش است. با وجود این که بسیاری از مواد مورد نیاز برای انجام آزمایش در این نرم‌افزارها موجود است اما نمی‌توان با اطمینان از کامل بودن آن سخن گفت. اگر چه این نرم‌افزارها امکان انجام آزمایش با مواد گرانبها را که اغلب در آزمایشگاه‌های سنتی موجود نیست، برای ما فراهم می‌کنند، اما گاهی با عدم وجود بعضی از مواد مورد نیاز برای انجام آزمایش مواجه می شویم (لهراسبی، ۱۳۹۹، ص. ۲۹).

همه‌گیری کووید ۱۹ و ICT

در ۱۲ مارس سال ۲۰۲۰ *سازمان بهداشت جهانی*[۵]اعلام کرد که شیوع بیماری ویروس کرونا (کووید-۱۹) به سطح همه‌گیری جهانی رسیده است. اعمال محدودیت‌های مربوط به این همه‌گیری باعث تعطیلی بسیاری از مراکز از جمله مدارس و دانشگاه‌ها در سراسر جهان گردید. در سطح آموزش عالی، تغییراتی در ابعاد مختلف ایجاد شد. به‌عنوان نمونه می‌توان به کمبود شدید منابع مالی، رکود فعالیت‌های بین‌المللی و پژوهشی، قوت گرفتن آموزش‌های الکترونیکی، تعطیلی و رکود کامل در تحرک بین‌المللی دانشجویان اشاره نمود. از طرفی کمبود منابع، دانشگاهها را به‌روز نمود و آن‌ها به‌صورت طبیعی به‌سوی افزایش بهره‌وری و استفاده درست از منابع روی آورده و سیاست‌های مالی انقباضی را در پیش گرفتند (ذاکر صالحی، ۱۳۹۹، ص. ۲۰۳). اما مهمترین تغییر ایجاد شده، تغییر در نحوه و سبک آموزش از سبک سنتی و قدیمی حضوری و ارتباط چهره به چهره به شیوه‌ای نوین بود. برای جلوگیری از توقف آموزش بسیاری از کشورها به آموزش مجازی و استفاده از ICT در آموزش روی آوردند. باوجود این‌که کلاس‌ها و آموزش الکترونیکی محدود در برخی مدارس، دانشگاه‌ها

---

[۱] Guzman
[۲] Dormidi
[۳] Berenguel
[۴] hapley
[۵] World Health Organization

و مؤسسات آموزشی دیگر در طی سال‌های گذشته وجود داشت، اما شیوع همه‌گیری کووید-۱۹ باعث ایجاد یک انتقال سریع به آموزش کمابیش مطلق مجازی گردید. سیستم عامل‌های آنلاین پیشرفته و برنامه‌های کاربردی آموزشی باعث شدند که یادگیری الکترونیکی سهم ارزشمندی در کنار انجام سخنرانی‌های نظری و آزمایشگاهی همگام با یادآوری ارائه‌های قبلی در کلاس‌های الکترونیکی و تجارب یادگیری بصری داشته باشند. اگرچه روش گذار به یادگیری الکترونیکی قابل بحث است، اما یک رویکرد یادگیری غیرمخرب مؤثر ارائه شده است.

آموزش مجازی یک روش آموزشی است که برای آموزش‌دهنده و آموزش‌گیرنده این فرصت را فراهم می‌کند که در عین حال که از نظر زمان و مکان از هم دور هستند، فاصله‌ی آموزشی موجود را با وسایل مناسب تکنولوژیکی پر کنند. این امر را می‌توان از ویژگی‌ها و مزایای آموزش مجازی برشمرد. مزیتی که در کنار مزیت، در این دوران به چالش نیز تبدیل شده است. چرا که نبود زیرساخت‌های تکنولوژیکی و عدم ارتباط چهره به چهره در کلاس درس، کیفیت آموزش را تحت تأثیر قرار داده است (کاظم پور و غفاری، ۱۳۹۰، ص. ۱۴۹). یادگیری الکترونیکی مرزهای بحث و گفتگو برای دانش‌آموزان و دانشجویان را در مباحث شیمی گسترش داده است. این مواجهه راه را برای آینده روش‌های یادگیری در یک کلاس ترکیبی که در آن کلاس‌های نظری و آزمایشگاهی با ارائه یک سیستم مدیریت یادگیری[۱](*LMS*) بهبود می‌یابند، هموار کرده است (ابیگل[۲]و لیپین[۳]، ۲۰۲۰، ص. ۳۳۲۷). البته ورود به این عرصه جدید مشکلات و چالش‌هایی را نیز به همراه داشت. اشکالات فنی که در کلاس‌های الکترونیکی در رابطه با معلمان، استادان، دانش‌آموزان و یا دانشجویان رخ می‌دهد، پیشرفت کلاس را به تأخیر می‌اندازد. این وقفه‌ها باعث گسسته‌شدن اطلاعات مربوط به مفاهیم شیمی می‌شود که پیگیری مطالب برای دانش‌آموزان و دانشجویان را بسیار سخت می‌کند. از موارد دیگری که باید به آن توجه شود، حفظ حریم خصوصی و امنیت کاربران است. همچنین تغییر جهت و وابستگی کامل به ابزارهای دیجیتال مانند واقعیت مجازی یا شبیه‌سازی برای درک ساختار سه‌بعدی یک مولکول توانایی افراد را در پردازشِ خود به خود کاهش داده و تجزیه و تحلیل مولکول-های جدید در طول ارزیابی را دشوار می‌کند. ضمن این که یادگیری دروس آزمایشگاهی در فضای مجازی به‌دلیل عدم استفاده از حواس و درک مستقیم شواهد به‌خوبی صورت نمی‌گیرد.

---

[۱] Learning Management System
[۲] Abigail
[۳] Lipin

قرنطینه ناشی از کووید-۱۹، زمان زیادی را در اختیار افراد قرار داد. این در حالی بود که به‌طور قابل توجهی از همه فعالیت‌های اجتماعی از جمله برگزاری کنفرانس‌ها، مسابقات و سمینارها کاسته شد. از طرف دیگر فرصت‌های یادگیری آنلاین دروس مختلف از جمله شیمی افزایش یافته و دانش-آموزان و دانشجویان بیشتری را در بر گرفته است، تأثیر همه‌گیری، فراگیران را به یادگیری فراتر از برنامه درسی سوق داده است تا استفاده مؤثری از زمان موجود داشته باشند. نمونه‌ای از چنین تلاش‌ها در تغییر شکل یادگیری شیمی از طریق وبینارها و دوره های آزاد انبوه برخط[۱](MOOCs) است. اگر چه این دوره‌های آنلاین نوعی یادگیری در دوره قبل از همه‌گیری کووید-۱۹ بوده است، اما در دوران همه‌گیری گسترش بسیار زیادی یافتند. مخاطبان گسترده و تنوع وبینارها و موک‌ها افزایش یافته و بیشتر دانشجومحور شدند. دسترسی به منابع باز و پایگاه‌های داده رایگان مورد استفاده عمومی قرار گرفتند و در زمان همه‌گیری، جایگزین کتابخانه‌ها و مراکز دیجیتالی شدند که دسترسی نامحدود در هر زمان به مطالب مورد علاقه فراگیران را فراهم می‌کنند. این بیماری به‌عنوان موضوعی مرتبط با علم شیمی علاقه دانشجویان شیمی را برانگیخت که در جریان پیشرفت‌های علمی اخیر و کشف‌های مربوط به کووید-۱۹ باشند. شبیه‌سازی‌های رایگان موجود و ابزارهای تجسم تحت وب به آنان کمک می‌کنند که ساختارهای مولکولی، تقارن، محل عملکرد و واکنش‌ها را درک کنند. علم شیمی با کمک آموزش الکترونیکی توانست تاحدود زیادی شکاف بین دانشجویان و محققان را در طی این همه‌گیری کاهش دهد. آگاهی از نرم‌افزارهای رایگان، به دانشجویان تجربه تحقیق و یادگیری عملی در محیط خانه را آموخت. فراتر از کلاس‌های درس الکترونیکی رایج، ابزارهای مبتنی بر وب و نرم‌افزارهای رایگانی که در محاسبات روش‌های شیمی استفاده می‌شوند، علاقه آنان را به یادگیری با رایانه، استفاده از فناوری و کاربردهای گسترده آن افزایش داده است. اگرچه همه‌گیری باعث کاهش تعاملات چهره به چهره و کاهش رقابت میان دانش‌آموزان و دانشجویان شد، اما از طرفی با توجه به شرایط ایجاد شده بسیاری از دانش‌آموزان، دانشجویان و حتی معلمان و اساتید به شرکت در مسابقه‌های الکترونیکی، پوسترهای مجازی و مسابقات شفاهی سوق داده شدند. یکی از مسابقات آنلاین در کشور هند مسابقه کشوری فراخوان ارسال پوستر با موضوع "شیمی در برابر کووید-۱۹" بود. این رویداد فرصتی ویژه برای دانشجویان بود تا مقالات اخیر در این زمینه را بررسی نموده و تحقیقات را در خانه انجام دهند. جلسه ارائه آنلاین پوسترها جنبه‌های متنوع شیمی در ارتباط با کووید-۱۹، از ماسک‌های

---

[۱] massive open online courses

N-95 تا هیدروکسی کلروکین به‌عنوان یک داروی بالقوه برای کووید-۱۹ و صابون و ضدعفونی-کننده‌ها برای مبارزه با این ویروس را نشان داد. اکثر مسابقات پورتال‌های خود را در رسانه‌های اجتماعی برای برقراری ارتباط با شرکت‌کنندگان دارند. این امر باعث شده که افراد برای کشف تحقیقات بیشتر و ایده‌ها با جامعه دانشجویی بزرگ‌تری در شبکه‌های اجتماعی در ارتباط باشند که باعث ایجاد و ارائه یادگیری و به اشتراک گذاشتن هم‌زمان محتوای علمی فراتر از مرزها شده است (ابیگل و لیپین، ۲۰۲۰، ص. ۳۳۲۷).

اگرچه فضای مجازی چالش‌های آشکاری دارد، اما اجبار به انتقال به این فضا هم معلمان و استادان و هم دانش‌آموزان و دانشجویان را وادار به یافتن راه حل برای غلبه بر آن چالش‌ها در روند یادگیری کرد. تحقیقات نشان داده است که این انتقال سریع به فضای آموزش مجازی، اعتماد به نفس، استقلال و خودکفایی در یادگیری را در دانش‌آموزان، معلمان، دانشجویان و استادان افزایش داده است (یاپ[۱] و تن[۲] ۲۰۲۲، ص.۶۵). عابدینی در تحقیق خود که که به چالش‌های آموزش مجازی در دوران کرونا از منظر برخی از اعضای هیأت علمی دانشگاه پرداخته بود، سه مورد اصلی تغییر در سبک تدریس، عدم کفایت زیرساخت‌ها و امکانات لازم و عدم همکاری دانشجویان را به‌عنوان چالش‌های اصلی در این زمینه برمی‌شمارد (عابدینی بلترک، ۱۴۰۰، ص. ۱۴۹). از جمله موارد دیگر می‌توان به مشکلات مربوط به شبکه، هزینه‌های مربوط به تهیه لوازم و تجهیزات دیجیتال، مهارت‌های فنی لازم برای معلمان و استادان جهت ارائه دروس با استفاده از برنامه‌ها و پلتفرم‌های متنوع آموزشی، راهکارهایی برای ارزشیابی درست و ارائه دروس عملی و آزمایشگاهی اشاره نمود. با این وجود، یادگیری الکترونیکی در طول همه‌گیری کرونا به‌طور قابل توجهی شکاف بین شیمی و عرصه دیجیتال را کاهش داده و اثر آن بر دانش‌آموزان و دانشجویان مشهود است. با این حال، اثر چنین تحول دیجیتالی "مطلق" با در نظر گرفتن تأثیرات جمعیتی، عوامل فرهنگی، عوامل و اختلافات اقتصادی اجتماعی در آموزش دیجیتال به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه برای آینده نامشخص است.

بحث و نتیجه گیری

کلاس‌های مجازی و کتاب‌های الکترونیکی نشانه‌های پیشرفت آگاهانه از روش‌های مرسوم یادگیری به روش‌های پیشرو هستند. ادغام آموزش شیمی و فضای دیجیتال، با کمک ابزارهای فناوری

---

[۱] Yap
[۲] Tan

اطلاعات و ارتباطات مانند دستگاه‌های الکترونیکی یا نرم‌افزارها سبب ارائه طیف وسیعی از رویکردهای خود ساخته برای یادگیری مؤثر، تعاملی و مسأله محور (PBL)[۱]شده است. در حالت کلی می‌توان مزایای استفاده از ارائه دروس با ICT را در موارد زیر بیان نمود (مهی،۲۰۱۹[۲]):

• منابع آموزشی برای فراگیران در دسترس است و می‌توانند آن‌ها را در وب‌سایت‌ها یا کتاب‌های دیجیتال پیدا کنند؛

• دانش‌آموزان مناطق حومه و روستایی همان شانس تحصیلات دانش‌آموزان شهری را خواهند داشت و می‌توانند آموزش‌های ویدئویی و سایر مواد آموزشی را از معلمان دریافت کنند؛

• باعث صرفه‌جویی در وقت فراگیران می‌شود، زیرا آن‌ها می‌توانند به تنهایی در خانه یاد بگیرند و مجبور نیستند به مدارس یا نزد معلم خصوصی بروند؛

• این سیستم انگیزه‌ای برای نسل جوان می‌شود تا با کمک فناوری اطلاعات و ارتباطات خودکفا شوند.

ICT می‌تواند ابزار مؤثری در آموزش و یادگیری درس شیمی به‌ویژه در موارد زیر باشد (سیداکو و سیترناکتوا، ۲۰۱۹):

• به‌عنوان بخشی از تجهیزات علمی جهت اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها؛

• برای شبیه‌سازی و یا نشان دادن آزمایش‌هایی که بسیار دشوار، خطرناک یا زمان‌بر هستند؛

• برای شبیه‌سازی فرآیندهای طبیعی، مانند تشکیل اتم‌ها و مولکول‌ها؛

• برای تصویربرداری از فرایندهای بسیار کوچک یا میکروسکوپی با استفاده از یک میکروسکوپ ویدئویی؛

• برای سازماندهی و نمایش داده‌های جامع با استفاده از پایگاه‌های داده، صفحات گسترده و نرم‌افزار؛

• برای ارائه‌های دانش‌آموزی با کیفیت بالا.

البته معایب و چالش‌هایی که در استفاده مطلق از ICT و فضای مجازی به‌ویژه در دوران همه-گیری کرونا دامنگیر دانش‌آموزان، دانشجویان و معلمان و استادان شده است، نیز باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. با این وجود جداسازی ICT از آموزش در دنیای کنونی ناممکن به‌نظر می‌رسد. تجهیز نمودن علمی و فنی مدارس، آموزشگاه‌ها، دانشگاه‌ها، دانش‌آموزان، دانشجویان، معلمان و استادان

---

[۱] Problem Based Learning
[۲] Mahi

می‌تواند سبب بهره‌برداری مؤثرتر از فناوری اطلاعات و ارتباطات و کمک به پیشبرد اهداف آموزشی گردد.

به نظر می‌رسد برای بهره‌برداری بهتر از آموزش مجازی و فناوری اطلاعات و ارتباطات به ویژه در دوران پساکرونا موارد زیر راهگشا باشند:

- ارائه تسهیلات به خانواده‌ها برای خرید ابزار دیجیتال مورد نیاز دانش‌آموزان و دانشجویان؛
- ارائه بسته‌های اینترنت دانش‌آموزی و دانشجویی با قیمت مناسب؛
- افزایش پهنای باند اینترنت در مناطقی با سرعت اینترنت پایین؛
- برگزاری دوره‌های آموزشی برای معلمان و اساتید جهت بهبود تدریس در فضای مجازی و آشنایی با مهارت‌های لازم در حوزه ICT.
- گنجاندن آموزش‌های مجازی و الکترونیکی در برنامه آموزش حضوری و تلفیق آن‌ها با یکدیگر؛
- آشنایی با آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مجازی و استفاده از آن‌ها در کنار آموزش عملی.

منابع

ذاکرصالحی، غلامرضا (۱۳۹۹). آینده پژوهی تأثیرات بحران کووید-۱۹ بر آموزش عالی. مطالعات میان رشته ای در علوم انسانی، ۱۲ (۲)، ۲۱۱-۱۸۱.

عابدینی بلترک میمنت (۱۴۰۰). آموزش مجازی و چالش‌های آن در دوران کرونا از منظر بانوان هیأت علمی دانشگاه مازندران: یک مطالعه پدیدارشناسانه. پژوهش های تربیتی، ۴۲، ۱۶۱-۱۴۱.

کاظم پور، اسماعیل، و غفاری، خلیل (۱۳۹۰). امکان‌سنجی استقرار نظام آموزش ضمن خدمت مجازی در دانشگاه آزاد اسلامی. *دوماهنامه علمی - پژوهشی رهیافتی نو در مدیریت آموزشی، ۲ (۵)، ۱۹۳-۱۶۷.*

لهراسبی، محمد (۱۳۹۹). آموزش شیمی به کمک آزمایشگاه مجازی در دوران کرونا. پژوهش در آموزش شیمی، سال دوم ، شماره دوم، صفحات ۲۱-۳۵.

Abigail Jennifer G. and Lipin R. (2020). Students' Reflections on Pandemic Impacted Chemistry Learning. *Journal of Chemical Education*,97(9), 3327–3331.

Bellou, I., Papachristos, N. M., and Mikropoulos, T. A. (2018). Digital Learning Technologies in Chemistry Education: A Review. In D. Sampson, D. Ifenthaler, J. Spector, & P. Isaías (Eds.), Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning, Cham: Springer International Pub.

Blasco-Arcas, L. *et al.* (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Journal of Computers & Education*, 62, 102–110.

Chirimbou, S. and Tafazoli, D. (2013): Technology & Media: Applications in Language Classrooms (TEFL, TESL & TESOL*). Professional Communication and Translation Studies*, 6(1-2), 187–194.

Fetaji, M., Loskovska, S., Fetaji, B., & Ebibi, M. (2007). Combining virtual learning environment and ıntegrated development environment to enhance e-learning. *29th International Conference on Information Technology Interfaces (IEEE)*, Cavtat.

Guzman, J. L., Dormidi, S. and Berenguel, M. (2013). Interactivity in Education: An Experience in the Automatic Control Field Inc. *Comput Appl Eng Educ*, 21, 360-371.

hapley, K. *et al.* (2010). Effects of technology immersion on teachers' growth in technology competency, ideology, and practices. *J Educ Comput Res*, 42(1), 1–33.

Kazempour, I and Ghaffari, Kh. (2011). Feasibility study of establishing a system during virtual service in Islamic Azad University. A new approach in educational management. 1 (5): 167-193. [Persian].

Laroche, L. H., Wulfsberg, G. and Young, B. (2003). Discovery videos: A Safe, tested, time-efficient way to incorporate discovery-laboratory experiments into the classroom. *Journal of Chemical Education*, 80(8), 962–966.

Mahi, M. H, Tarannoom, T., Islam, M. A., and Khan, M. M. (2019). A Web Based Interactive System to Promote ICT Education in Bangladesh. *14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Toronto, Canada.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125 – 139.

Michalchik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Coppola, B., Kreikemeier, P. & Schank, P. (2008). Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. In J. Gilbert, M. Nakhleh, & M. Reiner (Eds.). Visualization: Theory and practice in science education. New York: Springer.

Musarat, Y. (2022). Online chemical engineering education during COVID-19 pandemic: Lessons learned from Pakistan. *Education for Chemical Engineers*, 39, 19-30.

Nikolopoulou, K. (2018). Mobile Learning Usage and Acceptance: Perceptions of Secondary School Students. *Journal of Computers in Education*, 5, 499-519.

Osguthorpe, R. T. and Graham, C. R. (2003). Blended learning systems: Definitions and directions. *Quarterly Review of Distance Education*, 4(3), 227–234.

Pernaa, J. (2015). Edumol: Gratis & libre molecular modeling and visualization environment for chemistry education. *LUMAT*, 3(7), 960–975.

Pernaa, J. and Aksela, M. (2013). Electronic learning environments in chemistry: the history, present and future. *LUMAT*, 1(4), 435–456.

Pernaa, J. and Aksela, M. K. (2010). Future chemistry teachers use of knowledge dimensions and high order cognitive skills in pre-laboratory concept maps. In J. Sánchez, A. J. Cãnas, & J. Novak (Eds.). Concept maps: Making learning meaningful: Proceedings of the fourth international conference on concept mapping, Chile: IHMC.

Russell, J. and Kozma, R. (2005). Assessing learning from the use of multimedia chemical visualization software. In J. K. Gilbert (Ed.), Visualization in science education, Dordrecht: Springer.

Sadykov, T. and Ctrnactova, H. (2019). Application interactive methods and technologies of teaching chemistry. *Chemistry Teacher International*, 1(2), 20180031.

Sadykov, T. and Ctrnactova, H. (2019). Interactive Lessons with ICT in Chemistry Education. *15th International PhD Conference on the Methods of Science Education*, Komárno, Slovakia.

Yap, J.S. and Tan, J. (2022) Lifelong learning competencies among chemical engineering students at Monash University Malaysia during the COVID-19 pandemic. *Education for Chemical Engineers*, 38, 60–69.

Zheng, B. *et al.* (2014). Laptop Use, Interactive Science Software, and Science Learning Among At-Risk Students. *Journal of Science and Educational Technoogyl*, 23, 591–603.

Review article

Research in Chemistry Education, Vol 4, No 1, 20-39

Research in Chemistry Education

http: //chemedu.cfu.ac.ir

Information and Communication Technology (ICT) in Chemistry Education During Covid-19 Pandemic: Achievements and Challenges

Nasim Asghari Lalami*

Chemistry teacher, Robat Karim, Tehran, Iran

Abstract

With the outbreak of the Covid-19 disease and the consequent widespread closure of schools and universities all around the world, education methods have undergone many changes. These changes have happened very quickly in all parts of the world as in our country. Virtual education was widely used in many educational centers. This sudden transition from traditional to virtual education has had consequences. Students and teachers entered a new era of education that was mostly unknown. One of these changes is the much wider use of information and communication technology (ICT) in sicence education. In this article, we have reviewed the literature and studied the capabilities of Information and Communication Technology (ICT) in education, especially in chemistry teaching. The various aspects of information and communication technology, the impact of the Covid-19 pandemic on the more and more use of information and communication technology (ICT) especially in science education, also the opportunities and challenges created in this regard for students, teachers and professors have been examined.

Keywords: Information and Communication Technology (ICT), Chemistry Education, Covid-19 Pandemic, Virtual Education

*Corresponding Author: (n_asghari@hotmail.com)