



بررسی نقش تدریس مجازی در آموزش علوم مختلف: فرصت‌ها، چالش‌ها و کاربردهای میان‌رشته‌ای

فاطمه خداپرست، زهره نجاریان، اشرف الهی، الهام زنده دل

فرهنگی آموزش و پرورش



MDOI-02-2026.0313
DOI: 10.27-2-8CB988

تدریس مجازی در سال‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین رویکردهای آموزشی در نظام‌های دانشگاهی و مدرسه‌ای تبدیل شده است. این شیوه با بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال، امکان دسترسی گسترده‌تر به آموزش، انعطاف‌پذیری زمانی و مکانی، و استفاده از ابزارهای تعاملی را فراهم می‌کند. پژوهش‌های جدید نشان می‌دهند که تدریس مجازی نه تنها در علوم انسانی، بلکه در رشته‌های پزشکی، مهندسی و علوم پایه نیز کاربرد مؤثر دارد و می‌تواند یادگیری مفاهیم پیچیده را از طریق شبیه‌سازی، واقعیت مجازی و آموزش ترکیبی تسهیل کند. با این حال، چالش‌هایی مانند کاهش تعامل چهره‌به‌چهره، نیاز به زیرساخت مناسب، سواد دیجیتال ناکافی، و دشواری ارزیابی دقیق یادگیری همچنان پابرجاست. این مقاله با رویکردی تحلیلی، به بررسی مزایا، محدودیت‌ها و ظرفیت‌های میان‌رشته‌ای تدریس مجازی در علوم مختلف می‌پردازد و نشان می‌دهد که موفقیت این شیوه وابسته به طراحی آموزشی هدفمند، انتخاب ابزارهای مناسب و آمادگی مدرس و یادگیرنده است.

کلمات کلیدی: تدریس مجازی؛ آموزش علوم پایه؛ آزمایشگاه مجازی؛ شبیه‌سازی؛ واقعیت مجازی؛ آموزش ترکیبی؛ یادگیری میان‌رشته‌ای.



شکل ۱. چکیده گرافیکی مقاله

مقدمه :

تحول دیجیتال، آموزش را از یک فعالیت محدود به کلاس و زمان مشخص، به فرایندی پیوسته، شبکه ای و چندرسانه ای تبدیل کرده است. در تدریس مجازی، محتوای آموزشی، تعامل، تمرین، بازخورد و ارزشیابی از طریق محیط های دیجیتال سازماندهی می شوند. این محیط ها می توانند شامل سامانه مدیریت یادگیری، کلاس ویدئویی، آزمایشگاه مجازی، شبیه ساز، محتوای تعاملی، تالار گفت و گو و ابزارهای تحلیل یادگیری باشند.

نکته مهم آن است که «مجازی» بودن به تنهایی یک روش تدریس محسوب نمی شود. نتیجه آموزشی به کیفیت طراحی فعالیت ها، میزان تعامل، تناسب فناوری با هدف درس و نحوه پشتیبانی از یادگیرنده وابسته است. مرور نظام مند پژوهش های آموزش مجازی در آموزش عالی نشان داده است که فناوری زمانی ارزش آموزشی ایجاد می کند که با راهبردهای تدریس و نیازهای یادگیرندگان پیوند بخورد، نه آنکه صرفاً جایگزین انتقال شفاهی محتوا شود [۱].

علوم پایه جایگاه ویژه ای در این بحث دارد. یادگیری فیزیک، شیمی، زیست شناسی، ریاضیات و علوم زمین به فهم مفاهیم انتزاعی، مشاهده پدیده ها، تحلیل داده و انجام فعالیت های تجربی نیازمند است. شبیه سازی و آزمایشگاه مجازی می تواند امکان مشاهده پدیده های نامرئی، تغییر کنترل شده متغیرها، تکرار آزمایش و دسترسی به تجهیزات گران یا خطرناک را فراهم کنند [۲-۴]. در عین حال، تجربه مجازی نمی تواند همه ابعاد تماس با ماده، خطای اندازه گیری، کار با ابزار واقعی و مسئولیت پذیری آزمایشگاهی را بازتولید کند. از این رو، سؤال اصلی مقاله این است که تدریس مجازی در علوم مختلف چه فرصت هایی ایجاد می کند، با چه محدودیت هایی روبه روست و چگونه می توان آن را در قالبی میان رشته ای و آموزشی اثربخش به کار گرفت؟

۲. روش بررسی

این مقاله یک مرور تحلیلی و روایتی است، نه یک مرور نظاممند مستقل. برای تدوین آن، منابع علمی درباره آموزش مجازی، آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور، شبیه‌سازی، واقعیت مجازی، آموزش ترکیبی، آموزش STEM و چالش‌های ارزیابی دیجیتال جست‌وجو و از میان آن‌ها مطالعات مروری، فراتحلیل‌ها و مقالات روش‌شناختی مرتبط انتخاب شد. منابع به چهار محور سازمان‌دهی شدند: (۱) مبانی و طراحی تدریس مجازی؛ (۲) کاربرد در علوم پایه، پزشکی و مهندسی؛ (۳) فرصت‌های میان‌رشته‌ای؛ و (۴) محدودیت‌ها و الزامات اجرا.

در تفسیر شواهد، میان دسترسی به محتوا، یادگیری مفهومی، مهارت عملی، مشارکت و پیامدهای ارزشیابی تمایز گذاشته شد. این تمایز اهمیت دارد؛ زیرا بهبود نمره آزمون مفهومی الزاماً به معنای کسب مهارت کار با تجهیزات یا توانایی انجام پژوهش تجربی نیست. همچنین، یافته‌های منابع بر اساس نوع شواهد—مرور نظاممند، فراتحلیل، مطالعه تجربی یا مقاله مفهومی—با سطح احتیاط متفاوت تفسیر شدند.

۳. مفهوم و مؤلفه‌های تدریس مجازی

تدریس مجازی را می‌توان در سه سطح تعریف کرد. در سطح نخست، آموزش برخط انتقالی است؛ یعنی محتوای سخنرانی، فایل، ویدئو و آزمون در بستر دیجیتال قرار می‌گیرد. در سطح دوم، آموزش تعاملی است و یادگیرنده با مسئله، شبیه‌ساز، آزمایشگاه، هم‌کلاسی و مدرس تعامل دارد. در سطح سوم، محیط یادگیری هوشمند و داده‌محور شکل می‌گیرد که در آن مسیر یادگیری بر اساس عملکرد، خطا و نیاز هر دانشجو تنظیم می‌شود.

تفاوت آموزش هم‌زمان و ناهم‌زمان نیز در طراحی اهمیت دارد. کلاس هم‌زمان برای بحث، حل مسئله، بازخورد فوری و شکل‌دهی به اجتماع یادگیری مناسب است. آموزش ناهم‌زمان انعطاف‌پذیری بیشتری برای دانشجویان شاغل، دانشجویان دارای محدودیت زمانی و محیط‌های کم‌پهنای‌بند ایجاد می‌کند، اما بدون ساختار، زمان‌بندی و بازخورد می‌تواند به انزوا و رهاکردن درس منجر شود.

در علوم پایه، یک محیط مجازی اثربخش معمولاً پنج مؤلفه دارد: محتوای چندرسانه‌ای کوتاه و هدفمند؛ فعالیت اکتشافی یا مسئله‌محور؛ امکان تغییر متغیرها و مشاهده پیامدها؛ گفت‌وگوی هدایت‌شده؛ و ارزشیابی تکوینی. استفاده صرف از ویدئو یا اسلاید، بخش مهمی از ظرفیت آموزش مجازی را بلااستفاده می‌گذارد.

۴. فرصت‌های تدریس مجازی در آموزش علوم پایه

۴-۱. دسترسی و انعطاف‌پذیری

مهم‌ترین مزیت تدریس مجازی، گسترش دسترسی است. دانشجو می‌تواند محتوا را در زمان‌های مختلف و از مکان‌های متفاوت دریافت کند و در بسیاری از موارد، درس را با سرعت خود مرور نماید. این ویژگی در دوره‌هایی که کلاس‌های حضوری محدود، تجهیزات آزمایشگاهی کمیاب یا پراکندگی جغرافیایی زیاد است، ارزش عملی دارد. آموزش ترکیبی نیز می‌تواند زمان حضوری را از انتقال اطلاعات به بحث، تمرین و کار عملی اختصاص دهد.

با این حال، دسترسی دیجیتال با برابری آموزشی یکی نیست. تفاوت در کیفیت اینترنت، نوع دستگاه، فضای مطالعه، هزینه نرم افزار و حمایت خانوادگی می تواند شکاف آموزشی ایجاد کند. بنابراین، هر برنامه مجازی باید نسخه کم پهنای باند، محتوای قابل دانلود، امکان استفاده با تلفن همراه و جایگزین های غیرهم زمان داشته باشد.

۴-۲. تجسم مفاهیم انتزاعی

در فیزیک و شیمی بسیاری از فرایندها در مقیاس های زمانی، مکانی یا ذره ای رخ می دهند که مشاهده مستقیم آن ها دشوار است. شبیه سازی می تواند حرکت ذرات، میدان ها، مدارها، واکنش ها و تغییرات انرژی را به نمایش بگذارد و به دانشجو اجازه دهد با تغییر پارامترها رابطه علت و معلولی را بررسی کند. در زیست شناسی، مدل های سه بعدی می توانند ساختار سلول، اندام، مولکول یا برهم کنش های زیستی را قابل مشاهده تر کنند.

مرور نظام مند فناوری های شبیه سازی در آموزش علوم، ۷۳ مقاله را بررسی کرده و بر نقش ترکیبی فناوری، طراحی فعالیت آموزشی و محیط یادگیری در پیامدهای آموزشی تأکید کرده است [۲]. این نتیجه نشان می دهد که موفقیت شبیه سازی را نباید به قابلیت گرافیکی آن تقلیل داد؛ پرسش های راهنما، فرصت پیش بینی، ثبت داده و توضیح علمی برای یادگیری ضروری اند.

۴-۳. آزمایشگاه های مجازی و از راه دور

آزمایشگاه مجازی محیطی نرم افزاری است که اجرای یک آزمایش یا پدیده را مدل سازی می کند؛ آزمایشگاه از راه دور به دانشجو اجازه می دهد از طریق اینترنت با تجهیزات واقعی در مکانی دیگر کار کند. این دو شکل، یکسان نیستند. آزمایشگاه مجازی امکان تکرار سریع، کاهش هزینه و حذف بخشی از خطر را فراهم می کند، اما آزمایشگاه از راه دور تجربه کار با سخت افزار واقعی، تأخیر، خطا و محدودیت های دستگاه را حفظ می کند [۳].

مرور ادبیات آموزش آزمایشگاهی، بر ترکیب آزمایشگاه فیزیکی و مجازی تأکید کرده است؛ آزمایشگاه فیزیکی تماس با جهان مادی و مهارت اجرایی را فراهم می کند و محیط مجازی فرصت تکرار، مدل سازی و بررسی سناریوهای متعدد را [۴]. در نتیجه، پرسش درست این نیست که کدام یک جایگزین دیگری است، بلکه این است که هر کدام برای کدام هدف یادگیری مناسب ترند.

۴-۴. یادگیری فعال و خودتنظیمی

در سخنرانی سنتی، دانشجو غالباً دریافت کننده محتواست. در محیط مجازی تعاملی، می توان از او خواست پیش بینی کند، آزمایش را طراحی کند، نتیجه را با فرضیه مقایسه نماید و خطای خود را توضیح دهد. چنین فعالیتهایی با یادگیری فعال و خودتنظیمی هم راستا هستند. پژوهش های مربوط به آزمایشگاه مجازی نشان داده اند که وقتی دانشجو مسئول انتخاب مسیر و تفسیر داده باشد، ظرفیت محیط برای تقویت یادگیری مستقل بیشتر می شود [۵].

البته آزادی بیش از حد بدون راهنمایی می تواند بار شناختی را افزایش دهد. دانشجوی مبتدی به اهداف روشن، مراحل پیشنهادی، نمونه حل شده، بازخورد مرحله ای و معیار ارزیابی نیاز دارد. بنابراین، طراحی باید بین اکتشاف آزاد و راهنمایی مستقیم تعادل برقرار کند.

۴-۵. کاهش هزینه و افزایش ایمنی

بخشی از آزمایش‌های شیمیایی، زیستی و مهندسی به مواد گران، تجهیزات تخصصی یا شرایط دشوار نیاز دارند. شبیه‌ساز می‌تواند پیش از ورود به آزمایشگاه، دانشجو را با مراحل و خطرهای احتمالی آشنا کند. تکرار مجازی نیز مصرف مواد را کاهش می‌دهد. این مزیت به‌ویژه برای تمرین اولیه، پیش‌آزمایش و آموزش مفهومی سودمند است.

با این حال، ادعای کاهش هزینه باید با توجه به هزینه تولید محتوا، نگهداری نرم‌افزار، آموزش مدرس، مجوزها و زیرساخت سنجیده شود. راهکارهای متن‌باز و طراحی قابل‌انتقال می‌توانند پایداری بیشتری نسبت به خرید ابزارهای بسته ایجاد کنند.

۵. کاربردهای میان‌رشته‌ای

۵-۱. پیوند فیزیک، مهندسی و علوم رایانه

آزمایشگاه‌های مجازی در فیزیک و مهندسی، پیوند طبیعی میان مدل‌سازی، برنامه‌نویسی، اندازه‌گیری و طراحی ایجاد می‌کنند. دانشجو می‌تواند ابتدا مدل ریاضی بسازد، سپس آن را در شبیه‌ساز اجرا کند و در مرحله بعد با داده حاصل از تجهیزات واقعی مقایسه نماید. مقاله‌ای درباره آزمایشگاه‌های مجازی و از راه دور در علوم و مهندسی، بر نقش محیط‌های تعاملی در فعال کردن دانشجو و استفاده از زیرساخت‌های ابری و چندسکویی تأکید کرده است [۶].

این رویکرد برای کنترل، مدار، مکانیک، انرژی و رباتیک کاربرد دارد. هدف میان‌رشته‌ای صرفاً استفاده هم‌زمان از چند فناوری نیست؛ بلکه دانشجو باید بفهمد یک مسئله چگونه از زبان فیزیک به مدل ریاضی، از مدل به الگوریتم و از الگوریتم به سامانه مهندسی تبدیل می‌شود.

۵-۲. شیمی و زیست‌شناسی

در شیمی، محیط مجازی برای نمایش ساختار مولکولی، استوکیومتری، سینتیک، تعادل و ایمنی آزمایشگاهی مفید است. دانشجو می‌تواند بدون هدررفت مواد، اثر غلظت، دما یا کاتالیزور را بررسی کند. در زیست‌شناسی، مدل‌های سه‌بعدی، میکروسکوپی دیجیتال و شبیه‌سازی فرایندهای سلولی می‌توانند درک ساختار - عملکرد را تقویت کنند.

اما در این علوم، لمس ماده، آماده‌سازی نمونه، کار با pipet، کنترل آلودگی و مشاهده تغییرات واقعی اهمیت دارد. بنابراین، آموزش مجازی باید مقدمه یا مکمل آزمایشگاه باشد و ارزیابی مهارت عملی را به مشاهده عملکرد، آزمون عملی حضوری یا ویدئوی استاندارد شده محدود نکند.

۵-۳. پزشکی و علوم سلامت

در آموزش پزشکی، شبیه‌سازها برای آناتومی، مهارت‌های بالینی، تصمیم‌گیری و تمرین موقعیت‌های کم‌شیوع یا پرخطر به کار می‌روند. واقعیت مجازی امکان تکرار یک سناریو، دریافت بازخورد و تمرین بدون به‌خطرانداختن بیمار را فراهم می‌کند. با این حال، انتقال مهارت از محیط شبیه‌سازی به بیمار واقعی نیازمند سنجش جداگانه است؛ زیرا ارتباط، لمس، اضطراب، عدم قطعیت و کار تیمی در محیط بالینی پیچیده‌ترند.

کاربرد میان رشته‌ای در اینجا از ترکیب علوم پایه، علوم اعصاب، فناوری اطلاعات، طراحی صنعتی و اخلاق پزشکی شکل می‌گیرد. طراحی سناریو باید علاوه بر پاسخ درست، ارتباط با بیمار، تصمیم‌گیری اخلاقی و همکاری بین حرفه‌ای را نیز دربرگیرد.

۴-۵. ریاضیات، داده و سواد علمی

پلتفرم‌های مجازی می‌توانند آموزش ریاضیات را از محاسبه منفصل به مدل‌سازی مسئله نزدیک کنند. دانشجو با استفاده از داده‌های واقعی، نمودار می‌سازد، پارامترها را تغییر می‌دهد و محدودیت مدل را بررسی می‌کند. این فرایند به سواد داده و تفکر محاسباتی کمک می‌کند و پلی میان ریاضیات، علوم تجربی و علوم اجتماعی ایجاد می‌سازد.

۵-۵. آموزش STEM و آموزش ترکیبی

آموزش STEM زمانی میان رشته‌ای است که یک مسئله واقعی، دانش علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات را در یک فعالیت واحد به هم پیوند دهد. فراتحلیل‌های آموزش ترکیبی نشان داده‌اند که این روش در بسیاری از زمینه‌ها ظرفیت بهبود پیامدهای یادگیری را دارد، اما اندازه اثر میان مداخلات و حوزه‌ها یکسان نیست [۷]. همچنین شواهد فراتحلیلی درباره رویکردهای STEM، از نقش مدل یادگیری، طراحی مسئله و کیفیت اجرا در پیامدها حمایت می‌کنند [۸].

در یک درس ترکیبی نمونه، دانشجویان می‌توانند مسئله آلودگی آب را بررسی کنند: شیمی برای سنجش آلاینده، زیست‌شناسی برای اثر اکولوژیک، ریاضیات برای تحلیل داده و مهندسی برای طراحی راهکار. محیط مجازی می‌تواند داده، شبیه‌ساز و فضای همکاری را فراهم کند؛ بخش ضروری نیز برای آزمایش واقعی و دفاع از طرح به کار رود.

۶. چالش‌های اصلی

۱-۶. زیرساخت و شکاف دیجیتال

تدریس مجازی به اینترنت پایدار، دستگاه مناسب، سرور، پشتیبانی فنی و دسترسی به نرم‌افزار نیاز دارد. تفاوت در این منابع، کیفیت تجربه آموزشی را نابرابر می‌کند. شکاف دیجیتال فقط مسئله اتصال نیست؛ مهارت استفاده، توانایی حل خطا، دسترسی به محیط آرام و قابلیت پرداخت هزینه نیز مؤثرند.

راهکار عملی شامل طراحی چندسکویی، فشرده‌سازی ویدئو، امکان دریافت محتوای آفلاین، استفاده از ابزارهای کم‌هزینه و تأمین تجهیزات امنی است. ارزیابی عدالت آموزشی باید از آغاز پروژه انجام شود، نه پس از مشاهده افت مشارکت.

۲-۶. کاهش تعامل اجتماعی و هویت علمی

کلاس حضوری فرصت مشاهده واکنش دانشجو، گفت‌وگوی غیررسمی و یادگیری از همتایان را ایجاد می‌کند. در آموزش مجازی، دوربین خاموش، تأخیر ارتباط و حضور هم‌زمان در چند فعالیت می‌تواند مشارکت را کاهش دهد. این مسئله در رشته‌هایی که کار تیمی و هویت حرفه‌ای اهمیت دارد، جدی‌تر است.

برای جبران، تعامل باید طراحی شود: گروه‌های کوچک، نقش‌های مشخص، بحث مبتنی بر داده، بازخورد همتا، ساعات مشاوره و پروژه مشترک. تعداد جلسات ویدئویی به‌تنهایی تعامل واقعی ایجاد نمی‌کند.

۳-۶. سواد دیجیتال مدرس و دانشجو

مدرس باید علاوه بر دانستن محتوای علمی، بتواند فعالیت دیجیتال طراحی کند، داده یادگیری را تفسیر نماید، دسترسی پذیری را رعایت کند و بازخورد مؤثر بدهد. مرورهای مربوط به آموزش علوم مجازی، نیاز به آموزش مدرس برای استفاده درست از شبیه سازی و واقعیت مجازی را برجسته کرده اند [۲].

توانایی فنی با شایستگی آموزشی یکی نیست. یک مدرس ممکن است نرم افزار را به خوبی بشناسد اما نداند چگونه از آن برای آزمون یک مفهوم یا ایجاد بحث علمی استفاده کند. توسعه حرفه ای باید مبتنی بر طراحی درس، سنجش و تجربه بازتابی باشد.

۴-۶. ارزشیابی و اعتبارسنجی یادگیری

در محیط مجازی، آزمون های حافظه محور آسیب پذیرترند و ممکن است تصویر دقیقی از توانایی دانشجو ندهند. استفاده از پرسش های کاربردی، تکلیف عملکردی، گزارش آزمایش، پروژه، آزمون شفاهی کوتاه، نمونه کار دیجیتال و ارزیابی همتا می تواند اعتبار را افزایش دهد.

ارزشیابی باید با هدف یادگیری هم راستا باشد. اگر هدف، مهارت آزمایشگاهی است، نمره آزمون چندگزینه ای کافی نیست. اگر هدف، تفسیر داده است، دانشجو باید داده ای واقعی یا شبیه سازی شده را تحلیل و استدلال خود را مستند کند. منابعی که چالش های ارزیابی آنلاین را از دیدگاه معلمان بررسی کرده اند، به نگرانی درباره اصالت عملکرد، تقلب، دشواری نظارت و زمان بازخورد اشاره می کنند [۹، ۱۰].

۵-۶. بار شناختی و طراحی ضعیف

محتوای پرزرق و برق، انیمیشن های غیر ضروری و چندین پنجره هم زمان می تواند به جای کمک، بار شناختی ایجاد کند. شبیه سازی باید عناصر اصلی را برجسته، زبان را ساده و مسیر فعالیت را روشن کند. طراحی باید از اصل «کمینه سازی عناصر غیر ضروری» پیروی کند و فرصت توقف، مرور و یادداشت برداری بدهد.

۶-۶. حریم خصوصی، امنیت و اخلاق

ثبت فعالیت دانشجو، تحلیل چهره، ضبط کلاس و ذخیره داده های عملکردی موضوع های حقوقی و اخلاقی ایجاد می کند. مؤسسه باید روشن کند چه داده ای جمع آوری می شود، برای چه مدتی نگهداری می شود، چه کسانی به آن دسترسی دارند و آیا استفاده از ابزار به رضایت آگاهانه نیاز دارد. ابزارهای هوش مصنوعی نیز باید از نظر سوگیری، محرمانگی و امکان توضیح تصمیم بررسی شوند.

۷. چارچوب پیشنهادی برای طراحی تدریس مجازی

گام اول: تعیین هدف یادگیری

هدف باید با فعل قابل مشاهده نوشته شود: «دانشجو می تواند منحنی کالیبراسیون را تفسیر کند» یا «دانشجو می تواند در یک مدار ساده، اثر مقاومت را پیش بینی و آزمایش کند». هدف مبهمی مانند «آشنایی با شیمی آلی» برای انتخاب فناوری کافی نیست.

گام دوم: انتخاب سطح مجازی سازی

برای هر هدف باید پرسید آیا محتوای متنی، ویدئو، شبیه سازی، آزمایشگاه از راه دور یا تجربه حضوری مناسب تر است. فناوری نباید به دلیل تازگی انتخاب شود. در درس هایی که لمس ابزار و مدیریت خطا هدف اصلی است، محیط مجازی باید نقش آماده سازی یا مکمل داشته باشد.

گام سوم: طراحی چرخه یادگیری

چرخه پیشنهادی شامل پیش آزمون کوتاه، پیش بینی، فعالیت تعاملی، ثبت داده، توضیح علمی، بحث گروهی و پس آزمون است. این چرخه یادگیری را از مشاهده منفعل به استدلال و بازخورد تبدیل می کند.

گام چهارم: ساختاردهی تعامل

هر فعالیت باید معلوم کند دانشجو با چه کسی و درباره چه چیزی تعامل می کند. گفت و گوی آزاد بدون پرسش راهنما معمولاً به مشارکت نامتوازن منجر می شود. نقش هایی مانند تحلیلگر داده، طراح آزمایش، منتقد روش و گزارشگر می توانند مشارکت را توزیع کنند.

گام پنجم: ارزشیابی چندمنبعی

آزمون مفهومی، گزارش، عملکرد در شبیه ساز، مشارکت، پروژه و بازتاب فردی باید متناسب با اهداف ترکیب شوند. معیارها باید پیشاپیش اعلام شوند و نمونه پاسخ مطلوب ارائه شود.

گام ششم: پایش و بهبود

داده های ورود، زمان فعالیت، خطاها و کیفیت پاسخ باید برای اصلاح درس استفاده شوند، نه صرفاً کنترل دانشجو. بازخورد دانشجو و مقایسه نتایج گروه های مختلف می تواند مشکلات دسترسی یا طراحی را آشکار کند.

۸. نقش مدرس و یادگیرنده

در تدریس مجازی، نقش مدرس از ارائه کننده محتوا به طراح تجربه، تسهیلگر گفت و گو، ناظر پیشرفت و تولیدکننده بازخورد تغییر می کند. مدرس باید حضور آموزشی خود را با اعلام برنامه، پاسخ گویی قابل پیش بینی و بازخورد معنادار نشان دهد. حضور اجتماعی نیز با شناختن دانشجو، کار گروهی و گفت و گوی محترمانه تقویت می شود.

یادگیرنده نیز به خودتنظیمی نیاز دارد: برنامه ریزی زمان، پیگیری تکلیف، ثبت پرسش، بررسی بازخورد و ارزیابی پیشرفت. این مهارت ها نباید پیش فرض گرفته شوند. راهنمای مطالعه، تقویم روشن، تکلیف های مرحله ای و هشدارهای به موقع می توانند خودتنظیمی را آموزش دهند.

۹. بحث

شواهد موجود از یک نتیجه میانه حمایت می کنند. تدریس مجازی در علوم پایه می تواند دسترسی، تجسم، تکرار، یادگیری فعال و پیوند میان رشته ای را افزایش دهد؛ مرورهای مربوط به آزمایشگاه مجازی نیز از بهبود تجربه عملی و پیامدهای یادگیری در شرایط مناسب گزارش کرده اند [۱۱]. اما این مزایا به طور خودکار از حضور فناوری حاصل نمی شوند. در فراتحلیل آموزش ترکیبی، هم اندازه های اثر مثبت و هم اثرهای کوچک یا منفی گزارش شده است [۷]. بنابراین، تفاوت در طراحی، کیفیت اجرا، نوع محتوا، آمادگی مدرس و ویژگی های یادگیرندگان احتمالاً بخش مهمی از ناهمگونی را توضیح می دهد.

برای علوم پایه، بهترین مدل در بسیاری از موارد «ترکیبی هدفمند» است: محتوای مفهومی و پیش آزمایش در محیط مجازی؛ بحث، حل مسئله و بازخورد در جلسات هم زمان؛ و فعالیت های منتخب عملی در آزمایشگاه. این مدل، هم از ظرفیت شبیه سازی برای تکرار و تجسم استفاده می کند و هم ارزش تماس با ماده و ابزار را حفظ می نماید. مقاله کلاسیک درباره آزمایشگاه های فیزیکی و مجازی نیز بر ترکیب دو محیط برای تقویت یادگیری علوم تأکید کرده است [۱۸].

از منظر میان رشته ای، ارزش اصلی تدریس مجازی ایجاد زبان مشترک میان رشته هاست. یک مدل دیجیتال می تواند هم زمان موضوع فیزیک، ریاضیات، علوم رایانه و مهندسی باشد؛ یک داده زیستی می تواند زمینه ای برای آموزش شیمی، آمار و برنامه نویسی ایجاد کند. باین حال، میان رشته ای بودن باید در مسئله و محصول یادگیری دیده شود، نه فقط در فهرست اعضای هیئت علمی.

۱۰. پیشنهادهای اجرایی

هر درس پیش از انتخاب ابزار، نقشه اهداف، فعالیت ها و شیوه ارزشیابی تهیه کند. آزمایشگاه مجازی برای آماده سازی، تکرار و مفاهیم پرخطر یا پرهزینه به کار رود و جایگزینی کامل فقط پس از اعتبارسنجی انجام شود.

نسخه کم پهنای باند و قابل استفاده با تلفن همراه برای همه محتوای اصلی فراهم شود.

کارگاه های توانمندسازی مدرس بر طراحی فعالیت و سنجش تمرکز داشته باشند، نه آموزش فنی جدا از زمینه.

ارزیابی یادگیری از ترکیب آزمون مفهومی، عملکرد، گزارش، پروژه و بازتاب استفاده کند.

داده های یادگیری با حداقل لازم، شفافیت و حفاظت مناسب جمع آوری شوند.

پروژه های STEM بر مسئله های واقعی مانند انرژی، آب، آلودگی و سلامت متمرکز شوند.

برای هر ابزار شاخص های موفقیت از پیش تعیین شود: یادگیری مفهومی، ماندگاری، مهارت عملی، مشارکت، عدالت و هزینه.

محتوای دیجیتال با استانداردهای دسترسی پذیری و قابلیت استفاده برای دانشجویان دارای معلولیت تهیه شود.

پیش از گسترش در مقیاس وسیع، اجرای آزمایشی و مقایسه با روش موجود انجام گیرد.

۱۱. نتیجه گیری



تدریس مجازی در آموزش علوم مختلف یک فرصت مهم برای بازطراحی یادگیری است، اما نه یک راه حل خودکار یا جایگزین یکسان برای همه رشته ها. در علوم پایه، ارزش آن بیشتر در تجسم پدیده های پیچیده، امکان تکرار، دسترسی به سناریوهای متنوع، آماده سازی آزمایشگاهی و پیوند دادن علوم با مهندسی، داده و رایانه دیده می شود. آزمایشگاه مجازی و واقعیت مجازی می توانند یادگیری مفهومی و مشارکت را تقویت کنند، اما مهارت کار با ماده و ابزار واقعی، ارتباط حرفه ای و مواجهه با عدم قطعیت به تجربه های حضوری یا از راه دور مبتنی بر تجهیزات واقعی نیاز دارند.

پایدارترین نتیجه از یک معماری ترکیبی به دست می آید: هدف آموزشی تعیین کننده ابزار باشد؛ فعالیت ها تعاملی و مسئله محور طراحی شوند؛ ارزشیابی با مهارت مورد انتظار هم راستا باشد؛ و زیرساخت، سواد دیجیتال، عدالت و حریم خصوصی از ابتدا در طراحی لحاظ شوند. در چنین چارچوبی، تدریس مجازی نه صرفاً انتقال کلاس به صفحه نمایش، بلکه محیطی برای یادگیری اکتشافی، همکاری میان رشته ای و توسعه سواد علمی خواهد بود.

منابع

1. Torres-Caceres FS, et al. Virtual education during COVID-19 in higher education: a systematic review. 2022.
2. Pang S, Lv G, Zhang Y, Yang Y. Enhancing students' science learning using virtual simulation technologies: a systematic review. 2025.
3. Rosli R, Ishak N. Integration of virtual labs in science education: a systematic literature review. 2024.
4. de Jong T, Linn MC, Zacharia Z. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. Science. 2013.
5. Govender R. Teaching and learning using virtual labs: investigating the effects on students' self-regulation. 2023.
6. Esquembre F. Facilitating the creation of virtual and remote laboratories for science and engineering education. IFAC-PapersOnLine. 2015;48:49-54.
7. Mahmud M, Ubrani MB, Foong W. A meta-analysis of blended learning trends. 2020.
8. Çevik M, et al. The effect of STEM education integrated into teaching-learning approaches on learning outcomes: a meta-analysis study. 2022.
9. Chinyere EN. Secondary school teachers' perceptions of the challenges and solutions to online assessment of learning. 2021.
10. Mosoiu O, et al. Student online assessment: a quantitative snapshot of teachers' challenges and viewpoints in the context of digitalisation. 2022.

11. Potkonjak V, Gardner M, Callaghan V, Mattila P, Guetl C, Petrović VM, et al. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review. *Comput Educ.* 2016;95:309-327.
12. Balamuralithara B, Woods PC. Virtual laboratories in engineering education: the simulation lab and remote lab. *Comput Appl Eng Educ.* 2009;17:108-118.
13. Maladzhi R, et al. Evolution of teaching approaches for science, engineering and technology within an online environment: a review. 2020.
14. Tene T, et al. The role of immersive virtual realities: enhancing science learning in higher education. 2024.
15. Schencks M, et al. Pedagogy supplants technology to bridge the digital divide. 2016.
16. Juma H, et al. The future of teacher education: a review of teachers' digital literacy, challenges and opportunities. 2022.
17. Pakdaman M, et al. Evaluation of the cost-effectiveness of virtual and traditional education models in higher education: a systematic review. 2021.
18. Alnagrat AA, et al. The opportunities and challenges in virtual reality for virtual laboratories. 2023.