

پداگوژی دانش محتوا (PCK) در آموزش زیست‌شناسی سلولی: زیست‌شناسی سلولی باید به شکل تجربی تدریس شود

فیروزه علویان^۱

چکیده

طی ۲۰ سال گذشته، در تمامی سطوح اهداف آموزشی و در تمامی رشته‌های علوم پایه تغییرات چشمگیری ایجاد شده است. امروزه، تأکید از آموختن اصول و حقایق تئوری علمی به توسعه درک عمقی مفاهیم تغییر جهت داده است. تجدید نظر در سازمان کنونی آموزش نیز مدافع دستورالعمل‌هایی است که با دیدی وسیع بر روی درک یکپارچه چند مفهوم اساسی شاخه‌های مختلف علوم و به صورت بین رشته‌ای سرمایه‌گذاری کرده باشند. چنین تغییراتی مستلزم آن است که معلمان علوم از مفهوم‌سازی‌های عمیق برای هدایت تجربی استفاده کنند. این تحول نیاز به تغییر قابل توجهی در رویکرد و نگرش معلمان و دانش‌آموزان و همچنین در روش‌ها و تکنیک‌های مورد نیاز برای آموزش گرایش‌های مختلف علوم؛ از جمله، زیست سلولی دارد. نیاز واضح در درک چگونگی تعاملات سلولی-مولکولی و تعیین عملکرد این ماشین بسیار پیچیده، زیبایی خاصی دارد که با در نظر گرفتن شکل تجربی آن، حرکت از سطح ساده به یادگیری علمی مفهومی و عملی، به کارگیری یادگیری مبتنی بر حل مسئله، مطالعات موردی و نقشه‌های مفهومی و بسیاری از روش‌های دیگر منجر به خلق دنیایی متفاوت در درک مباحث سلولی-مولکولی می‌شود؛ موضوعی که در این مقاله به آن خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: آموزش، زیست‌شناسی سلولی، تحقیق، تجربی، نقشه مفهومی.

^۱ دکترای زیست‌شناسی (گرایش فیزیولوژی پزشکی)، استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، نویسنده مسئول،

f.alavian@cfu.ac.ir

دریافت: ۹۷/۴/۲۶ پذیرش: ۹۷/۵/۱۲

مقدمه

انجمن آمریکایی پیشرفت علم^۱ (AAAS) به شدت توصیه می کند که: «مباحث علم؛ خصوصاً در مورد دروسی مانند مباحث سلولی-مولکولی باید به شکل تجربی تدریس شوند»؛ زیرا فرمت سنتی؛ «سخنرانی و پس آزمون» به مثابه کتاب‌های طبخی و با اهداف و نتایج از پیش تعیین شده هستند که اهمیت آموزشی خود را از دست داده‌اند [۱]. اساس کار AAAS، تغییر دوره‌های آموزشی معلم محور، به تجربیات دانش آموز محوری است که دانش آموزان را در یادگیری مبتنی بر تحقیق درگیر می کند [۲، ۳]. با این حال، بسیاری از معلمان علوم پایه از برنامه‌ریزی تجربی علوم پایه نگران هستند و از نیاز به چنین تغییراتی اطمینان ندارند. علاوه بر این، بسیاری از معلمان از استراتژی‌های خاصی که می‌توانند برای رسیدن به اهداف، مورد استفاده قرار گیرند آشنا نیستند. انفجار دانش در زیست‌شناسی سلولی و مولکولی در دهه گذشته را در نظر بگیرید [۴، ۵]، این سلول پیچیده‌تر از آنی است که ابتدا تصور می‌شد. دانش آموزان باید بدانند عملکرد سلول‌ها ماوراء غشاهای اطرافشان است و این که پیامدهای گسترده زیستی موجودات پرسلولی را چگونه توجیه کنند. گذشته از این، نیاز بیشتری به بحث متقابل و همکاری بین زیست‌شناسی سلولی و رشته‌های دیگر، خصوصاً ریاضی، بیوفیزیک و بیوانفورماتیک؛ برای نشان دادن جامعیت مشکلاتی که سلامت و ایمنی ما را تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهند وجود دارد [۶-۱۰]. بر این اساس، تعداد کمی از افراد مخالف این موضوع هستند که معلمان امروزی نسبت به معلمانی که ما داشتیم، باید دانش واقعی‌تر و مفهومی‌تری داشته باشند.

در این مقاله، به بررسی شواهد حمایتی از نیاز به اصلاحات با تمرکز به مبحث زیست‌شناسی سلول خواهیم پرداخت؛ همچنین، مثال‌های عملی-کاربردی و منابع ویژه‌ای را برای افرادی که در مورد یادگیری دانش آموز محور در استراتژی‌های تدریس خود شک دارند، معرفی خواهیم کرد.

مشکلات یادگیری زیست‌شناسی سلولی

محتوای بیش از حد کتاب‌های زیست‌شناسی و زمان ناکافی

در حال حاضر موضوع مهم این است که زیست‌شناسی سلولی به‌طور معمول در کلاس‌ها به شکل سخنرانی و آزمایشگاهی ارائه می‌شود. حال، آیا زمانی که برای کلاس درس و آزمایشگاه و حجم گسترده‌ای از اطلاعات در اختیار ما قرار دارد کافی است؟ چگونه این محتویات انبوه را برای دانش آموزان در این مدت محدود آموزش می‌دهیم؟

این امر ممکن است سبب تقویت این اعتقاد اشتباه شود که موضع علم در مورد یادگیری، پاسخ صحیح به پرسش‌ها است و نه نوآوری، خلاقیت و تحقیق. علاوه بر این، نیاز به مقادیر زیادی از مواد برای آزمایشگاه‌های سلولی مبتنی بر تحقیق به عوامل محدودکننده دیگر دامن می‌زند [۱۱].

مشکل کمبود وقت می‌تواند زمان لازم برای بحث متقابل و همکاری با سایر رشته‌ها را کاهش دهد؛ درحالی که چنین فعالیت‌هایی ضروری هستند، زیرا هیچ مشکلی در با تک‌روی حل نمی‌شود؛ بنابراین، راه‌حل پاسخ‌ها در مبحث زیست‌شناسی مولکولی و البته بسیاری از رشته‌های دیگر، فقط توسط یک رشته واحد ایجاد نخواهد شد. این یعنی در میانه راه تغییر تدریس علم هستیم؛ ما در حال حرکت از سطح ساده به یادگیری علمی مفهومی و یکپارچه هستیم تا

^۱ American Association for the Advancement of Science

دانش‌آموزان به‌طور فعال در کشف و تحقیق علمی مشغول به کار شوند و سیاست‌هایی در برنامه‌ریزی درسی لازم است تا برای درس‌هایی با شرایط نظری-عملی، زمان بیشتری تخصیص یابد [۱۲-۱۴].

نیاز به باز شدن برنامه درسی زیست‌شناسی سلولی و رفع ابهامات

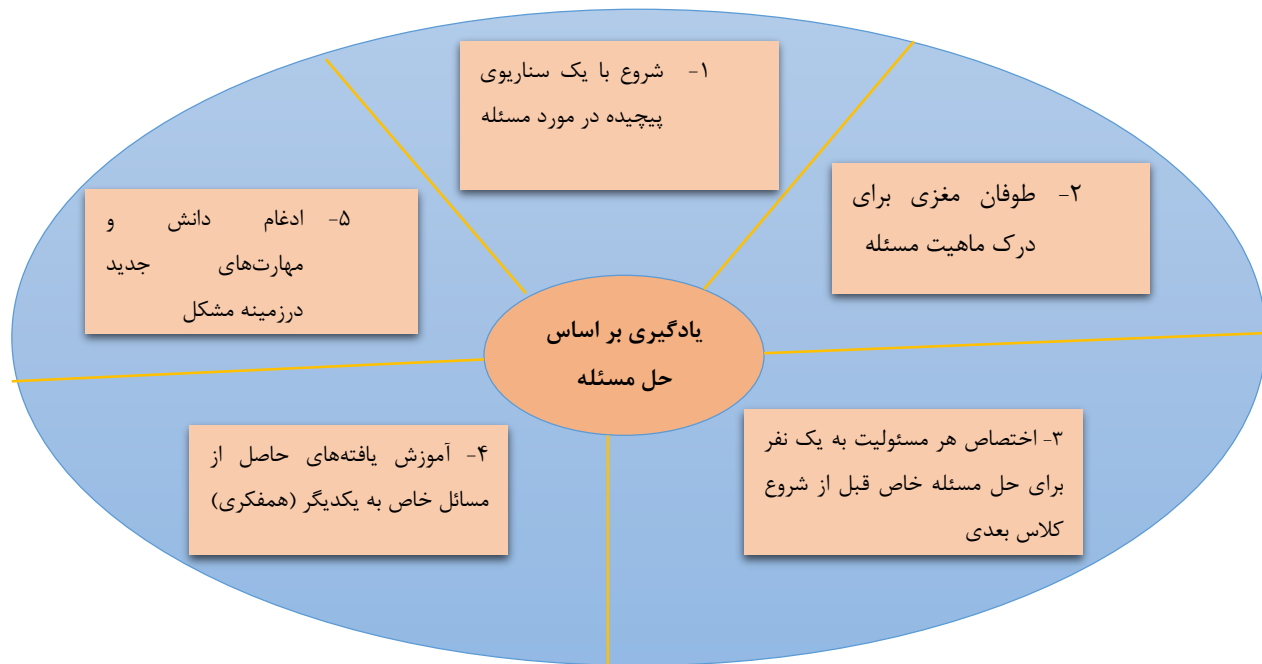
گزارش‌های منتشرشده و روش‌های مؤثر تدریس نشان می‌دهند که معلمان زیست‌شناسی باید تفکرات اشتباه خود را کنار بگذارند. معلمان نباید وقت با ارزش تدریس را برای فعالیت‌هایی صرف کنند که خارج از پوشش اصلی محتوای دروس است. در بحث کلاسی، حل مسئله مشارکتی و فعالیت‌های مبتنی بر تحقیق، یادگیری دانش‌آموزان را در مورد چگونگی استفاده از دانش علمی برای حل مسئله مطرح می‌کند. این موضوع مهم است؛ زیرا آموختن علوم، آندوختن مجموعه‌ای از حقایق به حافظه نیست، بلکه به توانایی استفاده از منابع و جستجو در این منابع، ارزیابی و اعمال اطلاعات نیاز دارد. همان‌طور که ریاضیدان فرانسوی پوانکاره می‌گوید: «علم از حقایق ساخته شده است، همچنان که خانه از سنگ ساخته شده است» [۱۵، ۱۶]. برای مثال، استفاده از واکنش شیمیایی چرخه کربس بدون درک عمیق‌تر از روابط بین واکنش‌های شیمیایی اجزاء تشکیل‌دهنده تنفس سلولی و نیاز موجود به برداشت انرژی برای غذا چه چیزی می‌تواند باشد [۱۷]؟ یادآوری واکنش‌های شیمیایی چرخه کربس ممکن است برای گذراندن امتحان مفید باشد، با این وجود، به دانش‌آموزان کمک نمی‌کند تا مشکلات جدید را حل کنند. حتی، درک روند و چگونگی ارتباط آن با کل بدن موجود زنده نیز در این شرایط مهم نیست؛ در حقیقت، حفظ مطالب در درجه اول به دانش‌آموزان نحوه گذراندن امتحانات را یاد می‌دهد (مهارتی که فرد را برای زندگی واقعی آماده نمی‌کند، بلکه نشان‌دهنده بازیگر یک بازی است) و فقط دانش‌آموزان را برای محدوده زمانی دوران مدرسه بیشتر آماده می‌کند [۱۸]. البته، برخی از همکاران با این موضوع مخالف هستند. این همکاران ممکن است بر اهمیت به خاطر سپردن اسیدآمین‌های مختلف و یا مسیرهای بیوشیمیایی، سیگنالینگ و ... تأکید کنند. با این حال، به خاطر سپردن جدول ضرب برای حل مشکلات پیچیده لازم نیست، اما دانستن زمان استفاده از ضرب برای حل یک مشکل ضروری است. نکته مهم این است که دانستن جدول ضرب، به احتمال زیاد به‌طور طبیعی از حل مشکلاتی که نیاز به ضرب دارند تکامل می‌یابند؛ بنابراین، ارزیابی محتوا با توجه به کار گروهی دانش‌آموزان، جمع‌آوری شواهد، یادگیری حاصل از آن و حل مشکلات جدید رخ می‌دهد. علاوه بر این، عدم تأکید بر اهمیت دانش محتوا و تمرکز بر روی فرآیند (به‌عنوان مثال: توانایی فکر کردن، منطقی بودن، تجزیه و تحلیل و ارتباط عوامل سازنده چرخه کربس) اثر طولانی‌مدت بر زندگی دانش‌آموزان و توانایی آن‌ها در مشارکت در پیشرفت علم داشته است [۱۹].

راه حل چیست؟

فرمت «سخنرانی و پس‌آزمون» سنتی ممکن است تنها سبب افزایش تجربه و خبرگی و آمادگی برای آموزش لازم باشد. متأسفانه اغلب معلمان از روش‌های جایگزین تدریس بی‌اطلاع هستند. به همین ترتیب، بسیاری از ما به‌سادگی آنچه از طریق سخنرانی‌ها و یادداشت‌ها در جریان انتقال دانش فراگرفته‌ایم (به‌عنوان مثال قوانین مربوط به تنفس و فتوسنتز) را به‌جای دخالت فعال دانش‌آموز و سرمایه‌گذاری شخصی در فرایندها به دانش‌آموزان آموزش می‌دهیم [۲۰، ۲۱]. با این حال، پیشرفت قابل توجهی در درک ما از نحوه یادگیری افراد حاصل شده است [۲۲]. در حال حاضر کاملاً بدیهی است که هر

یادگیرنده‌ای باید درک خود از مفاهیم، روابط و رویه‌های مرتبط با سلول را توسعه دهد [۲۳، ۲۴]. به‌عنوان مثال، همه ما می‌دانیم که تنها خواندن دستورالعمل غذا برای آماده‌سازی غذا مفید نیست. پس چگونه می‌توانیم رویکرد خواندن را به «انجام رساندن» تا آنجا که به علم مربوط است تغییر دهیم؟ این نکته بسیار مهم است که زیست‌شناسی سلولی باید به‌عنوان یک علم تجربی تدریس شود [۳]. این بدان معنی است که رویکرد تدریس باید با ماهیت تحقیق علمی سازگار باشد [۳، ۲۵]. یادگیری مبتنی بر حل مسئله^۱ (PBL)، مطالعات موردی و نقشه‌های ذهنی و مفهومی و همچنین افزایش شور و شوق دانش‌آموزان و عشق آن‌ها به یادگیری، روش‌های مختلفی برای دستیابی به این اهداف هستند [۲۶-۲۸]. یادگیری مبتنی بر حل مسئله توسط مشکلات پیچیده‌ای که ریشه در شرایطی دارند که ممکن است یادگیرنده در دنیای واقعی با آن روبرو شود، آغاز می‌شوند [۲۹]. مشکلات دنیای واقعی انگیزه یادگیری عمیق مفهومی را به وجود می‌آورند (مثلاً وقتی یادگیرنده آنچه را در قبلاً یاد گرفته به یادگیری جدید ربط دهد و به اطلاعات جدید برای حل مشکلات نوین اضافه کند). دانش‌آموزان به‌طور مشارکتی برای شناسایی مشکل، جمع‌آوری اطلاعات، درس گرفتن از آن مسئله و پیدا کردن راه‌حل‌ها کار می‌کنند (شکل ۱).

^۱ Problem-based learning



شکل ۱. یادگیری بر اساس حل مسئله. نمودار نشان‌دهنده چرخه تکرار مراحل است که باید توسط گروه کوچکی از دانش‌آموزان هنگامی که بر اساس یادگیری بر پایه حل مسئله (PBL) وارد عمل می‌شوند، مورد توجه قرار می‌گیرد. مرحله ۱: یادگیری دانش آموز با مسئله‌ای که با آن مواجه می‌شود، به جای تسلط بر واقعیت‌ها، آغاز می‌شود (مثلاً چه تغییراتی در متابولیسم سلولی ایجاد شود تا سوخت‌وساز افراد چاق افزایش یابد). این امر باعث افزایش انگیزه دانش‌آموزان می‌شود؛ زیرا مفاهیم به شکل کاربردی آموخته می‌شوند و دانش‌آموزان سؤالاتی را مطرح می‌کنند. مرحله ۲: دانش‌آموزان اطلاعات را جمع‌آوری کرده و با هم مشورت می‌کنند. شکاف‌های مفهومی را پر کنید و تصورات غلط را مطرح کنید. مرحله ۳: دانش‌آموزان و همسالان خود یاد می‌گیرند اطلاعات جدیدی را پیدا کرده و آنها را پردازش کنند و برای حل مشکل با پرسش و پاسخ دادن به سؤالات با یکدیگر همکاری کنند. مرحله ۴: دانش‌آموزان زمینه‌های جدید یادگیری مورد نیاز را تعریف می‌کنند (بیشتر در معرض مشکلات قرار می‌گیرند) و مهارت‌های ارتباطی مؤثر را در حالی که به یک عضو تأثیرگذار از یک تیم تبدیل شده‌اند می‌آموزند. مرحله ۵: دانش‌آموزان دانش و مهارت‌های جدید در مورد مسئله را به هم پیوند می‌زنند و مهارت‌های مشترک را در دستیابی، تحلیل و انتقال اطلاعات افزایش می‌دهند.

نقشه‌های مفهومی: نقشه‌های مفهومی در درک بهتر رویکردهای آموزش مؤثر هستند. این نقشه‌ها بر اساس نظریه یادگیری شناختی Ausubel

طراحی می‌شوند [۳۰] و به شدت بر روی ساخت مفاهیم و روابط تاکید می‌کنند. نظریه Ausubel بیان می‌کند که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر یادگیری،

خود دانش آموز است. دانش آموزان باید به طور علمی و صریح اطلاعات جدید را با مفاهیمی که قبلاً آموخته‌اند، ربط دهند (فقط به اجزای سلول و روابط ساده این اجزا اکتفا نمی‌کند). به این ترتیب، دانش آموزان می‌توانند مفاهیم جدید را شناسایی کرده و به مفاهیم موجود پیوند دهند. این موضوع مهم است زیرا مفاهیم به طور مجزا وجود ندارد و هر مفهوم وابسته به ارتباطش با بسیاری از مفاهیم دیگر است. این موضوع خصوصاً در مورد سلول و مفاهیمی که در عمق آن نهفته است به خوبی قابل تعمیم است؛ بنابراین، نقشه‌های مفهومی نمونه نمودارهایی هستند که دانش آموزان در آن‌ها روابط معنی‌دار بین مفاهیم را ایجاد می‌کنند. شکل ۲ معرف نمونه‌ای از این نقشه‌های مفهومی است که در مورد سلول، اجزا و عملکرد آن رسم شده است.

ساخت نقشه مفهومی، دانش آموزان را فعالانه در جستجوی روابط بین دانش موجود و دانش جدید درگیر می‌کند. نوآک^۱ استفاده از نقشه‌های مفهومی را به عنوان استراتژی مؤثر در آموزش و یادگیری توصیف کرد و توضیحات برجسته‌ای در مورد چگونگی استفاده از آن‌ها را مطرح کرد؛ همچنین، چند نمونه نقشه مفهومی ارائه داد [۳۱].

^۱ Novak

آموزش خلاقانه

زیست‌شناسی سلولی علمی است که در پرورش خلاقیت نقش به‌سزایی دارد. در این علم، تلفیق ایده‌های جدید نیاز به بحث و گفتگو از طریق تعاملات دانش‌آموز-دانش‌آموز و دانش‌آموز-معلم دارد؛ همچنین، شکل‌گیری دانش با مطرح کردن سؤال، ایجاد پاسخ و تعامل با همسالان، معلمان و موضوع مربوط است [۱۴]. گوسفند «دالی» نمونه‌ای از یک مطالعه موردی است [۳۸]: با استفاده از این مثال، معلم می‌تواند توجه خود را بر روند کلونینگ سلول، تنوع مواد ژنتیکی در یک گونه و صفات ژنتیکی، همچنین آینده و اخلاق شبیه‌سازی، متمرکز کند. علاوه بر این، با معرفی تکنیک‌های شبیه‌سازی، دانش‌آموزان می‌توانند در مورد کشت سلولی، انتخاب سلول‌ها و ادغام هسته سلول اطلاعاتی کسب کنند. طبیعتاً، دانش‌آموزان نیز ایده‌ها و نظرات خود را مطرح می‌نمایند و سعی در حل مسائل به شکل تعاملی خواهد نمود. در این میان، بازخورد سریع معلم نیز برای تمرکز بر روی نکاتی که درک آن برای دانش‌آموزان دشوار است، امری ضروری است؛ به‌طوری‌که دانش‌آموزان فرصت کافی برای ارزیابی دانش قبلی و اصلاح و تعدیل مناسب در تفکر خود را کسب می‌کنند. این روش در پرورش و شکل‌گیری ذهن خلاق و سازمان‌یافته دانش‌آموزان از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. همچنین، مطالعات متعدد نشان می‌دهد دانش‌آموزانی که از شیوه‌های تعاملی استفاده می‌کنند، نسبت به کلاس‌های سنتی پیشرفت بیشتری داشته‌اند. به‌عنوان مثال، آموزش به بقیه دانش‌آموزان و آزمون مشارکتی - که باعث ارتقای مشارکت دانش‌آموزان در کلاس و افزایش تعامل دانش‌آموزان با یکدیگر و با معلم می‌شود، سبب بهبود عملکرد فرد در آزمون‌ها و امتحانات (تسلط بر مطالب اصلی) و همچنین یادگیری مفهومی عمیق (توانایی حل مشکلات جدید) می‌شود [۳۲-۳۴].

نظریه ساخت‌گرا نشان می‌دهد که یادگیری نیاز به ساخت دانش جدید از دانش قبلی دارد [۳۵, ۳۶]. نظریه ساخت‌گرا به این موضوع تأکید دارد که اگر مدل‌های جایگزین در ذهن دانش‌آموز وجود داشته باشد، مفاهیم جدید به صورتی متفاوت شکل خواهند گرفت. به‌عنوان مثال، ماهیت پیچیده و میکروسکوپی سلول‌ها، مشوق دانش‌آموزان است تا آنچه زیر میکروسکوپ می‌بینند را حس کنند و در مورد جزئیات آن بیشتر فکر کنند. این ره‌آورد، در تمایز بین سلول‌ها و ترکیبات مولکولی آن‌ها مهم است. از طرف دیگر، مفاهیم جدید زمانی یاد گرفته می‌شوند که دانش قبلی و تصورات غلط، کشف شده و مورد توجه قرار گیرند [۱۴, ۳۷].

تدریس و بازخورد آتی زیست‌شناسی سلولی نیز تکنیکی است که در یادگیری مفهومی و عمیق این درس مؤثر است. ماهیت این متد بر اساس تخصیص مبتنی بر وب است که دانش‌آموزان به‌صورت الکترونیکی و به‌طور دقیق نقشه‌های ذهنی را تکمیل کرده، بازخورد دریافت می‌کنند، روابط جدید را شناسایی می‌کنند و در نهایت از یافته‌های خود در حل مسائل استفاده می‌کنند [۳۸].

از سوی دیگر، آموزش نوآورانه توسط محصولات چندرسانه‌ای تسهیل می‌شود [۳۹]. نرم‌افزارهای چندرسانه‌ای به معلمان اجازه می‌دهند تا متون، تصاویر، ویدئو، صدا و انیمیشن را برای یک تجربه یادگیری یکپارچه ترکیب کنند. تجربه یادگیری چندرسانه‌ای، اکتشاف و تحقیق در فرایندهای پیچیده را تشویق می‌کند و تجربه جذابی را به دنبال دارد؛ درحالی‌که طیف وسیعی از سبک‌های یادگیری را نیز در خود جا داده و با یکدیگر تطبیق می‌دهد [۴۰-۴۳]. برای مثال، انیمیشن کامپیوتری یک ابزار آموزشی است که موجب یادگیری طولانی‌مدت می‌شود، به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد تا آنزیم‌ها را به‌صورت سه‌بعدی مشاهده کنند و ببینند که چگونه یک چنگال همانندساز عمل می‌کند [۴۳]. ارزش انیمیشن‌ها ممکن است با تئوری dual-coding مرتبط باشد که ثابت می‌کند حافظه طولانی‌مدت با ترکیبی از نشانه‌های کلامی و بصری تسهیل می‌شود. علاوه بر این، وب‌سایت‌هایی که حاوی انیمیشن‌های فرایندهای سلولی-زیستی هستند، بهترین مشوقان یادگیری تجربی در این مبحث هستند.

منابع آموزش و یادگیری

با توسعه انفجاری اینترنت و سایر فن‌آوری‌ها، انقلابی در منابع آموزشی ایجاد شده که تبدیل به رقیب اختراع چاپ در قرن پانزدهم شده است. به‌عنوان مثال، چندین مجله آموزشی که توسط جوامع علمی ملی کشورهای مختلف حمایت می‌شوند، به بهبود آموزش و یادگیری اختصاص یافته‌اند که بسیاری از آن‌ها به زیست سلولی و شیوه‌های آزمایشگاهی مرتبط با آن اختصاص داده شده‌اند. تعلیم‌دهندگان تشویق می‌شوند که از طریق انتشار روش‌های ابتکاری و ایده‌های خلاقانه، استراتژی‌های خود را برای تدریس، یادگیری و ارزیابی به اشتراک بگذارند. پژوهش‌ها باید قابل توجه باشند و از تئوری‌های یادگیری یا یافته‌های پژوهشی، با روایی و پایایی بالا منشأ گرفته باشند. علاوه بر این، بایستی شامل محتوای آموزشی تخصصی‌ای باشند که استراتژی‌های تدریس مربوط به آن استفاده شده باشد. برای مثال، MacAlpine و Blystone رویکرد استفاده از اینترنت برای تمرین‌های کاربردی آزمایشگاهی زیست‌شناسی را توصیف نموده و گسترش دادند. در این شرایط، دانش آموزان با کم و زیاد کردن مواد موجود در آزمایشگاه مجازی و بدون هیچ گونه احساس خطری، دست به آزمایش می‌زنند [۴۴]. علاوه بر این، کمپبل یک دوره ژنومیک برای دست‌ورزی زن را توسعه داد که بسیاری از پایگاه‌های داده‌های عمومی، ابزارهای تحقیقاتی و مجلات آموزشی ژنوم، پروتئومیک و رایانه از آن استفاده می‌کنند. این منابع برای افرادی است که نمی‌خواهند به‌سادگی فقط دستورالعمل‌ها را بخوانند، اما ترجیح می‌دهند آفریننده و خلاق نیز باشند [۴۵].

نگرانی‌های آموزشی

بسیاری از معلمان به علت کم بودن حمایت لازم از سوی همکاران و مدیران و عدم آشنایی با چگونگی ورود به دنیای آموزش خلاقانه، ممکن است نگران باشند. در برخی از مدارس کشورهای موفق در امور آموزش و پرورش، پیشرفت بر اساس بهره‌وری تحقیق بر مبنای خبرگی تدریس و نوآوری استوار است. علاوه بر این، بعضی از معلمان خبره عموماً معتقدند که روش‌های سنتی تدریس برای چندین دهه کار کرده‌اند، پس چرا باید وقت گران‌بهایی را که می‌توان برای تحقیق یا سایر فعالیت‌های ارزشمند دیگر مورد استفاده قرار داد، برای توسعه و استفاده از روش‌های نوین آموزشی گذاشت؟ برای رفع این نگرانی، معلمان زیست باید تشخیص دهند که آموزش بحث زیست‌شناسی سلولی-مولکولی امری منحصر به فرد با قدرت مانور بالا است که هرچه بیشتر وارد عمق آن می‌شویم، نکات جدیدتری نیز خودنمایی می‌کنند و نه تنها درک آن‌ها لذت‌بخش است، بلکه می‌تواند مسائل و بحران‌های مرتبط با سلامتی را نیز متحول نماید [۴۶، ۴۷]. کارهایی که در آزمایشگاه‌های مدارس انجام می‌شود، احتمالاً بر روی بسیاری از افراد تأثیر می‌گذارد؛ زیرا دانش آموز امروز من، معلم، پزشک و محقق آینده خواهد بود؛ بنابراین، این موضوع و بها دادن به آن، جای تأمل دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور سنتی، دانش‌آموزان، آموزش زیست‌شناسی سلولی را به‌عنوان یک سری حقایق، بدون هیچ ارتباطی با حرفه‌ای که در آن می‌خواهند وارد شوند، تجربه می‌کنند. به خاطر سپردن معانی در بخش سلولی زمانی رخ می‌دهد که یادگیرنده تلاش کند اطلاعات جدید را به دانش موجود یا موقعیت‌های جدید مرتبط سازد. با این حال، آموزش زیست‌شناسی سلولی، هنگامی که تمرکز بر یادگیری یکپارچه علمی مفهومی اجزا و روابط داخل سلولی و مسیرهای سیگنالینگ، به همراه تجربه عملی باشد، منجر به یادگیری معنی‌دار می‌شود. یادگیری معنادار زمانی رخ می‌دهد که یادگیرنده اطلاعات جدید را با دانش

موجود ارتباط داده و تفسیر کند و از ترکیب آن‌ها با اطلاعات جدید برای حل مسائل جدید استفاده کند. با در نظر گرفتن PBL، مطالعات موردی، نقشه‌های مفهومی و همچنین سایر استراتژی‌های خاصی که در این مقاله ذکر شد، می‌توان به یادگیری معنی‌دار کمک کرد.

منابع

۱. Science, A.A.f.t.A.o., *Project on Liberal Education and the Sciences*. The Liberal Art of Science: Agenda for Action. The Report of the Project on Liberal Education and the Sciences. Washington, DC: National Academies, ۱۹۹۰.
۲. Wood, W.B., *Inquiry-based undergraduate teaching in the life sciences at large research universities: a perspective on the Boyer Commission Report*. Cell Biology Education, ۲۰۰۳. ۲(۲): p. ۱۱۶-۱۱۲
۳. Council, N.R., *BIO۲۰۱۰: Transforming undergraduate education for future research biologists*. ۲۰۰۳: National Academies Press.
۴. Bouillon, R., et al., *The past ۱۰ years—new hormones, new functions, new endocrine organs*. Nature Reviews Endocrinology, ۲۰۱۰. ۱۱(۱۱): p. ۶۸۱
۵. Bond, A.M., G.-l. Ming, and H. Song, *Adult mammalian neural stem cells and neurogenesis: five decades later*. Cell stem cell, ۲۰۱۰. ۱۷(۴): p. ۳۹۰-۳۸۰
۶. Paganetti, H., *Proton therapy physics*. ۲۰۱۶: CRC Press.
۷. Viceconti, M. and P. Hunter, *The virtual physiological human: ten years after*. Annual review of biomedical engineering, ۲۰۱۶. ۱۸: p. ۱۲۳-۱۰۳
۸. Holzinger, A., M. Dehmer, and I. Jurisica, *Knowledge discovery and interactive data mining in bioinformatics-state-of-the-art, future challenges and research directions*. BMC bioinformatics, ۲۰۱۴. ۱۵(۶): p. I.۱
۹. Yan, Q., *Translational Bioinformatics and Systems Biology Methods for Personalized Medicine*. ۲۰۱۷: Academic Press.
۱۰. Goyal, M.R., *Scientific and Technical Terms in Bioengineering and Biological Engineering*. ۲۰۱۸: Apple Academic Press.
۱۱. Tanner, K. and D. Allen, *Approaches to biology teaching and learning: learning styles and the problem of instructional selection—engaging all students in science courses*. Cell biology education, ۲۰۰۴. ۳(۴): p. ۲۰۱-۱۹۷
۱۲. Tanner, K. and D. Allen, *Approaches to cell biology teaching: a primer on standards*. Cell biology education, ۲۰۰۲. ۱(۴): p. ۱۰۰-۹۰
۱۳. Council, N.R., *Transforming undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology*. ۱۹۹۹: National Academies Press.
۱۴. Council, N.R., *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition*. ۲۰۰۰: National Academies Press.
۱۵. Bradley, J.G., *Teachers, Leaders, and schools: essays by John dewey*. Education and culturE, ۲۰۱۶. ۳۲(۱): p. ۱۰۵-۱۰۳
۱۶. Pigou, A., *The economics of welfare*: ۲۰۱۷. Routledge.

- .۱۷ Fomina, M. and G.M. Gadd, *Biosorption: current perspectives on concept, definition and application*. Bioresource technology, ۲۰۱۴. ۱۶۰: p. ۱۴-۳
- .۱۸ Tanner, K. and D. Allen, *Approaches to biology teaching and learning: understanding the wrong answers—teaching toward conceptual change*. Cell Biology Education, ۲۰۰۵. ۴(۲): p. ۱۱۲-۱۱۷
- .۱۹ Wright, D.B. and J.E. Osborne, *Dissociation, Cognitive Failures, and Working Memory*. American Journal of Psychology, ۲۰۰۵. ۱۱۸(۱): p. ۱۱۴-۱۰۳
- .۲۰ Borich, G.D., *Observation skills for effective teaching: research-based practice*. ۲۰۱۶: Routledge.
- .۲۱ Barr, H., *Defining social studies*. Teachers and curriculum, ۲۰۱۷. ۱(۱)
- .۲۲ Costa, A. and L.F. Lowery, *Techniques for teaching thinking*. ۲۰۱۶: Routledge.
- .۲۳ Powell, K., *Science education: spare me the lecture*, ۲۰۰۳, Nature Publishing Group.
- .۲۴ Klionsky, D.J., *Constructing knowledge in the lecture hall*. Journal of College Science Teaching, ۲۰۰۱. ۳۱(۴): p. ۲۴۶
- .۲۵ Maxwell, J.A., *Causal explanation, qualitative research, and scientific inquiry in education*. Educational researcher, ۲۰۰۴. ۳۳(۷): p. ۱۱-۳
- .۲۶ Hmelo-Silver, C.E., *Problem-based learning: What and how do students learn?* Educational psychology review, ۲۰۰۴. ۱۶(۳): p. ۲۶۶-۲۳۵
- .۲۷ Perrenet, J., P. Bouhuijs, and J. Smits, *The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice*. Teaching in higher education, ۲۰۰۰. ۵(۳): p. ۳۵۸-۳۴۵
- .۲۸ Allen, D. and K. Tanner, *Approaches to cell biology teaching: learning content in context—problem-based learning*. Cell Biology Education, ۲۰۰۳. ۲(۲): p. ۸۱-۷۳
- .۲۹ Savery, J.R., *Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions*. Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows, ۲۰۱۵. ۹: p. ۱۵-۵
- .۳۰ Novak, J.D., *Concept mapping: A useful tool for science education*. Journal of research in science teaching, ۱۹۹۰. ۲۷(۱۰): p. ۹۴۹-۹۳۷
- .۳۱ Novak, J.D. and A.J. Cañas, *The theory underlying concept maps and how to construct and use them*. ۲۰۰۸
- .۳۲ Rao, S.P. and S.E. DiCarlo, *Active learning of respiratory physiology improves performance on respiratory physiology examinations*. Advances in Physiology Education, ۲۰۰۱. ۲۵(۲): p. ۶۱-۵۵
- .۳۳ Lujan, H.L. and S.E. DiCarlo, *Too much teaching, not enough learning: what is the solution?* Advances in Physiology Education, ۲۰۰۶. ۳۰(۱): p. ۲۲-۱۷
- .۳۴ Tharayil, S., et al., *Strategies to mitigate student resistance to active learning*. International Journal of STEM Education, ۲۰۱۸. ۵(۱): p. ۷
- .۳۵ Díaz, L.D.E., *The Teaching and Learning Process of Mathematics in the Primary Education Stage: a Constructivist Proposal within the Framework of Key Competences*. IEJME, ۲۰۱۷. ۱۲(۷): p. ۷۱۳-۷۰۹

- .۳۶ Kiraly, D., *A social constructivist approach to translator education: Empowerment from theory to practice*. ۲۰۱۴: Routledge.
- .۳۷ Falk, J.H. and L.D. Dierking, *The museum experience revisited*. ۲۰۱۶: Routledge.
- .۳۸ Collins, A. and R. Halverson, *Rethinking education in the age of technology: The digital revolution and schooling in America*. ۲۰۱۸: Teachers College Press.
- .۳۹ Simonson, M., S. Smaldino, and S.M. Zvacek, *Teaching and learning at a distance: Foundations of distance education*. ۲۰۱۴: IAP.
- .۴۰ Green, T.D. and A. Brown, *Multimedia projects in the classroom: A guide to development and evaluation*. ۲۰۰۲: Corwin Press.
- .۴۱ Brown, J.S., *Growing up: Digital: How the web changes work, education, and the ways people learn*. Change: The Magazine of Higher Learning, ۲۰۰۰. ۳۲(۲): p. ۲۰-۱۱
- .۴۲ Cuban, L., *Oversold and underused: Computers in schools* ۲۰۰۰-۱۹۸۰. Cambridge, MA: Harvard University, ۲۰۰۱
- .۴۳ Cates, W.M., B. Price, and A.M. Bodzin, *Implementing technology-rich curricular materials: Findings from the exploring life project*. Computers in the Schools, ۲۰۰۲p. ۱۵۳-۱۶۹
- .۴۴ Blystone, R.V. and B. MacAlpine, *WWW. cell biology education: using the World Wide Web to develop a new teaching topic*. Cell biology education, ۲۰۰۵. ۴(۲): p. ۱۱۱-۱۰۵
- .۴۵ Campbell, A.M., *Public access for teaching genomics, proteomics, and bioinformatics*. Cell Biology Education, ۲۰۰۳. ۲(۲): p. ۱۱۱-۹۸
- .۴۶ Ziegler, A. and S.N. Phillipson, *Towards a systemic theory of gifted education*. High Ability Studies, ۲۰۱۲. ۲۳(۱): p. ۳۰-۳
- .۴۷ Wiggins, G. and J. McTighe, *What is backward design*. Understanding by design, ۱۹۹۸. ۱: p. ۱۹-۷