



Smart Educational Management in the Era of Sources Constraints: Promoting Virtual Laboratories as a Strategy for Educational Equity and Innovation in Science Teaching

Mohammad Qasemnazhand¹, Amirhossein Ranandeh², Mahdi Jabbari Balkanloo³

1- Department of Physics Education, Farhangian University, Tehran, Iran

2- Department of Educational Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

3- Department of Educational Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Article info	Abstract
Article type: Research Article Received: 2026/02/19 Accepted: 2026/05/10 pp: 51- 63 Keywords: 5E model, PhET platform, Virtual laboratory, Blended learning, Science education.	Objective: In contexts where budgetary and infrastructural constraints have challenged equitable access to physical laboratories in many Iranian schools, virtual laboratories have emerged as a low-cost, scalable solution for realizing active learning in experimental sciences. Methodology: This qualitative research, employing a classroom-based case study design, investigated the feasibility of integrating the interactive simulation platform PhET within the 5E instructional model to teach the concept of density to sixth-grade elementary students. Data were collected through participatory observation, field notes, and diagnostic questions, and analyzed using thematic content analysis. Results: Findings revealed that the strategic integration of PhET's free simulations available in Persian with offline capability, across the five stages of the 5E model (Engage, Explore, Explain, Elaborate, and Evaluate) enables the implementation of a complete inquiry-based learning cycle without dependence on expensive physical equipment. Conclusion: Given the high penetration of smartphones among students, this approach not only reduces the structural costs of physical laboratories but also facilitates blended (face-to-face and virtual) instruction and strengthens educational equity in underserved regions. However, the success of this transformation requires two key actions from educational management: (1) designing research-based in-service training programs to empower teachers in the purposeful use of simulations, and (2) structurally embedding virtual laboratory activities into textbook content and teacher guides. This study emphasizes the necessity of transitioning virtual laboratories from optional tools to structural components of the national education system, thereby enhancing the quality of science education at scale without incurring prohibitive costs.



Citation: Qasemnazhand, M., Ranandeh, A., & Jabbari Balkanloo, M. (2026). Smart Educational Management in the Era of Sources Constraints: Promoting Virtual Laboratories as a Strategy for Educational Equity and Innovation in Science Teaching. *Journal of New Approaches in Educational Management*, 1(4), 51-63.



© The Author(s).

Publisher: Urmia University.

DOI: <https://doi.org/10.30466/ntea.2026.57018.1035>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.30606810.1404.1.4.4.4>



مدیریت آموزشی هوشمند در عصر محدودیت‌های منابع: ترویج آزمایشگاه‌های مجازی به عنوان راهکاری برای عدالت آموزشی و نوآوری در تدریس علوم

محمد قاسم نژند^۱، امیرحسین راننده^۲، مهدی جباری بالکانلو^۳

۱- گروه آموزش فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

۲- گروه آموزشی علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

۳- گروه علوم تربیتی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: در شرایطی که محدودیت‌های بودجه‌ای و زیرساختی، دسترسی عادلانه به آزمایشگاه‌های فیزیکی را در بسیاری از مدارس ایران با چالش مواجه ساخته است، آزمایشگاه‌های مجازی به عنوان راهکاری کم‌هزینه و مقیاس‌پذیر برای تحقق یادگیری فعال علوم تجربی مطرح شده‌اند.
دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰	روش تحقیق: این پژوهش با رویکرد کیفی و طرح مطالعه موردی کلاسی، به بررسی امکان‌سنجی ادغام پایگاه شبیه‌سازی تعاملی (PhET) در چارچوب مدل آموزشی E5 برای آموزش مفهوم چگالی به دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی پرداخت. داده‌ها از طریق مشاهده مشارکتی، یادداشت‌های میدانی و پرسش‌های تشخیصی گردآوری و با تحلیل محتوای تماتیک موردبررسی قرار گرفتند.
پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰	یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که ترکیب هوشمندانه شبیه‌سازی‌های رایگان پایگاه (PhET) که به زبان فارسی و با قابلیت آفلاین نیز در دسترس است با مراحل پنج‌گانه مدل E5 درگیر کردن ذهن، کاوش، تشریح، تعمیق و ارزیابی، امکان اجرای چرخه کامل یادگیری کاوش‌محور را بدون وابستگی به تجهیزات گران‌قیمت فراهم می‌آورد.
صص: ۵۱-۶۳	نتیجه‌گیری: با توجه به نفوذ بالای گوشی‌های هوشمند در میان دانش‌آموزان، این رویکرد ضمن کاهش هزینه‌های ساختاری آزمایشگاه‌های فیزیکی، زمینه‌ساز آموزش ترکیبی حضوری-مجازی و تقویت عدالت آموزشی در مناطق محروم می‌شود. با این حال، موفقیت این تحول مستلزم دو اقدام کلیدی از سوی مدیریت آموزشی است: (۱) طراحی دوره‌های ضمن خدمت مبتنی بر پژوهش برای توانمندسازی معلمان در استفاده هدفمند از شبیه‌سازی‌ها و (۲) ادغام ساختاری فعالیت‌های مبتنی بر آزمایشگاه مجازی در محتوای کتاب‌های درسی و راهنمای معلم. این پژوهش بر ضرورت تبدیل آزمایشگاه‌های مجازی از ابزاری اختیاری به بخشی ساختاری از نظام آموزشی ملی تأکید دارد تا بتوان بدون هزینه‌های گزاف، کیفیت آموزش علوم را در سطح گسترده ارتقا داد.
واژگان کلیدی: روش E5، پایگاه (PhET)، آزمایشگاه مجازی، یادگیری ترکیبی، آموزش علوم.	

استناد: قاسم نژند، محمد راننده، امیرحسین جباری بالکانلو، مهدی (۱۴۰۴). مدیریت آموزشی هوشمند در عصر محدودیت‌های منابع: ترویج آزمایشگاه‌های مجازی به عنوان راهکاری برای عدالت آموزشی و نوآوری در تدریس علوم. نشریه رویکردهای نوین در مدیریت آموزشی، ۱(۴)، ۵۱-۶۳.

ناشر: دانشگاه ارومیه.

DOI: <https://doi.org/10.30466/ntea.2026.57018.1035>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.30606810.1404.1.4.4.4>



© نویسندگان



مقدمه

در دنیای امروز که تحولات سریع فناوری و محدودیت‌های بودجه‌ای نظام‌های آموزشی را تحت تأثیر قرار داده، مدیریت آموزشی بیش‌ازپیش نیازمند رویکردهای نوین، کم‌هزینه و عادلانه برای ارتقای کیفیت یادگیری است. یکی از حوزه‌های چالش‌برانگیز در آموزش مدارس ایران، آموزش علوم تجربی است؛ جایی که فعالیت‌های آزمایشگاهی به‌عنوان پایه‌ای اساسی برای درک مفهومی، پرورش مهارت‌های علمی و تحقق یادگیری فعال شناخته می‌شود، اما در عمل با موانع جدی روبه‌رو است.

بر اساس پژوهش‌ها و گزارش‌های متعدد، بسیاری از مدارس (به‌ویژه دولتی) با مشکلاتی مانند کمبود بودجه کافی برای تجهیز و نگهداری آزمایشگاه‌ها، عدم دسترسی به مواد مصرفی و تجهیزات ایمن، فضای نامناسب آزمایشگاهی و کمبود نیروی متخصص مواجه هستند. این چالش‌ها منجر به کاهش فعالیت‌های عملی، آموزش تئوری‌محور و در نتیجه شکاف یادگیری عمیق در میان دانش‌آموزان شده است. در چنین شرایطی، آزمایشگاه‌های مجازی به‌عنوان یک راهکار جایگزین یا مکمل قدرتمند ظهور کرده‌اند. پایگاه فت (PhET)^۱ توسعه‌یافته توسط دانشگاه کلرادو بولدر، با ارائه بیش از ۱۵۰ شبیه‌سازی رایگان، تعاملی و مبتنی بر پژوهش در حوزه‌های فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، علوم زمین و ریاضی، نمونه‌ای برجسته از این ابزارهاست. این شبیه‌سازی‌ها نه تنها هزینه‌ای نزدیک به صفر دارند، بلکه با توجه به نفوذ بالای گوشی‌های هوشمند در میان دانش‌آموزان ایرانی (بیش از ۸۵-۹۵ درصد در دوره متوسطه)، دسترسی‌پذیری بالایی فراهم می‌کنند. پایگاه فت به زبان فارسی نیز ترجمه‌شده و امکان استفاده آفلاین دارد که این ویژگی‌ها آن را برای نظام آموزشی کشور بسیار مناسب می‌سازد.

از سوی دیگر، مدل یادگیری 5E^۲، که بر پایه نظریه ساخت‌گرایی بناشده، یکی از مؤثرترین الگوهای آموزشی برای علوم تجربی است. این مدل با تأکید بر کاوش فعال، کشف توسط دانش‌آموز و به‌کارگیری مفاهیم در موقعیت‌های نو، یادگیری را از حالت انفعالی به فرآیندی پویا و معنادار تبدیل می‌کند. پژوهش‌های متعدد در ایران نیز اثربخشی این مدل را در افزایش اشتیاق، پیشرفت تحصیلی و درک مفهومی دانش‌آموزان تأیید کرده‌اند.

ادغام هوشمندانه آزمایشگاه‌های مجازی PhET در چارچوب مدل 5E، می‌تواند چرخه کامل یادگیری کاوش‌محور را بدون نیاز به تجهیزات گران‌قیمت فیزیکی محقق سازد. در مرحله کاوش، دانش‌آموزان با گوشی یا تبلت خود به کاوش آزادانه در شبیه‌سازی می‌پردازند؛ در شرح و بسط، مفاهیم را در سناریوهای جدید به کار می‌گیرند و در ارزیابی، از خروجی‌های شبیه‌سازی برای ارزشیابی استفاده می‌شود. این ترکیب، ضمن کاهش هزینه‌ها، به اجرای واقعی آموزش ترکیبی^۳ -حضوری- مجازی کمک می‌کند و عدالت آموزشی را در مناطق محروم و برخوردار تقویت می‌نماید (قاسم‌زاده و همکاران، ۲۰۲۵).

هدف اصلی این مقاله بررسی نقش مدیریت آموزشی در ترویج و نهادینه‌سازی استفاده از پایگاه PhET در چارچوب مدل 5E است؛ با تمرکز بر راهکارهایی مانند آموزش ضمن خدمت معلمان، ادغام فعالیت‌های مجازی در محتوای کتاب‌های درسی و سیاست‌گذاری‌های کلان برای کاهش وابستگی به آزمایشگاه‌های فیزیکی پرهزینه. این رویکرد نه تنها پاسخی به محدودیت‌های فعلی است، بلکه گامی به‌سوی تحول پایدار در کیفیت آموزش علوم تجربی در مدارس ایران محسوب می‌شود.

تحول در نظام آموزشی ایران در دهه‌های اخیر، توجه ویژه‌ای به نوآوری درسی و به‌کارگیری مدل‌های آموزشی فعال معطوف کرده است؛ بااین‌حال، پیاده‌سازی موفق این نوآوری‌ها فراتر از توانایی فردی معلمان است و مستلزم ظرفیت‌سازی سازمانی در سطح مدرسه می‌باشد. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که موفقیت یا شکست نوآوری‌های آموزشی عمدتاً تحت تأثیر رهبری آموزشی مدیران، فرهنگ سازمانی حمایت‌گر و سیاست‌گذاری در سطح مدرسه قرار دارد (هال و هورد^۴، ۲۰۱۵). به‌عنوان نمونه، مدل آموزشی 5E که به‌عنوان یک چارچوب ساختاریافته برای یادگیری مبتنی بر استعلام شناخته می‌شود، تنها زمانی می‌تواند به‌طور پایدار در کلاس‌های درس ریشه ببنند که مدیران مدرسه با ایجاد زیرساخت‌های لازم از جمله زمان اختصاصی برای همکاری حرفه‌ای معلمان، دسترسی به منابع آموزشی و فضای روانی برای آزمایش روش‌های جدید از آن پشتیبانی کنند (فولان^۵، ۲۰۱۶).

1. PhET Interactive Simulations
2. 5E: Engage – Explore – Explain – Elaborate – Evaluate
3. Blended Learning
4. Hall & Hord
5. Fullan

اصطلاح نوآوری در سازمان به تمایل آن به سمت تغییر و تحول اشاره دارد، این تمایل زمانی تقویت می‌شود که مدیران به‌طور فعال ایده‌های جدید را ترویج کرده و کارکنان را تشویق کنند، حتی اگر این ایده‌ها خارج از چارچوب‌های سنتی سازمان باشند (دامی و همکاران، ۲۰۲۰).

به بیان دیگر، نوآوری را به انجام کارهای جدید، به‌کارگیری ایده‌های خلاق و ایجاد چیزهای مفید و بهره‌گیری از ایده‌های نو برای ایجاد ارزش یا مزایا نسبت می‌دهند که این فرآیند به‌صورت سازمان‌یافته، سیستماتیک و منطقی انجام می‌شود (عینی‌پور و همکاران، ۱۳۹۶)؛ بنابراین، نوآوری به اشکال مختلف به‌کارگیری ایده‌های جدید برای حل مشکلات اشاره دارد، به‌گونه‌ای که برای سازمان ارزش ایجاد کند و تبدیل ایده‌ها به برنامه‌های کاربردی، محصولات، خدمات جدید یا بهبود فرآیندهای اداری را شامل می‌شود. در سازمان‌هایی که فرهنگ نوآوری حاکم است، تمامی اعضا نسبت به ابتکارات جدید متعهد و پایبند هستند و همچنین به بررسی و بهبود ابتکارات فعلی و رایج در سازمان می‌پردازند (آقای، ۱۳۸۵).

نوآوری در هر سازمانی می‌تواند به اشکال مختلفی بروز کند. در سازمان آموزش و پرورش، این نوآوری‌ها در زمینه‌های متعددی مانند روش‌های تدریس، استفاده معلمان از تجهیزات و وسایل کمک‌آموزشی، مدیریت آموزشی، به‌کارگیری فناوری، مدیریت زمان کلاس و شیوه‌های ارتباطی بین معلمان و دانش‌آموزان و همچنین ارتباط بین والدین و مربیان مشاهده می‌شود. همچنین، نوآوری در استفاده از رسانه‌های کمک‌آموزشی، بهینه‌سازی فضا و امکانات مدرسه و شیوه‌های ارزشیابی دانش‌آموزان و فعالیت‌های فوق‌برنامه نیز از دیگر جنبه‌های این نوآوری‌ها به شمار می‌رود. تدریس به‌عنوان یکی از حرفه‌های تأثیرگذار، همواره بستری مناسب برای بروز خلاقیت‌های حرفه‌ای و فردی معلمان بوده است. در شرایطی که امکانات و ابزارهای آموزشی مناسب در دسترس نیست و معلمان با کمبودها و محدودیت‌هایی در منابع موردنیاز خود مواجه هستند، نوآوری می‌تواند به‌عنوان یک عامل محرک بسیار مؤثر در دستیابی به اهداف آموزشی و یادگیری عمل کند (صفایی و همکاران، ۲۰۲۰). معلمان با استفاده از روش‌های تدریس فعال و فناوری‌های آموزشی می‌توانند زمینه را برای ظهور ایده‌های جدید فراهم کنند در همین راستا نقش مدیران در زمینه‌هایی که خلاقیت و نوآوری از اهمیت بالایی برخوردار است، نقش بسیار حیاتی و حساسی است. عملکرد یک مدیر می‌تواند به ایجاد یا ممانعت از خلاقیت در افراد منجر شود. تحقیقات نشان می‌دهد که رهبری مبتنی بر دانش مدیران در رفتار نوآورانه معلمان نقش مثبت دارد (جباری و همکاران، ۱۴۰۴).

در این راستا، چالش آموزش مفاهیم پایه‌ای علوم تجربی مانند چگالی که دانش‌آموزان اغلب با کج‌فهمی‌های ساختاری مانند اشتباه‌گیری چگالی با وزن مواجه می‌شوند، فرصتی برای بررسی ارتباط بین ظرفیت سازمانی مدرسه و کیفیت پیاده‌سازی نوآوری‌های درسی فراهم می‌آورد. مطالعات نشان داده‌اند که معلمانی که در مدرسی با رهبری دانش‌محور فعالیت می‌کنند، احتمال بیشتری دارد که مدل‌های پیچیده‌ای مانند 5E را نه تنها به‌درستی پیاده‌سازی کنند، بلکه با تطبیق آن با نیازهای محلی، به نوآوری تطبیقی^۲ دست یابند (هریس و جونز، ۲۰۱۹). این در حالی است که در مدرسی فاقد رهبری آموزشی مؤثر، همان مدل 5E ممکن است به‌صورت سطحی و بدون درک عمیق از فلسفه‌ی آن اجرا شود و حتی تقویت‌کننده‌ی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان باشد همان‌گونه که در آموزش مفهوم چگالی رخ می‌دهد که دانش‌آموزان بدون هدایت ساختاریافته، همچنان چگالی را با وزن اشتباه می‌گیرند.

بنابراین، پرسش اصلی این پژوهش این است: چگونه می‌توان با محدودیت‌های روزافزون منابع رویکردهای نوین آموزش علوم که بر مبنای تلفیقی با فناوری است همچون^۴ STSE و^۵ STEM را با راهبردهای کاوش محور^۳ در مدارس به‌طور گسترده عملی ساخت؟ در این کوشش به‌طور مطالعه موردی استفاده از پایگاه شبیه‌سازی PhET به‌عنوان یک آزمایشگاه مجازی برای تمییز مفاهیم جرم، وزن و چگالی به کمک روش 5E در مدارس ابتدایی مطرح می‌شود.

1. Dmi et al

2. Adaptive innovation

3. Harris & Jones

4. Science, technology, society and environment (STSE)

5. Science, technology, engineering, and mathematics (STEM)

6. Inquiry-based science education (IBSE)

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

این پژوهش با رویکرد کیفی و روش مطالعه موردی در کلاس درس اجرا شد. داده‌ها از طریق مشاهده مشارکتی، یادداشت‌های میدانی، فعالیت‌های آزمایشگاهی و پرسش‌های تشخیصی جمع‌آوری شد. جامعه مورد مطالعه، دانش آموزان پایه ششم ابتدایی بودند و طراحی طرح درس بر اساس الگوی 5E اجرا گردید که یکی از روش‌های شناخته شده و مؤثر در تدریس علوم است. روش 5E که توسط بایبی^۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۶ معرفی شد، یک مدل ساختاری برای تدریس است که فرآیند یادگیری را در پنج مرحله‌ی جلب توجه^۲، کشف و بررسی^۳، توضیح و تشریح^۴، گسترش و تعمیق^۵ و ارزیابی^۶ تقسیم‌بندی می‌کند. این روش بر تعامل فعال دانش‌آموزان با مفاهیم علمی و یادگیری از طریق تجربه تأکید دارد (بایبی و همکاران، ۲۰۰۶).

در سال‌های اخیر، استفاده از شبیه‌سازی‌های تعاملی رایانه‌ای به عنوان یکی از رویکردهای مؤثر در بهبود یادگیری مفهومی در آموزش علوم مورد توجه گسترده پژوهشگران قرار گرفته است. شبیه‌سازی‌های تعاملی، به ویژه شبیه‌سازی‌های پایگاه PhET، با فراهم کردن امکان مشاهده هم‌زمان بازماندنی‌های مختلف یک پدیده علمی، دست‌کاری متغیرها و دریافت بازخورد فوری، شرایطی را فراهم می‌کنند که یادگیرندگان بتوانند مفاهیم انتزاعی را به صورت فعالانه کاوش کرده و درک عمیق‌تری از آن‌ها به دست آورند (ویمن و همکاران، ۲۰۰۸). مرورهای پژوهشی نشان می‌دهد که استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای در آموزش علوم می‌تواند به بهبود درک مفهومی، افزایش انگیزش یادگیری و کاهش برداشت‌های نادرست دانش‌آموزان منجر شود، به ویژه زمانی که این ابزارها به صورت هدفمند در فرایند تدریس ادغام شوند (روتن و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر این، مطالعات مروری در حوزه آموزش علوم نشان می‌دهند که اثربخشی شبیه‌سازی‌های دیجیتال زمانی افزایش می‌یابد که این ابزارها در چارچوب رویکردهای یادگیری فعال و سازنده‌گرا، مانند الگوی تدریس 5E، مورد استفاده قرار گیرند؛ الگویی که با مراحل درگیرسازی، کاوش، توضیح، بسط و ارزشیابی، زمینه مناسبی برای یادگیری عمیق و معنادار فراهم می‌کند (اسمتانا و همکاران، ۲۰۱۲). با وجود این شواهد، هنوز نیاز به پژوهش‌هایی وجود دارد که نحوه به کارگیری شبیه‌سازی‌های PhET را در بستر واقعی کلاس درس و در تعامل با الگوهای تدریس مبتنی بر کاوش، به ویژه در دوره ابتدایی، به صورت عمیق و زمینه‌مند بررسی کنند؛ از این رو، انجام مطالعات موردی در محیط واقعی کلاس می‌تواند به درک بهتر چگونگی بهره‌گیری از این ابزارها در فرایند آموزش و یادگیری کمک کند.

این پژوهش در یک دبستان درخشنده که یک مدرسه‌ی دولتی پسرانه در ناحیه یک تبریز است، در نیمسال دوم سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ اجرا شده است. جامعه پژوهش شامل تمام دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی آن مدرسه بود. نمونه پژوهش به صورت نمونه‌گیری هدفمند از یک کلاس ۳۰ نفری انتخاب شد که معلم آن داوطلب همکاری و آشنایی اولیه با شبیه‌سازی‌های PhET داشت. میانگین سنی دانش‌آموزان در حدود ۱۲ سال بود. همه دانش‌آموزان به یک رایانه یا گوشی هوشمند دسترسی داشتند.

مواد و روش پژوهش

در فرآیند یادگیری، یکی از چالش‌های اصلی این است که چگونه می‌توان مفاهیم پیچیده فیزیکی را به شیوه‌ای ساده و درعین حال عمیق به دانش‌آموزان منتقل کرد. یکی از سؤالاتی که به طور مکرر در آموزش فیزیک مطرح می‌شود، این است که کدام سنگین‌تر است؟ یک کیلو پنبه یا یک کیلو پرتقال؟! این سؤال شاید در ابتدا ساده به نظر برسد، اما در واقع یک فرصت طلایی برای معرفی مفاهیم اساسی فیزیک، مانند چگالی، حجم و جرم است. از این رو، پرسش‌هایی از این دست می‌توانند برای درک عمیق‌تر و تفکر علمی دانش‌آموزان مفید واقع شوند؛ اما چگونه می‌توان از چنین سؤالاتی برای تدریس مفاهیم پیچیده‌تر استفاده کرد؟

1. Bbee
2. Engage
3. Explore
4. Explain
5. Elaborate
6. Evaluate
7. Wieman
8. Rutten
9. Smetana

در مطالعه‌ی موردی کوشش حاضر پرسش‌های تشخیصی که شامل ۸ سؤال به صورت ۴ سؤال چندگزینه‌ای و ۴ سؤال تشریحی است؛ که ۵ سؤال از نوعی تشخیصی به عنوان پیش‌آزمون تعریف می‌شوند که هدف از آن شناسایی کج‌فهمی‌های رایج در مورد تمیز سه مفهوم جرم، وزن و چگالی برای دانش آموزان دوره‌ی ابتدایی قبل از آموزش است و از مفاهیم شناوری کمک گرفته شده است:

سؤالات چهارگزینه‌ای

- سؤال ۱: کدام یک (سنگین‌تر/بزرگ‌تر) است؟
 (آ) یک کیلو آهن (ب) یک کیلو پنبه (ج) هر دو یکسان (د) نمی‌دانم.
 سؤال ۲: اگر یک ملاقه چوبی و یک قاشق فلزی را در آب بیاندازیم، چه اتفاقی می‌افتد؟
 (آ) فقط قاشق فلزی فرو می‌رود. (ب) فقط ملاقه چوبی فرو می‌رود.
 (ج) هر دو فرو می‌روند. (د) هر دو شناور می‌مانند.
 سؤال ۳: چرا یک کشتی آهنی بزرگ و یک قایق کوچک روی آب شناور می‌ماند؟
 (آ) چون کشتی جرم بیشتری نسبت به میخ دارد. (ب) چون کشتی حجم بیشتری نسبت به میخ دارد.
 (ج) چون میخ چگالی بیشتری نسبت به کشتی دارد. (د) نمی‌دانم.
 سؤال ۴: اگر یک مکعب آهنی و یک مکعب چوبی با حجم یکسان داشته باشیم:
 (آ) جرم آهنی بیشتر است. (ب) جرم چوبی بیشتر است. (ج) وزن هر دو یکسان است. (د) نمی‌دانم.

سؤالات تشریحی

- سؤال ۵: وزن یک قایق موتوری تمام فلزی حدود یک تن است؛ تفاوت این قایق با یک خودرو با وزن حدودی یک تن چیست؟
پرسش‌های ارزشیابی (پس‌آزمون)
 سؤال ۱: دو زورق آلومینیومی هم‌اندازه را در نظر بگیرید چگونه می‌توانید با تغییر شکل در دو ورق باعث شوید که یکی از آن‌ها در آب شناور بماند و دیگری در آب فرو رود؟
 سؤال ۲: یک تاج از طلای خالص با یک تاجی بدلی که به‌طور دقیق از روی آن ساخته شده است چه تفاوتی دارد؟
 یادداشت‌های میدانی و پاسخ‌های تشریحی دانش‌آموزان با استفاده از روش تحلیل درون‌مایه‌ای (تماتیک) براون و کلارک (۲۰۰۶) مورد تحلیل قرار گرفت. فرایند تحلیل در شش مرحله شامل آشنایی با داده‌ها، تولید کدهای اولیه، جست‌وجوی درون‌مایه‌ها، بازبینی درون‌مایه‌ها، تعریف و نام‌گذاری درون‌مایه‌ها و در نهایت نگارش گزارش انجام شد. در مجموع حدود پنجاه کد اولیه استخراج گردید که در قالب پنج درون‌مایه اصلی دسته‌بندی شد.
 یادداشت‌های میدانی و پاسخ‌های تشریحی دانش‌آموزان با استفاده از روش تحلیل درون‌مایه‌ای (تماتیک) براون و کلارک (۲۰۰۶) مورد تحلیل قرار گرفت. فرایند تحلیل در شش مرحله شامل آشنایی با داده‌ها، تولید کدهای اولیه، جست‌وجوی درون‌مایه‌ها، بازبینی درون‌مایه‌ها، تعریف و نام‌گذاری درون‌مایه‌ها و در نهایت نگارش گزارش انجام شد. در مجموع حدود پنجاه کد اولیه استخراج گردید که در قالب پنج درون‌مایه اصلی دسته‌بندی شد. برای مثال، کدهایی مانند «اشتباه گرفتن چگالی با وزن» و «باور به این که اجسام سنگین همیشه فرو می‌روند» در درون‌مایه کج‌فهمی‌های پیش از آموزش قرار گرفتند؛ کدهایی همچون امکان تکرار آزمایش و تغییر پارامترها بدون ترس از شکست در درون‌مایه تسهیل کاوش با شبیه‌ساز PhET جای گرفتند؛ و مواردی مانند قطع اینترنت یا آشنا نبودن برخی دانش‌آموزان با نرم‌افزار در درون‌مایه چالش‌های اجرایی طبقه‌بندی شدند.
 به‌منظور افزایش پایایی، بخشی از داده‌ها توسط پژوهشگر دوم مجدداً کدگذاری شد و میزان توافق قابل قبول به دست آمد. با این حال، قابلیت تعمیم‌یافتگی یافته‌های این مطالعه به دلیل حجم نمونه کوچک و انتخاب غیر تصادفی محدود است. همچنین نبود گروه کنترل امکان مقایسه نتایج با روش‌های سنتی تدریس را فراهم نمی‌کند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با بهره‌گیری از طرح‌های شبه تجربی و نمونه‌های بزرگ‌تر انجام شوند تا اعتبار بیرونی یافته‌ها افزایش یابد.

در ادامه برنامه‌ی کلی چگونگی پیاده‌سازی پژوهش جاری در جدول ۲ آمده است و پیش فرض حدودی مدت‌زمان مؤثر در کلاس‌های دوره‌ی ابتدایی را می‌توان به‌طور کلی ۴۵ دقیقه در نظر گرفته‌شده است؛ و همچنین تذکر این نکته ضروری است که اگر مرحله‌ی آخر روش 5E یک آزمون برای یادگیری باشد می‌توان این مدل را در یک جلسه نیز اجرا کرد.

جدول ۲- برنامه‌ی کلی پیاده‌سازی روش 5E برای تبیین تمایز مفهوم چگالی و جرم با پایگاه شبیه‌ساز PhET

فعالیت	مدت	مرحله
پیش‌آزمون تشخیصی	۲۰ دقیقه	پرسش ۵ سؤالی درباره مفهوم چگالی و شناوری
اجرای مدل 5E با پایگاه PhET	یک جلسه	جلسه اول: درگیری ذهنی و کاوش برای مسئله‌ی طرح‌شده
	یک جلسه	جلسه دوم: ارائه‌ی جواب و شرح و بسط
	یک جلسه	جلسه سوم: آزمون از یادگیری
پس‌آزمون و مصاحبه گروهی	۳۰ دقیقه	همان پرسش‌های پیش‌آزمون + ۳ سؤال جدید

روش پژوهش حاضر با تمرکز بر استفاده از منابع کتابخانه‌ای و شبیه‌سازی‌های تعاملی پایگاه PhET برای آموزش مفهوم چگالی، انجام‌شده است. لازم به یادآوری هست که از رابطه (۱) برای به دست آوردن چگالی استفاده می‌شود:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در رابطه‌ی بالا چگالی یک جسم به‌صورت تقسیم جرم آن با واحد کیلوگرم بر حجم متناظر جسم با واحد مترمربع در دستگاه بین‌المللی یکاها^۱ تعریف می‌شود که در نتیجه واحد چگالی به‌صورت کیلوگرم بر مترمکعب نتیجه می‌شود؛ که هرچند با استفاده‌ی واحدهای فرعی برای جرم مثل گرم و واحدهای لیتر، میلی‌لیتر و سی‌سی برای حجم یکاهای فرعی دیگری برای چگالی بر اساس قوانین ابعادی نیز در گزارش‌ها استفاده می‌شود.^۲

بحث و ارائه یافته‌ها

سؤالی که ذهن دانش‌آموزان را به کاوش وا می‌دارد: ۵ کیلو پرتقال سنگین‌تر است یا ۵ کیلو پنبه؟ چرا باید برای جواب چنین سؤال مکث وجود داشته باشد. این مسئله هما بیانگر فاصله‌ی درک مفهوم چگالی و جرم را نشان می‌دهد. بشر از ابتدا مفهوم بزرگی را سریع‌تر از سنگینی درک می‌کرد. یک معلم می‌تواند با روش 5E به بررسی این سؤال زیبا و چالش‌برانگیز بپردازد. برای نمونه معلمی یک کیلو پنبه و پنج کیلو پرتقال را روی میز بگذارد و از دانش‌آموزان می‌پرسد: فکر می‌کنید کدام یک سنگین‌تر است؟ چرا؟ دانش‌آموزان می‌توانند با دست خود پنبه و پرتقال را وزن کنند یا حتی آن‌ها را بلند کنند. این کار به آن‌ها کمک می‌کند تا با تجربه مستقیم تفاوت وزن را احساس کنند.

اول؛ جلب توجه یا درگیر کردن ذهن: در این مرحله، معلم با مطرح کردن سؤالاتی مانند کدام سنگین‌تر است؟ یک کیلو پنبه یا یک کیلو پرتقال؟ توجه دانش‌آموزان را جلب می‌کند و آن‌ها را به تفکر بیشتر در مورد مفاهیم علمی تشویق می‌کند. هدف این است که دانش‌آموزان به فکر بیفتند و پرسش‌های جدیدی مطرح کنند. با طرح پرسش‌های جدید، دانش‌آموزان تفکر خلاق را نیز تقویت می‌کنند. آفرینندگی را سانتروک^۳، توانایی اندیشیدن درباره امور به راه‌های تازه و غیرمعمول و رسیدن به راه‌حل‌های منحصر به فرد برای مسائل تعریف کرده است (سانتروک، ۲۰۰۴).

در کتاب درسی ششم شکل ۱ مطرح‌شده است بدین‌صورت که از دانش‌آموز می‌خواهد آزمایشی کند بدین‌صورت که یک لیوان بردارد و تا نصف آن آب بریزد؛ سپس در حدود نصف استکان روغن مایع به آن اضافه کند. حال یک قطعه چوب‌پنبه و یک قطعه آهن داخل لیوان بیندازد. چه چیزی مشاهده می‌شود؟

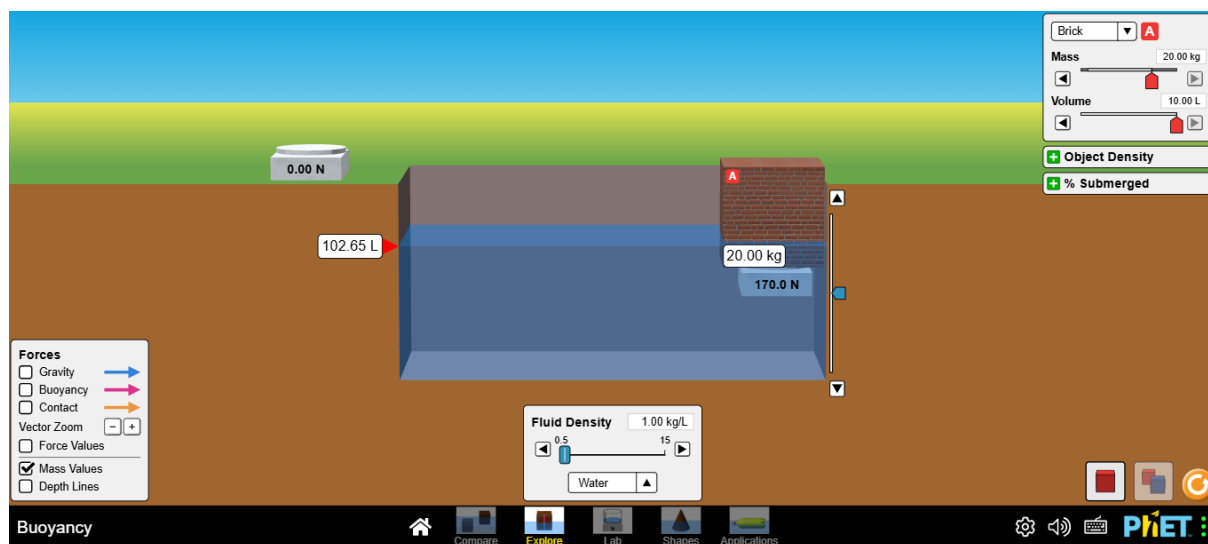
1. Système international d'unités (SI) or International System of Units

2. 1000 kg/m³=1kg/lit =1g/ml=1g/CC



شکل ۱- آزمایش کنید کتاب ششم؛ یک لیوان حاوی آب، روغن، چوب‌پنبه؟!

حالا اگر بخواهیم مرحله‌ی درگیر کردن ذهن را با پایگاه PhET انجام دهیم می‌توان فعالیت زیر را مطرح کرد بدین صورت که چرا اگر بخشی از بلوک آجری ۲۰ کیلوگرمی در آب قرار گیرد وزن آن حدود ۸,۵ کیلوگرم می‌شود؟



شکل ۲- اگر بخشی از بلوک آجری ۲۰ کیلوگرمی در آب قرار گیرد وزن آن حدود ۸,۵ کیلوگرم می‌شود؟

دوم؛ کشف و بررسی: در این بخش، دانش‌آموزان از طریق فعالیت‌های تجربی و عملی به کشف مفاهیم چگالی، جرم و حجم می‌پردازند. آن‌ها خود با استفاده از مواد مختلف این مفاهیم را درک می‌کنند و از طریق مشاهده و آزمایش به کشف نتایج می‌پردازند.

مثال: مقایسه دو شی با جرم یکسان اما با حجم متفاوت مانند تکه فلز و یک بسته پنبه.

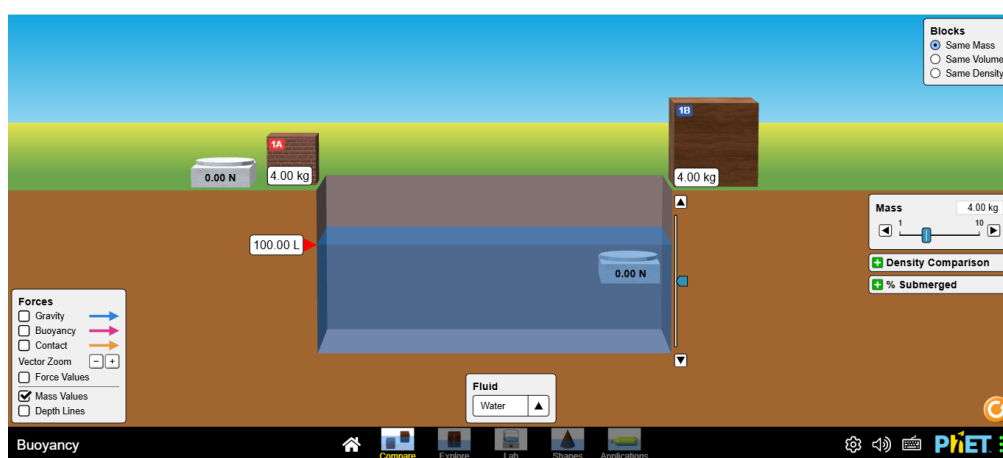
در این مرحله بهتر است برای کشف میزان درک شاگرد از موضوع یا مسئله و میزان خطا و صواب اندیشه از روش پرسش و پاسخ سقراطی که روش تاریخی معروف به روش سقراطی است، استفاده شود. تعریف روش پرسش و پاسخ سقراطی عبارت است از: طرح پرسش‌های حساب‌شده، کشف میزان درک دانش‌آموز از مسئله یا مشکل و میزان خطای اندیشه‌اش، سوق دادن شاگرد به سمت اصلاح اندیشه و تفکرش یا خلق اندیشه‌ای جدید را روش پرسش و پاسخ سقراطی گویند. این روش در گروه روش‌های فعال تدریس قرار دارد.

حال مرحله‌ی کشف و بررسی در کتاب ششم با بخش آزمایش کنید صفحه ۲۰ کتاب که تصویر یک قطعه پلاستیکی و آهن با وزن یکسان انجام می‌گیرد که هر دو به وزن یک کیلوگرم است. حال می‌توان این سؤال را مطرح کرد که آهن ساختار متراکم‌تری دارد یا قطعه‌ی پلاستیکی؟



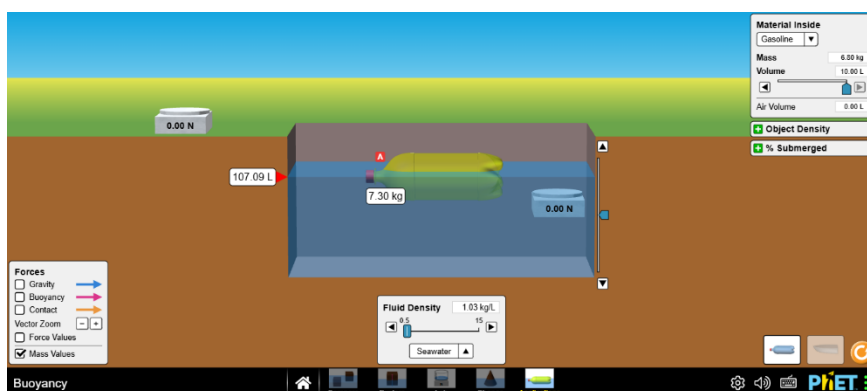
شکل ۳- مرحله‌ی کشف و بررسی در کتاب ششم با بخش آزمایش کنید صفحه ۲۰ کتاب که تصویر یک قطعه پلاستیکی و آهن با وزن یکسان انجام می‌گیرد که هر دو به وزن یک کیلوگرم است.

حالا اگر بخواهیم مرحله‌ی کاوش را با پایگاه PhET انجام دهیم می‌توان فعالیت زیر را مطرح کرد بدین‌صورت که دو بلوک چوبی و آجری را به وزن ۴ کیلوگرم را باهم چه از نظر حجم، وزن در هوا و آب باهم مقایسه کنیم!



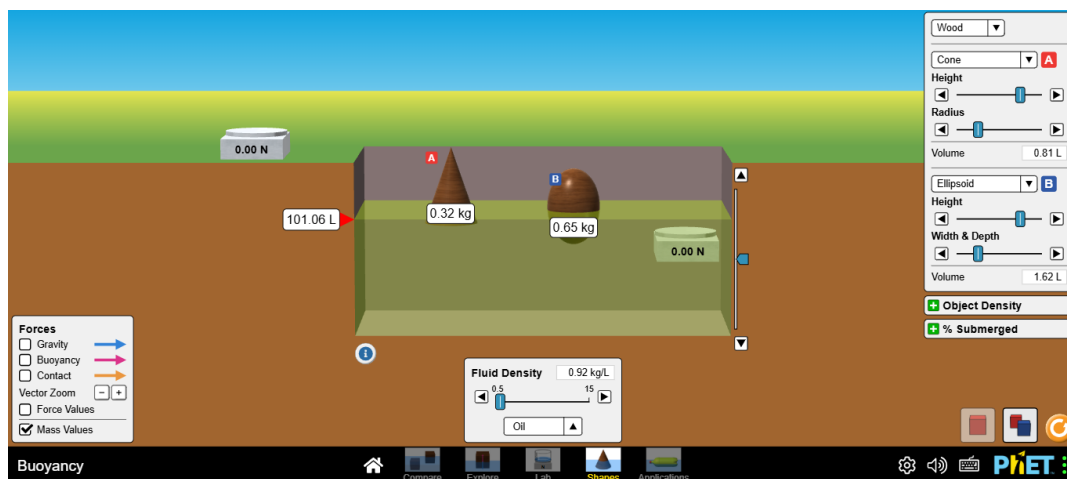
شکل ۴- فعالیت مقایسه‌ی دو بلوک چوبی و آجری را به وزن ۴ کیلوگرم را باهم از نظر حجم، وزن در هوا و آب!

سوم؛ توضیح و تشریح: پس از اتمام مرحله‌ی کشف، معلم مفاهیم علمی دقیق‌تری مانند چگالی، حجم و تفاوت‌های آن‌ها را توضیح می‌دهد و ارتباط این مفاهیم را با یکدیگر روشن می‌کند. این مرحله به تثبیت درک علمی و منطقی دانش‌آموزان کمک می‌کند. برای مثال، تعریف جرم بدین گونه می‌باشد: مقدار ماده در یک جسم را جرم می‌گویند، مثلاً ۵ کیلوگرم سیب یا ۵ کیلوگرم پرتقال و یا تعریف چگالی: اگر چند ماده با حجم یکسان داشته باشیم، آن ماده‌ای که سنگین‌تر است، چگالی بیشتری دارد. حالا اگر بخواهیم مرحله‌ی کاوش را با پایگاه PhET انجام دهیم می‌توان فعالیت زیر را مطرح کرد بدین‌صورت که بطری حاوی گازوئیل فارغ از اینکه حجم و وزن چقدر باشد، بطری همواره روی آب می‌ماند!



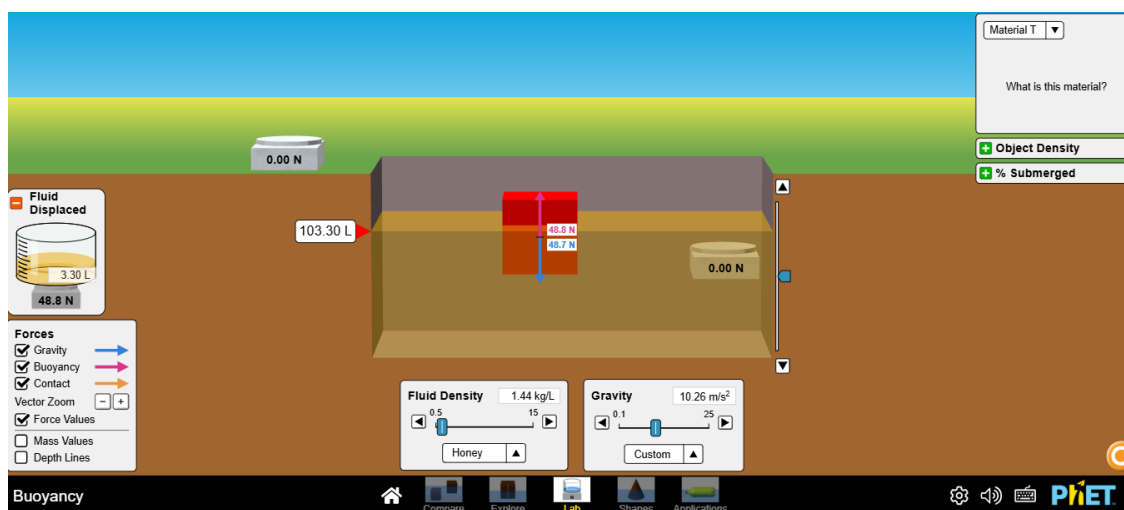
شکل ۵- بطری حاوی گازوئیل فارغ از اینکه حجم و وزن چقدر باشد، بطری همواره روی آب می‌ماند!

چهارم؛ گسترش و تعمیق: گسترش به معنای انباشتن بیشتر اطلاعات نیست، بلکه ایجاد ارتباط معنادار با مفاهیم آموخته‌شده است. این مرحله شامل به‌کارگیری مفاهیم در موقعیت‌های جدید و حل مسائل پیچیده‌تر در زندگی روزمره است. در این قسمت معلم از دانش آموزان می‌خواهد تا میزان چگالی گاری پر از سرب با کامیون پر از پر را مقایسه کنند. حالا اگر بخواهیم مرحله‌ی کاوش را با پایگاه PhET انجام دهیم می‌توان فعالیت زیر را مطرح کرد بدین‌صورت که دو جسم چوبی فارغ از اینکه چه شکلی داشته باشند همواره روی آب می‌ماند!



شکل ۶- دو جسم چوبی فارغ از اینکه چه شکلی داشته باشند همواره روی آب می‌ماند!

پنجم؛ ارزیابی: درنهایت، معلم با ارزیابی میزان درک دانش‌آموزان از مفاهیم تدریس شده، اطمینان حاصل می‌کند که مفاهیم به‌درستی درک شده‌اند و به دانش‌آموزان فرصت می‌دهد تا یادگیری خود را بررسی کنند. معلم از دانش‌آموزان مفهوم جرم، حجم و چگالی را می‌پرسد. حالا اگر بخواهیم مرحله‌ی کاوش را با پایگاه PhET انجام دهیم می‌توان فعالیت زیر را مطرح کرد بدین‌صورت که جسمی در ظرف عسل شناور مانده است جنس این جسم از چه چیزی می‌تواند باشد؟



شکل ۷- جسمی در ظرف عسل شناور مانده است جنس این جسم از چه چیزی می‌تواند باشد؟

کج‌فهمی‌های رایج در آموزش چگالی، اجسام سنگین همیشه در آب فرو می‌روند و اجسام سبک همیشه در آب شناور می‌مانند، بدون آنکه نقش حجم و چگالی را در نظر بگیرند.

این باور نادرست است، زیرا دانش آموزان مفهوم «چگالی» را با مفهوم وزن اشتباه می‌گیرند. در کتاب راهنمای معلم علوم تجربی پایه پنجم، در بخش تدریس مفهوم شناوری، معمولاً هشدار داده می‌شود که معلمان مراقب باشند و با انجام فعالیت‌های عملی (مانند مقایسه یک‌تکه آهن کوچک با یک کشتی آهنی اسباب‌بازی) این مفهوم را اصلاح کنند. دانش آموزان در یادگیری حجم و گنجایش به ۴ دسته درک کامل، درک ناقص، درک اشتباه، فقدان درک تقسیم می‌شوند. لذا باید اول معلمان باورهای غلط خود را در این مورد اصلاح کنند تا باعث کاهش کج‌فهمی‌های دانش آموزان شوند (سعادت، ۲۰۲۱).

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

یکی از چالش‌های اصلی مدیریت آموزشی در سطح مدرسه و منطقه، هزینه‌های بالای تأسیس، تجهیز، نگهداری و به‌روزرسانی آزمایشگاه‌های فیزیکی به‌ویژه در رشته‌های علوم تجربی، فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی است. این هزینه‌ها شامل خرید تجهیزات، مواد مصرفی، تعمیرات دوره‌ای، تأمین ایمنی و حتی هزینه‌های فضای فیزیکی می‌شود. در شرایط محدودیت بودجه وزارت آموزش و پرورش و مدارس دولتی، بسیاری از مدارس یا فاقد آزمایشگاه مجهز هستند یا آزمایشگاه‌های موجود در عمل غیرفعال مانده‌اند.

در این شرایط، آزمایشگاه‌های مجازی^۱ به‌عنوان یک راهکار جایگزین یا مکمل کم‌هزینه و مقیاس‌پذیر مطرح می‌شوند. ابزارهایی مانند پایگاه PhET که صدها شبیه‌سازی رایگان و مبتنی بر تحقیق در حوزه‌های فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، ریاضی و علوم زمین ارائه می‌دهد، نمونه‌ای موفق و جهانی است.

هزینه تأسیس یک آزمایشگاه فیزیکی استاندارد ممکن است ده‌ها تا صدها میلیون تومان باشد، درحالی‌که استفاده از پایگاه PhET یا ابزارهای مشابه تقریباً صفر هزینه مستقیم دارد (فقط نیاز به اینترنت و دستگاه موجود). از طرف دیگر طبق آمارهای رسمی و غیررسمی اخیر در ایران، بیش از ۸۵-۹۵٪ دانش‌آموزان دوره متوسطه اول و دوم حداقل به یک گوشی هوشمند دسترسی دارند. این ابزارها معمولاً بدون نیاز به نصب از طریق مرورگر و با مصرف اینترنت نسبتاً پایین اجرا می‌شوند و حتی نسخه آفلاین هم دارند؛ و چون آزمایش‌هایی که در دنیای واقعی خطرناک، گران یا غیرقابل تکرار هستند (انفجار، مواد شیمیایی سمی، پرتاب اجسام، مدارهای الکتریکی پرخطر) به‌راحتی و بدون هیچ خطری در محیط مجازی قابل انجام است. در این صورت دانش‌آموز می‌تواند در خانه، اتوبوس یا هر زمان دیگری آزمایش را تکرار کند این ویژگی به یادگیری خودتنظیم^۲ کمک می‌کند. پیامد موارد بالا می‌تواند درنهایت به‌صورت تعمیق در یادگیری ظاهر شود. چراکه استفاده از شبیه‌سازها می‌تواند موانعی به‌مانند محدودیت‌های تجهیزات که باعث می‌شود برنامه‌های یادگیری که بر مبنای پژوهش اجرایی نشود رفع کند و در این صورت دانش آموزان می‌توانند در پروژه‌هایی مانند بررسی امکان حیات در فضا شرکت داشته باشند (شیعه زاده، ۲۰۲۴)؛ و یا اینکه امکان تشکیل شدن نانو ساختارهای بین ستاره‌ای بر روی زمین را بررسی کنند (قاسم‌نژاد، ۲۰۲۰).

در جریان اجرای فعالیت‌های مبتنی بر شبیه‌سازی، نمونه‌هایی از بروز ابتکار^۳، تفکر انتقادی^۴ و مهارت حل مسئله در میان دانش‌آموزان مشاهده شد. در پژوهش‌سرای رازی ناحیه یک ری، دو نفر از دانش‌آموزان در دوران شیوع کرونا ایده‌ای فراتر از تکالیف کلاسی مطرح کردند. آنان پیشنهاد دادند می‌توان نانو ساختارهایی طراحی کرد که نسبت به برآمدگی‌های سطحی یا شاخک‌های پروتئینی^۵ (اسپایک) ویروس حساس باشد و به‌عنوان حسگر عمل کند؛ به‌گونه‌ای که به‌جای ضدعفونی گسترده و غیرهدفمند محیط، امکان شناسایی دقیق و موضعی نقاط آلوده فراهم شود. این ایده نشان می‌داد که دانش‌آموزان توانسته‌اند مفاهیم مربوط به ساختار مولکولی و فناوری نانو را در یک موقعیت واقعی و مسئله‌محور به‌کارگیرند. شایان‌ذکر است که پیگیری و توسعه همین ایده درنهایت به نگارش و انتشار مقاله‌ای در مجله‌ی *Frontiers in Physics* انجامید (قاسم‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۱).

1. Virtual Laboratories
2. Self-regulated Learning
3. Initiative
4. Critical thinking
5. Spike protein

هیچ تحول آموزشی بدون توانمندسازی معلم ممکن نیست. بسیاری از معلمان (به‌ویژه نسل‌های قدیمی‌تر) با ابزارهای شبیه‌سازی تعاملی آشنایی کافی ندارند یا نسبت به آن به خاطر ترس از کاهش نقش معلم، نگرانی از کیفیت یادگیری، کمبود مهارت دیجیتال مقاومت نشان می‌دهند.

استفاده از مدل تدریس 5E در تدریس مفاهیم پیچیده فیزیک مانند چگالی به‌صورت گسترده‌تر در پایه‌های مختلف تحصیلی به معلمان توصیه‌ای اکید می‌شود. همچنین، طراحی و اجرای فعالیت‌های عملی مشابه برای درک بهتر تفاوت بین جرم، حجم و چگالی پیشنهاد می‌گردد. همچنین به برنامه‌ریزان درسی، گنجاندن مثال‌ها و تمرین‌های مبتنی بر مدل 5E در کتاب‌های درسی علوم تجربی، به‌ویژه در بخش‌های مربوط به چگالی و شناوری، می‌تواند به کاهش کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان کمک کند؛ و در نهایت به مراکز تربیت‌معلم مانند دانشگاه فرهنگیان، مرکز ضمن خدمت معلمان، برگزاری کارگاه‌های آموزشی مبتنی بر مدل 5E برای آشنایی هرچه بیشتر معلمان با این روش و چگونگی به‌کارگیری آن در تدریس مفاهیم علمی پیشنهاد می‌گردد. همچنین به پژوهشگران آینده، انجام تحقیقات مشابه با نمونه بزرگ‌تر و برای پایه‌های تحصیلی مختلف، برای سنجش اثربخشی روش 5E در بلندمدت و همچنین بررسی تأثیر آن بر سایر مفاهیم فیزیکی مثل اکسایش و کاهش و سایر علوم دیگر پیشنهاد می‌شود.

در مورد رویکرد استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی نه تنها یک راه‌حل موقتی برای محدودیت بودجه است، بلکه می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی پایدار تحول‌آفرین در مدیریت آموزشی مدارس ایران نهادینه شود. شرط اصلی موفقیت، سرمایه‌گذاری هدفمند در آموزش معلمان و تغییرات ساختاری در محتوای آموزشی رسمی است. با این دو اقدام، می‌توان مدل آموزش ترکیبی واقعی را در سطح گسترده اجرایی کرد و کیفیت آموزش علوم را بدون هزینه‌های گزاف تجهیزات فیزیکی ارتقا داد. در نهایت برای عملیاتی کردن تحول در آموزش و پرورش پیشنهادها در دو مقیاس در ادامه مطرح می‌شود:

پیشنهادهای مدیریتی در این زمینه: به مدیران منطقه‌ای توصیه می‌شود که طراحی دوره‌های ضمن خدمت اجباری یا انگیزشی با عنوان کاربرد آزمایشگاه‌های مجازی در تدریس علوم تجربی می‌تواند کیفیت منابع موجود را ارتقا دهد. چرا که نهایت باعث طراحی فعالیت کلاسی ترکیبی، تحلیل نتایج شبیه‌سازی توسط دانش‌آموزان و رفع اشکالات رایج در فضای مجازی می‌شود. برای این دوره‌ها می‌توان از الگوی آموزش معلم-معلم در هر منطقه استفاده کرد و در نهایت با ارائه گواهینامه معتبر و امتیاز ضمن خدمت برای تشویق و مشارکت حداکثری بهره برد.

پیشنهاد سیاست‌گذاری کلان: ادغام آزمایشگاه مجازی در محتوای کتاب‌های درسی یکی از مؤثرترین راه‌های نهادینه‌سازی این رویکرد، تغییر در ساختار کتاب‌های درسی و راهنمای معلم است. پیشنهادهای مشخص در بخش فعالیت‌های پیشنهادی هر فصل (به‌ویژه در کتاب‌های علوم تجربی پایه‌های هفتم تا دوازدهم)، فعالیت‌هایی با عنوان مشخص اضافه شود. در انتهای هر فصل یا در پیوست کتاب، فهرستی از پایگاه‌های آنلاین یا نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مرتبط آورده شود؛ و در راهنمای تدریس معلم، نیز سناریوهای دقیق درس دادن ترکیبی ارائه گردد. این رویکرد باعث می‌شود استفاده از آزمایشگاه مجازی از حالت اختیاری و فردی به سیاست رسمی و ساختاری نظام آموزشی تبدیل شود.

منابع

- احمدی، احمد؛ رسولی، بهنام؛ اسلام پناه، مریم؛ و احمدی، فواد. (۱۳۹۳). تأثیر روش تدریس 5E بر یادگیری و خلاقیت دانش‌آموزان. مهندسی آموزشی، ۳، ۴۵-۶۰. <http://noo.rs/EOpw7>
- نقی زاده سرابی، میرعلی؛ سعادت، مسعود. (۱۴۰۰). بررسی مطالعات انجام شده درباره کج فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مورد برخی مفاهیم متداول علوم تجربی دوره ابتدایی. پژوهش در آموزش شیمی، ۳(۲)، ۳۷-۵۲. https://chemedu.cfu.ac.ir/article_1828.html

References:

- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, Co: BSCS, 5, 88-98. <https://fremonths.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bscs5efullreport2006.pdf>

- Fullan, M. (2016). The new meaning of educational change (5th ed.). Teachers College Press. <https://doi.org/10.7206/978-83-8224-035-8>
- Ghasmzadeh, A, Naghavi, J, Samadzadeh, S, & Abedi A. (2025). Conceptualization of social justice: from the perspective of Iranian school principals, International Journal of Leadership in Education, 1-16. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=2E3YXJUAAAAJ&citation_for_view=2E3YXJUAAAAJ:PR6Y55bgFSsC
- Hall, G. E., & Hord, S. M. (2015). Implementing change: Patterns, principles, and potholes (4th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/store/p/implementing-change-patterns-principles-and-potholes/P100001606643/9780133499856>
- Harris, A., & Jones, M. (2019). Teacher leadership and professional development: Building capacity for school improvement. Professional Development in Education, 45(3), 335–340. <https://doi.org/10.1080/19415257.2019.1593650>
- Qasemnazhand, M., Khoeini, F., & Marsusi, F. (2020). Fulleryne, a new member of the carbon cages family. arXiv preprint arXiv:2003.09835. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.09835>
- Qasemnazhand, M., Khoeini, F., & Marsusi, F. (2021). Optical response of sila-fulleranes in interaction with glycoproteins for environmental monitoring. Frontiers in Physics, 9, 691034. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.691034>
- Santrock, J. W. (2004). Language development. Child development. 10th ed. Boston: McGraw-Hill, 313-41. <https://www.mheducation.com/unitas/highered/sample-chapters/9781260073935.pdf>
- Shiehazadeh, F., Qasemnazhand, M., & Ashrafabadi, A. (2024). Integrating STEAM with Astrobiology: Simulating Molecular Structures to Foster Inquiry-Based Learning in High School Science. Physics Journal Farhangian University, 1(1), 42-54. https://physics.cfu.ac.ir/article_3810.html