شناخت، رفتار، یادگیری

تأثیر استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای بر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان پایه اول متوسطه در درس زیست‌شناسی

عبدالله الحلفی[۱]، حسین خنیفر[۲*]، عدنان حکمت البیاتی[۳]

۱. دانشجوی دکتری مدیریت آموزشی، پردیس بین المللی ارس، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. استاد، گروه مدیریت و برنامه‌ریزی، پردیس فارابی دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. استاد گروه مدیریت آموزشی، دانشگاه المصطفی، بغداد، عراق

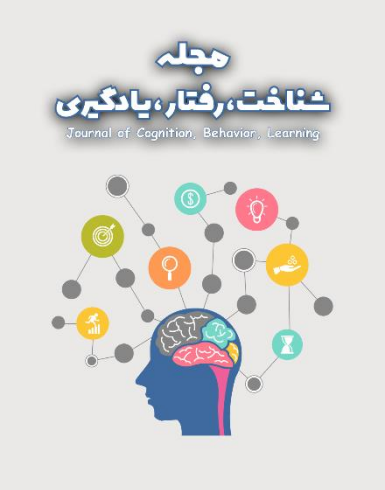
* ایمیل نویسنده مسئول: Khanifar@ut.ac.ir

تاریخ ارسال: ۱۴۰۵/۰۳/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۶ تاریخ چاپ: ۱۴۰۶/۰۴/۰۱

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای بر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان پایه اول متو سطه در درس زیست شنا سی بود. پژوهش حا ضر با روش آزمای شی و طرح پیش‌آزمون—پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شـد. جامعه پژوهش را دانش‌آموزان پایه اول متوسـطه مدرسـه پسـرانه خالد بن ولید تشـکیل دادند. از میان کلاس‌های موجود، دو کلاس انتخاب شدند و کلاس الف به‌صورت تصادفی در گروه آزمایش و کلاس ب در گروه کنترل قرار گرفت. پس از اعمال معیارهای ورود و حذف، نمونه نهایی شامل ۵۰ دانش‌آموز بود که ۲۵ نفر در گروه آزمایش و ۲۵ نفر در گروه کنترل قرار داشـتند. دو گروه از نظر سـن تقویمی، پیشـرفت تحصـیلی پیشـین، دانش اولیه و تفکر خلاق پیش‌آزمون همتاسازی شدند. گروه آزمایش آموزش زیست‌شناسی را با استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای دریافت کرد، در حالی که گروه کنترل با روش معمول آموزش داده شد. برای گردآوری داده‌ها از آزمون پیشرفت تحصیلی محقق‌ساخته و آزمون تفکر خلاق تورنس اسـتفاده شـد. داده‌ها با اسـتفاده از شـاخص‌های توصـیفی و تحلیل کوواریانس در سـطح معناداری ۰,۰۵ تحلیل شـدند. نتایج تحلیل کوواریانس نشـان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت بین دو گروه از نظر پیشـرفت تحصـیلی معنادار بود، $F(۱,۴۷)=۷۶.۲۷$، $p<۰.۰۰۱$، $\eta p^2=۰.۶۲$. همچنین، پس از کنترل اثر پیش‌آزمون تفکر خلاق، اثر گروه بر نمرات پس‌آزمون تفکر خلاق معنادار بود، $F(۱,۴۷)=۴۴.۹۵$، $p<۰.۰۰۱$، $\eta p^2=۰.۴۹$. اسـتفاده از آزمای شگاه خ شک رایانه‌ای می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد آموز شی مؤثر، موجب بهبود معنادار پی شرفت تح صیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان در درس زیسـت‌شـناسـی شـود و به‌ویژه در موضـوعاتی که اجرای آزمایش واقعی دشـوار، پرهزینه یا محدود است، به‌عنوان مکمل آموزش سنتی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژگان: *آزمایشگاه خشک رایانه‌ای، پیشرفت تحصیلی، تفکر خلاق، زیست‌شناسی، دانش‌آموزان پایه اول متوسطه.*



شـیوه اسـتناددهی: الحلفی، عبدالله، خنیفر، حسـین، و حکمت البیاتی، عدنان. (۱۴۰۶). تأثیر استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای بر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان پایه اول متوسطه در درس زیست‌شناسی. *شناخت، رفتار، یادگیری*، ۴(۴)، ۱۷-۱.

© ۱۴۰۶ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

Cognition, Behavior, Learning

The Effect of Using a Computer-Based Dry Laboratory on Academic Achievement and Creative Thinking among First-Year Secondary School Students in Biology

Abdullah Al-Halfi[1], Hossein Khanifar[2]*, Adnan Hikmat Al-Bayati[3]

1. PhD student in Educational Management, Aras International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Management and Planning, Farabi Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Educational Management, Al-Mustafa University, Baghdad, Iraq.

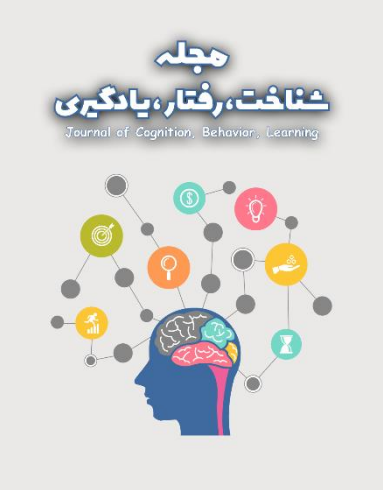
*Corresponding Author's Email: Khanifar@ut.ac.ir

Submit Date: 2026-06-19 Revise Date: 2026-09-21 Accept Date: 2026-10-18 Publish Date: 2027-06-22

Abstract

The present study aimed to examine the effect of using a computer-based dry laboratory on academic achievement and creative thinking among first-year secondary school students in biology. This study employed an experimental pretest–posttest design with a control group. The study population consisted of first-year secondary school male students at Khalid bin Al-Walid Secondary School. Two existing classes were selected, with Class A randomly assigned to the experimental group and Class B assigned to the control group. After applying the inclusion and exclusion criteria, the final sample consisted of 50 students, including 25 students in the experimental group and 25 in the control group. The groups were matched in terms of chronological age, previous academic achievement, prior knowledge, and baseline creative thinking. The experimental group received biology instruction through a computer-based dry laboratory, whereas the control group received conventional instruction. Data were collected using a researcher-developed academic achievement test and the Torrance Test of Creative Thinking. Data were analyzed using descriptive statistics and analysis of covariance at a significance level of 0.05. Analysis of covariance showed that, after controlling for pretest scores, the difference between the two groups in academic achievement was statistically significant, $F(1,47)=76.27$, $p<0.001$, $\eta p^2=0.62$. In addition, after controlling for creative thinking pretest scores, the group effect on creative thinking posttest scores was statistically significant, $F(1,47)=44.95$, $p<0.001$, $\eta p^2=0.49$. The use of a computer-based dry laboratory can serve as an effective instructional strategy for significantly improving students' academic achievement and creative thinking in biology, particularly when real laboratory activities are difficult, costly, or constrained, and may therefore be used as a complementary approach to conventional instruction.

Keywords: *Computer-Based Dry Laboratory, Academic Achievement, Creative Thinking, Biology, First-Year Secondary School Students.*



How to cite: Al-Halfi, A., Khanifar, H., Hikmat Al-Bayati, A. (2027). The Effect of Using a Computer-Based Dry Laboratory on Academic Achievement and Creative Thinking among First-Year Secondary School Students in Biology. *Cognition, Behavior, Learning, 4*(4), 1-17.

© 2027 the authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC4.0) License.

مقدمه

تحولات سریع فناوری‌های دیجیتال در دهه‌های اخیر، ساختار و ماهیت فرایندهای یاددهی–یادگیری را به‌طور اساسی دگرگون کرده و نظام‌های آموزشی را با ضرورت بازنگری در روش‌های سنتی تدریس مواجه ساخته است. در الگوهای جدید آموزشی، فناوری دیگر صرفاً یک ابزار جانبی برای ارائه محتوا نیست، بلکه به‌عنوان بخشی از محیط یادگیری، فرایند شناخت، تعامل، حل مسئله و تولید دانش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گسترش رایانه، نرم‌افزارهای آموزشی، شبیه‌سازهای علمی، محیط‌های ترکیبی یادگیری و سامانه‌های هوشمند سبب شده است که نقش دانش‌آموز از دریافت‌کننده منفعل اطلاعات به یادگیرنده‌ای فعال، کاوشگر و مشارکت‌کننده تغییر یابد. مطالعات جدید نیز نشان می‌دهند که فناوری‌های پیشرفته، به‌ویژه محیط‌های هوشمند و انطباقی، می‌توانند مشارکت، خودتنظیمی، درگیری شناختی و کیفیت فرایند یادگیری را افزایش دهند (Zou & Jiang, 2025). هم‌زمان، ظهور فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، رابط‌های مغز–رایانه و محیط‌های یادگیری هوشمند، افق‌های تازه‌ای را در زمینه ارتقای فرایندهای شناختی، هیجانی و آموزشی دانش‌آموزان و دانشجویان گشوده است (Panwar, 2026; Zhao, 2025). با وجود این، اثربخشی فناوری در آموزش زمانی محقق می‌شود که استفاده از آن در چارچوبی هدفمند، متناسب با ماهیت محتوا و مبتنی بر اصول علمی یادگیری صورت گیرد.

در میان دروس مدرسه‌ای، آموزش علوم تجربی و به‌ویژه زیست‌شناسی از جایگاهی ویژه برخوردار است، زیرا این درس علاوه بر انتقال دانش نظری، بر مشاهده، تجربه، آزمایش، استدلال علمی و درک روابط میان پدیده‌های طبیعی استوار است. آموزش مؤثر علوم باید فرصت‌هایی برای مشاهده مستقیم یا شبیه‌سازی‌شده پدیده‌ها، آزمون فرضیه‌ها، تحلیل نتایج و بازسازی مفاهیم علمی فراهم کند (Ali & Omaira, 2007). بر همین اساس، رویکردهای نوین تدریس علوم بر یادگیری فعال، مشارکت دانش‌آموز، کاوشگری، آزمایش و حل مسئله تأکید دارند و معلم را از نقش انتقال‌دهنده اطلاعات به هدایت‌گر یادگیری تغییر می‌دهند (Ataallah, 2010). در چنین رویکردی، یادگیری زمانی عمیق‌تر و پایدارتر خواهد بود که دانش‌آموز بتواند مفاهیم علمی را در قالب موقعیت‌های مسئله‌محور تجربه کند، روابط میان متغیرها را کشف نماید و پیامد تغییر شرایط را مشاهده کند (Trowbridge, 2004). در واقع، آموزش علوم زمانی بیشترین اثربخشی را دارد که یادگیرنده بتواند میان دانش نظری و تجربه عملی ارتباط برقرار کند.

یکی از مهم‌ترین محیط‌های تحقق این هدف، آزمایشگاه آموزشی است. آزمایشگاه از دیرباز یکی از ارکان آموزش علوم شناخته شده و نقش آن در رشد مهارت‌های علمی، تقویت نگرش علمی، افزایش درک مفهومی و ارتقای توانایی حل مسئله مورد تأکید قرار گرفته است. کار در محیط آزمایشگاهی به دانش‌آموز امکان می‌دهد از طریق مشاهده، اندازه‌گیری، مقایسه، فرضیه‌سازی و استنتاج، مفاهیم علمی را نه صرفاً به‌صورت انتزاعی، بلکه در قالب تجربه‌ای عینی درک کند (Shayeb, 2004). با این حال، استفاده از آزمایشگاه‌های واقعی همواره با محدودیت‌هایی مانند کمبود تجهیزات، هزینه بالای مواد مصرفی، مسائل ایمنی، محدودیت زمانی کلاس، تعداد زیاد دانش‌آموزان و دشواری اجرای برخی آزمایش‌ها همراه است. این محدودیت‌ها به‌ویژه در مدارس متوسطه می‌تواند باعث شود بسیاری از مفاهیم علمی صرفاً در سطح نظری تدریس شوند و دانش‌آموز فرصت کافی برای تجربه و تعامل مستقیم با پدیده‌های مورد مطالعه نداشته باشد (Al-Ghanem, 2004; Al-Zahrani, 2004).

در پاسخ به این محدودیت‌ها، استفاده از آزمایشگاه‌های رایانه‌ای و به‌ویژه «آزمایشگاه خشک» به‌عنوان یکی از راهبردهای نوین آموزش علوم مطرح شده است. آزمایشگاه خشک نوعی محیط شبیه‌سازی‌شده مبتنی بر رایانه است که در آن فرایندها و آزمایش‌های علمی بدون استفاده مستقیم از مواد و تجهیزات فیزیکی اجرا می‌شوند. این محیط به دانش‌آموز اجازه می‌دهد متغیرها را تغییر دهد، نتایج احتمالی را مشاهده کند، آزمایش‌ها را چندین بار تکرار نماید و روابط میان عوامل مختلف را بدون خطر یا هزینه اضافی بررسی کند. استفاده از رایانه در آموزش به دلیل قابلیت ارائه چندرسانه‌ای اطلاعات، امکان تعامل، بازخورد سریع و انعطاف‌پذیری بالا می‌تواند شرایطی مناسب برای یادگیری فعال ایجاد کند (Al-Far, 2002). در همین راستا، بررسی وضعیت استفاده از آزمایشگاه‌های رایانه‌ای در آموزش علوم نشان داده است که معلمان و

دانش‌آموزان، در صورت فراهم بودن زیرساخت مناسب، نگرش مثبتی نسبت به این نوع محیط‌ها دارند و آنها را برای درک بهتر مفاهیم علمی سودمند تلقی می‌کنند (Shaye, 2006).

یکی از مهم‌ترین مزایای آزمایشگاه خشک، امکان بازنمایی پدیده‌هایی است که در محیط واقعی مشاهده آنها دشوار، زمان‌بر یا پرهزینه است. در درس زیست‌شناسی، بسیاری از فرایندها مانند تغییرات سلولی، تعامل‌های زیستی، توالی رویدادهای فیزیولوژیک یا اثر تغییر یک متغیر بر سامانه زیستی، در شرایط کلاس عادی به‌آسانی قابل مشاهده نیستند. شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌تواند این فرایندها را به‌صورت پویا و تعاملی در اختیار دانش‌آموز قرار دهد و از این طریق به شکل‌گیری تصورات ذهنی دقیق‌تر کمک کند. همچنین، امکان توقف، تکرار، تغییر سرعت یا بازسازی یک فرایند، فرصت مناسبی برای یادگیری در سرعت فردی ایجاد می‌کند. مطالعات پیشین درباره استفاده از رایانه به‌عنوان آزمایشگاه خشک در آموزش شیمی نشان داده‌اند که چنین محیط‌هایی می‌توانند نگرش علمی دانش‌آموزان را تقویت کنند و آنان را به مشارکت فعال‌تر در فرایند یادگیری سوق دهند (Shannaq et al., 2004). همچنین، به‌کارگیری رایانه در آموزش شیمی با رشد تفکر علمی و بهبود نگرش نسبت به درس همراه بوده است (Hudhaifi & Dughaim, 2005).

از سوی دیگر، یکی از شاخص‌های اصلی اثربخشی هر مداخله آموزشی، میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان است. پیشرفت تحصیلی بازتابی از میزان دستیابی یادگیرنده به اهداف آموزشی و تسلط بر دانش و مهارت‌های مورد انتظار در یک حوزه درسی است و تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل شناختی، انگیزشی، محیطی و آموزشی قرار دارد (Saleh, 2004). کیفیت روش تدریس، میزان مشارکت فعال دانش‌آموز، نوع بازخورد و فرصت تمرین از جمله عواملی هستند که می‌توانند عملکرد تحصیلی را به شکل معناداری تحت تأثیر قرار دهند. در رویکردهای فعال، دانش‌آموز با انجام فعالیت، پرسشگری، بحث، تجربه و بازنگری در پاسخ‌های خود، دانش را به‌صورت فعال می‌سازد و همین امر احتمال ماندگاری و انتقال یادگیری را افزایش می‌دهد (Badir, 2012). در این زمینه، استفاده از محیط‌های آموزشی مبتنی بر فناوری می‌تواند با ایجاد تعامل بیشتر، ارائه بازخورد فوری و فراهم‌کردن فرصت تمرین مکرر، مسیر دستیابی به اهداف آموزشی را تسهیل کند.

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه آموزش مبتنی بر فناوری نشان داده‌اند که روش‌های نوین مانند کلاس معکوس، یادگیری ترکیبی و محیط‌های دیجیتال می‌توانند پیامدهای آموزشی مثبتی ایجاد کنند. برای نمونه، استفاده از الگوی کلاس معکوس با توسعه شایستگی‌های آموزشی و برخی عادات ذهنی همراه بوده است (Shalaby, 2016) و مطالعات مربوط به یادگیری در کلاس‌های معکوس نیز نشان داده‌اند که چنین محیط‌هایی می‌توانند فرصت بیشتری برای تعامل، تمرین و یادگیری فعال فراهم کنند (Al-Kuhaili, 2015). همچنین، طراحی‌های انطباقی در محیط‌های یادگیری ترکیبی می‌توانند مشارکت دانش‌آموزان و خودتنظیمی آنان را تقویت کنند (Zou & Jiang, 2025). این یافته‌ها بر این نکته تأکید دارند که فناوری زمانی بیشترین اثربخشی را خواهد داشت که یادگیرنده را در فرایند تولید و پردازش دانش درگیر سازد، نه اینکه صرفاً محتوای سنتی را در قالبی دیجیتال بازتولید کند.

در کنار پیشرفت تحصیلی، یکی دیگر از پیامدهای مهم آموزش علوم، توسعه تفکر خلاق است. تفکر خلاق به توانایی فرد برای تولید ایده‌های متعدد، متنوع، بدیع و قابل گسترش اشاره دارد و معمولاً در قالب مؤلفه‌هایی مانند سیالی، انعطاف‌پذیری، ابتکار و بسط مورد بررسی قرار می‌گیرد. نظام آموزشی جدید تنها به انتقال اطلاعات محدود نمی‌شود، بلکه باید زمینه‌ای برای رشد تفکر، حل مسئله، تصمیم‌گیری و خلق ایده‌های جدید فراهم سازد. ادغام مهارت‌های تفکر در محتوای برنامه درسی می‌تواند دانش‌آموز را از حفظ و بازگویی اطلاعات فراتر برده و او را به تحلیل، تفسیر، تولید و ارزیابی اطلاعات سوق دهد (Nofal & Saifan, 2011). همچنین، آموزش مستقیم مهارت‌های تفکر می‌تواند بر حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان اثرگذار باشد (Saadoun, 2012).

محیط‌های آزمایشگاهی رایانه‌ای از این منظر نیز ظرفیت بالایی دارند، زیرا دانش‌آموز در این محیط‌ها صرفاً با یک پاسخ ثابت مواجه نیست و می‌تواند سناریوهای مختلف را آزمایش کند. تغییر متغیرها، پیش‌بینی نتایج، مقایسه پاسخ‌ها و جست‌وجوی توضیح برای پدیده‌ها، زمینه‌ای مناسب برای تفکر واگرا ایجاد می‌کند. در چنین شرایطی، دانش‌آموز می‌تواند مسیرهای مختلف برای حل یک مسئله را تجربه کند و از طریق

خطا و اصلاح، به درک عمیق‌تری برسد. پژوهش‌های مرتبط با آزمایشگاه خشک در آموزش فیزیک نشان داده‌اند که استفاده از چنین محیط‌هایی علاوه بر بهبود یادگیری مفاهیم، می‌تواند مهارت‌های تفکر سطح بالا را نیز افزایش دهد (Qatīt, 2008). این یافته اهمیت استفاده از محیط‌هایی را نشان می‌دهد که به جای تأکید صرف بر حفظ مطالب، دانش‌آموز را به کاوش، تحلیل و تولید ایده‌های جدید تشویق می‌کنند. مهارت‌های تدریس نیز در تحقق این هدف نقش تعیین‌کننده دارند. روش تدریس مؤثر باید به‌گونه‌ای طراحی شود که یادگیرنده فرصت کافی برای مشارکت، کشف، تمرین و بازخورد داشته باشد و فعالیت‌های آموزشی با اهداف شناختی و مهارتی هماهنگ باشند (Saadi, 2004). در آموزش زیست‌شناسی، اگر فعالیت‌های رایانه‌ای صرفاً به مشاهده تصاویر یا نمایش ویدئو محدود شوند، احتمال دستیابی به سطوح بالای یادگیری کاهش می‌یابد؛ در مقابل، زمانی که دانش‌آموز در محیط شبیه‌سازی‌شده متغیرها را کنترل، نتایج را پیش‌بینی و یافته‌ها را تحلیل می‌کند، احتمال رشد تفکر علمی و خلاق افزایش می‌یابد. بنابراین، طراحی فعالیت‌های آزمایشگاه خشک باید مبتنی بر تعامل فعال، بازخورد، کاوش و حل مسئله باشد.

در سال‌های اخیر، پیشرفت سریع فناوری‌های هوشمند نیز توجه پژوهشگران را به تأثیر ابزارهای دیجیتال بر مهارت‌های شناختی دانش‌آموزان جلب کرده است. یافته‌ها نشان می‌دهند استفاده از فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند تفکر محاسباتی و تفکر تأملی را در محیط‌های آموزشی تقویت کند (Omeh et al., 2025). همچنین، به‌کارگیری تکنیک‌های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی با رشد تفکر انتقادی و بهبود نگرش دانش‌آموزان نسبت به فرایند یادگیری همراه بوده است (Tashtoush et al., 2025). این یافته‌ها نشان می‌دهند که فناوری‌های آموزشی نه‌تنها بر انتقال دانش، بلکه بر شیوه پردازش اطلاعات و رشد توانایی‌های فکری نیز اثرگذارند. از این منظر، آزمایشگاه خشک رایانه‌ای را می‌توان بخشی از طیف گسترده‌تر محیط‌های یادگیری دیجیتال دانست که ظرفیت ایجاد یادگیری فعال و توسعه مهارت‌های شناختی سطح بالا را دارند.

با این حال، استفاده از فناوری در آموزش همواره بدون چالش نیست. استفاده نامتناسب یا بیش از حد از ابزارهای دیجیتال ممکن است موجب خستگی شناختی، فشار فناوری یا کاهش تمرکز شود و پیامدهای نامطلوبی برای عملکرد تحصیلی و بهزیستی دانش‌آموز داشته باشد. مطالعات مربوط به تنش فناوری نشان داده‌اند که شیوه و میزان دسترسی به ابزارهای دیجیتال می‌تواند با عملکرد تحصیلی و رضایت از زندگی دانش‌آموزان ارتباط داشته باشد (Ulumiyah et al., 2025). همچنین، گسترش استفاده از فناوری‌های هوشمند نیازمند توجه جدی به آگاهی اخلاقی کاربران و درک پیامدهای استفاده از فناوری است (Acquah et al., 2026). بنابراین، استفاده از آزمایشگاه خشک باید در قالب یک برنامه آموزشی کنترل‌شده، متناسب با سن دانش‌آموزان و با هدف مشخص آموزشی صورت گیرد.

از منظر نظری نیز، استفاده از آزمایشگاه خشک با اصول یادگیری سازنده‌گرایانه همخوانی دارد، زیرا دانش‌آموز در این محیط به‌طور فعال با داده‌ها، پدیده‌ها و مسائل درگیر می‌شود و از طریق تجربه و بازسازی ذهنی، دانش خود را شکل می‌دهد. معلم در چنین محیطی نقش تسهیل‌گر دارد و فرایند یادگیری را با طرح پرسش، هدایت توجه و ایجاد موقعیت‌های مسئله‌محور سازمان‌دهی می‌کند. همچنین، امکان تکرار آزمایش بدون محدودیت مواد و تجهیزات، فرصت مناسبی برای تمرین و اصلاح خطاها فراهم می‌سازد. بررسی تجربه استفاده از آزمایشگاه‌های رایانه‌ای در دوره متوسطه نیز بر نقش این محیط‌ها در افزایش دسترسی به فعالیت‌های عملی و بهبود کیفیت آموزش علوم تأکید کرده است (Al-Zahrani, 2004). افزون بر این، وجود زیرساخت مناسب و سازمان‌دهی اثربخش آزمایشگاه‌های رایانه‌ای از عوامل مهم در موفقیت این رویکرد محسوب می‌شود (Al-Ghanem, 2004).

به‌طور کلی، شواهد موجود نشان می‌دهند که آموزش علوم مبتنی بر فناوری می‌تواند هم پیامدهای شناختی مستقیم، مانند یادگیری مفاهیم و پیشرفت تحصیلی، و هم پیامدهای شناختی سطح بالاتر، مانند تفکر علمی، انتقادی و خلاق را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال، بخش قابل توجهی از پژوهش‌های پیشین بر آموزش شیمی، فیزیک، آموزش دانشگاهی یا محیط‌های فناوری جدید متمرکز بوده‌اند و بررسی هم‌زمان اثر آزمایشگاه خشک رایانه‌ای بر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان دوره متوسطه در درس زیست‌شناسی کمتر مورد توجه قرار گرفته

است. از سوی دیگر، آموزش زیست‌شناسی به دلیل ماهیت پیچیده و بعضاً انتزاعی بسیاری از فرایندهای آن، از ظرفیت بالایی برای بهره‌گیری از شبیه‌سازی رایانه‌ای برخوردار است. فراهم‌کردن امکان مشاهده تعاملی پدیده‌ها، دستکاری متغیرها، تکرار آزمایش و مقایسه نتایج می‌تواند هم درک مفهومی را تسهیل کند و هم زمینه رشد سیالی، انعطاف‌پذیری، ابتکار و بسط فکری را فراهم سازد. از این رو، بررسی تجربی اثربخشی چنین رویکردی می‌تواند شواهد کاربردی مناسبی برای معلمان، برنامه‌ریزان درسی و مدیران آموزشی در زمینه استفاده هدفمند از فناوری در آموزش علوم فراهم کند.

بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای بر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان پایه اول متوسطه در درس زیست‌شناسی بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش اجرا، پژوهشی آزمایشی با طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون و گروه کنترل بود. در این طرح، تأثیر استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای به‌عنوان متغیر مستقل بر دو متغیر وابسته شامل پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی بررسی شد. جامعه آماری پژوهش را دانش‌آموزان پایه اول متوسطه مدرسه پسرانه «خالد بن ولید» تشکیل دادند. این مدرسه به‌صورت هدفمند برای اجرای پژوهش انتخاب شد؛ زیرا دارای چند کلاس در پایه اول متوسطه بود، از نظر موقعیت جغرافیایی دسترسی مناسبی برای پژوهشگر داشت و مدیریت مدرسه نیز آمادگی کامل خود را برای همکاری در اجرای پژوهش، فراهم‌کردن امکانات آموزشی موردنیاز و رفع مشکلات احتمالی در جریان مداخله اعلام کرده بود. پس از انتخاب مدرسه، دو کلاس موجود در پایه اول متوسطه برای ورود به پژوهش در نظر گرفته شدند. کلاس «الف» دارای ۲۶ دانش‌آموز و کلاس «ب» دارای ۲۷ دانش‌آموز بود. از میان این دو کلاس، کلاس «الف» به‌صورت تصادفی به‌عنوان گروه آزمایش تعیین شد و کلاس «ب» در گروه کنترل قرار گرفت. در فرایند نهایی انتخاب نمونه، یک دانش‌آموز از کلاس «الف» به دلیل مردودی در سال تحصیلی گذشته و دو دانش‌آموز از کلاس «ب» به دلیل عدم احراز شرایط لازم برای حضور کامل در فرایند پژوهش از نمونه کنار گذاشته شدند؛ بنابراین، تعداد نهایی شرکت‌کنندگان ۵۰ دانش‌آموز بود که ۲۵ نفر در گروه آزمایش و ۲۵ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. به‌منظور افزایش اعتبار درونی پژوهش و کاهش اثر متغیرهای مزاحم، دو گروه پیش از اجرای مداخله از نظر سن تقویمی بر حسب ماه، سطح پیشرفت تحصیلی پیشین، میزان دانش و معلومات قبلی مرتبط با محتوای زیست‌شناسی و سطح تفکر خلاق اولیه مورد بررسی قرار گرفتند. پیشرفت تحصیلی پیشین بر اساس سوابق و نمرات تحصیلی دانش‌آموزان و دانش اولیه از طریق اجرای آزمون معلومات پیشین ارزیابی شد و تفکر خلاق نیز پیش از مداخله اندازه‌گیری گردید. نتایج بررسی‌های اولیه نشان داد که تفاوت قابل‌توجهی میان دو گروه از نظر متغیرهای مذکور وجود نداشت و گروه‌ها از همتایی نسبی مناسبی برخوردار بودند. پس از انجام پیش‌آزمون‌ها، گروه آزمایش آموزش درس زیست‌شناسی را با استفاده از راهبرد آزمایشگاه خشک رایانه‌ای دریافت کرد، در حالی که گروه کنترل همان محتوای آموزشی را بر اساس روش معمول تدریس مدرسه دریافت نمود. پس از پایان دوره آموزشی، هر دو گروه مجدداً از نظر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج حاصل از پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای بررسی اثربخشی مداخله مقایسه شد.

برای سنجش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی از یک آزمون پیشرفت تحصیلی محقق‌ساخته استفاده شد. این آزمون بر اساس اهداف آموزشی، محتوای تدریس‌شده و مفاهیم زیست‌شناسی موردنظر در برنامه درسی پایه اول متوسطه طراحی شد و سؤالات آن متناسب با سطوح مختلف یادگیری، از جمله یادآوری مفاهیم، درک مطالب، کاربرد دانش و تحلیل پدیده‌های زیستی تنظیم گردید. در طراحی آزمون تلاش شد محتوای تمام بخش‌هایی که طی دوره مداخله در دو گروه تدریس می‌شد، به نسبت مناسب پوشش داده شود تا نمره حاصل بازتاب نسبتاً جامعی از میزان یادگیری دانش‌آموزان باشد. برای بررسی روایی محتوایی آزمون، سؤالات در اختیار تعدادی از متخصصان حوزه آموزش زیست‌شناسی و علوم تربیتی و همچنین دبیران باتجربه درس مربوط قرار گرفت و نظر آنان درباره تناسب هر سؤال با اهداف آموزشی،

سطح دشواری، وضوح عبارت‌ها و پوشش محتوایی اخذ شد. اصلاحات لازم بر اساس نظرات کارشناسان انجام گرفت و نسخه نهایی آزمون تهیه شد. آزمون در دو مرحله پیش از شروع مداخله و پس از پایان دوره آموزشی اجرا شد. نمره بالاتر در آزمون بیانگر سطح بالاتر پیشرفت تحصیلی در درس زیست‌شناسی بود. همچنین پیش از آغاز آموزش، از یک آزمون معلومات پیشین متناسب با پیش‌نیازهای محتوایی درس استفاده شد تا میزان دانش اولیه دانش‌آموزان بررسی و امکان مقایسه و همتاسازی نسبی دو گروه از نظر آمادگی علمی اولیه فراهم شود.

برای اندازه‌گیری تفکر خلاق دانش‌آموزان از آزمون تفکر خلاق تورنس استفاده شد. این ابزار برای ارزیابی ابعاد اصلی تفکر واگرا و توانایی تولید پاسخ‌های خلاقانه به محرک‌ها و موقعیت‌های مختلف طراحی شده است و مؤلفه‌هایی نظیر سیالی، انعطاف‌پذیری، ابتکار و بسط را مورد سنجش قرار می‌دهد. سیالی به توانایی تولید تعداد بیشتری از ایده‌ها و پاسخ‌های مرتبط، انعطاف‌پذیری به توانایی تغییر جهت فکری و ارائه پاسخ‌ها از طبقات و دیدگاه‌های متفاوت، ابتکار به توانایی تولید پاسخ‌های جدید، غیرمعمول و کمتر تکرارشونده و بسط به میزان توانایی توسعه و تکمیل جزئیات ایده‌ها اشاره دارد. این آزمون در مرحله پیش‌آزمون برای تعیین سطح اولیه تفکر خلاق و بررسی همتایی دو گروه و در مرحله پس‌آزمون برای تعیین تغییرات احتمالی ناشی از مداخله آموزشی اجرا شد. نمرات مؤلفه‌ها و نمره کلی تفکر خلاق بر اساس دستورالعمل نمره‌گذاری ابزار محاسبه شد؛ به‌گونه‌ای که نمرات بالاتر نشان‌دهنده برخورداری دانش‌آموز از سطح بالاتری از تفکر خلاق بود. استفاده از این ابزار امکان بررسی این موضوع را فراهم کرد که آیا تجربه آموزش مبتنی بر آزمایشگاه خشک رایانه‌ای، علاوه بر افزایش یادگیری مفاهیم زیست‌شناسی، می‌تواند توانایی دانش‌آموزان در تولید ایده‌های متنوع، یافتن راه‌حل‌های مختلف، ارائه پاسخ‌های ابتکاری و توسعه ایده‌ها را نیز تقویت کند.

مداخله آموزشی در گروه آزمایش بر اساس راهبرد آزمایشگاه خشک رایانه‌ای اجرا شد. منظور از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای، محیط آموزشی مبتنی بر رایانه بود که در آن دانش‌آموزان می‌توانستند بدون استفاده مستقیم از مواد، نمونه‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی فیزیکی، فرایندها، آزمایش‌ها و پدیده‌های مرتبط با محتوای درس زیست‌شناسی را از طریق شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای مشاهده، دستکاری و بررسی کنند. در جلسات آموزشی، ابتدا هدف درس و مسئله یا پدیده زیستی موردنظر برای دانش‌آموزان تشریح می‌شد و سپس دانش‌آموزان با محیط رایانه‌ای و نحوه اجرای فعالیت یا آزمایش آشنا می‌شدند. پس از ارائه توضیحات اولیه، دانش‌آموزان با تغییر متغیرهای موجود در شبیه‌سازی، مشاهده نتایج، مقایسه وضعیت‌های مختلف، پیش‌بینی پیامدها و بررسی رابطه میان متغیرهای زیستی به انجام فعالیت‌های آموزشی می‌پرداختند. در جریان فعالیت‌ها، معلم نقش هدایت‌کننده و تسهیل‌گر داشت و به جای ارائه مستقیم پاسخ‌ها، دانش‌آموزان را به طرح سؤال، ارائه فرضیه، پیش‌بینی نتایج، آزمودن راه‌حل‌های مختلف، مقایسه یافته‌ها و ارائه تبیین برای نتایج مشاهده‌شده ترغیب می‌کرد. همچنین در پایان هر فعالیت، نتایج به‌صورت جمعی بررسی می‌شد و دانش‌آموزان فرصت داشتند یافته‌ها، استدلال‌ها و راه‌حل‌های متفاوت خود را مطرح کنند. محتوای آموزشی گروه کنترل از نظر موضوعات درسی و اهداف یادگیری با گروه آزمایش یکسان بود، اما آموزش این گروه مطابق روش معمول کلاس، شامل توضیح شفاهی معلم، استفاده از کتاب درسی، پرسش و پاسخ و فعالیت‌های رایج آموزشی انجام شد و دانش‌آموزان از شبیه‌سازی‌ها و آزمایشگاه خشک رایانه‌ای استفاده نکردند. به‌منظور کاهش تأثیر عوامل مداخله‌گر، تلاش شد مدت آموزش، محتوای اصلی، اهداف آموزشی و شرایط کلی تدریس در دو گروه تا حد امکان یکسان باشد و تفاوت اصلی میان دو گروه به شیوه ارائه آموزش و استفاده یا عدم استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای محدود شود. پس از پایان دوره مداخله، آزمون پیشرفت تحصیلی و آزمون تفکر خلاق به‌عنوان پس‌آزمون در هر دو گروه اجرا شد.

پس از گردآوری داده‌ها، نمرات شرکت‌کنندگان کدگذاری و برای تحلیل آماری آماده شد. در سطح آمار توصیفی، برای توصیف ویژگی‌های نمونه و متغیرهای پژوهش از شاخص‌هایی نظیر میانگین و انحراف معیار استفاده شد و وضعیت نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق در دو گروه آزمایش و کنترل مورد بررسی قرار گرفت. پیش از اجرای آزمون‌های استنباطی، مفروضه‌های لازم برای استفاده از روش‌های پارامتریک، از جمله نرمال‌بودن توزیع نمرات، همگنی واریانس‌ها، خطی‌بودن رابطه بین متغیرهای همپراش و متغیرهای وابسته و همگنی شیب‌های رگرسیون بررسی شد. همچنین تفاوت اولیه دو گروه از نظر متغیرهای مورد استفاده برای همتاسازی، شامل سن تقویمی، پیشرفت تحصیلی پیشین، دانش اولیه و تفکر خلاق پیش‌آزمون، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی اثر آزمایشگاه خشک رایانه‌ای

بر پیشرفت تحصیلی، با کنترل اثر نمره پیش‌آزمون از تحلیل کوواریانس استفاده شد. همچنین برای بررسی اثر مداخله بر تفکر خلاق و مؤلفه‌های آن، با توجه به وجود چند مؤلفه مرتبط شامل سیالی، انعطاف‌پذیری، ابتکار و بسط، از تحلیل کوواریانس چندمتغیری و در ادامه، در صورت معنادار بودن اثر کلی، از تحلیل‌های تک‌متغیری مربوط استفاده شد. در تمامی تحلیل‌ها، عضویت در گروه آزمایش یا کنترل به‌عنوان متغیر مستقل، نمرات پس‌آزمون به‌عنوان متغیرهای وابسته و نمرات متناظر پیش‌آزمون به‌عنوان متغیرهای همپراش وارد مدل شدند. سطح معناداری آزمون‌های آماری ۰,۰۵ در نظر گرفته شد و علاوه بر معناداری آماری، اندازه اثر نیز برای تعیین میزان تأثیر عملی مداخله گزارش گردید.

یافته‌ها

در این پژوهش ۵۰ دانش‌آموز پسر پایه اول متوسطه شرکت داشتند که ۲۵ نفر در گروه آزمایش و ۲۵ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. میانگین سن دانش‌آموزان گروه آزمایش ۱۳,۲۱ سال با انحراف معیار ۰,۴۶ و میانگین سن دانش‌آموزان گروه کنترل ۱۳,۱۸ سال با انحراف معیار ۰,۴۹ بود. بررسی وضعیت سنی شرکت‌کنندگان نشان داد که بیشتر دانش‌آموزان در محدوده سنی ۱۳ سال قرار داشتند و دو گروه از نظر سن تفاوت قابل‌توجهی نداشتند. همچنین بررسی سوابق تحصیلی دانش‌آموزان نشان داد که دو گروه پیش از اجرای مداخله از نظر سطح کلی عملکرد تحصیلی وضعیت نسبتاً مشابهی داشتند. تمامی شرکت‌کنندگان در طول دوره پژوهش در کلاس‌های عادی مدرسه حضور داشتند و آموزش محتوای زیست‌شناسی برای دو گروه بر اساس اهداف آموزشی یکسان انجام شد؛ با این تفاوت که گروه آزمایش از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای و گروه کنترل از روش معمول آموزش استفاده کرد.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی نمرات پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق در گروه‌های آزمایش و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	مرحله	گروه آزمایش؛ میانگین	گروه آزمایش؛ انحراف معیار	گروه کنترل؛ میانگین	گروه کنترل؛ انحراف معیار
پیشرفت تحصیلی	پیش‌آزمون	۱۱.۸۴	۲.۱۷	۱۱.۶۸	۲.۲۴
پیشرفت تحصیلی	پس‌آزمون	۱۷.۳۶	۱.۷۱	۱۳.۲۴	۲.۰۶
تفکر خلاق	پیش‌آزمون	۷۲.۴۸	۸.۶۵	۷۱.۹۲	۸.۳۱
تفکر خلاق	پس‌آزمون	۸۹.۷۶	۸.۱۴	۷۶.۲۸	۸.۵۷

همان‌گونه که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، میانگین نمره پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش در مرحله پیش‌آزمون ۱۱,۸۴ بود که در مرحله پس‌آزمون به ۱۷,۳۶ افزایش یافت؛ در حالی که میانگین گروه کنترل از ۱۱,۶۸ در پیش‌آزمون به ۱۳,۲۴ در پس‌آزمون رسید. بنابراین، میزان افزایش نمرات پیشرفت تحصیلی در گروه آزمایش به‌طور محسوسی بیشتر از گروه کنترل بود. در متغیر تفکر خلاق نیز میانگین گروه آزمایش از ۷۲,۴۸ در مرحله پیش‌آزمون به ۸۹,۷۶ در مرحله پس‌آزمون افزایش یافت، در حالی که میانگین گروه کنترل از ۷۱,۹۲ به ۷۶,۲۸ رسید. نزدیک‌بودن میانگین‌های دو گروه در مرحله پیش‌آزمون نشان‌دهنده وضعیت اولیه نسبتاً مشابه آنها بود، در حالی که فاصله قابل‌توجه میان میانگین‌های پس‌آزمون بیانگر بهبود بیشتر عملکرد دانش‌آموزان گروه آزمایش پس از استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای است.

پیش از اجرای تحلیل کوواریانس، مفروضه‌های آماری مربوط به این تحلیل بررسی شد. نتایج آزمون شاپیرو–ویلک برای نمرات پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق در دو گروه و در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون معنادار نبود و تمام مقادیر به‌دست‌آمده در سطح بالاتر از ۰,۰۵ قرار داشت؛ بنابراین، فرض نرمال‌بودن توزیع داده‌ها تأیید شد. همچنین آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌های پیشرفت تحصیلی برابر با $F=۰.۸۳$ و $p=۰.۳۶۷$ و برای تفکر خلاق برابر با $F=۰.۶۱$ و $p=۰.۴۳۹$ بود که نشان داد فرض برابری واریانس‌ها برقرار است. بررسی نمودارهای پراکنش و روابط میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون نیز نشان‌دهنده وجود رابطه خطی مناسب میان متغیر همپراش و متغیر وابسته بود. افزون بر این، تعامل بین عضویت گروهی و نمره پیش‌آزمون برای پیشرفت تحصیلی معنادار نبود، $F=۰.۷۴$ و $p=۰.۳۹۴$، و برای تفکر خلاق نیز این تعامل

معنادار به دست نیامد، F=۰.۵۸ و p=۰.۴۵۱؛ بنابراین، مفروضه همگنی شیب‌های رگرسیون نیز تأیید شد. بر این اساس، شرایط لازم برای استفاده از تحلیل کوواریانس فراهم بود.

جدول ۲. نتایج تحلیل کوواریانس برای مقایسه پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دو گروه با کنترل اثر پیش‌آزمون

متغیر وابسته	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p	مجذور اتای جزئی
پیشرفت تحصیلی	پیش‌آزمون	۷۲.۴۶	۱	۷۲.۴۶	۲۸.۳۷	<۰.۰۰۱	۰.۳۸
پیشرفت تحصیلی	گروه	۱۹۴.۸۲	۱	۱۹۴.۸۲	۷۶.۲۷	<۰.۰۰۱	۰.۶۲
پیشرفت تحصیلی	خطا	۱۲۰.۰۶	۴۷	۲.۵۵	—	—	—
تفکر خلاق	پیش‌آزمون	۱۲۸۷.۶۳	۱	۱۲۸۷.۶۳	۲۶.۸۴	<۰.۰۰۱	۰.۳۶
تفکر خلاق	گروه	۲۱۵۶.۷۴	۱	۲۱۵۶.۷۴	۴۴.۹۵	<۰.۰۰۱	۰.۴۹
تفکر خلاق	خطا	۲۲۵۴.۷۱	۴۷	۴۷.۹۷	—	—	—

نتایج تحلیل کوواریانس ارائه‌شده در جدول ۲ نشان داد که پس از کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری میان گروه آزمایش و کنترل از نظر پیشرفت تحصیلی وجود داشت، $F(1,47)=76.27$، $p<0.001$ و $\eta p^2=0.62$. مقدار مجذور اتای جزئی نشان می‌دهد که با کنترل تفاوت‌های اولیه، حدود ۶۲ درصد از واریانس نمرات پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی با عضویت در گروه آزمایش یا کنترل مرتبط بود. با توجه به بالاتر بودن میانگین پس‌آزمون گروه آزمایش، این یافته نشان می‌دهد استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای موجب افزایش معنادار پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی شده است. همچنین پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون تفکر خلاق، اثر گروه بر نمرات پس‌آزمون تفکر خلاق نیز معنادار بود، $F(1,47)=44.95$، $p<0.001$ و $\eta p^2=0.49$. بنابراین، حدود ۴۹ درصد از واریانس نمرات پس‌آزمون تفکر خلاق با مداخله آموزشی مرتبط بود. با توجه به میانگین بالاتر تفکر خلاق در گروه آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که آموزش مبتنی بر آزمایشگاه خشک رایانه‌ای علاوه بر بهبود پیشرفت تحصیلی، تأثیر مثبت و معناداری بر تفکر خلاق دانش‌آموزان پایه اول متوسطه داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای بر پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق دانش‌آموزان پایه اول متوسطه در درس زیست‌شناسی بود. نتایج نشان داد که پس از کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، دانش‌آموزان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل از پیشرفت تحصیلی بالاتری برخوردار بودند و تفاوت میان دو گروه از نظر آماری معنادار بود. همچنین، یافته‌ها نشان داد که استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای موجب افزایش معنادار تفکر خلاق دانش‌آموزان شده است. اندازه اثر به‌دست‌آمده برای هر دو متغیر نیز نشان داد که مداخله آموزشی مورد استفاده، صرفاً اثری محدود یا سطحی نداشته، بلکه توانسته است بخش قابل‌توجهی از تغییرات مربوط به پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق را تبیین کند. بر این اساس، می‌توان گفت استفاده هدفمند از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای در آموزش زیست‌شناسی، در صورتی که با مشارکت فعال دانش‌آموز، دستکاری متغیرها، مشاهده پیامدها و تحلیل نتایج همراه باشد، می‌تواند هم بر یادگیری محتوای درسی و هم بر فرایندهای شناختی سطح بالاتر اثر مثبت داشته باشد.

یافته نخست پژوهش مبنی بر افزایش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش با مبانی نظری آموزش علوم و نتایج مطالعات پیشین همسو است. در آموزش علوم، یادگیری زمانی عمیق‌تر می‌شود که دانش‌آموز علاوه بر دریافت اطلاعات، بتواند روابط میان مفاهیم را مشاهده، فرضیه‌ها را بررسی و پیامد تغییر شرایط را تجربه کند (Ali & Omaira, 2007; Ataallah, 2010). آزمایشگاه خشک رایانه‌ای چنین امکانی را فراهم می‌کند، زیرا دانش‌آموز می‌تواند به جای مواجهه صرف با توضیحات کلامی یا تصاویر ثابت، با یک محیط پویا و تعاملی روبه‌رو شود. این نوع درگیری فعال، احتمال توجه، پردازش عمیق اطلاعات و تثبیت مفاهیم را افزایش می‌دهد. از این منظر، یافته حاضر با دیدگاه‌هایی همخوان

است که بر نقش تجربه، مشاهده و تعامل در آموزش علوم تأکید دارند (Trowbridge, 2004). به‌عبارت دیگر، شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌تواند فاصله میان مفاهیم انتزاعی کتاب درسی و تجربه ملموس یادگیرنده را کاهش دهد و از این طریق، درک مفهومی را تسهیل کند.

این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های انجام‌شده درباره استفاده از رایانه و آزمایشگاه‌های خشک نیز سازگار است. برای نمونه، نشان داده شده است که به‌کارگیری رایانه به‌عنوان آزمایشگاه خشک در آموزش شیمی می‌تواند نگرش‌های علمی دانشجویان و یادگیرندگان را بهبود بخشد و مشارکت آنها را در فعالیت‌های علمی افزایش دهد (Shannaq et al., 2004). همچنین، استفاده از رایانه در آموزش شیمی با رشد تفکر علمی و بهبود نگرش نسبت به درس همراه بوده است (Hudhaifi & Dughaim, 2005). هرچند متغیرهای مورد بررسی در این مطالعات دقیقاً مشابه پژوهش حاضر نبوده‌اند، جهت کلی نتایج نشان می‌دهد که محیط‌های رایانه‌ای علمی می‌توانند شرایطی فراهم کنند که در آن یادگیرنده فعال‌تر، متمرکزتر و درگیرتر با محتوای علمی باشد. همچنین، بررسی تجربه استفاده از آزمایشگاه‌های رایانه‌ای در آموزش علوم دوره متوسطه نشان داده است که چنین محیط‌هایی می‌توانند کیفیت دسترسی دانش‌آموزان به فعالیت‌های آزمایشگاهی را افزایش دهند (Al-Zahrani, 2004) و این امر می‌تواند یکی از سازوکارهای مؤثر بر بهبود پیشرفت تحصیلی باشد.

در تبیین این یافته می‌توان به قابلیت تکرار و کنترل در محیط آزمایشگاه خشک نیز اشاره کرد. در آزمایشگاه سنتی، محدودیت زمان، مواد، تجهیزات و تعداد دانش‌آموزان ممکن است اجازه ندهد هر دانش‌آموز یک پدیده را چند بار بررسی کند، اما در محیط رایانه‌ای، تکرار فعالیت معمولاً با هزینه یا خطر اضافی همراه نیست. دانش‌آموز می‌تواند یک فرایند را چندین بار مشاهده کند، متغیرها را تغییر دهد و تفاوت نتایج را مقایسه نماید. این ویژگی به‌ویژه در زیست‌شناسی اهمیت دارد، زیرا بسیاری از فرایندهای زیستی دارای توالی‌های زمانی، روابط علّی و تغییرات پنهانی هستند که مشاهده مستقیم آنها در کلاس دشوار است. استفاده از رایانه می‌تواند این فرایندها را به صورت قابل مشاهده و قابل دستکاری درآورد و از این طریق، به سازمان‌دهی بهتر دانش کمک کند (Al-Far, 2002). از سوی دیگر، پیشرفت تحصیلی تحت تأثیر کیفیت روش تدریس، مشارکت فعال یادگیرنده و فرصت تمرین قرار دارد (Saleh, 2004) و آزمایشگاه خشک هر سه مؤلفه را می‌تواند تقویت کند.

یافته مربوط به پیشرفت تحصیلی همچنین با اصول یادگیری فعال همسو است. در یادگیری فعال، دانش‌آموز به‌جای دریافت‌کننده منفعل، در فرایند یادگیری نقش مستقیم دارد و با انجام فعالیت، حل مسئله، بحث و بازخورد، دانش خود را می‌سازد (Badir, 2012). آزمایشگاه خشک نیز در صورت طراحی مناسب، دانش‌آموز را وادار می‌کند که تصمیم بگیرد، فرضیه مطرح کند، نتیجه را پیش‌بینی کند و یافته‌ها را با انتظار اولیه خود مقایسه نماید. چنین فرایندی نسبت به تدریس صرفاً توضیحی می‌تواند به پردازش عمیق‌تر اطلاعات منجر شود. همچنین، یافته‌های مربوط به اثربخشی کلاس‌های معکوس و محیط‌های ترکیبی نیز نشان داده‌اند که فناوری زمانی اثربخش‌تر است که فرصت تعامل، تمرین و فعالیت شناختی را افزایش دهد (Al-Kuhaili, 2015; Shalaby, 2016). به همین ترتیب، طراحی‌های انطباقی در یادگیری ترکیبی می‌توانند مشارکت و خودتنظیمی دانش‌آموزان را ارتقا دهند (Zou & Jiang, 2025). بنابراین، می‌توان استدلال کرد که بهبود پیشرفت تحصیلی در پژوهش حاضر ناشی از خود فناوری به‌تنهایی نبوده، بلکه حاصل نوعی محیط آموزشی فعال و تعاملی بوده است.

یافته دوم پژوهش نشان داد که آزمایشگاه خشک رایانه‌ای موجب افزایش معنادار تفکر خلاق دانش‌آموزان شده است. این نتیجه از نظر نظری قابل انتظار است، زیرا تفکر خلاق زمانی رشد می‌کند که یادگیرنده با مسائل باز، موقعیت‌های چندپاسخی و فرصت‌های تجربه و آزمون مسیرهای مختلف مواجه شود. در محیط آزمایشگاه خشک، دانش‌آموز می‌تواند متغیرهای گوناگون را تغییر دهد، پیامدهای متفاوت را مشاهده کند و به جای پیروی از یک مسیر ثابت، چندین امکان را بررسی نماید. این فرایند می‌تواند به افزایش سیالی، انعطاف‌پذیری و ابتکار کمک کند. تأکید بر ادغام مهارت‌های تفکر در محتوای آموزشی نیز بر این اصل استوار است که تفکر سطح بالا باید در متن یادگیری درسی پرورش یابد، نه اینکه به‌صورت جداگانه و منفک از محتوا آموزش داده شود (Nofal & Saifan, 2011). یافته حاضر از این دیدگاه حمایت می‌کند، زیرا تفکر خلاق در جریان یادگیری زیست‌شناسی و در ارتباط مستقیم با فعالیت علمی تقویت شده است.

نتیجه به‌دست‌آمده درباره تفکر خلاق با مطالعاتی همخوان است که نشان داده‌اند محیط‌های فناوری‌محور می‌توانند مهارت‌های شناختی سطح بالاتر را تقویت کنند. در پژوهشی درباره استفاده از آزمایشگاه خشک در آموزش فیزیک گزارش شد که این روش علاوه بر یادگیری مفاهیم، مهارت‌های تفکر سطح بالا را نیز ارتقا می‌دهد (Qatīt, 2008). همچنین، آموزش مبتنی بر رایانه در زمینه شیمی موجب رشد تفکر علمی شده است (Hudhaifi & Dughaim, 2005). اگرچه تفکر علمی، تفکر سطح بالا و تفکر خلاق مفاهیم کاملاً یکسانی نیستند، همگی نیازمند عبور از بازتولید ساده اطلاعات و ورود به سطوحی مانند تحلیل، مقایسه، فرضیه‌سازی و تولید پاسخ هستند. از این رو، می‌توان گفت نتایج پژوهش حاضر در امتداد همین شواهد قرار دارد و نشان می‌دهد محیط‌های شبیه‌سازی‌شده می‌توانند بستری مناسب برای تحریک فعالیت‌های ذهنی پیچیده‌تر فراهم کنند.

یافته حاضر همچنین با مطالعات جدید درباره نقش فناوری‌های هوشمند در توسعه توانایی‌های شناختی هماهنگ است. برای مثال، استفاده از فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با افزایش تفکر محاسباتی و تفکر تأملی دانشجویان همراه بوده است (Omeh et al., 2025). همچنین، استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی در آموزش ریاضی توانسته است تفکر انتقادی دانش‌آموزان را تقویت کند (Tashtoush et al., 2025). این مطالعات نشان می‌دهند که فناوری در صورتی که امکان تعامل، بازخورد، دستکاری و تصمیم‌گیری را برای یادگیرنده فراهم کند، می‌تواند ساختار فعالیت شناختی او را تغییر دهد. هرچند در پژوهش حاضر از هوش مصنوعی استفاده نشده است، منطق آموزشی آزمایشگاه خشک با این یافته‌ها همسو است؛ زیرا دانش‌آموز در محیط دیجیتال با موقعیت‌هایی روبه‌رو می‌شود که نیازمند انتخاب، پیش‌بینی، مقایسه و بازنگری است.

از سوی دیگر، آموزش مهارت‌های تفکر می‌تواند هم‌زمان با بهبود عملکرد تحصیلی همراه باشد. در پژوهشی درباره آموزش تفکر، اثرات مثبتی بر حل مسئله و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گزارش شده است (Saadoun, 2012). این موضوع از این فرض حمایت می‌کند که بین یادگیری محتوای درسی و رشد تفکر سطح بالا تضاد وجود ندارد و حتی می‌توان این دو را در یک برنامه آموزشی تلفیق کرد. یافته‌های پژوهش حاضر نیز همین الگو را نشان دادند؛ زیرا گروه آزمایش هم در پیشرفت تحصیلی و هم در تفکر خلاق عملکرد بهتری داشت. به‌عبارت دیگر، آزمایشگاه خشک صرفاً وسیله‌ای برای جذاب‌تر کردن ارائه محتوا نبود، بلکه توانست زمینه‌ای برای فعال‌شدن فرایندهای شناختی ایجاد کند که در نهایت به بهبود هم‌زمان یادگیری و تفکر انجامید.

یکی دیگر از عوامل احتمالی در تبیین نتایج، افزایش انگیزش و توجه دانش‌آموزان است. محیط‌های رایانه‌ای معمولاً از عناصر بصری، حرکت، تعامل و بازخورد استفاده می‌کنند و در نتیجه، نسبت به روش‌های یکنواخت آموزش می‌توانند محرک‌تر باشند. افزایش توجه و مشارکت به نوبه خود می‌تواند یادگیری را تقویت کند. مطالعات مربوط به وضعیت استفاده از آزمایشگاه‌های رایانه‌ای نشان داده‌اند که دانش‌آموزان و معلمان عموماً نگرش مثبتی نسبت به این نوع محیط‌ها دارند (Shaye, 2006). همچنین، توسعه آزمایشگاه‌های رایانه‌ای در آموزش متوسطه زمانی موفق‌تر است که استفاده از آن با محتوای درسی و نیازهای آموزشی هماهنگ باشد (Al-Ghanem, 2004). از این رو، می‌توان فرض کرد که بخشی از اثر مشاهده‌شده در پژوهش حاضر ناشی از افزایش علاقه و درگیری دانش‌آموزان با درس زیست‌شناسی بوده است.

با وجود این، باید تأکید کرد که صرف استفاده از رایانه تضمین‌کننده یادگیری بهتر نیست. نوع طراحی آموزشی و نحوه هدایت فعالیت اهمیت اساسی دارد. مهارت‌های تدریس باید به‌گونه‌ای سازمان‌دهی شوند که دانش‌آموز فرصت کاوش، تمرین، بازخورد و اصلاح داشته باشد (Saadi, 2004). اگر آزمایشگاه خشک صرفاً به نمایش تصاویر یا انیمیشن‌ها محدود شود، احتمالاً اثر آن بر تفکر خلاق کمتر خواهد بود. در پژوهش حاضر، فعالیت‌ها بر دستکاری متغیرها، پیش‌بینی نتایج، مقایسه شرایط و بحث درباره یافته‌ها متمرکز بود و همین ویژگی می‌تواند یکی از دلایل اثرگذاری مداخله باشد. همچنین، یافته‌های مربوط به محیط‌های انطباقی و ترکیبی تأکید می‌کنند که کیفیت طراحی آموزشی و میزان مشارکت یادگیرنده تعیین می‌کند فناوری تا چه حد می‌تواند به بهبود یادگیری منجر شود (Zou & Jiang, 2025).

نتایج پژوهش حاضر را همچنین می‌توان در چارچوب تحول گسترده‌تر آموزش دیجیتال تفسیر کرد. فناوری‌های جدید، از آزمایشگاه‌های رایانه‌ای تا هوش مصنوعی و رابط‌های پیشرفته، به‌تدریج مرز میان مشاهده، تجربه و شبیه‌سازی را تغییر داده‌اند. پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که فناوری‌های هوشمند می‌توانند بر فرایندهای شناختی، هیجانی و یادگیری اثرگذار باشند (Panwar, 2026; Zhao, 2025). در عین حال، استفاده از این فناوری‌ها نیازمند آگاهی اخلاقی و آموزشی مناسب است (Acquah et al., 2026). اگرچه آزمایشگاه خشک نسبت به فناوری‌های هوش مصنوعی پیچیدگی کمتری دارد، اصل مشترک در همه این محیط‌ها آن است که فناوری باید در خدمت اهداف آموزشی قرار گیرد و نه اینکه خود به هدف تبدیل شود.

از سوی دیگر، نتایج پژوهش باید با توجه به پیامدهای احتمالی استفاده افراطی یا نامناسب از فناوری تفسیر شوند. شواهد نشان می‌دهند که تنش فناوری می‌تواند با عملکرد تحصیلی و بهزیستی دانش‌آموزان ارتباط داشته باشد (Ulumiyah et al., 2025). بنابراین، افزایش استفاده از رایانه در کلاس لزوماً مطلوب نیست، بلکه کیفیت، زمان‌بندی و هدفمندی استفاده اهمیت دارد. در پژوهش حاضر، استفاده از آزمایشگاه خشک در چارچوب مشخص آموزشی و برای مدت محدود انجام شد و این موضوع می‌تواند توضیح دهد که چرا پیامدهای آن مثبت بوده است. در نتیجه، کاربرد این روش باید به‌صورت مکمل آموزش و در تناسب با اهداف درسی در نظر گرفته شود.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان دادند که استفاده از آزمایشگاه خشک رایانه‌ای می‌تواند روشی مؤثر برای ارتقای پیشرفت تحصیلی و تفکر خلاق در درس زیست‌شناسی باشد. همسویی نتایج با مطالعات مرتبط با آزمایشگاه‌های رایانه‌ای، آموزش فعال، تفکر سطح بالا و فناوری‌های آموزشی نشان می‌دهد که فراهم‌کردن فرصت برای مشاهده، تجربه، دستکاری متغیرها، تکرار، دریافت بازخورد و بررسی چندین راه‌حل، از سازوکارهای اصلی اثرگذاری این روش است. این یافته‌ها همچنین نشان می‌دهند که تلفیق فناوری با آموزش علوم زمانی بیشترین ارزش را دارد که فناوری به ابزاری برای فعال‌کردن تفکر و یادگیری تبدیل شود، نه صرفاً وسیله‌ای برای ارائه جذاب‌تر اطلاعات.

پژوهش حاضر با چند محدودیت همراه بود که باید در تفسیر و تعمیم نتایج مورد توجه قرار گیرد. نخست، نمونه پژوهش تنها از دانش‌آموزان پسر یک مدرسه و در یک پایه تحصیلی انتخاب شد؛ بنابراین، تعمیم نتایج به دانش‌آموزان دختر، سایر پایه‌ها یا مدارس با شرایط اجتماعی و آموزشی متفاوت باید با احتیاط صورت گیرد. دوم، تعداد شرکت‌کنندگان نسبتاً محدود بود و نمونه‌گیری در سطح یک مدرسه انجام شد، از این رو احتمال تأثیر ویژگی‌های خاص مدرسه، معلم و محیط آموزشی وجود دارد. سوم، دوره مداخله محدود به یک بازه زمانی مشخص بود و پیامدهای بلندمدت آزمایشگاه خشک و میزان پایداری یادگیری و تفکر خلاق در یک دوره پیگیری بررسی نشد. همچنین، امکان کنترل کامل متغیرهایی مانند انگیزش فردی، میزان آشنایی پیشین با رایانه، سبک یادگیری، حمایت خانواده و استفاده از فناوری خارج از مدرسه وجود نداشت. در نهایت، سنجش پیشرفت تحصیلی با آزمون مرتبط با محتوای آموزشی پژوهش انجام شد و ممکن است نتایج آن به سایر موضوعات یا حوزه‌های زیست‌شناسی به همان اندازه قابل تعمیم نباشد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر و در چند مدرسه، منطقه و با حضور دانش‌آموزان دختر و پسر انجام شوند تا امکان تعمیم نتایج افزایش یابد. همچنین، مقایسه آزمایشگاه خشک رایانه‌ای با آزمایشگاه واقعی، آموزش ترکیبی آزمایشگاه واقعی و مجازی و سایر روش‌های مبتنی بر فناوری می‌تواند تصویر دقیق‌تری از اثربخشی نسبی این رویکرد ارائه دهد. بررسی اثرات بلندمدت با استفاده از آزمون‌های پیگیری نیز برای تعیین میزان ماندگاری یادگیری و تفکر خلاق ضروری است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده متغیرهای دیگری مانند انگیزش تحصیلی، درگیری شناختی، خودکارآمدی، حل مسئله، تفکر انتقادی، اضطراب درس علوم و نگرش نسبت به زیست‌شناسی نیز مورد بررسی قرار گیرند. همچنین، مطالعه نقش متغیرهای تعدیل‌کننده مانند مهارت رایانه‌ای، جنسیت، سطح پیشرفت اولیه و سبک‌های یادگیری می‌تواند به شناسایی دانش‌آموزانی که بیشترین سود را از این نوع آموزش می‌برند کمک کند.

با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود مدارس از آزمایشگاه‌های خشک رایانه‌ای به‌عنوان مکمل آموزش زیست‌شناسی و سایر دروس علوم استفاده کنند، به‌ویژه در مباحثی که اجرای آزمایش واقعی دشوار، پرهزینه، زمان‌بر یا همراه با محدودیت‌های ایمنی است. همچنین، لازم است

معلمان پیش از استفاده از این محیط‌ها آموزش‌های لازم را درباره طراحی فعالیت‌های تعاملی، پرسش‌محور و مسئله‌محور دریافت کنند تا استفاده از فناوری به نمایش منفعل محتوا محدود نشود. توصیه می‌شود فعالیت‌های آزمایشگاه خشک به‌گونه‌ای طراحی شوند که دانش‌آموزان ناچار به پیش‌بینی، تغییر متغیرها، مقایسه نتایج، ارائه توضیح و تولید راه‌حل‌های مختلف شوند. علاوه بر این، مدارس باید زیرساخت‌های مناسب رایانه‌ای، نرم‌افزارهای معتبر و زمان کافی برای اجرای این فعالیت‌ها فراهم کنند و استفاده از آزمایشگاه خشک را به‌صورت هدفمند و متوازن با سایر روش‌های تدریس در برنامه آموزشی ادغام نمایند.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

Extended Abstract

Introduction

The rapid expansion of digital technologies has transformed educational environments and has encouraged schools to reconsider conventional approaches to teaching and learning. In contemporary education, technology is no longer regarded merely as a supplementary medium for presenting information; rather, it increasingly functions as an interactive learning environment capable of influencing students' engagement, cognition, self-regulation, and higher-order thinking. Recent developments in adaptive instructional systems, artificial intelligence, and other technology-enhanced learning environments have reinforced the view that well-designed digital instruction can improve student engagement and facilitate more active forms of learning (Omeh et al., 2025; Zou & Jiang, 2025). At the same time, emerging technologies such as artificial intelligence and brain–computer interfaces have drawn attention to the broader relationship between digital environments and cognitive, emotional, and educational outcomes (Panwar, 2026; Zhao, 2025). However, the effectiveness of educational technology depends not only on access to digital tools, but also on the pedagogical quality of their use and their alignment with the objectives and characteristics of the subject being taught.

Science education, and biology in particular, requires more than the memorization of facts and concepts. Effective science instruction depends on observation, experimentation, interpretation of evidence, hypothesis formation, and the identification of relationships among natural phenomena. Accordingly, science teaching should provide students with opportunities to interact with phenomena, test ideas, analyze outcomes, and construct meaningful conceptual understanding (Ali & Omaira, 2007; Ataallah, 2010). Laboratory-based instruction has traditionally served this purpose by connecting abstract scientific concepts to direct or simulated experience. Laboratory activities can promote conceptual understanding, scientific attitudes, science process skills, and active engagement in learning (Shayeb, 2004; Trowbridge, 2004). Nevertheless, conventional school laboratories are often constrained by shortages of equipment, financial costs, safety considerations, limited instructional time, and large class sizes (Al-Ghanem, 2004; Al-Zahrani, 2004).

Computer-based dry laboratories provide an alternative means of addressing some of these limitations. A dry laboratory refers to a computerized or simulated environment in which scientific processes and experiments can be explored without direct dependence on physical materials and conventional laboratory equipment. Such environments allow learners to manipulate variables, repeat procedures, observe simulated outcomes, and compare different experimental conditions in a relatively safe and flexible setting. Educational computers can support multimedia representation, interactivity, immediate feedback, and repeated practice, thereby creating conditions for active learning (Al-Far, 2002). Previous research has also suggested that computerized

laboratories can promote positive attitudes toward science and increase student engagement with scientific activities (Shannaq et al., 2004; Shaye, 2006). In addition, computer-assisted science instruction has been associated with the development of scientific thinking and improved attitudes toward scientific subjects (Hudhaifi & Dughaim, 2005).

Academic achievement is one of the major outcomes through which the effectiveness of instructional methods is evaluated. It reflects the extent to which students acquire the expected knowledge and skills associated with curricular objectives and is influenced by instructional quality, practice opportunities, student engagement, feedback, and active participation (Saleh, 2004). Active learning approaches emphasize that students learn more effectively when they participate directly in the learning process rather than merely receive information from the teacher (Badir, 2012). Technology-supported approaches such as flipped classrooms and blended or adaptive learning environments have similarly been shown to create additional opportunities for participation, practice, interaction, and self-regulation (Al-Kuhaili, 2015; Shalaby, 2016; Zou & Jiang, 2025). Therefore, a computerized dry laboratory may be expected to improve academic achievement by increasing interaction with scientific content and enabling students to repeatedly explore complex biological processes.

Creative thinking represents another important educational outcome. Contemporary science education is expected not only to transmit scientific knowledge but also to foster students' capacity to generate diverse ideas, explore alternative explanations, solve problems, and think flexibly. Creative thinking commonly involves dimensions such as fluency, flexibility, originality, and elaboration. Integrating thinking skills into curricular content enables students to move beyond simple recall toward analysis, interpretation, idea generation, and evaluation (Nofal & Saifan, 2011). Similarly, instructional programs that deliberately foster thinking have been associated with improvements in problem solving and academic performance (Saadoun, 2012). A computerized dry laboratory may provide a particularly suitable environment for creativity because students can manipulate multiple variables, test alternative scenarios, observe different outcomes, and reconsider their explanations.

Evidence from previous studies supports this assumption. Computer-based dry laboratories have been shown to contribute to higher-order thinking and conceptual learning in science education (Qatīt, 2008). More recent technology-enhanced educational approaches have likewise been associated with improvements in computational, reflective, and critical thinking (Omeh et al., 2025; Tashtoush et al., 2025). Nevertheless, effective technology integration requires appropriate instructional design and teacher guidance (Saadi, 2004). Furthermore, digital technology should be used in a controlled and educationally purposeful manner because inappropriate or excessive technology exposure may contribute to technostress and may affect student well-being and academic functioning (Ulumiyah et al., 2025). Ethical and responsible awareness is also increasingly important as digital educational tools become more sophisticated (Acquah et al., 2026). Against this background, the present study examined the effect of using a computer-based dry laboratory on academic achievement and creative thinking among first-year secondary school students in biology.

Methods and Materials

The study employed an experimental pretest–posttest design with an experimental group and a control group. The participants were first-year secondary school male students from Khalid bin Al-Walid Secondary School. The school was selected purposively because it included several classes at the target grade level, was conveniently accessible to the researcher, and its administration expressed full willingness to cooperate with the implementation of the study. Two existing classes were included. Class A initially consisted of 26 students and was randomly assigned as the experimental group. One student who had repeated the previous academic year was excluded, resulting in 25 students in the experimental group. Class B initially consisted of 27 students and served as the control group. Two students were excluded in accordance with the study inclusion conditions, leaving 25 students in the control group. Thus, the final sample consisted of 50 students.

Before the intervention, the two groups were examined for equivalence in chronological age, previous academic achievement, prior biology knowledge, and baseline creative thinking. The results indicated that the two groups were relatively comparable on these characteristics. Academic achievement was measured using a researcher-developed biology achievement test designed according to the instructional objectives and the content taught during the intervention. Creative thinking was assessed using the Torrance Test of Creative Thinking, which evaluates major components of creative thinking, including fluency, flexibility, originality, and elaboration. Both achievement and creative thinking measures were administered before and after the intervention.

The experimental group received biology instruction through a computer-based dry laboratory. Students interacted with computerized simulations that allowed them to observe biological processes, manipulate variables, make predictions, compare outcomes, and interpret simulated experimental results. The teacher acted primarily as a facilitator and guided students through questioning, prediction, experimentation, discussion, and reflection. The control group received the same biology content through the conventional instructional method used at the school, including teacher explanation, textbook-based instruction, and ordinary question-and-answer activities. Instructional objectives, subject matter, and overall teaching time were kept as similar as possible across the two groups.

Data were analyzed using descriptive and inferential statistical procedures. Means and standard deviations were calculated for academic achievement and creative thinking scores. Prior to inferential analysis, the assumptions of normality, homogeneity of variance, linearity, and homogeneity of regression slopes were examined. Analysis of covariance was then used to compare posttest scores between the two groups while controlling for corresponding pretest scores. The level of statistical significance was set at 0.05, and partial eta squared was reported as an effect-size index.

Findings

The descriptive results indicated that the two groups had similar performance before the intervention but differed substantially at posttest. For academic achievement, the experimental group had a pretest mean of 11.84 with a standard deviation of 2.17, whereas the control group had a pretest mean of 11.68 with a standard deviation of 2.24. At posttest, the experimental group mean increased to 17.36 with a standard deviation of 1.71, while the control group mean increased to 13.24 with a standard deviation of 2.06.

A similar pattern was observed for creative thinking. The experimental group had a pretest mean of 72.48 and a standard deviation of 8.65, while the control group had a pretest mean of 71.92 and a standard deviation of 8.31. At posttest, the experimental group mean increased to 89.76 with a standard deviation of 8.14, whereas the control group mean increased to 76.28 with a standard deviation of 8.57.

The statistical assumptions required for covariance analysis were satisfied. The Shapiro–Wilk tests indicated no significant departures from normality. Levene's test supported the homogeneity of variances for academic achievement, $F=0.83$, $p=0.367$, and for creative thinking, $F=0.61$, $p=0.439$. The interaction between group membership and pretest scores was also nonsignificant for academic achievement, $F=0.74$, $p=0.394$, and for creative thinking, $F=0.58$, $p=0.451$, confirming the homogeneity of regression slopes.

After controlling for pretest academic achievement, a statistically significant difference was found between the experimental and control groups, $F(1,47)=76.27$, $p<0.001$, with a partial eta squared of 0.62. This indicated a large effect of the computer-based dry laboratory on academic achievement. For creative thinking, analysis of covariance also revealed a statistically significant group effect after controlling for pretest scores, $F(1,47)=44.95$, $p<0.001$, with a partial eta squared of 0.49. These results demonstrated that students who received biology instruction through the computer-based dry laboratory outperformed students who received conventional instruction in both academic achievement and creative thinking.

Discussion and Conclusion

The findings indicate that a computer-based dry laboratory can be an effective instructional strategy for improving both biology achievement and creative thinking among first-year secondary school students. The substantial increase in academic achievement observed in the experimental group can be explained by the interactive nature of the learning environment. Computerized simulations enabled students to observe biological processes in a dynamic form, manipulate relevant variables, repeat activities, and receive immediate visual feedback. These features likely helped students build clearer relationships among concepts and reduced the abstractness of biological content.

The improvement in creative thinking may be explained by the opportunity provided to explore multiple alternatives rather than follow only one predetermined path. Students in the experimental group were encouraged to predict results, modify variables, compare different outcomes, and explain unexpected findings. Such activities require the generation of multiple possibilities, flexible shifts in perspective, and the elaboration of explanations. Therefore, the dry laboratory appears to have functioned not only as a medium for presenting science content but also as an environment that stimulated higher-level cognitive activity.

The large effect sizes observed for both outcome variables further suggest that the intervention had meaningful educational importance. The findings support the integration of computer-based dry laboratories into secondary biology education, especially for topics that are difficult, expensive, unsafe, or time-consuming to demonstrate in conventional laboratories. However, the educational value of the approach depends on its instructional design. Merely presenting digital animations is unlikely to produce the same outcomes as an interactive environment in which students actively manipulate, predict, analyze, and discuss.

In conclusion, the present study demonstrated that the use of a computer-based dry laboratory significantly enhanced academic achievement and creative thinking among first-year secondary school students in biology. The approach appears to provide a useful bridge between theoretical instruction and experimental learning while also creating opportunities for active participation and cognitive exploration. Computer-based dry laboratories can therefore be considered a valuable complementary strategy for biology instruction when they are integrated purposefully with curricular objectives, teacher guidance, and student-centered learning activities.

References

Acquah, B. Y. S., Salifu, I., Arthur, F., Inkoom, M., Suradji, S. D., Inkoom, C., Quayson, E., Quaye, S. A., Gyedu, F. O., & Nortey, S. A. (2026). Artificial Intelligence Ethical Awareness of University Students in Ghana: A Network and Latent Profile Analyses. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *11*, 100652. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2026.100652

Al-Far, I. A. (2002). *Using computers in education* (1 ed.). Dar al-Fikr.

Al-Ghanem, G. M. (2004). Computer laboratories in secondary education.

Al-Kuhaili, I. S. (2015). *The effectiveness of flipped classrooms in learning*. Dar al-Zaman Library for Publishing and Distribution.

Al-Zahrani, A. M. (2004). *Evaluating the experience of using computer laboratories in teaching secondary school science in Saudi Arabian schools* [Unpublished master's thesis, King Saud University, College of Education, Department of Instructional Media and Technology].

Ali, M. E.-S., & Omaira, I. B. (2007). *Science education and science teaching* (3 ed.). Dar al-Masirah for Publishing and Distribution.

Ataallah, M. K. (2010). *Methods and approaches to teaching science* (1 ed.). Dar al-Masirah for Publishing and Distribution.

Badir, K. M. (2012). *Active learning* (2 ed.). Dar al-Masirah for Publishing and Distribution.

Hudhaifi, K. b. F., & Dughaim, K. I. (2005). The effect of teaching chemistry using computers on the development of scientific thinking and secondary school students' attitudes toward chemistry. *Curriculum and Instruction Studies*(103).

Nofal, M. B., & Saifan, M. Q. (2011). *Integrating thinking skills into curriculum content* (1 ed.). Dar al-Masirah for Publishing and Distribution.

Omeh, C. B., Olelewe, C. J., & Ohanu, I. B. (2025). Impact of Artificial Intelligence Technology on Students' Computational and Reflective Thinking in a Computer Programming Course. *Computer Applications in Engineering Education*, *33*(3). https://doi.org/10.1002/cae.70052

Panwar, K. R. (2026). Psychological Correlates of Cyber Behaviour and the Role of AI-Driven Brain–Computer Interfaces in Enhancing Mental Wellbeing Among University Students in Delhi NCR. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-9786157/v1

Qatīt, G. Y. H. (2008). The effect of using a dry laboratory on learning physics concepts and higher-order thinking skills among basic education students in Jordan. *Egyptian Journal of Science Education*, *11*(3), 97-119.

Saadi, S. A. Q. (2004). *Teaching skills and their instruction: Training models for skills* (1 ed.). Al-Warraq for Publishing and Distribution.

Saadoun, Z. A. (2012). *The effect of a thinking instruction program on problem solving and academic achievement among secondary school students* [Unpublished doctoral dissertation, University of Baghdad, Ibn al-Haytham College of Education for Pure Sciences].

Saleh, M. (2004). *Factors affecting academic achievement at the university level* (1 ed.). Al-Warraq for Publishing and Distribution.

Shalaby, E. A. A. (2016). The effectiveness of an instructional program based on the flipped classroom in developing assessment competencies and habits of mind among student teachers at Imam Mohammad Ibn Saud Islamic University. *Curriculum and Instruction Studies*(214), 131-187. https://doi.org/10.21608/MJAT.2016.103762

Shannaq, Q. M., Abuhola, M., & Bawwab, A. (2004). The effect of using computers as a dry laboratory in teaching chemistry on the scientific attitudes of students at the University of Jordan Faculty of Science. *Dirasat: Educational Sciences*, *31*(2), 409-432.

Shaye, F. b. S. (2006). The status of the use of computerized science laboratories at the secondary level and the attitudes of science teachers and students toward them. *King Saud University Journal: Educational Sciences and Islamic Studies*, *19*(1), 441-498.

Shayeb, N. M. (2004). *The effect of advanced science laboratories on the development of selected science process skills and scientific attitudes among primary school students* [Unpublished master's thesis, Ain Shams University, College of Women for Arts and Sciences].

Tashtoush, M. A., Qasimi, A. B., Shirawia, N. H., & Hussein, L. A. (2025). The efficacy of utilizing artificial intelligence techniques in developing critical thinking in mathematics among secondary school students and their attitudes toward it. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, *6*(1), 3. https://doi.org/10.52866/2788-7421.1231

Trowbridge, L. (2004). *Teaching science in secondary schools: A strategy for the development of scientific literacy*. Dar al-Kitab al-Jamii.

Ulumiyah, S., Saputra, M. C., & Setiawan, B. (2025). Technostress and Student Well-Being in Islamic Boarding Schools: The Impact of Restricted Gadget Use on Academic Performance and Life Satisfaction. *Journal of Information Technology and Computer Science*, *10*(1), 1-13. https://doi.org/10.25126/jitecs.2025101679

Zhao, Y. (2025). Multivariate Emotional AI Model for Enhancing Students' Ideological Education and Mental Health via Brain-Computer Interfaces and Biomechanics. *Molecular & Cellular Biomechanics*, *22*(3), 1049. https://doi.org/10.62617/mcb1049

Zou, J., & Jiang, S. (2025). Adaptive Instructional Designs in Blended Learning to Enhance Student Engagement and Self-Regulation. *Computers and Education Open*, *9*, 100299.