Research in Biology Education

https://Bioedu.cfu.ac.ir

The Effect of Inquiry-Based Learning on Students' Conceptual Understanding and Scientific Reasoning in Biology: A Quasi-Experimental Study

Abolghasem Farmani [1, *], ***Younes Akar*** [2]

[1] *M.A. Student in Curriculum Planning, Faculty of Education and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran*
[2] *M.A. Student in E-Learning, Faculty of Humanities, Mehr Alborz University, Tehran, Iran*
* Corresponding author: (ab.farmanie@gmail.com)

ABSTRACT

Background and Objectives: Inquiry-based learning emphasizes active knowledge construction and may address the ineffectiveness of traditional methods in fostering conceptual learning and scientific reasoning in biology. This study examined the effectiveness of this approach among tenth-grade students. **Methods:** A quasi-experimental pretest-posttest control group design was used. Forty male students from Yasuj were assigned to experimental and control groups (n=20 each). The experimental group received 8 sessions of inquiry-based instruction (5E model) on the circulatory system, while the control group received traditional teaching. Instruments included a researcher-made conceptual learning test and Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning. Data were analyzed using ANCOVA.materials, timing and type of the intervention, and data analysis techniques. **Findings:** After controlling for pretest scores, the experimental group significantly outperformed the control group in both conceptual learning ($F(1,37) = 60.34$, $P < 0.001$) and scientific reasoning ($F(1,37) = 50.51$, $P < 0.001$), with large effect sizes ($\eta^2 = 0.38$ and 0.34, respectively). **Conclusion:** Inquiry-based learning effectively enhances both conceptual learning and scientific reasoning in biology education. Teachers are encouraged to adopt this method. Limitations include small sample size and short intervention duration, warranting further research.

Keywords: Inquiry-based Learning, Conceptual Learning, Scientific Reasoning, Biology, Quasi-experimental Study.

RESEARCH ARTICLE

Received: 22 July 2026
Revised: 08 September 2026
Accepted: 11 September 2026
Published online: 22 September 2026
ISSN (Online): 2717-2252

Citation: Farmani, Abolghasem, Akar, Younes. (2026). The Effect of Inquiry-Based Learning on Students' Conceptual Understanding and Scientific Reasoning in Biology: A Quasi-Experimental Study. *Research in Biology Education*, 6(1), 1-16.

© The author(s): Abolghasem Farmani, Younes Akar
Publisher: Farhangian University

پژوهش در آموزش زیست‌شناسی، سال ۱۴۰۵ ، شماره ۱ ، صفحات ۱۶-۱

پژوهش در آموزش زیست شناسی

https://Bioedu.cfu.ac.ir

اثربخشی یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی و استدلال علمی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی: یک مطالعه نیمه‌آزمایشی

ابوالقاسم فرمانی [۱،*]، **یونس آکار** [۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی درسی،دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی،دانشگاه شیراز،شیراز،ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد یادگیری الکترونیکی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مهرالبرز،تهران، ایران

* نویسنده مسئول: (ab.farmanie@gmail.com)

چکیده

پیشینه و اهداف: یادگیری مفهومی و استدلال علمی از پیامدهای مطلوب آموزش زیست‌شناسی هستند، اما روش‌های سنتی در پرورش آن‌ها ناکارآمد بوده‌اند. رویکرد کاوشگری با تأکید بر ساخت فعال دانش، می‌تواند راهگشا باشد، با این حال شواهد تجربی کافی در این زمینه وجود ندارد. هدف پژوهش، تعیین اثربخشی یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی و استدلال علمی دانش‌آموزان پایهٔ دهم بود **روش‌ها:** پژوهش نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. ۴۰ دانش‌آموز پسر پایهٔ دهم شهر یاسوج به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه آزمایش و کنترل (هر گروه ۲۰ نفر) جایگزین شدند. گروه آزمایش، ۸ جلسهٔ آموزش زیست‌شناسی (فصل گردش مواد) را با روش کاوشگری (الگوی ۵ای) و گروه کنترل با روش سنتی دریافت کردند. ابزارها شامل آزمون یادگیری مفهومی (محقق‌ساخته) و آزمون استدلال علمی لاوسون بود. داده‌ها با تحلیل کوواریانس تک‌متغیری تحلیل شد. **یافته‌ها:** پس از کنترل پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین دو گروه در هر دو متغیر مشاهده شد. یادگیری مفهومی ($P < ۰/۰۰۱$، $f(۱/۳۷) = ۵۰/۵۱$، $P < ۰/۰۰۱$) و استدلال علمی ($f(۱/۳۷) = ۶۰/۳۴$) در گروه آزمایش به‌طور معناداری بالاتر از گروه کنترل بود. اندازه اثر برای هر دو متغیر بزرگ بود (به‌ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۳۴). **نتیجه‌گیری:** یادگیری مبتنی بر کاوشگری روشی کارآمد برای ارتقای هم‌زمان یادگیری مفهومی و استدلال علمی در زیست‌شناسی است. به دبیران توصیه می‌شود از این روش در تدریس مفاهیم زیستی بهره گیرند. محدودیت‌هایی مانند حجم نمونه کوچک و دورهٔ کوتاه مداخله وجود داشت که پژوهش‌های آتی با نمونه‌های بزرگ‌تر و دوره‌های طولانی‌تر می‌توانند به تعمیم‌پذیری نتایج کمک کنند

واژه‌های کلیدی: کاوشگری، یادگیری مفهومی، استدلال علمی، آموزش زیست‌شناسی، مطالعه نیمه‌آزمایشی

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱

شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۲-۲۷۱۷

ارجاع: فرمانی، ابوالقاسم، آکار،یونس (۱۴۰۵). اثربخشی یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی و استدلال علمی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی: یک مطالعه نیمه‌آزمایشی. پژوهش در آموزش زیست شناسی، (۱) ۶، ۱-۱۶.

نویسندگان: ابوالقاسم فرمانی، یونس آکار

ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

دانش‌آموزان مقطع متوسطه در یادگیری زیست‌شناسی با چالش‌های متعددی روبه‌رو هستند. احمدی و کریمی، (۱۳۹۸) نشان دادند که ماهیت انتزاعی مفاهیم زیستی، پیچیدگی روابط علّی در نظام‌های زنده و حجم انبوه اطلاعات، آن‌ها را به راهبردهای سطحی و حفظ‌محور سوق می‌دهد. حسینی و همکاران (۱۴۰۰) نیز بر نقش عوامل دیگری چون روش تدریس و عادات مطالعه در دشواری درک مفهومی این درس تأکید کرده‌اند. این در حالی است که دوران متوسطه، مرحله‌ای حساس برای شکل‌گیری تفکر انتزاعی است و انتظار می‌رود دانش‌آموزان به درکی عمیق و شبکه‌ای از مفاهیم علمی دست یابند.

در این میان، «یادگیری مفهومی» و «استدلال علمی» از مهم‌ترین پیامدهای مطلوب آموزش زیست‌شناسی به شمار می‌روند. یادگیری مفهومی مینتز و همکاران (۲۰۰۵) به توانایی فراگیر در درک معانی بنیادین مفاهیم و به‌کارگیری آن‌ها در بافت‌های متنوع اشاره دارد و از آنجا که زیست‌شناسی سرشار از مفاهیم به‌هم‌پیوسته است، دستیابی به این سطح از یادگیری، نقشی اساسی در موفقیت تحصیلی ایفا می‌کند. استدلال علمی کوهن (۲۰۱۰) نیز شامل توانایی‌هایی چون پیش‌بینی، تفسیر نتایج و ارزیابی انتقادی ادعاها بر اساس شواهد است و به دانش‌آموزان امکان می‌دهد تا به‌عنوان یادگیرندگانی مستقل عمل کنند. ضعف در این دو حوزه، پیامدهای جبران‌ناپذیری دارد: فقدان یادگیری مفهومی، دانش‌آموزان را به حفظ‌طلبی صرف سوق می‌دهد و ناتوانی در استدلال علمی، آن‌ها را در مواجهه با مسائل پیچیده دنیای واقعی درمانده می‌سازد(Fischer et al., 2014).

در پاسخ به این چالش‌ها، رویکردهای نوین آموزشی مانند «یادگیری مبتنی بر کاوشگری[1]» مطرح شده‌اند. این رویکرد که ریشه در سازنده‌گرای دیویی(۱۳۹۸)[2]؛ برونر(۱۹۶۱) دارد، بر این اصل استوار است که یادگیری معنادار زمانی رخ می‌دهد که فراگیران از طریق پرسش‌گری، اکتشاف و استفاده از شواهد به ساخت دانش بپردازند. لازوندر و هارمسن (۲۰۱۶) در فراتحلیل[3] خود نشان دادند که اثربخشی این روش به میزان راهنمایی معلم بستگی دارد. معلم در این رویکرد نقش تسهیل‌گر را ایفا می‌کند هملو-سیلور و همکارانو دانش‌آموزان را در مسیر کاوشگری هدایت می‌نماید. مینر و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داده‌اند که کاوشگری از دو مسیر بر متغیرهای وابسته تأثیر می‌گذارد: از طریق

[1] Inquiry-based learning
[2] Constructivism
[3] Meta-analysis

درگیرکردن فعال یادگیرنده با مسئله، زمینه را برای یادگیری مفهومی[1] فراهم می‌آورد و با فراهم ساختن موقعیت‌هایی برای آزمون فرضیه‌ها و تفسیر داده‌ها، توانایی استدلال علمی[2] را پرورش می‌دهد.

پژوهش‌های متعددی به اثربخشی روش کاوشگری در آموزش علوم پرداخته‌اند. شفر (۲۰۲۴) در یک مطالعه مروری نشان داد که این روش در آموزش زیست‌شناسی، تأثیر مثبتی بر یادگیری مفهومی و مشارکت فعال دانش‌آموزان دارد. عابدینی و نوروزی (۱۳۹۹) و قاسمی و همکاران (۱۴۰۱) نیز به تأثیر مثبت آن بر پیشرفت تحصیلی و مهارت‌های شناختی اشاره کرده‌اند. با این حال، بررسی پیشینه بل و همکاران(۲۰۰۵)؛ رضایی و محمدی(۱۳۹۷) نشان می‌دهد که بیشتر این مطالعات یا بر متغیرهایی غیر از یادگیری مفهومی و استدلال علمی متمرکز بوده‌اند، یا در دوره‌های تحصیلی دیگر انجام شده‌اند، و یا به‌طور هم‌زمان به بررسی هر دو متغیر در درس زیست‌شناسی نپرداخته‌اند. افزون بر این، شواهد تجربی حاصل از طرح‌های شبه‌آزمایشی[3] با گروه کنترل[4] در این حوزه در ایران اندک است.

این خلأ پژوهشی، ضرورت انجام مطالعه‌ای نیمه‌آزمایشی را برای بررسی هم‌زمان اثربخشی یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی و استدلال علمی دانش‌آموزان متوسطه در درس زیست‌شناسی آشکار می‌سازد. هدف کلی پژوهش، تعیین این اثربخشی و سؤال‌های اصلی آن عبارت‌اند از: ۱) یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی چه تأثیری دارد؟ ۲) این روش بر استدلال علمی آن‌ها چه تأثیری دارد؟ انتظار می‌رود نتایج این پژوهش، با ارائه شواهد تجربی، به رفع ابهامات موجود کمک کرده و راهگشای معلمان و برنامه‌ریزان درسی در بهبود کیفیت یاددهی-یادگیری زیست‌شناسی باشد.

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه اثربخشی یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی و استدلال علمی در آموزش زیست‌شناسی، اگرچه روبه‌گسترش است، اما همچنان با پراکندگی و ناهمگونی قابل‌توجهی همراه بوده است. در سطح بین‌المللی، بل و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای جامع نشان دادند که رویکرد کاوشگری در آموزش علوم، به‌ویژه زمانی که با چارچوبی هدایت‌شده۵ ارائه شود، می‌تواند به بهبود درک مفهومی و مهارت‌های استدلالی منجر گردد. لازوندر و هارمسن (۲۰۱۶) نیز در فراتحلیل خود با بررسی ۷۲ مطالعه‌ی تجربی به این نتیجه رسیدند که کاوشگری

[1] Conceptual learning
[2] Scientific reasoning
[3] Quasi-experimental designs
[4] Control group
[5] Guided framework

هدایت‌شده، در مقایسه با کاوشگری باز ۱ یا آموزش مستقیم[1]، اثربخشی بیشتری بر پیامدهای شناختی از جمله یادگیری مفهومی دارد. در همین راستا، مینر و همکاران (۲۰۱۰)) با مرور ۱۳۸ مطالعه، نشان دادند که فعالیت‌های کاوشگری با تأکید بر شواهد و استدلال، می‌توانند به طور معناداری استدلال علمی دانش‌آموزان را تقویت کنند، هرچند که میزان این تأثیر به کیفیت اجرا و میزان راهنمایی معلم وابسته است. شفر و همکاران(۲۰۲۴) نیز در یک مطالعه مروری بر ۱۷ پژوهش تجربی در حوزه آموزش زیست‌شناسی گزارش کردند که روش کاوشگری با پیامدهای مثبتی در حوزه‌هایی همچون مهارت‌های فرایند علمی، یادگیری مفهومی و خودکارآمدی[2] همراه است و شواهد مقایسه‌ای حاکی از برتری آن نسبت به روش‌های سنتی و سخنرانی‌محور است.

در سطح داخلی نیز پژوهش‌های متعددی به تأثیر مثبت روش کاوشگری بر یادگیری مفاهیم علوم تجربی اشاره کرده‌اند. عابدینی و نوروزی (۱۳۹۹) در پژوهشی بر روی دانش‌آموزان متوسطه دوم نشان دادند که تدریس به روش کاوشگری در مقایسه با روش سنتی، منجر به افزایش معنادار یادگیری مفهومی در درس زیست‌شناسی می‌شود. قاسمی و همکاران (۱۴۰۱) نیز با کاربست[3] این روش در کلاس‌های علوم تجربی به بهبود مهارت‌های استدلال و حل‌مسئله دست یافتند. حسینی و همکاران (۱۴۰۰) بر نقش عوامل مداخله‌گر[4] همچون روش تدریس و عادات مطالعه در میزان تأثیرپذیری دانش‌آموزان از کاوشگری تأکید کرده و احمدی و کریمی (۱۳۹۸) نیز به این نکته اشاره نمودند که صرف افزایش تعداد فعالیت‌های کاوشگری، بدون توجه به کیفیت و راهنمایی مناسب، با پیشرفت تحصیلی رابطه‌ای منسجم ندارد. با این وجود، بخش عمدهٔ این مطالعات داخلی بر متغیرهایی چون پیشرفت تحصیلی، انگیزش یا مهارت‌های فرایند علمی متمرکز بوده‌اند و به‌ندرت به بررسی هم‌زمان تأثیر کاوشگری بر هر دو متغیر یادگیری مفهومی و استدلال علمی پرداخته‌اند.

با وجود این یافته‌ها، خلأهای پژوهشی آشکاری در این حوزه وجود دارد. نخست آنکه بیشتر مطالعات انجام‌شده در دوره‌های تحصیلی غیر از متوسطه دوم یا در میان دانشجو-معلمان زیست‌شناسی صورت گرفته‌اند و رضایی و محمدی (۱۳۹۷) نیز در مرور خود بر پژوهش‌های داخلی به کمبود شواهد تجربی مرتبط با دانش‌آموزان مقطع متوسطه در ایران اشاره کرده‌اند. دوم آنکه کمتر پژوهشی به‌طور هم‌زمان و با استفاده از طرح شبه‌آزمایشی با گروه کنترل، به بررسی تأثیر کاوشگری بر هر دو متغیر یادگیری مفهومی و استدلال علمی در بستر درس زیست‌شناسی پرداخته است. همچنین،

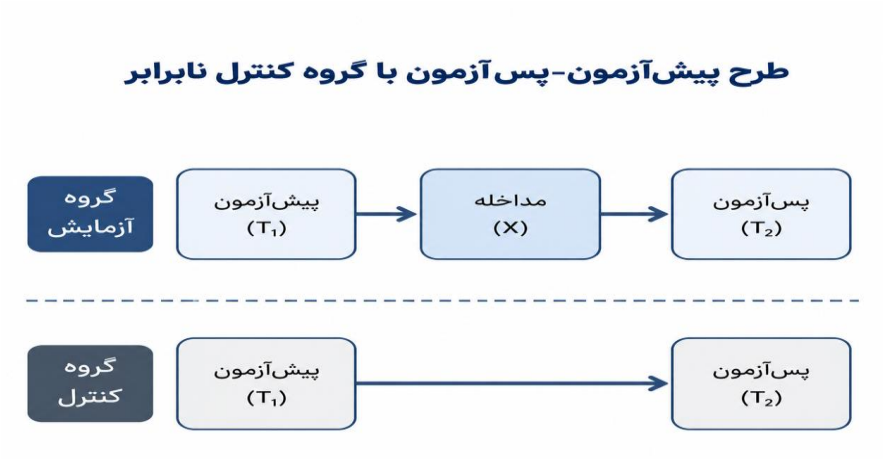
[1] Direct instruction
[2] Self-efficacy
[3] Implementation
[4] Intervening factors

پژوهش در زمینه تأثیر راهبردهای کاوشگری بر درگیری مفهومی[1] یادگیرندگان در کلاس‌های درس زیست‌شناسی همچنان محدود گزارش شده است (Bell et al., 2005) این خلأها، ضرورت انجام مطالعه‌ای را که با روش‌شناسی نیمه‌آزمایشی به بررسی هم‌زمان این دو متغیر در میان دانش‌آموزان متوسطه دوم بپردازد، به‌وضوح آشکار می‌سازد.

روش پژوهش

الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

پژوهش حاضر از نوع طرح نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون همراه با گروه کنترل نابرابر انجام شد. جامعه آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان پسر پایهٔ دهم رشته علوم تجربی در مدارس دولتی شهر یاسوج در سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۵ تشکیل دادند، به دلیل محدودیت‌های اجرایی و همگن‌سازی نمونه، جامعه پژوهش به دانش‌آموزان پسر پایه دهم محدود شد. نمونه پژوهش شامل ۴۰ دانش‌آموز در دو کلاس موجود بود که با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای انتخاب شدند سپس کلاس‌ها به‌صورت تصادفی به گروه آزمایش و کنترل اختصاص یافتند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۱۶ سال با انحراف معیار ۰/۵سال بود. ملاک‌های ورود به پژوهش شامل اشتغال به تحصیل در پایهٔ دهم رشته علوم تجربی در مدارس شهر یاسوج، حضور در حداقل ۸۰ درصد جلسات آموزشی در جلسات مداخله و داشتن رضایت‌نامهٔ آگاهانهٔ کتبی از سوی دانش‌آموزان و اولیای آن‌ها بود. ملاک‌های خروج نیز شامل غیبت‌های متوالی، انتقال از مدرسه و عدم شرکت در پس‌آزمون در نظر گرفته شد.



شکل ۱- نمودارشماتیک طرح پژوهش

ب) ابزارهای پژوهش

[1] Conceptual engagement

برای سنجش متغیرهای وابسته، از دو ابزار استاندارد استفاده شد:

آزمون یادگیری مفهومی زیست‌شناسی (محقق‌ساخته) یادگیری مفهومی در این پژوهش به توانایی دانش‌آموزان در درک روابط بین مفاهیم، کاربرد دانش و تحلیل موقعیت‌های زیستی اشاره دارد. این آزمون توسط پژوهشگر با هدف سنجش درک مفهومی دانش‌آموزان از مفاهیم زیست‌شناسی پایهٔ دهم (فصل گردش مواد در بدن شامل بخش‌های خون، رگ‌های خونی، قلب، گردش خون، تنظیم و سلامت دستگاه گردش مواد و دستگاه لنفی) طراحی شد. آزمون شامل ۲۰ گویهٔ چهارگزینه‌ای بود که هر گویه به سنجش یکی از سطوح یادگیری مفهومی (شامل بازشناسی، درک روابط، کاربرد و تحلیل) می‌پرداخت. نمره‌دهی به‌صورت صفر و یک (پاسخ صحیح یک نمره و پاسخ نادرست صفر) انجام شد و دامنهٔ نمرات از صفر تا ۲۰ بود. روایی محتوایی ابزار با استفاده از نظرات پنج نفر از دبیران مجرب زیست‌شناسی شهر یاسوج و متخصصان برنامه‌ریزی درسی تأیید شد (نسبت روایی محتوایی ۰/۷۸ و شاخص روایی محتوایی ۰/۸۳). پایایی آزمون نیز با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ بر روی یک نمونهٔ ۳۰ نفری از جامعهٔ مشابه، ۰/۸۵ به‌دست آمد.

آزمون استدلال علمی لاوسون[1] (lctsr): این ابزار که توسط لاوسون (۱۹۷۸، ۲۰۰۰) طراحی شده است، برای سنجش مهارت‌های استدلال علمی دانش‌آموزان به‌کار می‌رود (Lawson, 1978). آزمون شامل ۲۴ سؤال چهارگزینه‌ای در قالب ۱۲ سناریو است که هر سناریو به سنجش یکی از الگوهای استدلالی شامل تفکر نسبی، احتمالی، ترکیبی، همبستگی و کنترل متغیر می‌پردازد (Lawson et al., 2000). در پژوهش حاضر از روش نمره‌دهی جفتی استفاده شد که در آن پاسخ‌دهنده باید به هر دو سؤال یک جفت به‌درستی پاسخ دهد تا یک نمره کسب کند و دامنهٔ نمرات از صفر تا ۱۲ خواهد بود. پایایی نسخهٔ اصلی این آزمون با ضریب آلفای کرونباخ[2] ۰/۸۱ گزارش شده است (Lawson et al., 2000). نسخهٔ فارسی‌شده این آزمون نیز در پژوهش‌های پیشین در ایران مورد استفاده قرار گرفته و روایی و پایایی آن تأیید شده است (رفائی و همکاران، ۱۳۹۶) و ضریب پایایی آن در نمونهٔ ایرانی ۰/۸۲ گزارش شده است (Karimi et al., 2019).

ج) معرفی برنامه مداخله‌ای

مداخله آموزشی بر اساس الگوی کاوشگری[3] 5e (درگیر کردن، کاوش، تبیین، بسط، ارزشیابی) برای مباحث فصل گردش مواد در بدن از کتاب زیست‌شناسی پایهٔ دهم (شامل بخش‌های خون، رگ‌های خونی، قلب، گردش خون، تنظیم و سلامت دستگاه گردش مواد و دستگاه لنفی) تدوین شد. گروه آزمایش به مدت ۸ جلسهٔ ۷۵ دقیقه‌ای (۲ جلسه در

[1] Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning
[2] Cronbach's alpha
[3] E Inquiry Model

هفته) آموزش زیست‌شناسی را با روش یادگیری مبتنی بر کاوشگری در آزمایشگاه و کلاس درس مدرسهٔ مورد نظر در شهر یاسوج دریافت کرد. گروه کنترل نیز هم‌زمان با همان محتوای آموزشی و به مدت مشابه، آموزش را به روش سنتی (سخنرانی و پرسش و پاسخ) دریافت نمود. کلیهٔ جلسات توسط دبیر رسمی زیست‌شناسی پایهٔ دهم که در زمینهٔ اجرای روش کاوشگری آموزش دیده بود، برگزار شد. جدول ۱ خلاصهٔ جلسات مداخله را به‌تفکیک موضوع، مراحل کاوشگری و فعالیت‌های یادگیری نشان می‌دهد.

جدول ۱ .خلاصهٔ جلسات مداخلهٔ آموزشی مبتنی بر کاوشگری

شماره جلسه	موضوع /اهداف آموزشی	مراحل کاوشگری (5e)	فعالیت یادگیری دانش‌آموز و معلم
۱	خون (اجزای خون، پلاسما، گلبول‌های قرمز و سفید، پلاکت‌ها)	درگیر کردن[1]، کاوش	معلم با طرح پرسش‌هایی دربارهٔ نقش خون در بدن، دانش‌آموزان را درگیر می‌کند؛ دانش‌آموزان با مشاهده میکروسکوپی نمونه‌های خون و بررسی گروه‌های خونی به کاوش می‌پردازند.
۲	رگ‌های خونی (سرخرگ، سیاهرگ، مویرگ)	کاوش[2]، تبیین	دانش‌آموزان با استفاده از مدل‌های تشریحی و مقایسهٔ ساختار رگ‌ها، تفاوت‌های آن‌ها را کشف و تبیین می‌کنند؛ معلم مفاهیم را تکمیل می‌کند.
۳	قلب (ساختار، دریچه‌ها، حفرات)	درگیر کردن، کاوش	معلم با پرسش در مورد عملکرد قلب، دانش‌آموزان را درگیر می‌کند؛ دانش‌آموزان با تشریح قلب گوسفندی و شناسایی حفرات و دریچه‌ها به کاوش می‌پردازند.
۴	گردش خون (گردش خون ریوی و عمومی)	تبیین[3]، بسط[4]	دانش‌آموزان مسیر گردش خون را بر روی مدل ترسیم و یافته‌های خود را تبیین می‌کنند؛ معلم با طرح پرسش‌های بسط‌دهنده، درک آن‌ها را عمیق‌تر می‌سازد.
۵	تنظیم دستگاه گردش مواد (عصبی و هورمونی)	درگیر کردن، کاوش	معلم با بیان یک مسئلهٔ بالینی (افزایش ناگهانی فشار خون) دانش‌آموزان را درگیر می‌کند؛ دانش‌آموزان با شبیه‌سازی و بررسی داده‌ها به کاوش در مورد تنظیم فشار خون می‌پردازند.
۶	سلامت دستگاه گردش مواد (بیماری‌ها و عوامل خطر)	کاوش، تبیین	دانش‌آموزان با بررسی مطالعات موردی و مقالات علمی، عوامل خطر بیماری‌های قلبی-عروقی را کاوش و تبیین می‌کنند؛ معلم نقش پیشگیری را توضیح می‌دهد.
۷	دستگاه لنفی (ساختار و عملکرد، ارتباط با گردش خون)	کاوش، بسط	دانش‌آموزان با مشاهده مدل‌های دستگاه لنفی و بررسی نقش آن در ایمنی، ارتباط آن با گردش خون را کشف و دانش خود را بسط می‌دهند.
۸	مرور جامع و ارزشیابی	ارزشیابی[5]	دانش‌آموزان به صورت گروهی، مفاهیم آموخته‌شده را مرور و به پرسش‌های ارزشیابی پاسخ می‌دهند؛ معلم بازخورد پایانی ارائه می‌دهد.

[1] Engage
[2] Explore
[3] Explain
[4] Elaborate
[5] Evaluate

د) روش اجرا و تحلیل داده‌ها

پس از اخذ مجوزهای رسمی و هماهنگی با مدیریت مدرسهٔ مورد نظر در شهر یاسوج و کسب رضایت‌نامهٔ آگاهانهٔ کتبی از والدین و دانش‌آموزان، پیش‌آزمون (شامل هر دو ابزار آزمون یادگیری مفهومی و آزمون استدلال علمی لاوسون) برای هر دو گروه اجرا شد. سپس گروه آزمایش به مدت ۸ جلسه (هر جلسه ۷۵ دقیقه) آموزش زیست‌شناسی را با روش یادگیری مبتنی بر کاوشگری و گروه کنترل آموزش را با روش سنتی دریافت کردند. بلافاصله پس از اتمام جلسات مداخله، پس‌آزمون با استفاده از همان ابزارها برای هر دو گروه اجرا گردید. رعایت ملاحظات اخلاقی شامل محرمانه ماندن داده‌ها، عدم آسیب علمی به گروه کنترل و ارائه آموزش کاوشگری به گروه کنترل پس از اتمام پژوهش تأکید شد.

برای تحلیل داده‌ها، در بخش آمار توصیفی از شاخص‌های میانگین و انحراف‌معیار و در بخش آمار استنباطی، با توجه به وجود پیش‌آزمون و پس‌آزمون و هدف مقایسهٔ دو گروه با کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (ANCOVA) برای هر یک از متغیرهای وابسته استفاده شد. برای تحلیل (ANCOVA) ابتدا پیش فرض های نرمال بودن (شاپیرو-ویلک) ، همگنی واریانس ها و خطی بودن رگرسیون بررسی و تایید شدند. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخهٔ ۲۷ انجام گرفت.

یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های حاصل از تحلیل داده‌های ۴۰ دانش‌آموز پایهٔ دهم (۲۰ نفر گروه آزمایش و ۲۰ نفر گروه کنترل) در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای متغیرهای یادگیری مفهومی و استدلال علمی گزارش می‌شود. ابتدا شاخص‌های توصیفی، سپس بررسی پیش‌فرض‌های آماری[1] و در نهایت آزمون فرضیه‌ها با پاسخ به سؤالات پژوهش ارائه می‌گردد.

یافته‌های توصیفی

جدول ۲ شاخص‌های میانگین[2] و انحراف‌معیار[3] نمرات دو گروه را در متغیرهای وابسته در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین نمرات هر دو متغیر در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل در مرحلهٔ پس‌آزمون افزایش چشم‌گیری داشته است، هرچند که در پیش‌آزمون، میانگین دو گروه در هر دو

[1] Statistical assumptions
[2] Mean
[3] Standard deviation

متغیر تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. این امر حاکی از همگونی نسبی[1] دو گروه در ابتدای پژوهش و تأثیر احتمالی مداخلهٔ آموزشی بر افزایش نمرات گروه آزمایش است.

جدول ۲. شاخص‌های توصیفی نمرات یادگیری مفهومی و استدلال علمی در دو گروه آزمایش و کنترل

گروه	متغیر	پیش‌آزمون (میانگین ± انحراف‌معیار)	پس‌آزمون (میانگین ± انحراف‌معیار)	میزان تغییرات
آزمایش	یادگیری مفهومی	۱۲/۵ ± ۴/۶	۱۷/۵ ± ۳/۳	+۵/۰
کنترل	یادگیری مفهومی	۱۳/۱ ± ۵/۲	۱۴/۲ ± ۵/۴	+۱/۱
آزمایش	استدلال علمی	۴/۸ ± ۱/۹	۹/۴ ± ۱/۷	+۴/۶
کنترل	استدلال علمی	۵/۰ ± ۲/۲	۶/۲ ± ۲/۲	+۱/۲

نکتهٔ قابل توجه در جدول فوق، افزایش حدود ۵ نمره‌ای در یادگیری مفهومی و ۴/۶ نمره‌ای در استدلال علمی برای گروه آزمایش است، در حالی که گروه کنترل افزایش ناچیزی را نشان می‌دهد. همچنین انحراف‌معیار گروه آزمایش در پس‌آزمون کاهش یافته است که بیانگر همگن‌تر شدن عملکرد دانش‌آموزان این گروه پس از مداخله است.

بررسی پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس

پیش از اجرای تحلیل کوواریانس، پیش‌فرض‌های آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع نمرات در هر دو گروه و هر دو متغیر در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون، نرمال[2] است ($P < ۰/۰۵$ برای تمامی متغیرها). همچنین آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها در هر دو متغیر یادگیری مفهومی ($P=۰/۸۸$ ، $F = ۰/۰۲$) و استدلال علمی ($P=/۶۵$ ، $F= ۰/۲۱$) نشان‌دهندهٔ عدم تفاوت معنادار در واریانس‌های دو گروه بود. افزون بر این، شیب خطوط رگرسیون[3] برای هر دو متغیر در دو گروه همگن بود (تعامل گروه[4] در پیش‌آزمون برای یادگیری مفهومی: $p=۰/۲۴$ ؛ و برای استدلال علمی: $p = ۰/۳۷$ که مجاز بودن استفاده از تحلیل کوواریانس را تأیید می‌کند.

آزمون فرضیه‌ها و پاسخ به سؤالات پژوهش

سؤال اول : یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر یادگیری مفهومی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی چه تاثیری دارد؟

[1] Relative homogeneity
[2] Normal distribution
[3] Slopes of regression lines
[4] Group by pretest interaction

برای پاسخ به این سؤال، نتایج تحلیل کوواریانس تک‌متغیری[1] برای متغیر یادگیری مفهومی در جدول ۳ ارائه شده است. با کنترل نمرات پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر هم ورد[2]، تفاوت بین دو گروه در نمرات پس‌آزمون یادگیری مفهومی معنادار بود ($P < ۰/۰۰۱$ ، $F (۱ ،۳۷) = ۶۰/۳۴$) مقدار مجذور اتا ($\eta^2 = ۰/۳۸$) نشان می‌دهد که حدود ۳۸ درصد از تغییرات نمرات پس‌آزمون یادگیری مفهومی ناشی از مداخلهٔ آموزشی (روش کاوشگری) است که بر اساس معیار کوهن[3]، اندازه‌ای بزرگ تلقی می‌شود. همچنین میانگین تعدیل‌شدهٔ[4] نمرات یادگیری مفهومی در گروه آزمایش (۱۷/۴۳) به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از گروه کنترل (۱۴/۳۳) بود. این یافته نشان می‌دهد که یادگیری مبتنی بر کاوشگری به‌طور معناداری منجر به بهبود درک مفهومی دانش‌آموزان از مفاهیم زیست‌شناسی (فصل گردش مواد) شده است. به‌عبارت دیگر، روش کاوشگری با درگیرکردن فعال دانش‌آموزان در فرایند یادگیری و ایجاد فرصت برای اکتشاف و تبیین، توانسته است سطح یادگیری مفهومی آن‌ها را ارتقا بخشد.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیر یادگیری مفهومی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	سطح معناداری	مجذور اتا
پیش‌آزمون	۵/۲۷	۱	۵/۲۷	۲۲/۴	۰/۰۴۷	۰/۱۱
گروه	۰/۳۹۶	۱	۰/۳۹۶	۶۰/۳۴	< ۰/۰۰۱	۰/۳۸
خطا	۲۳۵/۳	۳۷	۶/۴	-	-	-

سؤال دوم: یادگیری مبتنی بر کاوشگری بر استدلال علمی دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی چه تاثیری دارد؟

برای پاسخ به سؤال دوم، نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیر استدلال علمی در جدول ۴ ارائه شده است. با کنترل نمرات پیش‌آزمون، تفاوت بین دو گروه در نمرات پس‌آزمون استدلال علمی معنادار بود ($P < ۰/۰۰۱$ ، ۵۰/۵۱ = (۳۷، F(۱ مقدار مجذور اتا ($\eta^2 = ۰/۳۴$) بیانگر آن است که حدود ۳۴ درصد از تغییرات نمرات پس‌آزمون استدلال علمی ناشی از مداخلهٔ آموزشی است که بر اساس معیار کوهن، اندازه‌ای بزرگ محسوب می‌شود. میانگین تعدیل‌شدهٔ استدلال علمی در گروه آزمایش (۹/۳۶) به‌طور معناداری بالاتر از گروه کنترل (۶/۲۴) بود. این یافته نشان می‌دهد که یادگیری مبتنی بر کاوشگری توانسته است مهارت‌های استدلال علمی دانش‌آموزان را به‌طور معناداری بهبود بخشد. به‌نظر می‌رسد که فراهم‌سازی فرصت برای آزمون فرضیه‌ها، تحلیل داده‌ها و ارائه تبیین‌های مبتنی بر شواهد در طول جلسات مداخله، به تقویت توانایی‌های استدلالی دانش‌آموزان منجر شده است.

[1] Univariate Analysis of Covariance - ANCOVA
[2] Covariate
[3] Cohen's criterion
[4] Adjusted mean

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس برای متغیر استدلال علمی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	سطح معناداری	مجذور اتا
پیش‌آزمون	۰/۲۶	۱	۰/۲۶	۳۶/۸	۰/۰۰۷	۰/۱۸
گروه	۰/۱۵۹	۱	۰/۱۵۹	۵۱/۵۰	< ۰/۰۰۱	۰/۳۴
خطا	۹/۱۱۶	۳۷	۲/۳	-	-	-

تحلیل مقایسه‌ای دو متغیر

اگرچه هر دو متغیر وابسته تحت تأثیر مداخله بهبود یافتند، اما میزان اثربخشی بر یادگیری مفهومی (η^2= ۰/۳۸) اندکی بیشتر از استدلال علمی (η^2= ۰/۳۴) بود. این تفاوت می‌تواند به این دلیل باشد که یادگیری مفهومی به‌عنوان پیامد مستقیم‌تر فعالیت‌های کاوشگری (مانند اکتشاف مفاهیم و تبیین روابط) محسوب می‌شود، در حالی که استدلال علمی به‌عنوان یک مهارت سطح‌بالاتر شناختی، نیازمند زمان بیشتری برای پرورش و تثبیت است. با این حال، هر دو اثر در دامنهٔ بزرگ قرار دارند که نشان‌دهندهٔ کارایی بالای مداخلهٔ آموزشی در هر دو حوزه است.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش به‌روشنی نشان داد که آموزش مبتنی بر کاوشگری در مقایسه با روش سنتی، به‌طور معناداری منجر به بهبود هر دو متغیر یادگیری مفهومی و استدلال علمی در دانش‌آموزان پایهٔ دهم شهر یاسوج شده است. آنچه در این یافته‌ها حائز اهمیت است، نه صرفاً تفاوت آماری میانگین‌ها، بلکه دامنهٔ تأثیر[1] و عمق تغییرات ایجادشده در گروه آزمایش است که هم در افزایش میانگین نمرات و هم در کاهش انحراف‌معیار پس‌آزمون این گروه نمود یافت. تبیین این یافته‌ها را باید در مبانی نظری[2] سازنده‌گرایی دیویی (۱۹۳۸) و برونر (۱۹۶۱) ماهیت فعال یادگیری مبتنی بر کاوشگری جستجو کرد. در این رویکرد، دانش‌آموزان به‌جای دریافت منفعلانهٔ اطلاعات، خود در فرایند کشف، آزمون فرضیه‌ها و تبیین پدیده‌ها نقش فعالی ایفا می‌کنند. این فرایند فعال، از یک سو موجب می‌شود که یادگیرنده برای ایجاد پیوند میان مفاهیم جدید و دانش پیشین خود تلاش کند و بدین‌ترتیب یادگیری مفهومی عمیق‌تری شکل گیرد؛ و از سوی دیگر، با قراردادن او در موقعیت‌های حل‌مسئله و استدلال‌ورزی مبتنی بر شواهد، مهارت‌های استدلال علمی او را به‌طور نظام‌مند پرورش می‌دهد. این یافته با اصل اساسی سازنده‌گرایی که بر ساخت دانش به‌جای دریافت آن تأکید دارد، هماهنگی کامل دارد و نشان می‌دهد که کاوشگری، به‌ویژه در قالب الگوی 5e، بستر مناسبی برای تحقق اهداف عالی آموزش زیست‌شناسی فراهم می‌آورد.

[1] Effect size range
[2] Theoretical foundations

مقایسهٔ یافته‌های پژوهش حاضر با پیشینهٔ پژوهشی، همسویی قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش با فراتحلیل لازوندر و هارمسن[1] که برتری کاوشگری هدایت‌شده را بر روش‌های سنتی در پیامدهای شناختی تأیید کرده بود، همخوانی کامل دارد. همچنین با پژوهش شفر و همکاران[2] که بر تأثیر مثبت این روش بر یادگیری مفهومی و مشارکت فعال دانش‌آموزان در آموزش زیست‌شناسی تأکید داشت، همسو است. در سطح داخلی نیز یافته‌های این پژوهش با نتایج عابدینی و نوروزی (۱۳۹۹) و نیز قاسمی و همکاران (۱۴۰۱) که بهبود یادگیری مفهومی و مهارت‌های استدلالی را در گروه آزمایش گزارش کرده بودند، مطابقت دارد. با این حال، نکتهٔ قابل‌تأمل آنکه میزان اثربخشی در پژوهش حاضر بر متغیر استدلال علمی (با اندازه اثر[3] ۰/۳۴) در مقایسه با یادگیری مفهومی (با اندازه اثر ۰/۳۸) اندکی کمتر است. این تفاوت را می‌توان از دو منظر تبیین کرد: نخست آنکه استدلال علمی به‌عنوان یک مهارت شناختی سطح‌بالاتر[4]، ماهیتاً نیازمند زمان طولانی‌تر و تمرین بیشتری برای نهادینه‌شدن[5] است و دورهٔ ۸ جلسه‌ای این پژوهش ممکن است برای ظهور کامل[6] این مهارت کافی نبوده باشد. دوم آنکه در روش‌شناسی پژوهش‌های پیشین (مانند پژوهش رضایی و محمدی، ۱۳۹۷ که به کمبود مطالعات نیمه‌آزمایشی در این حوزه اشاره داشتند)، تفاوت در نوع کاوشگری و میزان هدایت معلم می‌توانسته است بر میزان تأثیرگذاری بر استدلال علمی تأثیر بگذارد. بدین‌ترتیب، هرچند جهت‌گیری کلی یافته‌ها با پیشینه همسو است، اما تفاوت در میزان اثربخشی بر دو متغیر، نشان‌دهندهٔ ظرافت‌های بیشتری در رابطهٔ کاوشگری با ابعاد مختلف یادگیری است که نیازمند مطالعات دقیق‌تری است.

دلالت‌های تربیتی[7] این پژوهش برای نظام آموزش و پرورش و به‌ویژه دبیران زیست‌شناسی، حائز اهمیت فراوان است. نخست آنکه یافته‌ها به‌روشنی نشان می‌دهد که صرف‌نظر از محتوای آموزشی، روش تدریس نقشی تعیین‌کننده در کیفیت یادگیری دارد. بر این اساس، به سیاست‌گذاران آموزشی[8] توصیه می‌شود که در بازطراحی برنامه‌های درسی و و کارگاه‌های ضمن‌خدمت معلمان[9]، بر توانمندسازی[10] دبیران در کاربست روش‌های فعال تدریس به‌ویژه کاوشگری تأکید ویژه داشته باشند. برای دبیران زیست‌شناسی نیز این پیام روشن است که می‌توانند با طراحی موقعیت‌های کاوشگریِ مبتنی بر محتوای کتاب درسی و متناسب با امکانات موجود (از جمله آزمایشگاه و مدل‌های آموزشی)، ضمن

[1] Lazonder & Harmsen, 2016
[2] Schäfer et al., 2024
[3] Effect size
[4] Higher-order cognitive skills
[5] Internalization
[6] Full emergence
[7] Educational implications
[8] Educational policymakers
[9] In-service training workshops
[10] Empowerment

پوشش کامل سرفصل‌ها، زمینه را برای پرورش یادگیری مفهومی و استدلال علمی در دانش‌آموزان فراهم آورند. به‌ویژه آنکه محتوای فصل گردش مواد در کتاب زیست‌شناسی پایه دهم، با داشتن مفاهیم عینی و قابل‌آزمایش، بستر بسیار مناسبی برای اجرای این روش فراهم می‌آورد. همچنین بر اساس یافته‌ها، به دبیران توصیه می‌شود که در طراحی فعالیت‌های کاوشگری، بر فرایند استدلال و تبیین علمی توسط دانش‌آموزان به‌اندازهٔ خود پاسخ نهایی اهمیت قائل شوند، چرا که این فرایند، بستر اصلی پرورش مهارت‌های سطح‌بالا را تشکیل می‌دهد (Hmelo-Silver et al., 2007; Minner et al., 2010).

همواره باید در تعمیم‌بخشی به یافته‌های این پژوهش، محدودیت‌های آن را مد نظر داشت. نخست آنکه حجم نمونه با ۴۰ دانش‌آموز در دو کلاس، هرچند برای تحلیل‌های آماری کفایت دارد، اما از توان تعمیم‌پذیری بالایی به کل جامعهٔ دانش‌آموزان برخوردار نیست. دوم آنکه پژوهش صرفاً بر روی دانش‌آموزان پسر پایهٔ دهم در شهر یاسوج انجام شده است و تعمیم نتایج به دانش‌آموزان دختر یا پایه‌های تحصیلی دیگر و مناطق جغرافیایی متفاوت، نیازمند مطالعات تکمیلی است. سوم، دورهٔ ۸ جلسه‌ای مداخله، هرچند در پژوهش‌های مشابه رایج است، اما ممکن است برای ظهور کامل مهارت‌های استدلال علمی که به تمرین و زمان بیشتری نیاز دارد، کافی نبوده باشد. همچنین احتمال اثر هاثورن[1] و نیز تأثیر ویژگی‌های خاص دبیر مجری مداخله بر نتایج را نمی‌توان نادیده گرفت. با وجود این محدودیت‌ها، سعی شد تا با کنترل دقیق متغیرهای مداخله‌گر و استفاده از طرح نیمه‌آزمایشی با پیش‌آزمون و گروه کنترل، اعتبار درونی[2] پژوهش تا حد ممکن افزایش یابد.

بر اساس یافته‌ها و محدودیت‌های ذکرشده، دو پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی ارائه می‌شود: نخست، انجام پژوهش‌هایی با دوره‌های مداخلهٔ طولانی‌تر (۱۵ تا ۲۰ جلسه) که بتواند میزان ماندگاری اثربخشی روش کاوشگری بر استدلال علمی را مورد بررسی قرار دهد و نیز اثرات بلندمدت آن را بسنجد. دوم، طراحی و اجرای پژوهش‌های مشابه با استفاده از طرح‌های آزمایشی با انتساب تصادفی کامل و نمونه‌های بزرگ‌تر در مناطق جغرافیایی و پایه‌های تحصیلی مختلف، که امکان تعمیم‌پذیری نتایج را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. همچنین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های کیفی[3] برای بررسی تجربهٔ زیسته[4] دانش‌آموزان از فرایند کاوشگری انجام شود تا ابعاد پنهان این رویکرد آموزشی بیشتر آشکار گردد.

[1] Hawthorne effect
[2] Internal validity
[3] Qualitative research
[4] Lived experience

در جمع‌بندی نهایی، یافته‌های پژوهش حاضر به‌روشنی نشان می‌دهد که رویکرد یادگیری مبتنی بر کاوشگری، فراتر از یک روش تدریس صرف، به‌عنوان یک فلسفهٔ آموزشی[1]، می‌تواند تحولی بنیادین در کیفیت یادگیری زیست‌شناسی ایجاد کند. در عصری که انفجار اطلاعات، آموزش حفظ‌محور را بی‌اعتبار ساخته است، آنچه دانش‌آموزان بدان نیاز دارند، نه انباشت طوطی‌وار اطلاعات، بلکه توانایی درک عمیق مفاهیم، تحلیل انتقادی و استدلال مبتنی بر شواهد است. مهارت‌هایی که کاوشگری به‌خوبی آن‌ها را پرورش می‌دهد. بنابراین، ضرورت دارد که برنامه‌ریزان آموزشی، دانشگاه فرهنگیان و دبیران زیست‌شناسی، با بازنگری اساسی در روش‌های سنتی و حرکت به‌سوی رویکردهای فعال یادگیری، زمینهٔ تربیت نسلی را فراهم آورند که نه تنها مفاهیم زیستی را می‌داند، بلکه می‌تواند با آن‌ها بیندیشد، مسئله را تحلیل کند و برای چالش‌های دنیای واقعی، راه‌حل‌های مستدل ارائه دهد. این همان هدف غایی آموزش زیست‌شناسی در سند تحول بنیادین آموزش و پرورش است که تحقق آن، نیازمند عزمی جمعی در تمامی سطوح نظام آموزشی است.

مشارکت نویسندگان

نویسندهٔ مسئول در طراحی پژوهش، نگارش بخش‌های مقدمه و روش‌شناسی، تحلیل آماری داده‌ها، تفسیر یافته‌ها و ویرایش نهایی مقاله نقش اصلی را ایفا نمود (حدود ۷۰ درصد). نویسندهٔ همکار به‌عنوان دبیر زیست‌شناسی، مسئولیت اجرای مداخلهٔ آموزشی در کلاس درس، جمع‌آوری داده‌های میدانی، نگارش بخش بحث و نتیجه‌گیری و نیز همکاری در بازبینی بخش روش‌شناسی را بر عهده داشت (حدود ۳۰ درصد). هردو نویسنده نسخهٔ نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

از تمامی دانش‌آموزان عزیز پایهٔ دهم که با صمیمیت در این پژوهش مشارکت نمودند و نیز دبیر محترم زیست‌شناسی که در اجرای جلسات مداخله همکاری داشتند، کمال تشکر را دارند.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

[1] Educational philosophy

منابع

Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, *72*(7), 30–33. https://doi.org/10.2505/4/tst05_072_07_30

Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neubrand, M., Dorner, B., Pankow, L., Fischer, M., Strijbos, J. W., Heene, M., & Eberle, J. (2014). Scientific reasoning and argumentation: Advancing an interdisciplinary research agenda in education.*Frontline Learning Research*, *2*(3), 28–45. https://doi.org/10.14786/flr.v2i3.96

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, *42*(2), 99–107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

Karimi, N., Rafaie, S., & Hosseini, A. (2019). Validity and reliability of the Persian version of Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning in a sample of Iranian students. *Educational Measurement Quarterly*, *10*(37), 179–198. [In Persian]

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *JournalofResearchinScienceTeaching*,*15*(1),11–24. https://doi.org/10.1002/tea.3660150103

Lawson, A. E., Clark, B., Cramer-Meldrum, E., Falconer, K. A., Sequist, J. M., & Kwon, Y. J. (2000). Development of scientific reasoning in college biology: Do two levels of general hypothesis-testing skills exist? *Journal of Research in Science Teaching*, *37*(1), 81–101. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200001)37:1<81::AID-TEA6>3.0.CO;2-I

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(4), 474–496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Schäfer, M., Lahn, S., & Wenzel, S. (2024). Inquiry-based learning in biology education: A systematic review of 17 empirical studies. *International Journal of Science Education*, *46*(2), 215–238. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2253782