

## The Effectiveness of Teaching Physics with a Nature of Science Approach on Students' Academic Achievement and Motivational Beliefs

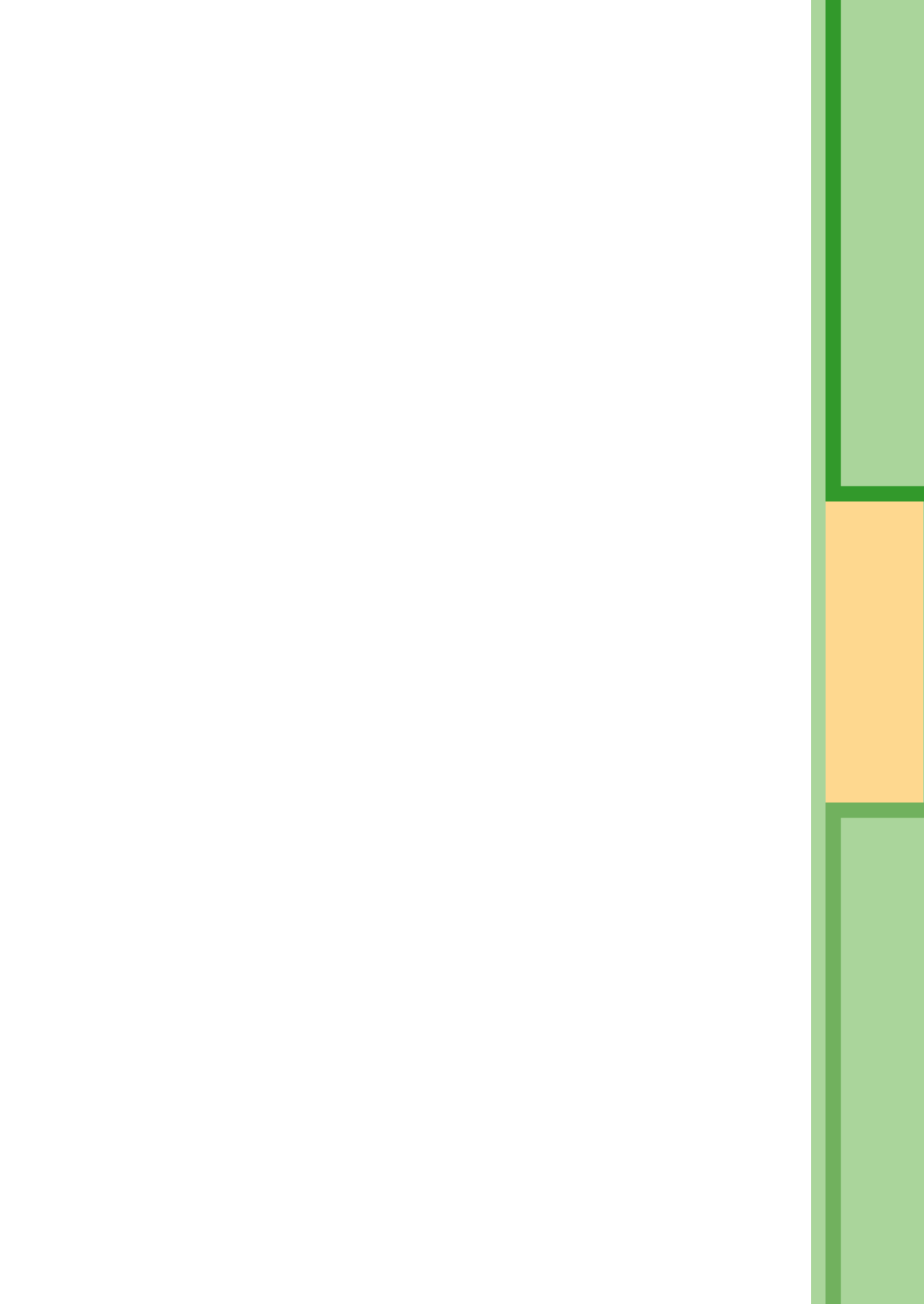
- Masoume Arab, MA Candidate in Physics Education, Department of Physics, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.  
E-mail: arabmasoume82@gmail.com
- Fāteme Ahmadi (PhD), Associate Professor, Department of Physics, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.  
E-mail: fahmadi@sru.ac.ir
- Farzāne Nowroozi Larki (PhD), Assistant professor, Department of Mathematics, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, (Corresponding Author).  
E-mail: fnowroozi@sru.ac.ir

### Abstract

This study investigated the effectiveness of physics instruction using the nature of science (NOS) approach on students' academic achievement and motivational beliefs. A quasi-experimental pretest-posttest design with a control group was employed. The statistical population comprised all tenth-grade female students in Kalaleh, Iran, during the 2021–2022 academic year. A convenience sample of 40 students was selected and randomly assigned to an experimental group ( $n=20$ ) and a control group ( $n=20$ ). The experimental group received physics instruction based on the NOS approach, while the control group was taught using conventional methods. Data were collected using an academic achievement test (reliability coefficient: 0.73) and the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (Pintrich & De Groot, 1990). Analysis of covariance (ANCOVA) revealed that the NOS-based instruction was significantly more effective than the conventional approach in improving both students' academic achievement and their motivational beliefs. Given students' weak motivational beliefs and low performance in learning physics concepts, the integration of the nature of science approach into science education is strongly recommended.

### Keywords

Nature of Science, Physics Education, Academic Achievement, Motivational Beliefs, Learning



# اثربخشی آموزش فیزیک با رویکرد ماهیت علم بر پیشرفت تحصیلی و باورهای انگیزشی دانش آموزان

■ فرزانه نوروزی لری\*\*\*

■ فاطمه احمدی\*\*

■ معصومه عرب\*

## چکیده:

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی آموزش فیزیک، با رویکرد ماهیت علم، بر پیشرفت تحصیلی و باورهای انگیزشی یادگیری دانش آموزان و با روش کمی شبه آزمایشی، از نوع طرح پیش آزمون - پس آزمون با دو گروه کنترل و آزمایش، انجام شد. جامعه آماری این پژوهش را کلیه دانش آموزان دختر پایه دهم دوره دوم متوسطه شهر کلاله در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ تشکیل می دهند که به روش نمونه گیری در دسترس، تعداد ۴۰ دانش آموز انتخاب و در دو گروه بیست نفره به طور تصادفی تقسیم شدند. برای گردآوری داده ها، از آزمون پیشرفت تحصیلی محقق ساخته استفاده شد که شامل بیست سؤال چهارگزینه ای با ضریب پایایی ۰/۷۳ بود. همچنین برای سنجش راهبردهای انگیزشی دانش آموزان، پرسش نامه استاندارد راهبردهای انگیزشی یادگیری پینتریچ و دی گروت استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها، پس از محاسبه شاخص های آماری هریک از متغیرها در بخش آمار استنباطی، از آزمون تحلیل کوواریانس برای بررسی فرضیه های پژوهش استفاده شد. نتایج نشان داد، آموزش فیزیک با رویکرد ماهیت علم به نسبت رویکرد متداول، بر پیشرفت تحصیلی و باورهای انگیزشی دانش آموزان اثربخش تر است؛ بنابراین با توجه به ضعف باورهای انگیزشی دانش آموزان و سطح پایین عملکرد آنان در یادگیری مفاهیم فیزیک، توصیه می شود از رویکرد ماهیت علم به منزله راهکاری مؤثر در آموزش علوم بهره گرفته شود.

ماهیت علم، آموزش فیزیک، پیشرفت تحصیلی، باورهای انگیزشی، یادگیری

کلید واژه ها:

□ تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۵/۳ □ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۳/۵/۲۲ □ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۹/۲۰

\* دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. E-mail: arabmasume82@gmail.com

\*\* دانشیار گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. E-mail: fahmadi@sru.ac.ir

\*\* (نویسنده مسئول) استادیار گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. E-mail: fnowroozi@sru.ac.ir

## مقدمه

در سدهٔ اخیر، گسترش سواد علمی<sup>۱</sup> یکی از اهداف مهم آموزشی در کشورهای توسعه‌یافته است (بنکونگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). به‌طور کلی، سواد علمی اغلب به توانایی‌های افراد دربارهٔ تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و مبتنی بر علم دربارهٔ مسائل شخصی و اجتماعی گفته می‌شود. افراد برای گرفتن چنین تصمیم‌هایی باید با موضوع و نحوهٔ کار کردن علم، آشنا باشند (کمپانیل<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

در پیشینهٔ آموزش علوم، برای بیان تصویر جامع از علم، از اصطلاح «ماهیت علم» استفاده شده است. ماهیت علم به درکی از علم منجر می‌شود که علاوه بر شناخت مفاهیم علمی، بر دیدگاه فرد به‌منزلهٔ شهروند نیز اثرگذار است. بی‌شک در پس بسیاری از تصمیم‌های غیرمنطقی و مواضع نابخردانه در خصوص علم و سیاست‌های علمی، بدفهمی‌هایی از وجوه و ماهیت علم وجود دارد (مک کوماس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲).

اهمیت قرارگیری ماهیت علم در برنامهٔ درسی مدارس در بررسی‌ها و مطالعات متخصصان حوزهٔ آموزش علوم، از جمله لدرمن و عبدالخلیک<sup>۵</sup> (۲۰۰۲)، همچنین مک کوماس (۲۰۰۲) درخور توجه است. حدود صد سال است که شناخت ماهیت علم به‌منزلهٔ یکی از اجزای سواد علمی مطرح شده و به‌عنوان مشخصهٔ اصلی آن، تقریباً در تمام اسناد ملی و استانداردهای آموزش علوم امریکا مدنظر قرار گرفته است (وانگ و اشمیت<sup>۶</sup>، ۲۰۰۱). در حال حاضر، در سایر کشورها، درک ماهیت علم نتیجهٔ مهم آموزش‌های پیش از دانشگاه و جزء مهمی از سواد علمی در نظر گرفته می‌شود.

اگرچه رسیدن به درک بهتر از ماهیت علم هدفی عمده از آموزش علوم است، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بیشتر دانش‌آموزان دیدگاه ساده‌انگارانه‌ای به علم دارند (لی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۴). نبود درک کافی از ماهیت علم مانع داشتن بینش عمیق دربارهٔ علم می‌شود. به همین دلیل، انجمن ملی معلم‌های علوم امریکا<sup>۸</sup> بیانیه‌ای دربارهٔ جایگاه علم و فناوری مطرح کردند که در راستای کمک به ارتقای ماهیت علم به رسمیت شناخته شده است. همچنین پژوهشگران معتقدند که معلم باید ساخت پل‌هایی بین دانش موجود و دانش جدید را به دانش‌آموزان آموزش دهد. از این باور در دنیای کنونی، با نام علم و سواد علمی می‌شود (فلوید و کارل<sup>۹</sup>، ۱۹۸۷). کارشناسان حوزهٔ علم‌آموزی اتفاق نظر دارند که سؤالات مفهومی و فلسفی در مورد علم، به‌طور طبیعی برای دانش‌آموزان مطرح می‌شود. سؤال‌هایی از قبیل اینکه نظریهٔ علمی چیست و چه تفاوتی با فرضیهٔ علمی دارد؟ مشاهده، آزمایش و نظریه چه رابطه‌ای با هم دارند؟ روش علمی چیست؟ قانون علمی چیست؟ این‌ها سؤال‌هایی هستند که معلم‌ها در کلاس‌های درس، بارها با آن مواجهه می‌شوند و دانش‌آموزان انتظار دارند پاسخ مناسبی برای آن‌ها دریافت کنند. این‌گونه سؤال‌ها در مقوله‌ای به نام «ماهیت علم» قرار می‌گیرند.

متخصصان و پژوهشگران در زمینهٔ ماهیت علم، باور دارند که معلمان در مقام واسطه‌های اصلی برنامهٔ درسی، در آموزش علوم نقش بسزایی دارند (عبدالخلیک و لدرمن، ۲۰۱۰) و به‌کارگیری روش مناسب برای تدریس فیزیک، در حالت کلی برای علوم، به‌منظور افزایش علاقهٔ دانش‌آموزان به علم، بسیار

حائز اهمیت است؛ زیرا یکی از دلایل بی‌علاقگی آن‌ها به علم، تصویری است که از علم و دانشمندان دارند (صابری، ۱۳۹۱). از طرفی، روشی که معلم‌ها برای ارائه مطالب علمی به صورت کلامی انتخاب می‌کنند، در شکل‌گیری تصورات ذهنی دانش‌آموزان درباره علم، نقش مهمی بازی می‌کند. برای مثال، روش‌های کلامی معلمان در توضیح سازه‌ها و مفاهیم علمی، ممکن است سبب ایجاد تصورات ساده‌انگارانه فراگیران درباره علم شود. این امر معمولاً هنگامی رخ می‌دهد که مفاهیم به صورت غیر تخصصی توضیح داده می‌شوند. در آموزش علوم، زمانی که معلمان از زبان دقیق و علمی استفاده می‌کنند، فراگیران ممکن است به تفکرات دقیق‌تر و علمی‌تری درباره مفاهیم دست یابند. این تفاوت معمولاً به دلیل دقت بیشتر و استفاده از واژگان و گفتمان تخصصی رخ می‌دهد. در نتیجه، نحوه بیان معلم تأثیرات مهمی در تفکر و دیدگاه دانش‌آموزان دارد (مک‌کوماس، ۲۰۰۲). در مورد آموزش مؤلفه‌های ماهیت علم، دو رویکرد اصلی وجود دارد:

۱. رویکرد صریح: معلمان به‌صراحت به دانش‌آموزان می‌گویند که چه جنبه‌هایی از ماهیت علم را باید یاد بگیرند. این نوع تدریس ممکن است عناصری از تاریخ علم یا فلسفه علم را شامل شود و آموزش از طریق بحث، تفکر و پرسش‌های فعال ارائه می‌شود؛
۲. رویکرد ضمنی: دانش‌آموزان در فعالیت‌های مبتنی بر کاوشگری علمی شرکت می‌کنند و غیرمستقیم و بدون اشاره مستقیم به مؤلفه‌های ماهیت علم، دیدگاه‌های جدیدی را درباره آن‌ها کسب می‌کنند (عبدالخلیک و لدرمن، ۲۰۱۰).

بنا به عقیده جان دیوی<sup>۱</sup>، دانش‌آموز موجودی فعال و کنشگر است که در محیط خود دخالت می‌کند و با آن، عمل متقابل انجام می‌دهد. او از طریق فعالیت‌ها و مهارت‌های خود می‌آموزد و ذهنش را از طریق رفتاری که در آن مشارکت دارد، می‌سازد. یاددهی با رویکرد ماهیت علم، رویکردی متفاوت با روش‌های متداول آموزشی است. در روش‌های یاددهی سنتی و متداول، علم اغلب به صورت جعبه‌سیاه در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌گیرد و دانش‌آموزان معمولاً فقط با نتایج پژوهش‌های علمی مواجه می‌شوند و به آن‌ها بینش عمیق در مورد آنچه واقعاً در جعبه‌سیاه اتفاق می‌افتد، داده نمی‌شود؛ حتی نظریه‌ها را نه به‌عنوان راه‌حل‌های موقتی، بلکه به‌منزله حقایقی می‌دانند که دانشمندان صرفاً از طبیعت گردآوری کرده‌اند. در مقابل، در رویکرد ماهیت علم، این جعبه برای آن‌ها باز می‌شود تا بتوانند تصویری کافی و کامل‌تر از علم داشته باشند و با این کار، درباره چگونگی توسعه یک نظریه و اینکه بر اساس چه دلایلی یک نظریه رد یا پذیرفته می‌شود، بینش کسب می‌کنند (مک‌کوماس و همکاران، ۱۹۹۸).

امروزه انگیزه به‌منزله وسیله‌ای برای آمادگی ذهنی یا رفتار ورودی، پیش‌نیاز یادگیری تلقی می‌شود و خود یادگیری می‌تواند عامل پیدایش انگیزه یا کاهش آن باشد. پینتریچ و دی گروت<sup>۱۱</sup> (۱۹۹۰) خودکارآمدی، ارزش درونی و اضطراب امتحان را به‌عنوان باورهای انگیزشی معرفی کرده‌اند. آن‌ها معتقدند که باورهای انگیزشی مجموعه‌ای از معیارهای فردی و اجتماعی هستند که افراد برای انجام

یا اجتناب از یک عمل به آن‌ها مراجعه می‌کنند. در دو دهه اخیر، متخصصانی مانند لینن برینک<sup>۱۲</sup> و پینتریچ (۲۰۰۰) در بررسی پارامترهای اثرگذار بر پیشرفت تحصیلی، به‌ویژه انگیزه، دستاوردهای بسزایی کسب کرده‌اند. باورهای افراد درباره ماهیت علم و دانستن، بخش بزرگی از سازوکارهای یادگیری هستند که توجه متخصصان تعلیم و تربیت را به خود جلب کرده‌اند؛ بنابراین استفاده از آموزش علمی و روش‌های یاددهی مبتنی بر ماهیت علم باعث افزایش باور دانش‌آموزان به توانایی‌های شخصی‌شان می‌شود (جعفری‌ثانی و همکاران، ۱۳۹۱).

امروزه در آموزش علوم، به‌ویژه آموزش فیزیک، چالش‌ها و کاستی‌هایی وجود دارد که نظام‌های آموزشی همه کشورهای با آن مواجه‌اند. اهمیت این موضوع تا حدی است که برای رفع نواقص سواد علمی پایین افراد جامعه، انجمن پیشرفت علوم آمریکا (AAAS)<sup>۱۳</sup>، پروژه ۲۰۶۱<sup>۱۴</sup> را در دست اجرا دارد که هدف اصلی آن، ارتقای سواد علمی جامعه امریکاست. همچنین انجمن بین‌المللی ارزشیابی پیشرفت تحصیلی<sup>۱۵</sup> از سال ۱۹۹۵ تاکنون، برای سنجش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان، مطالعه‌ای بین‌المللی با عنوان «تیمز» را در کشورهای مختلف برگزار می‌کند که هدف اصلی آن، سنجش پیشرفت علوم و ریاضی نظام‌های مختلف آموزشی است. از طرفی، توجه آشکار به ماهیت علم در اسناد آموزشی کشور وجود ندارد؛ در صورتی که اهمیت آن از همان سال‌های آغازین آموزش رسمی در انتخاب موضوعات و محتوای آموزشی انکارناپذیر است (عبدالخلیک و لدرمن، ۲۰۱۰). بنابراین، در این پژوهش بر آن هستیم که تأثیر آموزش مفاهیم فیزیک (دما و گرما) با رویکرد ماهیت علم را بر پیشرفت تحصیلی و باورهای انگیزشی دانش‌آموزان مطالعه و بررسی کردیم. با توجه به نتایج این مطالعه، به نظر می‌رسد نتایج حاصل از آن می‌تواند توجه برنامه‌ریزان و معلمان را در به‌کارگیری شیوه‌های آموزشی با رویکرد ماهیت علم جلب کند.

## ■ روش‌شناسی پژوهش

با توجه به هدف، روش پژوهش این مطالعه نیمه‌آزمایشی از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری این پژوهش را کلیه دانش‌آموزان دختر پایه دهم دوره دوم متوسطه شهر کلاله در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ تشکیل می‌دهند و نمونه آماری شامل دو کلاس بیست‌نفره پایه دهم تجربی دخترانه در شهرستان کلاله است که به‌صورت نمونه در دسترس انتخاب شدند. یکی از این کلاس‌ها، گروه آزمایش و دیگری گروه کنترل نام‌گذاری شدند. ابزار گردآوری داده‌ها برای انجام این پژوهش، آزمون پیشرفت تحصیلی محقق‌ساخته و پرسش‌نامه استاندارد راهبردهای انگیزشی یادگیری پینتریچ و دی‌گروث (ام‌اس‌ال‌کیو)<sup>۱۶</sup> است.

به‌منظور طراحی آزمون پیشرفت تحصیلی، ابتدا جدول محتوایی در مبحث مدنظر (دما و گرما) بر اساس کتاب درسی فیزیک پایه دهم تجربی تهیه شد. سپس با استفاده از این جدول و کتاب‌های

فیزیک مفهومی ردیش و هیوئیت، سؤالات انتخاب و آزمون تدوین شد. این آزمون در قالب بیست سؤال چهار گزینه‌ای برگزار شد که متشکل از دو سؤال در سطح دانش، هشت سؤال در سطح درک و فهم، چهار سؤال در سطح به کار بستن و شش سؤال در سطح تحلیل بود. این آزمون طراحی شده در اختیار چند تن از استادان آموزش فیزیک و دبیران باتجربه قرار گرفت و پس از اعمال نظرات اصلاحی آنان، روایی آزمون تأیید شد. به‌منظور بررسی پایایی آزمون، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه و مقدار  $0/73$  به دست آمد که بیانگر پایایی مناسبی است.

پرسش‌نامه‌ی ام‌اس‌ال کیو را پینتریچ و دی گروث (۱۹۹۰) تهیه کرده‌اند. در مجموع پرسش‌نامه شامل ۴۷ گویه است که در دو بخش باورهای انگیزشی و راهبردهای یادگیری خودتنظیمی و بر اساس طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت تنظیم شده است. مقدار ضریب آلفای این آزمون  $0/74$  گزارش شده است. ۲۵ گویه از این پرسش‌نامه درباره‌ی راهبردهای انگیزشی یادگیری و ۲۲ گویه باقی‌مانده به راهبردهای شناختی و فراشناختی مربوط است. در این پژوهش، منظور از راهبردهای انگیزشی برای یادگیری، نمره‌ای است که پاسخ‌دهندگان به سؤالات ۲۵ گویه‌ای پرسش‌نامه‌ی راهبردهای انگیزشی برای یادگیری می‌دهند. ۹ سؤال در بعد خودکارآمدی، ۹ سؤال در بعد ارزش‌گذاری درونی و ۷ سؤال در بعد اضطراب امتحان تنظیم شده است. برای محاسبه‌ی امتیاز هر زیرمقیاس، نمره‌ی تک‌گویه‌های مربوط به آن زیرمقیاس با هم جمع می‌شود. همچنین برای محاسبه‌ی امتیاز کلی پرسش‌نامه، نمره‌ی همه‌ی گویه‌های پرسش‌نامه با هم جمع می‌شود؛ بنابراین دامنه‌ی امتیاز این پرسش‌نامه بین ۲۵ تا ۱۲۵ خواهد بود. هرچه امتیاز حاصل شده از این پرسش‌نامه بیشتر باشد، نشان‌دهنده‌ی میزان استفاده از راهبردهای انگیزشی مناسب برای یادگیری خواهد بود و برعکس.

برای آموزش مبحث مدنظر بر اساس جدول محتوای طراحی‌شده، باید برای ده جلسه ۷۰ دقیقه‌ای طرح درس تهیه می‌شد. برای این منظور، طرح درس‌های گروه کنترل به روش متداول و طرح درس‌های گروه آزمایش بر اساس رویکرد ماهیت علم تدوین شد و سپس با مشورت چند محقق آموزش فیزیک و دبیران باتجربه درستی آن‌ها تأیید شد. پیش از اجرای طرح درس‌ها در هر یک از گروه‌های کنترل و آزمایش، پیش‌آزمون‌ها در یک روز واحد برای هر دو گروه برگزار شد. سپس آموزش مبحث آموزشی به مدت ده جلسه با دو روش متفاوت به‌صورت حضوری برای هر دو گروه کنترل و آزمایش اجرا شد. در پایان دوره‌ی آموزشی، از هر دو گروه دوباره آزمون گرفته شد. تمام شرایط برای دانش‌آموزان هر دو گروه کاملاً یکسان بوده و تنها تفاوت موجود در اجرای این پژوهش، نحوه‌ی طراحی طرح درس‌هاست. داده‌های به‌دست‌آمده از پیش‌آزمون و پس‌آزمون‌ها استخراج و طبقه‌بندی شدند. سپس کلیه‌ی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس<sup>۱۷</sup> نسخه ۱۹ از نظر آماری بررسی شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل این داده‌ها، از روش‌های آمار توصیفی نظیر کمترین و بیشترین نمره، جدول‌های فراوانی و درصد فراوانی، میانگین و غیره و برای آزمون فرضیه، از روش تحلیل کوواریانس استفاده شد.

## یافته‌های پژوهش

در بررسی توصیفی داده‌ها، شاخص‌های آماری مربوط به هریک از متغیرهای پژوهش محاسبه شد. در بخش آمار استنباطی، از آزمون‌های کولموگروف - اسمیرنوف<sup>۱۸</sup> برای بررسی نرمال بودن متغیرها و از آزمون تحلیل کوواریانس برای بررسی فرضیه‌های پژوهش استفاده شده است. در جدول ۱، میانگین و انحراف معیار نمره‌های آزمون پیشرفت تحصیلی، آزمون راهبردهای انگیزشی یادگیری و خرده‌مقیاس‌های آن برای هر دو گروه کنترل و آزمایش ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار آزمون پیشرفت تحصیلی، آزمون راهبردهای انگیزشی یادگیری و خرده‌مقیاس‌های آن

گروه آزمایش		گروه کنترل		نوع تست	تعداد	آزمون‌ها
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین			
۱/۶۹	۶/۳۵	۱/۶۱	۶/۱۰	پیش آزمون	۲۰	پیشرفت تحصیلی
۱/۷۶	۱۰/۰۵	۱/۷۷	۸/۷۵	پس آزمون		
۵/۵۹	۲۱/۹۵	۵/۵۵	۲۲/۰۵	پیش آزمون	۲۰	خودکارآمدی
۵/۰۷	۳۴/۳۵	۵/۴۷	۲۶/۳۰	پس آزمون		
۶/۳۲	۲۳/۷۵	۴/۱۸	۲۳/۰۵	پیش آزمون	۲۰	ارزش‌گذاری درونی
۵/۶۸	۳۲/۸۵	۳/۵۵	۲۷/۳۵	پس آزمون		
۵/۰۷	۲۱/۲۰	۴/۵۸	۲۰/۶۵	پیش آزمون	۲۰	اضطراب امتحان
۳/۶۱	۱۵/۸۵	۳/۸۳	۱۶/۹۵	پس آزمون		
۱۱/۶۷	۶۶/۹۰	۹/۳۷	۶۵/۷۵	پیش آزمون	۲۰	راهبردهای انگیزشی یادگیری
۹/۱۷	۸۳/۰۵	۷/۵۲	۷۰/۶۰	پس آزمون		

در بخش آمار استنباطی، از آزمون‌های کولموگروف - اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن متغیرها استفاده شد. با توجه به نتایج جدول ۲، مقادیر به دست آمده ( $>0/05$  سطح معناداری) نشان

می‌دهد با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان ادعا کرد که تمام متغیرهای این پژوهش از یک توزیع نرمال پیروی می‌کنند؛ بنابراین برای تجزیه و تحلیل فرضیه‌های پژوهش از آزمون‌های پارامتری استفاده می‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

گروه آزمایش		گروه کنترل		نوع تست	تعداد	آزمون‌ها
سطح معناداری	آماره کولموگروف	سطح معناداری	آماره کولموگروف			
۰/۱۰۷	۰/۱۷۶	۰/۱۶۶	۰/۱۶۴	پیش آزمون	۲۰	پیشرفت تحصیلی
۰/۰۸۲	۰/۱۸۲	۰/۲۰۰	۰/۱۵۲	پس آزمون		
۰/۲۰۰	۰/۱۰۵	۰/۲۰۰	۰/۱۵۶	پیش آزمون	۲۰	خودکارآمدی
۰/۲۰۰	۰/۱۰۷	۰/۱۴۲	۰/۱۶۸	پس آزمون		
۰/۲۰۰	۰/۱۵۳	۰/۲۰۰	۰/۱۲۸	پیش آزمون	۲۰	ارزش‌گذاری درونی
۰/۲۰۰	۰/۰۸۲	۰/۲۰۰	۰/۰۸۸	پس آزمون		
۰/۲۰۰	۰/۱۰۵	۰/۲۰۰	۰/۱۲۹	پیش آزمون	۲۰	اضطراب امتحان
۰/۲۰۰	۰/۰۸۹	۰/۲۰۰	۰/۱۰۶	پس آزمون		
۰/۰۹۳	۰/۱۷۹	۰/۲۰۰	۰/۰۸۷	پیش آزمون	۲۰	راهبرد انگیزشی یادگیری
۰/۲۰۰	۰/۱۵۷	۰/۲۰۰	۰/۱۱۴	پس آزمون		

برای آزمودن فرضیه‌های پژوهش با تحلیل کوواریانس، ابتدا همگنی واریانس از طریق آزمون لون بررسی شد. نتایج نشان داد که تساوی واریانس‌ها برای این متغیر پژوهش برقرار است ( $P > 0.05$ ). با توجه به مجموع پیش‌فرض‌های مطرح‌شده، نتیجه‌گیری می‌شود که داده‌های این پژوهش قابلیت ورود به تحلیل کوواریانس را دارد و می‌توان تفاوت‌های دو گروه را در متغیرهای وابسته بررسی کرد.

## ■ آزمودن فرضیه‌ها

◆ **فرضیه اول:** میزان اثربخشی آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر مثبت دارد.

جدول ۳. نتایج تحلیل کوواریانس فرضیه اول پژوهش

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۵۵/۵۷	۱	۵۵/۵۷	۳۲/۵۷	۰/۰۰	۰/۴۶۸
گروه	۱۲/۴۱	۱	۱۲/۴۱	۷/۲۷	۰/۰۱	۰/۱۶۴
خطا	۶۳/۱۲	۳۷	۱/۷۰			
کل	۳۶۷۰/۰۰	۴۰				

مطابق با نتایج جدول ۳، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون و با توجه به ضریب F محاسبه‌شده، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های تعدیل‌شده نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان بر اساس دو گروه «کنترل و آزمایش» در مرحله پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ( $P < ۰/۰۵$ ). میزان معنادار بودن ۰/۱۶ بوده است؛ یعنی ۱۶ درصد کل واریانس پیشرفت تحصیلی با رویکرد ماهیت علم تغییر کرده است؛ بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که فرض صفر رد شده و آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر مثبت دارد.

◆ **فرضیه دوم:** آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در خودکارآمدی دانش‌آموزان تأثیر معناداری دارد.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس فرضیه دوم پژوهش

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۶۳۳/۱۴	۱	۶۳۳/۱۴	۵۵/۰۴	۰/۰۰	۰/۵۹۸
گروه	۶۵۹/۸۰	۱	۶۵۹/۸۰	۵۷/۳۶	۰/۰۰	۰/۶۰۸
خطا	۴۲۵/۶۰	۳۷	۱۱/۵۰			
کل	۳۸۴۹/۰۰	۴۰				

مطابق با نتایج جدول ۴، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون و با توجه به ضریب  $F$  محاسبه‌شده، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های تعدیل‌شده نمره‌های خودکارآمدی دانش‌آموزان بر اساس دو گروه «کنترل و آزمایش» در مرحله پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ( $P < 0/05$ ). میزان این تأثیر معنادار بودن  $0/60$  بوده است؛ یعنی  $60$  درصد کل واریانس خودکارآمدی با آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم تغییر کرده است. همان‌طور که از تحلیل داده‌ها مشخص است، فرضیه دوم تأیید شده و داده‌ها بیانگر آن هستند که تأثیر آموزش مبحث دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در خودکارآمدی دانش‌آموزان  $60$  درصد مثبت است.

### ◆ فرضیه سوم: آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در ارزش‌گذاری درونی دانش‌آموزان تأثیر معناداری دارد.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس فرضیه سوم پژوهش

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۳۸۷/۷۲	۱	۳۸۷/۷۲	۳۰/۶۹	۰/۰۰	۰/۴۵۳
گروه	۲۵۷/۲۱	۱	۲۵۷/۲۱	۲۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۳۵۵
خطا	۴۶۷/۳۷	۳۷	۱۲/۶۳			
کل	۳۷۳۹۸/۰۰	۴۰				

مطابق با نتایج جدول ۵، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون و با توجه به ضریب  $F$  محاسبه‌شده، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های تعدیل‌شده نمره‌های ارزش‌گذاری درونی دانش‌آموزان بر اساس دو گروه «کنترل و آزمایش» در مرحله پس‌آزمون، تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ( $P < 0/05$ ). میزان این تأثیر معنادار بودن  $0/35$  بوده است؛ یعنی  $35$  درصد کل واریانس ارزش‌گذاری درونی با آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم تغییر کرده است. همان‌طور که از تحلیل داده‌ها مشخص است، فرضیه سوم تأیید شده و داده‌ها بیانگر آن هستند که تأثیر آموزش مبحث دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در ارزش‌گذاری درونی دانش‌آموزان  $35$  درصد مثبت است.

◆ فرضیه چهارم: آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در اضطراب امتحانی دانش آموزان تأثیر معناداری دارد.

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس فرضیه چهارم پژوهش

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۳۳۸/۵۸	۱	۳۳۸/۵۸	۶۶/۴۱	۰/۰۰	۰/۶۴۲
گروه	۲۰/۶۵	۱	۲۰/۶۵	۴/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۹۹
خطا	۱۸۸/۹۱	۳۷	۵/۱۰			
کل	۱۱۲۹/۰۰	۴۰				

مطابق با نتایج جدول ۶، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون و با توجه به ضریب F محاسبه‌شده، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های تعدیل‌شده نمره‌های اضطراب امتحانی دانش‌آموزان بر اساس دو گروه «کنترل و آزمایش» در مرحله پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ( $P < ۰/۰۵$ ). میزان این تأثیر معنادار بودن ۰/۰۹ بوده است؛ یعنی ۹ درصد کل واریانس اضطراب امتحانی با آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم تغییر کرده است. همان‌طور که از تحلیل داده‌ها مشخص است، فرضیه چهارم تأیید شده و داده‌ها بیانگر آن هستند که تأثیر آموزش مبحث دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در اضطراب امتحانی دانش‌آموزان، ۹ درصد مثبت است.

◆ فرضیه پنجم: آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم در راهبرد انگیزشی یادگیری دانش‌آموزان تأثیر معناداری دارد.

جدول ۷. نتایج تحلیل کوواریانس فرضیه پنجم پژوهش

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۱۳۵۲/۳۶	۱	۱۳۵۲/۳۶	۳۷/۸۱	۰/۰۰	۰/۵۰۵
گروه	۱۳۸۸/۵۶	۱	۱۳۸۸/۵۶	۳۸/۸۲	۰/۰۰	۰/۵۱۲
خطا	۱۳۲۳/۳۸	۳۷	۳۵/۷۶			
کل	۲۴۰۳۰/۰۰	۴۰				

مطابق با نتایج جدول ۷، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون و با توجه به ضریب F محاسبه‌شده، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های تعدیل‌شده نمره‌های راهبرد انگیزشی یادگیری دانش‌آموزان بر

اساس دو گروه «کنترل و آزمایش» در مرحله پس‌آزمون، تفاوت معناداری مشاهده می‌شود ( $P < 0/05$ ). میزان این تأثیر معنادار بودن  $0/51$  بوده است؛ یعنی  $51$  درصد کل واریانس راهبرد انگیزشی یادگیری با آموزش مفهوم دما و گرما با رویکرد ماهیت علم تغییر کرده است. همان‌طور که از تحلیل داده‌ها مشخص است، فرضیه پنجم تأیید شده و داده‌ها بیانگر آن هستند که تأثیر آموزش میحث دما و گرما با رویکرد ماهیت علم بر راهبرد انگیزشی یادگیری دانش‌آموزان  $51$  درصد مثبت است.

### ■ بحث و نتیجه‌گیری ■

هدف از انجام این پژوهش، تعیین تأثیر آموزش مفاهیم فیزیک (همچون دما و گرما) با رویکرد ماهیت علم در پیشرفت تحصیلی و باورهای انگیزشی دانش‌آموزان است. با استناد به نتیجه حاصل از آزمودن فرضیه اول مشاهده شد که دانش‌آموزان گروه آزمایش به نسبت گروه کنترل پیشرفت تحصیلی بیشتری داشتند که با یافته‌های اینبیز<sup>۱۹</sup> و همکاران (۲۰۲۳)، وال و باربوسا<sup>۲۰</sup> (۲۰۲۳)، پریماس<sup>۲۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸)، عبدالخلیک (۲۰۱۳)، سولمون<sup>۲۲</sup> و همکاران (۱۹۹۲)، هالبروک و رانیکما<sup>۲۳</sup> (۲۰۰۷)، راسخی (۱۳۹۷) و گل محمدنژاد بهرامی (۱۳۹۷)، از نظر تأثیر روش‌ها و رویکردهای آموزش به شیوه فعال از جمله آموزش مبتنی بر رویکرد ماهیت علم بر بهبود یادگیری و میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان همسوست. همچنین نتایج مطالعات نشان دادند که دانش‌آموزان پس از انجام طرح‌های آزمایشی به تفهیم مناسبی از سواد علمی دست می‌یابند. تجربه‌های عملی و تصمیم‌گیری‌های علمی - اجتماعی به عنوان جزء مهمی از آموزش علوم، به پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان کمک می‌کند (پریماس و همکاران، ۲۰۱۸). این رویکرد باعث پیشرفت تحصیلی از طریق توسعه مهارت‌های فکری و ارتباطی، ترویج الگوهای شخصیتی موفق و نگرش‌های مثبت در دانش‌آموزان می‌شود. به علاوه، آموزش علوم به‌منزله جزء مهمی از آموزش شهروندی، به افزایش سواد علمی و فناوری کمک می‌کند (هالبروک، ۲۰۰۷).

یافته‌های دیگر این پژوهش نشان داد که آموزش مفاهیم فیزیک، همچون دما و گرما، با رویکرد ماهیت علم در باورهای انگیزشی دانش‌آموزان و مؤلفه‌های آن (خودکارآمدی، ارزش‌گذاری درونی و اضطراب امتحان) تأثیر مثبت دارد. این نتایج با یافته‌های از کان<sup>۲۴</sup> (۲۰۰۸)، پیترز و کیتسانتاس<sup>۲۵</sup> (۲۰۱۰)، دارک<sup>۲۶</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، جونگ<sup>۲۷</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، اسمیت<sup>۲۸</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، ویرتانن<sup>۲۹</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، کوپر و برنل<sup>۳۰</sup> (۲۰۲۰)، بیپلر<sup>۳۱</sup> (۲۰۲۱)، کوپر و همکاران (۲۰۱۸) همسوست. در واقع، باورهای معرفتی دانش‌آموزان در رویکردهای یادگیری، راهبردهای یادگیری خودتنظیمی و پیشرفت تحصیلی آن‌ها تأثیر بسزایی دارد و ایجاد باورهای مثبت به افزایش انگیزه و

علاقه دانش‌آموزان به یادگیری کمک می‌کند (ازکان، ۲۰۰۸). همچنین مطالعات متعدد نشان داده است دانش‌آموزانی که از کارگاه‌های آموزشی با رویکرد ماهیت علم بهره‌مند می‌شوند، میزان خودکارآمدی و توانایی‌شان به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. در واقع به دلیل حضور در کارگاه، سطح اعتماد به توانایی‌های خود تقویت می‌شود (دارک و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین این‌گونه رویکردهای آموزشی باعث ارتقای سطح ارزش‌گذاری درونی می‌شود که به‌نوبه خود به رشد یادگیری مشارکتی منجر می‌شود (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۷).

در راستای این پژوهش، گفتنی است به کار نگرفتن ماهیت علم و مؤلفه‌های آن در کتاب‌های درسی و راهنمای معلم نشان‌دهنده نقص در ساختار برنامه درسی کشور است. ماهیت علم و درک صحیح از آن، در بهبود تصمیم‌گیری‌ها، درک علم و توانایی‌های دانش‌آموزان نقش مرکزی و تأثیرگذار داشت. این موارد باید به‌صورت مداوم و با توازن مناسب در تمامی مراحل تحصیلی آموزش داده شوند تا دانش‌آموزان دیدگاه مناسبی درباره علم پیدا کنند. مفهوم ماهیت علم باید از پایین به بالا و در تمام سطوح تحصیلی، به‌صورت پیوسته و بدون انقطاع در برنامه‌های آموزشی جاری باشد تا از خلق دیدگاه‌های نادرست در مورد علم در دانش‌آموزان جلوگیری شود؛ زیرا تغییر دیدگاه‌های نادرست در مراحل بالاتر تحصیلی و آموزش‌های پیشرفته، دشوارتر است. حضور ماهیت علم در فرایند آموزش می‌تواند تجربه یادگیری را جذاب‌تر کند. پیشنهاد می‌شود که نگرش و تدوین متون باید بر پایه ماهیت علم صورت پذیرد و این فرایند به همکاری و تبادل نظر گروهی از افراد متخصص در این زمینه نیاز دارد. علاوه بر این، معلمان علوم در این مسیر نقش بسیار حیاتی دارند. آن‌ها علاوه بر ارائه مطالب درسی، باورها، دانش و شیوه‌های آموزشی خود را به دانش‌آموزان منتقل می‌کنند. درک معلم از علم و نحوه انتقال آن به دانش‌آموزان نقش کلانی در تجربه آموزشی دانش‌آموزان ایفا می‌کند؛ بنابراین ضروری است کتاب‌های راهنمای معلم شامل استانداردهای ماهیت علم باشند. معلمان نیز باید برای آشنایی با ماهیت علم به مطالعه منابع گسترده و فنی بپردازند و به تهیه مواد آموزشی، مبادرت ورزند که به آن‌ها در تدوین برنامه‌های آموزشی مبتنی بر ماهیت علم کمک می‌کند.

## تشکر و قدردانی

نویسنده دوم مقاله از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی بابت حمایت مالی با شماره پژوهانه ۵۹۷۳/۱۲۸ تشکر و قدردانی می‌کند.

## منابع REFERENCES

- جعفری‌ثانی، حسین، پاک‌مهر، حمیده، و عقیلی، علیرضا. (۱۳۹۱). تأثیر الگوی کاوشگری بر باورهای خودکارآمدی دانش‌آموزان در حل مسائل درس فیزیک. *روان‌شناسی تربیتی دانشگاه علامه طباطبائی*، ۷(۲۲)، ۱-۲۰. <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1028421.html>
- راسخی، سکینه. (۱۳۹۷). رابطه‌ی روش‌های فعال تدریس و وسایل آموزشی در پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان. *مطالعات مدیریت و حسابداری*، ۴(۲)، ۱۶۶-۱۷۶. <http://uctjournals.com/farsi/archive/accounting/1397/summer/15.pdf>
- صابری، مریم. (۱۳۹۱). بررسی کج‌فهمی‌ها و مشکلات یادگیری مفهوم میدان و طراحی یک طرح درس برای آموزش مفهوم میدان الکتریکی در کلاس سوم دبیرستان [آپایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران]. ایران‌داک. <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/2afaaa806ad1aed917cef59ecdfba6af>
- گل‌محمدنژاد بهرامی، غلامرضا. (۱۳۹۷). مقایسه‌ی اثربخشی یادگیری مشارکتی و سنتی بر مهارت‌های ارتباطی و خودکارآمدی دانش‌آموزان دختر دوره‌ی دوم متوسطه. *نشریه علمی آموزش و ارزشیابی*، ۱۱(۴۱)، ۳۹-۵۸. [https://journals.iau.ir/article\\_541308.html](https://journals.iau.ir/article_541308.html)
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2010). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22, 2087-2107. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9520-2>
- Baepler, P. (2021). Student anxiety in active learning classrooms: Apprehensions and acceptance of formal learning environments. *Journal of Learning Spaces*, 10(2), 36-47. <https://libjournal.uncg.edu/jls/article/view/2129/1537>
- Bancong, H., Sukmawati, Nursalam, N., & Tadeo, D. J. (2023). Nature of science: A comparative analysis of the high school physics textbooks in Indonesia and Korea. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(10), 113-129. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.10.7>
- Campanile, M. F., Lederman, N. G., & Kampourakis, K. (2013). Mendelian genetics as a platform for teaching about nature of science and scientific inquiry: The value of textbooks. *Science & Education*, 24, 205-225. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9607-4>
- Cooper, K. M., & Brownell, S. E. (2020). Student anxiety and fear of negative evaluation in active learning science classrooms. In J. J. Mintzes & E. M. Walter (Eds.), *Active Learning in College Science* (pp. 909-925). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33600-4\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33600-4_56)
- Cooper, K. M., Downing, V. R., & Brownell, S. E. (2018). The influence of active learning practices on student anxiety in large-enrollment college science classrooms. *International Journal of STEM Education*, 5, Article 23. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0123-6>
- Durk, J., Davies, A., Hughes, R., & Jardine-Wright, L. (2020). Impact of an active learning physics workshop on secondary school students' self-efficacy and ability. *Physical Review Physics Education Research*, 16, Article 020126. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020126>
- Floyd, P., & Carrell, P. L. (1987). Effects on ESL reading of teaching cultural content schemata. *Language Learning*, 37(1), 89-108. <https://doi.org/10.1111/j.1467-1770.1968.tb01313.x>
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362. <https://doi.org/10.1080/09500690601007549>
- Inéz, T. G., de Lacerda Brito, B. P., & El Hani, C. N. (2021). A model for teaching about the nature of science in the context of biological education. *Science & Education*, 32(1), 231-276. <https://doi.org/10.1007/S11191-021-00285-0>
- Jeong, J. S., González-Gómez, D., Cañada-Cañada, F., Gallego-Picó, A., & Bravo, J. C. (2019). Effects of active learning methodologies on the students' emotions, self-efficacy beliefs, and learning outcomes in a science distance learning course. *Journal of Technology and Science Education*, 9(2), 217-227. <https://doi.org/10.3926/jotse.530>
- Lederman, N., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 83-126). Springer. [https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5\\_5](https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_5)

- Lee, Y. H. (2014). Comparative analysis of the presentation of the nature of science (NOS) in Korea and US elementary science textbooks. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(3), 207-212. <http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.3.0207>
- Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2000). Multiple pathways to learning and achievement: The role of goal orientation in fostering adaptive motivation, affect, and cognition. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and Extrinsic Motivation: The Search for Optimal Motivation and Performance* (pp. 195-227). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012619070-0/50030-1>
- McComas, W. F. (2002). *The nature of science in science educationals and strategies*. Kluwer Academic Publishers. <http://dx.doi.org/10.1007/0-306-47215-5>
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 1-39). Springer. [https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5\\_1](https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_1)
- Özkan, Ş. (2008). *Modeling elementary students' science achievement: the interrelationships among epistemological beliefs, learning approaches, and self-regulated learning strategies* [Doctoral dissertation, Middle East Technical University]. <https://hdl.handle.net/11511/17977>
- Peters, E., & Kitsantas, A. (2010). The effect of nature of science metacognitive prompts on science students' content and nature of science knowledge, metacognition, and self-regulatory efficacy. *School Science and Mathematics*, 110(8), 382-396. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2010.00050.x>
- Pintrich, P. R., & DeGroot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82, 33-40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Prima, E. C., Utari, S., Chandra, D. T., Hasanah, L., & Rusdiana, D. (2018). Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. *Journal of Technology and Science Education*, 8(4), 453-472. <https://doi.org/10.3926/jotse.419>
- Smit, K., de Brabander, C. J., Boekaerts, M., & Martens, R. L. (2017). The self-regulation of motivation: Motivational strategies as mediators between motivational beliefs and engagement for learning. *International Journal of Educational Research*, 82, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.01.006>
- Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290408>
- Vale, I., & Barbosa, A. (2023). Active learning strategies for an effective mathematics teaching and learning. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 573-588. <https://doi.org/10.30935/scimath/13135>
- Virtanen, P., Niemi, H. M., & Nevgi, A. (2017). Active learning and self-regulation enhance student teachers' professional competences. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(12). <https://doi.org/10.14221/ajte.2017v42n12.1>

## پی‌نوشت‌ها

- |   |   |                          |
|---|---|--------------------------|
| 1. scientific literacy                      | 13. American Association for the Advancement of Science (AAAS)        | 20. Vale & Barbosa       |
| 2. Bancong                                  | 14. Project 2061  | 21. Prima                |
| 3. Campanile                                | 15. International Association for the Evaluation of Academic Progress | 22. Solomon              |
| 4. McComas                                  | 16. Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)            | 23. Holbrook & Rannikmae |
| 5. Lederman & Abd-El-Khalick                | 17. SPSS  | 24. Özkan                |
| 6. Wang & Schmidt                           | 18. Kolmogorov-Smirnov  | 25. Peters & Kitsantas   |
| 7. Lee                                      | 19. Inêz  | 26. Durk                 |
| 8. American Association of Science Teachers |   | 27. Jeong                |
| 9. Floyd & Carrell                          |   | 28. Smit                 |
| 10. John Dewey                              |   | 29. Virtanen             |
| 11. Pintrich & DeGroot                      |   | 30. Cooper & Brownell    |
| 12. Linnenbrink                             |   | 31. Baepler              |