نشریهٔ پژوهش در آموزش علوم تجربی
سال نخست، شمارهٔ یک، ۱۴۰۰ (۳۴-۲۷)

تدریس درس فیزیک جدید به دانشجویان با رویکرد مبتنی بر استفاده از ماهیت علم*

مقاله پژوهشی

فاطمه اربابی‌فر[۱] سمیه ناظر دیلمی[۲]

چکیده *در این مقاله به بررسی تأثیر تدریس مبتنی بر استفاده از ماهیت علم بر میزان جهان‌بینی علمی و دانش علمی دانشجویان در درس فیزیک جدید می‌پردازیم. در طی این پژوهش دانشجویان در کلاس درس فیزیک جدید در گروه آزمایش، علاوه بر محتوای درسی با مباحثی همچون تأثیرات فرهنگی، اجتماعی بر فیزیکدانان دورهٔ جدید، مراحل دستیابی به قوانین علمی در دورهٔ فیزیک جدید، تغییرپذیری علم با مقایسهٔ فیزیک کلاسیک در برابر فیزیک جدید نیز آشنا می‌شوند. این روش تحقیق از نوع پژوهش کاربردی و شبه‌آزمایشی است که درگروه آزمایش آموزش مبتنی بر ماهیت علم در تدریس مباحث فیزیک جدید لحاظ شده است و برای گروه کنترل شیوهٔ متداول تدریس این درس در نظر گرفته شده است. برای اندازه‌گیری و مقایسهٔ میزان جهان‌بینی علمی و دانش علمی دانشجویان از پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. در نهایت مشخص شد که علاوه بر تغییر جهان‌بینی علمی دانشجویان گروه آزمایش، دانش علمی آنها نیز در درس فیزیک جدید نسبت به گروه کنترل بیشتر است.*

واژه‌های کلیدی ماهیت علم فیزیک، آموزش فیزیک، فیزیک جدید.

Teaching Modern Physics Based on Nature of Science Approach

Fatemeh Arbabifar Somayeh Nazerdeylami

Abstract *In this paper we study the effect of using nature of science on the worldview and scientific knowledge of students in the course of modern physics. During this research, students of experimental group in the new physics course learnt topics such as cultural and social effects on physicists, the stages of achieving scientific rules, and the variability of science by comparison classical physics versus new physics, in addition to the course content. This is an applied quasi-experimental study which was done on two groups of students. The experiment group received the course of modern physics through using nature of science approach and the control group received it routinely. Pre-test and post-test were used to measure and compare the level of scientific worldview and scientific knowledge of students. Finally, it was found that in addition to changing the scientific worldview of the students in the experimental group, their scientific knowledge in the new physics course was more than the control group.*

Keywords Nature of Science, Physics Education, Modern Physics

* تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ و تاریخ پذیرش آن ۱۴۰۰/۰۶/۲۴ می‌باشد.

(۱) نویسندهٔ مسئول: استادیار گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، تهران.

Email: Farbabifar@gmail.com

(۲) استاد مدعو فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید رجایی، تهران.

مقدمه

امروزه در حوزهٔ فیزیک جدید سؤالات بسیاری وجود دارد که پاسخ قطعی برای آنها هنوز وجود ندارد. اما توجه به ماهیت و کارکرد علم تا حدودی به پاسخ دادن به آنها کمک می‌کند. سؤالاتی نظیر اینکه پایه‌ای‌ترین ذره‌ای که ماده از آن ساخته شده است چیست؟ ماهیت ماده و انرژی تاریک چگونه توجیه می‌شود؟ علت گرم‌تر شدن لایهٔ خارجی خورشید نسبت به سطح خورشید چیست؟ نظیر چنین سؤالاتی در سایر موضوعات فیزیک نیز در طول تاریخ علم بسیار وجود داشته و پیشرفت علوم از طریق ارائهٔ پاسخ به این نوع سؤالات صورت گرفته است. پس شناخت و درک صحیح از ماهیت علم و کارکرد علم در فیزیک برای هر دانشجو یا پژوهشگر که فقط به‌دنبال حل ماشین‌وار مسائل فیزیک نباشد امری ضروری است و باید مورد توجه قرار گیرد. به‌جهت اهمیت این موضوع پژوهش در این حوزه در دهه‌های اخیر به خوبی شکل گرفته است. محققانی چون مک کوماس [1] با موضوع نقش و هویت ماهیت علم در آموزش علوم، لدرمن [2] با موضوع نقش ماهیت علم در تحقیق و تدریس، هدسون [3] با موضوع آموزش و یادگیری علم با توجه به زبان، نظریه‌ها، روش‌ها، تاریخ، سنت و ارزش‌ها، ایرزیک و نولا [4] با موضوع رویکرد ماهیت علم برای آموزش علوم نتایج تحقیقاتشان را در این زمنیه منتشر کرده‌اند. در این مقاله نیز ابتدا به بیان ماهیت علم و تأثیر آن در آموزش می‌پردازیم و در ادامه با بیان سؤال تحقیق، روش تحقیق را بیان کرده و جهت درک خوانندگان مقاله و مدرسان فیزیک از اهمیت موضوع، نمونه‌ای از مباحث تدریس شده در کلاس فیزیک جدید را بیان می‌کنیم. در نهایت نتایج آزمون‌ها را به‌صورت آمار توصیفی ارائه داده و به بحث و نتیجه‌گیری می‌پردازیم.

ماهیت علم و درک دانشجویان از آن

عموماً دانش‌آموزان و دانشجویان فیزیک درکی از عوامل مؤثری که در طول تاریخ در ایجاد یک نظریهٔ علمی نقش داشته‌اند ندارند و چنان تصور می‌کنند که هر نظریه به یک‌باره از ذهن صاحب آن خارج شده است. متأسفانه اغلب فرایندهای پژوهشی که منجر به ارائهٔ یک نظریه شده است از کتاب‌های درسی حذف شده و فقط برای چند موضوع در دورهٔ کارشناسی فیزیک همچون نظریهٔ ذره‌ای و موجی نور در فیزیک جدید خلاصه‌ای از فرایندی که به این نظریه منتهی شده در کتاب‌های درسی آمده است [۵]. اما باید توجه ویژه به این موضوع داشت که در شکل‌گیری کلیه علوم، به‌ویژه فیزیک، ماهیت علم نقش اساسی دارد.

در واقع نیاز به یک تصویر جامع از علم و فعالیت‌های علمی برای علم‌آموزان در جوامع امروزی کاملاً مشهود است. برای بیان این تصویر جامع از علم از اصطلاح ماهیت علم در آموزش علوم استفاده می‌شود. در دیدگاه زمینه‌گرا در آموزش علوم که رویکردی متفاوت از سبک «نظری» و «کاربردی» است، آموزش علم باید علاوه بر آموزش محتوای علم، آموزش دربارهٔ علم هم باشد به گونه‌ای که روحیهٔ علمی در فراگیران پرورش یابد و به درک کامل‌تری از علم و روش علمی برسند [۶]. تعریف ماهیت علم شامل این موارد می‌تواند باشد [7]:

- نقش و وضعیت دانشی که یک پژوهش علمی ایجاد می‌کند،
- مدل‌هایی که در ساخت نظریه‌های علمی شرکت می‌کنند،
- شرایط اجتماعی و فکری رشد نظریه‌های علمی،
- نحوهٔ کار دانشمندان به‌عنوان یک گروه از جامعه،
- قراردادهای زبانی برای گزارش‌های علمی،

- موشکافی و اعتبار سنجی ادعاهای دانش،
- مواردی که علم رویشان تأثیر می‌گذارد و مواردی که روی علم تأثیر می‌گذارند.

این نگاه با تعریف سواد علمی فراگیران که مفهومی ورای خواندن و نوشتن است همخوانی دارد [۸].

همهٔ اینها به فراگیران کمک می‌کند تا هویت پیشرفت فیزیک را بدانند و به صورت ناخودآگاه سواد علمیشان مخصوصاً در زندگی شهروندی به‌خوبی تحت تأثیر قرار گیرد. مفاهیمی چون آگاهی از محتوای اصلی علم و تشخیص علم از شبه‌علم، درک ارتباط علم و فرهنگ در یک جامعه، توانایی فکر کردن و تفکر نقادانه، توجه به محدودیت‌های علمی همه در حوزهٔ سواد علمی قرار می‌گیرند [9]. حال با توجه به موارد فوق سؤالی که در این تحقیق مطرح است از این قرار است: آیا آموزش فیزیک جدید مبتنی بر استفاده از ماهیت علم بر جهان‌بینی علمی و دانش علمی دانشجویان تأثیر مثبت دارد؟

روش تحقیق

این روش تحقیق از جهت هدف تحقیق و ارائهٔ راهکارهای عملی جهت بهبود جهان‌بینی و دانش علمی و همچنین درک دانشجویان نسبت به تحولات فیزیک جدید از نوع پژوهش کاربردی است و از حیث نحوهٔ گردآوری داده‌ها شبه‌آزمایشی است.

در این تحقیق از دو کلاس دانشجویان تک‌جنسیتی دانشگاه فرهنگیان و دانشگاه شهید رجایی تهران به‌عنوان حجم نمونه استفاده شد که یک کلاس با جمعیت ۲۵ نفر به عنوان گروه آزمایش و کلاس دیگر با جمعیت ۲۷ نفر به عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شدند. با توجه به اینکه اخذ درس فیزیک جدید در هر سال تحصیلی یک‌بار برای دانشجویان هر ورودی امکان‌پذیر است لذا امکان افزایش تعداد حجم نمونه در زمان تحقیق وجود نداشت و فقط همین تعداد دانشجو به عنوان حجم نمونه در دسترس بودند.

به‌دلیل اینکه امکان انتساب آزمودنی‌ها به گروه کنترل و آزمایش به‌صورت تصادفی مقدور نبود لذا جهت کنترل تأثیر متغیرهای مزاحم و مداخله‌گر تلاش شد تا آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون اجرا شده تقریباً مشابه باشند و براساس چند متغیر مشخص گزینش شوند. به این صورت که همهٔ آزمودنی‌ها دانشجویانی هستند که حداقل پنج ترم تحصیلی را در دانشگاه گذرانده‌اند و معدل میانگین هر دو کلاس نزدیک به هم بود. هر دو گروه درس فیزیک جدید با منبع کتاب فیزیک جدید تالیف کنت اس. کرین (Kenneth S. Krane) [۱۰] را اخذ کرده و هر دو مدرس مطالب یکسانی از کتاب را پوشش داده و میزان حل مثال‌ها و تمرین‌ها برابر بود. در گروه آزمایش مدرس به‌صورت ضمنی عوامل مؤثر در تغییرات و تولید موضوعات فیزیک جدید (و حتی تغییرات نادرستی که بعدها جای خود را به نظریه‌های درست دادند) را از منظر ماهیت علم که در بخش قبل توضیح داده شد بیان می‌کرد.

مراحل اجرای پژوهش

روش تدریس. در درس فیزیک جدید در گروه آزمایش، هر جلسه یکی از مباحث فیزیکی مورد تدریس (از آغاز قرن بیستم) مورد بررسی قرار می‌گرفت و هر بار تلاش‌های فیزیکدانان در زمینهٔ ارائهٔ مدل، نظریه و قانون از ابتدا تا انتها به همراه آزمون و خطاهایی که انجام دادند، وضعیت فرهنگی، تاریخی، اجتماعی و مذهبی فیزیکدانان، نقاط قوت و محدودیت‌های آنها، تغییرپذیری و احتمالی بودن علوم،

تمایز علم از شبه‌علم و موضوعاتی از این دست تا حدامکان تا حدممکن توضیح داده می‌شد. همچنین در صورت لزوم از فیلم‌های مرتبط، مثال‌های مشابه به موضوع تدریس در طول تاریخ علم و بحث و تبادل نظر با دانشجویان نیز استفاده می‌شد. یک مثال از تدریس مبتنی بر ماهیت علم (با تأکید بر چگونگی شکل‌گیری یک مدل علمی) در موضوع مدل اتمی راترفورد که در کلاس درس فیزیک جدید مطرح شد به‌طور خلاصه در ادامه آمده است که می‌تواند برای معلمین و مدرسین فیزیک مفید باشد [۱۱]:

نمونه‌ای از تدریس. در اوایل قرن بیستم علم جدید در غرب به سرعت نظریه‌های کلاسیک را جایگزین یا کامل‌تر می‌کرد و این موج از علم جدید در دانشگاه‌ها و آکادمی‌های انگلیس نیز مشهود بود. در سال ۱۹۰۷ راترفورد که از خانواده‌ای منضبط و بافرهنگ آمده بود در دانشگاه منچستر در رأس گروهی قرار گرفت که مشغول تدوین نظریه‌های تازه دربارهٔ ساختار اتم بودند. آن دوره از زندگی راترفورد مهمترین بخش از زندگی علمی او بود و به‌خاطر کوشش‌های علمیش در دانشگاه منچستر نشان‌ها و جوایز زیادی از جمله جایزه نوبل شیمی را دریافت کرد. در آن زمان راترفورد مصمم بود با پرتاب انواع پرتابه‌های جدید پس از کشف رادیواکتیویته درون اتم را وارسی کند. وی پس از آزمایشات بسیار نشان داد که ذرات آلفای خارج شده از عناصر رادیواکتیو، که به ورقه‌های فلزات برخورد می‌کنند، پس از برخورد سرنوشت یکسانی ندارند؛ قسمت عمده‌ای از آنها در امتداد تابش اولیه حرکت خود را حفظ می‌کنند، تعدادی از آنها چند درجه منحرف شده و حتی مقداری از آنها کاملاً به عقب برمی‌گردند. این نتیجه با آنچه از مدل اتمی تامسون انتظار می‌رفت کاملاً ناسازگار بود. چرا که در آن جرم و بار مثبت یکنواخت در سراسر اتم توزیع شده است. تنها توضیح ممکن برای این پدیده این بود که بار مثبت و جرم یک اتم در ناحیهٔ کوچکی که عملاً یک نقطه و در مرکز اتم است تمرکز یافته است. برای نشان دادن توافق این فرض با مشاهده لازم بود که فرمولی برای انحراف ذراتی که در فواصل مختلف از مرکز دافعه می‌گذرند ارائه شود. راترفورد به کمک ریاضی‌دان جوانی به نام فاولر به یک مدل پدیده‌شناختی رسید که در غالب فرمولی ارائه داد که در آن تعداد ذرات آلفا که به اندازهٔ زاویه‌ی θ از امتداد اولیهٔ خود منحرف می‌شوند با معکوس توان چهارم $\sin\frac{\theta}{2}$ متناسب است. این تناسب در حالت کلی که ذره‌ای با بار q_1 و انرژی جنبشی E به ذرهٔ ساکنی با بار q_2 برخورد کند به‌این صورت خواهد بود.

$$D(\theta) = (\frac{q_1 q_2}{4E \sin(\theta/2)})^2$$

که D همان سطح مقطع برخورد است. این رابطه با منحنی‌های مشاهده شده از پراکندگی‌ها کاملاً سازگار بود. این مدل پدیده‌شناختی راه را برای ایجاد مدل اتمی مورد نظر باز کرد. مشخص شد که در آن یک هستهٔ مرکزی کوچک اما سنگین و باردار در مرکز اتم است که گروهی از الکترون‌ها تحت تأثیر جاذبهٔ کولنی بر گرد آن می‌چرخند. این مدل کمابیش شبیه مدل منظومهٔ شمسی است که در آن سیارات دور خورشید می‌گردند و به واسطهٔ جاذبه نیوتنی روی مدارش نگه داشته می‌شوند.

این بزرگ‌ترین دستاورد راترفورد در دانشگاه منچستر بود. پیش از راترفورد اتم به گفته خود او یک موجود سخت و قرمز یا به حسب سلیقه خاکستری بود، اما اینک یک منظومه شمسی بسیار ریز متشکل از ذرات بی شمار است که اسرار ناگشوده بسیاری را هنوز در گنجینهٔ خود دارد.

سنجش و ارزیابی. پس از این دورهٔ درسی برای سنجش تأثیر آموزش مبتنی بر ماهیت علم بر میزان جهان‌بینی علمی و دانش علمی دانشجویان از درس فیزیک جدید از آزمون چندگزینه‌ای استفاده شد. آزمون‌ها شامل هر دو نوع سؤال مرتبط با جهان‌بینی و دانش علمی دانشجویان بود. سؤالات مرتبط با جهان‌بینی علمی به صورت کاملاً استنباطی تنظیم شده و ارتباط مستقیمی با تعاریف ماهیت علم نداشت. سؤالات مربوط به دانش علمی نیز توسط هیچ یک از مدرسین در کلاس قبلاً حل نشده بود و برای هر دو گروه جدید بود. هر دو پیش‌آزمون و پس‌آزمون به صورت کتاب باز و بدون آمادگی قبلی از دانشجویان گرفته شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول (۱) میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون را برای دو گروه کنترل و گروه آزمایش را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشهود است میانگین نمره دانش‌آموزان گروه آزمایش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به ترتیب ۹,۹ و ۱۸,۹۵ از ۲۰ نمره و در گروه کنترل میانگین نمره پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۱۰,۰۵ و ۱۵,۱۵ است. این اختلاف در میانگین در پس‌آزمون نشان می‌دهد که تدریس مبتنی بر ماهیت علم تاثیر بسزایی در پاسخ‌گویی دانشجویان به آزمون و جهان‌بینی و دانش آنها از درس فیزیک جدید داشته است. جدول (۲) میانگین نمرات دو گروه دانشجویان در پیش‌آزمون و پس‌آزمون را به تفکیک نوع سؤالات مرتبط با جهان‌بینی و دانش علمی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است میانگین جهش نمره جهان‌بینی علمی در گروه آزمایش برابر ۹,۷ نمره و از ۹,۶ به ۱۹,۳ رسیده است در حالیکه این رشد در گروه کنترل برابر ۴,۷ نمره بوده و از از ۱۰,۶ به ۱۵,۳ رسیده است. این رشد برای دانش علمی گروه آزمایش ۸,۴ نمره و درگروه کنترل ۵,۵ نمره است. این نتایج نشان می‌دهد که آموزش فیزیک جدید مبتنی بر استفاده از ماهیت علم بر هر دوی جهان‌بینی علمی و دانش علمی دانشجویان گروه آزمایش تأثیر بیشتری داشته و رشد این دو متغیر در آنها چشمگیرتر است.

نتیجه‌گیری و بحث

در ابتدای این مقاله اشاره شد که توجه به ماهیت علم در تدریس علوم از اهمیت زیادی برخوردار است و سبب تقویت سواد علمی، جهان‌بینی علمی و تفکر علمی در فراگیران می‌شود. در تحقیق حاضر این سؤال مطرح شد که «آیا تدریس درس فیزیک جدید مبتنی بر ماهیت علم بر جهان‌بینی علمی و دانش علمی دانشجویان تأثیر مثبت دارد؟» که پس از تحلیل نمرات آزمون‌ها و مشاهده نتایج آماری و مقایسهٔ آنها پاسخ این سؤال مثبت ارزیابی می‌شود. همچنین میزان رشد این دو متغیر در گروه آزمایش بیشتر از گروه کنترل ارزیابی شد. در واقع در نظر گرفتن این روش تدریس در طول دوران چهارسالهٔ تحصیل دانشجویان در مقطع کارشناسی، در نهایت به ارتقاء سطح نگرش و دانش آنها در بهره‌مندی از محتوای اصلی علم و روش علمی، تشخیص علم از شبه‌علم، درک ارتباط علم و فرهنگ در یک جامعه، توانایی فکر کردن و تفکر نقادانه می‌انجامد که از اهمیت بسیاری برخوردار است.

جدول ۱: نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایش و گروه کنترل

گروه	متغیر	نمونه	میانگین نمره کل از ۲۰
آزمایش	پیش آزمون	۲۵	۹,۹
	پس‌آزمون	۲۵	۱۸,۹۵
کنترل	پیش‌آزمون	۲۷	۱۰,۰۵
	پس‌آزمون	۲۷	۱۵,۱۵

جدول ۲: نمرات پیش‌آزمون و پس آزمون گروه آزمایش و گروه کنترل به تفکیک نوع سؤالات

گروه	متغیر	نوع آزمون	نمونه	میانگین نمره از ۲۰
آزمایش	جهان‌بینی علمی	پیش‌آزمون	۲۵	۹,۶
		پس آزمون		۱۹,۳
	دانش علمی	پیش‌آزمون	۲۵	۱۰,۲
		پس‌آزمون		۱۸,۶
کنترل	جهان‌بینی علمی	پیش‌آزمون	۲۷	۱۰,۶
		پس‌آزمون		۱۵,۳
	دانش علمی	پیش‌آزمون	۲۷	۹,۵
		پس‌آزمون		۱۵

نتایج مقایسهٔ برخی تحقیقات مشابه با تحقیق حاضر از این قرار است:

- کیپینز [12] در تحقیق خودش دریافت که بیان منشا، پیشرفت، تصحیح و جایگزینی مدل‌ها در روش علمی در طول تاریخ که بخشی از ماهیت علم است، درک دانش‌آموز از روش علمی را در هر دو جنبهٔ عینی و ذهنی بالا می‌برد.
- محبوبی و دیگران [۱۳] با تجزیه و تحلیل یافته‌های آماریشان نشان دادند که آموزش تاریخ فیزیک که یکی از جنبه‌های ماهیت علم است، تأثیر معناداری بر دانش و نگرش علمی دانش‌آموزان پایهٔ دوم متوسطه دارد.
- مک کوماس [1] در تحقیق خود معتقد است که آموزش علوم وقتی غنای بیشتری پیدا می‌کند که توجه به ماهیت علم برای معلمین و دانش‌آموزان در اولویت قرار گیرد.
- نلسون [14] نشان داده است که ماهیت علم به درک بهتر نظریهٔ تکامل کمک می‌کند و در واقع بدفهمی ماهیت علم سبب مقاومت در پذیرش نظریهٔ تکامل می‌شود.

در این راستا پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزی درسی دانشجویان در ترم‌های آخر دورهٔ کارشناسی رشتهٔ فیزیک به‌گونه‌ای باشد که:

۱- توجه به ماهیت علم به صورت یک التزام در برنامهٔ درسی گنجانده شود تا زمینه برای بهبود سواد علمی و دانش و نگرش دانشجویان فراهم شود.

۲- پژوهش‌های سبک به دانشجویان داده شود تا روش تحقیق، جمع‌آوری داده، تحلیل داده، مدل‌سازی

و پیش‌بینی را بـه کمـک تشـــابه با آنچه در فرایندهای علمی اتفاق افتاده است انجام دهند.

۳- توجه شـــود که ماهیت علم تصـــور اغراق‌آمیز دانشـجویان نسـبت به پیشبرد علم به‌صورت انفرادی را تصـــحیح می‌کنـد و با دیدی واقع‌بینانه تلاش جمعی و جنبـه‌های متعدد تاریخی، فرهنگی، اجتماعی، مذهبی و ... در نظر گرفته شود.

۴- بـا بهبود ســـواد علمی دانشـــجویـان زمینـهٔ گسترش و توجه به شبه‌علم در جامعه کاسته شود.

در نهایت محدودیت‌هایی که در پژوهش حاضـــر قرار داشت بدین شرح است:

۱- کم بودن تعداد دانشجویانی که در دانشگاه در زمان تحقیق این درس را اخذ کردند سـبب شـد حجم نمونه کم باشد.

۲- محدود بودن سـاعت تدریس (سـه سـاعت در هفتـه) ســـبب شـــد به بخش‌هایی از جنبه‌های ماهیت علمی در برخی مباحث پرداخته نشود.

۳- مجـازی بودن کلـاس‌ها و تدریس در زمان تحقیق که مقارن با ایام شـــیوع بیماری کووید-۱۹ بود ســـبب بروز محدودیت‌هایی در بحث و تبادل نظرهای مدرس و دانشجویان شد.

مراجع

1. 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: Rationales and Strategies . Hingham: Kluwer Academic Publishers, pp 3–40.
2. Lederman, N.G. 2004. Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L.B. Flick & N.G. Lederman (Eds.), Scientifi c Inquiry and Nature of Science . Dordrecht:
3. Hodson, D. 2009. Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values . Rotterdam/Taipei: Sense Publishers.
4. Irzik, G. & Nola, R. 2011. ‘A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education’, Science & Education 20: 567–607.

۵. کوهن، تامس. (۱۳۹۷). ساختار انقلاب‌های علمی، ترجمه سعید زیباکلام، تهران، سمت.

۶. ابراهیمی تیرتاش، فهیمه، شـیخ رضـایی. (۱۳۹۶). حسـین، نقد و بررسـی مؤلفه‌های ماهیت علم در آموزش علم، فصلنامه روش‌شناسی علوم انسانی، سال ۲۳، شماره ۹۳، ۱۶۰-۱۳۵.

7. Hodson, D. 2014. In M.R. Matthews (ed.), International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching, DOI 10.1007/978-94-007-7654-8_28, Springer Science+Business Media Dordrecht 2014.

۸. عبدالملکی، صابر و همکاران. (۱۳۹۴). فصلنامه نظریه و عمل در برنامه درسی، سال سوم، شماره ۵، ۱۵۶-۱۳۳.

9. Norris, S.P., & Phillips, L.M. 2003. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. Science Education, 87, 224-240

۱۰. کرین، کنت. اس. (۱۳۷۹). فیزیک جدید، ترجمه منیژه رهبر، بهرام معلمی، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

۱۱. گاموف، جورج. (۱۳۶۵). سرگذشت فیزیک، ترجمه رضا اقصی، تهران، چاپ و نشر بنیاد تهران.

12. Kipnis, N. 1998. Theories as models in teaching physics, Science & Education, VOL. 7, Issue 3, 245-260.

۱۳. محبوبی، خدیجه، وصالی، منصور، سعادت، مهدی. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر آموزش تاریخ فیزیک بر دانش و نگرش شاگردان دختر پایه دوم دبیرستان، نوآوری‌های آموزشی، دوره ۹، شماره ۳۷، ۷۰-۵۳.

14. Nelson, C.E., Scharmann, L.C., Beard, J. et al. 2019. The nature of science as a foundation for fostering a better understanding of evolution. Evo Edu Outreach 12, 6.