۱۶۳-۱۸۲

بررسی تأثیر آموزش تاریخ علم فیزیک بر درک دانشجو - معلمان از فرایند مدل‌سازی در فیزیک

دکتر فاطمه اربابی‌فر[۱]

چکیده: هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر آموزش تاریخ علم فیزیک بر درک دانشجو - معلمان از فرایند مدل‌سازی در فیزیک است. روش این پژوهش، کاربردی و شبه‌آزمایشی در طرح مقایسهٔ گروههای ایستا با اجرای پس‌آزمون است. جامعهٔ آماری پژوهش همهٔ دانشجو - معلمان دختر سال آخر رشتهٔ آموزش فیزیک دانشگاه فرهنگیان کل کشور بودند. نمونه آماری پژوهش نیز دانشجو - معلمان سال آخر رشته آموزش فیزیک مرکز شرافتِ پردیس نسیبه دانشگاه فرهنگیان در استان تهران بودند. گروه آزمایش دانشجو - معلمانی بودند که به‌عنوان واحد انتخابی درس تاریخ علم فیزیک را انتخاب کرده‌اند، در حالی که دانشجو - معلمان گروه کنترل این درس را انتخاب نکرده‌اند. برای گردآوری داده‌ها به‌منظور سنجش درک دانشجو - معلمان از مدل‌سازی در فیزیک و سطح یادگیری شناختی آنها از پرسشنامهٔ چهارگزینه‌ای در پس‌آزمون استفاده شده که سؤالات آن متناظر با سطوح مختلف یادگیری شناختی تنظیم شده است. برای تأیید روایی سؤالات پرسشنامه از نظرات اساتید آموزش فیزیک و تاریخ علم استفاده شده و برای تأیید پایایی آزمون نیز ضریب پایایی نهایی در پس‌آزمون در محدودهٔ مورد تأیید قرار گرفته است. برای تجزیه و تحلیل آماری و آزمودن فرضیه‌ها نرم‌افزار SSPS و برای تحلیل داده‌ها با توجه به نرمال بودن داده‌ها و برقراری سایر شرایط، از آزمون دونمونه‌ای T مستقل استفاده شده است. نتیجهٔ این آزمون نشان داده که فرضیهٔ تحقیق مورد تأیید است و دانشجو - معلمانی که واحد درسی تاریخ علم فیزیک را با موفقیت گذرانده‌اند نسبت به دانشجو - معلمان مشابهی که این واحد درسی را نگذرانده‌اند، درکی بهتر از فرایند مدل‌سازی در روش علمی دارند.

کلید واژگان: تاریخ علم فیزیک، یادگیری شناختی، آموزش فیزیک، مدل‌سازی

☑ تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۴ ☑ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲

۱. استادیار گروه آموزش فیزیک، پردیس نسیبه، دانشگاه فرهنگیان. f.arbabifar@cfu.ac.ir

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

مقدمه

سابقهٔ بهره‌گیری از تاریخ و فلسفه علم در آموزش علوم برمی‌گردد به اواخر قرن نوزدهم میلادی، یعنی زمانی که ارنست ماخ در دانشگاه وین دیدگاههایی جدید را در زمینه تاریخ و فلسفه علم مطرح کرد. ماخ اعتقاد داشت که بررسی تحولات مفاهیم علم در طول تاریخ، تأثیری مثبت بر فعالیتهای علمی معاصر خواهد گذاشت (هیبرت[1]، ۱۹۷۰). در نیمهٔ دوم قرن بیستم موجی جدید از پروژه‌های جدید در این زمینه آغاز شد و در دههٔ شصت به نقطهٔ اوج خود رسید که «طرح فیزیک هاروارد»[2] بود (هولتون[3]، ۱۹۶۹). در این طرح با بیان تحولات و تکامل علم فیزیک در بستر تاریخ علم، دانش‌آموزان با فراز و فرود نظریه‌های علمی در فیزیک آشنا می‌شدند و زمینه برای فهم بهتر کاربرد فیزیک در زمینه‌های پژوهشی، اجتماعی، شغلی و ... میسر می‌شد. هولتون، رادرفورد و واتسون طراحان اصلی این پروژه بودند و با حمایتهای چند مؤسسه معتبر و دانشگاه هاروارد این طرح را به انجام رساندند. با اینکه این قبیل اقدامات مدافعانی داشت، نقدهایی از طرف برخی از مورخان و فلاسفهٔ علم بر آنها وارد شد و اغلب معلمان فیزیک به‌روشهایی دیگر تدریس می‌کردند. در چنین شرایطی نیاز فوری به بررسی تأثیر درک ماهیت علم، که شامل تاریخ و فلسفه علم است، در آموزش علوم به‌خصوص موضوعات مفهومی آن احساس می‌شد. در نتیجه در دهه‌های اخیر رویکردهایی متفاوت برای داخل کردن تاریخ علم در آموزش علوم از سوی پژوهشگران عرضه شد که مک‌کوماس[4] (۲۰۱۰) آنها را به این شکل جمع‌بندی کرده است:

۱. تعامل و استفاده از پژوهشهای اصیل و بدیع در حوزهٔ تاریخ علم

۲. مطالعات موردی، داستانها و تصویرسازیهای تاریخ علم

۳. زندگینامه و خودزندگی‌نامه‌های دانشمندان و کشفیات آنها

۴. ارائه مطالبی از جنبه‌های تاریخی علم در قالبهای کتاب‌گونه (مباحثی همچون ژنتیک، تکامل، فیزیک کوانتومی و ...)

۵. ایفای نقش شخصیتهای تاریخی و فعالیتهای نمایشی از این دست

۶. طرح تاریخ علم در کتابهای درسی

۷. بازسازی تجربی آزمایشها و سایر فعالیتهای دستی برای برقراری ارتباط با جنبه‌های تاریخی علم

در همین زمینه انتشارات اسپرینگر کتاب راهنمای پژوهش در تاریخ، فلسفه و آموزش علوم را در سال ۲۰۱۴ با ویراستاری مایکل آر. متیوز[5] منتشر کرده است که در آن ۷۶ فصل را ۱۲۵ پژوهشگر از

1. Hiebert

۲. کتابهای شش‌جلدی «طرح فیزیک هاروارد» ترجمه هوشنگ شریف‌زاده و احمد خواجه‌نصیر طوسی را انتشارات فاطمی در سال ۱۳۶۸ شمسی به‌چاپ رسانده و منتشر کرده است.

3. Holton
4. McComas
5. Matthews

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

۳۰ کشور تألیف و گردآوری کرده‌اند. این کتاب شامل مقالاتی در زمینه‌های کاربرد فلسفه و تاریخ علم در آموزش مباحثی در فیزیک، شـــیمی، زیست‌شناسی، بوم‌شناسی، زمین‌شناسی، نجوم، کیهان‌شناسی و ریاضیات است.

در زمینه موضوعات مشابه پژوهش حاضر، یعنی بـررسی کمی یـا کیفی تأثـیر آمـوزش تـاریخ علم بر درک بهتر فراگیران از مدل‌سازی علمی، نیز پژوهشهایی در سه دهه اخیر صورت گرفته است. به‌عنوان نمونه گاریک[1] و همکاران (۲۰۱۵) نزدیک به ده سال برای پیشرفت حرفه‌ای معلمان فیزیک، به آنها تاریخ و فلسفهٔ علم آموزش دادند و فعالیتهایی برای درک بهتر آنها از تحولات تاریخی فیزیک ترتیب دادند که شامل مدل‌سازی علمی با استفاده از نظریه‌های قدیمی در فیزیک بود. اروین[2] (۲۰۰۰) در پژوهش خود که روی دو گروه ۲۵ نفری دانش‌آموز دختر و پســر ۱۴ ساله انجام داده بود، نشان داد که دانش‌آموزان گروهی که تاریخ علم آموخته بودند درکی خوب از توسعه و تحول علم پیدا کرده بودند و مثلاً کاملاً متوجه بودند که منشـــأ مطرح شـــدن مدل اتمی، حل پدیده‌های معماگونه در آن زمان بوده است، اما میان دو گروه آزمایش و شاهد تفاوت چندانی در درک محتوای علومی که در مدرسه می‌آموختند، وجود نداشت. پژوهش قبلی اروین (۱۹۹۷) نشان داده بود که تصور دانش‌آموزان از علم به این صورت است که گویی «حقیقت» جایی وجود دارد و پیشـــرفت علمی یعنی پیدا کـــردن آن حقیقت. از این‌رو وی در پژوهش بعدی خود تاریخ علم را به برنامهٔ درسی اضافه کرد تا دانش‌آموزان درک کنند که رشد دانـــش علمی با ایده‌پردازی، خلاقیت و مدل‌سازی روی داده‌های تجربی رخ می‌دهد و نه کشف حقیقتی لزوماً عینی. کیپنیس[3] (۱۹۹۸) نیز معتقد است که آشنایی با منشأ، پیشرفت، تصحیح و جایگزینی نظریه‌ها در طول تاریـــخ، درک دانش‌آمـــوز از روش علمی را در هر دو جنبهٔ عینی و ذهنی بالا می‌برد. وی در نظر گرفتن نظریه‌های فیزیک به‌صورت مدل را در این راه ســـودمند می‌داند و در پژوهش خود به بیان نمونه‌هایی از مدل‌سازی در تاریخ فیزیک در زمینه‌های الکتریسیته و پراش می‌پردازد.

با توجه به نتایج پژوهشهای فوق و پژوهشهای مشابه به نظر می‌رسد که می‌توان از بستر تاریخ علم فیزیک برای بهبود شـــناخت و درک فراگیران از فرایند مدل‌سازی در فیزیک بهره‌برد. در واقع پاسخ به ســـؤالات معماگونه در تاریخ فیزیک به کمک انواع روشهای مدل‌سازی ارائه می‌شود که پلی است میان نظریه و آنچه در طبیعت رخ می‌دهد.

در این پژوهش، یادگیری شناختی دانشجو – معلمان از فرایند مدل‌سازی در فیزیک، پس از گذراندن درس تاریخ علم مورد بررســـی کمّی قرار گرفته است که در هیچ‌یک از پژوهشهای پیشین به‌طور خاص انجام نشده است.

1. Garik
2. Irwin
3. Kipnis

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

مبانی نظری پژوهش

با وجود اینکه مطالعهٔ تاریخ علم نشـــان می‌دهد که هیچ‌یک از نظریه‌های علمی یک شـــبه شـــکل نگرفته‌اند و حتی در برخی مواقع، قرنها تلاش در شکل‌گیری آنها نقش داشته است، اما عموماً دانش‌آموزان و دانشجویان فیزیک درکی از فرایندی که در طول تاریخ برای ایجاد آنها طی شده است، ندارند و چنان تصور می‌کنند که هر نظریه یک‌باره به ذهن نظریه‌پرداز متبادر شـــده اســـت؛ چرا که اغلب فرایندهای پژوهشـــی که به ارائهٔ یک نظریه انجامیده است از کتابهای درسی فیزیک حذف شده و فقط برای چند نظریـــهٔ محدود همچـــون نظریهٔ ذره‌ای و موجی نور خلاصه‌ای از روش علمی که به آن منجر شـــده در کتابهای درسی آمده است (کوهن[1]، ۱۳۹۷)، یا همچون برخی منابع درسی دانشگاهی مانند کتاب اپتیک مدرن پدروتی فقط آنچه به علم صحیح منجر شـــده بررســـی شده است و مسیرهای نادرست علمی که می‌توانند تأثیری بسیار مفید در درک روش علمی داشته باشند، نادیده گرفته شده‌اند (اربابی‌فر، ۱۳۹۷). همچنین آزمایشـــهای فیزیک در مدارس و دانشـــگاهها همزمان یا بعد از دروس حاوی مبانی نظری آن آزمایشها ارائه می‌شوند و دانش‌آموز یا دانشجو آزمایش را به گونه‌ای انجام می‌دهد که به همان محتوای نظری موجود منجر شـــود. اما باید توجهی ویژه به این موضوع داشـــت که علوم تجربی، به‌ویژه فیزیک، براســـاس مدل‌سازی کار می‌کنند و آگاهی از تلاشـــهای انجام شده در زمینهٔ مدل‌سازی که در پس هر نظریه و قانون فیزیکی وجود دارد از ملزوماتی اســـت که یک دانشجوی علاقه‌مند به آموزش و پژوهش در آینده باید بداند.

به‌طور کلی، مطابق با آنچه در دایرةالمعارف فلسفهٔ روتلج[2] (فریگ[3]، ۲۰۰۹) آمده است، مدل به نسخهٔ ســـاده و تلطیف شدهٔ بخشـــی از جهان (به اصطلاح سیستم هدف) اشاره دارد که می‌خواهیم توصیفش کنیم. گاهی به نظریه‌ها نیز مدل گفته می‌شود؛ مثلاً در حوزهٔ فیزیک ذرات بنیادین بهترین نظریه‌ای که در حال حاضر به شکل گسترده پذیرفته شده است و تمام ذرات بنیادین را در بر می‌گیرد، مدل استاندارد نامیده می‌شود. از دیدگاه کلی‌تر، می‌توان رابطهٔ میان مدل و نظریه را با توجه به نوع نظریه دسته‌بندی کرد. در برخی موارد، معادلاتی که مدل را می‌سازند به سادگی با تخصیص برخی از پارامترها در معادله عمومیِ نظریه به‌دســـت آمده‌اند. همچون معادلهٔ مدار سیارات که با جایگذاری نیروی گرانش در معادله حرکت نیوتون و انتخاب x و m به‌عنوان موقعیت مکان و جرم سیاره به سادگی به‌دست می‌آید (مولر[4]، ۱۹۹۵). در بعضی موارد دیگر مدل و نظریه مســـتقل از هم هســـتند، مثل مدل ابررسانایی لاندن[5] که معادلهٔ اصلی آن فقط از جنبه‌های پدیده‌شناسی و نه از نظریه‌ای مربوط به آن همچون الکترومغناطیس

1. Kuhn
2. Routledge encyclopedia of philosophy
3. Frigg
4. Muller
5. London

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

کلاسیک، به‌دست آمده است (مانگین و خان[1]، ۲۰۱۷). در این معنا به مدلها «عوامل مستقل» می‌گویند که واسطهٔ میان نظریه و پدیده‌های جهان هستند. برخی از نظریه‌ها در مرحله کاربرد بسیار پیچیده اند. در این حالت، یک مدل ساده‌شـــده و قابل‌حل می‌تواند پلی برای ارتباط نظریه و کاربرد ایجاد کند. مثلاً فیزیکدانان مدلهای ساده‌شدهٔ کیف ام‌آی‌تی را برای توصیف ساختار هسته ساخته‌اند (هارتمن[2]، ۱۹۹۹). گونه‌ای از مدلها نیز در نبود نظریه ســـاخته می‌شـــوند، مثلاً مدل اتمی بوهر در اوایل قرن بیستم بدون هیچ پیش‌زمینه‌ای از نظریهٔ کوانتومی مطرح شد و حتی بعدها نقشی مهم در پیشرفت نظریهٔ کوانتومی ایفا کرد (لاکتاکیا و سالپیتر[3]، ۱۹۹۶). بعضی دیگر از مدلها در فیزیک، هیچ سیستم هدفی ندارند و تنها هدفشان ارائهٔ یک آزمایشگاه برای آزمودن آن دسته از ابزارهای نظری است که می‌توانند بعدها نظریه‌ها یا مدلهای توصیفی دیگری بســـازند. این مدلها اغلب با عنوان «مدلهای اسباب‌بازی بندزن» یا «مدلهای کاوشـــگر» شناخته می‌شوند، مثل φ^4 مدل برای توصیف شکست تقارن در نظریهٔ میدانهای کوانتومی (هارتمن، ۱۹۹۵).

به‌طورکلی هنگامی‌که یک علم‌پیشـــه فرضیه‌های نظریهٔ خود را مطرح می‌کند، در واقع مشـــخص می‌کند که مدل و سیستم هدف در چه جنبه‌هایی و تا چه درجه‌ای مشابه‌اند. مهم‌ترین نوع شبیه‌سازی در فیزیک ایده‌آل‌سازی است که در آن یک مدل به شرطی که هدفش ایده‌آل در نظر گرفته شود، شبیه آن است. به زبان ساده‌تر ایده‌آل‌سازی همان ساده‌سازی سنجیدهٔ یک چیز پیچیده است تا بتوان تسلط بیشتری بر آن یافت. مثلاً سیارات کاملاً کروی نیستند و توزیع جرم همگن ندارند و علاوه بر خورشید با سایر سیارات هم برهم‌کنش دارند، اما این ایده‌آل‌سازی که به ایده‌آل‌سازی گالیله‌ای (مک‌مولین[4]، ۱۹۸۵) معروف است برای درک مکانیزم منظومه شمسی هنوز به‌کار می‌رود.

تاریخ فیزیک نشـــان می‌دهد که بسیاری از نظریه‌ها ابتدا صرفاً برای مدل‌کردن یک پدیده به‌وجود آمده اند و پس از تأیید با آزمایشهای متنوع‌تر وارد فرایند نظریه‌پردازی شده‌اند. همچنین درحین آموزش تاریخ علم فیزیک فراگیر می‌آموزد که مدلهای توصیف‌کنندهٔ یک پدیده می‌توانند تغییر کنند یا تصحیح شوند تا با داده‌های جدیدتر و دقیق‌تر آزمایشگاهی تطابق بهتری داشته باشند.

آموزش تاریخ تحول مدلها و نقش آنها در تاریخ فیزیک ممکن اســـت توانایی دانشـــجو- معلم را در حل سؤالات امتحان پایان دوره تغییر ندهد، اما جنبه‌هایی چون درک علت فراگیر شدن برخی از قوانین بنیادین فیزیک، کاربرد و حدود روابط ریاضی و مدلها در فیزیک، درک صحیح از شکل و واقعیت خلاقیت علمی و پژوهشـــی، دلیل ماندگاری برخی از مدلها در برابر ابطـــال مدلهای دیگر و توانایی درک فرایند پژوهش علمی با همهٔ شکستها و موفقیتهایش را در آنها تقویت می‌کند. لذا آشنایی با مدل‌سازی و انواع

1. Mangin & Khan
2. Hartmann
3. Lakhtakia & Salpeter
4. McMullin

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

آن در تاریخ فیزیک درک دانشجویان را از تلاش انجام گرفته در پس هر مدل فیزیکی بالا می‌برد و این راه را برای رسیدن به سطوح پیچیده‌تر یادگیری شناختی هموار می‌سازد. در طبقه‌بندی بلوم[1] و همکاران (۱۹۵۶) شـــش سطح برای اهداف شـــناختی یادگیری در نظر گرفته می‌شود که به ترتیب عبارت‌اند از: دانش، فهم، کاربرد، تحلیل، ترکیب و ارزشیابی. در پژوهش حاضر، دانشجو پس از بازپس دادن و تشریح اطلاعاتی که در حیطه تاریخ علم و انواع مدل‌سازی علمی در طول تاریخ در اختیارش قرار گرفته است، به آسانی سطوح اولیهٔ دانش و فهم را طی می‌کند. بررسی این سطوح از یادگیری موضوع بحث پژوهش حاضر نیست، اما یادگیری در سطح کاربرد و سطوح پس از آن را به این‌صورت در پژوهش حاضر مدنظر قرار می‌دهیم:

۱. در ســـطح کاربرد، فراگیر باید بتواند از مفاهیم انتزاعی در زمینه‌های عینی اســـتفاده کند، یعنی دانشجو پس از آموزش تاریخ علم و فرایندهای تاریخی مدل‌سازی باید بتواند برای تبیین یا درک یک پدیدهٔ ساده، مدلی (هرچند نادرست) از آن ارائه دهد.

۲. در ســـطح تحلیل، فراگیر اطلاعات را به اجزای آن تقســـیم می‌کند، به‌نحوی که روابط میان آن اجزا روشـــن شود. یعنی مثلاً دانشجو باید حداقل بتواند فرایندهای پیشبرد علم و روشهای علمی دانشمندان را در تاریخ علم توصیف کند.

۳. در ســـطح ترکیب، دانشـــجو باید دانش قبلی خود را با شکلهای جدید آن ترکیب کند. به‌عنوان نمونه پس از گذراندن دورهٔ آموزشی تاریخ علم، یادگرفته باشد که فرایند عرضهٔ مدلهای فیزیکی و افزایش دقت آنها در طول تاریخ را به فرایند طرح مدل و آزمایش در فیزیک معاصر تعمیم دهد.

۴. در سطح ارزشیابی از یادگیری شناختی، دانشجو باید تشخیص دهد در حال حاضر چه موضوعهایی در زمینهٔ فیزیک، شایستگی پژوهش علمی دارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فرضیهٔ تحقیق

فرضیه‌ای که در این پژوهش مورد آزمون قرار می‌گیرد از این قرار است:

دانشجو – معلمانی که واحد درسی تاریخ علم فیزیک را با موفقیت گذرانده‌اند، نسبت به دانشجو – معلمان مشابهی که این واحد درسی را نگذرانده‌اند، درکی بهتر از فرایند مدل‌سازی در روش علمی دارند.

روش تحقیق

روش ایـن پـژوهش از نظر هـدف و ارائهٔ راهـکارهای عملی برای بهبود درک دانشجو – معلمان در پژوهش و آموزش، کاربردی و از نظر نحوهٔ گردآوری داده‌ها، شبه‌آزمایشـــی در طرح مقایســـهٔ گروههای

1. Bloom

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

ایستا با اجرای پس‌آزمون است.

جامعه آماری این پژوهش همهٔ دانشـــجو – معلمان ســـال آخر رشـــته آموزش فیزیک در دانشگاه فرهنگیان در کل اســـتانهای کشور در نیمسال دوم سال تحصیلی۹۷-۱۳۹۶ بوده است و نمونه آماری، دانشجو – معلمان سال آخر رشته آموزش فیزیک مرکز شرافتِ پردیس نسیبه دانشگاه فرهنگیان استان تهران بوده‌اند. با توجه با اینکه فقط ۴ مرکز دانشـــگاه فرهنگیان در تهران، شـــیراز، مشهد و تبریز دارای رشته آموزش فیزیک هستند و درس تاریخ علم (که درس انتخابی است و الزاماً نباید ارائه شود) در زمان پژوهش حاضر فقط در گروه فیزیک مرکز شـــرافتِ پردیس نسیبه تهران ارائه شده است، لذا تنها نمونهٔ غیر تصادفی در دسترس ۱۱ دانشجو- معلم بودند که درس تاریخ علم را در این مرکز اخذ کرده‌اند. گروه کنترل نیز از نظر تعداد، شرایط آموزشی و معدل میانگین، مشابه‌ترین نمونهٔ در دسترس به گروه آزمایش در نظر گرفته شده‌اند. این گروه شامل ۱۲ دانشجو- معلم دیگر در همان سال آخر رشته آموزش فیزیک مرکز شرافت بودند که درس تاریخ علم را انتخاب نکرده بودند.

از آنجا که امکان انتساب آزمودنیها به گروه کنترل و آزمایش به‌صورت تصادفی مقدور نبود، بنابراین به‌منظور کنترل تأثیر متغیرهای مزاحم و مداخله‌گر تلاش شد تا آزمودنیها براساس چند متغیر مشخص گزینش شـــوند. به این صورت که همهٔ آزمودنیها از میان دانشـــجو – معلمان دختری انتخاب شدند که حداقل شش ترم تحصیلی را در دانشگاه گذرانده بودند و معدل میانگین هر دو کلاس نزدیک به هم بود. درس انتخابی «تاریخ علم فیزیک» به گروه آزمایش تدریس شد. منبع این درس کتاب سرگذشت فیزیک تالیف جورج گاموف ترجمه رضا اقصی بود (گاموف[1]، ۱۳۶۵). این درس به گروه کنترل تدریس نشد. هر دو گروه، دروس پایه و بیشتر دروس اختصاصی رشته فیزیک را گذرانده بودند.

در درس «تاریخ علم فیزیک» که برای دانشجو – معلمان گروه آزمایش تدریس شده بود، در هر جلسه یکی از ادوار تاریخی (از دوران یونان باســـتان تا دوران معاصر) مورد بررســـی قرار می‌گرفت و هر بار تلاشـــها و آزمون و خطاهای فیزیکدانان در ارائهٔ فرضیه، نظریه و قانون از ابتدا تا انتها تدریس می‌شد. در ضمن تدریس تلاش شـــد تمرکز بر روابط و فرمولها نباشد، اما سیر تحول نظریه‌ها و مدل‌پردازیها و انتقاداتی که هر نســـل از دانشمندان بر دانشمندان قبلی داشـــتند معرفی شود. دانشجو – معلمان چگونگی دقیق‌تر کردن مدلها یا تصحیح آنها از ســـوی فیزیکدانان طی مراحل مختلف و احتمال ارائهٔ مدلهایی غیر از مدلهایی که امروزه مطرح اســـت را به چالش کشـــیدند. در ضمن به ســـیر داستانی و فراز و نشیبهای زندگی علمی فیزیکدانان بزرگ تاریخ با توجه به موقعیت زمانی، فرهنگی، جغرافیایی آنان نیز اشـــاراتی می‌شد. خلاصه‌ای از مثالهای انواع مدل‌سازی در ادوار مختلف تاریخی که در کلاس در قالب تاریخ فیزیک مطرح شـــده در ضمیمهٔ الف آمده اســـت که می‌تواند برای معلمان و مدرسان فیزیک مفید باشد.

1. Gamow

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

پس از پـایان ایـن دورهٔ درسـی، بـرای سنجش درک دانـشجو – معلمـان هـر دو گروه از فـرایند مدل‌سـازی در فیزیک و همچنین سـنجش میزان یادگیری شـناختی آنها در ایـن زمینه، از یک پرسشـنامه با ۶ سؤال چهارگزینه‌ای استفاده شد. در این پرسشـنامه نمرهٔ یک یا صفر برای درستی یا نادرسـتی پاسخها منظورشد. پرسشها به‌صورت کاملاً اسـتنباطی تنظیم شدند و ارتباطی مستقیم با دانش محتوای تاریخ علم یا دانش‌محتوای فیزیک دانشـجو – معلمان نداشتند. در طراحی سؤالات از نظرات اساتید آموزش فیزیک و تاریخ علم بهره‌گیری شد و پس از انجام دادن برخی تغییرات روی پرسشـها، روایی آزمون مورد تأیید قرار گرفت. به دلیل کم‌بودن تعداد سـؤالات و حجم نمونه آماری، چند پیش‌آزمون از عده ای از دانشجو – معلمان نمونهٔ آماری گرفته شد و همبستگی سؤالات و آلفای کرونباخ آنها بررسـی و محاسبه شد. درنهایت برخی از سؤالات برای افزایش پایایی پرسشنامه حذف یا تصحیح شدند و ضریب پایایی در پس‌آزمون از طریق نرم‌افزار SPSS برابر با مقدار ۰/۷۸۶ حاصل شد. این عدد نشـان‌دهندهٔ پایایی پرسشهای آزمون است. پرسشنامهٔ نهایی دانشجو – معلمان را به ترتیب در موارد زیر می‌آزمود:

۱. ارائهٔ یک مدل ساده از سوی دانشجو برای داده‌های فرضی ارائه شده از یک پدیده
۲. چیستی مدل‌سازی در روش علمی
۳. نقش دانشمندان در پیشبرد علم
۴. امکان وجود چند مدل برای یک پدیده
۵. چگونگی افزایش دقت در مدل‌سازی
۶. تشخیص و طراحی یک موضوع پژوهشی صحیح و روزآمد در مقاطع تحصیلی بالاتر

به این ترتیب دانشجو – معلمان از نظر یادگیری شناختی به ترتیب در سطح کاربردی (۱)، در سطح تحلیل (۲ و ۳)، در سطح ترکیب (۴ و ۵) و در سطح ارزشیابی (۶) ارزیابی می‌شدند.

● تحلیل محتوای آزمون از نظر یادگیری شناختی

سطوح یادگیری شناختی را می‌توان از طریق موارد بالا در پرسشها ردیابی کرد. مورد اول در سؤال اول (بنگرید به ضمیمهٔ ب) آزموده می‌شود، به این ترتیب که داده‌های زمانی و مکانی یک جسم فضایی بر اساس مشاهدات نجومی به دانشجو – معلمان داده و از آنها خواسته شد دقیق‌ترین مدل ریاضی برای رابطهٔ مکان و زمان آن جسـم را انتخاب کنند. با وجود اینکه هیچ‌کدام از توابع ریاضی داده‌شـده دقیقاً از نقاط داده‌ها نمی‌گذرند، دانشجو– معلم با به‌کار بستن آنچه در تاریخ فیزیک آموخته است، باید توانایی تشخیص نزدیک‌ترین تابع ریاضی به این نقاط را داشته باشد و بتواند با وجود کم بودن تعداد داده‌های در دسترس، بهترین مدل قابل ارائه را انتخاب کند.

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

مورد دوم در سؤال دوم بررسی می‌شود. به این صورت که پس از ارائه برخی مدلهای مهم فیزیکی در تاریخ فیزیک، همچون مدل منظومه خورشید مرکز کوپرنیک، مدل اتمی رادرفورد و مدل گازهای کامل شارل-گیلوساک، از دانشجو - معلمان خواسته شد تا اصلی‌ترین نقش مشترک همه این مدل‌سازیها را انتخاب کنند. در این سطح دانشجو - معلمان باید اشتراک آنچه را در کل تاریخ مدل‌سازی در فیزیک آموخته‌اند، استخراج کنند که همان «ساده‌سازی و مرتب‌سازی بخشی از پدیده‌های جهان» است.

به همین ترتیب، مورد سوم نیز در سؤال سوم آزموده می‌شود. به این شکل که از مشغله اصلی و مشترک علم‌پیشگان تجربی در طول تاریخ علم پرسیده می‌شود تا در صورتی که فراگیران به سطح تحلیل از یادگیری شناختی رسیده باشند بتوانند «گردآوری داده‌های آزمایش، مدل‌سازی و پیش‌بینی نتایج آزمایشهای مشابه» را از میان پاسخها انتخاب کنند.

به‌منظور سنجش مورد چهارم در سؤال چهارم از آنها خواسته شد تا حدس بزنند اگر ۱ لیتر آب در ظرفی نامعلوم درون یک جعبه سیاه ریخته شود و ۰/۷۵ لیتر آب از جعبه سیاه خارج شود، چه اتفاقی درون جعبه سیاه با شرایط فیزیکی نامعلوم می‌تواند افتاده باشد. از چهار گزینهٔ پیش‌رو، در دو گزینه، دو مدل احتمالی برای اتفاق درون جعبه سیاه مطرح شد و در دو گزینهٔ دیگر، صحیح بودن هر دو مدل و غلط بودن آنها به دلیل کم بودن اطلاعات. در پاسخ به این سؤال، دانشجو- معلم با در نظر گرفتن اینکه در طول تاریخ علم موارد بسیاری وجود داشته که یک پدیده با چند مدل توصیف می‌شده است، باید بتواند گزینه «صحیح بودن هر دو مدل» را انتخاب کند.

مورد پنجم نیز در سؤال پنجم آزموده شد. با اشاره به مدل سیاره‌ای کپلر که کامل‌تر و دقیق‌تر از مدل کوپرنیک بود از دانشجو - معلمان خواسته شد تا با ترکیب دانش قبلی خود با مسائل علمی امروز، چگونگی افزایش دقت در مدلهای اخترفیزیکی معاصر را انتخاب کنند. اگر دانشجو- معلم به سطح ترکیب از یادگیری شناختی رسیده باشد می‌تواند تشخیص دهد که هر سه گزینهٔ پاسخ یعنی «گردآوری داده‌های رصدی بیشتر، انطباق داده‌های رصدی موجود با توابع ریاضی دقیق‌تر و آزمون و خطای بیشتر با تغییر شرایط در رصدهای مختلف» می‌توانند سبب افزایش دقت شوند.

در آخرین سؤال که به‌منظور سنجش سطح ارزشیابی در یادگیری دانشجو - معلمان مطرح شده بود، از آنها خواسته شد که یک موضوع پژوهشی مناسب را که مرتبط با مدل اتمی رادرفورد باشد برای پایان‌نامه تحصیلات تکمیلی رشته فیزیک انتخاب کنند و انتظار می‌رود که بتوانند گزینه «انجام آزمایشات جدیدتر و دقیق‌تر هسته‌ای و بسط و توسعهٔ مدل اتمی رادرفورد» را که از میان گزینه‌ها بیشترین تطابق را با کار اصلی علم‌پیشگان در طول تاریخ علم دارد، انتخاب کنند. پرسشنامهٔ آزمون در ضمیمهٔ ب مقاله قابل مشاهده است.

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

تجزیه و تحلیل داده‌ها

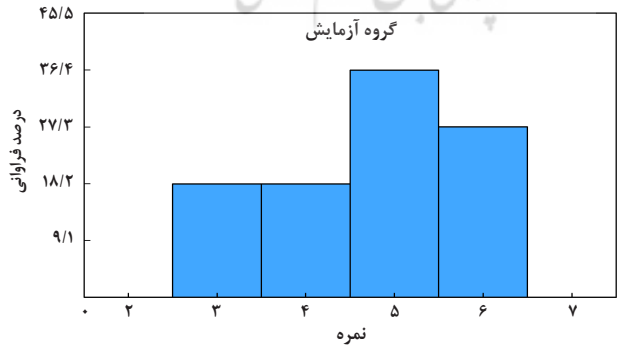
الف) آمار توصیفی

همانطور که اشاره شد این پژوهش شبه‌آزمایشی است که در طرح مقایسهٔ گروههای ایستا با اجرای پس‌آزمون صورت گرفته است. یعنی در شرایطی که فقط گروه آزمایش در معرض متغیر مستقل یعنی آموزش درس «تاریخ علم فیزیک» قرار گرفته اســت، مقایســهٔ میان دو گروه آزمایش و کنترل صورت می‌گیرد. همچنین انتخاب و جایگزینی آزمودنیها به‌صورت تصادفی انجام نمی‌شود و تعیین و ترکیب گروه آزمایش و کنترل پیش از انجام دادن پژوهش صورت گرفته است. تلاش شده است که این دو گروه تا حد ممکن شبیه در نظر گرفته شوند، یعنی هر دو گروه حداقل شش ترم تحصیلی را در دانشگاه گذرانده باشند و معدل میانگین هر دو کلاس نزدیک به هم باشد. در نهایت اندازه‌گیری تأثیر متغیر مستقل از طریق یک پس‌آزمون روی هر دو گروه به‌صورت همزمان انجام گرفت.

جدول ۱. شاخصهای آماری پس‌آزمون گروه آزمایش و گروه کنترل

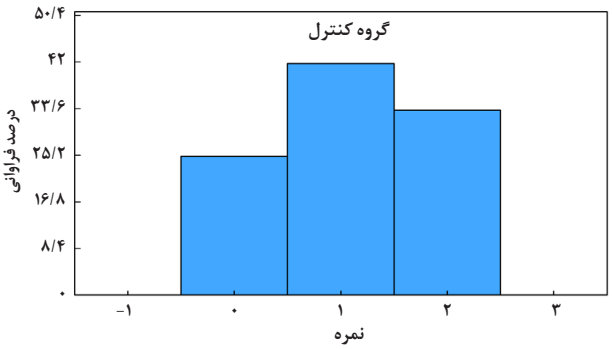
گروه	نمونه	میانگین نمره	انحراف استاندارد	خطای استاندارد از میانگین	حداکثر نمره	حداقل نمره
گروه آزمایش	۱۱	۴/۷۲۷	۱/۱۰۳	۰/۳۳۲	۶	۳
گروه کنترل	۱۲	۱/۰۸۳	۰/۷۹۲	۰/۲۲۸	۲	۰

جدول ۱ شاخصهای آماری پس‌آزمون را برای دو گروه کنترل و گروه آزمایش نشان می‌دهد. همانطور که مشــهود است میانگین نمره دانش‌آموزان گروه کنترل در پس‌آزمون ۱/۰۸۳ با حداقل نمره صفر و حداکثر ۲ است، اما در گروه آزمایش میانگین نمره ۴/۷۲۷ با حداقل نمره ۳ و حداکثر نمره ۶ است. این اختلاف در میانگین نشان می‌دهد که درس تاریخ علم تأثیری بسزا در پاسخگویی دانشجو – معلمان به پرسشنامه داشته است و یادگیری شناختی مدل‌سازی در دانشجو – معلمانی که درس تاریخ علم را گذرانده‌اند مشهودتر است. توزیع نمونهٔ گروه کنترل و آزمایش در پس‌آزمون نیز به‌صورت درصدی در نمودارهای ۱ و ۲ نمایش داده شده است.



نمودار ۱. توزیع نمونه پس‌آزمون گروه آزمایش

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]



نمودار ۲. توزیع نمونه پس‌آزمون گروه کنترل

از نظر یادگیری شناختی عدهٔ دانشجو – معلمانی که در گروه آزمایش به سؤالات متناظر با سطوح مختلف یادگیری شـــناختی پاسخ صحیح داده‌اند در جدول ۲ آمده است. همانطور که دیده می‌شود، در گروه آزمایش تعداد پاسخهای صحیح در سطح کاربرد و در یکی از سؤالات سطح تحلیل، بیشتر است و در یکی از سؤالات سطح ترکیب از همه کمتر است. در گروه کنترل نیز با وجود اینکه هیچ‌گونه آموزش و یادگیـــری در زمینهٔ تاریخ علم صورت نگرفته بود، تقریباً همین روند برقرار اســـت؛ به‌علاوه اینکه تک سؤال سطح یادگیری آزمون مانند یکی از سؤالات سطح ترکیب هیچ پاسخ صحیحی نداشته است. این نتایج نشـــان می‌دهد که یادگیری شناختی دانشـــجو – معلمان گروه آزمایش در سطح کاربرد و تحلیل نسبتاً خوب بوده است و در سطوح بالاتر ترکیب و آزمون نیاز به توجه بیشتری دارد. تعداد کم پاسخهای صحیح نسبت به پاسخهای غلط گروه کنترل نیز بیانگر نقصان توانایی درک مدل‌سازی در فیزیک برای این گروه است.

جدول ۲. تعداد پاسخهای صحیح به سؤالات پس‌آزمون گروه آزمایش و گروه کنترل

	گروه آزمایش		گروه کنترل	
	تعداد پاسخهای صحیح	تعداد پاسخهای نادرست	تعداد پاسخهای صحیح	تعداد پاسخهای نادرست
یک سؤال سطح کاربرد	۱۰	۱	۲	۱۰
دو سؤال سطح تحلیل	۹ ۱۰	۲ ۱	۱ ۲	۱۱ ۱۰
دو سؤال سطح ترکیب	۹ ۸	۲ ۳	۰ ۱	۱۲ ۱۱
یک سؤال سطح آزمون	۹	۲	۰	۱۲

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

ب) آمار استنباطی

ابتدا نرمال‌بودن چولگی و کشـــیدگی توزیع داده‌ها را بررسی می‌کنیم و در صورتی که مقدار آن در بازۀ (۲ و ۲-) قرار داشته باشد، نرمال بودن داده‌ها را از طریق آزمون کولموگروف- اسمیرنف می‌سنجیم. جدول ۳ مقادیر چولگی و خمیدگی نمرات گروه آزمایش و گروه کنترل را در پس‌آزمون نشان می‌دهد که به ترتیب دارای مقادیر ۰/۶۶۱ و ۰/۸۶۸- برای گروه آزمایش و ۰/۶۳۷ و ۱/۱۱۱- برای گروه کنترل است و نشان می‌دهد که داده‌ها به توزیع نرمال نزدیک اند.

جدول ۳. مقادیر چولگی و خمیدگی نمرات پس‌آزمون

گروه	میانگین نمره	انحراف استاندارد	چولگی	کشیدگی
آزمایش	۴/۷۲۷	۱/۱۰۳	۰/۶۶۱	-۰/۸۶۸
کنترل	۱/۰۸۳	۰/۷۹۲	۰/۶۳۷	-۱/۱۱۱

حال می‌توان برای ســـنجش نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اســـمیرنف اســـتفاده کرد. بر اساس جدول ۴، مقدار آزمون کولموگروف-اسمیرنف برای پرسشنامه برابر ۰/۲۰۹ با سطح معناداری ۰/۱۵۳ اســـت که چون از مقدار ۰/۰۵ بزرگ‌تر است، پس در این سطح معنادار نیست و می‌توان نتیجه گرفت توزیع داده‌های فرضیۀ تحقیق نرمال است و در نهایت مجازیم که از آزمون پارامتریک از نوع آزمون T دو متغیر مستقل استفاده کنیم.

جدول ۴. نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنف

	مقدار آزمون کولموگروف-اسمیرنف	سطح معناداری
پس آزمون	۰/۲۰۹	۰/۱۵۳

فرضیۀ تحقیق این بود که دانشـــجو - معلمانی که واحد درســـی تاریخ علـــم فیزیک را با موفقیت گذرانده‌اند، نسبت به دانشـــجو - معلمان مشابهی که این واحد درسی را نگذرانده‌اند، درک بیشتری از فرایند مدل‌سازی در روش علمی دارند.

بر اساس جدول ۵ که در آن نتایج آزمون T آمده است، میان گروه کنترل و آزمایش در پس‌آزمون تفاوت معنادار T=-۹/۱۵۴ در ســـطح معناداری ۰/۰۰۰۶ وجود دارد که چون از سطح معناداری ۰/۰۵ کمتر اســـت، نشان می‌دهد میان دانشـــجو - معلمان گروه کنترل و آزمایش تفاوت وجود دارد. با توجه به اینکه میانگین نمره آزمون گروه آزمایش بیشـــتر از گروه کنترل است پس می‌توان فرضیۀ پژوهش را

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

تأیید کرد. بنابراین می‌توان گفت دانشجو – معلمانی که واحد درسی «تاریخ علم فیزیک» را با موفقیت گذرانده‌اند، نسبت به دانشـــجو – معلمان مشابهی که این واحد درسی را نگذرانده‌اند، درک بیشتری از فرایند مدل‌سازی در روش علمی دارند.

جدول ۵. نتایج آزمون T دو نمونه‌ای مستقل فرضیهٔ تحقیق

گروه	فراوانی	میانگین	انحراف استاندارد	میانگین خطای استاندارد	مقدار T	سطح معناداری
آزمایش	۱۱	۴/۷۲۷	۱/۱۰۳	۰/۳۳۲	-۹/۱۵۴	۰/۰۰۰۶
کنترل	۱۲	۱/۰۸۳	۰/۷۹۲	۰/۲۲۸		

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس پژوهشهای دهه‌های اخیر، می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌گیری از تاریخ علم در آموزش علوم روشی مؤثر است. بر همین اساس در این پژوهش تأثیر آموزش تاریخ علم فیزیک بر درک دانشجو – معلمان از منظر خاص «فرایند مدل‌ســـازی در فیزیک» بررســـی می‌شـــود. گروه آزمایـــش در پژوهش حاضر دانشجو – معلمانی از نمونهٔ آماری بودند که درس تاریخ علم فیزیک را به‌عنوان واحد انتخابی اخذ کرده بودند و گروه کنترل دانشـــجو – معلمانی از نمونهٔ آماری هســـتند که این درس را انتخاب نکرده بودند. این دو گروه از نمونهٔ آماری تا حد ممکن شـــبیه به هم در نظر گرفته شـــدند، یعنی هر دو گروه حداقل شـــش ترم تحصیلی را در دانشـــگاه گذرانده‌اند و معـــدل میانگین هر دو کلاس نزدیک به هم اســـت. در هر جلســـه از این درس یکی از ادوار تاریخی (از دوران یونان باســـتان تـــا دوران معاصر) برای گروه آزمایش مورد بررســـی قرار می‌گرفت و هر بار تلاشـــها و آزمون و خطاهای فیزیکدانان در ارائهٔ فرضیه، نظریه و قانون از ابتدا تا انتها تدریس می‌شـــد. البته محدود بودن ســـاعت تدریس «تاریخ علم فیزیک» (دو ساعت در هفته) سبب شده بخشهایی از سرفصلها در کلاس تدریس نشود. همچنین کم بودن تعداد دانشـــجو – معلمانی که در دانشـــگاه در ترمهای پایانی دروس انتخابی را اخذ می‌کنند، سبب شد حجم نمونه کم باشد، از این‌رو پایایی و روایی پس‌آزمون با تأکید بیشتری بررسی شد و مورد تأیید قرار گرفت. در نهایت اندازه‌گیری تأثیر متغیر مســـتقل از طریق یک پس‌آزمون روی هر دو گروه به‌صورت همزمان انجام گرفت که سؤالات آن متناظر با سطوح مختلف یادگیری شناختی تنظیم شده است. تجزیه و تحلیل آمار توصیفی نتایج نشان می‌دهد که یادگیری شناختی دانشجو – معلمان گروه آزمایش در سطح کاربرد و تحلیل نسبتاً خوب بوده و در سطوح بالاتر ترکیب و آزمون نیازمند توجه بیشتری است. در گروه کنترل

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

نیز نقصان توانایی درک مدل‌سازی در فیزیک به چشم می‌خورد. در نهایت نتایج آمار استنباطی از طریق آزمون دو نمونه‌ای T مستقل نشان می‌دهد که فرضیهٔ تحقیق مورد تأیید است و دانشجو – معلمانی که واحد درسی «تاریخ علم فیزیک» را با موفقیت گذرانده‌اند، نسبت به دانشجو – معلمان مشابهی که این واحد درسی را نگذرانده‌اند، درک بهتری از فرایند مدل‌سازی در روش علمی دارند.

شایان ذکر است که در این پژوهش نیز مانند پژوهشهای دیگر، با وجود تلاش در از میان برداشتن متغیرهای مزاحم، نمی‌توان تأثیرات کشف شده را کاملاً علّی فرض کرد و ممکن است این تأثیرات با متغیرهای دیگری هم ارتباط داشته باشند. به‌عنوان نمونه ممکن است برخی از دانشجو – معلمان گروه آزمایش که واحد درسی تاریخ علم را انتخاب کرده‌اند نسبت به دانشجو – معلمان گروه کنترل، علاقهٔ بیشتری به تاریخ و فلسفه علم داشته و حتی در این زمینه مطالعات خارج از برنامهٔ درسی نیز داشته باشند. لذا توصیه می‌شود چنین پژوهشهایی در شرایطی که این واحد درسی به‌صورت الزامی (و نه انتخابی) به دانشجو – معلمان ارائه می‌شود نیز محقق و با نتایج حاضر مقایسه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود برای اطمینان از نتایج پژوهش و تأیید آن، پژوهشهای سبکی به هر دو گروه از دانشجو – معلمان داده شود تا روش تحقیق، گردآوری داده و در نهایت مدل‌سازی را انجام دهند و توانایی عملی آنها در تکمیل این فرایند نیز مورد تحلیل، بررسی و مقایسه قرار گیرد. تحقق‌پذیری این فرایند به دلیل کوتاه بودن نیمسال تحصیلی و عدم دسترسی به دانشجویان پس از فراغت از تحصیل‌شان برای پژوهشگر امکان‌پذیر نبود.

پژوهشهای دیگری نیز در زمینه به‌کارگیری تاریخ علم برای بهبود درک دانش‌آموزان و دانشجویان از روش علمی و مدل‌سازی صورت گرفته است که نتایج آنها با نتایج پژوهش حاضر سازگار است. مثلاً پژوهش گاریک و همکاران (۲۰۱۵) نشان می‌دهد که گذراندن دوره تاریخ علم فیزیک به معلمان کمک می‌کند که از این مباحث در کلاس بهره بگیرند و آموخته‌های دانش‌آموزان را بهتر درک کنند. وی به‌کارگیری مفهومی معلمان از تاریخ علم را یک روش منطقی برای بهبود کیفیت ارائهٔ مباحث ناشی از مدل‌سازی در کلاس درس می‌داند. همچنین کیپنیس (۱۹۹۸) دریافت که بیان منشأ، پیشرفت، تصحیح و جایگزینی مدلها در طول تاریخ، درک دانش‌آموز از روش علمی را در هر دو جنبهٔ عینی و ذهنی بالا می‌برد. پژوهش هیند[1] (۱۹۸۰) نیز همچون تحقیق حاضر تاریخ علم فیزیک را یک ابزار عالی برای کسب بینش نسبت به سرشت مدل‌سازی می‌داند، چرا که تاریخ فیزیک علاوه بر بیان پیشرفت، بازبینی، جایگزینی، رد و بستگی مدلها به شرایط تاریخی، به دانش‌آموز کمک می‌کند تا مدلهای ارائه شده در فیزیک را در بستر تاریخ راحت‌تر نقد و بررسی کنند. از طرفی هادسون[2] (۱۹۸۶) معتقد است که مواضع فلسفی افراطی واقع‌گرایانه یا ابزارگرایانه در زمینهٔ علم، تصویر صحیحی از تاریخ علم ارائه نمی‌دهد

1. Hind
2. Hodson

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

و سبب سردرگمی در آموزش علوم می‌شود. بنابراین تأکید ما در این مقاله بر درک دانشجو از مدل‌سازی به کمک تاریخ علم، که به عقیدهٔ هادسون به نفع موضع ابزارگرایانه است، باید به نحوی تعدیل شود.

شایان ذکر است که هیچ‌یک از پژوهشهای فوق مانند پژوهش حاضر دارای تحلیل آماری نبوده و بیشتر به بررسی نحوهٔ استفاده از این‌روش در کلاس پرداخته‌اند. در زمینه تحلیل آماری، پژوهش محبوبی و همکاران (۱۳۹۰) با تجزیه و تحلیل یافته‌های آماری نشان داده که آموزش تاریخ فیزیک تأثیری معنادار بر دانش و نگرش علمی دانش‌آموزان پایهٔ دوم متوسطه دارد، اما در مورد درک دانش‌آموزان از مدل‌سازی در فیزیک نتیجه‌ای ارائه نکرده‌اند. همچنین تحقیق اروین (۲۰۰۰) نیز به‌روش کمی و کیفی نشان داده است که تاریخ فیزیک بر درک و نگرش دانش‌آموزان نسبت به ماهیت علم تأثیر دارد، اما دانش محتوای فیزیک دانش‌آموزان را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد که با نتایج ما که نشانگر تأثیر مثبت تاریخ فیزیک بر درک دانشجویان از مدل‌سازی است همراستاست (زیرا در پژوهش حاضر دانش محتوای فیزیک دانشجویان بررسی نشده و ادعایی نیز در مورد تأثیر آن صورت نگرفته است). کلاپفر و کولی[1] (۱۹۶۱) نیز آموزش تاریخ علم را روی ۱۰۸ دانش‌آموز دبیرستانی در دروس زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک در مکانهای جغرافیایی مختلف انجام داده‌اند تا تأثیر آن را بر ادراک دانش‌آموزان از علم‌پیشگان و نقش علم به‌عنوان یک ارگان اجتماعی بررسی کنند. مطالعات کمی و کیفی آنها نیز نشان داده که روش آموزش تاریخ علم در افزایش درک دانش‌آموزان از علم و کار علم‌پیشگان تأثیری بسزا داشته است.

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر و پژوهشهای مشابه، موضوع تأثیر آموزش تاریخ علم فیزیک بر جنبه‌های مختلف درک فراگیران از علم همچنان قابل‌تأمل است. موضوعاتی مانند تأثیر آموزش تاریخ علم، به‌ویژه در منطقه فرهنگی و جغرافیایی فراگیران بر درک آنها از پیشبرد علم، تأثیر آموزش تاریخ علم بر سواد علمی فراگیران و دانستن جایگاه علم در تصمیم‌گیریهای شخصی، امور شهروندی و فرهنگی و اقتصادی و همچنین تأثیر آموزش تاریخ علم بر انتخاب مناسب موضوعات پژوهش در مقاطع تحصیلی بالاتر از موارد نیازمند پژوهش و بررسی بیشتر است.

این نوع پژوهشها به ما نشان می‌دهد که آموزش تاریخ علم بسیار باید بیشتر از یک واحد درسی دانشگاهی مورد توجه قرار گیرد. چنین توجه خاصی مستلزم اضافه کردن تعامل با پژوهشهای بدیع در حوزهٔ تاریخ علم، مطالعات موردی زندگینامه‌ها، داستانها و تصویرسازیهای تاریخ علم به‌صورت کتاب، نمایش، آزمایش و ...، آموزش ضمنی تاریخ علم در خلال سایر واحدهای درسی در مدارس و دانشگاههاست. در این فرایند بلندمدت، درک فراگیران از تاریخ علم با تأمل و تعمق بیشتر و در کنار مبحث علمی مرتبط با همان درس صورت می‌گیرد و تأثیر آن به‌مراتب در درک علمی و سواد عمومی فعال‌تر، عمیق‌تر و ماندگارتر خواهد بود.

1. Klopfer & Cooley

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

منابع

REFERENCES

اربابی‌فـــر، فاطمه. (۱۳۹۷). آمـــوزش فیزیک با توجه به ماهیت علم. *مقاله نامه همایش کشـــوری دانش آموزش محتوای فیزیک*، دانشگاه فرهنگیان، شیراز.

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

گاموف، جورج. (۱۳۷۲). سرگذشت فیزیک، ترجمه رضا اقصی. تهران: انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی.

محبوبـــی، خدیجه؛ وصالی، منصور و ســـعادت، مهدی. (۱۳۹۰). بررســـی تأثیر آموزش تاریخ فیزیـــک بر دانش و نگرش شاگردان دختر پایه دوم دبیرستان. *نوآوری‌های آموزشی*، ۹ (۳۷)، ۵۳-۷۰.

Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals by a committee of college and university examiners (Handbook I: Cognitive domain)*. New York: McKay.

Frigg, R. (2009). Models in physics. In E. Craig (Ed.), *Routledge encyclopedia of philosophy*. Routledge.

Garik, P., Garbayo, L., Benétreau-Dupin, Y., Winrich, C. D., Duffy, A., Gross, N., & Jariwala, M. (2015). Teaching the conceptual history of physics to physics teachers. *Science & Education, 24*(4), 387-408.

Hartmann, S. (1995). Models as a tool for theory construction: Some strategies of preliminary physics. In W. Herfel, W. Krajewski, I. Niiniluoto, & R. Wójcicki (Eds.), *Theories and models in scientific processes* (pp. 49-67). Amsterdam and Atlanta: Rodopi.

_____ . (1999). Models and stories in hadron physics. In M. Morgan, & M. Morrison (Eds.), *Models as mediators: Perspectives on natural and social science* (pp. 326-346). Cambridge University Press.

Hiebert, E. N. (1970). Historical and philosophical perspectives of science. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science, 5*, 184-203.

Hind, G. (1980). Models in physics: Some pedagogical reflections based on the history of science. *European Journal of Science Education, 2*(1), 15-23.

Hodson, D. (1986). Philosophy of science education. *Journal of Philosophy of Education, 20*(2), 215-225.

Holton, G. (1969). Harvard Project Physics: A report on its aims and current status. *Physics Education, 4*(1), 19-25.

Irwin, A. R. (1997). Theories of burning: A case study using a historical perspective. *School Science Review, 78*(285), 31-38.

_____. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education, 84*(1), 5-26.

Kipnis, N. (1998). Theories as models in teaching physics. *Science & Education, 7*(3), 245-260.

Klopfer, L., & Cooley, W. (1961). *The use of case histories in the development of student understanding of science and scientists*. Unpublished manuscript, Harvard University, Cambridge, MA.

Lakhtakia, A., & Salpeter, E. E. (1996). Models and modelers of Hydrogen. *American Journal of Physics, 65*(9), 933-934.

Mangin, P., & Khan, R. (2017). London theory. In *Superconductivity* (pp. 13-48). Springer, Cham.

Matthews, M. R. (Ed.). (2014). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. Dordrecht: Springer.

McComas, W. (2010). The history of science and the future of science education: A typology of approaches to the history of science in science instruction. In P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa, & A. A. Rizaki (Eds.), *Adapting historical knowledge production to the classroom* (pp. 37-54). Rotterdam: Sense Publishers.

McMullin, E. (1985). Galilean idealization. *Studies in History and Philosophy of Science Part A, 16*(3), 247-273.

Müller, M. (1995). Equation of time – Problem in astronomy. *Acta Physica Polonica, A88* (suppl.), S-49.

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

ضمیمه الف

مدل‌سازی در دوران یونان باستان: در قرن چهارم قبل از میلاد فلاسفهٔ یونانی به مدلی می‌اندیشیدند که به کمک آن بتوانند تغییرات دوره‌ای پدیده‌های فلکی را توضیح دهند. یونانیان از نخستین اقوامی بودند که به جستجوی توضیحات منطقی و روشن برای پدیده‌های طبیعی برآمدند و تلاشهای آنها گامی پرارزش در راه علم بود. پس از مدل زمین‌مرکزی ارسطو، آریستارخوس پیشنهاد کرد که برای توضیح ساده‌تر پدیده‌های آسمانی باید خورشید در مرکز قرار گیرد و زمین و سایر ستارگان در اطراف آن در گردش باشند که این آرایش به منظومهٔ خورشیدمرکزی معروف شد. اما به دلیل اینکه آریستارخوس به جزئیات این منظومه نپرداخت و کار او کاملاً کیفی و عمومی بود توجه‌ها را جلب نکرد. سرانجام در سال ۱۵۰ میلادی کلاودیوس بطلمیوس مدلی ارائه داد که با آن پیش‌بینی دقیق مواضع هر سیاره ممکن بود و در کتاب خود، به نام *مجسطی*، بر اساس مدل زمین‌مرکزی و به کمک افلاک کروی و سه شگرد هندسی (فلک خارج مرکز، فلک تدویر و نقطهٔ معدل‌المسیر) مواضع سیارات را پیش‌بینی کرد. با این همه، به‌خلاف تصور رایج، به نظر می‌رسد که بطلمیوس باور داشت که مدل او نه تنها یک مدل پدیده‌شناختی ریاضی مناسب مانند یک معادله برای محاسبهٔ مواضع است، بلکه در کتاب *اقتصاص احوال الکواکب*[1] آن را یک مدل تبیینی واقعی برای جهان می‌دانست. مدل زمین‌مرکزی بطلمیوس در واقع مجموعه‌ای از مدلهای هندسی پیچیده بود. هرچند این مدلها امروزه منسوخ شده‌اند، اما در حدود ۱۵۰۰ سال مورد استفاده بوده‌اند، زیرا نه تنها با دقت کافی مواضع خورشید، ماه و سیاره‌ها را پیش‌بینی می‌کردند، بلکه با فلسفهٔ ارسطویی رایج در یونان و قرون میانه نیز تا حدی هماهنگی داشتند.

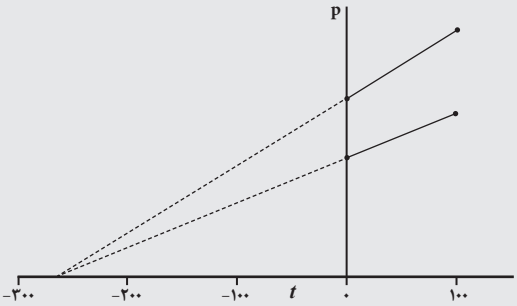
این مثال تاریخی از مدل‌سازی نشان می‌دهد که چگونه عدم تدوین یک نظریهٔ کامل ریاضی و تجربی از سوی آریستارخوس سبب شد که نظریه‌اش طرفداری پیدا نکند و نظریهٔ بطلمیوس به دلیل کار تجربی و ریاضی بسیار دقیق به‌عنوان نظریهٔ صحیح پذیرفته شود.

مدل‌سازی در دوران انقلاب علمی (رنسانس): گاز ایده‌آل در واقع یک مدل است که برای آسانی محاسبات گازها استفاده می‌شود. رفتار گاز ایده‌آل در معادلات گازها به‌خوبی صدق می‌کند و برهم‌کنش بین مولکولها در آن وجود ندارد. رابرت بویل در قرن ۱۷ میلادی در پی آزمایشهایی که برای اندازه‌گیری حجم گازها در فشارهای کم و زیاد داشت در نهایت توانست رابطه ریاضی بین حجم و فشار گاز را به‌دست آورد و به این نتیجه رسید که حجم گاز در دمای معین با فشاری که بر آن وارد می‌شود تناسب معکوس دارد. حدود یک قرن بعد گیلوساک رابطه دیگری را برای گازها معرفی کرد که بیان می‌کرد فشار هر گاز دارای حجم معین به ازای هر یک درجه سانتیگراد افزایش دما به اندازه $\frac{1}{273}$ مقدار اولیه‌اش افزایش می‌یابد. از این‌رو اگر مبدأ دما را صفر انتخاب کنیم و گاز را تا ۲۷۳ درجه سانتیگراد زیر آن سرد کنیم انتظار می‌رود که فشار گاز صفر شود (شکل ۱) و حجم گاز نیز تا صفر فشرده شود. نقطه فرضی که در اینجا روی می‌دهد به صفر مطلق معروف است، بدیهی است که هیچ گازی به

1. Planetary Hypothesis

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

نقطه حجم صفر نمی‌رسد و قبل از رسیدن به این نقطه به شکل مایع‌تراکم ناپذیری در می‌آید. با این همه این مدل برای گازهای ایده‌آل نقش مهمی در فیزیک حرارت و ترمودینامیک ایفا می‌کند و پایه بسیاری از نظریات بعدی است.



شکل ۱. نمودار فشار گاز بر حسب دما

مدل‌سازی در دوران فیزیک جدید: در قرن ۱۹ میلادی مدل اتمی رادرفورد به‌عنوان جایگزین مدل اتمی هندوانه‌ای تامسون مطرح شد. در آن زمان رادرفورد 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 خارج‌شده 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 نشان‌دادن توافق این فرض با مشاهده لازم بود که فرمولی برای انحراف ذراتی که در فواصل مختلف از مرکز دافعه می‌گذرند ارائه شود. رادرفورد به کمک ریاضی‌دان جوانی به نام فاولر به یک مدل پدیده‌شناختی رسید که در قالب فرمولی ارائه داد که در آن تعداد ذرات آلفا که به اندازهٔ زاویهٔ θ از امتداد اولیهٔ خود منحرف می‌شوند با معکوس توان چهارم $\sin\frac{\theta}{۲}$ متناسب است. این تناسب در حالت کلی که ذره‌ای با بار $q_۱$ و انرژی جنبشی E به ذرهٔ ساکنی با بار $q_۲$ برخورد کند بدین صورت خواهد بود:

$$D(\theta) = \left(\frac{q_۱ q_۲}{۴E \sin(\theta/۲)}\right)^۲$$

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 موردنظر باز کرد. مشخص شد که در آن یک هستهٔ مرکزی کوچک اما سنگین و باردار در مرکز اتم است که گروهی از الکترونها تحت‌تأثیر 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.

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

ضمیمه ب

۱. مشـــاهدات نجومی نشان داده است که یک جسم فضایی در زمانهای ۵ و۸ و ۱۰ ثانیه به ترتیب در فواصل ۷ و۱۹و ۲۸ (واحد مکان) از مبدأ اندازه‌گیری مکان قرار گرفته است. دقیق‌ترین مدل ریاضی که مکان این جسم را برحسب زمان نشان می‌دهد کدام است؟

الف) داده‌ها کافی و دقیق نیست.

ب) $x=1/4\ t^{2}+3$

ج) $x=1/4\ t^{2}+3t$

د) $x=at^{2}+b$

۲. همان‌طور که می‌دانید مدل منظومه خورشـــید مرکز کوپرنیک، مدل اتمی رادرفورد و مدل گازهای کامل شارل-گیلوساک مدلهای مهمی در فیزیک هستند. به نظر شما این مدلها در اصل چه نقشی ایفا می‌کنند؟

الف) ساده‌سازی و مرتب‌سازی بخشی از پدیده‌های جهان

ب) یک فرمول ریاضی خیلی ساده برای توصیف یک پدیدهٔ پیچیده

ج) پیش‌بینی پدیده‌های آینده از روی مطالعات گذشتگان

د) شبیه‌سازی یک پدیده در آزمایشگاه

۳. یک علم‌پیشـــه تجربی همچون یک فیزیکدان، شـــیمی‌دان یا زیست‌شناس که مشغول به پژوهش در راه پیشبرد علم است در واقع ..... است.

الف) مشغول مطالعه بسیار در رشته تخصصی خودش و تصحیح اشتباهات قبلی

ب) مشغول به مدل‌سازی و نظریه‌پردازی ناشی از عقل و تفکر

ج) مشغول به جمع‌آوری داده‌های آزمایش و تلاش در توصیف نتایج آن

د) مشغول به جمع‌آوری داده‌های آزمایش، مدل‌سازی و پیش‌بینی نتایج آزمایشهای مشابه

۴. جعبه سیاهی حاوی ظرفی با شکل و شرایط فیزیکی نامعلوم وجود دارد. ۱ لیتر آب در ظرف درون جعبه سیاه ریخته شده و ۰/۷۵ لیتر آب از جعبه سیاه خارج می‌شود. به نظر شما ظرف درون جعبه سیاه کدام ویژگی را دارد؟

الف) ظرف سوراخ است و ۰/۲۵ لیتر آب از ظرف به فضای درون جعبه ریخته است.

ب) چون اطلاعات کافی نیست هیچ حدسی نمی‌توان زد.

ج) دمای بخشی از ظرف آنقدر زیاد است که ۰/۲۵ لیتر آب تبخیر شده است.

د) گزینه الف و ج هر دو می‌توانند صحیح باشند.

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]

۵. در مدل ســیاره‌ای کوپرنیک، مدار ســیارات دایره در نظر گرفته شــده بود و کمتر از یک قرن بعد کپلر مدار حرکت ســیارات را بیضی معرفی کرد. به نظر شما یک اخترفیزیکدان معاصر چگونه می‌تواند مدلهای سیاره‌ای را دقیق‌تر کند؟

الف) گردآوری داده‌های رصدی بیشتر
ب) انطباق داده‌های رصدی موجود با توابع ریاضی دقیق‌تر
ج) آزمون و خطای بیشتر با تغییر شرایط در رصدهای مختلف
د) همه موارد

۶. کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند یک موضوع خوب برای پایان‌نامه کارشناسی ارشد یا دکتری یک دانشجوی رشته فیزیک باشد؟

الف) بررسی درستی رابطهٔ آزمایش و فرمول ریاضی در مدل اتمی رادرفورد
ب) طراحی یک آزمایش برای نقض مدل اتمی رادرفورد
ج) انجام آزمایشات جدیدتر و دقیق‌تر هسته ای و بسط و توسعه مدل اتمی رادرفورد
د) ارائهٔ یک نظریه ذهنی برای یک مدل اتمی جدید

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from qjoe.ir on 2022-06-26]