

علم‌شناسی و آموزش علوم: چارچوبی نظری در به‌کارگیری تاریخ و فلسفه علم در آموزش علوم تجربی

© دکتر سید هدایت سجادی^۱

چکیده:

هدف از این مقاله ارائه چارچوبی نظری در به‌کارگیری تاریخ و فلسفه علم در آموزش علوم از سه منظر دانش، مهارت و نگرش است که با توجه به اهداف استاندارد آموزش علوم می‌تواند زمینه لازم را برای درک و شناخت بهتر این اهداف و تحقق بخشیدن به آنها فراهم کند. حاصل این پژوهش صورتبندی برخی اصول راهنمای ایجابی و سلبی در به‌کارگیری علم‌شناسی در آموزش علوم است که چارچوب نظری موردنظر را فراهم می‌کنند. همچنین نشان می‌دهد که از منظر دانشی، تاریخ و فلسفه علم می‌تواند شناختی دقیق‌تر از چیستی علم، روش و فرایندهای علمی برای فراگیرندگان فراهم کند. از منظر مهارتی، مبتنی بر دانش صحیح درباره علم و روش‌های آن، مهارت علم‌ورزی و دانشمندگونه عمل کردن در برابر مسائل و چالشهای متفاوت را می‌تواند فراهم کند. از منظر نگرشی، تاریخ و فلسفه علم می‌تواند نگرشی دقیق‌تر در زمینه علم و جهان‌بینی ناشی از آن، حدود و ثغور علم و نیز معضلات و مسائل آن فراهم کند. اساساً شناخت و درک درست چیستی علم و پرورش مهارت‌های فرایندی و علم‌ورزی، خود از اهداف مهم آموزش علوم است که مستلزم به‌کارگیری علم‌شناسی است. در نهایت، با توجه به انفکاک‌ناپذیری علم‌شناسی از آموزش علوم و امکان شکل‌گیری دیدگاهی غیردقیق و نامنسجم درباره علم و ایجاد کج‌فهمی درباره آن، آموزش علم‌شناسی در مقاطع متوسطه و دانشگاهی، به‌ویژه آموزش پیش از خدمت و ضمن خدمت معلمان دروس علوم تجربی ضروری می‌نماید.

کلیدواژگان: علم‌شناسی، تاریخ و فلسفه علم، آموزش علوم، ماهیت علم، برنامه‌درسی، چارچوب نظری

✓ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۰۸

✓ تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۲۵

۱. استادیار فلسفه علم و فناوری، گروه آموزش فیزیک، مرکز شهیدبهشتی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. hedayatsajadi@gmail.com

مقدمه

از نظر تاریخی توجه و تلاش برای گنجاندن وجوه تاریخی و فلسفی علم در آموزش علوم به قرن نوزدهم برمی گردد که در آن دوره آثاری از دانشمندان و فلاسفه‌ای همچون ویلیام هیول، توماس هاکسلی و ارنست ماخ در این راستا منتشر شدند. همچنین در دهه‌های نخستین قرن بیستم کسانی همچون جان دیویی در آمریکا و در دهه‌های آخر نیز افرادی همچون شواب^۱ و جرالد هولتن^۲ در این زمینه فعالیت داشته‌اند (مک کوماس^۳، ۲۰۰۲؛ متیوز^۴، ۲۰۱۲). در چند دهه اخیر هم مطالعاتی گسترده در این زمینه صورت گرفته و انجمنها و نشریه‌هایی هم در سطح بین‌المللی بدان پرداخته‌اند.

به کارگیری نتایج حاصل از مطالعات علم به طور عام، و تاریخ و فلسفه علم به طور خاص، در اجزا و مؤلفه‌های یک نظام آموزشی - از جمله در کلاس درس، تدوین و تألیف کتابهای درسی و آموزشی، آموزش معلمان، رفع کج فهمیها درباره علم - به صورت مستقیم یا به مثابه پس زمینه فعالیت آموزش علوم بوده است. سابقه این پژوهشها درباره ارتباط میان تاریخ و فلسفه علم با تدریس علوم از حیث نظری، برنامه درسی و روش تدریس به فراتر از یک قرن پیش برمی گردد^۵ (متیوز، ۲۰۱۸). البته در این میان، تلاشها در جهت کاربرد تاریخ و فلسفه علم به عنوان چارچوبی برای طراحی الگوهای برنامه درسی، آموزش^۶ و ارزشیابی محل مناقشه بوده است. از نقاط تلاقی تاریخ و فلسفه علم با همدیگر کتاب مشهور کوهن^۷ (۱۹۶۲) تاریخنگار و فیلسوف علم، با عنوان «ساختار انقلابهای علمی» است که پرورش ایده‌های وی درباره پارادایمها، انقلاب علمی، قیاس ناپذیری و... احتمالاً با مشارکت وی در پروژه‌ای در حوزه توسعه برنامه درسی آموزش علوم در دانشگاه هاروارد به سرپرستی جیمز کونانت^۸ به نام «موردپژوهیهای آموزش علوم هاروارد»^۹ همزمان بوده است. پروژه فیزیک هاروارد که متخصصانی از حوزه تاریخ علم و آموزش علم در آن مشارکت داشتند، در پی تدوین و تألیف کتابهای درسی با رویکرد تاریخی بود. کسانی دیگر در محافل دانشگاهی با این رویکرد به مخالفت پرداختند که از مشهورترین آنها پژوهشگرانی از دانشگاه ام.آی.تی^{۱۰} بودند.

اهمیت ماهیت علم^{۱۱} در آموزش علوم تا جایی است که بسیاری از انجمنها و مجامع علمی دنیا که طرحهایی در راستای ارتقا و بهبود وضعیت آموزش علوم به انجام رسانده‌اند، جایگاهی مشخص و مهم

1. Schwab

۲. هولتن فیزیکدان و تاریخنگار مشهور دانشگاه هاروارد است که در پروژه فیزیک هاروارد (۱۹۷۰) مشارکت داشته است.

3. McComas

4. Matthews

5. HP & ST Research

6. Instruction

7. Kuhn

8. James Bryant Conant

9. The Harvard Case Studies in Science Education

10. Massachusetts Institute of Technology (MIT)

11. Nature of Science (NOS)

برای ماهیت علم در زمره اهداف قائل شده‌اند.^۱ انجمن پیشبرد علوم آمریکا^۲، که مأموریتش را پیشبرد علوم، مهندسی و نوآوری در سراسر جهان و در جهت منفعت همگانی تلقی می‌کند، در طرحی موسوم به پروژه ۲۰۶۱ که به هدف ارتقای سواد علمی افراد جامعه، طرح ریزی شده است، یادگیری ماهیت علم را به عنوان نخستین هدف و موضوع یادگیری علوم آورده است.^۳ همچنین پژوهشهایی نشان داده‌اند که آشنایی با ماهیت علم به بهبود یادگیری محتوای علوم، ارتقای فهم علمی، ایجاد علاقه به علم، ارتقای توان تصمیم‌گیری و ارتقای سطح ارائه محتوای آموزشی^۴ کمک می‌کند (مک کوماس و همکاران، ۲۰۰۲).

این مقاله به بررسی جایگاه علم‌شناسی و آموزه‌های برآمده از این مطالعات، در برنامه آموزش علوم با توجه به اهداف آن در سه سطح دانش، مهارت و نگرش می‌پردازد. در نظام آموزشی محور اصلی، دانش آموز و فراگیرنده به معنای عام آن است. بنابراین فهمیدن اینکه تاریخ و فلسفه علم چه اثری بر یادگیری دانش آموز در جهت تحقق‌پذیری اهداف آموزش علوم می‌گذارد و سازوکار این اثرگذاری چگونه است، بسیار مهم تلقی می‌شود. علم‌شناسی در عمل، ممکن است در برنامه‌درسی (شامل کتابهای درسی) و به طور کلی در بخشهایی از اجزای یک نظام آموزشی گنجانده شود، اما ضرورت و چرایی آن و نیز چگونگی این ادغام در نظام آموزشی جای بحث و بررسی بیشتری دارد و نیازمند چارچوبی نظری است. مراد از چارچوب نظری، برخی اصول راهنمای ایجابی (راهگشا) یا سلبی (محدودکننده) هستند که مسیر و محدوده‌هایی را به عنوان راهنمای عمل تعیین می‌کنند. در این نوشتار این چارچوب نظری دربردارنده برخی اصول راهنماست که محدوده‌ها و راهنمای عمل را برای به‌کارگیری تاریخ و فلسفه علم در آموزش علوم ترسیم می‌کند. بنابراین نخستین پرسش که جای بحث دارد این است که اهمیت و جایگاه علم‌شناسی (دانش درباره علم، مهارت‌های علم‌ورزی و نگرشها درباره علم) در آموزش علوم چیست؟ دوم اینکه چارچوب نظری در چگونگی به‌کارگیری علم‌شناسی در آموزش علوم چیست؟ برای پاسخ این پرسشها نخست به سه رویکرد درباره ارتباط ماهیت علم با آموزش علوم پرداخته می‌شود، سپس جایگاه علم‌شناسی در برنامه‌درسی آموزش علوم به ویژه با توجه به اهداف استاندارد آموزش علوم و از سه منظر دانش، مهارت و نگرش مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت به ترسیم یک چارچوب نظری در به‌کارگیری تاریخ و فلسفه علم در آموزش علوم پرداخته می‌شود.

■ ماهیت علم و آموزش علوم: مروری بر سه رویکرد

در پروژه ۲۰۶۱ یادگیری ماهیت علم دربردارنده جهان‌بینی علمی، روشهای کاوشگری علمی و ماهیت فعالیت علمی است (انجمن پیشبرد علوم آمریکا، ۱۹۹۰). مک کوماس و اولسون^۵ (۲۰۰۲)، ماهیت علم

1. <https://www.aaas.org/mission>
2. American Association for the Advancement of Science (AAAS)
3. <http://www.project2061.org/publications/sfaa/default.htm>
4. Instructional delivery
5. Olson

را حوزه ترکیبی ثمربخشی می‌دانند که در آن جنبه‌هایی گوناگون از مطالعات علم شامل تاریخ، جامعه‌شناسی و فلسفه علم در هم می‌آمیزند و با پژوهشهایی از علوم شناختی شامل روان‌شناسی ترکیب می‌شوند و در پی ارائه توصیفی از چیستی علم، سازوکار علم، چگونگی عمل دانشمندان به مثابه یک گروه اجتماعی و نیز چگونگی اثرگذاری جامعه بر جهت‌دهی فعالیت علمی و نیز واکنش به آن است. به نظر می‌رسد در رویکردی انتقادی، کانون توجه به تدریج از ماهیت علم (NOS) به سمت ویژگیهای علم^۱ (FOS) می‌رود. به زعم متیوز پژوهشهای NOS بر ماهیت شناخت علمی متمرکزند اما FOS نه تنها شامل ماهیت شناخت علمی است، بلکه فرایندها، نهادها و زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی را نیز دربردارد که علم در آن شکل می‌گیرد (متیوز، ۲۰۱۲). رویکرد انتقادی سوم در این میان رویکرد شباهت‌خانوادگی^۲ (FRA) است. اصطلاح شباهت‌خانوادگی برگرفته از فلسفه ویتگنشتاین است که در واقع اموری که شباهتها و روابطی با هم دارند، ذیل مفهومی کلی گذاشته می‌شوند. برای فهم موضوع، اگر مفهوم بازی را در نظر بگیرید، در عین وجود تمایزات بسیار زیاد میان انواع بازی، از اصطلاح بازی برای همه آنها استفاده می‌شود. ایرزیک و نولا^۳ (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با عنوان «رویکرد شباهت‌خانوادگی به ماهیت علم برای آموزش علم»، ضمن اذعان به نقاط ضعف دیدگاه توافقی استاندارد ماهیت علم (NOS) از مفهوم شباهت‌خانوادگی (FRA) به منزله بدیلی مرجح برای آن بهره می‌گیرند. به زعم آنها FRA بر NOS چندین مزیت دارد: از جمله اینکه ضمن دور شدن از آن تصویر یکپارچه‌ای که NOS همه علوم را یک کاسه و بدون لحاظ کردن تنوع در شاخه‌ها ارائه داده است، به ارائه تصویری واحد از علوم براساس بخشی از مشابتهتها و تفاوتها پرداخته و مسئله تمایز (علم از شبه علم) را حل کرده است. به زعم آنها این رویکرد از نقاط ضعف NOS و محدودیتهای آن مبرا است و به جای ارائه تصویری ایستا از ماهیت علم، تصویری پویا و در عین حال جامع‌تر ارائه می‌دهد.

در هر سه رویکرد، صرف‌نظر از وزنی که به هریک از بخشها داده می‌شود تاریخ و فلسفه علم جایگاهی مهم در مطالعات حوزه آموزش علوم دارد. به نظر می‌رسد یکی از تمایزاتی که درمقایسه میان این سه رویکرد به صورت تلویحی دریافت می‌شود، «این است که رویکردهای پیشنهادی به مقوله ماهیت علم در مبانی، متکی به نگرش فلسفه علمی است. به عبارت دیگر نسخه‌های متفاوت از ماهیت علم نشان می‌دهند که هریک از آنها مبتنی بر فلسفه علم خاصی تدوین شده‌اند. همچنین تغییر رویکردها از NOS به FOS و سپس FRA به نوعی موازی با تغییرات صورت گرفته در فلسفه علم است» (ابراهیمی و شیخ‌رضایی، ۱۳۹۶: ۱۵۴). به بیان دیگر، این سه دیدگاه در حوزه چیستی علم - FOS، NOS و FRA - هریک مبتنی بر دیدگاههای فلسفی خاصی در زمینه علم است.

1. Features of Science

2. Family resemblance approach(FRA)

3. Irzik & Nola

نکته حائز اهمیت این است که نه تنها درباره دیدگاه‌ها و نحوه رویکرد به علم اتفاق نظر وجود ندارد، بلکه درباره مؤلفه‌های ماهیت علم و ویژگیهای علم هم توافق وجود ندارد. یعنی از دو گونه عدم اتفاق می‌توان نام برد: عدم اتفاق درباره رویکردها و نحوه نگاه به علم و عدم اتفاق درباره مؤلفه‌ها و ویژگیها. البته انتخاب مؤلفه‌ها و جنبه‌های علم متأثر از نوع نگاهی است که به ماهیت و چیستی علم وجود دارد. به عنوان مثال لدرمن^۱ و همکاران (۲۰۰۲) فهرستی از مؤلفه‌های ماهیت علم را در قالبی کلی ارائه کرده‌اند که شامل مبنای تجربی شناخت علمی، وجود مشاهده، استنباط و هویت‌های نظری در علم و نیز وجود قانون و نظریه در علم و درک تمایز میان آنها، ماهیت خلاقانه و تخیلی شناخت علمی، نظریه‌بار بودن معرفت علمی، تأثیرپذیری از عوامل اجتماعی و فرهنگی، فقدان روش علمی واحد و مشخص برای علم و موقتی بودن معرفت علمی است. افزون بر این مک‌کوماس و اولسون (۲۰۰۲) مؤلفه‌هایی توافقی درباره ماهیت علم را از بررسی هشت سند مربوط به استانداردهای آموزش علوم استخراج و در ۱۴ بند فهرست کرده‌اند که برخی از آنها با فهرست لدرمن و همکاران مشترک است و مواردی دیگر مانند اثرگذاری علم و فناوری بر یکدیگر را نیز برشمرده‌اند. این خود نشانگر عدم توافق بر سر این فهرست‌هاست که میان متخصصان حوزه آموزش علوم وجود دارد. با توجه به عدم توافق درباره رویکردها به چیستی علم و مؤلفه‌ها درباره علم، اصطلاح کلی‌تر علم‌شناسی^۲ به‌کار گرفته شده است. در ضمن، اگر چه در عمل تاریخ و فلسفه علم، هر یک به صورتی جداگانه و با روشهایی متفاوت در برنامه‌درسی می‌توانند وارد شوند، اما از حیث نظری، می‌توان تحت مقوله کلی علم‌شناسی آنها را جای داد.

در سطح بین‌المللی این ماهیت و ویژگیهای علم در سندهای استاندارد آموزش علوم گنجانده شده‌اند (مک‌کوماس و اولسون، ۲۰۰۲). برخی از دیدگاه‌ها در حوزه جایگاه ماهیت علم در آموزش علم، به این قائل‌اند که نه تنها مطالعه ماهیت علم، بلکه مطالعه ماهیت شبه علم هم در آموزش علم حائز اهمیت است و اساساً بر این باورند که شناخت شبه علم بخشی جدایی‌ناپذیر از مطالعه ماهیت علم در برنامه‌درسی آموزش علوم در مدارس است (گود^۳، ۲۰۱۲). اهمیت آن را هم به چند دلیل ذکر می‌کنند: نخست، رواج باور به شبه علم در بسیاری از کشورهای جهان با وجود گسترش علم؛ دوم، ارائه تصویری روشن‌تر از علم و شبه علم؛ سوم، شناخت بهتر باورها و چگونگی شکل‌گیری آنها با مطالعه شبه علم.

■ علم‌شناسی و برنامه درسی: رابطه علم‌شناسی با اهداف آموزش علوم

عناصر اصلی یک برنامه درسی (آموزشی) شامل هدف، محتوا، سازماندهی، شیوه ارائه، زمان،

1. Lederman

۲. نگارنده معادل انگلیسی را که برای آن برگزیده، science-o-logy است؛ در مواردی هم از science studies استفاده شده است.

3. Good

موقعیت (مکان) و ارزشیابی است^۱ (موسی‌پور، ۱۳۹۵). بر همین اساس در برنامه‌درسی آموزش علوم (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و...)، بسته به نظام‌های متفاوت آموزشی و نیز فلسفه تعلیم و تربیت حاکم بر این نظام‌های آموزشی، اهدافی برای آموزش علوم در نظر گرفته می‌شود و باتوجه به تحولات ایجاد شده در وضعیت و شرایط علمی، فناوریانه، فرهنگی، اجتماعی و سایر وجوه اثرگذار، این اهداف مورد بازنگری قرار خواهند گرفت. همچنین براساس این اهداف، دیگر عناصر برنامه‌درسی ساماندهی می‌شوند؛ از این‌رو محتوای آموزش علوم، به منزله یکی از عناصر برنامه‌درسی آموزش علوم، باید در جهت تحقق بخشیدن به آن اهداف، انتخاب، تدوین، سازماندهی و ارائه شود. این اهداف بر انتخاب روش سازماندهی و ارائه هم اثرگذارند. در آموزش علوم، فضا و موقعیت می‌تواند فضای آموزشی استاندارد و رسمی مدرسه باشد و در کنار آن طبیعت و چگونگی تعامل با آن می‌تواند بخشی مهم از فضای آموزش علوم را تشکیل دهد. با توجه به محوری بودن تعیین اهداف، در این بخش بر ارتباط علم‌شناسی با اهداف آموزش علوم متمرکز خواهیم شد.

یکی از اهداف مهم طرح آموزش برای همگان، به ویژه در اسناد یونسکو، از جمله در پروژه یونسکو ۲۰۰۰^۲، دستیابی به سواد علمی و فناوریانه^۳ عنوان شده است (جنکینز^۴، ۱۹۹۷). سواد علمی و فناوریانه شهروندان را مهیا می‌سازد تا در فرایند تصمیم‌گیری در زندگی، آگاهانه‌تر عمل کنند. شایان ذکر است که برای سواد علمی و سواد فناوریانه^۵ تعاریف متعددی ارائه شده است. یکی از تعاریفی که برای سواد علمی ارائه شده اینکه، فرد دارای سواد علمی باید واجد دو ویژگی باشد: نخست، دانشی پایه درباره اصطلاحات و بر ساخته‌های علمی داشته باشد و دوم، فهمی کلی درباره ماهیت کاوش علمی داشته باشد (میلر^۶، ۲۰۰۴). از این منظر (به ویژه در ویژگی دوم) دستیابی به سواد علمی به مثابه هدفی برای آموزش علوم، مستلزم شناخت علم از منظرهای گوناگون (تاریخی، فلسفی و ...) است. در ایران دستیابی به سواد علمی فناوریانه (با حذف واو) به منزله یکی از اهداف/کارکردهای آموزش علوم در برخی از اسناد بالادستی آمده است^۷ که این خود تفسیری نادرست به همراه دارد: از یک جهت صرفاً بر اهداف فناوریانه برای علم و آموزش تأکید می‌شود و از طرف دیگر، هویت مستقل علم و فناوری و تمایز آنها را نادیده می‌گیرد، از این رو اصطلاح علمی و فناوریانه مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

به طور کلی دستیابی به سواد علمی از اهداف مهم آموزش علوم است و پروژه علم برای همه آمریکاییها

۱. در برخی دیگر از منابع (ملکی، ۱۳۹۴)، عناصر اصلی برنامه‌درسی شامل چهار عنصر هدف، محتوا، روش و ارزشیابی است. در کنار اینها مجموعه‌ای دیگر از عناصر فرعی وجود دارند.

2. UNESCO 2000+

3. Scientific and technological literacy (STL)

4. Jenkins

6. Miller

۵. از تعریف سواد فناوریانه به سبب عدم ضرورت در این نوشتار صرف‌نظر می‌شود.

۷. ر.ک: برنامه درسی جمهوری اسلامی، ۱۳۹۱

که از اهداف اصلی آن، دستیابی شهروندان به سواد علمی است با فصلی درباره ماهیت علم شروع می‌شود (انجمن پیشبرد علوم آمریکا، ۱۹۹۰). همچنین این پروژه بر اهمیت شناخت شبه علم به منزله بخشی اساسی و جدایی‌ناپذیر از سواد علمی تأکید دارد (گود، ۲۰۱۲). «به صورت واضح کاوشگری علمی و ماهیت علم دو بنیان مفاهیم کنونی آن چیزی هستند که سواد علمی نامیده می‌شود. واضح است که ارتقای فهم دانش‌آموزان در زمینه این ایده‌ها و فرایندهای پیچیده و انتزاعی مرتبط با آنها، مستلزم به کارگیری روشهای تدریس^۱ یادگیری^۲ و ارزشیابی^۳ بسیار متفاوتی است از آن روشهای سنتی که در قرنهای گذشته در کلاسهای درس اتفاق می‌افتاد» (فلیک^۴ و لدرمن، ۲۰۰۶: xiii).

کاوشگری نقادانه به مثابه یکی از اهداف اصلی آموزش بدین صورت قابل بیان است: پرورش افرادی که بتوانند در حوزه درسی و تخصصی خود کاوشگرانی منطقی و نقاد باشند (نولا و ایرزیک، ۲۰۰۵: ۷) و «علم نخستین حوزه‌ای است که در آن اصول کاوشگری نقادانه^۵ نقشی حیاتی ایفا می‌کند» (همان: ۱۳). کاوشگری در استانداردهای ملی آموزش علوم^۶ (۱۹۹۶) به یک مفهوم، به فرایندها و روشهای تفکر گوناگونی ارجاع دارد که منجر به شکل‌گیری شناخت جدید در علم می‌شود. همچنین کاوشگری، علاوه بر علم‌ورزی^۷، شناخت فرایندهایی را شامل می‌شود که دانشمندان در شکل‌گیری دانش به کار می‌برند. از این رو کاوشگری می‌تواند به عنوان دو هدف برای دانش‌آموزان مطرح باشد: قابلیت انجام دادن فرایندهای علمی و داشتن شناخت نسبت به این فرایندها. با توجه به این ویژگیها، کاوشگری به صورت بسیار نزدیک با مفهوم ماهیت علم مرتبط است. در نهایت کاوشگری به عنوان رهیافتی آموزشی تلقی می‌شود که می‌تواند برای آموزش موضوعات متداول علوم مورد استفاده باشد. این موضوع مبتنی بر این منطق است که دانش‌آموزان بهتر موضوع را می‌فهمند، اگر آنها تصویری معقول از فرایندهایی را یاد بگیرند که دانشمندان به کار برده‌اند. مباحثات پیرامون استانداردهای ملی آموزش علوم، کاوشگری را از منظرهای مختلف در چند مقوله جای می‌دهد: به مثابه راهبردهایی برای تدریس علم، مدلهایی برای یادگیری علم و محتوایی برای آموزش علم (بایبی^۸، ۲۰۰۶).

از منظر تاریخی در حوزه کاربرد تاریخ علم در آموزش علوم می‌توان از دو مکتب متقابل سخن راند: مکتب هاروارد و مکتب MIT. تمایز میان این دو گروه را می‌توان به تمایز در اهداف مطلوب آنها برای علم دانست (داسل^۹، ۲۰۰۶). مکتب هاروارد در پی علم برای همگان، اما هدف مکتب MIT

1. Teaching
2. Learning
3. Assessment
4. Flick
5. Critical inquiry
6. National Science Education Standards
7. Doing science
8. Bybee
9. Duschl

از آموزش علم، پرورش دانشمندان آینده بود. نگاههای تلفیقی دیگری در این میان هستند از جمله دیدگاه هارلن^۱ (۲۰۰۰) که براین باور است که آموزش علوم در مدارس باید هر دو هدف مهیاسازی دانشمندان و تکنولوژیستهای آینده و نیز فراهم آوردن دانش و فهم کافی درباره جهان پیرامون برای همه شهروندان را پوشش دهد، به گونه ای که آنها بتوانند در مورد موضوعات مرتبط با علم در زندگی، تصمیم‌گیریهایی معقول داشته باشند و به صورت مؤثر عمل کنند، هر چند در برنامه‌درسی دوران ابتدایی این تمایز به چشم نمی‌خورد. به نظر می‌رسد از دیدگاهی دیگر هم بتوان سخن راند که در آن آشنایی با ماهیت علم خود از اهداف اصلی آموزش علوم است. اساساً کمک کردن به دانش‌آموزان برای شکل‌گیری دیدگاهی آگاهانه درباره ماهیت علم (NOS) یک هدف اساسی آموزش علوم از مهدکودک تا پایه‌دوازدهم (K-۱۲) بوده و هست (لدرمن و همکاران، ۲۰۰۲). در واقع یکی از حوزه‌های بسیار مهم که امروزه در اهداف آموزش علوم در سطح جهان بدان توجه می‌شود اهمیت داشتن درک و فهمی درباره ماهیت و ویژگیهای علم است که جامعه‌شناسی، تاریخ و فلسفه علم بخشی اساسی از این فرایند شناخت و درک ماهیت علم تلقی می‌شوند. «بسیاری از آموزشگران معاصر علوم براین باورند که باید هدف اصلی آموزش علوم تشویق دانش‌آموزان به فهم ماهیت علم، مفروضات، ارزشها، اهداف و محدودیتهای آن باشد» (مک کوماس و همکاران، ۲۰۰۲: ۹).

به طور کلی، ضرورت علم‌شناسی در زمینه تحقق‌پذیری اهداف آموزش علوم را می‌توان در چند دیدگاه دسته‌بندی کرد: نخست، ضرورت علم‌شناسی و آشنایی با چرستی علم، به مثابه یک هدف اصلی آموزش علوم؛ دوم، لزوم علم‌شناسی و آشنایی با ماهیت علم در راستای ارتقای همگانی سواد علمی (و فناوریانه) شهروندان؛ سوم، علم‌شناسی در راستای پرورش کاوشگری و تفکر نقادانه؛ چهارم، ضرورت علم‌شناسی برای دانشمند یا مهندس شدن.

■ علم‌شناسی و اهداف آموزش علوم: از سه منظر دانش، مهارت و نگرش

با توجه به اینکه یکی از اهداف کلی و مهم آموزش علوم دستیابی به سواد علمی است، از نظر هارلن و کوالتر^۲ (۲۰۰۴)، تحقق‌پذیری این هدف کلی، مستلزم پرورش ایده‌های علمی (کسب دانش علمی)، مهارت‌ها، نگرش‌ها (و ارزش‌ها)، و نیز برقراری رابطه با جهان پیرامون است. به طور کلی در آموزش علوم زمانی یادگیری مطلوب اتفاق می‌افتد که حداقل در سه سطح دانش، مهارت و نگرش تغییراتی در سطح یادگیری فراگیرنده رخ دهد. در نظامهای سنتی آموزش فرایند یادگیری عمدتاً به مفهوم انتقال دانش از معلم/یاددهنده به دانش‌آموز/فراگیرنده است که در مرحله ارزشیابی دانش‌آموز همان را آینه‌وار به معلم برمی‌گرداند و بسته به میزان انطباق آن با آموزه‌های معلم و ضریب بازتاب دانش‌آموز، نمره‌ای به وی تعلق

1. Harlen
2. Qualter

می‌گیرد (عینی‌گرایی). در حالی که در رویکردهای نوین (مثلاً برساخت‌گرایی)، دانش آموز و معلم هر دو در فرایند معنادار کردن یادگیری دخیل اند و دانش آموز نقش اصلی و معلم نقش راهنما را به عهده دارد. در برنامه مطلوب آموزش علوم، اهداف باید در هر سه سطح تحقق یابند و اهمیت و ضرورت علم‌شناسی برای آموزش علوم ارتباطی تنگاتنگ با اهداف قصدشده آموزش/ یادگیری علوم دارد. بسته به این اهداف جایگاه و وزن تاریخ و فلسفه علم را در آموزش علم می‌توان به طور نسبی مشخص کرد. با توجه به تقسیم‌بندی اهداف آموزشی در سه سطح دانش، مهارت و نگرش، اینک پرسش این است که جایگاه و نقش آموزه‌های برخاسته از علم‌شناسی در این سه سطح چگونه است؟

شایان ذکر است که می‌توان دو نوع نگاه به موضوع داشت: نخست اینک کارکرد علم‌شناسی در سطوح سه‌گانه یادگیری (دانش، مهارت و نگرش) بررسی شود؛ به این مفهوم که شناخت علم تا چه حد می‌تواند اهداف آموزش علوم را از این سه منظر تحقق ببخشد. نگاه دوم، این است که علم‌شناسی خود به مثابه یک موضوع درسی^۱ شامل مجموعه‌ای از دانستنیها و اصول عملکردی یا مجموعه‌ای از آموزه‌ها در نظر گرفته شود که خود مستقلاً می‌تواند سه بخش دانش، مهارت و نگرش فراگیرندگان را متأثر کند.

۱. علم‌شناسی و یاددهی/ یادگیری دانش علمی

یکی از مؤلفه‌های مهم فرایند آموزش علوم، یاددهی/ یادگیری دانش علمی به مثابه بخشی از محتوای یک برنامه درسی است و به مفهوم دانستنیها، ایده‌ها و اطلاعات در حوزه علم است که در فرایند آموزش برای دانش آموز معنادار می‌شود. به عنوان مثال دانش درباره مفهوم و انواع انرژی، اصول، قوانین و فرمولهای مربوطه، بخشی از دانش فیزیک تلقی می‌شود که داشتن این دانش برای فراگیرنده بخشی اساسی از فرایند یادگیری وی تلقی می‌شود. به علاوه، از دانش درباره علم هم می‌توان سخن راند: دانش درباره ساختار اجزا و مؤلفه‌های علم و روش علمی. دانش نوع اول دانش درباره محتوای علم و دانش نوع دوم درباره ساختار، روش و اهداف علم است. دانش درباره علم به مفهوم اتخاذ دیدگاهی درباره علم است که به صورت مستقیم (صریح) یا غیرمستقیم (ضمنی) آموزش داده می‌شود. دانستن این نکته مهم است که حتی به طور ناخودآگاه ضمن آموزش علم، می‌تواند دیدگاهی درباره علم به فراگیرنده القا شود.

علم‌شناسی می‌تواند از نظر دانش، در متون درسی به صورت بخشی از کتاب یا کتابی مستقل و نیز در قالب دانستنیها یا بخشی از تدریس علوم از جانب معلم به دانش آموز یاد داده شود. معضل بزرگ این حوزه فقدان توافق در آموزش آن چیزی است که دیدگاه درباره علم نامیده می‌شود. این موضوع به سبب کثرت دیدگاهها در باب چیستی علم، روش علمی و معیار تمایز علم از غیر علم است. برخی از پرسشهای اساسی که در این حوزه مورد بحث قرار می‌گیرند از این قرارند:

1. Discipline

علم چیست و چه تمایزی میان علم و غیر علم (شبه علم) وجود دارد. روش علمی چیست؟ آیا روش علمی واحدی وجود دارد؟ تبیین علمی چیست؟ آزمون، تأیید و نیز پذیرش یا طرد یک نظریه در علم چگونه است؟ تمایز میان نظریه و قانون چیست؟ مدل چیست؟ نظریه‌ها و مدل‌های علمی چه اندازه واقع‌گرایانه اند؟ آیا نظریه‌ها و مدل‌ها صرفاً ابزارند؟ چه نسبتی میان مشاهده و نظریه می‌تواند وجود داشته باشد؟ این پرسش‌ها و بسیاری دیگر از این دست، موضوع مطالعه فلسفه علم تلقی می‌شوند. به طور خاص، تاریخ علم هم می‌تواند به صورت مستقیم، یا در قالب آموزه‌های استنباطی درباره علم و ویژگی‌های آن به کار رود. ریشه‌های شکل‌گیری مفاهیم (مثل جرم، انرژی، نیرو، ژن)، اصول و قوانین (مثلاً قوانین نیوتن، اصل پاسکال)، نظریه‌های علمی (مثلاً نظریه نسبیت اینشتین، نظریه تکامل داروین)، زندگی دانشمندان، شرایط اجتماعی و سیاسی حاکم بر دوران شکل‌گیری آموزه‌های علمی و... همگی موضوعاتی هستند که بخشی از دانش تاریخی درباره علم را شکل می‌دهند. پرسش اساسی این است که آیا آموزش دانشهایی درباره موضوعات مربوط به تاریخ و فلسفه علم به فراگیرندگان علم ضرورت دارد؟ نخست، از حیث نظری در یک نظام آموزشی میزان پرداختن به این موضوع، ارتباطی تنگاتنگ با اهداف آموزش علوم در آن نظام دارد. با توجه به دو هدف کلی ذکر شده، علم برای همگان و علم برای دانشمند شدن، حداقل از نظر میزان به‌کارگیری دانش مربوط به علم‌شناسی (از منظر تاریخ و فلسفه علم)، دستیابی به هر یک مستلزم تدوین برنامه‌های درسی متفاوت است.^۱ دوم اینکه، پرسش از ضرورت علم‌شناسی برای آموزش علوم را می‌توان به این پرسش تقلیل داد که آیا اساساً دانش درباره محتوای علم و دانش درباره ساختار، روش و اهداف علم (علم‌شناسی) را می‌توان از هم تفکیک کرد؟ دو گونه پاسخ به پرسش درباره تفکیک‌پذیری دانش در زمینه محتوا و دانش علم‌شناسی می‌توان داد: در قرائت قوی می‌توان ادعا کرد که دانش علمی (درباره محتوا) و دانش درباره علم (علم‌شناسی) قابل تفکیک از هم نیستند و تمایز میان آنها امری تصنعی است. این پدیده به ویژه در بخش آزمایشگاهی و نیز فرایند حل مسئله در علم کاملاً نمایان است. در برنامه استاندارد آموزش علوم، آزمایش و حل مسئله بخشی لاینفک از محتوای دانش قابل آموزش تلقی می‌شوند. همچنین، آزمایشگر ضمن انجام دادن آزمایش ناگزیر از به‌کار بستن روش علمی است. بنابراین داشتن دانش درباره روش علمی قابل تفکیک از محتوای علم نیست. در فرایند حل مسئله هم این‌گونه است. طرز مواجهه با مسئله و مهارت لازم برای آن بخشی اساسی از فرایند آموزش علم است. در قرائت ضعیف، می‌توان گفت که علم‌شناسی مستتر در خود علم است؛ به این مفهوم که فراگیرنده ضمن انجام دادن آزمایش یا ضمن فرایند حل مسئله در علم بسته

۱. در فلسفه تعلیم و تربیت حاکم بر نظام آموزشی در ایران که در اسناد بالادستی و سند تحول نمایان شده است یکی از اهداف برنامه درسی فطرت‌گرایی توحیدی و دستیابی به حیات طیبه است که بررسی جایگاه تاریخ و فلسفه علم در آن می‌تواند موضوع نوشتار دیگری باشد.

به زمینه موضوع، با ساختار و روش علم به صورت ضمنی مواجه می‌شود. در این صورت سخن از دانشی فراتر درباره آن به صورت توصیفی یا دستوری ضرورت ندارد.

۲. علم‌شناسی و پرورش مهارت‌ها

از دیگر مؤلفه‌های مهم آموزش علوم، آموزش مهارت‌های ذهنی، عملی و نیز فرایندی مرتبط با علم است. مهارت به مفهوم توانایی به‌کار بستن دانش (گونه‌ای از دانش) در مسائل و اموراتی خاص است. از سویی فراگیری و پرورش مهارت علم‌ورزی در یادگیرنده از اهداف آموزش علوم است و از سوی دیگر پرورش مهارت‌های علمی خود بخشی از محتوای برنامه‌درسی آموزش علوم تلقی می‌شود. به گفتهٔ اینشتین اگر می‌خواهید بفهمید دانشمندان چکار می‌کنند به گفته‌هایشان گوش ندهید، بلکه به عمل آنان بنگرید. مک کوماس (۲۰۰۲) اساس ماهیت علم را در این توصیه اینشتین می‌بیند. به نظر می‌رسد حتی در حوزه علوم انسانی و اجتماعی، حداقل در برخی از دیدگاه‌ها^۱ مطالعه علم، در ساحت عمل (کنش) است. اهمیت نقش عمل در حوزه آموزش نتایجی را در بردارد: نخست، اینکه برای فهم آموزش، باید دو عمل بنیادین فهمیده شود: عمل تدریس و عمل یادگیری. نتیجه دوم هم به هستی‌شناسی معرفت برمی‌گردد که به دانش به منزلهٔ شیء نگریسته نمی‌شود، بلکه به مثابه کنش (رفتار) شناسی^۲ نگاه می‌شود. گویی که شناخت یک سازواره (ارگانیزم) زنده است که از همان فضای شکل‌گیری عمل و فعالیت دانشمندان شروع می‌شود و تا وضعیتی است که در آن به عمل و فعالیت تبدیل می‌شود که در کار دانش‌آموزان و معلمان نمایان می‌شود. کار پژوهشگر این حوزه نیز فهم حیات این سازواره (دانش) است (سنسوی و تیرگیه^۳، ۲۰۱۵). در مورد علم بخشی مهم از این کنش‌ها در قالب مهارت‌های یادگیری و تدریس نمایان می‌شوند که دربردارنده مهارت علم‌ورزی و مهارت‌های فرایندی^۴ علم هستند و از مؤلفه‌های اساسی آموزش علوم تلقی می‌شوند.

هارلن (۱۹۹۲) برخی از این مهارت‌ها را این‌گونه برمی‌شمارد: مشاهده، فرضیه‌پردازی، پیش‌بینی، پژوهش، تفسیر یافته‌ها و استنتاج و برقراری ارتباط. هارلن و کوالتر (۲۰۰۴) در ویرایش بعدی دقیق‌تر مهارت‌ها را برشمرده‌اند: گردآوری اطلاعات با مشاهده و بهره‌گیری از منابع اطلاعات، پرسشگری، پیش‌بینی و طرح‌ریزی، تفسیر اطلاعات و استنتاج، مهارت‌های ارتباطی و تأمل. البته مهارت‌های مهم دیگری از جمله مهارت حل مسئله، مهارت تبیین و ... هم در علم وجود

۱. ر.ک: لاتور، ۱۹۸۷.

2. Praxeology

3. Sensevy & Tiberghien

4. Process skills

دارند. به طور کلی برخی از این مهارتها را می‌توان اینگونه برشمرد: مشاهده‌گری، آزمایشگری، حل مسئله، فرضیه‌پردازی، مدل‌سازی، تبیین و ...؛ همه اینها را می‌توان ذیل مقوله‌ای کلی‌تر با عنوان مهارت علم‌ورزی جای داد. به بیان ساده‌تر می‌توان گفت یکی از اهداف مهم آموزش علم، پرورش دانش‌آموزان به مثابه دانشمندانی کوچک است. هر یک از این مهارتها به طور آشکار یا ضمنی بخشی از برنامه آموزش علوم تلقی می‌شود. اینک با تفصیل بیشتری به چند مورد می‌توان اشاره کرد:

مورد اول، تبیین در علم به مفهوم یافتن علت یا دلیل یک رخداد طبیعی، بخشی از محتوای علم است. تبیین یک رخداد، خود یک مهارت است که می‌تواند به دانش منجر شود و از دانش متأثر شود. بخش عمده‌ای از یک کتاب مرجع آموزش فیزیک متوسطه یا دانشگاهی را پرسشهای مفهومی تشکیل می‌دهند که در پی یافتن علت رخدادها هستند. به عنوان مثال، اگر می‌پرسیم چرا رنگین کمان اتفاق می‌افتد، نیازمند توضیح علت آن، مهارت در به‌کار بستن دانشهای لازم در حوزه بازتاب و شکست نور است. اینکه آیا پرسشی را به درستی پاسخ داده‌ایم، بستگی به ساختار ضمنی فرض گرفته شده در مفهوم تبیین دارد. مطالعات علم‌شناختی در حوزه فلسفه علم می‌تواند برای وضوح بیشتر مفهوم تبیین و قابلیت اعمال آن راهگشا باشد. مثلاً یکی از ایراداتی که معمولاً دانش‌آموزان در توضیح پرسشها دارند این است که مثلاً به قانون مندرج در تبیین اشاره نمی‌کنند. در مدل همپل D/N قانون از اجزای اصلی یک تبیین است. حتی در حل برخی مسائل هم این ساختار تبیین راهگشاست؛ مثلاً مهارت به‌کار بستن قانون انبساط در ریلهای راه‌آهن. بر همین منوال، مهارت پیش‌بینی هم در علم بسیار حائز اهمیت است.

مورد دوم، مهارت حل مسئله است. هر فراگیرنده در خلال حل مسائل (مثلاً فیزیک) ناخودآگاه با فرایندی ناقص از حل گام‌به‌گام مسئله آشنا می‌شود. تشخیص معلومات و مجهولات مسئله، یافتن فرمول مناسب، جایگذاری اعداد و محاسبات ریاضیاتی و در نهایت تفسیر پاسخها. در مسائل فیزیک می‌توان گفت گذری از فیزیک به ریاضی (در فهم مسئله و تشخیص معلومات و مجهولات، سپس فرمولها و جایگذاری) و سپس برگشت از ریاضی به فیزیک (در فرایند تفسیر نتایج) رخ می‌دهد. مهارت حل مسئله در علم، قابل تعمیم به زندگی هم هست (البته از نظر روشی، نه موضوعی). همان‌طور که پوپر^۱ (۱۹۹۹) فیلسوف علم در کتابی با همان عنوان می‌گوید: زندگی سراسر حل مسئله است.

مورد سوم، مهارت آزمایشگاهی است که بخشی جدایی‌ناپذیر از آموزش و یادگیری علوم است. در یک نظام آموزشی که فارغ‌التحصیلان متوسطه آن تنها خاطره‌ای که از امپرسنج

1. Popper

دارند، دایره ای باشد که در آن A نوشته شده باشد^۱، چیزی به اسم یادگیری علم اتفاق نیفتاده است و کاملاً در مغایرت با اهداف استاندارد آموزش علوم است. برخی تحقیقات (اسپکتور^۲ و همکاران، ۲۰۰۲؛ مک کوماس، ۲۰۰۲؛ مک کوماس و همکاران، ۲۰۰۲) نشان می‌دهد که آشنایی با فلسفه علم روی روشهای آموزش و روش انجام آزمایشها اثرگذار است.

۳. علم‌شناسی و پرورش نگرشها

نگرش از مفاهیمی است که شاید تعریف دقیق، واضح و متفق علیه درباره آن وجود نداشته باشد. به‌زعم بارمبی^۳ و همکاران (۲۰۰۸) نگرش^۴ دارای سه مؤلفه است: شناخت^۵، عاطفه^۶ و رفتار^۷. فردی که شناخت و باورهای درباره موضوعی دارد احساسی نسبت به آن در او برانگیخته می‌شود و این دو مؤلفه با هم منجر به بروز رفتاری خاص از سوی فرد می‌شود. اگر دانش را از متغیرهای شناختی تلقی کنیم، نگرش را می‌توان موضوعی روان‌شناختی تلقی کرد. آزیورن و همکاران، ضمن تأکید بر پیچیدگی مفهوم نگرش و تکرر عناصر سازنده آن و نیز بر رابطه میان نگرش، قصد و رفتار، اساساً علاقه را صورتی از نگرش تلقی می‌کنند (سیمون^۸، ۲۰۱۵). به‌نظر هارلن و کوالتر (۲۰۰۴) نگرش به مفهوم آمادگی و تمایل برای انجام دادن عملی به شیوه مشخص در شرایطی خاص است. بالطبع مهارت شرط کافی برای انجام دادن یک رفتار مطلوب نیست؛ در کنار آن باید انگیزه و اراده هم باشد که می‌تواند ریشه در نگرش فرد داشته باشد.

هارلن (۱۹۹۲) از چهار نگرش مرتبط با یادگیری علوم نام می‌برد که در دو گروه آنها را دسته‌بندی کرده است: نگرش کلی درباره خود شخص در مورد کار مدرسه (شامل نگرش نسبت به مدرسه و نسبت به خود به عنوان فراگیر) و نگرشهای علمی (شامل نگرش نسبت به علم به عنوان موضوعی مهم و نگرش به اجسام و وقایع در محیط اطراف). به نظر می‌رسد هارلن (۱۹۹۲)، دقت و وضوح کافی در تمایزگذاری در زمینه نگرش علمی و نگرش درباره علم نداشته و در تقسیم‌بندی وی نگرش نسبت به علم زیرمجموعه نگرش علمی قرار داده شده است، اما در ویرایش چهارم کتابش، هارلن همراه با کوالتر، تمایز میان دو مؤلفه اصلی نگرش علمی یعنی نگرش نسبت به علم و نگرش به اجسام و وقایع در محیط اطراف را با اهمیت تلقی می‌کند (هارلن و کوالتر، ۲۰۰۴).

۱. در کتابهای فیزیک، آمپرسنج را با دایره‌ای نشان می‌دهند که در داخل آن A نوشته شده است.

2. Spector
3. Barmby
4. Attitude
5. Cognition
6. Affect
7. Behavior
8. Simon

منظور از نگرش درباب علم می‌تواند احساسات، باورها و ارزشها درباره یک موضوع باشد که می‌تواند فعالیت علمی، علوم مدرسه^۱، اثر علم بر جامعه یا خود دانشمندان را شامل شود (آزبورن و همکاران، ۲۰۰۳). شایان ذکر است که نگرش علمی که هارلن اشاره می‌کند با نگرش علمی آزبورن و همکارانش متفاوت است. از نظر آزبورن و همکاران (۲۰۰۳)، نگرش علمی ترکیبی پیچیده از اشتیاق وافر به دانستن و فهمیدن، رویکرد پرسشگرانه به همه گزاره‌ها، جستجوگری برای داده‌ها و مفهوم آنها، درپی درست‌آزمایی بودن، اهمیت دادن به منطق، در نظر داشتن مقدمات و نتایج و ... است. اینها ویژگیهایی هستند که می‌توان گفت اندیشه علمی را توصیف می‌کنند. تأکید هارلن (۱۹۹۲) بر نگرشها در زمینه علم، آن نگرشهایی هستند که پشتیبان فعالیت علمی هستند، از جمله کنجکاوی، ارزش گذاشتن به شواهد و دلایل، آمادگی برای تغییر ایده‌ها و بازنگری نقادانه.

به طور کلی، نگرش علمی و نگرش درباره علم دو جزء اساسی فرایند آموزش علوم هستند. نکته حائز اهمیت در این میان این است که نگرش درباره علم با نگرش علمی تفاوت دارد. نگرش علمی دربردارنده جهان‌بینی ناشی از علم است که درباره جهان پیرامون و از همه مهم‌تر هستی و کائنات به طور عام برای فرد ایجاد می‌شود و از تفسیر یافته‌های علمی برآمده است. اما نگرش درباره علم به مفهوم دیدگاهی است که درباره خود علم شکل می‌گیرد. اینکه حدود و ثغور علم چیست؟ جایگاه و شأن علم در میان سایر معرفتها چگونه است؟ دامنه کاربرد علم تا کجاست؟ آیا همه پرسشها را با علم می‌توان پاسخ داد؟ موضوع مطالعه علم چیست؟ آیا جهان فراتر از طبیعت است؟ آیا همه کائنات طبیعت است؟ نسبت میان علم و متافیزیک چگونه است؟ معرفت علمی چه جایگاهی دارد؟ آیا علم عینیت مطلق است؟ و بسیاری پرسشهای دیگر. پاسخ این پرسشها هسته اصلی نگرش درباره علم را شکل می‌دهند.

مثلاً، نگرشی که درباره علم در مقطعی از زمان شکل گرفت و نام ساینسیسم (علم‌گرایی و علم‌پرستی) بر آن نهاده شد، نگرشی است که در آن جایگاه و نقشی ممتاز برای علم و شأن آن قائل است. دیدگاهی که بنابه آن علم می‌تواند مرجع نهایی باشد و پاسخ همه پرسشها را بدهد. اما مطالعات حوزه فلسفه علم نشان داد که آن عینیت، وثاقت و قداستی که برای علم در یک دوره قائل بوده‌اند، اساساً نقش بر آب است. فایرabend^۲ به عنوان یک فیلسوف علم، اساساً دغدغه‌اش این بود که چگونه از جامعه در برابر علم باید دفاع کرد (چالمرز^۳، ۱۹۹۹). این علم که در دوره‌ای خاص رهایی‌بخش بوده اینک خود همان جای مقدس کلیسا نشسته است. به‌زعم فایرabend،

1. School science
2. Paul Feyerabend
3. Chalmers

در علم آنچنان که ادعا می‌شود یک روش مشخص و ممتاز وجود ندارد. آموزه‌هایی برآمده از این رویکردهای انتقادی درباره علم، در قالب مؤلفه‌هایی از ماهیت علم (مثلاً نفی وجود یک روش منحصر به فرد برای علم) در استانداردهای آموزش علوم آمده‌اند.

همچنین بسیاری از نگرشها درباره هستی و کائنات و منشأ آنچه در برخی کتابها از جمله کتابهای هاوکینگ آمده‌اند تفسیرهایی است که خود بر برخی آموزه‌های علمی دارد و اساساً بخشی از آنها علمی نیست. مثلاً نظریه M که در حوزه ذرات بنیادی و نظریه ریسمانها مطرح می‌شود جوابهای بسیار زیادی دارد که یکی از این جوابها مربوط به این جهان است (گلشنی، ۱۳۹۸). طرح نظریه چندجهانی برای گریز از خداباوری یک تصمیم علمی نیست بلکه یک انتخاب ناشی از باور به فلسفه‌ای خاص است. این برداشت هاوکینگ که جهان نیازمند خالق نیست، مشخصاً از علم برنمی‌آید. در اینجا بازشناسی علم از شبه علم بسیار حائز اهمیت است؛ از این رو داشتن نگرش صحیح درباره علم از یک طرف و نیز هستی و کائنات از طرف دیگر، از ضروریات داشتن یک شبکه باور چندوجهی، منسجم و قابل اتکا است.

■ به‌کارگیری علم‌شناسی در آموزش علوم: ارائه چارچوب نظری

اینک با توجه به مطالعات علم‌شناسی و استلزومات برنامه آموزش علوم، در پی تدوین یک چارچوب نظری، نکاتی اساسی ارائه می‌شود:

نخست، درباره نسبت میان علم‌شناسی و آموزش علوم، باید توجه داشت که تحقق‌پذیری اهداف آموزش علوم بدون بهره‌گیری از علم‌شناسی ممکن نیست؛ زیرا شناخت علم، مهارت علم‌ورزی (شامل برخی مهارتها از جمله مهارتهای فرایندی و مهارتهای ذهنی) و دانشمندگونه عمل کردن و نیز نگرشهای به دور از کج‌فهمی در باب علم، بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه آموزش علوم است و تحقق‌یافتن آنها از اهداف مهم آموزش علم تلقی می‌شود، به سبب اینکه اگر علوم را مشتمل بر فرمالیسم، مفاهیم، آزمایشگاه و حل مسئله تلقی کنیم در هر یک از این مؤلفه‌ها مهارتهایی نهفته است که اساساً جدایی‌ناپذیر از علم‌اند. مهارتهای آزمایشگاهی بدون مهارتهای فرایندی بی‌معناست و اساساً قابل تفکیک از هم نیستند. مهارت حل مسئله بخشی جدایی‌ناپذیر از آموزش علوم است و درک بهتر مفاهیم علم نیازمند درک تحولات مفهومی و تاریخی آن مفاهیم است که در تاریخ علم می‌تواند تحقق یابد. از همه مهم‌تر مهارت تبیین‌گری، پیش‌بینی، مدل‌سازی و ... همه از اجزای اساسی درک علمی و مهارت علم‌ورزی است که در فلسفه علم به توصیف درآمده‌اند. همچنین شکل‌گیری نگرشهای ناشی از علم درباره جهان و هستی و نیز درباره پرسشهای بنیادین بشر اهمیت بسیار دارد. مبنای این نگرش، دانشی است که درباره علم شکل گرفته است. نگرش درباره علم، نگرش درباره چیستی علم و حدود و ثغور آن است. علم مستعد ایجاد نگرشهایی درباره

هستی، جهان پیرامون و حتی در باب خود علم است که این نگرشها اگرچه ممکن است نشأت گرفته از علم باشند، اما اساساً خود علمی نیستند و بسیاری از آنها تفسیرهای ذهنی، متافیزیکی و به طور کلی فراعلمی‌اند. در فرایند آموزش علوم بسیار حائز اهمیت است که فراگیرندگان در هر سطحی به این نگرش دست یابند که چه چیزی علم، شبه علم، یا غیر علم است. به تعبیر دیگر برای فراگیرنده ضرورت دارد که حدود و ثغور علم را بشناسند و نگرشی صحیح درباره علم برای وی ایجاد شود. از این رو، وظیفه آموزشگر علوم است که هم خود بر علم‌شناسی واقف باشد و هم به پرورش آن در فراگیرندگان بپردازد.

دوم، با توجه به اینکه هدف‌گذاری، بخش اساسی یک برنامه‌درسی است، وزن و جایگاه علم‌شناسی در برنامه آموزش علوم ارتباطی تنگاتنگ با اهداف آموزش علوم دارد که آن هم بسته به نظامهای آموزشی، فلسفه تعلیم و تربیت حاکم و نیز ارزشهای پذیرفته شده می‌تواند متفاوت باشد، اگر هدف آموزش علوم در یک نظام آموزشی، علم برای همه شهروندان باشد. در این راستا داشتن مهارت علم‌ورزی و دیگر مهارت‌های مرتبط با علم، جایگاهی ویژه می‌یابد. به عنوان مثال، داشتن مهارت تبیین علمی، به مفهوم یافتن علت، ریشه یا دلیل یک رخداد، برای همه افراد در هر صنفی حائز اهمیت است که در مفهوم عمومی‌تر «تشخیص» هم نمایان می‌شود. تشخیص به عنوان یک مهارت برای پزشک، تعمیرکار ماشین، مدیر شرکت، کارخانه، مدرسه، سرپرست خانواده و به طور کلی هر شهروند امری ضروری و مهم تلقی می‌شود و جزء جدایی‌ناپذیر کار آنها است. از این رو «علم برای همگان» مستلزم این است که پرورش مهارت علم‌ورزی در برنامه آموزشی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. همچنین در حوزه به‌کارگیری علم و دین در آموزش، در نظامهای آموزشی که دغدغه سازگاری علم و دین را دارند، تعیین حدود و ثغور علم اهمیتی ویژه می‌یابد. اگر بر این باور باشیم که علم همه سؤالات را می‌تواند پاسخ دهد، آنگاه در دام نوعی از رویکرد طبیعت‌گرایانه به هستی یا نوعی پوزیتیویسم مبتنی بر بی‌معناانگاری سؤالات (علی‌الاصول) بی‌پاسخ علم خواهیم افتاد. بنابراین با این تلقی درباره علم، جا باز کردن دین در نظام آموزشی دشوار است. از این رو، توجه به علم و دین در آموزش، مستلزم دیدگاهی درباره علم است که از شناخت علم برمی‌آید. یکی از مؤلفه‌های یاری‌گر در این زمینه که در حوزه ماهیت علم بر آن توافق نسبی وجود دارد این است که «علم پاسخگوی همه سؤالات نیست».

سوم، در حوزه مطالعات علم‌شناختی، به سبب تنوع و تعدد مکاتب علم‌شناسی، اتفاق نظر در حوزه ضرورتی درباره علم وجود ندارد. این در حالی است که اتفاق نظر در حوزه عمل حائز اهمیت است. تاریخ و فلسفه علم عمدتاً در قالب برخی مؤلفه‌ها و آموزه‌ها بر آموزش علوم اثرگذار بوده است و نه در قالب یک مکتب منسجم خاص. آموزه‌هایی که جامعه علمی متشکل از متخصصان آموزش علوم، فلاسفه علم و دیگر متخصصان حوزه ماهیت علم تلاش

می‌کنند فهرستی توافقی از آنها ارائه دهند. به بیان دیگر، این جامعه علمی است که تعیین می‌کند علم چه ویژگی‌ها و مؤلفه‌هایی دارد که البته آن هم ثابت نیست و موضوعی سیال است. فهرستهای متعددی از این مؤلفه‌ها ارائه شده‌اند، که با وجود اشتراکات، تفاوت‌هایی هم دارند. این خود نشانگر عدم توافق بر سر این فهرست‌هاست که میان متخصصان آموزش علوم وجود دارد. تصمیم‌گیری جامعه علمی خود وابسته به پژوهشهای حوزه علم‌شناسی و البته ارزشهای حاکم بر ذهن اعضاست. به عنوان مثال، ویژگی بارز فهرست پیشنهادی لدرمن و همکاران (۲۰۰۲) دسترس‌پذیری آنها برای دانش‌آموزان، توافق مورخان و فیلسوفان بر سر آنها و مفید دانستن آنها برای دانش‌آموزان به منزله شهروندان آینده عنوان شده است.

چهارم، باید در نظر داشت که دانش‌آموز در یک نظام آموزشی، محور اصلی تمام برنامه‌هاست و با محتوای آموزشی، معلم، فضای آموزشی و نظام ارزشیابی به مثابه اجزای یک برنامه‌درسی سروکار دارد. تاریخ و فلسفه علم در کلاس درس می‌تواند، از دو مسیر مهم، یعنی معلم و نیز کتابها و منابع آموزشی (محتوا)، بر دانش‌آموز اثرگذار باشد. گنجاندن علم‌شناسی در تعامل معلم - دانش‌آموز و در منابع درسی و آموزشی می‌تواند به صورت مستقیم/ صریح یا غیرمستقیم/ ضمنی باشد. در این راستا ارزشیابی می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در تحقق به‌کارگیری علم‌شناسی در آموزش علوم ایفا کند، زیرا در عین حال که سنجش و میزان تحقق بخشیدن به اهداف را فراهم می‌کند، انتظارات از فرایند آموزشی و مسیر دستیابی به اهداف را هم در عمل تعیین می‌کند. در ضمن باید توجه داشت که از نظر سطوح یادگیری دستیابی دانش‌آموز به شایستگی و صلاحیت لازم در حوزه آموزش علوم مستلزم دستیابی به هر سه مؤلفه دانش، مهارت و نگرش است که در مقام عمل از همدیگر تفکیک‌ناپذیرند؛ با این وصف، هر یک از این سطوح سه‌گانه در بخشهای گوناگون نظام آموزشی و برنامه‌درسی جایگاه و وزن خاص خود را دارند و بی‌توجهی به این وزن‌دهی می‌تواند منشأ مشکلاتی در حوزه آموزش باشد.

■ بحث و نتیجه‌گیری ■

از حیث نظری ترسیم چارچوبی برای به‌کارگیری تاریخ و فلسفه علم در آموزش علوم، مستلزم تدوین آموزه‌هایی برآمده از علم‌شناسی است که دانش و نگرش درباره علم و نیز مرزبندیهای جهان‌نگری علمی را برای فراگیران شکل می‌دهد و در عین حال می‌تواند اصول راهنمای عمل در فرایند یادگیری علوم باشد. در حوزه مهارتها فراگیر نیاز به تصویری از علم دارد که از آن برای پیشبرد کار خود بهره بگیرد. اثرگذاری این دیدگاههای علم‌شناختی به سبب تنوع و تکرر در دیدگاهها و مکاتب این حوزه، در قالب

۱. از این رو از اصطلاح شایستگی (competency) استفاده می‌شود.

آموزه‌هایی است که انتخاب و پذیرش آنها درباره علم، خود مبتنی بر تصمیم‌گیری جامعه علمی متشکل از متخصصان آموزش علوم، دانشمندان علوم، فیلسوفان و مورخان علم، برنامه‌ریزان و ... است. گزینش و پذیرش این آموزه‌ها نیز وابسته به پژوهشها در حوزه‌های مرتبط است؛ از این رو همواره نیاز به بازبینی دارند. این آموزه‌ها در سه حیطه دانش، مهارت و نگرش می‌توانند نقشی را ایفا کنند که دستیابی به شایستگی آن حوزه را شکل می‌دهند. اگرچه اهدافی که برای آموزش علوم در نظر گرفته می‌شود بر میزان اهتمام به علم‌شناسی و دادن نقش به تاریخ و فلسفه علم در آموزش اثرگذار است، با این وصف هر هدفی که برای آموزش علوم داشته باشیم، چه تربیت دانش‌آموزان برای دانشمندان یا مهندسان شدن و چه علم برای همگان در جهت تربیت شهروندان مطلوب، به نظر می‌رسد در هیچ حالتی نمی‌توان از علم‌شناسی غافل شد، زیرا علم‌شناسی بخش جدایی‌ناپذیر از آموزش علوم استاندارد است و این دو (علم‌شناسی و آموزش علوم) جداسدنی از همدیگر نیستند. از منظر دیگر، در یک برنامه آموزش علوم استاندارد، دانش‌آموز ناگزیر از حل مسئله، درک مفاهیم، انجام دادن آزمایش، توضیح پدیده‌ها، برقراری ارتباط دانش خود با طبیعت و جهان پیرامون و به کار بستن آن است. تلاش در این راستا، به شکل‌گیری تصویری از علم، نگرشی با منشأ علمی درباره جهان و مهارت‌های علمی منجر خواهد شد. به بیان دیگر ناگزیر تصویری از علم (هرچند نامنسجم و غیردقیق) برای دانش‌آموز و یادگیرنده علوم تجربی شکل می‌گیرد، اگرچه در نظام آموزشی به صورت مستقیم وارد نشده باشد. پس بهتر است برای رفع کج‌فهمیها درباره علم، علم‌شناسی هم در برنامه آموزش علوم تجربی (شامل فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و ...) وارد شود. از این رو پیشنهاد می‌شود در عین حال که به صورت ضمنی و غیرمستقیم، به آموزه‌های علم‌شناسی در محتوای آموزشی توجه شود، آشنایی با تاریخ و فلسفه علم، چه به صورت یک کتاب مستقل، یا فصلهایی از کتاب درسی، به زبانی ساده در دروس دبیرستان گنجانده شود. شایان ذکر است که پیش‌نیاز این کار، تدوین و تألیف کتابهایی مناسب در سطح متوسطه، در زمینه علم‌شناسی یا مبتنی بر آن و از همه مهم‌تر آموزش معلمان در زمان دانشجویی (دوره پیش از خدمت) یا در زمان معلمی (به صورت ضمن خدمت) است، زیرا بیم آن می‌رود که در نبود معلمان کارآزموده و آشنا با چیستی علم، آموزش علم‌شناسی، در بهترین حالت در همان سطح دانشی باقی بماند.

- ابراهیمی تیرتاش، فهیمه و شیخ‌رضایی، حسین. (۱۳۹۶). نقد و بررسی مؤلفه‌های ماهیت علم در آموزش علم. *روش‌شناسی علوم/انسانی*، ۲۳(۹۳)، ۱۳۵-۱۶۰.
- دبیرخانه شورای عالی آموزش و پرورش. (۱۳۹۱). *برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران*، مصوبه اسفند ۱۳۹۱. تهران: شورای عالی آموزش و پرورش با همکاری سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
- گلشنی، مهدی. (۱۳۹۸). *خدا باوری و دانشمندان معاصر غربی: چالش‌ها و تبیین‌ها*، چاپ چهارم. تهران: انتشارات کانون اندیشه جوان.
- ملکی، حسن. (۱۳۹۴). *مقدمات برنامه‌ریزی درسی*، چاپ دهم. تهران: انتشارات سمت.
- موسی‌پور، نعمت‌الله. (۱۳۹۵). *مبانی برنامه‌ریزی آموزش متوسطه*، چاپ پنجم. مشهد: به‌نشر (انتشارات آستان قدس رضوی) و انتشارات دانشگاه شهیدباهنر (کرمان).

- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Barmby, P., Kind, P. M., & Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. Flick, & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp.1-14). Springer.
- Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd ed.) Hackett Publishing Company, Inc.
- Duschl, R. A. (2006). Relating history of science to learning and teaching science: Using and Abusing. In L. B. Flick, & N. G., Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 319-330). Springer.
- Flick, & Lederman, N.G. (Eds.). (2006). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Springer.
- Good, R. (2012). Why the study of pseudoscience should be included in nature of science studies?. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 97-106). Springer.
- Harlen, W. (1992). *The teaching of science*. David Fulton Publishers.
- _____. (2000). *Teaching, learning, and assessing science 5-12*. Paul Chapman Publishing Ltd.
- Harlen, W., & Qualter, A. (2004). *The teaching of science in primary schools* (4th ed.). David Fulton Publishers.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.
- Jenkins, E. W. (Ed.). (1997). *Innovations in science and technology education* (Vol.VI). Paris: UNESCO Publishing.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3-26). Springer.
- _____. (2018). New perspectives in history, philosophy and science teaching: An introduction. In M. R. Matthews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: New perspectives* (pp. ix-xxv). Springer.
- McComas, W. F. (2002). A thematic introduction to the nature of science: The rationale and content of a course for science educators. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 211-222). Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2002). 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* (pp. 3-39). Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (2002). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41-52). Kluwer Academic Publishers.
- Miller, J. D. (2004). Public understanding of and attitudes toward scientific research: What we know and what we need to know. *Public Understanding of Science*, 13(3), 273-294.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nola, R., & Irzik, G. (2005). *Philosophy, science, education and culture*. Springer.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Popper, K. R. (1999). *All life is problem solving*. Routledge.
- Sensevy, G., & Tiberghien, A. (2015). Action and science learning. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (Vol. 1 pp. 10-12). Springer.
- Simon, S. (2015). Attitudes to science and to learning science. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 1-6). Springer.
- Spector, B., Strong, P., & La Porta, T. (2002). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 267-276). Kluwer Academic Publishers.