

نقد و بررسی مؤلفه‌های ماهیت علم در آموزش علم

فهیمة ابراهیمی تیرتاش*

حسین شیخ رضایی**

چکیده

سال‌هاست که ماهیت علم به عنوان یکی از اهداف آموزش علم مورد توجه قرار گرفته و درک ماهیت علم به عنوان یکی از اجزای سواد علمی مطرح شده است. در این مقاله که پژوهشی توصیفی-تحلیلی است پس از طرح رویکرد زمینه‌گرا در آموزش علم و انتظاراتی که از یک کلاس روزآمد علوم می‌رود، به چستی ماهیت علم و مؤلفه‌های آن پرداخته می‌شود و سپس دیدگاه استاندارد درباره ماهیت علم که در استانداردهای بین‌المللی آموزش علم مؤلفه‌های آن را شاهد هستیم معرفی شده و نقدهای وارد بر آن، از جمله ارائه تصویری ثابت و غیر پویا از علم مطرح می‌شود. از طرفی دیگر نشان داده می‌شود که این دیدگاه به گونه‌ای با فلسفه علم هنجاری مرتبط است. در ادامه دیدگاه‌های رقیبی چون وجوه علم و شباهت خانوادگی درباره ماهیت علم معرفی و نشان داده می‌شود که رویکرد شباهت خانوادگی افزون بر اینکه مؤلفه‌های دو رویکرد دیگر را شامل می‌شود، جامع‌تر، نظام‌مندتر، متنوع‌تر و در کل از مفهوم سطح بالاتری برخوردار است؛ همچنین این رویکرد سازگار با فلسفه علم توصیفی است. در انتهای مقاله پیشنهادهایی برای ورود ماهیت علم به برنامه ریزی‌های درسی و آموزشی آموزش و پرورش و تربیت معلم کشور ایران ارائه شده است..

واژگان کلیدی: آموزش علم، ماهیت علم، سواد علمی، دیدگاه استاندارد، رویکرد وجوه علم، رویکرد شباهت خانوادگی، رویکرد زمینه‌گرا

* دانشجوی دکتری فلسفه علم، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران؛ رایانامه Ebrahimi_F85@Yahoo.Com
** استادیار مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور (نویسنده مسئول)؛ رایانامه Sheykhrezaee@gmail.Com
تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۱۰

مقدمه

علم یکی از مهم‌ترین دستاوردهای بشری است و در زندگی روزمره ما نفوذ و اهمیت بسیاری دارد؛ با این وجود، عده کمی از افراد جامعه توان فهم مقدماتی سازوکار علم و نحوه شکل‌گیری آن را دارند. امروزه، آموزش علوم، چالش‌ها و کاستی‌های آن از جمله مسائلی هستند که نظام‌های آموزشی همه کشورها با آن مواجه هستند. اهمیت این موضوع تا حدی است که برای رفع نقص سواد علمی و فناورانه پایین شهروندان «انجمن آمریکایی پیشبرد علم»^۱ یا AAAS پروژه ۲۰۶۱^۲ را در دست اجرا دارد که هدف اصلی آن ارتقای سواد علمی جامعه آمریکاست.^۳ همچنین انجمن بین‌المللی ارزشیابی پیشرفت تحصیلی^۴ از سال ۱۹۹۵ تاکنون آزمونی موسوم به تیمز^۵ را در کشورهای مختلف برگزار می‌کند که هدف عمده آن سنجش پیشرفت علوم و ریاضی نظام‌های مختلف آموزشی است.^۶

امروزه انتظار می‌رود دانش‌آموز افزون بر محتوای علم، تصویر جامع‌تری از علم و فعالیت‌های علمی کسب کند و چیزهایی درباره علم نیز بداند. در پیشینه آموزش علم برای بیان این تصویر جامع از علم، اصطلاحی به نام ماهیت علم^۷ معرفی شده است. ماهیت علم منجر به درکی از علم نزد دانش‌آموز می‌شود که افزون بر شناخت او از مفاهیم علمی بر دیدگاه او به عنوان شهروند نیز تأثیرگذار است. «بی شک در پس بسیاری از تصمیمات غیر منطقی و مواضع نابخردانه در خصوص علم و سیاست‌های علمی، بدفهمی‌هایی از وجوه و ماهیت علم وجود دارد» (مک کوماس و همکاران^۸، ۱۹۹۸، ص ۳).

بخش زیادی از برداشت اقشار مختلف جامعه از علم و ماهیت آن در برنامه‌های آموزش رسمی کشور شکل می‌گیرد که توسط برنامه‌ریزان درسی، کتب درسی و معلم

1. The American Association for The Advancement Of Science.

۲. در سال ۱۹۸۵، بنیاد ملی علوم آمریکا اجرای طرحی با عنوان «پروژه ۲۰۶۱» را شروع کرد که هدف اصلی آن توجه به نیازهای زندگی در حال تغییر و ارتقای سطح سواد علمی جامعه آمریکا برای یک دوره ۷۶ ساله، یعنی بازگشت دوباره ستاره دنباله‌دار هالی در سال ۲۰۶۱ بود. برای اطلاعات بیشتر مراجعه شود به: www.Project2061.Org

3. www.Aaas.Org.

4. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (Iea).

5. Trends Internatinal Mathematics and Science Study (Timms).

6. Timssandpirls.Bc.Edu.

7. Nature of Science.

8. Mccomas, & Etc.

به دانش‌آموز منتقل می‌شود. به همین دلیل توجه به ماهیت علم بخشی از دغدغه متولیان آموزش علم شده است. حال این سؤال مطرح می‌شود که چه تصویری از علم و سازوکار آن به دانش‌آموز بدهیم؟ این مقاله که سعی دارد به این سؤال بپردازد، از دو بخش تشکیل شده است. در بخش اول، پس از معرفی رویکرد زمینه‌گرا در آموزش علم و انتظاراتی که از یک کلاس روزآمد علوم می‌رود به چیستی ماهیت علم و دیدگاه‌های مختلف درباره آن پرداخته می‌شود و در بخش دوم انتقادهای وارد بر آنها را که توسط صاحب‌نظران حوزه آموزش علوم مطرح شده بررسی و در پایان دیدگاه نگارنده طرح می‌شود.

پرسش‌های ناظر بر ماهیت علوم انسانی

همواره پرسش‌های بنیادی از چیستی یا ماهیت در حوزه‌های مختلف معارف بشری مطرح بوده است؛ پرسش‌های با اهمیتی که در حوزه‌های مختلفی چون تاریخ، جامعه-شناسی، الهیات، علوم تجربی و حتی ریاضیات مطرح هستند. به عنوان نمونه برخی از این پرسش‌ها که ناظر بر ماهیت تاریخ هستند عبارتند از اینکه حقیقت یا صدق چه جایگاه یا منزلتی در گفتمان‌های تاریخی دارد؟ آیا می‌توان به شناخت حقیقت در گذشته نائل آمد؟ آیا اساساً امکان چنین شناختی وجود دارد؟ آیا تاریخ پیکره‌ای از رویدادهای عینی است یا اینکه صرفاً تفسیر و تأویل و نقد و نظر است؟ آیا چیزی به نام واقعیت تاریخی وجود خارجی دارد؟

اگر علوم انسانی و علوم اجتماعی (از جمله تاریخ) بخواهند در زمره علوم قرار بگیرند، باید از الگوها، روش‌ها و قانون‌های کلی رایج در علوم تجربی پیروی کنند و در این راه نخستین گام عبارت است از جدا ساختن واقعیات از ارزش‌ها و دخالت-ندادن قضاوت‌های هنجاری و ارزشی در جریان مطالعات و پژوهش‌های تاریخی و اجتماعی. آیا چنین کاری امکان‌پذیر است؟ چه تفاوتی بین منابع دست اول و دست دوم (نشانه‌ها) یا به عبارتی میان شواهد و منابع وجود دارد؟ (جنکینز، ۱۳۸۳، ص ۱۲۷-۱۳۱). در حیطه علوم اجتماعی نیز پرسش از چیستی یا ماهیت این رشته در حوزه‌هایی از جمله روش‌شناسی و معرفت‌شناسی مطرح است. آیا می‌توان علوم اجتماعی را علم محسوب کرد؟ آیا علوم اجتماعی مانند علوم تجربی روشمند است؟ آیا در علوم

اجتماعی همانند علوم تجربی قادر به پیش‌بینی هستیم؟ تبیین در علوم اجتماعی یعنی چه؟ چه نسبتی میان هستومندهای اجتماعی و واقعیت وجود دارد؟ (راین، ۱۳۸۲).

بسیاری از این پرسش‌ها که به ماهیت علوم انسانی می‌پردازند، پرسش‌هایی هستند که درباره ماهیت علوم تجربی نیز مطرح هستند. بی‌شک نقد و بررسی این پرسش‌ها در هر یک از حوزه‌ها می‌تواند روشنگر ماهیت سایر حوزه‌ها نیز باشد. همچنین بررسی مؤلفه‌های ماهیت علم و دلالت‌های آن در آموزش علم که موضوع اصلی این مقاله است، می‌تواند رهاوردهای ارزشمندی در آموزش علوم انسانی به همراه داشته باشد.

رویکرد زمینه‌گرا به آموزش علوم

آموزش‌های زمینه‌گرا در دهه‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای در عرصه تعلیم و تربیت پیدا کرده است. منظور از آموزش‌های زمینه‌گرا آموزشی هستند که تم یا زمینه‌ای که در آن آموزش صورت می‌گیرد اهمیت پیدا می‌کند. آموزش، نیازمند بافت و زمینه است تا آنچه مخاطب می‌آموزد، دلیل و جایی در زندگی روزمره وی پیدا کند. «شاید در چند دهه اخیر هیچ‌یک از موضوعات درسی در سطح جهانی به اندازه درس علوم دچار تغییر نشده باشد» (شهرتاش، ۱۳۸۶، ص ۴۰).

به‌طورکلی با همه تغییرات صورت گرفته در آموزش علوم، می‌توان سه سبک مختلف آموزشی را طبقه‌بندی کرد که تا به امروز نیز در جریان است. نخست سبک «نظری» است که بر ساختار مفهومی و محتوای نظری رشته علمی تأکید دارد؛ سبک دوم «کاربردی» است که تأکید آن بر جنبه‌های عملی و کاربردی علوم است. شکست برنامه‌های آموزش علم به روش‌های صرفاً نظری یا کاربردی عامل مهمی برای بازنگری در رویکردهای آموزش علوم بود که منجر به رواج آموزش علم با رویکرد سوم به نام رویکرد زمینه‌گرا^۱ شد (متیوز^۲، ۱۹۹۴، ص ۱۳-۱۶).

به‌طورکلی سنت زمینه‌گرا از این دیدگاه حمایت می‌کند که آموزش علم نباید صرفاً آموزش در علم^۳ باشد؛ بلکه افزون بر این باید درباره علم^۴ نیز باشد. موضع آموزش علم همراه با آموختن «درباره علم» به روشنی توسط ارنست ماخ، جیمز کونانت، نان،

1. Liberal Approach.
2. Matthews.
3. In Science.
4. About Science.

جرالد هولتون، شواب و... مطرح شده است (متیوز، ۲۰۰۰). در این سنت، دانش‌آموزان باید هم موضوع رشته را بفهمند و هم چیزهایی درباره رشته بدانند. از نظر متیوز به عنوان یک پژوهشگر در آموزش علوم، آموزش علوم تجربی نباید به انتقال دانسته‌های علمی فروکاسته شود؛ بلکه باید در راستای پرورش روحیه علمی در فراگیران همچون روحیه دانشمندانی چون ارشمیدس، ارسطو، نیوتن و اینشتین باشد. البته چنین نگرشی بدان معنا نیست که از فراگیران انتظار داشته باشیم دانشمندان، فیلسوفان یا جامعه‌شناسان برجسته تاریخ شوند؛ بلکه انتظار می‌رود به جای فقط انتقال اطلاعات علمی، روحیه علمی در آنها پرورش یابد؛ به گونه‌ای که به درک پیچیده‌تر و کامل‌تر نسبت به علم برسند (همان).

این نگاه که دانش‌آموز باید چیزهایی درباره علم بداند، جایی دیگر خودش را منعکس می‌کند و آن مفهوم و تعریف سواد علمی^۱ است. امروزه موضوع سواد علمی و فناوریانه مورد توجه بسیاری از متخصصان آموزش و پرورش است. آنها معتقدند آموزش علوم روزآمد باید چنان باشد که به سواد علمی منجر شود. سواد علمی که پیشینه کاربرد اصطلاح آن به دهه ۱۹۵۰ برمی‌گردد، تعاریف متعددی دارد. در تعریف اولیه از سواد علمی، می‌توان چنین گفت که افراد برخوردار از سواد علمی، از دانش مقدماتی درباره امور مرتبط با علم و فناوری، به ویژه آنهایی که به طور مستقیم به زندگی‌شان مربوط است، برخوردارند (پایا، ۱۳۸۷، ص ۲۸).

شخص با سواد علمی کسی است که علم، ریاضی و تکنولوژی را فعالیت‌های بشری وابسته به یکدیگر بداند و هم از نقاط قوت و هم محدودیت‌های آن مطلع باشد، مفاهیم و اصول کلیدی علم را بداند، تنوع و اتحاد آنها را بفهمد و از معرفت و روش‌های علمی در اهداف اجتماعی و شخصی خود استفاده کند (AAAS, 1989, P:4) سواد علمی و فناوریانه مجموعه‌ای از دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌ها در زمینه علوم و فناوری است. فرد با سواد علمی توانایی حل مسائل و مشکلاتی که جامعه امروزی بشر با آن مواجه است را دارد (شهرتاش، ۱۳۸۶، ص ۴۰). انجمن بین‌المللی معلمان علوم، فردی را با سواد علمی تلقی می‌کنند که بتواند از مفاهیم علمی، مهارت‌ها و ارزش‌های کسب شده در تصمیمات روزمره خود استفاده کند و از مزایا و محدودیت‌های علم و

1. Scientific Literacy.

تکنولوژی در افزایش رفاه بشر آگاه باشد (متیوز، ۱۹۹۴، ص ۳۲).
 از نظر میلر^۱، فرد با سواد علمی دارای سطحی از فهم نسبت به علم و فناوری است که برای زندگی حداقلی به عنوان شهروند در جامعه مورد نیاز است. به نظر او سواد علمی با سه معیار الف. آشنایی با واژگان پایه‌ای علم؛ ب. فهم فرایند علم و سازوکار درونی آن و ج. فهم نحوه تأثیر علم و فناوری بر جامعه (شیخ رضایی، ۱۳۹۱، ص ۱۲۲) معنا می‌یابد.

مطابق با آنچه گفته شد فرد هم در رویکرد زمینه‌گرا و هم در مفهوم سواد علمی باید چیزهایی درباره علم و ارتباط متقابل آن با جامعه و فرهنگ بداند که برخی از آنها مفهوم فلسفی دارند یا به اصطلاح به ماهیت علم مرتبط هستند. حال ببینیم چه چیزهایی در مقوله ماهیت علم می‌گنجند.

ماهیت علم

صاحب‌نظران حوزه آموزش علم بر سر اینکه به طور طبیعی برای دانش‌آموزان پرسش‌های مفهومی و فلسفی درباره علم مطرح می‌شود، توافق دارند. پرسش‌هایی از این دست که نظریه علمی چیست و تفاوت آن با فرضیه علمی چیست، رابطه بین مشاهده، آزمایش و نظریه چیست، روش علمی چیست، قانون علمی چیست و چگونه ممکن است ما در قانون علمی از چیزی مانند الکترون صحبت کنیم که هرگز آن را ندیده‌ایم، همه و همه سؤالاتی هستند که بارها در کلاس‌های درس از معلمان علوم پرسیده می‌شود و دانش‌آموزان انتظار دارند پاسخ مناسبی برای آن دریافت کنند. چنین پرسش‌هایی در علم، تحت مقوله‌ای به نام ماهیت علم جای می‌گیرند. اسناد اصلاح شده آموزش علم هم بر مؤلفه‌ای به نام ماهیت علم تأکید دارند (AAAS, 1990, p.93). از نظر متیوز، پرسش‌های زیر نیز پرسش‌هایی هستند که به ماهیت علم مرتبط هستند: توصیف علمی چیست؟ آزمایش کنترل شده چیست؟ مدل‌های علمی چه کاربردی در علم دارند؟ یک فرضیه پیش از اثبات به چه میزان تأیید نیاز دارد؟ آیا عقاید مذهبی نیوتن علم او را تحت تأثیر قرار داد؟ (متیوز، ۲۰۰۰).

1. Miller.

به‌رغم اتفاق نظر درباره پرسش‌های مفهومی برخاسته از علم و ضرورت پرداختن به آنها در آموزش علم، بر سر تعریف دقیقی از ماهیت علم اختلاف نظر وجود دارد. شاید تأثیرپذیری علم و فعالیت‌های علمی از حوزه‌های مختلفی چون فلسفه، تاریخ، جامعه‌شناسی و غیره ماهیتی چند وجهی به علم داده و ارائه تعریف واحدی از آن را دشوار کرده است. در ادامه به چند تعریف درباره ماهیت علم پرداخته می‌شود.

لدرمن^۱ ماهیت علم را چنین تعریف می‌کند: ماهیت علم به مبانی و بنیان‌های مفهومی و فلسفی علم می‌پردازد. ماهیت علم بیانگر این است که علم چگونه عمل می‌کند و متضمن چه فرض‌ها و ارزش‌هایی است که در رشد و کاربرد معرفت علمی مؤثرند. ماهیت علم به معرفت‌شناسی علم، علم به عنوان راهی برای دانستن یا پیشرفت معرفت علمی اشاره دارد (لدرمن و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۴۹۸). از دید مک‌کوماس و همکاران ماهیت علم عرصه پیوندی است که جنبه‌های مطالعات اجتماعی مختلف علم، شامل تاریخ، جامعه‌شناسی، فلسفه و روانشناسی علم را ترکیب می‌کند و در هم می‌آمیزد. به عبارتی فصل مشترک حوزه‌های روانشناسی علم، جامعه‌شناسی علم، فلسفه و تاریخ علم است (مک‌کوماس و همکاران، ۱۹۹۸، ص ۴).

تعاریف بالا از ماهیت علم سرانجام باید به شکل مؤلفه‌هایی درآیند تا معلم بتواند از آن در آموزش علم استفاده کند. در کتاب درسی تربیت معلم کشور ایران پیشنهاد شده است که معلمان علوم، ماهیت علم را طبق ویژگی‌های زیر به دانش‌آموزان معرفی کنند: «ماهیت عمومی و فردی علوم (اساس علم تجربی بر شواهد علمی یا مشاهدات است که به طور خصوصی توسط افراد یا گروه‌ها جمع‌آوری می‌شود و سپس به طور عام در اختیار دیگران قرار می‌گیرد)، ماهیت تاریخی علوم (دانش علمی گذشته را باید در متن تاریخی همان دوره مورد بررسی قرار داد و نباید آن را با دانش امروزی مقایسه کرد)، ارتباط کلی شاخه‌های علوم، تکرارپذیری علوم (اساس علوم بر مشاهداتی مبتنی است که افراد گوناگون در مکان‌ها و زمان‌های مختلف ولی در شرایط آزمایشی یکسان انجام می‌دهند و به نتایج مشابه می‌رسند)، ماهیت تجربی علوم (دانش علمی بر پایه مشاهده یا آزمایش بنا شده است)، ماهیت احتمالی علوم (علوم به دنبال پیش‌بینی یا توضیح مطلق پدیده‌ها نیست)، ماهیت منحصر به فرد علوم (روش تولید علم منحصر به فرد

1. Lederman.

است و قابل تعمیم به سایر حوزه‌ها از جمله فلسفه نیست)، ماهیت تغییر پذیری علوم (دانش علمی در معرض تغییر است و ادعای ارائه حقیقت مطلق و نهایی را ندارد)، ارتباط انسانی / فرهنگی (دانش علمی محصول نوع بشر و دربردارنده تخیل خلاق است. این دانش به وسیله مفاهیمی که حاصل فرهنگ‌اند شکل می‌گیرد) (شهرتاش، ۱۳۸۶، ص ۴۳-۴۴). در ادامه به معرفی دیدگاه غالب در مورد ماهیت علم که جایگاه ویژه‌ای در تعیین مؤلفه‌های ماهیت علم در استانداردهای بین‌المللی آموزش علوم داشته پرداخته می‌شود.

دیدگاه استاندارد درباره مؤلفه‌های ماهیت علم

لدرمن و عبدالخالق^۱ پژوهشگرانی در حوزه آموزش علوم هستند که سال‌ها در مورد ماهیت علم تحقیق کرده‌اند. از نظر آنها هر چند توافقی میان فلاسفه علم، مورخان علم و مدرسان علم بر سر تعریف خاصی از ماهیت علم که به اختصار آن را NOS^۲ می‌نامیم وجود ندارد؛ اما توافق کافی حول دستورالعملی برای کلاس‌های درس آموزش عمومی (پیش‌دبستانی تا سال دوازدهم) وجود دارد (لدرمن، ۲۰۰۷، ص ۸۳۱-۸۳۲).

آنها با بررسی پیشینه مربوط به ماهیت علم و مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده آن، هفت مؤلفه زیر را به عنوان جنبه‌ها یا مؤلفه‌های اساسی ماهیت علم که تقریباً همه بر سر آن توافق دارند، شناسایی کردند؛ بنابراین فهرست زیر دیدگاه توافقی^۳ یا استاندارد است که به اختصار NOS نامیده می‌شود. از نظر لدرمن این مؤلفه‌ها سه ویژگی دارند: برای دانش‌آموزان دسترس‌پذیرند؛ مورخان و فیلسوفان بر سر آنها توافق خوبی دارند و دانستن آنها برای دانش‌آموز به عنوان یک شهروند مفید است. در ادامه این هفت مؤلفه توضیح داده می‌شوند:

مبنای تجربی: معرفت علمی مبتنی بر یا برخاسته از مشاهده‌های جهان طبیعی است؛
موقتی بودن: معرفت علمی به وسیله مشاهده‌ها و باز تفسیر مشاهده‌های موجود تغییر می‌کند؛
خلاقیت: علم، محصول تصور و خلاقیت بشری است؛
افسانه بودن روش علمی: هیچ روش علمی واحدی وجود ندارد؛
نظریه بار بودن معرفت علمی: آنچه

1. Abd-El-Khalic K.
 2. Nature of Science.
 3. Consensus View.

مردم جستجو یا توجه می‌کنند، متأثر از این است که آنها چه می‌خواهند ببینند یا چه چیزهایی را مرتبط با پژوهش خود می‌بینند؛ تأثیرات اجتماعی - فرهنگی: علم فعالیتی انسانی است و به همین نسبت از جامعه و فرهنگی که در آن قرار دارد، متأثر است. برخی از عوامل تأثیرگذار عبارتند از: بافت اجتماعی، ساختارهای قدرت، امور سیاسی، عوامل اجتماعی - اقتصادی، فلسفه، دین و غیره؛ مشاهدات و استنباط: علم هم بر مشاهده و هم بر استنباط مبتنی است. مشاهده‌ها از طریق حواس بشر یا گسترش این حواس به دست می‌آیند. استنباط تفسیر مشاهده‌هاست؛ نظریه‌ها و قوانین: نظریه‌ها و قوانین انواع متفاوتی از معرفت علمی هستند. قوانین، روابط مشاهده‌شده و ادراک‌شده پدیده‌ها در طبیعت را شرح می‌دهند. نظریه‌ها به عنوان توصیف‌هایی برای پدیده‌های طبیعی و ارائه سازوکارها و روابط میان این پدیده‌ها هستند. نظریه‌ها و قوانین در اثر پیشرفت و به طور سلسله مراتبی به دیگری تبدیل نمی‌شوند؛ زیرا در عمل انواع متفاوتی از معرفت هستند (لدرمن، ۲۰۰۲، ص ۵۰۱-۵۰۲).

مک کوماس و همکاران نیز با بررسی هشت سند مربوط به استانداردهای بین‌المللی علوم، برخی از رایج‌ترین جنبه‌های ماهیت علم را که در بسیاری از پژوهش‌های مربوط به این حوزه مورد استناد بودند، استخراج کردند. موقتی بودن علم، نقش متفاوت نظریه و قانون، نقش خلاقیت در علم، مبتنی بر تجربه و مشاهده، متأثر بودن از عوامل فرهنگی و اجتماعی، مؤلفه‌هایی هستند که با فهرست لدرمن مشترک هستند و مؤلفه‌های دیگر عبارتند از:

علم تلاشی برای توضیح پدیده‌های طبیعی است؛ مردم از همه فرهنگ‌ها در علم مشارکت می‌کنند؛ علم و تکنولوژی روی هم اثر می‌گذارند؛ علم بخشی از سنت فرهنگی و اجتماعی است؛ تاریخ علم هم ویژگی تکاملی و هم ویژگی انقلابی علم را نشان می‌دهد؛ دانش جدید باید به طور واضح گزارش شود (مک‌کوماس و همکاران، ۱۹۹۸، ص ۶-۷).

نقد دیدگاه استاندارد درباره ماهیت علم

آنچه تاکنون گفته شد، تلقی سنتی از ماهیت علم بود که البته نقدهایی بر آن وارد شده و زمینه را برای بازنگری و اصلاح این دیدگاه فراهم ساخته است. در ادامه برخی از آنها

طرح و بررسی می‌شود:

متیوز در مقاله‌ای با عنوان «تمرکز بر وجوه علم به جای ماهیت علم»^۱ که به طور عمده نقدهای وارد بر دیدگاه NOS است، ادعا می‌کند به جای ارائه فهرستی به عنوان مؤلفه‌های ماهیت علم، وجوه علم^۲ معرفی شود. منظور از وجوه علم که به اختصار FOS نامیده می‌شود، خصلت‌هایی هستند که در علم دیده می‌شوند؛ ولی این‌طور نیست که همه علوم آن را داشته باشند و برعکس هر چیزی که آنها را داشته باشد، علم باشد. مؤلفه‌های NOS وجوه شاخص علم هستند که در علوم مختلف کم‌رنگ و پررنگ می‌شوند؛ مانند آزمایش کردن، ایده‌آلسازی و مدل‌سازی در علم (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۱۸).

از نظر متیوز به نظر می‌رسد در دیدگاه NOS مسئله تمییز علم از شبه علم یا غیر علم خیلی مهم است. این مسئله که در فلسفه علم مسئله تحدید^۳ نامیده می‌شود در اوایل قرن بیستم توسط پوزیتیویست‌های منطقی و سپس پوپر پیگیری شد. پوزیتیویست‌ها تصور می‌کردند با روش علمی قادرند علم را از غیر علم متمایز کنند. پیشنهاد آنها برای ملاک تمییز این بود که نظریه‌های علمی مبتنی بر شواهد تجربی بوده و توسط آنها قابل اثبات یا تایید هستند. ملاک بدیل دیگری که توسط پوپر مطرح شد، ابطال‌پذیری بود که بر اساس آن نظریه‌های علمی، آنهایی هستند که ابطال‌پذیرند (گیلیس، ۱۳۸۱، ص ۴۵-۵۴).

کسانی پس از پوپر هم به این مسئله پرداختند؛ ولی به مرور زمان ملاک‌های ارائه شده برای مسئله تحدید، تاب نقد را نیاورد و این مسئله جایگاه خود را از دست داد؛ به طوری که برخی از فلاسفه علم نظیر لائودن را بر آن داشت تا از زوال مسئله تحدید سخن گویند. «به نظر می‌رسد فلاسفه از افلاطون تا پوپر، ویژگی‌های معرفت‌شناختی که علم را از سایر باورها و فعالیت‌های دیگر متمایز می‌کند، مشخص کردند. واضح به نظر می‌رسد که آنها در این راه تا حدود زیادی شکست خوردند.

به‌رغم تلاش‌های بسیاری که در مورد مسئله تحدید صورت گرفته منصفانه است گفته شود هیچ مرز قطعی بین علم و غیر علم وجود ندارد» (لائودن، ۱۹۹۶، ص ۲۱۰). از نظر متیوز در دیدگاه NOS به‌طور تلویحی این پیش‌فرض وجود دارد که هر فعالیت

1. Changing The Focus: Nature of Science (Nos) to Features of Science(Fos).

2. Features of Science.

3. Demarcation.

انسانی که این هفت مؤلفه را داشته باشد، علم محسوب می‌شود و هر چه علم است، این هفت مؤلفه را دارد. چنین تعریفی که بیانگر شرط لازم و کافی می‌باشد، تعریف ذاتی است و ارائه فهرستی که در آن شروط لازم و کافی فعالیت‌های علمی ذکر شده باشد، ممکن نیست (متیوز، ۲۰۱۲)؛ بنابراین یکی از نقدهای جدی متیوز بر NOS مسئله تحدید است که امروزه تنها به عنوان یک مسئله در کنار سایر مسائل مطرح در فلسفه علم، می‌تواند موضوع پژوهش قرار گیرد. به نظر متیوز باید به جای ماهیت علم، وجوه علم مد نظر قرار گیرد؛ چون تمرکز بر وجوه علم راه را برای تحدید باز می‌گذارد؛ در صورتی که NOS پاسخ و راه‌حل خاصی را برای آن پیش‌فرض می‌گیرد (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۳-۲۶).

انتقاد دیگر متیوز این است که هر چند موضوعات فهرست NOS سال‌هاست مورد موشکافی فلاسفه قرار گرفته اما همچنان نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر و بیشتری است. به نظر می‌رسد فهرست لدرمن نسبت به مواضع مختلف مطرح درباره این مؤلفه‌ها بی‌طرف نیست و برخی از مواضع را نسبت به برخی دیگر ترجیح داده طوری که فقط آنها را وارد فهرست کرده است؛ بنابراین استفاده از این فهرست در آموزش علم، منجر به درک درستی از ماهیت علم توسط دانش‌آموز نمی‌شود. به عنوان مثال اگر مؤلفه اول این فهرست که مبنای تجربی علم است در نظر گرفته شود، دو مسئله مهم درباره آن در نظر گرفته نشده است (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۱۲-۱۵). جایگاه هستی‌شناسانه هویت نظری و نقش انتزاع و ایده‌آلسازی در علم که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

دیدگاه‌های مختلف نسبت به جایگاه و دامنه معرفت علمی را می‌توان به طیفی تشبیه کرد که در یک سر آن واقع‌گرایی و در سر دیگر آن ابزارگرایی قرار دارد. واقع‌گرایان هم برای هویت مشاهده‌پذیر (مانند آهن‌ریا) و هم برای هویت مشاهده‌ناپذیر (مانند الکترون) شأن معرفت‌بخشی قائل هستند. هدف علم از نظر آنها این است که به کمک هویت مشاهده‌پذیر و مشاهده‌ناپذیر، توصیف درستی از سازوکارهای علی جهان ارائه دهد (لنگ^۱، ۲۰۰۷، ص ۲۰۳-۲۰۴).

ابزارگرایان با این دعوی مخالفند و دامنه معرفت‌بخشی علوم تجربی را به حوزه امور مشاهده‌پذیر منحصر و محدود می‌دانند. «ابزارانگاری دیدگاهی است که معتقد

1. Lange.

است بخش نظری علم واقعیت را وصف نمی‌کند. نظریه‌ها به منزله ابزاری شناخته می‌شوند که برای ربط دادن یک مجموعه از وضعیت‌های مشاهده‌پذیر به مجموعه دیگر طراحی شده‌اند» (چالمرز، ۱۳۷۹، ص ۱۷۲-۱۷۳).

در بحث ماهیت تجربی علم، مناقشه اصلی فلاسفه علم بر سر واقعی بودن جهان نیست؛ چون در آن شکی ندارند؛ بلکه محل مناقشه، واقعی بودن هویت نظری و سازوکارهای غیر قابل مشاهده‌ای است که علم هر دوره به منظور توضیح رفتارهای قابل مشاهده اشیا فرض کرده است؛ در حالی که لدرمن به سادگی می‌گوید علم مبنای تجربی دارد. هر چند مبنای تجربی علم درست است؛ ولی مسئله پیچیدگی‌های خاص خود را دارد. به نظر می‌رسد لدرمن با این مؤلفه، کل تاریخ علم و مناقشه‌های مربوط به هویت نظری را نادیده گرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت تاریخ علم در آموزش علم، نسبت به ورود تاریخ علم در این فهرست غفلت شده است (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۱۴).

مسئله دوم مبنای تجربی دیدگاه NOS، ایده‌آل‌سازی در علم است؛ هر چند ایده‌آل‌سازی، مؤلفه تجربی علم را به طور کامل به چالش نمی‌کشد. گالیله بر اهمیت انتزاع و ایده‌آل‌سازی در فیزیک تأکید ورزید و بدینوسیله دامنه روش‌های استقرایی را بسط داد. او روش ایده‌آل‌سازی را در مفاهیمی نظیر «سقوط آزاد در خلأ» و «آونگ ایده‌آل» به کار برد. این نوع مفاهیم ایده‌آل به طور مستقیم در خود طبیعت مصداق ندارند. انتزاع و ایده‌آل‌سازی سرآغاز علم مدرن است. گالیله در بحث آونگ‌ها می‌پرسد اگر مقاومتی در برابر حرکت آونگ وجود نداشته باشد چه اتفاقی می‌افتد؟ روشن است که گالیله چنین اتفاقی را نمی‌بیند؛ همان‌طور که نیوتن هم ندید که اجسام در حال حرکت به حرکت خود تا ابد ادامه می‌دهند. نیوتن قوانین جا افتاده‌ای را که سالیان سال معتبر بود، زیر سؤال برد و از تجربه فراتر رفت؛ زیرا اصطکاک عنصر ضروری همه تجربه‌های انسانی است.

به نظر می‌رسد منظور متیوز این است که ادعای مبنای تجربی علم، نیازمند بحث‌های موشکافانه‌ای است تا هم ماهیت علم در سطح بالاتری درک شود و هم منجر به بدفهمی درباره فعالیت‌های علمی نشود. اینکه علم مبنای تجربی دارد، می‌تواند به یک پرسش چالش برانگیز در کلاس درس تبدیل شود که دانش‌آموزان را با استدلال‌های

فلسفی مهمی در تاریخ فلسفه نظریه‌های علمی (تفاسیر ابزارگرایانه یا واقع‌گرایانه) آشنا کند (همان، ص ۱۵).

نقد دیگر متیوز بر ادعای چهارم NOS است؛ اینکه معرفت علمی نظریه بار یا سابجکتیو است. استفاده از «یا» در عبارت قبل به این معناست که لدرمن آنها را معادل هم نمی‌داند. از نظر متیوز، نظریه بار بودن معادل با سابجکتیو بودن فلسفی است و نه سابجکتیو بودن روانشناسی. معنایی که گروه لدرمن از نظریه بار بودن و سابجکتیو بودن در نظر دارد مبهم است. لدرمن در جایی می‌گوید: من طرفدار اینکه دانشمندان سابجکتیو باشند، نیستم (لدرمن، ۲۰۰۴، ص ۳۰۶) و در همان‌جا می‌گوید سابجکتیو بودن اجتناب‌ناپذیر است. اگر مراد از واژه سابجکتیو، سابجکتیو روان‌شناسی باشد که اجتناب‌ناپذیر است و طرح آن بی‌معناست؛ اما اگر مراد، سابجکتیو فلسفی است، آیا اجتناب‌ناپذیر است؟ مسلماً همه علم نظریه بار است؛ آن‌گونه که لدرمن می‌گوید و اگر چنین باشد، پس دانشمندان مجبورند سابجکتیو باشند. همه تاریخ علم مدرن تلاش در جهت تقلیل سابجکتیویته فلسفی است. ابزارهای اندازه‌گیری طول، وزن، زمان و... برای رفع مسئله سابجکتیویته و دستیابی به یک توافق بین‌الذهانی اختراع شده‌اند (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۱۶).

نقد دیگر این است که دیدگاه NOS، به اندازه کافی وحدت سیستماتیک ندارد. یکی از مؤلفه‌های فهرست NOS، نظریه بار یا سابجکتیو بودن دانش علمی است. آنچه یک مشاهده‌گر می‌بیند تا حدی به تجارب گذشته، معرفت و انتظارات وی بستگی دارد. مشاهده‌گرانی را در نظر بگیرید که از یک مکان به یک منظره نگاه می‌کنند. آنها یک چیز را می‌بینند؛ زیرا تصاویر منقوش بر شبکیه چشمشان یکسان است؛ اما این تنها بخشی از علت آنچه می‌بینند را تشکیل می‌دهد.

بخش بسیار مهم دیگر از علت، توسط وضعیت درونی ذهن یا مغزشان ایجاد می‌شود که به وضوح به تربیت، فرهنگ، دانش و انتظارات آنها بستگی دارد و صرفاً توسط خواص فیزیکی چشم و شیء مورد مشاهده تعیین نخواهد یافت؛ بنابراین نمی‌توان گفت آنان تجربه ادراکی همانندی دارند (چالمرز، ۱۳۷۹، ص ۳۷-۴۰). آیا این نگرش، عینیت علمی را غیر ممکن می‌کند؟ اگر علم متأثر از فرهنگ و جامعه است، چگونه دانش علمی در فرهنگ‌ها و جوامع مختلف معتبر است. علم صورت خاصی از پژوهش

انتقادی است. نظریه‌ها و فرضیه‌ها با استفاده از قواعد روش‌شناسی مورد بررسی یا پژوهش تجربی قرار می‌گیرند. حاصل این پژوهش و بررسی، نظریه‌های خاصی است که ممکن است تجدید نظر شده یا به طور کامل رها شوند.

آنچه بیان شد به این معنا نیست که دانشمندان هرگز سوگیری ندارند یا تحت تأثیر عوامل مختلفی چون علائق اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و اجتماعی قرار نمی‌گیرند؛ هر چند ممکن است تا حدودی چنین سوگیری‌ها و تأثراتی توسط بحث‌های آزاد و باز اعضای جامعه علمی حذف شوند. دانش علمی با وجود نظریه بار بودن، معتبر است؛ زیرا نظریات به دست آمده مورد بررسی انتقادی قرار می‌گیرند. از دیدگاه متیوز، این وجه مهمی از ماهیت علم است که در دیدگاه NOS فراموش شده است. همچنین مشخص نیست دیدگاه NOS بدون چنین ملاحظاتی چگونه اعتبار و عینیت علم را به-رغم نظریه بار بودن معرفت علمی توضیح می‌دهد (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۱۳-۱۵).

انتقاد دیگر وارد بر NOS به مسائل آموزشی مرتبط است. از دیدگاه متیوز جنبه مثبت این فهرست که می‌توان آن را نتیجه تحقیقات دو دهه لدرمن و تیم او دانست، ورود مباحث مربوط به ماهیت علم در کلاس‌های درس است؛ اما بهتر است وجوه علم در کلاس درس تدریس شود؛ زیرا فرصتی را به منظور بحث کردن، بسط و گسترش دیدگاه دانش‌آموز درباره علم و پژوهش علمی فراهم می‌آورد. از نظر متیوز، معلمان باید در آموزش وجوه علم، اهداف متعادل‌تری را اتخاذ کنند و در طرح دیدگاه‌های رقیب در تاریخ علم، فلسفه علم یا روش‌شناسی علم راه میانه‌ای را در پیش بگیرند و تنها یکی از آنها را طرح نکنند.

نقد دیگر متیوز این است که اگر فهرست توافقی به عنوان یک چک لیست برای ارزیابی فهم دانش‌آموز از ماهیت علم استفاده شود، این خطر وجود دارد که معلمان به جای اینکه فرصتی فراهم آورند تا دانش‌آموزان به موضوعاتی درباره علم فکر کنند و خود به دیدگاهی درباره ماهیت علم برسند، از مؤلفه‌های فهرست به عنوان تنها چیزی برای آموختن و سپس ارزیابی دانش‌آموز استفاده کنند، این در حالی است که دستیابی به تفکر انتقادی در برنامه‌های آموزش علم توأم با ماهیت علم مد نظر است. پژوهش NOS متمرکز بر ماهیت معرفت علمی است؛ در حالی که FOS افزون بر اینکه شامل

این موارد می‌شود به فرآیندها، نهادها و زمینه‌های اجتماعی و فرهنگی که معرفت در آن تولید می‌شود نیز می‌پردازد (متیوز، ۲۰۱۲، ص ۲۰-۲۲).

رویکرد شباهت خانوادگی به علم

رویکرد شباهت خانوادگی^۱ به ماهیت علم، توسط ایرزیک و نولا^۲ در مقاله‌ای با همین عنوان مطرح شد. آنها در ابتدا بر فهرست لدرمن انتقادهایی کردند و سپس به توضیح رویکرد خود و مزایای آن بر NOS پرداختند. انتقاد اصلی آنها این است که NOS تصویر یکپارچه‌ای از علم ارائه می‌دهد و نسبت به تفاوت میان رشته‌های مختلف علمی بی‌توجه است. از نظر آنها این فهرست به درستی و منصفانه نمی‌تواند ویژگی پویایی و گوناگونی رشته‌های مختلف علمی را نشان دهد. آنچه دانشمندان انجام می‌دهند (آزمایش، ساخت مدل، آزمون فرضیه و...) در رشته‌های مختلف علمی (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی و...) چنان تنوعی دارد که به سختی بتوان توصیفی از علم ارائه داد که دربردارنده همه آنها باشد (ایرزیک و نولا، ۲۰۱۱، ص ۱۹).

به علاوه طبق دیدگاه توافقی، ماهیت علم ثابت و بدون زمان تلقی می‌شود و به دانش‌آموزان این فکر منتقل می‌شود که علم تاریخ و جایی برای تغییر در ماهیت خود ندارد. از نظر نولا، رویکرد شباهت خانوادگی درباره ماهیت علم که به اختصار با FRA نشان داده می‌شود، محدودیت‌ها و ضعف‌های دیدگاه توافقی را ندارد و قادر است بر مسئله دشوار و بزرگ تعریف علم و تمایز علم از غیر علم فائق آید که در ادامه توضیح داده می‌شود.

ایده شباهت خانوادگی توسط ویتگنشتاین در کتاب پژوهش‌های فلسفی در سال ۱۹۵۸ مطرح شد تا نشان دهد نمی‌توان همواره برای معرفی مفاهیم از تعاریف تحلیلی که شرایط لازم و کافی را برای معرفت ارائه می‌دهد، استفاده کرد. وحدت میان برخی چیزها که تحت مقوله واحدی جای داده شده‌اند، ممکن است به برخی شباهت‌ها در میان برخی اعضا متکی باشد؛ مانند شباهتی که میان اجزای صورت اعضای یک خانواده به چشم می‌خورد. افراد یک خانواده وجه مشترک معین، مشخص و ثابتی با هم ندارند. آنچه آنها را به یک خانواده تبدیل کرده یک نوع اشتراک ذاتی نیست؛ بلکه شباهت‌هایی

1. A Family Resemblance Approach.

2. Irzik, Nola.

است که دو به دو با هم دارند؛ ولی این شباهت‌ها وجه مشترک تمام افراد یک خانواده نیستند. یک مثال مناسب در این زمینه، مفهوم بازی است که مصادیق آن که یک طیف گسترده را به وجود می‌آورند با ویژگی‌های متفاوت بیان می‌شوند؛ به طوری که هر چند میان دو عنصر مجاور، برخی ویژگی‌های مشابه یافت می‌شوند، اما ممکن است میان دو عضوی که در انتهای دو طیف واقع شده‌اند، هیچ ویژگی مشترکی موجود نباشد (ویتگنشتاین، ۱۳۸۹، ص ۷۵-۹۳). در ادامه نشان داده می‌شود که چگونه نولا از این ایده برای توضیح وحدت علم، به‌رغم گوناگونی آنها استفاده کرد.

نولا در یک تقسیم‌بندی، بخشی از علم را به عنوان یک سیستم شناختی-معرفتی^۱ در نظر می‌گیرد که شامل فعالیت‌های پژوهشی^۲، اهداف و ارزش‌ها، روش‌ها و قواعد روش‌شناختی و سرانجام معرفت علمی^۳ است.^۴ در این سیستم برخی از فعالیت‌هایی که در پژوهش علمی به کار گرفته می‌شوند عبارتند از طرح مسئله، مشاهده، جمع‌آوری و طبقه‌بندی اطلاعات و طراحی آزمایش. اهداف و ارزش‌ها آن چیزهایی هستند که فعالیت‌های علمی به منظور دستیابی به آنها انجام می‌شود که برخی از اهداف آشکار عبارتند از: پیش‌بینی، تبیین، سازگاری، سادگی و مفید بودن.^۵

اهداف دیگر شامل قابل تداوم بودن، آزمون‌پذیر بودن و کفایت تجربی است. روش‌ها و قواعد روش‌شناختی، ارجاع به رویکردهای سیستماتیک مختلفی چون استقرا، قیاس و استنباط بهترین تبیین را دارند که دانشمندان از آنها استفاده می‌کنند تا اطمینان داشته باشند دانش معتبری تولید می‌کنند. دانش علمی نیز اشاره به محصول نهایی فعالیت علمی دارد که در قالب قوانین، نظریه‌ها و مدل‌ها ارائه می‌شود (اردوران و داغر^۶، ۲۰۱۴، ص ۲۰-۲۱).

هدف نولا از تقسیم‌بندی بالا این است که نشان دهد هیچ‌یک از موارد ذکر شده بالا، مستقل از اینکه تحت چه مقوله‌ای قرار گرفته‌اند، نه ویژگی منحصر به فرد علم هستند

1. Cognitive-Epistemic System.
2. Processes of Inquiry.
3. Scientific Knowledge.

۴. در رویکرد شباهت خانوادگی به منظور دستیابی به وضوح مفهومی، علم را به دو سیستم شناختی-معرفتی و نهادی-اجتماعی تقسیم می‌کنند و در سیستم نهادی-اجتماعی به جنبه‌های اجتماعی علم از جمله هنجارهای مرتونی می‌پردازند (ایرلیک و نولا، ۲۰۱۴، ص ۱۰۰۳) که در این مقاله توضیح داده نمی‌شوند.

5. Fruitfulness.
6. Erduran, & Dagher.

و نه بین همه رشته‌های علمی مشترک هستند؛ بنابراین نمی‌توانند برای تعیین حدود و ثغور علم از سایر فعالیت‌های بشری به کار روند. به عنوان مثال اگر مشاهده به عنوان فعالیت رایجی که در علم استفاده می‌شود در نظر گرفته شود، نمی‌توان رشته علمی را تصور کرد که مبتنی بر مشاهده نباشد؛ اما هر چیزی که با مشاهده همراه باشد علم محسوب نمی‌شود (مثل تعداد ماشین‌های متوقف در ترافیک سنگین یا هدایت کردن یک ارکستر).

فعالیت رایج دیگر در علم، استنباط کردن است؛ زیرا صرف جمع‌آوری اطلاعات یا حقایق خام، بدون استنباط از آنها منجر به تولید علم نمی‌شود؛ اما این ویژگی نیز، متمایزکننده علم محسوب نمی‌شود؛ زیرا قضاوت در یک دادگاه ممکن است از داده‌های یک پرونده استنباطی کنند بدون آنکه به کار علم مشغول باشند. انواع استنباط‌هایی که در علم صورت می‌گیرد، از جمله استقراء، قیاس و استنباط بهترین تبیین می‌تواند در حوزه‌های غیر علم نیز صورت گیرد؛ بنابراین جمع‌آوری اطلاعات و استنباط هر چند جزء ویژگی‌های مشترک شاخه‌های مختلف علوم است، اما نمی‌تواند برای تعریف علم یا برای تعیین حدود آن با سایر فعالیت‌های بشری کافی باشد.

اگر ویژگی پیش‌بینی به‌ویژه پیش‌بینی‌های بدیع را در نظر بگیرید، خواهید دید همه علوم قادر به پیش‌بینی نیستند؛ مثلاً مکانیک سماوی^۱ در پیش‌بینی موقعیت سیارات بسیار موفق بوده است؛ اما برعکس، زیست‌شناسی تکاملی (فرگشتی)، قدرت خارق‌العاده‌ای در توضیح تکامل گونه‌ها دارد؛ ولی هیچ پیش‌بینی بدیع و دقیقی ارائه نمی‌دهد (ایرزیک و نولا، ۲۰۱۵، ص ۵۹۷).

اگر بخواهیم شباهت‌ها و تفاوت‌های میان رشته‌های مختلف علمی را بر حسب روش‌ها و قواعد روش‌شناختی که از آنها استفاده می‌کنند، بررسی کنیم در می‌یابیم در همه علوم از روش واحدی استفاده نمی‌شود. هر چند روش فرضیه‌ای قیاسی، رایج‌تر است؛ اما در علوم پزشکی آزمایشگاهی مبتنی بر مشاهده، روش فرضیه‌ای قیاسی رایج نیست و روش‌های آزمایشی تصادفی یا آزمایش دو سو کور^۲ و حتی آزمایش سه سو

1. Celestial.

2. Blind Experiment.

کور^۱ در همه آزمایش‌های استاندارد آن حضور دارند (همان، ص ۵۹۹-۶۰۰). بنابراین از نظر رویکرد شباهت خانوادگی پرسش از اینکه چه چیز مشترکی بین رشته‌های مختلفی که علم نامیده می‌شوند، وجود دارد اشتباه است و به جای آن باید پرسید که علم به چه شبیه است و به چه شبیه نیست. همان‌طور که ملاحظه شد هر جفت از علومی که در بالا ذکر شد از برخی جهات با یکدیگر مشابه و از برخی جهات دیگر متفاوت هستند. نمی‌توان از این ویژگی‌ها برای تعریف علم استفاده کرد، پس ارائه هیچ تعریف لازم و کافی مقدور نخواهد بود.

رویکرد شباهت خانوادگی قادر است با در نظر گرفتن تعدادی از شباهت‌ها و همپوشانی‌ها میان رشته‌های مختلف، آنها را در زیر چتری به نام علم گرد هم آورد. این رویکرد می‌تواند هم تفاوت میان رشته‌های مختلف علمی، تنوعی که دیدگاه توافقی چشم به روی آن بسته است و هم اتحاد آنها را توضیح دهد. این اشتراکات برچسب زدن علم را به همه علوم از باستان‌شناسی گرفته تا جانورشناسی، به‌رغم اینکه مجموعه مشترکی از ویژگی‌ها بین آنها وجود ندارد، توجیه می‌کند؛ لذا رویکرد شباهت خانوادگی مسئله تعریف و تحدید در علم را حل و فصل می‌کند و به جای تصویر ثابت و غیر قابل انعطاف از ماهیت علم که دیدگاه توافقی ارائه می‌دهد، توسعه تاریخی علم و پویایی آن را توجیه می‌کند.

مسلماً توسعه علم می‌تواند ویژگی‌های جدیدی را به علم بیفزاید که با این رویکرد، اضافه شدن آن به ماهیت علم قابل قبول است. یکی از دلایل دیگر نولا برای پذیرش رویکرد FRA قابلیت آن در یکی کردن وجوه شناختی-معرفتی و وجوه اجتماعی علم به صورت یک کل قابل انعطاف و توصیفی و نه به صورت تجویزی است. مزیت دیگر آن این است که چارچوب قابل بسطی دارد که می‌تواند مؤلفه‌های بسیاری از ماهیت علم از دیدگاه‌های مختلف را در خود جای دهد (همان، ص ۶۰۱-۶۰۳).

۱. در مطالعات سه سو کور، پژوهشگر، مطالعه‌شونده و تحلیلگر آماری هیچ‌کدام نمی‌دانند در کدام بازوی مطالعه قرار دارند.

مقایسه سه رویکرد

تاکنون سه دیدگاه در مورد ماهیت علم با علائم اختصاری FOS، FRA و NOS معرفی و ویژگی‌ها و نقدهای وارد بر آنها بررسی شد. دوران در جدولی مؤلفه‌های ماهیت علم را در این سه دیدگاه به یکدیگر مرتبط کرده است. نشانه علامت سؤال در جدول، ارجاع به مصادیقی دارد که در آن رویکرد یا به طور واضح مفهوم قابل مقایسه‌ای موجود نیست یا قابل تشخیص نیست (ادوران و داغر، ۲۰۱۴، ص ۲۶). به عنوان مثال در دیدگاه NOS به طور صریح، تمایز بین نظریه‌ها و قوانین علمی بیان شده در حالی که در FOS یکی از وجوه شاخص علم این است که وقتی بخواهیم پدیده‌ای را تبیین کنیم برای آن مدل می‌سازیم؛ اما در رویکرد FRA در سطحی بالاتر به فعالیت علمی به عنوان یکی از مقولات معرفتی - شناختی علم پرداخته می‌شود.

دیدگاه توافقی (NOS)	رویکرد ویژگی‌های علم (FOS)	رویکرد شباهت خانوادگی (FRA)
عقلانیت/عینیت/ذهنیت	انتخاب نظریه و عقلانیتی که مندرج در مجموعه‌ای از اهداف و ارزش‌هاست.	اهداف و ارزش‌های علمی به شکلی که عقلانیت و انتخاب نظریه به عنوان یک قسمتی از هدف و ارزش است.
؟	فهرست فعالیت‌ها که عبارتند از: آزمایش، ایده-آل‌سازی، تکنولوژی، تبیین، ریاضی‌سازی	ماهیت کار یا فعالیت‌های علمی وابسته به مشاهده، آزمایش، طبقه‌بندی و غیره است.
تمرکز بر اینکه دانشمندان از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند و نه از یک روش	؟	درباره روش‌شناسی و قواعد روش-شناختی
تمایز بین نظریه‌ها و قوانین علمی مشاهده و استنباط تمرکز بر موقتی بودن	تمرکز بر مدل‌ها	معرفت علمی: وجوه شناختی - معرفتی از مدل‌ها، نظریه‌ها، قوانین و تبیین‌ها و وجوه مربوط به آنها از قبیل تجدید نظر در معرفت
وابسته به فرهنگ بودن	شامل ارزش‌ها و مسائل شبه علمی	بافت اجتماعی بزرگتری وجود دارد که شامل ارزش‌های فرهنگی، اجتماعی و مذهبی است.
خلاقیت	؟	خلاقیت یک مؤلفه روان‌شناختی است که اهداف، روش‌ها، فعالیت‌ها و دانش علمی را مشخص می‌کند و در FRA به صورت تلویحی قرار دارد.
؟	شامل مواضع فلسفی مانند: واقع‌گرایی، ساخت‌گرایی، فمینیسم	FRA موافق با هیچ‌یک از این مواضع نیست؛ به این معنا که از لحاظ فلسفی خنثی است.

نکته‌ای که از این مقایسه‌ها دریافت می‌شود این است که تفاوت اساسی بین دو رویکرد NOS و FRA در نوع مسائلی است که به آن می‌پردازند. در دیدگاه NOS درباره مسائل مرتبه اول یعنی مسائل مطرح درون علم صحبت می‌شود؛ مثل تفاوت نظریه و قانون؛ در حالی که رویکرد FRA به مسائل مرتبه دوم یعنی مسائلی درباره ماهیت مسائل نوع اول می‌پردازد؛ مثل اینکه معرفت علمی به عنوان یکی از مقولات شناختی-معرفتی علم چیست.

مثال دیگر عقلانیت است که در NOS به عنوان جزء جدایی‌ناپذیر(ذات) آن در نظر گرفته می‌شود؛ در حالی که در FOS، عقلانیت به عنوان وجهی از علم تلقی می‌شود که مندرج در اهداف و ارزش‌های علم است؛ ولی در FRA به عقلانیت تنها به عنوان یکی از اهداف معرفت علمی پرداخته می‌شود؛ چون FRA به مسائلی در سطح بالاتر می‌پردازد، همواره این نقطه قوت را داراست که درباره وجوه علم به طور منعطف‌تری بحث کند و همین ویژگی منجر می‌شود این رویکرد برای دستیابی به اهداف آموزشی کلاس علوم، مناسب‌تر به نظر برسد.

ارزیابی و نتیجه‌گیری

از نظر نگارنده با مقایسه میان سه رویکرد آنچه به صورت تلویحی دریافت می‌شود، این است که رویکردهای پیشنهادی به مقوله ماهیت علم در مبانی، متکی به نگرش فلسفه علمی است؛ به عبارتی نسخه‌های متفاوت از ماهیت علم نشان می‌دهد که هر یک 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.

تشخیص این ارتباط بدین جهت اهمیت دارد که نشان می‌دهد ریشه بسیاری از مناقشه‌ها و اختلاف نظرها به مبانی بر می‌گردد؛ به عبارتی اختلاف دیدگاه‌ها در سطح مبنایی منجر به تفاوت‌هایی در نسخه‌های ماهیت علم شده است. فلاسفه علم پوزیتیویست کمتر به مطالعات توصیفی و تاریخ علوم توجه نشان می‌دادند و بیشتر تلاش می‌کردند تا هنجارهای مربوط به علم را از منطق و فلسفه خاص خود نسبت به

علم استخراج کنند. آنها با روش تحلیل زبانی سعی در طرد فلسفه سنتی و تأسیس فلسفه علمی داشتند.

یکی از مهم‌ترین برنامه‌های پوزیتیویست منطقی برای دستیابی به فلسفه علمی، تمایز بین علم و غیر علم بود. آنها با رویکرد هنجاری به علم مثل تأییدپذیری، تحقیق-پذیری، ابطال‌پذیری و غیره درصدد تمییز علم از غیر علم یا شبه علم برآمدند. به نظر نگارنده، رویکرد NOS به ماهیت علم، مشابه رویکرد پوزیتیویستی به علم است. به مرور زمان با شکست و ناکامی فلاسفه علم در تمییز علم از غیر علم از یک سو و ظهور کوهن و مطالعات پسینی و توصیفی او در علم و گسترش آن از سوی دیگر نگاه به علم عوض شد و رویکرد پسینی و توصیفی که مبتنی بر مطالعات توصیفی تاریخ علم بود، جایگزین رویکردهای هنجاری به علم شد. از نظر نگارنده رویکردهای FOS و FRA به ماهیت علم همخوانی بیشتری با چنین نگرش‌هایی به علم دارد.

همچنین به نظر نگارنده به‌رغم انتقادهای وارد بر رویکرد NOS، این رویکرد این مزیت را دارد که دیدگاه متخصصان آموزش علم را تغییر داد و توجه آنها را به موضوع ماهیت علم جلب کرد. به کمک این فهرست اولین بار بحث ماهیت علم به کلاس‌های درس برده شد. شاید امروزه کمتر معلمی پس از آشنایی با ماهیت علم، تدریس خود را به صورت سنتی و صرفاً محتوامحور برنامه‌ریزی کند. افزون بر این، به نظر می‌رسد معلم در برنامه‌های آموزشی خود باید فهرستی از مؤلفه‌های ماهیت علم را به عنوان مبنای کار خود مد نظر داشته باشد، بدون آنکه خود را مقید به آن کند.

بنابراین فهرست لدرمن بدین منظور مناسب است و معلم می‌تواند با در نظر داشتن آن، به پرسش‌ها و بحث‌های مطرح شده در کلاس جهت داده و به آنها غنا ببخشد تا دانش‌آموزان به چیزهای بیشتری درباره علم دست یابند. البته همواره این بیم می‌رود که با در دست داشتن این فهرست، مؤلفه‌های ماهیت علم به صورت تعلیمی و خشک به دانش‌آموز منتقل کند و به مسائل پیرامونی آن که در مقاله ذکر شد نپردازد. همچنین در بحث ارزشیابی، مؤلفه‌های این فهرست می‌توانند به منظور ارزیابی فهم دانش‌آموز از ماهیت علم سنجه‌های مناسبی را در اختیار معلم قرار دهند.

از طرفی دیگر، FRA تکمیل‌کننده دیدگاه NOS است و فضای بسیار خوبی برای گفتگو درباره علم فراهم می‌آورد. این رویکرد به معلمان علوم کمک می‌کند تا ایده‌های

ترکیبی‌تر و پیچیده‌تر که شایسته طرح و بحث در کلاس درس هستند، مطرح کنند. رویکرد FRA دارای ظرفیت خوبی برای طرح و تولید مدل‌های مفهومی‌تر، آموزشی‌تر و شناختی‌تر درباره ماهیت علم است که هدف از آن تدریس عقاید خاص درباره علم به دانش‌آموز نیست.

به نظر می‌رسد FRA کلی‌تر، جامع‌تر، گوناگون‌تر و فراگیرتر و مفهوم سطح بالاتری است که مورد نیاز معلمان علوم است. ترسیم و ارائه تصویر متنوع‌تری از علم برای طیف وسیع‌تری از دانش‌آموزان جالب است. به عنوان مثال ممکن است برای دانش-آموزی ابعاد شناختی- معرفتی علم جذاب نباشد؛ در حالی که به وجوه اجتماعی- نهادی علم علاقه نشان دهد. رویکرد شباهت خانوادگی می‌تواند با مقایسه شاخه‌های مختلف علوم، هم به ویژگی‌های قلمرو عمومی و هم به ویژگی‌های قلمرو خاص هر یک توجه کند؛ زیرا تم شباهت خانوادگی، انسجام مورد نیاز میان این دو حوزه را فراهم می‌آورد.

البته باید به این نکته توجه کرد که سرانجام این رویکرد و یا هر رویکرد دیگری باید قابلیت اجرا در کلاس‌های درس داشته باشد. استفاده از این رویکرد نیازمند آشنایی بیشتر معلمان علوم با مقوله‌های فلسفه علم، تاریخ علم و جامعه‌شناسی علم است که جای آن به شدت در برنامه‌های آموزشی تربیت معلم کشور و ضمن خدمت معلمان علوم خالی است؛ زیرا اگر آگاهی معلم کافی نباشد، نمی‌تواند مباحث و موضوعات مناسبی را در کلاس طرح و مدیریت کند و دانش‌آموز را به فهم صحیح‌تری از ماهیت علم هدایت کند.

همچنین در این رویکرد، ارزیابی دانش‌آموز در میزان دستیابی به اهداف مد نظر در مورد ماهیت علم به سادگی دیدگاه NOS نیست و نیازمند تأمل بیشتری است. در پایان نگارنده امیدوار است با توجه به اینکه مسئله ماهیت علم، تأثیر قابل توجهی بر فعالیت طراحان و برنامه‌ریزان درسی علوم تجربی و معلمان علوم دارد و از طرفی دیگر به نظر می‌رسد برنامه درسی علوم کشور ایران با تحولات فلسفه علم و نگرش‌های جدید به علم همگام نبوده است، بهبود برنامه درسی علوم در گرو توجه مسئولان امر چه در آموزش و پرورش و چه در تربیت معلم کشور نسبت به ورود صحیح این مقوله به برنامه‌هاست.

بنابراین پیشنهاد می‌شود تصویر درستی از علم و سازوکار آن در جریان آموزش علم هم در برنامه‌ریزی‌های کلان درسی و تألیف کتب درسی و هم آموزش معلمان و دانشجومعلمان وارد شود. بدین منظور آموزش و پرورش می‌تواند ضمن توجه در انتخاب محتوای درسی متناسب با دلالت‌های ضمنی فلسفه علم معاصر، با برگزاری کلاس‌های ضمن خدمت و تألیف کتاب‌های راهنمای تدریس، معلمان را با این مقوله آشنا کرده و آمادگی لازم را برای تدریس در آنها به وجود آورند.

دانشگاه فرهنگیان نیز با بازنگری در سرفصل واحدهای درسی مرتبط با آموزش علوم، مختص دانشجومعلمان، مقوله ماهیت علم را نیز به آن بیفزاید. همچنین بهتر است در اتخاذ رویکرد ماهیت علم در این برنامه‌ها، ملاحظات مطرح شده در مقاله را در نظر بگیرند و لزوماً سیر تاریخی NOS به FRA را طی نکنند.



فهرست منابع

- راین، آلن (۱۳۸۲)، *فلسفه علوم اجتماعی*، ترجمه عبدالکریم سروش، تهران: صراط.
- پایا، علی (۱۳۸۷)، *ترویج علم در جامعه، یک ارزیابی فلسفی*، سیاست علم و فناوری، ج ۱، تهران: سمت
- چالمرز، آلن اف. (۱۳۷۹)، *چیستی علم*، ترجمه سعید زیباکلام، تهران: سمت.
- شهرتاش، فرزانه (۱۳۸۶)، *مبانی نظری و مهارت‌های آموزش علوم*، تهران: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش.
- شیخ رضایی، حسین (۱۳۹۱)، *علم، جامعه، اخلاق، جستارهایی در ابعاد اجتماعی و اخلاقی علم*، تهران: مینوی خرد.
- جنکینز، کیت (پاییز ۱۳۸۳)، «پرسش‌ها و پاسخ‌هایی چند در ماهیت تاریخ»، *مجله تاریخ معاصر ایران*، ش ۳۱، ص ۱۲۷-۱۷۲.
- گیلیس، دانالد (۱۳۸۱)، *فلسفه علم در قرن بیستم*، ترجمه حسن میاننداری، تهران: سمت و کتاب طه.
- ویتگنشتاین، لودویگ (۱۳۸۹)، *پژوهش‌های فلسفی*، ترجمه فریدون فاطمی، چاپ پنجم، تهران: نشر مرکز.
- AAAS., (1989), *Science for all Americans*, Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Erduran, S., Dagher, Z.R., (2014), "Family Resemblance Approach To Characterizing Science", In *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*, Contemporary Trends and Issues in Science Education 43, DOI 10.1007/978-94-017-9057-4_2, pp. 19-39
- Irzik, G., & Nola, R., (2011a), "A Family Resemblance Approach to the Nature of Science", *Science&Education*, Vol.20, pp. 591-607.

- Irzik, G., & Nola, R., (2014), "New Directions for Nature of Science Research", In M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, (pp. 999–1021), Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Laudan, L., (1996), *Beyond Positivism and Relativism*, Boulder, CO: Westview Press.
- Lederman, N., (2007), "Nature of Science: Past, Present, Future", In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*, (pp.831–879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F. S., Bell, R. L., & Schwartz, R. S., (2002), "Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid And Meaningful Assessment of Learners' Conceptions Nature of Science", *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lederman, N. G., and lederman, s. j., (2004), "Revising Instruction to Teach Nature of Science", *the ScienceTeacher*, 71(9), 36-39
- Matthews, M. R., (1994), *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, London & New York: Routledge.
- Matthews, M., (2000), "Foreword and introduction", In *The Nature of Science in Science Education: Rationals and Strategies*, Ed by William F., McComas. London: Kluwer academic publishers.
- Matthews, M. R., (2012), "Changing The Focus: Nature of Sience (NOS) to Features of Science(FOS) ", In *Advances in Nature of Science Research*, Foreword by Richard K. Coll.
- McComas, W. F., (2000), *The Nature of Science In Science Education: Rationals And Strategies*, (Ed) London: Kluwer academic publishers.
- McComas, W. F., Michael, P. C. & Almazroa, H., (1998), "The Role And Character of The Nature of Science in Science Education", In McComas,

W. (Ed.), *The nature of science in science Education: Rationales and strategies*, (pp. 3–40). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer

lange, marc., (2007), *Philosophy of Sciece, An Anthology*, Blackwell.

