مجله پژوهش‌نامه مبـــانی تعلیـــم و تربیـــت
سال ۶، شماره ۱، بهار و تابستان۱۳۹۵، ۱۴۶-۱۲۵.

Journal of Foundations of Education
Vol. 6, No 1, Spring & Summer 2016, 125-146.

ترسیم اشاره‌هایی برای تدریس علوم بر بنیاد تبیینی کل نگرانه از ماهیت علم[۱]

Some References for Teaching Science Based on a Holistic Explanation of the Nature of Science

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱

پروین بازقندی[۲]، سعید ضرغامی همراه[۳]، یحیی قائدی[۲]، علیرضا محمودنیا[۲]، خسرو باقری نوع پرست[۴]

Parvin Bazghandi, Saeid Zarghami-Hamrah, Yahya Ghaedi, Alireza Mahmudnia, Khosrow Bagheri Noaparast

چکیده

هدف این پژوهش، تبیین نقش ابعاد مختلف ماهیت علم در آموزش علوم است. لذا، همسو با نظریه پیچیدگی و با بهره گیری از نگرشی کل نگرانه، چنین استدلال شد که طرح پرسش‌های فلسفی در قلمروهای تاریخ، جامعه شناسی و روان شناسی علم نیز به فلسفه علم در روشنگری ماهیت علم کمک می‌کند. بر اساس یافته ها بازنگری در بینش استقرایی و توجه به جنبه سازه گرایانه علم در کنار ماهیت واقع گرایانه آن در تدریس علوم ضروری است. اندیشیدن در تاریخ علم نیز فهم علم در بستر تاریخ را ایجاب می‌کند. اشاره جامعه شناسی علم نیز روشنگری نقش دانشمندان در توسعه اجتماعی و تعامل با دیگر عاملان اجتماعی چون فیلسوفان و هنرمندان است. قلمرو روان شناسی علم نیز روشن می‌کند که آزاد گذاشتن دانش آموزان در اندیشیدن در حوزه علم بر مبنای تمایلات زیبایی شناسانه و متافیزیکی و ورای باور همگانی زمینه بروز ایده‌های نو در فراگیر است. بنابراین، پرورش نگرش کل نگرانه فراگیران در علم آموزی اهمیت دارد.

واژه های کلیدی: *تدریس علوم، نظریه پیچیدگی، ماهیت علم*

Abstract

The aim of present study is providing an explanation of the roles that different aspects of the science nature play in teaching science. Through a holistic attitude according to complexity theory, it is argued that raising philosophical questions in history, sociology, and psychology helps in clarifying the nature of science. According to the findings, there is a need for a revision in the inductive insights and a focus on the constructivist dimension in teaching. Thinking about the history of science would facilitate understanding science in the context of history. The sociological implication of the science indicates to the significance share of scientists in social development,and the interaction between scientists and other social agents such as philosophers and artists. Philosophizing in the field of psychology reveals that encouraging the students to think about science freely and based on the aesthetic and metaphysical inclinations could provide the chances for the development of new ideas in the learners. Finally, developing a holistic view in the learners is important.

Key words:Teaching Science, Complexity Theory, the Nature of Science.

---

۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری می باشد.

۲. دانشجوی دکتری فلسفه تعلیم و تربیت، دانشگاه خوارزمی، pbazghandi@gmail.com

۳. دانشیار دانشگاه خوارزمی.

۴. استاد دانشگاه تهران.

مقدمه

آموزش علوم بر اساس فلسفه و ماهیت علم یکی از موضوع‌هایی است که مورد توجه برخی پژوهشگران حوزه آموزش علم قرار گرفته است (Scheffler, 1992; Matthews, 1994; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, and Schwartz, 2002; McComas, 2002; Peters, 2006; Niaz, 2008). در این باره و به طور نمونه، امروزه گفته می‌شود که آموزش علوم نباید به انتقال دانسته‌های علمی فروکاسته شود، بلکه باید در راستای پرورش روحیه علمی در فراگیران همچون روحیه دانشمندانی مانند ارشمیدس، ارسطو، نیوتن و اینشتین باشد. البته چنانکه متیوس اشاره می‌کند، چنین نگرشی به این معنا نیست که از فراگیران انتظار داشته باشیم دانشمندان برجسته تاریخ شوند، بلکه انتظار آن است که به جای انتقال اطلاعات علمی، روحیه علمی در آنها پرورش یابد به نحوی که به درک پیچیده‌تر و کامل‌تری نسبت به علم برسند و بیش از این آگاهی شناختی شناسانه آنها در زندگانی پرورش یابد (Matthews, 2002). چنین به نظر می‌رسد که آموزش علوم با دیدگاه‌های گوناگون در حوزه فلسفه علم پیوند و بستگی دارد. فیلسوفان علم همواره در جستجوی روشنگری ماهیت علم و فرایند پیدایش و گسترش علم‌ها در طول تاریخ بوده‌اند. بنابراین، آشنایی با اندیشه‌های آنها می‌تواند به روشنگری ماهیت علم و چگونگی گسترش آن کمک کند. چنین دانشی درس‌های فراوانی برای معلم‌ها و فراگیرانی دارد که در جستجوی فهم علوم هستند و روشنگر راهی است که باید در جستجوی علم بپیمایند.

مک کومس و السون در ارزیابی وضعیت موجود آموزش علم در کشورهای گوناگون بر این باورند که آموزش‌های علمی بیشتر بر بدنه و اصطلاح شناسی[1] دانش علمی متمرکزند و فلسفه و ماهیت علم را نادیده می‌گیرند که این خود کاستی قابل توجهی در آموزش علوم است و پیامدهای منفی را در سطح اجتماعی در پی خواهد داشت (McComas and Olson, 2002). برای نمونه، مک کومس، کلا و المزروا به نتایج مطالعه گسترده و معتبر در سطح جامعه آمریکا اشاره می‌کنند که نشان می‌دهد گرچه بسیاری از آمریکائی‌ها به علم علاقه‌مندند، اما بیشتر آنها نمی‌دانند علم چیست و چگونه عمل می‌کند. آنها درباره پیامدهای منفی چنین کاستی می‌نویسند: «نبود چنین درکی از علم به ویژه در جوامعی که عموم مردم در تصمیم‌های مالی، ارزیابی سیاست گذاری‌ها و پیشرفت‌های علمی نقش دارند، بالقوه مضر است. بنیاد بسیاری از مواضع غیرمنطقی و تصمیم‌های ناروا در قلمرو علم، نبود درک درستی از ماهیت و ویژگی‌های علم است.» (McComas, Clough and Almazroa, 2002, P.3)

لدرمن نیز اشاره می‌کند که یکی از دلایل اصلی اثربخش نبودن بسیاری از آموزش‌های علمی در

[1] .Terminology

جوامع گوناگون عدم آشنایی معلمان علوم با فلسفه و ماهیت علم است (Lederman, 2007) و عبدالخالق نیز در پژوهشی تجربی نشان داد که معلمان علومی که با ماهیت علم و چگونگی کارکرد آن آشنایی دارند در تدریس علوم موفق‌تر عمل می‌کنند (Abd-El-Khalick, 2005). بدین ترتیب، فراهم کردن زمینه پرورش درک معلمان درباره ماهیت علوم می‌تواند به بهبود تدریس علوم از سوی آن‌ها کمک کند.

بنابراین، دو پرسش اصلی مطرح می شود. نخست، ماهیت علم چیست؟ و دوم اینکه اشاره‌های ماهیت علم برای تدریس علوم چیست؟ بینش‌ها و رویکردهای فلسفی گوناگون موجود به پرسش اول پاسخ‌های متفاوت و گاه رویارویی می‌دهند که نمود آن نیز پاسخ‌های متفاوت فلسفه‌های گوناگون علم به این پرسش است. این پژوهش، با مورد نظر قرار دادن چنین پاسخ‌هایی از سطح آنها فراتر می‌رود و تلاش می‌کند بر بنیاد نظریه پیچیدگی، نگرشی کل نگرانه[1] را مبنای پاسخ به پرسش اول و به دنبال آن پرسش دوم پژوهش قرار دهد. بدین ترتیب، اشاره‌ای به نظریه پیچیدگی در این باره لازم به نظر می‌رسد. چنانکه، برخی اندیشمندان و پژوهشگران اشاره کرده‌اند، نظریه پیچیدگی واکنشی به نگرش ساده نگر[2]، فروکاهشی[3] و یا اتمی[4] در تبیین پدیده‌های طبیعی و نیز اجتماعی است (Goldman, 2007; Mason, 2008). میسون اشاره می‌کند که برای تبیین طبیعت و پدیده‌های طبیعی لازم است به ماهیت سیستمی و در نتیجه روابط میان رویدادهای طبیعی توجه کرد و «کل» را مد نظر قرار داد (Mason, 2008). دیویس و سومارا نیز بر این باورند که پدیده‌های اجتماعی مانند تعلیم و تربیت و علوم نیز ماهیتی سیستمی دارند و از این رو درک و تبیین آن‌ها نیازمند نگرشی سیستمی و کل نگرانه است.(Davis and Sumara, 2006) آن‌ها برای نمونه اشاره می‌کنند که برای مطالعه موضوع یا پدیده‌ای تربیتی، لازم است ابعاد و لایه‌های گوناگونی مانند ابعاد تجربی، مادی، فرهنگی، نمادین و بوم شناختی[5] را در نسبت با هم نگریست و تبیین کرد. چنین است که به نظر می‌رسد بر بنیاد نظریه پیچیدگی، مطالعه پدیده‌ها در قلمروهای گوناگون از جمله علم و تعلیم و تربیت نیازمند نگرشی میان رشته‌ای و کل نگر است. دیویس و سومارا در روشنگری بیشتر لزوم اتخاذ نگرشی میان رشته‌ای و کل نگر در مطالعه علم می‌نویسند: «علم را نمی‌توان بدون توجه به حرکت‌ها و دغدغه‌های اجتماعی و یا با نادیده انگاری علائق فردی و نیز ویژگی‌های شخصیتی دانشمندان درک کرد.» (Davis and Sumara, 2006, P. 6)

[1]. Hollistic View
[2]. Simplistic View
[3]. Reductionist View
[4]. Atomistic View
[5]. Ecological

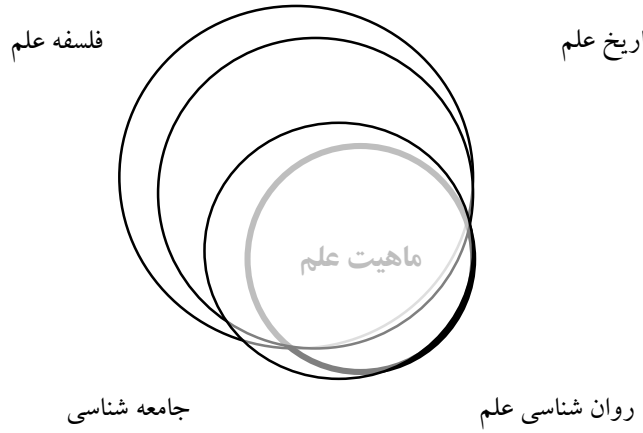
شایان ذکر است که مطالعه پدیده‌ها و موضوع‌های تربیتی و از جمله ماهیت علم و آموزش علم، بر مبنای نظریه پیچیدگی، موضوعی چندبعدی و بسیار گسترده است که از قلمرو پژوهش حاضر خارج است، اما آن چه به ویژه در این پژوهش بر آن تأکید می‌شود، این است که اتخاذ نگرشی کل نگرانه و میان رشته‌ای به بحث ماهیت علم و آموزش آن همسو با نگرشی پیچیده درباره آموزش علم است. براساس آنچه گفته شد، اکنون می‌توان به پرسش اول این پژوهش بازگشت و پرسید با نظر به نگرشی کل نگر، میان رشته‌ای و سیستمی، روشنگری ماهیت علم نیازمند توجه به چه رشته‌ها و قلمروهای علمی است؟ و از آنجاکه پرسش از ماهیت علم در قلمرو فلسفه علم مطرح است، می‌توان پرسش را به این شکل مطرح کرد که فلسفه علم جهت روشنگری ماهیت علم نیازمند بهره گیری از یافته‌های چه قلمروها و رشته‌های علمی دیگری است و هر یک از این قلمروها چگونه به روشنگری ماهیت علم کمک می‌کنند؟ با پاسخ به این پرسش می‌توان اشاره‌های ماهیت علم برای تدریس علوم را نیز ترسیم کرد.

چارچوب نظری پژوهش

درباره عوامل و عناصر دخیل در روشنگری ماهیت علم، به نظر می‌رسد فیلسوفان علم در سخن گفتن درباره علم، نیازمند مطالعه تاریخ علم نیز هستند. به طور نمونه، مطالعه تاریخ علم و اندیشه ورزی درباره آن به فیلسوف علم در نظریه پردازی درباره شکل گیری و گسترش علم و نیز آزمون چنین نظریه‌هایی کمک می‌کند. چنانکه در شکل (۱) ملاحظه می‌شود، مک کومس و السون در این راستا با نگاهی میان رشته‌ای اما گسترده‌تر میان فلسفه علم[1]، تاریخ علم[2]، جامعه شناسی علم[3] و روان شناسی علم[4] پیوندی می‌بینند که فرآورده آن همان روشنگری ماهیت علم[5] است (McComas and Olson, 2002, P. 50).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] . Philosophy of Science
[2] . History of Science
[3] . Sociology of Science
[4] . Psychology of Science
[5] . Nature of Science



شکل ۱: عوامل و قلمروهای روشنگر ماهیت علم

بر این اساس، روشنگری ماهیت علم فقط بر بنیاد مطالعه و بررسی فلسفه علم و حتی مطالعه تاریخی علم ممکن نیست (گرچه سهم این دو قلمرو چنانکه ملاحظه می‌شود، بسیار زیاد است) و بیش از این به ترتیب قلمروهای جامعه شناسی و روان شناسی علم نیز در آن نقش دارند. به نظر می‌رسد چنین ادعایی نمی‌تواند به این معنا باشد که پژوهشگران قلمروهایی مانند تاریخ، جامعه شناسی یا روان شناسی علم، متولیان روشنگری ماهیت علم هستند؛ چراکه پرسش از ماهیت علم پرسشی است که به طور سنتی در قلمرو فلسفه علم مطرح بوده است. از این رو، چنین ادعایی به این معناست که پژوهشگران حوزه ماهیت علم در طی فرایند فلسفیدن درباره ماهیت علم نیازمند توجه به دستاوردهای تجربی قلمروهایی مانند تاریخ، جامعه شناسی و روان شناسی علم نیز هستند. در روشنگری بیشتر می‌توان اشاره کرد که نظریه‌های فلسفی درباره ماهیت علم، چه بسا بر مبنای تحلیل و بررسی تاریخی علوم تجربی و چگونگی پدیدآیی آن‌ها از سوی دانشمندان، صورت بندی و عرضه شده‌اند. لسی در این باره به دیدگاه فیلسوفانی مانند لاک، لایبنیتس، هیوم و کانت درباره علم اشاره می‌کند که نظریه‌های خود را با توجه به تحلیل و بررسی علوم تجربی و به ویژه فیزیک نیوتنی بنا کرده‌اند (Losee, 2001). گبی، تاگارد و وودز[1] نیز در این باره می‌نویسند: «...گرچه هنوز فیلسوفانی هستند که معتقدند می‌توان نظریه‌هایی درباره دانش و واقعیت را با بهره گیری از اندیشیدن محض گسترش داد، اما بسیاری از فیلسوفان معاصر بر این باورند که برای چنین کاری لازم و ارزشمند است که به یافته‌های علمی نیز توجه کنیم.» (Hooker, 2011, P. 7).

[1].Gabbay, Thagaard and Woods

بنابراین، در بازنگری و اصلاح شکل (۱) می‌توان چنین گفت که پژوهشگران قلمرو فلسفه علم برای روشنگری ماهیت علم نیازمند مطالعه در حوزه‌های تاریخ، جامعه شناسی و روان شناسی علم نیز هستند. در این راه حتی فلسفه علم نیز بستری است برای واکاوی این که فیلسوفان و گرایش‌های فلسفی گوناگون در طول تاریخ، چه ویژگی‌های ماهوی برای علم ترسیم کرده‌اند.

گرچه پرسش از مفهوم ماهیت علم در قلمرو فلسفه علم بحث می‌شود، اما پاسخ به آن نیازمند قلمروهای دیگر دانشی یعنی تاریخ، جامعه شناسی و روان شناسی علم می‌باشد. قلمرو فلسفه علم به سبب محدودیت‌های شناخت شناسانه و روش شناسانه اش، به تنهایی قادر به پاسخ به این پرسش که «ماهیت علم چیست؟» نیست. بدین ترتیب، گرچه پرسش از ماهیت علم، در قلمرو فلسفه علم مطرح می‌شود، اما این قلمرو به تنهایی قادر به پاسخ گویی به این پرسش نیست و از این رو، مطالعه‌ای میان رشته‌ای برای پاسخ به این پرسش، ضروری است.

بر اساس آنچه گفته شد، در این پژوهش تلاش می شود با نگاهی به تاریخ فلسفه علم، تاریخ علم، جامعه شناسی علم و روان شناسی علم، نکته‌هایی در راستای روشنگری ماهیت علم تحلیل و ترسیم شود و نقش هر یک در آموزش علوم تبیین شود.

علاوه براین، در راستای محدود کردن قلمرو پژوهش، یکی از ابعاد آموزش علوم یعنی تدریس علوم به ویژه در اوایل دوره متوسطه مورد نظر است و به ابعاد و مؤلفه‌های دیگر مانند سیاست گذاری، محتوا و دیگر عناصر برنامه درسی، آموزش علوم به سبب گستردگی و عدم امکان دست‌یابی به یافته‌های ژرف و متفاوت با پژوهش‌های پیشین به طور مستقیم پرداخته نمی‌شود.

تحلیل میان رشته‌ای ماهیت علم و نقش آنها در تدریس علوم

بر اساس مبانی نظری، در ادامه هر یک از ابعاد چهارگانه فلسفه علم، تاریخ علم، جامعه شناسی علم و روان شناسی علم پیوندی و نقش آن‌ها در تدریس علوم تحلیل و تبیین می‌شوند.

ماهیت علم با نظر به فلسفه علم و اشاره‌های آن در تدریس علوم

اندیشیدن فلسفی درباره ماهیت علم و روش آن گرچه به روایتی به یونان باستان و به ویژه اندیشه ارسطو درباره قیاس بر می‌گردد، اما چنان که چالمرز نیز اشاره می‌کند، در دوره رنسانس و به ویژه با اندیشه‌های بیکن جانی تازه می‌یابد (Chalmers, 1999). پس از بیکن و در سده بیستم، فلسفه علم با اندیشه فیلسوفانی چون پوپر، کوهن، لاکاتوش و فایرابند گسترش می‌یابد. اندیشه این فیلسوفان علم را به ترتیب

می‌توان با مفهوم‌ها و نظریه‌هایی چون ابطال گرایی[۱] (Popper, 2010)، پارادایم[۲] (Kuhn, 1952)، برنامه پژوهشی[۳] (Lakatos, 1976) و آنارشیسم[۴] (Feyerabend, 1999) توضیح داد. تحلیل و تبیین ماهیت علم بر بنیاد هر یک از این نظریه‌ها موضوعی گسترده است که در پژوهش‌های دیگر پی گرفته شده و یا می‌تواند پی گرفته شود. بیش از این، جمع‌بندی دیدگاه‌های متفاوت فیلسوفان علم زیر یک چتر واحد و استنباط دیدگاهی یگانه برای ماهیت علم نیز نه ممکن و نه مطلوب است. در عین حال می‌توان با اتخاذ نگرشی درجه دوم و کل نگرانه به رویکردهای فلسفه علم، نکته‌هایی را درباره ماهیت علم روشن کرد و همین نکته‌ها را مبنایی برای ترسیم اشاره‌هایی برای آموزش علوم قرار داد. برای این کار از دسته بندی دیدگاه فیلسوفان علم به واقع گرایی در برابر ضد واقع گرایی و کاستی‌های هر یک که از سوی چالمرز مطرح شده است (Chalmers, 1999) و نیز چرخه علم معرفی شده توسط ترفیل (Trefil, 2003) که برخی عناصر ماهوی علم را توصیف می‌کند، بهره گرفته شده است.

چالمرز در مرور تاریخی دیدگاه‌های گوناگون فلسفی درباره علم، این دیدگاه‌ها را روی پیوستاری قرار می‌دهد که در یک سوی آن دیدگاه واقع گرایی و در سوی دیگر آن دیدگاه ضد واقع گرایی قرار دارد. او تارسکی[۵]، پوپر و لاکاتوش را نماینده معاصر دیدگاه واقع گرا و کوهن، ون فرسن[۶] و فایرابند را نماینده معاصر دیدگاه ضد واقع گرایی می‌خواند. واقع گرایان با طرح معیار انطباق، حقیقت گزاره‌های علمی را در انطباق آنها با واقعیت می‌سنجند. در سوی دیگر، ضد واقع گرایان بر این باورند که محتوای هر گزاره علمی فقط مجموعه‌ای از ادعاهاست که می‌تواند با تجربه یا مشاهده، تأیید شود. در نگرش بسیاری از ضد واقع گرایان، نظریه‌های علمی فقط ابزارهایی هستند که با بهره گیری از آنها می‌توانیم مشاهده‌ها یا تجربه‌ها را به هم مربوط کنیم یا آن‌ها را پیش بینی کنیم (Chalmers, 1999). بدین ترتیب و چنانکه گلسرزفلد اشاره می‌کند، دانش را نمی‌توان بازنمای[۷] واقعیتی بنیادین[۸] پنداشت، بلکه دانش سازه‌ای است که در فرد و در نتیجه فعالیت او ساخته می‌شود (Glasersfeld, 2001).

دیدگاه واقع گرایی بیشتر از این جهت که توان تبیین واقعیت نظریه‌ها و مدل‌های علمی و تغییر و تحول آن‌ها را ندارد و دیدگاه ضد واقع گرایی از این حیث که به نسبی گرایی شناخت شناسانه می انجامد،

---

[1] . Falsificationism
[2] . Paradigm
[3] . Research Program
[4] .Anarchism
[5] . Tarski
[6] . Van Fraassen
[7] . Representation
[8] . An Essential Reality

مورد پر سش قرار گرفته‌اند (Zarghami- Hamrah, 2014). در این را ستا، برخی منتقدان تلاش کرده‌اند با نظر به نقاط قوت هر یک از بینش‌های واقع گرا و ضـد واقع گرا، دیدگاه‌های بینابینی را در ترسـیم فلسـفی علم پیشـنهاد کنند (Hanna and Harrison, 2002; Bhaskar, 2008; Bagheri Noaparast, 1995; Wallner, 1994) که با وجود تفاوت‌هایی که با هم دارند، ویژگی‌های ماهوی مشـترکی را برای علم قائل اند. وجه اشتراک آنها این است که دیدگاه‌های معاصر در کنار جنبه واقع گرایانه، ماهیتی سازه گرایانه نیز برای علم قائل اند.

چنین بینشی را می‌توان درباره عناصر ماهوی علم نیز تبیین کرد. ترفیل علم را چرخه‌ای می‌داند که شامل عنصرهایی مانند مشاهده و تجربه، کشف نظم‌ها، ساخت نظریه‌ها و پیش بینی است (Trefil, 2003). او مانند دیگر نظریه پردازان ماهیت علم، بر این عقیده است که شناخت جهان نیازمند مشاهده و تجربه آن است. این عنصر ناظر به جنبه واقع گرایانه علم است. تلاش برای یافتن نظم موجود در طبیعت نیز ناظر به جنبه واقع گرایانه علم است. به طور نمونه، تیلمن با انجام برخی آزمایش‌ها درباره اثرات نیتروژن، این نظم را در می‌یابد که با افزایش نیتروژن خاک، بیومس (یا همان مواد گیاه) آن نیز افزوده می‌شود (Trefil, 2003). پس از کشف نظم، نوبت آن است که دانشمند استنباط کند که آیا چنین نظمی، گویای چگونگی کارکرد بخشی از طبیعت است یا نه؟ یا آیا این نظم در کنار نظم‌های پیشین شناخته شده، تصویر گسترده‌تری از کارکرد طبیعت ارائه می‌کند؟ در پاسخ به چنین پرسش‌هایی، دانشمندان حدس‌های خود درباره چگونگی کارکرد جهان مطرح می‌کنند که فرضیه نامیده می‌شود. به طور نمونه، کپلر پس از تیکو براهه و بر مبنای نظم‌هایی که او کشف کرده بود، قواعد سه‌گانه خود را در تبیین حرکت ستارگان مانند یک فرضیه علمی ارائه کرد. فرضیه سازی ناظر به جنبه سازه گرایانه علم است. سرانجام، عنصر چهارم چرخه علم، پیش بینی است. هر نظریه یا ایده علمی پیش بینی‌هایی آزمون پذیر ارائه می‌دهد که با پیشرفت، گسترش و پیچیدگی روز افزون علم، پیش بینی نظریه‌های علمی نیز متحول می‌شود. به طور نمونه، چه بسا نظریه‌ها پیش بینی‌هایی درباره پدیده‌هایی که تاکنون دیده نشده یا تجربه نشده اند به دست می‌دهند. در این باره، نظریه‌ها پس از شکل گیری و بر مبنای پیش بینی‌هایی که می‌کنند، می‌توانند آزمون شوند. چنانکه، فایرابند اشاره می‌کند یکی از راه‌های معمول آزمون نظریه‌ها، رویاروکردن آنها با مجموعه‌ای از آزمایش‌های تجربی در وضعیت‌های گوناگون تجربی است. او همچنین، به معیارهای معمول دیگری مانند سادگی، انسجام و پیش بینی‌های بدیع و بی‌باکانه (در مقابل محافظه کارانه) در آزمون نظریه‌ها اشاره می‌کند (Feyerabend, 1993). بدین ترتیب،

توجه به معیارهایی مانند انطباق و سازگاری با موقعیت تجربی نو، گویای جنبه واقع گرایانه آزمون نظریه‌ها و معیارهایی مانند سادگی و انسجام گویای جنبه سازه گرایانه آزمون نظریه‌هاست.

در جمع بندی آنچه بیان شد، به نظر می‌رسد می‌توان گفت گزاره‌هایی مانند علم در تبیین پدیده‌ها از شواهد تجربی و استدلال‌های منطقی بهره می‌گیرد (بعد واقع گرایانه علم)، علم تلاشی برای استنباط نظریه‌هاست و از این رو موقتی، ناکامل، ناقطعی، و تحول یابنده است (بعد سازه گرایانه علم)، و با معیارهایی چون دقت، وضوح، انطباق و سازگاری با موقعیت تجربی نو (جنبه واقع گرایانه علم)، کارآمدی، انسجام، سادگی، جسارت و بداعت (جنبه سازه گرایانه علم) می‌توان نظریه‌ها و ایده‌های علمی را آزمود،گویای بخشی از فرض‌های فلسفی روشنگر ماهیت علم هستند. اکنون می‌توان اشاره‌های کلی چنین فرض‌هایی را درباره ماهیت علم در آموزش علم ترسیم کرد. پیش از این و در توجیه امکان و اهمیت ترسیم اشاره‌هایی برای آموزش علوم بر مبنای نگرش فلسفی درباره ماهیت علم، لازم به ذکر است که آموزش علوم با دیدگاه‌های گوناگون در قلمرو فلسفه علم پیوند دارد. کلارک در روشنگری این موضوع اشاره می‌کند که دیدگاه‌های فلسفی معین درباره درس‌ها، الزام‌هایی را در پی می‌آورند که کار معلم را در روش آموزش آن درس تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور نمونه، در ریاضی، دیدگاه‌های فلسفی گوناگونی وجود دارند که پذیرش هر یک از طرف معلم، در تدریس او نقش آفرینی می‌کند (Clarck, 1997). چنانکه، نقیب زاده خاطرنشان می سازد، درخصوص فلسفه ریاضی دو دیدگاه روان شناختی و تحلیلی را می‌توان از یکدیگر جدا کرد. جان استورات میل نماینده دیدگاه روان‌شناختی و با پیروی از سنت تجربه گرایی در فلسفه، ریاضی را پدید آمده از تجربه‌های حسی و دارای زمینه‌ای روان‌شناسانه می‌داند. در حالی که، فرگه[1] با رد دیدگاه جان استوارت میل، گزاره‌های ریاضی را نه از نوع گزاره‌های تجربی ترکیبی بلکه از گونه گزاره‌های تحلیلی مانند قلمرو منطق می‌داند (Naghib Zadeh, 2007). پذیرش هر یک از این دیدگاه‌های رقیب از طرف معلم ریاضی، آموزش‌های ریاضی متفاوت را در پی خواهد داشت به طوری که، اگر معلم دیدگاه روان‌شناختی/تجربی را درباره ریاضی بپذیرد، تدریس او نیز مانند تدریس علوم تجربی، بر بنیاد تجربه‌های حسی دانش آموزان و به تعبیری در «آزمایشگاه ریاضی» خواهد بود. اما چنانکه، کلارک بیان می‌دارد اگر دیدگاه فلسفی فرگه درباره ریاضی از سوی معلم ریاضی یا در فلسفه برنامه درسی پذیرفته شود، در آن صورت روش آموزش ریاضی نمی‌تواند به صورت روش آموزش علوم تجربی یعنی بر حسب فرضیه و آزمایش انجام شود (Clarck, 1997).

[1] . Frege

نگرش فلسفی ترسیم شده در این پژوهش درباره ماهیت علم، اشاره‌هایی را برای آموزش علوم به این شرح در پی دارد. نخست، در فرایند تدریس علوم توجه به همه عناصر چرخه علم یعنی مشاهده، کشف نظم‌ها، ساخت نظریه و پیش بینی اهمیت دارد. در این باره، فراهم کردن زمینه لازم جهت مشاهده دقیق طبیعت و تجربه آن از سوی فراگیران با بهره گیری از سازوکارهایی چون تدریس تجربی و آزمایشگاهی و نیز سفرهای علمی به مکان‌های طبیعی و نیز موزه‌های علمی، یکی از گام‌هاست. گام دیگر، ترغیب فراگیران به کشف نظم‌های حاکم بر پدیده‌های علمی است که مشاهده و یا تجربه می‌کنند. از آنجاکه، این عناصر ناظر به جنبه واقع گرایانه علم هستند، ترغیب فراگیران به مشاهده دقیق و بیان روشن آنچه می‌بینند و یا تجربه می‌کنند، ضروری است.

از سوی دیگر اشاره شد که نظریه‌های علمی در عین حال که ساخته ذهن بشر و در نتیجه غیرقطعی هستند، بر شواهد تجربی و استدلال‌های منطقی استوارند و قدرت پیش بینی دارند. بر این اساس، معلم می‌تواند به فراگیران خود بیاموزد که نظریه‌های علمی از طرفی ساخته ذهن بشر هستند و از طرف دیگر آزمون پذیر و رقابت پذیرند. بدین ترتیب، ماهیت استنباطی نظریه‌های علمی از سویی و قدرت پیش بینی آنها از سوی دیگر در تدریس علوم اهمیت دارد. لدرمن و عبدالخالق درباره ماهیت استنباطی نظریه‌های علمی چنین بیان می‌دارند که باید به فراگیران آموخته شود که مدل‌های علمی، برگردان واقعیت نیستند، بلکه آنها ساخت های استنباطی هستند که نمودهای مشاهده شدنی را تبیین می‌کنند (Lederman and Abd-El-Khalick, 2002). نظریه‌های علمی نیز از آن جهت که تبیین‌های استنباط شده برای نمودهای مشاهده شدنی هستند، به مدل‌های علمی شباهت دارند. اکنون و پس از درک چگونگی شکل گیری نظریه‌های علمی مانند ساخت های استنباطی از سوی فراگیران، معلم علوم می‌تواند چگونگی آزمون آنها را با بهره گیری از واقعیت‌های تجربی و قدرت پیش بینی آنها درباره این واقعیت‌ها آموزش دهد. در این راه معلم علوم می‌توانند از روش تبیین انتقادی پیشرفتی[1] بهره بگیرد. این روش از این ایده پوپر که «پیشرفت علمی بر مبنای تبیین انتقادی پدیده‌های علمی ممکن است.»، الهام گرفته شده است (Bazghandi, 2011). در این روش به فراگیران کمک می‌شود تا با بهره گیری از ملاک‌هایی چون انسجام، میزان سازگاری هر یک از نظریه‌ها با وضعیت‌های تجربی بعدی، قدرت تجربی و اکتشافی و میزان تبیین یافته‌های تجربی به بررسی نقادانه و هم‌زمان نظریه‌های رقیب بپردازند. در این راه می‌توان با بهره گیری از نتایج پژوهش‌های گوناگون، باورهای پیشین علمی فراگیران را با چالش روبرو کرد که این کار سبب درگیری بیشتر فراگیران

[1]. Critical Progressive Explanation

و در نتیجه فهم بهتر نظریه‌ها می‌شود. در این جا می‌توان برای روشنگری بیشتر به مثال مدل‌های اتمی تامسون، رادرفورد و بوهر اشاره کرد. همان‌گونه نیاز بیان می‌دارد آموختن متوالی مدل‌های اتمی تامسون، رادرفورد و بوهر به تنهایی روشنگر واقعیت پیشرفت علمی و چرایی و چگونگی آن نیست. بیش از این لازم است تضاد میان این فرضیه‌های رقیب و نیز تحول آن‌ها، با نظر به شواهد جدید نیز تبیین شود. به طور نمونه، باید آشکار شود که آزمایش‌های رادرفورد، دلائلی را ضد مدل اتمی تامسون فراهم می‌کرد. این مدل تقریبی جسورانه‌تر، منسجم‌تر و پیچیده‌تر بود و قدرت تبیین بیشتری برای مشاهده‌های تجربی بعدی، فراهم می‌کرد. در گام بعد مدل اتمی بوهر چنین وضعیتی را نسبت به مدل رادرفورد داشته است (Niaz, 2008).

ماهیت علم با نظر به تاریخ علم و اشاره‌های آن در تدریس علوم

گرچه گسترش علم به معنای علوم تجربی به آغاز رنسانس نسبت داده می‌شود، اما همچنان که گلدمن استدلال می‌کند، پیدایش و رشد آغازین آن را باید در دوران باستان جستجو کرد. به عقیده او در یونان باستان اندیشمندانی چون فیثاغورث، افلاطون و به ویژه ارسطو زمینه ساز و نظریه پرداز پیدایش علوم طبیعی بوده‌اند و هر تحول دیگری در علم نیز بر چنین بنیادی و با نظر به آن رخ داده است (Goldman, 2007). توجه به چنین تحولاتی در طول تاریخ علم به فیلسوفان علم در ترسیم ماهیت علم و چگونگی پیدایش و تحول آن کمک می‌کند. در این راستا، برخی فیلسوفان علم مانند همپل[1] و لاکاتوش بر نقش مهم تاریخ علم در قلمرو فلسفه علم تأکید کرده‌اند (Pinnick and Gale, 2000). به طور نمونه، لاکاتوش در روشنگری این موضوع به این سخن کانت ارجاع می‌دهد که «...فلسفه علم بدون تاریخ علم، تهی است.» (Lakatos, 1976, P. 135). این گفته بدان معناست که فلسفیدن درباره علم بدون توجه به شواهد تاریخی درباره علم و چگونگی پیدایش و گسترش آن، تصویری واقعی از علم ارائه نخواهد کرد. لاکاتوش در تبیین نظریه خود درباره ماهیت علم و چگونگی پیدایش و گسترش آن به بسیاری از نمونه‌های تاریخی علم اشاره می‌نماید و تلاش می‌کند برای استدلال‌های منطقی و فلسفی خود درباره علم، شواهد تاریخی ارائه کند. به طور نمونه، از نظر لاکاتوش واحد کشف علمی، نظریه علمی مجزا نیست، بلکه برنامه پژوهشی[2] است. به طورکلی، قابلیت‌های نسبی برنامه‌های پژوهشی را باید با توجه به میزان پیشرو یا رو به زوال بودن آنها ارزیابی کرد. برنامه روبه زوال جای خود را به حریفی پیشروتر واگذار می‌کند و جهت ترسیم شاهدی تاریخی بر این مدعای فلسفی بیان می‌کند، آن گونه که در تاریخ علم، اختر شناسی بطلمیوسی سرانجام

[1] .Hampel
[2]. Research Program

جای خود را به نجوم کپرنیکی داد (Lakatos, 1976).

کوهن نیز در تبیین ماهیت علم به نقش محوری توجه به تاریخ علم تأکید می‌کند. او در بررسی تاریخ علم و با رد نگرشی که این تاریخ را فرایند پیشرفت و تکامل بی وقفه می‌داند، آن را فرایند شکل گیری و افول پارادایم های[1] گوناگون و رقیب می‌خواند. او جهت مستند کردن استدلال‌های خود درباره چگونگی پیدایش پارادایم های علمی و افول آنها به نمونه‌هایی از تاریخ علم مانند فیزیک نیوتنی و فیزیک نسبیت ا شاره و آنها را نمونه‌هایی از دو پارادایم علمی رقیب معرفی می‌کند (Kuhn, 1952). فایرابند نیز با الهام از اندیشه‌های فیلسوفان علم پیش از خود مانند کوهن و لاکاتوش و با نظر و اندیشه در قلمرو تاریخ علم، در جستجوی روشنگری ماهیت علم و چگونگی پیدایش و گسترش تاریخی آن برآمده است. او با بررسی نمونه‌های تاریخی نظریه‌های علمی به ویژه در قلمروهایی که علم‌های تجربی خوانده می‌شوند، به این نتیجه می‌رسد که از سویی نظریه‌های علمی محصول منطقی تجربه حسی نیستند، بلکه به زمینه وابسته‌اند و از آن جاکه زمینه‌ها متفاوت و گوناگون هستند، تجربه حسی نیز در زمینه‌های گوناگون به نتیجه‌های گوناگون می انجامد و از سوی دیگر آدمی نمی‌تواند برای سنجش درستی یا نادرستی نظریه‌های علمی آن‌ها را با واقعیت انطباق دهد (Zarghami- Hamrah, 2011).

هدف از اشاره به نمونه‌های مذکور، تأیید یا پذیرش آنها در مقایسه با دیگر نظریه‌های فلسفی درباره علم نیست، بلکه مقصود آن است که با اشاره به نمونه‌هایی نشان داده شود که روشنگری ماهیت علم نیازمند نگریستن به تاریخ علم و تحولات تاریخی آن است. این باور ویهلم که ماهیت علم به گونه‌ای است که در آن فعالیت‌های پژوهشی از نوع بررسی تاریخی اهمیت دارند، نیز در راستای تأکید بر اهمیت تاریخ علم در درک ماهیت علم و چگونگی پدیدآیی و تحول آن است (Vihalemm, 2007). همین موضوع استلزام‌هایی را در دو سطح برای تدریس علوم در پی دارد. در سطح نخست، معلم علوم می‌تواند در روشنگری ویژگی‌های ماهوی علم همانند فیلسوفان علم نمونه‌های تاریخی علم را مثال بزند. به نمونه‌هایی از این گونه مثال‌ها در این بخش و بخش پیشین اشاره شد. نگرش تاریخی در سطحی دیگر و درباره هر یک از موضوع‌ها و نظریه‌های علمی نیز مصداق دارد؛ بدین معنا که سخن گفتن از یک نظریه علمی بدون بیان زمینه‌های تاریخی پدید آورنده آن، تبیینی انتزاعی، نارسا و چه بسا غیر واقعی از آن است. چنین است که فهم نظریه های علمی برای دانشمند، معلم و فراگیری که اکنون زندگی می‌کند، نیازمند فهم تحول تاریخی این نظریه‌هاست.

[1]. Paradigms

بر اســاس آنچه مطرح شــد، معلم علوم باید به فراگیران خود کمک کند تا علم را در بســتر تحول تاریخی نگریسته و بفهمند. مطالعه تاریخی ساختار ماده و این که جهان از چه عنصر یا عناصری تشکیل شده است، مثال مناسبی است. چنانکه، نقیب زاده اشاره می‌کند این پرسش اساسی که جهان از چه عنصر یا عناصری تشکیل شده است را نخستین بار فیلسوفان طبیعت حدود ۲۵۰۰ سال پیش مطرح کردند (Naghib Zadeh, 2007). تالس یکی از این فیلسوفان طبیعت بود که آب را عنصر اصلی سازنده جهان شمرد. پس از آن دیگر فیلسوفان طبیعت و نیز ارسطو تلاش کردند به این پرسش اساسی پاسخ دهند که پاسخ آنها تا حدود ۲۰۰۰ سال بعد دست خوش تغییر اساسی نشد. پس از آن بویل، دالتون، تامسون، رادرفورد، بوهر و شرودینگر، پاسخ‌های دیگری را در سیری تحولی و تکاملی برای این پرسش اساسی فراهم کردند. چنین است که اگر معلم، فراگیر خود را در مسیر تاریخ این پرسش اساسی قرار دهد و با زبانی گویا و جذاب و نیز با صرف وقت کافی و شبیه سازی در آزمایشگاه‌های مربوطه، اندیشه این دانشمندان را باز گوید و در این راه با رویارو کردن فراگیران با پرســش‌های این دانشــمندان، آن‌ها را نیز در فرایند یافتن پاســخ‌های احتمالی مشارکت دهد، فهم و دانسته‌های پیشین او درباره ساختار ماده و اتم با نظر به سیر تاریخی آن، باز سازی می‌شود.

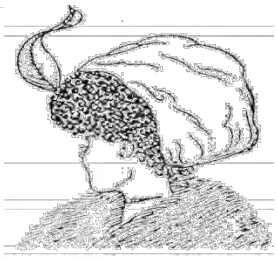
ماهیت علم با نظر به جامعه شناسی علم و اشاره‌های آن در تدریس علوم

علوم، حیطه عمده‌ای از فعالیت‌های ذهنی و عملی بشــر یعنی دانســته‌هایی را تشــکیل می‌دهد که می‌تواند اساس کاربردهای مهم اجتماعی و فناورانه باشد. عزت خواه خاطرنشان می سازد که شکل گیری علم و پیشــرفت علم و فناوری حاصــل تلاش دانشــمندان و محققان در طول تاریخ بوده اســت که نتیجه آن پیشــرفت فناوری در عرصــه‌های گوناگون (مانند صــنعت، کشــاورزی، پزشــکی) بوده اســت (Ezatkhah, 2011). بر اســاس این مقدمه جامعه شــناســی علم، مطالعه علم در مقام فعالیتی اجتماعی اســت که به ویژه به شــرایط و اثرات اجتماعی علم و ســاختارهای اجتماعی و فرایندهای فعالیت علمی می‌پردازد (Ben-David and Sullivan, 1975). بدین ترتیب، مؤلفه‌های جامعه شــناســانه به این نکته که دانشــمندان از لحاظ کارکردهای اجتماعی کیستند و چگونه فعالیت علمی را در مقام یک عمل اجتماعی انجام می‌دهند، اشاره دارند. به زعم مرتون، در این قلمرو به تصمیم گیری‌های اخلاقی دانشمندان نیز توجه می شود (Merton, 1992). ســرانجام، در این قلمرو می‌توان از نقش انتظارات اجتماعی در جهت دهی به علم و فعالیت‌های علمی پرســید. بنابراین، در آموزش علوم باید به مؤلفه‌هایی مانند یادگیری شــیوه تفکر علمی به عنوان فرایندی اجتماعی و فرهنگی در یافتن ارزش علوم و یافته‌های علمی برای زندگی و پیشــرفت اجتماعی و آشنایی با روش‌های صحیح کاربرد یافته‌های علمی در زندگی اجتماعی توجه کرد. در این حوزه و با توجه

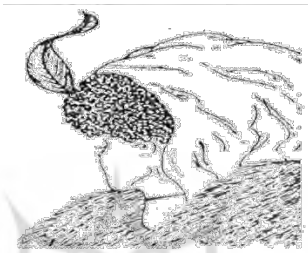
به موضوع این پژوهش یعنی روشنگری ماهیت علم، به طور نمونه به دو پرسش اشاره می شود: چه چیزی علم را از دیگر تلاش‌های بشری جدا می‌کند؟ و چگونه در جامعه علمی اجماع پدید می‌آید؟ پاسخ به این پرسش‌ها از طرفی به تبیین ماهیت علم کمک می‌کند و از طرف دیگر استلزام‌هایی برای آموزش علوم خواهد داشت.

معلمان علوم در تبیین پرسش اول می‌توانند به تفاوت حوزه‌هایی مانند علم، فلسفه و هنر اشاره نمایند و تلاش کنند تفاوت کار دانشمندان را با کار فیلسوفان و هنرمندان نشان دهند. در این باره می‌توان با اشاره به خاستگاه و هدف هر یک از قلمروها، تفاوت آنها را نشان داد و بدین ترتیب ویژگی‌های ماهوی علم را بیش از پیش آشکار کرد. چنانکه، نقیب زاده بیان می‌کند علم نظامی از فرضیه‌ها و نتیجه‌هایی است که یا بر بنیاد آزمون تجربی به دست آمده‌اند و یا حاصل سنجش‌های منطقی هستند. بدین ترتیب، خاستگاه علم میل به شناسایی و دانستن علت رویدادها و رابطه میان آنهاست و مقصد آن نیز دست‌یابی به توانایی پیش بینی رویدادها و تأثیر در روند آنها و نیز پدید آوردن برخی رویدادهاست. اما، خاستگاه هنر آفرینندگی و نیاز به گفتن و بازگویی است و هدف آن نیز پدید آوردن شکوه و زیبایی است. لذا، می‌توان تفاوت قلمرو علم را با دیگر قلمروهای دانش بشری روشن کرد (Naghib Zadeh, 2007). نکته دیگری که در این باره اهمیت دارد، توجه به تعامل حوزه‌های گوناگون فعالیت‌های اجتماعی بشر مانند تعامل فلسفه و هنر با علم است. به نظر می‌رسد که شکل‌های گوناگون زندگی اجتماعی از فلسفه و علم گرفته تا افسانه و شعر، در کنار هم و در رقابت با یکدیگر به پیشرفت دانش و گسترش آگاهی آدمی می انجامند. هر شکلی از زندگی اجتماعی از جمله علم، ساختاری ویژه و روشی محدود دارد و از آنجاکه شکل‌های زندگی اجتماعی بسیارند، ماندن در حصار تنگ هر یک و از جمله علم، بسی تنگ نظری و جزم اندیشی است (Bazghandi, 2011). درباره تعامل فلسفه با علم نیز بحث‌های زیادی شده است که به برخی از آن‌ها در روشنگری نقش فلسفه در تبیین ماهیت علم و استلزام‌های آن برای تدریس علوم اشاره شد. البته بحث‌های بیشتر درباره تعامل فلسفه با علم فراتر از موضوع این نوشتار است و می‌توان برای آشنایی و بهره گیری از آنها در تدریس علوم به منابع مربوطه رجوع کرد و یا پژوهش‌های دیگری را انجام داد. اما در اینجا می‌توان به مثالی از تعامل هنر با علم اشاره کرد و آن استفاده از شیوه‌ها و روش‌های هنری در تدریس علم است. در این راستا، استلی قواعد و رسوم هنر را موقتی، ناکامل، محدود، استثناپذیر و محلی می‌داند. به باور او، چنین ویژگی‌هایی بیشتر سلبی است و گویای ویژگی‌های ایجابی روش یا به سخن دیگر روش‌های هنری نیست (Staley, 1999). تبیین چنین ویژگی‌هایی خود نیازمند پژوهش یا پژوهش‌های دیگری است،

اما به عنوان نمونه می‌توان پیشنهاد کرد که معلم علوم به ایده‌های متفاوت و افق‌های گوناگونی که چه بسا تاکنون تجربه پذیر نبوده و نیستند و نیز با باور همگانی، نظریه‌ها و روش شناسی های موجود رویارو هستند، احترام گذاشته و آنها را تشویق کند. همچنین، او می‌تواند با طرح پرسش‌های بیشتر و پاسخ‌های غیرمستقیم و پرسش برانگیز راه را برای دقت و نیز فعالیت خلاقانه فراگیرانش باز کند. در این خصوص، لدرمن و عبدالخال نمونه‌هایی را مثال می‌زنند که می‌تواند برای معلمان علوم روشنگر باشد. یکی از این مثال‌ها، زن جوان و پیر زن نام دارد که در تصویرهای (۱)، (۲) و (۳) نشان داده شده است (Lederman and Abd-El-Khalick, 2002, PP.104-106).



تصویر (۱)



تصویر (۲)

تصویر (۳)

معلم، نخست تصویر (۱) و سپس تصویر (۳) را پیش روی فراگیران قرار می‌دهد و از آنها می‌خواهد برداشت خود را از آنچه می‌بینند، بیان کنند. بیشتر جواب‌ها ناظر به آن است که تصویر (۱) مربوط به یک پیرزن و تصویر (۳) مربوط به یک زن جوان است. در گام بعدی، معلم تصویر (۲) را نشان می‌دهد و از فراگیران می‌خواهد که به گونه دیگری بنگرند. چنین است که برخی با تغییر افق دید، تصویر (۱) را نیز یک زن جوان می‌بینند. اکنون معلم می‌تواند پرسش‌هایی به این صورت مطرح کند که چرا برخی از ما فقط یکی از تصویرها را دیدیم؟ آیا ممکن است دانشمندی هم واقعیتی را از یک دیدگاه ببیند و تفسیر ویژه‌ای از آن داشته باشد و این در حالی است که دانشمند دیگر همان رویداد را از دیدگاه دیگری ببیند و برداشت دیگری از آن ارائه کند؟ بدین ترتیب، می‌توان حرکت نسبی ستاره‌ها و سیاره‌ها و از جمله زمین، ماه و خورشید را با توجه به مشاهده‌های روزمره و تبیین‌های متفاوت دانشمندان در طول تاریخ از چگونگی حرکت آنها مورد بحث قرار داد.

درخصوص پرسش دوم یعنی چگونه در جامعه علمی اجماع پدید می‌آید؟، معلمان علوم می‌توانند به خردگرایی علمی به عنوان معیار اجماع اشاره کنند. فایرابند اشاره می‌کند که از قیاس ناپذیری دو نظریه

رقیب نمی‌توان نتیجه گرفت که آنها را به هیچ وجه نمی‌توان مقایسه کرد. او یکی از راه‌های مقایسه نظریه‌های رقیب را رویارو کردن آنها با مجموعه‌ای از آزمایش‌های تجربی در وضعیت‌های گوناگون تجربی و بررسی میزان سازگاری هر یک از نظریه‌های رقیب با آن وضعیت‌ها می‌داند. البته او تأکید می‌کند که سازگاری هر نظریه از دیدگاه خودش بررسی شود. او معیارهای دیگری چون غیرخطی و پیچیده بودن، همسازی و نیز تقریب‌های بدیع و بی‌باکانه (در مقابل محافظه کارانه) را برای سنجش روایی یک نظریه نسبت به دیگر نظریه‌های رقیب بر می‌شمرد (Feyerabend, 1993). چنانکه ملاحظه می‌شود، معیارهای موردنظر تا حدی نیازمند بهره گیری از خرد به عنوان معیار داوری درباره نظریه‌های رقیب است و چنین فرایندی همان فرایند دسترسی به اجماع در بین دانشمندان در فرایند طرح و بررسی موضوع‌های گوناگون علمی است.

ماهیت علم با نظر به روان شناسی علم و نقش آن در تدریس علوم

به بیانی ساده، روان شناسی علم مطالعه اندیشه و رفتار دانشمندان است. در این خصوص، فیست بر این باور است که در روان شناسی علم، به کمک روان شناسی می‌توان تحلیل کرد که دانشمندان از منظر روان شناختی کیستند و چه شخصیتی دارند. از این رو، در روان شناسی علم حوزه‌هایی مانند علوم عصب شناختی، روان شناسی رشد، شخصیت، روان شناسی شناختی، روان شناسی انگیزه، روان شناسی اجتماعی و برخی دیگر از حوزه‌های روان شناسی نقش آفرینی می‌کنند (Feist, 2006). اشاره به همه ابعاد و مباحث مربوط به روان شناسی علم در این نوشتار نه ممکن است و نه لازم و با توجه به هدف پژوهش فقط به برخی از ابعاد این قلمرو پرداخته می‌شود که می‌تواند به روشنگری ماهیت علم کمک کند.

مک کومس و السون بر این عقیده‌اند که در روان شناسی علم، شخصیت دانشمندان مطالعه می‌شود و حاصل چنین مطالعه‌ای روشنگر نکته‌هایی است. نخست این که دانشمندان به شیوه‌ای خلاقانه و نه روشی از پیش آشکار و قطعی به علم دست می‌یابند. نکته دیگر اینکه، آن‌ها نسبت به ایده‌های نو، دیدی باز و آزاد دارند و البته به خردمندی پایبندند. سرانجام مشاهده دانشمندان بدون سوگیری نیست (McComas and Olson, 2002). عزت خواه نیز در بیان ویژگی‌های دانشمندان به مواردی مانند کنجکاوی نسبت به محیط پیرامون خود، تواضع و فروتنی و پرهیز از افتخارات توخالی و بی دلیل، آزاد اندیشی، نگرش مثبت نسبت به شکست و دلسرد نشدن از تلاش مجدد، ارزیابی افکار و عقاید خود، واقع بینی در علم آموزی و تحقیق درباره هر موضوع قبل از پذیرش آن اشاره می‌کند (Ezatkhah, 2011). از این رو، معلمان علوم باید در کنار آموزش محتوای علوم به آشنایی دانش آموزان با شخصیت و ویژگی‌های دانشمندان نیز توجه داشته باشد. در این باره می‌توان به استلزام‌هایی اشاره کرد. یکی از این استلزام‌ها آزاد گذاردن فراگیر در

اندیشیدن درباره علم ورای باور همگانی و نظریه‌ها و روش شناسی های موجود و بر اساس تمایلات زیبایی شناسانه، متافیزیکی و حتی مذهبی است. بدین ترتیب، تبیین رویدادهای علمی بر اساس تمایلات زیبایی شناسانه، متافیزیکی و حتی مذهبی بستری را فراهم می‌کند که تجربه‌های نو فراگیر در این بستر، چه بسا افق‌های نوینی را می‌گشاید. چنین است که معلم باید فرصت آزاد اندیشی را ورای بازگویی دانش موجود علمی در کلاس درس خود فراهم کند. او در این راه نیازمند برداشتن گام‌هایی بدین شرح است: نخست، لازم است شرایط تعامل و فعالیت بیشتر فراگیران با بهره گیری از روش‌های تدریس فعال فراهم شود. دوم، دانش آموزان می‌آموزند که هیچ روش یگانه، گام به گام و جهان شمول برای علم وجود ندارد. فایرابند نیز معتقد است که هنجارهای خاص روش شناسانه ای که گاه اصول علمی[1] نامیده و منطقی، خردمندانه و جهان‌شمول پنداشته می‌شوند، راه را بر اندیشه‌های مخالف می‌بندند و آزادی فردی را محدود می‌کنند (Staley, 1999). چنین است که فایرابند آزادی فرد از تمام محدودیت‌ها از جمله هنجارهای خاص روش شناسانه علم را خواستار است. این نگرش نه به معنای انکار روش علمی و نه به معنای بی اعتنایی و نادیده انگاری روش‌های علمی موجود، بلکه به معنای محدود نشدن روش علم به روش شناسی ویژه و قطعی مانند استقرا، حدس و ابطال و مانند آن است. گام سوم، بهره گیری از قواعد و رسوم هنری است که پیش از این اشاره شد.

سرانجام می‌توان به نقش و اهمیت ذهنیت پیشین دانشمند در شکل دهی به مشاهده‌ها و آزمایش‌های تجربی او اشاره کرد که بسیاری از فلسفه‌های معاصر علم و از جمله فلسفه‌های واقع گرا/سازه گرا بر آن تأکید دارند (Bagheri ؛Wallner, 1994 ؛McComas and Olson, 2002 ؛Hanna and Harrison, 2002 Noaparast, 1995). دراین باره، لدرمن واژه «سوبژکتیو» را به کار می‌برد. او بر این عقیده است که دانش علمی سوبژکتیو و سرشار از نظریه است؛ به این معنا که باورها، دانش پیشین، آموزش‌ها و تجربه‌ها و توقع‌های دانشمندان، چگونگی معنادهی یا تفسیر مشاهده‌های آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lederman, 2007). لدرمن از این بحث به نکته دیگری می‌رسد و آن این که علم به عنوان یک فعالیت انسانی، محصول عوامل فرهنگی است. علم از عنصرهای گوناگون فرهنگی که در بستر آنها می‌روید، اثر می‌پذیرد و بر آنها اثر می‌گذارد. او به عنصرهایی مانند ساختارهای قدرت، عوامل سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، دین و به ویژه فلسفه اشاره می‌کند. از طرف دیگر، به طور سنتی تصور این بود که علم با تجربه و مشاهده آغاز می‌شود. در این باره، حتی یکی از آسیب‌ها در آموزش علوم این بوده است که در فرایند آموزش و به ویژه در گام‌های

[1]. Scientific Principles

نخست به مشاهده و تجربه حسی توجه نمی‌شود، اما نکته اینجاست که هر مشاهده و تجربه‌ای از سوی عنصرهای فرهنگی گوناگون از ساختارهای قدرت و عوامل سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و تاریخی گرفته تا دین و فلسفه جهت داده می‌شود. خانواده‌ای که فراگیر در آن بزرگ شده، باورها و شرایط فرهنگی آنها، سن و مقطع تحصیلی فراگیر و دیگر عوامل فرهنگی، همه و همه پیش فرض‌هایی را در او پدید آورده‌اند که از پس همه آنها به تجربه و مشاهده می‌پردازد. بدین ترتیب، معلمان باید با بهره گیری از مثال‌های ساده در قلمرو علم به فراگیران نشان دهند که هر مشاهده‌ای سرشار از نظریه است. نیاز در این باره دو مثال، یکی در قلمرو فیزیک و دیگری در قلمرو شیمی را مطرح می‌کند (Niaz, 2008). درباره مثال اول، معلم فیزیک می‌تواند از دانش آموزان بخواهد که تصور کنند ارسطو (با این نظریه که زمین ثابت و خورشید حرکت می‌کند) و کپلر (با این نظریه که زمین در حال چرخش به دور خورشید است) بر فراز تپه‌ای ایستاده‌اند و طلوع خورشید را نگاه می‌کنند. آیا غیر از این است که هر دو در حال مشاهده یک پدیده هستند، در حالی که نظریه‌های آنها با یکدیگر رقیب هستند؟ نمونه دیگر، مدل اتمی پیشنهادی بوهر است. برخی در دفاع از روش استقراء چنین استدلال می‌کنند که بوهر پس از دیدن سری‌های بالمر و پاشن درباره طیف اتم هیدروژن، مدل خود را در تبیین نظری این سری‌های تجربی و آزمایشی ارائه کرده است، در حالی که اسناد تاریخی نشان می‌دهند که بوهر پیش از نوشتن نخستین مقاله‌اش درباره مدل اتمی پیشنهادی‌اش، درباره سری‌های بالمر و پاشن چیزی نشنیده بود. چنین است که مسئله بوهر نه تبیین سری‌های بالمر و پاشن بلکه تبیین نظری مسئله پایداری اتم رادرفورد بود. مسئله او این بود که اگر رادرفورد می گوید الکترون‌ها با بار منفی در اطراف هسته مثبت قرار دارند و با توجه به این که بارهای مثبت و منفی یکدیگر را می‌ربایند، پس چرا الکترون‌ها روی هسته سقوط نمی‌کنند و اتم همچنان پایدار است؟ فراگیران با چنین توضیح‌هایی می‌آموزند که از طرفی روش استقراء که مشاهده را نقطه آغازین پیدایش علم می‌پندارد، گویای چگونگی پیدایش و گسترش علم نیست و از طرف دیگر تبیین نظری و نه تعمیم تجربی گامی اساسی در پیدایش علم است.

نتیجه

ماهیت علم، رو شنگری‌هایی برای آموزش علوم دارد که در این پژوهش تلاش شد همسو با نظریه پیچیدگی، تبیینی میان رشـــته‌ای از ماهیت علم ارائه و ســـپس نقش ابعاد ماهیت علم در تدریس علوم تبیین شـــود. یکی از یافته‌های پژوهش این بود که ترســـیم ویژگی‌های ماهوی علم نیازمند توجه و بهره گیری از یافته‌های ر شته‌های گوناگون از فلسفه و تاریخ گرفته تا جامعه شنا سی و روان شنا سی ا ست. بدین ترتیب، می‌توان گفت علم ماهیتی میان رشته‌ای دارد.

توجه به ماهیت میان رشته‌ای علم در تدریس علوم سبب می‌شود معلمان با فراتر رفتن از نگرش پوزیتیویستی، از طرفی تدریس علوم را به انتقال نتایج و اطلاعات علمی یا به تعبیری به فرآورده‌های علمی محدود نکنند و به فرایند علم همچون کاری که دانشمندان در طول تاریخ کرده‌اند، نیز توجه کنند و از طرف دیگر با فراتر رفتن از مرزهای رشته علمی که تدریس می‌کنند، علم را در بستر گسترده تاریخ، فلسفه، روان شناسی و جامعه شناسی و در معنایی گسترده در پیوند با همه دیگر دستاوردهای فرهنگ بشری نگریسته و معنا کنند. پی گیری چنین رویکردی در آموزش علوم به روشن‌تر شدن ماهیت علم برای فراگیران کمک خواهد کرد. در با هم نگری بحث‌های ارائه شده در این مقاله و در روشنگری بیشتر می‌توان چنین گفت که آموزش علم نیازمند آن نیست که تعریفی روشن، کامل و یگانه از ماهیت علم از سوی معلم علوم در اختیار دانش آموزان قرار گیرد، بلکه ضرورت دارد معلم علوم رویکردی میان رشته‌ای را در آموزش علوم در پیش گیرد و در پی گیری چنین رویکرد میان رشته‌ای است که دانش آموزان، در بستری ملموس و عملی، به برخی ویژگی‌های ماهوی علم پی برده و با ماهیت علم بیش از پیش آشنا می‌شوند. در این باره و با توجه به بحث‌های این نوشتار، در نقد وضعیت موجود آموزش علوم در کشورهای مختلف و از جمله کشور ما می‌توان گفت چه بسا برخی مشکلات اساسی آموزش علوم حاصل نادیده انگاری ماهیت میان رشته‌ای آموزش علوم است.

چنانکه ملاحظه شد، بازنگری در رویکرد فروکاهشی، جزء نگر و تفکیکی آموزش علوم و اتخاذ رویکردی میان رشته‌ای و کل‌نگرانه پیشنهاد می‌شود. با چنین نگاه کل نگرانه ای، معلمان علوم حتی از قلمرو فلسفه علم و تعریف آنچه علمی هست یا نیست، فراتر رفته و از طرفی به زمینه‌های تاریخی و اجتماعی پیدایش و گسترش علوم و از طرف دیگر به ویژگی‌های شخصیتی دانشمندان نیز توجه کرده و آموزش خود را با توجه به همه این نکته‌ها بنا می‌گذارند. چنین بینش کل نگرانه ای مقدمه‌ای است برای این که معلمان علم را در پیوند با دیگر دانش‌های بشری و در زمینه گسترده فرهنگ بشری نگریسته و آموزش دهند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

References

Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: The impact of a philosophy of science course on pre-service science teachers views and instructional planning. *International Journal of Science Education.* 27(1), 15˚42. Doi: 10.1080/09500690410001673810

Bagheri Noaparast, K. (1995). Toward a more realistic constructivism. *Advances in personal construct theory*. (3), 37-59. Retrieved from http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2413866

Bazghandi, P. (2011). *Investigating the principles and methods of teaching chemistry based on review and critique of Feyerabend's theory about the nature of science and the manner of its expansion,* (MA thesis, Kharazmi University, Tehran, Iran). (In Persian)

Ben-David, J., and Sullivan, T. A. (1975). Sociology of science. *Annual Review of Sociology*. 1(1), 203˚222. Doi: 10.1146/annurev.so.01.080175.001223.

Bhaskar, R. (2008). *A realist theory of science*. New York: Rout ledge.

Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd Ed). Cambridge: Hackett publishing company.

Clarck, C. (1997). Why teachers need philosophy? (K. Bagheri Noaparast, Trans.). In: K, Bagheri and M. Attaran (Eds.), *Contemporary philosophy of education*. Tehran: Mehrab Ghalam. (In Persian).

Davis, B., and Sumara, D. (2006). *Complexity and Education: Inquiries into learning, teaching and research*. London: Lawrence Erlbaum Associates.

Ezatkhah, K. (2011). *The teaching method of natural and social sciences in primary schools.* Tehran: Payame Noor. (In Persian)

Feyerabend, P. K. (1993). *Against method.* (3rd Ed). London: Verso.

Feyerabend, P. K. (1999). *Knowledge, science and relativism: philosophical papers*. Cambridge: Cambridge University Press.

Feist, G. J. (2006). *The Psychology of Science and the Origins of the Scientific Mind.* New Haven, CT: Yale University Press.

Glasersfeld, E. V. (2001). The radical constructivist view of science. *Foundations of Science*, 6 (1˚3), 31˚43. Doi: 10.1023/A: 1011345023932

Goldman, S. L. (2007). Systems, chaos, and self-organization. In *Great scientific ideas that changed the world* (pp. 92-102). Virginia: The teaching company.

Hanna, P., and Harrison, B. (2002). The limits of relativism in the late Wittgenstein. In S. D. Hales (Ed.), *A companion to relativism*. New York: Wiley-Blackwell.

Hooker, C. (2011). *Philosophy of complex systems*. New York: Elsevier.

Kuhn, T. S. (1952). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: university of Chicago press.

Lakatos, I. (1976). Falsification and the methodology of scientific research programs. In I. Lakatos., and A. Musgrave (Eds.), *criticism and the growth of knowledge* (pp. 53-70). London: Rout Ledge.

Lederman, N., and Abd-El-Khalick, F. (2002). Avoiding de- natured science: activities that promote understandings of the nature of science. In W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationals and strategies* (pp. 83-126). London: Kluwer academic publishers.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., and Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learner s conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 39 (6), 497-521. Doi: 10.1002/tea.10034

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present and future. In S. K. Abell., and N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Losee, J. (2001). *A historical introduction to the philosophy of science.* (4rd Ed). Oxford: Oxford University Press.

Mason. M. (2008). *Complexity theory and the philosophy of education*. New York: Wiley and Blackwell.

Mathews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. London: Rout ledge.

Matthews, M. (2002). Foreword and introduction. In W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationals and strategies* (pp. xi-xxi). London: Kluwer academic publishers.

McComas, W. F. (2002). The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationals and strategies* (pp. 53-70). London: Kluwer academic publishers.

McComas, W. F., Clough, M. P., and 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: rationals and strategies* (pp. 3-39). London: Kluwer academic publishers.

McComas, W. F., and 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: rationals and strategies* (pp. 41-52). London: Kluwer academic publishers.

Merton, R. B. (1992). *The sociology of science*. Chicago: The University of Chicago Press.

Naghib Zadeh, M. A. (2007). *An Introduction to 20th philosophical views.* Tehran: Tahoori. (In Persian).

Niaz, M. (2008). *Teaching general chemistry: a history and philosophy of science approach*. New York: Nova Science.

Peters, M. (2006). Philosophy of science education. *Educational philosophy and theory*. 38(5), 579-584. doi:10.1111/j.1469-5812.2006.00223.x

Pinnick, C., and Gale, G. (2000). Philosophy of science and history of science: A troubling interaction. *Journal for General Philosophy of Science*. 31(1), 109˚125. doi: 10.1023/A:1008353021407

Popper, K. R. (2010). *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*. New York and London: Rout ledge.

Scheffler, I. (1992). Philosophy and the curriculum. *Science and education*. 1(4), 385-394. Doi: 10.1007/BF00430965

Staley, K. W. (1999). Logic, Liberty, and Anarchy: Mill and Feyerabend on scientific method. *The Social Science Journal*. 36(4), 603-614. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0362-3319(99)00042-7

Trefil, J. (Ed.). (2003). *the nature of science: An A-Z guide to the laws and principles governing our universe*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.

Vihalemm, R. (2007). Philosophy of chemistry and the image of sciencc. *Foundation of Science.* (12), 223˚234. Doi: 10.1007/s10699-006-9105-0

Wallner, F. (1994). *Constructive realism: aspects of a new epistemological movement*. Vienna: BraumÜller.

Zarghami-Hamrah, S. (2011). Deconstruction of knowledge nature in the views of Derrida and Feyerabend: the possibility and necessity of interdisciplinary studies in higher education, *International journal of interdisciplinary social sciences*. 5(2), 481-490. Retrieved from: http://connection.ebscohost.com/c/articles/73151269

Zarghami-Hamrah, S. (2014). A constructivist/realistic vision toward the nature and elements of science: A base for revising in science education. *Foundations of education*. 4(1), 5-28. Retrieved from: http://fedu.um.ac.ir/index.php/education/article/view/29506 (In Persian)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی