شهریار غفاری
دبیر فیزیک و کارشناس ارشد فلسفهٔ علم؛ دانشگاه شریف

اهمیت آموزش ماهیت و تاریخ علم

مقدمه

اهمیت دوره‌های آموزش عمومی قبل از دانشگاه در آموزش فکری نسل جوان بر کسی پوشیده نیست. در بین مواد درسی مدارس، علوم تجربی - از جمله فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی که در کنار ریاضیات از آن‌ها تعبیر به علوم پایه می‌شود - جایگاه خاصی در برنامهٔ درسی دارد. از ویژگی‌های علوم تجربی این است که تدریس این درس‌ها در تمام کشورها، با هر ملیت و فرهنگی، تقریباً با رویکردهای واحدی صورت می‌گیرد. با این حال، تجربه‌هایی که تاکنون در آموزش علوم کسب شده نشان می‌دهد که در رویکردهای موجود مشکلات مبنائی و ریشه‌ای وجود دارد که کمابیش مورد توجه بزرگان عرصهٔ آموزش علم نیز قرار گرفته و برای حل آن‌ها راهکارهایی پیشنهاد شده است. رویکردی که در این مقاله با عنوان رویکرد همه‌جانبه مورد تأکید قرار می‌گیرد، با برداشتی خاص از فلسفهٔ آموزش علوم، خواهان توجه لازم به همهٔ ابعاد و دستاوردهای علمی است. این رویکرد، همچنین خواستار توجه به ماهیت علم و تاریخ علم در آموزش علم است و در این مقاله به چرایی و چگونگی آن پرداخته و به بعضی از انتقادهای موجود در این راستا نیز پاسخ لازم داده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تاریخ علم، ماهیت علم، طرح هاروارد، تاریخ مکانیک ماخ

نگاهی به تاریخچهٔ آموزش علوم

علم[1] به‌طور رسمی در نیمهٔ قرن ۱۸ م. و پس از کشمکش‌هایی، با نام «فلسفهٔ طبیعی» وارد مدارس انگشت‌شمار آن زمان اروپا شد و در کنار الهیات و کلام و ادبیات کلاسیک جایی برای خود باز کرد. در قرن ۱۹ م. عده‌ای از بزرگان عرصهٔ علم و اندیشه از جایگاه علم در مدارس حمایت کرده و به آن رونق دادند[2]. اما پیشگامان آموزش علم سلیقه‌های مختلفی دربارهٔ نحوهٔ انجام این کار داشتند. ابتدا در جامعهٔ علمی انگلستان از آموزشی استقبال شد که علم را در خدمت جامعه و زندگی به‌کار می‌گرفت. به همین دلیل در کتاب‌های درسی سعی می‌شد به مسائل کاربردی بیشتر از مسائل نظری پرداخته شود. کتاب فلسفهٔ طبیعی (۱۷۵۰ م.) جیمز فرگوسن از اولین کتاب‌ها در این زمینه بود که در آن «شصت و دو صفحه از متن به ماشین‌ها و چهل صفحهٔ باقی‌مانده، به پمپ‌ها اختصاص داده شده بود[3]». به موازات این رویکرد، رویکرد دیگری، ابتدا در آمریکا و تحت تأثیر انتقادهای جامعهٔ دانشگاهی به رویکرد کاربردی، به‌وجود آمد که به آموزش علم با نظامات خاص آن تأکید داشت؛ به این صورت که علم با همان تشخص ویژه‌ای که در میان سایر علوم دارد باید آموزش داده شده و شناخته شود. بارزترین وجه نظام علم و تشخص آن، در نظر این عده، نظری بودن آن بود. به این معنی که عقیده داشتند در علمی مانند فیزیک یا زیست‌شناسی نظریه‌های مطرح و شناخته شده‌ای وجود دارد که این نظریه‌ها محتوای کلی این علوم را دربردارند، بنابراین در آموزش فیزیک باید مقادیر معتنابهی از نظریه‌های فیزیک و در آموزش زیست‌شناسی مقادیر معتنابهی از نظریه‌های زیست‌شناسی در رأس برنامه قرار گیرد. این رویکرد در نیمهٔ اول قرن بیستم، به‌ویژه در سال‌های آغازین قرن، رویکرد غالب بود، اما همان‌طور که انتظار می‌رفت آرام‌آرام انتقادها علیه آن شروع شد. یکی از انتقادها این بود که این رویکرد موضوع‌های بسیار زیادی را هم به لحاظ نظری و هم از نظر نیاز به زمان آموزش، به ذهن دانش‌آموز تحمیل می‌کند. به‌عنوان مثال، در سال ۱۹۰۹ یک معلم زیست‌شناسی با اشاره به بار سنگین نظری کتاب‌های آن دوره اعتراض کرد که این کتاب‌ها به‌حدی دایرةالمعارفی و نظری هستند که گویی برای آزمون دکتری تألیف شده‌اند[5]. تحت تأثیر این نوع انتقادها و نیز جو اجتماعی به‌وجود آمده در زمان جنگ جهانی دوم، رویکرد کاربردی بیش از پیش مدنظر قرار گرفت. در این میان، دیدگاه دیگری نیز در آموزش وجود داشت که احتمالاً اولین بار در کتاب‌های درسی که ارنست ماخ در اواخر قرن ۱۹ م. نوشت، مطرح شد. ماخ در علم فیزیک، به‌خاطر بازساخت مکانیک نیوتونی در کتاب «علم مکانیک» و رد دیدگاه‌های نیوتون دربارهٔ مفاهیم فضا و زمان مطلق، به‌عنوان دانشمند شناخته شده بود، در فلسفه نیز به‌خاطر مطرح کردن ایدهٔ پدیدارگرایی در فلسفهٔ علم، شهرت داشت، علاوه بر این‌ها معلمی صاحب‌نظر نیز بود. رویکرد خاص ماخ به آموزش

این افتخار را برایش همراه آورد که اینشتین دربارهٔ آن گفت: «در فضایی که جهان‌بینی مکانیکی بر افکار فیزیک‌دان‌ها سایه افکنده بود، این کتاب «تاریخ مکانیک» ماخ بود که مسیر را عوض کرد و در دیدگاه من، بیشترین سهم را در از بین بردن این جهان‌بینی جزمی داشت[۶].» ماخ کتاب‌های درسی زیادی برای دانش‌آموزان نوشت که اولین آن‌ها در ۱۸۸۶ م. منتشر شد. خیلی از بزرگان فیزیک قرن بیستم، با همین کتاب‌ها وارد جهان فیزیک شدند. ماخ در کتاب‌هایش مقدمه‌ای تاریخی و منطقی برای آن علم تدارک می‌دید؛ به این ترتیب که در آن‌ها سعی می‌کرد، دانش‌آموز را با چند پدیده و تفکر اولیهٔ ساده و کلاسیک، که فیزیک‌دانان بزرگ، فیزیک را با آن‌ها ساخته بودند، آشنا سازد[۷]. رویکرد ماخ در آموزش، البته، مدتی مسکوت ماند ولی با جنبشی که در نیمه‌های قرن بیستم در دانشگاه هاروارد به راه افتاد، به شکل گسترده‌ای احیا شد. رئیس دانشگاه هاروارد در آن زمان ج. ب. کونانت[۸] بود که رویکرد موردی[۹] و تاریخی او در آموزش علم بسیار مورد قبول جامعهٔ علمی و حتی دولت‌مردان ایالات متحده قرار گرفت. او تلاش‌های زیادی را برای معرفی این سبک، در سطح آموزش عمومی (قبل از دانشگاه) انجام داد. از جمله اینکه طی گزارش‌هایی که با نام کمیتهٔ هاروارد منتشر می‌شد دیدگاه جدید خود در آموزش علوم را معرفی کرد. در بخشی از گزارش سال ۱۹۴۵ م. که تحت عنوان «آموزش آزاد در جامعهٔ باز» منتشر شد، آمده است:

«آموزش علوم در دورهٔ آموزش عمومی باید توسط چند عنصر تلفیقی انجام گیرد: مقایسهٔ تفکر علمی با انواع دیگر تفکر، مقایسه و مقابلهٔ یک علم خاص با علوم خاص دیگر، بررسی رابطهٔ علم با گذشتهٔ آن و با تاریخ عمومی و مسائل جامعهٔ بشری.»[۱۰]

رویکرد اخیر از این جهت با دو رویکرد دیگر تفاوت داشت که در دو رویکرد قبلی سعی می‌شد تنها به یک بُعد از علم پرداخته شود، اما این رویکرد همه‌جانبه بود و علم را به‌عنوان دستاوردی انسانی و ثمره‌ای خاص از تفکر بشری، با اوصاف خاص، که در تعامل آشکار باوجوه دیگر اندیشه و زندگی اجتماعی انسان است، معرفی می‌کرد. نمونهٔ بارز و عملی چنین آموزشی، بعد از تلاش‌های ده‌سالهٔ جنبش هاروارد، در فیزیک و باعنوان طرح «فیزیک هاروارد»، تجلی کرد. این طرح که در زمان خود یک طرح ملی در برنامه‌ریزی درسی محسوب می‌شد چند هدف را دنبال می‌کرد، از جمله اینکه به‌جای گفت‌وگو دربارهٔ اطلاعات پراکنده و مجزا از هم می‌کوشید، با تمرکز بر اندیشه‌هایی که علم فیزیک را به بهترین وجه به‌عنوان یک علم مشخص کند، یاری دهندهٔ افزایش شناخت شاگردان نسبت به جهان فیزیک باشد و شاگردان را یاری دهد تا علم فیزیک را به‌صورتی واقعی و آن‌چنان که هست، به‌صورت فعالیت انسانی همه‌جانبه، بنگرند؛ و این بدان معناست که موضوع به‌صورت چشم‌انداز تاریخی و فرهنگی آن ارائه شود...»[۱۱]. طرح فیزیک هاروارد در دههٔ ۶۰ قرن بیستم اجرایی شد «به‌طوری که ده‌ها فیزیک‌دان و کارشناس آموزش‌وپرورش، طی تلاشی نزدیک به هشت سال، کتاب‌های درسی و یا پیوست‌هایی از کتاب‌های کار و فیلم‌ها و دستاوردهای دیگر تهیه کرده و آن را در بیش از صد دبیرستان با هزاران دانش‌آموز آزموده بودند.»[۱۲] طرحی که گفته شد «بیش از شصت پژوهش در خصوص موفقیت آن انجام گرفته و چاپ شده بود که همگی نتیجه‌ای مثبت و رضایت‌بخش را برآورد کرده بودند»[۱۳].

باری، هر سه رویکرد گفته شده در نیمهٔ دوم قرن بیستم به حیات خود ادامه دادند و هنوز هم ادامه می‌دهند. باید دانست که نمی‌توان هیچ یک از این رویکردها را منسوخ یا یکی را برتر از دیگری دانست. لیکن، هر یک از آن‌ها، به تناوب، در جوامع آموزشی در حال جایگزینی با یکدیگر بوده‌اند. آنچه در حال حاضر و در ابتدای قرن بیست و یک میلادی مشاهده می‌شود این است که پس از دوره‌ای که رهیافت نظری رواج داشته، انتقادها علیه آن شدت گرفته است و در بین منتقدان، طرفداران رویکرد تاریخی با شدت بیشتری خواهان تغییر این رویه هستند. از جملهٔ تلاش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته است، تشکیل «گروه بین‌المللی تاریخ، فلسفه و آموزش علم» است که با انجام کنفرانس‌های متعدد در دو دههٔ اخیر و انتشار مجله‌ای با نام «علم و آموزش»، در این جهت فعالیت می‌کند. این تلاش‌ها با محوریت مایکل متیوس استاد دانشگاه نیو ساوت ولز[۱۴] انجام گرفته است و همچنان، به‌طور مستمر، ادامه دارد.

فلسفهٔ آموزش علم

با مروری که تا اینجا بر تاریخچهٔ آموزش علم داشتیم وجود سه نوع رویکرد در آن مسلم شد،

۱. رویکرد کاربردی
۲. رویکرد نظری
۳. رویکرد همه‌جانبه

هر یک از این سه رویکرد، در واقع، با سه برداشت مختلف از فلسفهٔ آموزش علم به‌وجود آمده‌اند. به‌عبارت دیگر، هر یک از این رویکردها تلقی خاصی از اهداف و ضرورت‌های آموزش علم دارند.

رویکرد کاربردی هدف اصلی آموزش علم را استفاده از آن علم به‌منظور بهبود زندگی فردی و اجتماعی و افزایش آگاهی بشر در این زمینه‌ها می‌داند. برای مثال، معتقد است که دانش شیمی تنها در آن حدی مورد نیاز است که ما را از ماهیت مسائلی چون سوراخ شدن لایهٔ اوزون و غیره آگاه کند. یا در سطح آموزشی عمومی فیزیک و زیست‌شناسی، نیازی به بسط دقایق و ظرایف نظریه‌های علمی نیست و تنها، آن اندازه آشنایی با نظریه‌ها مورد نیاز است که این نظریه‌ها بتوانند ما را با دستاوردهای این علوم در زندگی روزمره آشنا و سواد لازم برای زندگی در شرایط فعلی را در ما ایجاد کنند. این رویکرد مورد نقد رویکرد نظری است، چون، به اعتقاد ناقدان، در صورت رواج چنین آموزشی، کاروان علم، شتاب حرکت خود را از دست خواهد داد. به‌نظر می‌رسد در آموزش نظری، تصوری پس‌زمینه‌ای دربارهٔ ماهیت علم وجود دارد که نقش اصلی را در تشخص بخشیدن به علم ایفا می‌کند، و آن، این است که علم مجموعه‌ای از اطلاعات را دربارهٔ انسان و جهان در اختیار

آموزش علوم در دورهٔ آموزش عمومی باید توسط چندعنصر تلفیقی انجام گیرد: مقایسهٔ تفکر علمی با انواع دیگر تفکر، مقایسه و مقابلهٔ یک علم خاص با علوم خاص دیگر، بررسی رابطهٔ علم با گذشتهٔ آن و با تاریخ عمومی و مسائل جامعهٔ بشری

بشر می‌گذارد که قابل توجه‌اند. فیزیک دربارهٔ ساختار این جهان، کهکشان‌ها و...؛ شیمی دربارهٔ ساختار مواد، فرایندهای شیمیایی و... و زیست‌شناسی دربارهٔ بدن موجودات زنده، اطلاعاتی در اختیار ما می‌گذارند که اگر چه در معرض ابطال‌اند، لیکن چون به شیوه‌ای علمی به‌دست آمده‌اند باارزش‌اند و این اطلاعات باارزش باید در ذهن دانش‌آموزان ذخیره شوند.

نگارنده فعلاً به‌درستی یا نادرستی این تصور کاری ندارد.[۱۵] اما به یک دلیل، که برای اصحاب آموزش باید مهم باشد، با رویکردی که بر مبنای این تصور ساخته شود، مخالف است، زیرا بحران‌هایی که در قلمرو آموزش علم پدید آمده و یا پدید می‌آید؛ اغلب تحت تأثیر چنین رویکردی شکل می‌گیرند؛ بحران‌هایی که در فضاهای آموزشی، ابتدا به‌صورت گریزان شدن دانش‌آموزان از علم و کم‌علاقگی آن‌ها به کلاس‌های علمی و سپس به‌صورت کاهش سطح سواد علمی بروز می‌کند. نمونه‌ای از این بحران‌ها در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ در ایالات متحده به‌وجود آمد: «در دههٔ ۱۹۸۰ در ایالات متحده هر سال ۶۰۰ نفر از فارغ‌التحصیلان دورهٔ کارشناسی علوم وارد حرفهٔ معلمی شده‌اند درحالی‌که ۸۰۰۰ نفر آن را ترک کرده‌اند. در ۱۹۸۶، ۷۱۰۰ دبیرستان ایالات متحده فاقد دورهٔ آموزش فیزیک و ۴۲۰۰ دبیرستان، فاقد دورهٔ شیمی بوده‌اند. در ۱۹۹۰ تنها چهار مدرسهٔ دولتی بودند که دورهٔ سه ساله در آموزش علوم داشتند و نتیجه این شد که فارغ‌التحصیلان دبیرستانی زیادی داشتیم که فقط دو سال آموزش علوم داشتند. بدون توجه به آمار سنوات، هفتاد درصد کل دانش‌آموزان مدرسه در اولین فرصتی که به‌دست می‌آوردند از علوم فرار می‌کردند. این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که چرا در ۱۹۸۶ کمتر از یک پنجم فارغ‌التحصیلان دبیرستان‌ها اصلاً فیزیک نخوانده‌اند. در سال ۱۹۹۱ کمیسیون علم، فناوری و حکومت در بنیاد کارنگی هشدار داد افول آموزش علم با قدری جدی است که خطری بزرگ برای آیندهٔ ملت‌ها محسوب می‌شود.»[۱۶]

نمونهٔ بارز چنین بحرانی هم اکنون در ایران نیز وجود دارد[۱۷] که در ریشه‌یابی آن‌ها اغلب سعی می‌شود مسائل روان‌شناختی و شرایط زندگی اجتماعی به‌عنوان علت‌های اصلی معرفی شوند. غافل از اینکه چنین بحران‌هایی در سطح بین‌المللی و به‌دلیل رویکردهای نامناسب در آموزش به‌وجود آمده‌اند. به‌وجود آمدن همین بحران‌ها بود که انجمن گسترش علوم آمریکا (AAAS)[۱۸] را واداشت تا در سال ۱۹۸۵ م. با اجرای طرحی به نام «طرح ۲۱۰۶» در فلسفهٔ آموزش خود تجدیدنظر کند. در گزارش سال ۱۹۸۹ این انجمن، در تعریف شخص «باسواد علمی» آمده است: «از نظر علمی، شخصی باسواد محسوب می‌شود که؛ واقف باشد علوم، ریاضیات و فناوری، فعالیت‌های بشری وابستهٔ به هم هستند و نقاط قوت و ضعف خاص خود را دارند، مفاهیم و اصول اساسی علم را بفهمد، با جهان طبیعت آشنا شود و وحدت و کثرت مندرج در آن را تشخیص دهد و بالاخره دانش علمی و روش‌های علمی تفکر را برای نیل به اهداف شخصی و اجتماعی مورد استفاده قرار دهد.» (AAAS ۱۹۸۹)[۱۹]. رویکردی که AAAS در آموزش اتخاذ کرده بود اهداف همه‌جانبه‌ای را دنبال می‌کرد که در گزارش ۱۹۸۹ طی دوازده فصل با عناوین ریاضیات، فناوری، جهان فیزیکی، فلسفهٔ علم، تاریخ علم، محیط‌زیست، اندامگان انسان، جامعهٔ انسانی، طراحی جهان و... به تفصیل ارائه شده بود. در نزد معتقدان به رویکرد همه‌جانبه، فلسفهٔ آموزش، منطبق برچنین نگاه جامعی به آموزش علم است.

توجه به ماهیت علم

رویکرد همه‌جانبه در آموزش علوم مبتنی بر این است که در تدریس یک موضوع علمی باید ماهیت خود آن علم را نیز، حتی‌الامکان برای دانش‌آموزان روشن کرد. پرسش از ماهیت علم اساساً پرسشی فلسفی است. بنابراین، توجه به این پرسش در کلاس درس، کتاب درسی و... به‌معنای ترویج تفکر فلسفی در کلاس است. از این نکته نباید برآشفت و گمان کرد که فضای آموزش علم، انحرافی به‌سمت مسائل انتزاعی فلسفه خواهد داشت. بلکه تفکر فلسفی با موضوع علم، چنانچه با مهارت اعمال شود می‌تواند به مفهومی شدن کتاب‌های درسی علوم و کلاس‌های آن و ارتباط ذهنی دانش‌آموزان با مادهٔ درسی کمک شایانی بکند.

یکی از اشکال‌های جدی که به رویکردهای نظری و کاربردی گرفته می‌شود این است که با این رویکردها نمی‌شود تدریسی مفهومی، به‌معنی واقعی، از یک موضوع علمی ارائه داد. زیرا فهم عمیق از یک موضوع، زمانی حاصل خواهد شد که هرگونه تحلیل از آن، با تحلیلی فلسفی همراه شود. تحلیل و تفکر فلسفی دربارهٔ علم به دو صورت می‌تواند در آموزش اعمال شود: اول ایضاح ماهیت علم، و دوم باایضاح مفاهیم علمی از قبیل لختی و انرژی و... . تجربهٔ شخصی نگارنده نشان می‌دهد که ارائهٔ این دو توضیح به‌صورت جدا از هم امکان‌پذیر نیست لذا نتیجهٔ رضایت‌بخش، زمانی حاصل می‌شود که ما این دو کار را با هم انجام دهیم. به‌عنوان مثال اگر در کلاس فیزیک، برای فهم هر چه بیشتر دانش‌آموز، قصد داشته باشیم ماهیت علم فیزیک را بر دانش‌آموز روشن کنیم باید این کار را در ضمن آشنا نمودن او با مفهوم انرژی و لختی و مانند این‌ها انجام دهیم. چنین روشی از طرفی ماهیت فیزیک و از طرف دیگر ماهیت خود آن مفهوم را بسیار روشن خواهد کرد. نکتهٔ اخیر، به‌خوبی تفاوت یک کلاس آموزش همه‌جانبهٔ علم را با کلاس فلسفهٔ علم آشکار می‌کند. در فلسفهٔ علم معمولاً مباحث، صورت انتزاعی محض دارند درحالی‌که در کلاس آموزش علم، به‌دلیل ارائهٔ تلفیقی مسائل فلسفهٔ علم با نظریه‌ها و مفاهیم، به‌هیچ‌وجه مباحث از حالت ملموس خارج نمی‌شوند.[۲۰]

مسائل فلسفهٔ علم که باید در آموزش علم مورد توجه قرار گیرند عمدتاً از نوع معرفت‌شناختی[۲۱] هستند و پاره‌ای از آن‌ها عبارت‌اند از:

۱. دانشمند چگونه به یک مسئلهٔ خاص علم پیدا می‌کند؟ به‌عنوان مثال چرا گالیله متوجه شد سقوط آزاد حرکتی است با

رویکرد همه‌جانبه در آموزش علوم مبتنی بر این است که در تدریس یک موضوع علمی باید ماهیت خود آن علم را نیز، حتی‌الامکان برای دانش‌آموزان روشن کرد. پرسش از ماهیت علم اساساً پرسشی فلسفی است

نکتهٔ ظریفی که در بیان متیوس وجود دارد این است که در روش‌های فعلی که عمدتاً روش‌هایی مبتنی بر رویکرد نظری هستند، تفاوت‌های سنی به هیچ‌وجه مورد توجه قرار نمی‌گیرد

شتاب ثابت ولی فلاسفهٔ طبیعی قبل از او به این مسئله علم پیدا نکردند؟

۲. نظریه‌های علم جدید نظریه‌هایی دربارهٔ جهان واقعی‌اند؛ معنای این جمله چیست؟

۳. تأیید یا رد یک نظریهٔ علمی بر چه اساسی صورت می‌گیرد؟

۴. تبیین[۲۲]های علمی چه ویژگی‌هایی دارند؟

۵. نظریه‌های علمی تا چه اندازه از استحکام و اطمینان برخوردارند؟

۶. جایگاه ریاضیات در صورت‌بندی علوم چیست؟

۷. مفاهیم علمی چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟ کدام مفاهیم را «تجربی» و کدام مفاهیم را «نظری» می‌گویند و وجه تمایز آن‌ها چیست؟

۸. ایده‌آل‌سازی در علم یعنی چه و این امر چگونه به ریاضیاتی شدن علم کمک می‌کند؟ آیا نظریه‌هایی که در این شرایط ارائه می‌شوند قابل تطبیق با جهان واقعی هستند؟

۹. مفهوم «قانون» در علم چیست؟ اعتقاد به «وحدت» طبیعت در مقابل «کثرت» چگونه در این مفهوم متجلی می‌شود؟

۱۰. روش‌های علمی کدامند؟ دانشمندان در کجاها و از چه روش‌هایی استفاده می‌کنند؟

مسائلی از نوع مسائل متافیزیکی نیز وجود دارد که می‌تواند مورد توجه آموزش علوم قرار بگیرد. از جمله مسئلهٔ واقع‌گرایی - ابزارگرایی[۲۳] است که به دانش‌آموز یاد می‌دهد که باید بین «جهان علم» و «جهانی که علم می‌خواهد آن را توصیف کند» تمایز قائل شود.

لازم به یادآوری است که ورود چنین مسائلی به کلاس‌های درس به این معنا نیست که علم بایستی رنگ و بوی مکتب خاصی از مکاتب فلسفهٔ علم مانند استقراءگرایی، ابطال‌گرایی، فلسفهٔ علم کوهنی، واقع‌گرایی - ابزارگرایی و غیره را بگیرد. اتفاقاً برعکس، چنانچه این مسائل به روشی که در بخش بعد گفته خواهد شد، در کلاس طرح شوند، موجب ایجاد فکر در ذهن دانش‌آموز خواهند شد و این هدفی است که امروزه بسیاری از برنامه‌ریزان درسی می‌کوشند با چیدمانی خاص و تغییراتی اساسی در نحوهٔ ارائهٔ دروس، به آن نایل شوند. اما روشی که مدنظر ماست «مبنا قرار دادن تاریخ علم در تدریس» است. منبعی که، چون گنجینه‌ای مسکوت، اگر با رویکرد مناسب مورد استفاده قرار گیرد، ایضاح ماهیت علم، مفاهیم و نظریه‌های علمی را به بهترین شکل به‌همراه خواهد آورد و به‌علاوه جوانب دیگری از علم را برای فراگیر، روشن خواهد کرد، به‌طوری‌که می‌توان گفت آموزش همه‌جانبهٔ علم تحقق پذیرفته است.

تاریخ علم مبنای تدریس علوم

تاریخ علم بستر بیان چگونگی تکوین نظریه‌های علمی است. در رویکرد همه‌جانبه اعتقاد بر این است که این بستر می‌تواند زمینهٔ مناسبی نیز برای یادگیری همه‌جانبه از علم فراهم کند. اغلب در کتاب‌های آموزشی علوم، آن دسته از کتاب‌هایی که معتقد به بیان تاریخ علم در ضمن مطالب هستند، دوگونه توجه به تاریخ علم را شاهد هستیم. در بعضی از کتاب‌ها، فقط آن بخش‌هایی از تاریخ علم که جنبهٔ تقویمی و داستانی دارد، طوری در حاشیه یا متن کتاب طرح می‌شود که کاملاً مشخص است در متن با یک موضوع اصلی روبه‌رو هستیم و این مطالب نیز به آن‌ها ضمیمه شده است؛ به‌گونه‌ای که حذف آن‌ها هیچ خللی در بحث وارد نخواهد کرد. این نحوهٔ توجه به تاریخ علم مدنظر رویکرد همه‌جانبه نیست و چنین دیدگاهی را با کاری که در آموزش همه‌جانبه انجام می‌گیرد بیگانه می‌داند. آنچه در اینجا مورد نظر است این است که نظریه‌های علمی در بافت تاریخی‌شان و همراه با مسائلی از سنخ مسائل فلسفهٔ علمی آن‌ها به‌صورت تلفیقی ارائه شوند. به‌عنوان مثال در موضوع «حرکت پرتابی» در فیزیک، ابتدا به این مسئله توجه شود که این موضوع برای اولین بار چگونه در تاریخ فیزیک مطرح شد؟ آیا روشی که گالیله برای بررسی آن به‌کار گرفت - روش تحلیل هندسی - یک روش بدیع بود یا روشی مشابه آن‌چه قبلاً نیز وجود داشت؟ همچنین در موضوع «قانون شکست نور»، باید ابتدا فهمید این مسئله که «آیا با داشتن زاویهٔ تابش می‌توان زاویهٔ شکست را پیدا کرد؟» چگونه به دغدغهٔ ذهنی فلاسفهٔ طبیعی قرن شانزدهم تبدیل شده بود و سرانجام چگونه و با چه روشی این مسئله توسط دکارت حل شد؟ چگونه پای مثلثات به این موضوع باز؟ و موضوع‌هایی از این قبیل.

اما عملاً چگونه می‌توان این روش تلفیقی را در آموزش علم پیاده کرد؟ متیوس با اشاره به این مسئله از راهکارهایی در این زمینه نام می‌برد: «روش‌های مختلفی هست که معلمان می‌توانند تاریخ علم را به کلاس درس وارد کنند: از جمله از طریق در سالهها، بازتولید آزمایش‌های تاریخی، بازسازی‌های نمایشی و ایفای نقش[۲۴]های مناظره‌ها و وقایع تاریخی، چهره‌پردازی‌هایی از شخصیت‌های اصلی، رساله‌ها، طرح‌های فردی و گروهی، خواندن و تفسیر منابع اصلی. طرح‌ها و زندگی‌نامه‌ها برای بچه‌های مدارس ابتدایی، بهترین گزینه است. حمام ارشمیدس، فشار هوا، شکارچی‌های میکروب، کوپرنیک و... همه عناوینی هستند که نوجوانان را می‌توانند جذب خود سازند.»[۲۵]

نکتهٔ ظریفی که در بیان متیوس وجود دارد این است که در روش‌های فعلی که عمدتاً روش‌هایی مبتنی بر رویکرد نظری هستند، تفاوت‌های سنی به هیچ‌وجه مورد توجه قرار نمی‌گیرد. به‌عنوان مثال، در کشور ما کتاب‌های علوم دورهٔ ابتدایی از همان آغاز اصرار دارند به دانش‌آموزان بگویند «کار چیست؟»، «نیرو چیست؟» و... همان مفاهیمی که بعدها در کتاب‌های علوم دورهٔ راهنمایی و فیزیک و شیمی و زیست‌شناسی و زمین‌شناسی دورهٔ دبیرستان بارها به‌صورت مکرر با تفاوتی که نویسندهٔ کتاب، با در نظر گرفتن گروه سنی، اعمال کرده، ظاهر می‌شود. روش تاریخی به بهترین شکل می‌تواند این دوره‌های مختلف را مورد توجه قرار دهد. روشن است که نگارش کتاب‌های درسی که از طرفی بتوانند

مورد استفادهٔ آموزشی قرار بگیرند و از طرف دیگر تاریخ علم را به شیوه‌ای مناسب مورد بررسی قرار دهند به تلاشی وافر و افرادی صاحب‌نظر و با دید وسیع نیاز دارد. خوشبختانه چنین تلاش‌هایی، مخصوصاً در علم فیزیک، صورت گرفته است که می‌تواند به‌عنوان منبع درسی مورد استفاده قرار گیرد.[۲۶] نکتهٔ قابل ذکر که می‌توان در توضیح هر نظریه‌ای به منابع اصلی آن‌ها اشاره کرد. این کار، یک حسن بزرگ خواهد داشت و آن، اینکه کتاب‌های بزرگی در مورد این کتاب‌ها این است چون «دو علم جدید» گالیله، «اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی» نیوتون، «اپتیک» هویگنس، «منشأ انواع» داروین و غیره را از انزوا خارج و به جامعه معرفی خواهد کرد. چه دلیلی وجود دارد که کتاب‌های کلاسیک فلسفه و ادبیات این همه بازار گرمی داشته باشند و در مقابل کتاب‌های کلاسیک علم چنین فراموش شده باشند، جز این نگرش غلط که می‌خواهد گذشتهٔ علم را با عینک امروز ببیند. توضیح اینکه، در نیمه‌های قرن بیستم میلادی تحولی در عرصهٔ تاریخ علم‌پژوهی به‌وجود آمد که به سختی، این نگرش را به چالش کشید. کسانی چون هربرت باترفیلد، الکساندر کویره، پیردوئم، آرتور برت و... که سرآمد این تحول بودند عنوان می‌کردند که نظریه‌های علمی را باید در بافت فرهنگی، تأسیساتی، عقیدتی، دینی و فلسفی آن‌ها مورد مطالعه قرار داد. آن‌ها می‌گفتند برای شناخت نظریه‌ای که در زمانه‌ای خاص ارائه شده است، باید کلاه فکری آن زمانه را به سر کرد.[۲۷] نگاه به تاریخ علم در روش تلفیقی، باید چنین نگاهی باشد.

مایکل متیوس در کتاب خود، هفت دلیل در جهت لزوم استفاده از **تاریخ علم** در آموزش، اقامه می‌کند[۲۸]:

۱. تاریخ علم موجب درک بهتر مفاهیم و روش‌های علمی می‌گردد.

۲. تاریخ علم بستر ذهنی رشد تفکر فردی را به بستری که ایده‌های علمی در آن تکوین یافته‌اند متصل می‌گرداند.

۳. تاریخ علم ذاتاً ارزشمند است. وقایع مهم تاریخ علم و فرهنگ، از جمله انقلاب علمی، نظریهٔ داروین، کشف پنی سیلین و غیره، باید برای دانش‌آموزان تفهیم شوند.

۴. تاریخ علم برای فهم ماهیت علم ضروری است.

۵. تاریخ علم به مقابلهٔ با علم‌زدگی افراطی و تحجر که در متون و دوره‌های علمی شایع است، می‌پردازد.

۶. تاریخ علم با واکاوی زندگانی دانشمند و زمانهٔ او، موضوع‌های علمی را انسانی و ضمن کاهش ابعاد انتزاعی آن، دانش‌آموز را درگیر آن می‌کند.

۷. تاریخ علم با ایجاد ارتباط میان شاخه‌های علمی با یکدیگر و با گونه‌های دیگر دانش، ماهیتی تلفیقی و وابسته به هم، از دستاوردهای بشری به نمایش می‌گذارد.

ما به‌منظور طولانی نشدن مقاله از تفصیل یکایک این دلیل‌ها صرف‌نظر می‌کنیم و تنها به توضیح در مورد دلیل (۲) و (۷) بسنده می‌کنیم. در دلیل (۲) منظور این است که تکوین علم در تاریخ، فرایندی مشابه با فرایند تکوین علم در ذهن دانش‌آموز دارد. معلمان از این نکته می‌توانند بهره‌های فراوان ببرند. به‌عنوان

مثال وقتی گالیله نظریه‌های مهم خود در مورد حرکت آونگ، مثل «نوسان نامیرای آونگ در شرایط خلأ»، «بستگی دورهٔ تناوب نوسان با جذر طول نخ و مستقل بودن آن از جرم گلوله و دامنهٔ نوسان» را ارائه داد دانشمند دیگری به نام «دل مونته[۲۹]» به او ایراد گرفت که آنچه او بیان می‌کند در مورد آونگ‌های واقعی درست نیست. چنین چالشی ذهن دانش‌آموز صد سال پیش از این و دانش‌آموز زمانهٔ ما را نیز مشغول خود خواهد کرد. بنابراین معلم می‌تواند با توضیحی در خور این مسئله، مشکل ذهنی دانش‌آموز را برطرف کند؛ توضیحی که البته بهتر است با اشاره به پاسخ گالیله به دل‌مونته صورت گیرد.

دلیل (۷) اشاره به این دارد که در تدریس علم همراه با تاریخ، باید از ارتباط‌هایی که این نوع شناخت با انواع دیگر دارد، سخن گفت. علم در تعامل با ریاضیات، فلسفه، فرهنگ و اقتصاد رشد کرده است. بنابراین چنانچه با روشی تلفیقی به مطالعهٔ علم در تاریخ بپردازیم علاوه بر فهم متعالی از علم و نظریه‌های علمی (دلایل ۴ و ۱) در کلاس علم با ریاضیات، فلسفه و... نیز آشنا خواهیم شد. چنین شیوه‌ای برای دوره‌های آموزش عمومی نتیجهٔ بسیار پربرکتی دارد و سرانجام به «باسواد» شدن دانش‌آموزان منجر خواهد شد. آیا این عجیب نیست، دانش‌آموزان دورهٔ دبیرستان که فیزیک می‌خوانند حتی دوره‌ای دو ساعته در درس فلسفه را نگذرانده باشند؟[۳۰]

رویکرد آموزش همه‌جانبه در آموزش علم ممکن است از چند جهت مورد نقد قرار گیرد که با توجه به توضیحاتی که در بخش‌های قبل دادیم بعضی از این انتقادها به‌راحتی قابل پاسخگویی‌اند

انتقادها

رویکرد آموزش همه‌جانبه در آموزش علم ممکن است از چند جهت مورد نقد قرار گیرد که با توجه به توضیحاتی که در بخش‌های قبل دادیم بعضی از این انتقادها به‌راحتی قابل پاسخگویی‌اند. مثلاً اگر گفته شود که چه لزومی هست که در آموزش علوم علاوه بر نظریه‌ها، چیزهایی نیز دربارهٔ خود علم گفته شود، پاسخ خواهیم داد آموزش نظریه‌ها به تنهایی، آموزشی ناقص و ابتر است. چه از نظر فهم خود آن نظریه‌ها و چه از نظر نتایجی که به بار می‌آورد. یا اگر این اشکال مطرح شود که امکان اجرای آموزش همه‌جانبه وجود ندارد یا بسیار سخت است، پاسخ خواهیم داد که تجربه‌های قبلی، از جمله تجربهٔ «طرح هاروارد» در فیزیک، نشان می‌دهد این کار شدنی است و تنها لازم است چند صاحب‌نظر در علم، تاریخ علم و فلسفهٔ علم با کاری جمعی، متون اولیهٔ آن را تدارک ببینند. باز، ممکن است اشکال گرفته شود که چون معلمان علوم، آموزشی در این راستا ندیده‌اند اجرای این طرح، عملاً امکان‌پذیر

نیســت که باید گفت: «می‌توان زمینهٔ این آموزش را آماده کرد و معلمان را، مشــابه آنچه از سال‌ها قبل در بعضی جاهای دنیا مثل فرانسه و استرالیا انجام می‌گیرد، در دورهٔ آموزش، کارشناسی آن‌ها را با فلســفهٔ علم و تاریخ علم آشنا کرد. اما نوعی دیگر از انتقادها هســت که متوجه توجه به تاریخ علم در این رویکرد اســت. این انتقادها را متیوس در دو نوع مطرح کرده و به آن‌ها پاسخ می‌دهد[۳۱]. نوع اول، اشکالاتی است که از جانب مورخان علم گرفته می‌شود، به این مضمون که استفاده از تاریخ علم در آموزش، به سبب دیکته کردن اهداف آموزشــی و نیز به ســبب محدودیت‌ها و قالب‌های ذهنی دانش‌آموزان، آن درس را به یک شــبه تاریخ تبدیل خواهد کرد. اشــکالاتی نیز از جانب دانشمندان مطرح است که معتقدند تدریس علم با مبنا قرار دادن تاریخ علم، به ســبب واگرایی‌ای که در آموزش ایجاد می‌کند، با اهداف جامعهٔ رو به پیشــرفت علمی ناسازگار است. اشکال اخیر با توجه به آموزه‌های فلسفهٔ علم کوهنی شدت بیشتری گرفته است، به‌ویژه آنکه خود کوهن در بعضی جاها صراحتاً بر این نکته پافشــاری کــرده که اگر همگرایی خاصی در جامعهٔ آموزشی علمی، بر روی یک پارادایم خاص وجود نمی‌داشت، علم به پیشرفتی که هم‌اکنون دارد نائل نمی‌شد.[۳۲] اما نوع دیگری از انتقادها هم می‌تواند وجود داشته باشد که - به‌دلیل تصور غلطی که معمولاً در جوامع علمی غیرآشنا به تاریخ‌پژوهی جدید و فلسفهٔ علم نســبت به تاریخ علم وجود دارد - توجه به تاریخ علم را صرفاً برای افزایش اطلاعاتی دربارهٔ زندگی دانشمندان و تقویم علم مفید می‌دانند. این عده چنانچه با هشــدارهایی از سنخ هشدار کوهن روبه‌رو شوند به‌طوری‌که او در ابتدای کتاب «ساختار انقلاب‌های علمــی» می‌گوید: «تاریــخ، چنانچه چیزی بیش از گاه‌شــماری حکایت‌نگاری دانسته شــود، می‌تواند تصویری را که از علم داریم دگرگــون کند»، باید خود را مکلف کنند که در مورد نگرش‌هایی جدید به تاریخ علم بیشتر تأمل و مطالعه کنند.

بــا توجه به توضیحاتی که در بــالا دادیم، مهم‌ترین انتقادها، انتقادهایی است که مورخان، و به‌خصوص دانشمندان و فیلسوفان علم هــم‌رأی با کوهن، به رویکرد همه‌جانبه کرده‌اند. پاســخ این انتقادها‌چیست؟

بایــد تصدیق کرد که روش اســتفاده از تاریــخ علم نیازمند ساده‌ســازی و توجــه به قســمت‌هایی خــاص و کمرنگ کردن قســمت‌هایی دیگر و جرح و تعدیل‌هایی از این دســت است. این ســبک رفتار با تاریخ علم به‌هیچ‌وجه با آن اهدافی که در رویکرد همه‌جانبه داشتیم منافات ندارد. هدف ما این است که با استفاده از تاریخ علم، نظریه‌ها را در بافت آن‌ها مطالعه کنیم تا هم این نظریه‌ها و مفاهیم علمی را خوب متوجه شویم و هم تصویر درستی از علم و کار علمی داشته باشیم. هدف این نیست که پیچیدگی‌های تاریخ علم را به رخ بکشــیم و احیاناً در جهت حل آن‌ها باشیم. بنابراین هدف ما این اجــازه را می‌دهد، طوری با تاریخ علم برخورد کنیم کــه همگرایی لازم در کلاس‌هــای درس از بین نرود. آن‌هایی‌که می‌گویند در آموزش علم باید تاریخ علم را مبنا قرار داد حرفشان این نیست که کلاس علمی را به کلاس تاریخ علم تبدیل کنیم بلکه منظورشــان این است که با حفظ همگرایی، تدریس را به‌گونه‌ای انجــام دهیم که فقط به نتیجه‌ها اکتفا نشــود و از افقی بالاتر به آن‌ها نگریســته شود. بدیهی است که این کار، محتوای تدریس را به‌شدت دگرگون خواهد کرد، اما اینکه حتماً آن را پراکنده خواهد کرد حرف درســتی نیست. ما از روشــی که خود دانشمندان در رویارویی با طبیعت دارند می‌توانیم الهام بگیریم و کاری مشابه را مبنای آموزش همه‌جانبه قرار دهیــم. آن‌ها معمولاً آن چیزی را که در جهان واقع هســت، با تمام پیچیدگی‌هایش یک‌جا مطالعه نمی‌کنند. بلکه ساده‌ســازی‌هایی را انجام می‌دهند، عوامل مخلی را حذف می‌کنند و فرض‌هایی را مطرح می‌کنند که در نگاه اول، این شائبه را به ذهن می‌آورد که آیا علمی با این اوصاف، می‌تواند توصیف‌گر جهان واقع باشــد؟[۳۳] پیشرفت علم نشان داده است که می‌تواند، اما همیشه باید جا را برای این تذکر بازگذاشت که نباید تصویر علمی جهان را با خود جهان اشــتباه گرفت[۳۴]. کاری که در رویکرد همه‌جانبه با تاریخ علم انجام می‌گیرد می‌تواند به همین نحو باشد. ما در مواجههٔ با تاریخ علم با موضوعی پیچیده روبه‌رو هستیم. اما وقتی درخصوص مسئله‌ای خاص به تاریخ علم مراجعه می‌کنیم می‌خواهیم ببینیم این مسئله به چه صورت در تاریخ مورد بحث قرار گرفته است، رویکردهای دانشمندان مختلف در برخورد با آن چگونه بوده است، این مسئله چه جایگاهی در کل شاکلهٔ علم دارد و... همهٔ این کارها می‌تواند با تمرکز بر یک موضوع خاص و حفظ همگرایی صورت گیرد.

یکی از منتقدان تذکر داده است[۳۵] که دانش‌آموزان رشته‌های علمی، برعکس دانش‌آموزان دیگر رشــته‌ها، حالت ذهنی همگرا دارند و فقط دنبال پاسخ‌های درست هستند. اگر معنای این حرف این باشد که دانش‌آموزان علوم فقط میل دارند نظریه‌های علمی را بدانند و لاغیر، حرف اشتباهی است. چون اغلب این دانش‌آموزان، از این شیوه تدریس به ستوه آمده‌اند و تشنهٔ تدریس‌های مفهومی‌اند[۳۶]. تدریس‌هایی که طبق توضیح‌های قبلی گفته شــده، در آن‌ها به ماهیت علم نیز توجه می‌شود؛ اگر هم معنایش این است که آن‌ها می‌خواهند بدانند که علم در مورد جهان چه می‌گوید، می‌توان از همان آغاز به آن‌ها یاد داد که برای فهم جهان از منظر علم باید خود علم را هم شناخت. باید گفت که چه نگاه‌های متفاوتی به جهان در علم وجود داشته. آیا نگاه علمی به جهان نگاهی است واحد؟ یا در آن تکثر وجود دارد؟

انتقاد شبه‌تاریخ شدن درس‌های علمی، انتقاد دیگر مورخان به «رویکرد همه‌جانبه» بود. این انتقاد، خود به دو صورت مختلف طرح شــده اســت. ۱. تاریخی که در دوره‌های آموزش علم عرضه شود، به‌دلیل اینکه در خدمت آموزش است، شبه تاریخ خواهد بود. ۲. تاریخی که در دوره‌های آموزشی عرضه می‌شود به‌دلیل اهداف و محدودیت‌های شخص متعلم شبه‌تاریخ خواهد بود.

مورد (۱)، درســت عکس انتقاد همگرایی و واگرایی را مطرح می‌کنــد؛ به این معنا که معتقد اســت تاریخ علــم با دید همگرا،

باید تصدیق کرد که روش استفاده از تاریخ علم‌نیازمند ساده‌سازی و توجه به‌قسمت‌هایی خاص و کمرنگ کردن‌قسمت‌هایی دیگر و جرح و تعدیل‌هایی از این دست است

سازگاری ندارد، و چون در آموزش، این دید همگرا، لزوماً وجود خواهد داشت، تاریخ علم دچار تحریف خواهد شد. مورد (۲) قدری متفاوت‌تر از این، تحریف تاریخ را نه به همگرایی نگاه متعلمان بلکه به عوامل درونی و بیرونی علم نسبت می‌دهد که می‌تواند تاریخ‌نگاری علمی را با مشکل مواجه کند. برای مثال، تأثیر گرفتن تاریخ‌نگاری‌ها از نگاه‌های ایدئولوژیک (عامل بیرونی) و تصویری که معلم از علم دارد (عامل درونی)، به تاریخ عرضه شده در کلاس شکل خاصی می‌دهند. در پاسخ به هر دو شکل این انتقاد باید گفت که نباید استفادهٔ از تاریخ را با تاریخ علم‌نگاری اشتباه گرفت، زیرا معلم، به آن معنا که در این انتقادها مطرح شده، مورخ نیست. تحریف تاریخ، آنگاه خطرساز خواهد بود که مورخی به‌جای توجه به همهٔ جوانب، روی نکاتی خاص متمرکز شود (دید همگرا) یا مکتبی عقیدتی، نگرش او را تحت تأثیر قرار دهد و یا با فلسفهٔ علمی خاص به تاریخ علم نظر کند (شبیه آنچه ایمره لاکاتوش[۳۷]، آن را «بازسازی معقول تاریخ علم» خوانده است). این‌ها همه در ساحت تاریخ‌نگاری مسائلی جدی‌اند و در ساحت آموزش، خطری محسوب نخواهند شد. برعکس، آوردن تاریخ علم و طرح آن در کلاس دبیرستان خدمتی به تاریخ علم محسوب خواهد شد، هم‌چنان که خدمتی به فلسفهٔ علم نیز هست.

پی نوشت ها

۱. کلمهٔ علم در این مقاله دلالت بر علم به معنایی دارد که در زبان و متون علمی انگلیسی science نامیده می‌شود.

۲. مایکل متیوس در کتاب «آموزش علم: نقش فلسفهٔ علم و تاریخ علم» از این اشخاص چنین نام برده: توماس هاکسلی، هنری آرمسترانگ و ت.پ. نان در انگلستان، جان دیوئی در ایالات متحده، و ارنست ماخ و ج. ف هربرت در آلمان. برای مطالعهٔ مفصل تاریخچهٔ آموزش علم فصل دوم کتاب متیوس را ببینید:
Michael Matthews 1994: sience teaching, the role of history and philophy of science

4. Mattews 1994.p.12
5. Ibid p.13
6. Ibid p.49
7. Ibid p.97
8. J.B.conant

توماس کوهن، در مقدمهٔ کتاب خود «ساختار انقلاب‌های علمی» از کونانت به‌عنوان اولین کسی نام می‌برد که او را به سمت تاریخ علم کشاند و متوجه «ماهیت تاریخی علم» نمود. مراجعه کنید به «ساختار انقلاب‌های علمی» ترجمهٔ عباس طاهری: دیباچه

9. Case study approach
10. Conannt 1945: General Education in a free society: Report of Harvard Committee from Matthews ۱۹۹۴,p.۵۴

۱۱. طرح فیزیک هاروارد هولتون، رادرفورد و واتسون. واحد ۱ ترجمهٔ فارسی - احمد خواجه‌نصیر طوسی و هوشنگ شریف‌زاده، صفحهٔ ۶.

همان: مقدمه.۱۲
13.Matthews 1994 p.6
14. New South Wales

۱۵. چنین تصوری از علم را توماس کوهن در کتاب خود با نام «ساختار انقلاب‌های علمی» به چالش کشیده است. این تصور به‌دلیل تأکید بر انبار اطلاعات درست در علم «تصور انباشتی» خوانده می‌شود. کوهن در کتاب خود تصوری دیگر به نام «تصور پارادایمی» را جایگزین آن می‌کند.

16. Matthews 1994: p.xv

۱۷. بحران آموزش در کشور ما فقط شامل علم (به‌معنای خاص) نمی‌شود بلکه به‌دلیل وجود معضلی به‌نام «کنکور» به همهٔ دانش‌ها سرایت کرده است. نگارنده که در جو آموزشی کشور و در سه منطقهٔ مختلف حضور مستمر داشته، به یاد ندارد که در ده سال اخیر در یک جلسهٔ شورای دبیران شرکت کرده باشد و موضوع اصلی آن جلسه «مقابله با افت تحصیلی؟!» نبوده باشد.

18. American Association for the Advancement of Science
19. Matthews 1994 p.36

۲۰. مایکل متیوس از طرفداران این شیوهٔ پرداخت به موضوع، حتی در سطوح دانشگاهی فلسفهٔ علم است. یکی از برنامه‌هایی که خود او در استرالیا عملی کرده این است که به معلمان و دبیران علوم در دورهٔ کارشناسی دانشگاه، درس فلسفهٔ علم را تدریس کرده است.

نحوهٔ تدریس او به این صورت بوده که ابتدا متونی را از گالیله، نیوتن، هویگنس، بویل، داروین و... فراهم آورده و سپس آن مسائلی را که در فلسفهٔ علم امروز شناخته شده‌اند با بررسی دقیق آن متن‌ها آموزش داده است. متیوس عنوان می‌کند که معلمان علوم از این شیوه حالت شعف خاصی پیدا کرده بودند و به نقل از یکی از معلمان گفته است: «معلمان تشنهٔ چنین آموزشی هستند.»

21. Epistemological
22. explantions
23. Realism - Instrumentalism
24. Role -play
25.Matthews 1994 p.70

۲۶. کتاب‌های «طرح فیزیک هاروارد» اثری با این ویژگی هستند که در رأس نویسندگان آن‌ها، جرالد هولتون، استاد فیزیک دانشگاه هاروارد، فیلسوف و مورخ برجسته علم قرار دارد. نوع گرایش هولتون در فلسفهٔ علم نمونهٔ خوبی است که به ما نشان دهد پژوهش در فلسفهٔ علم همیشه به‌معنای متداول آن، تجویزی نیست بلکه می‌تواند توصیفی باشد. نگرشی که بیشتر با اهداف آموزش تلفیقی سازگاری دارد. متیوس در کتاب خود به کتاب‌های زیست‌شناسی که «شواپ» به همین سبک نوشته نیز اشاره می‌کند.

۲۷. جملهٔ مشهور باترفیلد

28.Matthews 1994 p.52
29. Del Monte

۳۰. در کشور ما درس فلسفه فقط در سال‌های سوم و چهارم دبیرستان برای رشته‌های علوم انسانی تدریس می‌شود و دانش‌آموزان رشته‌های ریاضی فلسفه نمی‌خوانند.

31 . Matthews 1994 p.71-80

۳۲. برای مطالعهٔ دیدگاه کوهن مراجعه کنید به مقالهٔ «اصطکاک اساسی» او در Essential Tension. این مقاله در کتاب «دیدگاه‌ها و برهان‌ها» اثر شاپور اعتماد به فارسی برگردانده شده است.

۳۳. گالیله در مطالعهٔ آونگ، ساده‌سازی‌هایی انجام داد، همان‌طور که اشاره شد، ریاضیدان بزرگ هم عصر او دل‌مونته به او اشکال گرفت و گفت: «آیا گالیله با چنین روشی می‌خواهد جهان واقعی را توضیح دهد؟! می‌دانیم روشی که گالیله در آونگ و مسائلی نظری حرکت پرتابی و سقوط آزاد به‌کار گرفت، بعدها روش مطالعه در فیزیک شد. به یک معنا ریاضیات هم با این ساده‌سازی‌هاست که مجوز ورود به فیزیک را دریافت می‌کند. چه، جهان پیچیدهٔ موجود اگر هم بتواند ریاضیاتی شود ریاضیات بسیار پیچیده‌ای را لازم خواهد داشت.

۳۴. این تمایز میان جهان علمی و جهان فیزیکی مورد توجه اغلب دانشمندان بوده، چنانچه در کارهای گالیله بیانی شبیه به همین موضوع دیده می‌شود. نمونهٔ دیگری که نگارنده مستقیماً با آن برخورد کرده حرف‌هایی است که ماکس پلانک در کتاب «تصویر جهان در فیزیک جدید» می‌زند. پلانک از سه جهان سخن می‌گوید: «جهان واقعی خارجی، جهان فیزیک و جهان حس. برای کسب اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به ترجمهٔ فارسی کتاب مذکور.

۳۵. نام این منتقد را متیوس در صفحهٔ ۷۵ «آموزش علم» برشتاین و به‌عنوان مدرس تاریخ علم معرفی کرده و عبارتی را به این شکل از او نقل کرده است: «شواهد زیادی وجود دارد (تجارب شخصی من در تدریس تاریخ علم برای دانش‌آموزان علوم) که نشان می‌دهد دانش‌آموزان علمی و دانش‌آموزان دروس دیگر از منظرهای متفاوتی به جهان می‌نگرند که اگر بخواهیم آن را بدبینانه بیان کنیم، دانش‌آموزان علم در جست‌وجوی پاسخ‌های درست هستند؛ آن‌ها تفکر همگرا دارند نه واگرا.

۳۶. اینجا باید به یک نکته اشاره کنم. تدریس با رویکرد همه‌جانبه در فیزیک (به‌عنوان یکی از علوم) به هیچ‌وجه به‌معنای غیر ریاضیاتی کردن آن نیست. اتفاقاً تجربهٔ شخصی نگارنده نشان می‌دهد چنانچه در مباحث ابتدایی مانند حرکت‌شناسی و دینامیک، توضیح درخوری از ریاضی‌محور بودن فیزیک ارائه شود دانش‌آموز رغبت خواهد داشت که ریاضیات را در فیزیک مورد استفاده قرار دهد و بنابراین به هیچ‌وجه از بار ریاضیاتی کلاس کاسته نخواهد شد. من یک بار با توضیحی که در مورد فیزیک ریاضیاتی نیوتن دادم (برای این کار قسمت‌هایی از کتاب «انقلاب نیوتنی» آی. برنارد کوهن را خواندم و از آن استفاده کردم) مقدمهٔ این کار را آماده کردم و چنین نتیجه‌ای را مشاهده کرده‌ام.

37. Imre Lakatos

تحریف تاریخ، آنگاه خطرساز خواهد بود که مورخی به‌جای توجه به همهٔ جوانب، روی نکاتی خاص متمرکز شود (دید همگرا) یا مکتبی‌عقیدتی، نگرش او را تحت تأثیر قرار دهد و یا با فلسفهٔ علمی خاص به تاریخ علم نظر کند

منابع

۱. سیندبرگ، دیوید، **سر آغازهای علم در غرب**، ترجمهٔ فریدون بدره‌ای، انتشارات علمی فرهنگی، ۱۳۷۷.
۲. پلانک، ماکس، **تصویر جهان در فیزیک جدید**، ترجمهٔ مرتضی صابر، انتشارات امیرکبیر، تهران، چاپ چهارم، ۱۳۶۴.
۳. کوهن، توماس، **ساختار انقلاب‌های علمی**، ترجمهٔ عباس طاهری، نشر قصه، تهران، ۱۳۸۳.
۴. هولتون، رادرفورد و واتسون، **طرح فیزیک هاروارد**، ترجمهٔ احمد خواجه‌نصیر طوسی و هوشنگ شریف‌زاده، انتشارات فاطمی، چاپ دوم، ۱۳۷۱.
۵. اعتماد، شاپور، **دیدگاه‌ها و برهان‌ها**، نشر مرکز، ۱۳۷۵.
6. Science teaching, role of history and philosophy of science, Michael R. Matthews, Routledge, 1994.
7. Galileo and scientific revolution of the seventeenth century, Alexander Koyre, The Philosophical Review, 1943.
8. Newotonian Revolution, I. Bernard Cohen, cambridge university press, 2002 (first published 1980).