پژوهشی

نقش آزمایشگاه در رویکردهای نوین آموزش علوم تجربی

سمیرا بهرامی / استادیار فیزیک دانشگاه فرهنگیان تهران
سعید محمدی / دانشجوی دبیری فیزیک دانشگاه فرهنگیان تهران

چکیده

از اواخر قرن نوزدهم که مدرسه‌ها در کشورهای مختلف، تدریس علوم تجربی را به‌صورت نظام‌مند آغاز کردند، صاحب‌نظران همواره دربارهٔ نقش آزمایشگاه در یادگیری علوم تجربی اختلاف‌نظر داشته‌اند؛ عده‌ای نقشی محوری و متفاوت در آموزش علوم تجربی برای آزمایشگاه قائل‌اند و استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی را در بهبود یادگیری علوم تجربی مؤثر می‌دانند، در حالی‌که عدهٔ دیگر چنین ضرورتی برای کارهای آزمایشگاهی قائل نیستند. این دو دیدگاه در حقیقت نماینده اختلاف‌نظری است که طرفداران رویکردهای سنتی و نوین آموزش دارند. در این نوشته سعی بر این است پس از تبیین دیدگاه سنت‌گرایان و طرفداران رویکردهای نوین آموزش به بررسی دلیل این اختلاف‌نظر در مورد فعالیت‌های آزمایشگاهی بپردازیم.

کلیدواژه‌ها: آزمایشگاه، رویکرد نوین، رویکرد سنتی، فعالیت‌های دستور کاری، فعالیت‌های مبتنی بر کاوش

مقدمه

نخستین‌بار در قرن هفدهم گالیله به منظور تأیید قانون‌های فیزیکی استفاده از آزمایش را پیشنهاد داد و برای نشان دادن درستی و نادرستی تعدادی از قانون‌های فیزیک، آزمایش‌هایی را هم انجام داد. از این زمان به بعد انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی یکی از ویژگی‌های متمایز علوم تجربی شد. اما استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از آموزش علوم تجربی در مدارس از قرن نوزدهم آغاز شد. رزن (۱۹۵۴) به نقل از گریفین (۱۸۹۲) می‌نویسد: «آزمایشگاه جایگاه خود را در مدرسه به دست آورده است؛ ورود آن به مدرسه موفقیت‌آمیز بوده است. آزمایشگاه طراحی شده است تا انقلابی در آموزش‌وپرورش ایجاد کند. دانش‌آموزان از آزمایشگاه‌های ما با توانایی مشاهده و عمل کردن بیرون خواهند رفت. «پس» از سال ۱۹۱۰، نهضت آموزشی به رهبری جان دیویی با شعار «یادگیری در عمل» تأثیر عمیقی بر ماهیت آموزش علوم داشت و اهمیت انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی را پررنگ‌تر هم کرد. حتی کتاب‌های درسی و دستور کارهای آزمایشگاهی هم به پیروی از این نهضت متحول شدند.

پس از سال ۱۹۶۰ و مطرح شدن نظریه پیاژه در باب رشد مرحله‌ای، راهبردهای آموزشی علوم تجربی تحت‌تأثیر این نظریه قرار گرفت. در نتیجه به‌کارگیری این مدل، برنامه درسی معاصر شامل دست‌ورزی مواد در محیط آزمایشگاهی و مستلزم حضور فعال دانش‌آموزان می‌شد (به‌عنوان مثال: Lawson & Wollman،۱۹۷۶). در همین زمان هرد (۱۹۶۹)، اهداف فعالیت‌های آزمایشگاهی را به‌صورت زیر خلاصه می‌کند.

برای درگیر کردن یادگیرنده در استفاده از فرایندها و راهبردهای منطقی، برای نشان دادن مفاهیم مربوط به نظریه‌ها و قانون‌های علمی، فراهم آوردن فرصت‌های تجربی برای کاوش دربارهٔ پرسش‌های مناسب دربارهٔ طبیعت، فراهم آوردن فرصت‌هایی برای شناخت نظم، تقارن، تنوع و مشترکات مشاهده‌ها. به‌طور کلی، هدف از آزمایشگاه کمک به دانش‌آموز برای تحمیل نظم فکری بر داده‌هاست؛ مهارت‌های مورد نیاز در این راستا بیشتر فکری هستند تا دستی (ص ۱۱۱ ـ ۱۱۲).

تامیر (۱۹۷۲) حتی گامی به جلوتر برمی‌دارد و معتقد است که در آموزش علوم، آزمایشگاه نه‌تنها یک شیوهٔ آموزشی است بلکه روشی برای سنجش یادگیری نیز محسوب می‌شود. بنابراین باید ابزارهای ارزیابی حساس‌تر برای جمع‌آوری اطلاعات دربارهٔ آنچه دانش‌آموزان در آزمایشگاه انجام می‌دهند و توانایی‌های کاوشگری آن‌ها و مهارت‌های مرتبط دیگر ایجاد شود.

تا حدود سال‌های ۱۹۶۹ و ۱۹۷۰ کارشناسان آموزش همچنان فعالیت‌های آزمایشگاهی را بخشی جدایی‌ناپذیر از آموزش علوم تجربی می‌دانستند (۱۹۶۹، رامسی و هوو). در کمتر از یک دهه پس از آن، به‌دلیل آشکار نبودن تأثیر آشکار این‌گونه فعالیت‌های آزمایشگاهی، این دیدگاه کم‌کم به فراموشی سپرده شد.

با این همه، صاحب‌نظران چهار دلیل عمده برای استفاده از آزمایشگاه در آموزش علوم مطرح می‌کنند: دلیل اول، مفاهیم پیچیده و مجردی هستند که در علوم تجربی مطرح می‌شود. خیلی از دانش‌آموزان ابتدایی و حتی دبیرستانی ممکن نیست بتوانند بدون کار عملی و دست‌ورزی‌های لازم به مفاهیم علوم تجربی دست یابند. دانش‌آموزان زمانی که با گردآوری واقعی داده‌ها و تجزیه و تحلیل پدیده‌های واقعی در انجام پژوهش مشارکت می‌کنند در درون آن‌ها حس احترام به علم و فرایند علمی شکل می‌گیرد که نگرش‌های مثبتی نسبت به علم در آن‌ها ایجاد شود. دلیل دیگر استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی این است که مهارت‌های دانش‌آموزان آن است که حین فعالیت‌های آزمایشگاهی توسعه می‌یابد و سرانجام دلیل چهارم دانش‌آموزان از انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی و کار عملی لذت می‌برند و همین باعث می‌شود که به علم علاقه‌مند شوند.

انواع فعالیت‌های آزمایشگاهی

آزمایشگاه مکانی برای مشاهده، امتحان، آزمایش دانش و اطلاعات علمی و محیطی منحصر به فرد برای آموزش و یادگیری علوم تجربی است. فعالیت‌های آزمایشگاهی یکی از ویژگی‌های ممتاز آموزش علوم تجربی نسبت به سایر رشته‌هاست. منظور از فعالیت‌های آزمایشگاهی، تجربه‌های یادگیری موقعیتی طراحی‌شده‌ای هستند که در آن، دانش‌آموزان به منظور مشاهده پدیده‌ها با مواد و وسایل درگیر می‌شوند. ساختار این تجربه‌ها ممکن است توسط معلم یا دستور کار آزمایشگاه طراحی شده باشند و علاوه بر فاز عملکردی شامل طراحی، برنامه‌ریزی، تجزیه و تحلیل و تفسیر و کاربرد هم باشند. این فعالیت‌ها معمولاً به‌صورت فردی یا در گروه‌های کوچک توسط دانش‌آموزان انجام می‌شوند.

بسیاری از کارشناسان آموزش علوم تجربی معتقدند که استفاده از آزمایشگاه مزایای زیادی برای یادگیری دارد اما با این حال منطقی نیست ادعا کنیم آزمایشگاه و فعالیت‌های آزمایشگاهی ابزاری برای دستیابی به تمامی اهداف

آموزش علوم اســت. بعضی از فعالیت‌های آزمایشــگاهی به‌صورت قیاسی طراحی می‌شــوند. در این نوع فعالیت‌ها، دانش‌آموزان به منظور بررسی و درک قانون‌هــا یا رابطه‌هایی که در کلاس درس مطرح شــده‌اند، اطلاعات را گردآوری می‌کنند. برخی دیگر از فعالیت‌های آزمایشگاهی ممکن است پیش از معرفی رســمی یک موضوع در کلاس درس مطرح شوند. در این نوع فعالیت‌ها، دانش‌آموز در جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مواد یا پدیده‌ها، استنتاج و تعمیم این پدیده‌ها درگیر می‌شوند.

فعالیت‌های آزمایشگاهی ممکن اســت بر مبنای میزان راهنمایی‌هایی ارائه شــده به دانش‌آمــوزان در حین انجام یک فعالیت، متفاوت باشــند. بعضی از شیوه‌های آزمایشگاهی بسیار سازمان‌یافته‌اند و مانند این است که دانش‌آموزان حین انجام فعالیت، دستورکار «آشپزی» را دنبال می‌کنند، در حالی‌که دستورکارهای دیگر «باز» هستند و دانش‌آموزان را در برنامه‌ریزی و طراحی آزمایش دخیل می‌کنند. برخی از انواع فعالیت‌های آزمایشگاهی بر کار کردن با مواد تأکید دارند، در حالی که روش‌های دیگر بر مهارت‌های مشاهده، تفسیر داده‌ها یا کاربرد فرایندها برای حل مشکلات جدید تأکید می‌کنند.

پس از جنگ جهانی اول، از فعالیت‌های آزمایشگاهی بیشتر برای تأیید و نشان دادن مطالب گفته شده توسط معلم یا کتاب درسی استفاده می‌شد. در این زمان، فعالیت‌های آزمایشگاهی به شکل دستورکاری انجام می‌شدند. هدف از انجام آن‌ها تدارک تجربه‌های دست دومی در آموزش علوم تجربی بود که قبلاً توسط دانشمندان به‌صورت قانون‌های علمی تنظیم شده بودند. فلسفه این دسته از فعالیت‌های آزمایشگاهی این بود که چون دانش‌آموزان تجربه عملی چندانی ندارند. دستورکارهایی برای هدایت آن‌ها جهت انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی تنظیم شود. دانش‌آموزان از این دستورکارها برای گردآوری و ضبط داده‌ها بدون داشــتنِ درکی صحیح از اهداف، فرایندها و ارتباطات آن‌ها پیروی می‌کردند. معمولاً، دانش‌آموزان از طریق فهرستی از دستورکارهای گام‌به‌گام، تلاش می‌کنند تا نتایج مورد انتظار را به‌دست آورند و خود هم از چگونگی دریافت پاسخ درست شگفت‌زده می‌شوند.

آرون معتقد اســت که فعالیت‌های آزمایشگاهی دستورکاری، تجربه‌های آزمایشــگاهی کنترل‌شــده و هدایت‌کننده هســتند، برای دانش‌آموزان خسته‌کننده هستند و توسعه مفهومی یا درک فیزیکی کمی ایجاد می‌کنند. از ســوی دیگر، دانش‌آموزان باید در شرایط کاملاً آزاد مشاهده‌های خود را ثبت و پژوهش و تجزیه و تحلیل نهایی خود را انجام دهند. بسیاری دیگر از کارشناسان آموزش علوم تجربی هم معتقد بودند آزمایشگاه‌های دستورکاری مکانی برای توســعه مهارت‌هایی است که ارزش تحصیلی محدودی دارند. کاربرد بسیاری از ابزارهای این آزمایشگاه‌ها سخت، ظریف، غیرقابل‌اعتماد و پرهزینه است، فعالیت‌های مطرح شده در این دسته آزمایشگاه‌ها ارتباط مناسبی با مفاهیم فیزیکی ندارند، برای محاسبات مربوطه زمان زیادی صرف می‌شود و نتایجی که پس از تلاش و محاسبه‌های فراوان به دست می‌آیند، هیچ‌گونه اطلاعات جدیدی درباره طبیعت ارائه نمی‌دهند. حتی گاهی اوقات دیدگاه غلطی از روند علم را هم ارائه می‌دهند. این جهت‌گیری نســبت به فعالیت‌های آزمایشگاهی تا دهه ۱۹۶۰ (که برنامه درسی جدید علوم تجربی معرفی شد) همچنان ادامه داشت.

فعالیت‌های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش

همگام با تغییراتی که نهضت آموزشی پس از سال ۱۹۱۰ به رهبری جان دیویی در آموزش ایجاد کرد، بعضی از انواع فعالیت‌های آزمایشگاهی با پایان باز که دانش‌آموز را در یک وضعیت حل مسئله مشارکت می‌داد، مطرح شد. این دسته از فعالیت‌ها بهترین فرصت جهت رشد تفکر خلاق دانش‌آموزی را فراهم می‌آورد. با طرح مسئله‌ای که دانش‌آموزان روش حل آن را نمی‌دانند یا قرار دادن دانش‌آموزان در موقعیتی که یک مشــکل به‌وجود آمده است، دانش‌آموزان تشویق می‌شوند تا مهارت‌های عمومی و خلاقانه خود را به کار گیرند. در این دیدگاه، آزمایشــگاه مکانی مهم برای دانش‌آموزان است تا از طریق روش‌های تجربی برای حل مسئله اقدام کنند و درک آن‌ها از مفاهیم افزایش یابد. به این قبیل فعالیت‌ها، فعالیت‌های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش گفته می‌شود.

راهبردهای یادگیری مبتنی بر کاوش اغلب شامل فعالیت‌های دست‌ورزی در محیط آزمایشــگاهی و مستلزم دانش‌آموزان فعال است (به‌عنوان مثال، Lawson & Wollman، ۱۹۷۶). بنابرایــن در این رویکرد آزمایشــگاه مکانی برای کســب مهارت‌های ذهنی و فکری است (اولسون، ۱۹۷۳، ص ۷۳). اندرســون (۱۹۷۳) محیط یادگیری را به‌عنوان مکانی برای برقراری ارتباط بین دانش‌آموزان، بین دانش‌آموزان و معلمان آن‌ها، بین دانش‌آموزان و موضوع درســی و شــیوهٔ یادگیری و در نهایت، پذیــرش دانش‌آموزان از ویژگی‌های ساختاری کلاس تعریف کرده است. طبق نظر والبرگ (۱۹۶۹) میزان درک در محیط یادگیری به رفتارهای آموزشــی و روان‌شــناختی بســتگی دارد؛ این میــزان درک می‌تواند بین گروه‌هــای دانش‌آموزی با استفاده از راهبردهای آموزشی مختلف متفاوت باشد. پژوهش‌ها نشان دادند دانش‌آموزانی که در فعالیت‌های کاوشگری شرکت می‌کردند، محیط کلاس درس را رضایت‌بخش‌تر می‌دانســتند و متغیرهای محیط یادگیری خاص تحت‌تأثیر انواع فعالیت‌های آزمایشــگاهی بود که دانش‌آموزان با آن درگیر می‌شدند.

فعالیت‌های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش در سه سطح مطرح می‌شوند:

در ساده‌ترین سطح، مشکلات از طریق دستورکار مطرح می‌شوند. در این دستورکارها، روش‌هایی را که دانش‌آموزان نمی‌دانند و می‌توانند با استفاده از آن‌ها روابط مربوطه را کشف کنند توضیح داده می‌شوند. به این نوع کاوش، کاوش هدایت‌شده هم گفته می‌شود.

در سطح دوم: مشکلات مطرح می‌شوند، اما ابزارها و پاسخ‌ها باز هستند.

در سطح سوم: مشکل و پاسخ و روش، باز است یعنی دانش‌آموز با پدیده‌ای خام مواجه می‌شود.

به‌طور کلی با انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوش می‌توان به مهارت‌هایی مانند کاوشــگری، تحقیق، سازماندهی، ارتباطی و دست‌ورزی یافت و مفاهیم را با توجه به گردآوری داده‌ها، فرضیه‌ســازی، مدل‌ســازی، طبقه‌بندی نظام‌مند درک کرد. انجــام این نوع فعالیت‌ها همچنین باعث توسعه و رشد توانایی‌های شــناختی مانند تفکر نقاد، حل مسئله، کاربرد، تجزیه و تحلیل، ارزشیابی، تصمیم‌گیری و خلاقیت می‌شود و درک ماهیت علم (مشارکت علمی، شناخت دانشمندان و نحوهٔ کار آن‌ها، وجود چندین روش علمی، ارتباط بین علم و فناوری در رشته‌های مختلف علمی) را میسر می‌ســازد. نگرش‌هایی مانند کنجکاوی، علاقه، ریسک کردن، هدفمندی، دقت، اســتقامت، رضایت خاطر، مســئولیت‌پذیری، همکاری و مشارکت، اعتماد به دانش علمی، اعتمادبه‌نفس و دوســت داشتن علم هم در نتیجه انجام فعالیت‌های مبتنی بر کاوش در دانش‌آموزان ایجاد می‌شود. این اهداف درواقع همان اهداف کلی آموزش علوم تجربی هستند (به‌عنوان مثال، Pella، ۱۹۶۹ Bingam , ۱۹۶۱). بنابراین عجیب نیست که طرفداران این گونه فعالیت‌های آزمایشــگاهی ابزار اصلی تدریس علوم تجربی را فعالیت‌های آزمایشگاهی بدانند.

نظریه پشــتیبان روش تدریس مبتنی بر کاوش دیدگاه بر ساخت‌گرایی فرهنگی اجتماعی است. ویگوتسکی معتقد است که استدلال در کودکان در جریان مباحثه با افراد درونی می‌شود. در این راستا، کار مشارکتی می‌تواند در قالب مباحث گروهی آزمایشگاهی در مورد رویدادهای خاص علمی که به منظور ایجاد انگیزه و تبدیل نتایج به دانش است، مورد تأکید قرار گیرد (مثلاً

۱۹۹۳ Pontecorvo, ۱۹۹۶ Mason).

ویگوتسکی (۱۹۸۷) به دنبال تبدیل روابط اجتماعی به عملکردهای ذهنی است، چرا که میانجی‌گری و درونی‌سازی از جمله مراتب بالای تفکر است. انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی به همراه تدریس مفاهیم علمی می‌تواند بهترین فرصت را برای دانش‌آموزان فراهم آورد که نه‌تنها به این اهداف (میانجی‌گری و درونی‌سازی) دست یابند، بلکه یادگیری خود را نیز بسنجند.

تحولات اخیر در علوم شناختی و آموزش، اهمیت تجربه‌های عملی و تجربه‌های پدیده‌شناختی مهم را در یادگیری مهارت‌ها و مفاهیم علمی تأیید می‌کند (به‌عنوان مثال McDermott et al.، ۱۹۸۳). یکی از راه‌هایی که آرونس (۱۹۸۳) برای افزایش یادگیری دانش‌آموزان مطرح می‌کند، فراهم کردن مواد و وسایل برای دانش‌آموزان جهت ایجاد مفاهیم از تجربیات ملموس است. یک آزمایشگاه علوم که به‌خوبی طراحی شده باشد می‌تواند انواع تجربه‌های لازم برای تصحیح بدمفهومی‌ها و توسعه بینش فیزیکی مفید را ارائه دهد. از دیدگاه برساخت‌گرایان، آزمایشگاه یکی از جاهایی است که دانش‌آموزان واقعاً می‌توانند خود را در فرایند علم قرار دهند. به این صورت که با فراهم آوردن درک فیزیکی دست اولی از پدیده‌های فیزیکی، نظریه‌های مورد نیاز برای درک دنیای فیزیکی را دریابند و با یافتن پاسخ پرسش‌های خود بیشتر در روند یادگیری درگیر شوند. در دیدگاه برساخت‌گرایان، هر یک از دانش‌آموزان به جای دریافت شناخت خود از یک منبع معتبر مانند معلم، کتاب درسی یا کتابچه آزمایشگاهی باید فعالانه و به‌صورت اجتماعی درک خود را در یک زمینه علمی نوسازی کنند. به دانش‌آموزان فرصت داده شود تا آنچه را که در حال یادگیری آن هستند تجربه کنند.

نقش معلم این است که واسطه انتقال دانش علمی به دانش‌آموزان شود و به آن‌ها کمک کند که ادعا کنند شخصاً دانش علمی را تولید و تأیید کرده‌اند (Driver et al, ۱۹۹۴).

به‌عنوان نمونه‌های برجسته، می‌توان به فیزیک مبتنی بر کاوش در دانشگاه واشنگتن (McDermott, ۱۹۹۶)، گفت‌وگوهای سقراطی همراه با آزمایش در دبیرستان و کالج (هک ۱۹۹۲، ۱۹۹۸) و پروژه فیزیک کارگاه در کالج دیکنسون (قانون ۱۹۹۱، ۱۹۹۷) اشاره کرد. ویژگی مشترک تمام این فعالیت‌های آزمایشی موفق فیزیک، همان‌طور که ردیش (۱۹۹۷) گزارش می‌کند، این است که آن‌ها بر یادگیری تمرکز دارند. آن‌ها دانش‌آموزان را متقاعد می‌کنند در فرایندی علمی مشارکت فعال داشته باشند که در جریان آن دنیای فیزیکی را کشف، داده‌ها را تجزیه و تحلیل از آن‌ها نتیجه‌گیری می‌کنند و سپس آن‌ها را تعمیم می‌دهند. درک علمی که آن‌ها نسبت به پدیده‌های تازه به دست می‌آورند بخشی از دنیای روزمره‌شان است.

نتیجه‌گیری

از قرن هفدهم که گالیله آزمایش‌هایی را برای نشان دادن درستی قانون‌های فیزیک انجام داد، توجه دانشمندان علوم تجربی را به استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی معطوف کرد تا آنجا که آزمایشگاه به‌عنوان جزیی جدایی‌ناپذیر علوم تجربی مورد پذیرش قرار گرفت. با توجه به نقش انکارناپذیر آزمایشگاه در علوم، طبیعی است که برای آموزش علوم تجربی نمی‌توان آزمایشگاه و انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی را نادیده گرفت. از اواخر قرن نوزدهم که آزمایشگاه به صورت رسمی در برنامه درسی علوم تجربی قرار گرفت، بین کارشناسان آموزشی بر سر تدریس نظام‌مند آزمایشگاه همیشه اختلاف نظرهایی وجود داشته است. نظریه‌های جان دیویی (۱۹۱۰) و پیاژه (۱۹۶۰) را می‌توان نقاط عطف کاربرد فعالیت‌های آزمایشگاهی در تدریس علوم تجربی بر شمرد. تا قبل از سال ۱۹۱۰ فقط تعدادی فعالیت آزمایشگاهی با دستورکارهای مشخص برای دروس فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی تنظیم شده بود که الزاماً ارتباطی با محتوای برنامه درسی علوم تجربی نداشت.

بعد از سال ۱۹۱۰، جنبش آموزشی پیشرو به رهبری جان دیویی تأثیر عمده‌ای روی آموزش علوم تجربی و نقش آزمایشگاه داشت. در فلسفه جان دیویی همان‌قدر که حل مسئله مهم بود کاربرد علوم تجربی در زندگی روزمره دانش‌آموزان نیز اهمیت داشت. او حامی رویکرد به آموزش علوم بود و معتقد بود نگرشی که دانش‌آموزان از طریق علوم تجربی به دست می‌آورند به اندازه دانش علمی دارای اهمیت است. ایده‌های او باعث رشد علم عملی با کاربردهای سودمند در زندگی شد. در این دوران کتاب‌های فیزیک پر شد از واگن‌ها و موتورهای بخار و کتاب‌های شیمی ساخت محصولات روزمره‌ای چون جوهر را آموزش می‌دادند. آزمایشگاه محلی برای تأیید و نشان دادن مطالب گفته شده توسط معلم بود و خیلی از صاحب‌نظران معتقد بودند معلم با انجام نمایش‌های پرمعنا و کاربردی می‌تواند فرصت‌های متنوع بیشتری برای یادگیری اثربخش فراهم آورد.

با معرفی برنامه درسی جدید پس از مطرح شدن نظریه رشد مرحله‌ای پیاژه، فعالیت‌های آزمایشگاهی و پژوهش‌های انجام شده در آزمایشگاه علاوه بر اینکه برای تأیید محتوای درسی به کار می‌رفت بلکه خیلی وقت‌ها محتوای درسی از دل همین فعالیت‌ها در آزمایشگاه تولید می‌شد. در همین دوران بود که رویکردهای آموزشی مبتنی بر کاوش به‌صورت جدی در آموزش علوم تجربی مطرح شدند. شاید نقش آزمایشگاه در برنامه درسی جدید آموزش علوم تجربی را بتوان در اظهارنظر آزوبل جست‌وجو کرد. او معتقد است اگر آزمایشگاه مسئول به دوش کشیدن بار روش‌ها و روح علم و معلم و کتاب درسی مسئول انتقال محتوای موضوع درسی باشند در این صورت آزمایشگاه بسیار وقت‌گیر و ناکارامد خواهد بود.

پس از معرفی رویکردهای آموزش مبتنی بر کاوش، فعالیت‌های آزمایشگاهی با استفاده از فعالیت‌های دست‌ورزی ساده به کلاس‌های درس علوم تجربی برده شد و محتوای علمی و فعالیت‌های آزمایشگاهی قابل تفکیک از هم نبودند یا آن‌طور که شولمن و تامیر (۱۹۷۳) اظهار می‌کنند: «برنامه درسی جدید بر فرایندهای علمی و توسعه مهارت‌های شناختی سطح بالا تأکید دارد، آزمایشگاه نقش مهمی را نه به‌عنوان مکانی برای مشاهده و تأیید، بلکه به‌عنوان هسته‌ای برای فرایند یادگیری علوم تجربی دارد».

منابع

1. Blosser, Patricia E. (1980). a Critical Review of the Role of the Laboratory in Science Teaching. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science for Science, Mathematics, and Environmental Education.
2. Boghai, Davar M. (April 1979). A Comparison of Laboratory and Discussion Sequences on Learning College Chemistry. Dissertation Abstracts, 39(10), 6045A.
3. Comber, L. C.&J.P. Keeves.(1978). Science Education in Nineteen Countries, International Studies in Evaluation I. New York: John Wiley & Sons, Inc.
4. Fay, Paul J. (August 1931). The History of Chemistry Teaching in American High Schools. Journal of Chemical Education, 8(8), 1533-1562.
5. Gage, N.L., etal.(1963). Handbook of Research on Teaching. Chicago: Rand McNally & Co.
6. Godomsk, Stephen F., Jr.(1971). Progrmmed Instruction, Computer - Assisted Performance Problems, Open Ended Experiments and Student Attitude and Problem Solving Ability in Physical Chemistry Laboratory. DissertTION aBSTRACTS, 31(11), 5873A.
7. Grozier, Joseph E. Jr. (1969). The Role Of The Laboratory In Devloping Positive Attitudes Toward Science In A College General Education Science Course For Nonscientists. Dissertation Abstracts, 31(11), 2394A.
8. Hofstein, A. & vINCENT n. Lunetta (1982). The Role of the Laboratory in SCIENE Teaching: Neglected Aspects of Research. Review of Educatinal Research,.52(2).
9. Lott, Gerald W. (1983). The Effect of Inquiry Teaching and Advance Organizers Upon Student Outcomes in Science Education. Journal of Research in Science Teaching. 20 (5), 437 - 451.
10. McDERMOTT, lILLIAN ET AL. mARCH (1980). hELPING Minority Students Succeed in Science, II. Implementation of a Curriculum in Physics and Biolog. Journal of College Seience Teaching.9, 201 - 205.
11. Mckinnon, Joe W.(April 1976). Encouraging Logical Thinling in Pre - Engineering Students. Education, 66(7), 740-744.
12. Moyer, Albert E.(February 1976). Edwin Hall and the Emergence of the Laboratory in Teaching Physics. The Physics Teacher, 14(2), 96 -103.
13. Pickering, Miles. (February 19, 1980). Aer Lab Courses a waste of Time? The Chronicle of Higher Education, p.80.
14. Rowe, Mary B., Ed. (1978). What Research Says to the Science Teacher, I, Washinggton, DC: Natinal Science Teachers Association.
15. Travers, Robert M. Ed. (1973). Second Handbook of Research on Teaching Chicago: Rand McNally & Co.
16. TRUMPER, R. (2003)."The Physics Laboratory - A Historical Overiew and Future Perspectives", Science & Education, 12(7).
17. Wise, Kevin C.& Okey, Kames R. (1983). A Meta - Analysis of Various Science Teaching Strategies on Achievement. Jouranal of Research in Science Teaching, 20(5), 419 - 435.