

فرصت‌ها و محدودیت‌های مشارکت در فعالیتهای علمی و عملی آزمایشگاه شیمی

محمداسماعیل نیکفر^{۱*}

۱- دکترای تخصصی ریاضی محض، دبیر ریاضی، آموزش و پرورش منطقه ۴، تهران، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات (m.s.nikfar@gmail.com)

خلاصه

دوره‌های آزمایشگاهی محیطی منحصر به فرد را برای دانشجویان فراهم می‌آورد تا در فعالیتهای دانشمندان شرکت کنند و مهارت‌های لازم را برای یک حرفه در علم توسعه دهند. تحقیقات نشان داده است که فعالیتهای آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق، که به دانشجویان اجازه می‌دهد در طول آزمایش آزمایشگاهی، تصمیم‌های کلیدی بگیرند، فرصتهایی را برای توسعه مهارت‌ها و شیوه‌های ضروری فراهم می‌آورد. این مطالعه بر توصیف آزمایش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در دوره‌های شیمی تجزیه در سطح پرس‌وجو و فرصت‌های مشارکت در فعالیتهای علمی تمرکز دارد. داده‌های این تجزیه و تحلیل از دانشجویان پروژه میکرو جمع‌آوری شده است. پروژه‌ای که برای کمک به اساتید در اتخاذ آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق طراحی شده است. آزمایش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده اساتید قبل از مشارکت در پروژه و سپس در طول نیمسال اجرای آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر پرس‌وجو برای سطح تحقیق و فرصت‌های مشارکت در فعالیتهای علمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌های ما تایید می‌نماید که علی‌رغم افزایش سطح پرس‌وجو در مورد مواد آزمایشگاهی، افزایشی در میزان فرصت‌های تحریک شده برای مشارکت دادن دانشجویان در هیچ یک از شیوه‌های علمی وجود ندارد. ما همچنین دریافتیم که برخی از شیوه‌های علمی در بخش‌های خاصی از مواد آزمایشگاهی مانند سوالات پیش از آزمایشگاه و پس از آزمایشگاه، به احتمال زیاد تحریک خواهند شد.

کلمات کلیدی: آموزش عالی، آموزش آزمایشگاهی، یادگیری مبتنی بر تحقیق یا اکتشاف، توسعه حرفه‌ای، تحقیقات آموزش شیمی

۱. مقدمه

یک پژوهش جدید توسط (نیکفر، ۱۴۰۴) [۱] در مورد کار بر روی پس‌زمینه کوانتوم بوده و مشکلات متعدد برای به‌کارگیری این پس‌زمینه در حوزه‌های متفاوت بحث شده و در نهایت به حضور موفقیت‌آمیز پس‌زمینه کوانتوم و



دستاوردهای آن اشاره می‌نماید، ما به جدیدترین و مهم‌ترین پس‌زمینه در عصر حاضر، یعنی هوش مصنوعی، و به کارگیری آن برای شکل‌دهی یک دانشمند و به‌ویژه، یک ریاضی‌دان، در قالب یک پژوهش جدید توسط (نیکفر، ۱۴۰۴) [۲] اشاره می‌کنیم. برای ارجاع، (نیکفر، ۱۴۰۳) [۳] جدیدترین پژوهش‌های اخیر در زمینه استفاده از مدل‌های خبره و نوین در زمینه آموزش ریاضیات را معرفی نموده است. (نیکفر، ۱۴۰۳) [۴] در پژوهشی اخیر، به بررسی ابعاد مختلف استفاده از ابزار آزمایشگاه در آموزش شیمی می‌پردازد. همچنین (نیکفر، ۱۴۰۳) [۵] در تحقیقی که اخیراً منتشر شده است به بررسی استفاده از این ابعاد مختلف در آموزش فیزیک پرداخته است. همچنین برای بررسی انگیزش این پژوهش در مورد انجام تحقیق در مورد آموزش ریاضی، می‌توان به پژوهشی در مورد تأثیرات ریاضیات در دیگر رشته‌ها از جمله رشته و حرفه علوم کامپیوتر در مقطع آموزش عالی توسط (نیکفر، ۱۳۹۷) [۶] اشاره نمود.

دوره‌های پایه، دوره‌های مقدماتی قبل از دوره کارشناسی مرتبط با شیمی هستند که معمولاً در دانشگاه ارائه می‌گردند که امکان پیشرفت را در سال اول در یک برنامه مرتبط با مدرک وابسته به شیمی فراهم می‌آورند. دانشگاه سفید، دوره‌های پایه‌ای را در سال‌های تحصیلی برای دانشجویان کارشناسی ارائه می‌دهد که برای پیشرفت مستقیم در برنامه‌های مقطع کارشناسی مبتنی بر طیفی از موضوعات مختلف که به عنوان یک نیاز تلقی شده و با هدف این نوع از برنامه‌ها، دانشجویان موردنظر و جامعه هدف صلاحیت لازم را کسب می‌نمایند. یک سال برای کسب پایه علمی، ممکن است برای دانشجویانی که قبلاً شیمی را مطالعه نکرده‌اند یا وقفه آموزشی در این زمینه این نوع از مطالعات داشته‌اند، مناسب می‌باشد. زیرا این برنامه شامل ترکیبی از دروس به‌نام‌های شیمی، زیست‌شناسی، ریاضیات، فیزیک و مهندسی گشته و همراه با آزمایشگاه‌های مرتبط در طول یک سال تحصیلی کامل از ماه سپتامبر تا جولای تدریس می‌گردند. محتوای دانشگاهی این برنامه‌ها تقریباً معادل با دروسی است که در حدود دو سال گذشته برای آن‌ها ارائه شده است.

چه مهارت‌ها یا ویژگی‌هایی برای یک دانشمند موفق تعریف می‌گردد؟ وقتی این پرسش توسط کارفرمایان و طراحان برنامه‌های فارغ‌التحصیلی و حرفه‌ای پاسخ داده می‌گردد، این پاسخ در یک پایگاه دانش خاص و در یک زمینه نیست، بلکه این پاسخ در زمینه‌های دیده می‌گردد که آن‌ها در آن بخش‌ها مهارت دارند. چنین مهارت‌هایی شامل حل مسئله، تفکر انتقادی، ارزیابی داده‌ها، شکل‌دهی استدلال و انتقال داده‌ها می‌گردد [۷،۸،۹،۱۰،۱۱]. این پنج مهارت برای همه افراد ارزشمند بوده و برای تقویت عملکرد در محل کار و مقابله با چالش‌ها در مقیاس جهانی که ما با آن روبه‌رو هستیم، مفید به نظر می‌رسد. گزارش‌های متعددی وجود دارد که فقدان آمادگی و شکاف مهارتی را به طور آشکار برای فارغ‌التحصیلان استم که به بازار کار وارد شده‌اند، نشان می‌دهد [۱۲،۱۳،۱۴]. در این گزارش، ۶ تا ۸ مورد به طور خاص بر روی شیمی متمرکز شده‌اند. برنامه‌های درسی شیمی از تمرکز صرف بر مفاهیم علمی تا ادغام مفاهیم و شیوه‌های علمی از طریق استانداردهای علمی نسل بعدی برای آموزش خبر می‌دهند [۱۵]. فهرست اقدامات علمی تعریف شده به صورت تمرینات علمی در قالب سوال پرسیدن، توسعه و استفاده از مدل‌ها، برنامه‌ریزی و انجام تحقیقات، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، استفاده از ریاضیات و تفکر محاسباتی، ساختن توضیحات، درگیر شدن در استدلال از روی شواهد و مورد هشتم، به دست آوردن، ارزیابی و انتقال اطلاعات می‌باشد [۱۶].

دستورالعمل‌های اصلاح‌شده در انجمن شیمی آمریکا در سال ۲۰۲۳ تأکید بیشتری بر شیوه‌های علمی، به ویژه در زمینه مهارت‌های آموخته شده در دوره‌های آزمایشگاهی دارد. در آموزش عالی و در بخش شیمی، نهادهای معتبر مانند کمیته حرفه‌ای انجمن شیمی آمریکا [۱۷،۱۸] و انجمن سلطنتی شیمی بریتانیا [۱۹] بر نیاز به توسعه شیوه‌های علمی، به ویژه از طریق زمان صرف شده در آزمایشگاه، تأکید می‌کنند.

۲. ابتکارات آزمایشگاهی طراحی شده برای مشارکت دادن دانشجویان در تمرینات علمی

یادگیری آزمایشگاهی از نظر تاریخی بر استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی به سبک ((کتاب آشپزی)) متکی بوده است [۲۰،۲۱]. این نوع رویکردهای آزمایشگاهی نشان‌دهنده کار دانشمندان نیستند. زیرا اغلب فرصت‌هایی را برای دانشجویان به منظور درگیر شدن در انواع مهارت‌ها و شیوه‌های یک دانشمند را فراهم نمی‌کند.

در مقابل، آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق و تجربیات پژوهشی، به دانشجویان این اجازه را می‌دهد تا درک دقیق‌تری از کارهایی داشته باشند که دانشمندان انجام می‌دهند و همچنین مهارت‌ها و شیوه‌های علمی را به منظور توسعه مهارت به وسیله آن‌ها اما قبل از ورود به بازار کار و دریافت عنوان نیروی کار، به دست آورند. تجارب آزمایشگاهی در سراسر برنامه درسی شیمی با درگیر کردن دانشجویان در سطوح بالاتری از آزمایش‌های آزمایشگاهی-پژوهشی و همچنین تحقیقات معتیر، در کاهش شکاف مهارت‌ها، موثر می‌باشند [۲۲،۲۳،۲۴].

نگارش علمی با روش اکتشافی، تحقیق مبتنی بر استدلال و یادگیری مبتنی بر مسئله، سه مدل آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق هستند که دانشجویان را درگیر کشف می‌کنند [۲۵،۲۶،۲۷]. مراجع [۲۸،۲۹،۳۰،۳۱] نشان داده‌اند که این نوع رویکردها، دانشجویان را در چندین عمل علمی درگیر می‌کنند. مراجع اغلب برنامه‌های شیمی‌ای هستند که به دنبال ارائه فرصت‌هایی برای دانشجویان به منظور مشارکت در یک پژوهش هستند. راه‌های مختلفی برای کسب تجارب تحقیقاتی در مقطع کارشناسی شیمی وجود دارند اما اخیراً، برخی از تجربیات تحقیقاتی در دوره کارشناسی ظهور کرده‌اند که همین نوع از تجارب تحقیقاتی را در محیط آزمایشگاهی و دوره‌های آن گنجانده‌اند. تحقیقات چندین مزیت را برای دانشجویان که در دو مقطع یکسان اما با عناوین مختلف شرکت کرده‌اند، نشان داده‌اند. از جمله از این نوع مزیت‌ها می‌توان به یادگیری تفکر مانند یک دانشمند، افزایش مهارت‌های علمی، افزایش خودکارآمدی یا بازده موثر به روش انفرادی و بهبود حفظ در درجات استم، اشاره نمود [۳۲،۳۳،۳۴،۳۵،۳۶،۳۷،۳۸]. در حالی که برخی از معاوضه‌ها در پوشش زمان و محتوا وجود دارند، این نوع از تحقیقات مبتنی بر پژوهش به دانشجویان اجازه می‌دهد تا آزمایش‌های آزمایشگاهی حرفه‌ای را توسعه داده و مهارت‌ها و شیوه‌های علمی را که آن‌ها نیاز خواهند داشت، فرا بگیرند.

۳. برنامه‌های پیشین به منظور مشخص نمودن آزمایش‌های آزمایشگاهی با هدف خلق فرصت‌هایی برای مشارکت در فعالیت‌های علمی

برنامه‌های پیشین، ابزاری به نام پروتکل ارزیابی یادگیری سه بعدی معرفی نموده بودند که توسط ان‌جی‌اس‌اس ارائه شده بود [۳۹] و فرصت‌ها را برای ارزیابی دانشجویان درگیر در هر سه بعد یادگیری محقق می‌ساخت. برنامه سه بعدی اصلاح‌شده نیز روی دو برنامه درسی مختلف آزمایشگاه شیمی عمومی اعمال شده که یکی از برنامه‌ها بر روی آزمایش‌های آزمایشگاهی به سبک کتاب آشپزی سنتی و دیگری بر برنامه درسی و دانشگاهی آزمایشگاهی مبتنی بر پروژه استوار بوده‌اند. نتایج پیرامون این برنامه اصلاح‌شده نشان داد که برنامه درسی آزمایشگاهی مبتنی بر پروژه نسبت به برنامه درسی آزمایشگاه سنتی، فرصت‌های بیش‌تری را برای مشارکت در فعالیت‌های علمی در اختیار دانشجویان قرار می‌دهد [۴۰].

۴. اهداف این مطالعه پژوهشی

اهداف این مطالعه پژوهشی به منظور درک هر چه بیش‌تر فرصت‌هایی است که دانشجویان را در فعالیتهای علمی در دوره‌های آزمایشگاهی فراتر از شیمی عمومی درگیر کرده و آن‌ها را مشارکت می‌دهد. بررسی مواد درسی شیمی تحلیلی به منظور خلق فرصت‌هایی برای درگیر نمودن دانشجویان با شیوه‌های علمی بوده است. برنامه درسی شیمی تحلیلی مورد توجه بوده است. زیرا به دلیل اتکای زیاد به دقت و توجه، سابقه طولانی در اتکا به آزمایشات آزمایشگاهی سبک کتاب آشپزی دارد. مواد آزمایشگاهی به عنوان بخشی از یک پروژه توسعه حرفه‌ای جمع‌آوری شده بوده‌اند که برای تشویق اعضای هیئت علمی شیمی تجزیه در موسسات مختلف جهت اتخاذ رویکرد آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق طراحی شده بود.

چه فرصت‌هایی می‌تواند برای دانشجویان فراهم گردد تا آن‌ها را قادر سازد که بتوانند در آزمایش‌های آزمایشگاهی شیمی تحلیلی به شکل و شیوه فعالیتهای علمی شرکت نمایند؟

آیا جنبه‌هایی از برنامه‌ها برای مواد آزمایشگاهی وجود دارند که فرصت‌های بیش‌تری را برای دانشجویان به منظور مشارکت در برخی از فعالیتهای علمی ایجاد نماید؟

۵. چارچوب‌های نظری

چارچوب‌های نظری هدایت‌کننده این مطالعه پژوهشی، یادگیری موقعیتی و همسویی سازنده هستند. یادگیری موقعیتی، یک نظریه یادگیری است که از آثار [۴۱،۴۲،۴۳،۴۴] سرچشمه گرفته تا یادگیری را در یک زمینه و محیط اجتماعی خاص توصیف کند. نظریه‌های یادگیری پیشین کاملاً شناختی بوده و در آن، دانش موجودی تلقی می‌گشت که می‌توان آن را به‌دست آورد یا از طریق افراد بدون گرایش به محتوا، به دست آورد [۴۵]. با این حال، یادگیری مبتنی بر موقعیت، یادگیری را فرآیندی مولد دانسته که در آن، دانش ساخته می‌گردد، اگرچه، فرد با زمینه، تعامل داشته و در تعامل است.

دانشمندان دیگری در جامعه علمی اصطلاح ((مشارکت مشروع پیرامونی)) را برای توصیف چگونگی یادگیری از طریق درجه مشارکت ایجاد نمودند. آن‌ها یادگیری را به عنوان فرآیند افزایش مشارکت در یک جامعه عملی تعریف می‌کنند. می‌توان گفت که گروهی از افراد هستند که اهداف، باورها و هنجارهای مشترکی درباره شیوه‌های مشترک دارند. همان‌طور که این گونه از افراد شروع به مشارکت در جامعه و تعامل با سایر اعضای جامعه می‌کنند، با اهداف، تکنیک‌ها و زبان جامعه آشنا گشته، مهارت بیش‌تری در این زمینه دریافت نموده و در این بخش‌ها، سرمایه‌گذاری می‌نمایند.

دانشجویانی که دوره‌های شیمی را می‌گذرانند و به ویژه، آن دسته از افرادی که در رشته شیمی کار می‌کنند، در یک بخشی از رشته شیمی ادغام می‌شوند. در رشته شیمی، منابع تثبیت‌شده‌ای مانند جدول تناوبی، شیوه‌های متداول مانند انجام آزمایش‌ها و ساختن استدلال‌ها و زبان‌هایی مانند نام‌گذاری و واژگان وجود دارند که دانشجویان می‌توانند با آن‌ها آشنا گردند. هنگامی که یک دانشجو تمایل به حرکت در برنامه تحصیلی رشته شیمی دارد، بایستی در جامعه ادغام شده و با دانش و مهارت‌های این رشته، مهارت پیدا نماید. در ادامه، ما به طور خاص، فرصت‌هایی را که دانشجویان برای درگیر شدن در فعالیتهای علمی از طریق فعالیتهای آزمایشگاهی کسب می‌نمایند، بررسی نموده و برای اهداف این شکل از

مطالعه، ما تعامل را به عنوان رفتار یا شناختی وابسته به ماهیت عمل و علم در زمینه خاص تعریف می‌نماییم.

چارچوب نظری دیگری که کار ما را هدایت می‌نماید، همسویی سازنده است. همسویی سازنده به عنوان مدلی برای ایجاد یا اصلاح برنامه درسی با هدف همسویی معرفی می‌گردد.

نتایج یادگیری در نظر گرفته شده برای اطمینان از این مورد است که دانشجویان فرصت‌هایی را برای تمرین و ارزیابی دریافت می‌نمایند. در همسویی سازنده سه عنصر وجود دارد که شامل، اهداف یادگیری موردنظر، وظایف و ارزیابی بوده و نهادهای اعتباربخشی، وظایف را به گونه‌ای تعریف می‌کنند که شامل فعالیت‌های آزمایشگاهی بوده که دانشجویان آن‌ها را تکمیل نموده و فرصت‌هایی را برای آن‌ها فراهم می‌آورد تا در فعالیت‌های علمی ناشی از آن فعالیت‌های آزمایشگاهی شرکت نمایند.

در نهایت، ارزیابی انجام پذیرفته در این مطالعه، قابل پیاده‌سازی در فعالیت‌های آزمایشگاهی‌ای است که معمولاً یک گزارش یا ارائه آزمایشگاهی را جلوه‌نمایی می‌کنند [۴۶،۴۷].

هنگامی که این سه عنصر همسویی سازنده نادرست داشته باشند، دانشجویان به مجموعه‌ای از اهداف یادگیری متفاوت با مجموعه موردنظر دست می‌یابند اما به مجموعه اهداف آموزشی موردنظر دسترسی نخواهند داشت. اگر هدف ما این است که دانشجویان در هنگام ترک یک برنامه مبتنی بر مدرکی در شیمی، در تمرینات علمی مهارت داشته باشند اما در طول مسیر به آن‌ها فرصتی داده نشود تا در تمرینات علمی شرکت نمایند، بعید است که آن‌ها، برنامه را با این گونه از شیوه‌ها که برای بازیگری در نقش دانشمند حیاتی است، به پایان برسانند.

۶. روش‌ها

شرکت‌کنندگان و تنظیمات مواد آزمایشگاهی تجزیه و تحلیل شده به عنوان بخشی از پروژه شامل به طور مقدماتی اما برخط واقعی و عملی نمودن شیمی، جمع‌آوری شده است [۴۸،۴۹]. هدف این پروژه، ارائه تجربیات آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق است که از فناوری میکروسیال مبتنی بر کاغذ برای انجام آزمایش‌های شیمی تحلیلی سنتی با اطمینان خاطر از انجام موفق این پروژه در خانه یا آزمایشگاه، می‌توان استفاده نمود.

کارگاه، در درجه اول بر یادگیری آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق و جزئیات آزمایش‌های آزمایشگاهی این پروژه تمرکز دارد. در این کارگاه، شیوه‌های علمی مورد بحث قرار گرفت اما هیچ آموزش رسمی به شرکت‌کنندگان ارائه نشد.

۷. تجزیه و تحلیل داده‌ها: تعیین فرصت‌های مشارکت در فعالیت‌های علمی

فرصت‌های مشارکت در فعالیت‌های علمی برای شرکت‌کنندگان در هر یک از آزمایش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده با بهره از نسخه اصلاح‌شده سه بعدی در مورد مواد آزمایشگاهی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تمام موارد، به جز یک عمل (عمل مهندسی)، اولین معیار یکسان است. مواردی از قبیل رویداد، مشاهده، پدیده، داده، سناریو یا مدل توسط آزمایشگاه برای تمرکز انتخاب شده و توسط پروژه ایجاد می‌گردند. معیارها معمولاً خود را درگیر درخواست‌ها درباره ارائه تفسیر، توجیه یا استدلال می‌بینند. هنگامی که به معیارهای ارائه شده برای هر عمل علمی در پروژه سه بعدی می‌نگریم،

اغلب دو راه وجود دارد که یک معیار می‌تواند به طور موفقیت‌آمیز انجام پذیرد. به عنوان مثال، برای توسعه و استفاده از مدل‌ها، سوال، یک نمایش می‌دهد یا از دانشجو می‌خواهد که یک نمایش بسازد. با اندیشیدن درباره سطح استقلال و شایستگی یک دانشجو هنگام انجام یک تمرین عملی، به این نتیجه می‌رسیم که تمایز بین مواردی که به یک دانشجو، یک نمایندگی داده می‌شود یا مواردی آن‌ها باید یک نمایندگی بسازند، مهم است. برای تعیین این‌که آیا یک آزمایش آزمایشگاهی، تمام معیارهای لازم را برای ارائه یک فوریت کامل برای شرکت در یک عمل علمی را دارد یا خیر، وجود یکی از معیارها کافی است. معیارهای اصلاح‌شده ما برای اطلاعات ارتباطی شامل موارد زیر است:

آزمایش آزمایشگاهی از دانشجویان می‌خواهد که یافته‌های خود را در اختیار دانشمندان دیگری قرار دهند.
آزمایش آزمایشگاهی از دانشجویان می‌خواهد که یافته‌های خود را به مخاطبان عمومی منتقل کنند.
دانشجویان می‌خواهند که یافته‌های خود را به مخاطبی فراتر از دانشمندان اما به روشی که برای عموم قابل درک باشد، منتقل کنند.

علاوه بر این، برخی از زبان‌ها و تعاریف را می‌توان در صورت نیاز برای داشتن یکپارچگی و اختصاصی بودن، هنگام کدگذاری مواد آزمایشگاهی شفاف‌سازی نمود. همچنین می‌توان برای تمرین، توسعه و استفاده از مدل‌ها، تعاریف، بازنمایی و مدل را با استفاده از چارچوب ارائه شده، تشریح نمود [۵۰]. روش علمی دیگری که مربوط به انتقال اطلاعات است، نیازمند مرور و یادآوری روش‌های کار است. معیاری نیز می‌توان برای تمرین در نظر گرفت که در آن، فعالیت از دانشجویان می‌خواهد که یافته‌های خود را با مخاطبی فراتر از دانشمندان، در میان بگذارند اما به گونه‌ای که این توضیحات برای عموم قابل درک باشد. همچنین می‌توانیم اشکال مختلف ارتباطی را که ممکن است یک شیمیدان درگیر شود، در نظر گرفته و تصمیم‌گیرنده در مورد مهم‌بودن این موضوع باشیم. این موارد در بخش ارتباطات علمی عمومی قرار می‌گیرند.

۸. معیار

برای تجزیه و تحلیل مواد ما به ثبت این مورد می‌پردازیم که کدام معیار برای یک فعالیت آزمایشگاهی وجود دارد که برای آن تمرین علمی وجود ندارد و سپس به آن، یک عمل علمی، اختصاص می‌دهیم.

به عنوان مثال، اگر دو معیار برای تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها در یک آزمایش آزمایشگاهی وجود داشته باشد، آزمایش آزمایشگاهی به عنوان «تنها کار جزئی» طبقه‌بندی می‌گردد. زیرا این عمل علمی با چهار معیار تعریف شده است اما تنها معیار پایه و یک معیار (از دو) برای کار در مواد مطرح شده است. با این حال، برای یک عمل علمی مانند برنامه‌ریزی و انجام تحقیقات، اگر دو معیار اول وجود داشته باشد، از آنجایی که فقط با ۳ معیار تعریف می‌گردد، این آزمایش آزمایشگاهی «فقط وظیفه» در نظر گرفته می‌شود زیرا حاوی اعلانات برای کار است اما حاوی درخواستی برای ارائه توجیه (آخرین معیار) نیست. استفاده از این طرح به ما این امکان را می‌دهد که مواد آزمایشگاهی را دسته‌بندی کنیم اما این کار ممکن است فرصت کاملی برای درگیر کردن دانشجویان در یک عمل علمی خاص نداشته باشد، با این حال، این روند شامل برخی از جنبه‌ها، مانند «فقط وظیفه» یا «فقط وظیفه جزئی» می‌باشد. در نتیجه با این روند اجرا و پیاده‌سازی می‌توان اصلاحاتی را به دانشمندان برای بهبود فعالیت‌ها پیشنهاد نمود. با این حال، توجه به این نکته مهم است که وجود معیارهای پایه برای یک عمل علمی، شواهد کافی برای نشان دادن فرصت جزئی جهت درگیر شدن در یک عمل علمی را به دلیل شباهت عملکرد آن در برخی از اقدامات علمی فراهم نمی‌آورد.

۹. تجزیه و تحلیل داده‌ها: تعیین سطوح پرس‌وجو

برای تعیین این‌که آیا روندهایی در مواد آزمایشگاهی در رابطه با فرصتهایی برای دانشجویان به منظور مشارکت در فعالیت‌های علمی، وجود دارد و همچنین سطح تحقیق در آزمایش آزمایشگاهی چگونه است، هر آزمایش آزمایشگاهی بایستی متناسب با سطح تحقیق خود کدگذاری گردد [۵۱،۵۲،۵۳]. یک جزء آزمایشگاهی ((نیمه ارائه شده)) زمانی است که بخش قابل توجهی (معمولا حدود ۵۰ درصد) از جزء آزمایشگاهی به دانشجو سپرده می‌گردد. این کار از طریق استفاده از نیمی از سطوح و تا حدی به شکل ارائه شده و همچنین بخشی از نیمی از اجزای آزمایشگاهی امکان‌پذیر است. مولفه ((جزئی ارائه شده)) زمانی است که دانشجویان باید تصمیم بگیرند، در حالی که حدود ۵۰ درصد از جزء در اختیار آن‌ها قرار گرفته است.

کدگذاری نیز یکی از عوامل مهم است. در ابتدا آزمایش‌های آزمایشگاهی که سطوح مختلف تحقیق را نشان می‌دهند، با طرح کدگذاری اصلاح‌شده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند تا مشخص گردد که آیا طرح کدگذاری برای انواع آزمایش‌های آزمایشگاهی مناسب هستند یا خیر. با این فرض که پیاده‌سازی موفق رویه‌های علمی خاص در آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر پرس‌و‌جوه‌های بالاتر، احتمال بیشتری دارد، می‌توان گفت که کدگذاری عمل علمی تا حد امکان تضمین می‌گردد. کتاب کد کامل در اطلاعات پشتیبانی گنجانده می‌گردد.

۱۰. نتایج و بحث

در مطالعات پیشین که سطح تحقیق را در مواد آزمایشگاهی بررسی نمودند، مشخص شد که در مقایسه مواد آزمایشگاهی اولیه، درصدهای بالاتری از مواد آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق روی می‌دهند. نقاط عطف آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر پرس‌و‌جوه‌های بیش‌تر این است که نسبت به کار دانشمندان معتبرتر بوده و دانشجویان را در فعالیت‌های دانشمند مدار، بیش‌تر مشارکت خواهد داد. اگر به سمت سطوح بالاتر در آزمایشگاه تحقیق حرکت نمایید، مواد، فرصت‌های بیش‌تری را برای مشارکت فراهم می‌نمایند. یک تحقیق بالاتر و در سطح عالی، مبتنی بر پروژه است که این نوع برنامه درسی آزمایشگاه شیمی عمومی، فرصت‌های بیش‌تری را برای دانشجویان نسبت به روش‌های سنتی مانند برنامه درسی آزمایشگاه شیمی عمومی سبک ((کتاب آشپزی))، از نقطه‌نظر درگیری حداکثری در فعالیت‌های علمی، فراهم می‌آورد. با توجه به افزایش پذیرش آزمایشگاه مبتنی بر تحقیق می‌توان عنوان نمود که مواد آزمایشگاهی مبتنی بر پرس‌و‌جوی بالاتر، ارتباط احتمالی بیش‌تری بین آزمایش‌ها و کارهای قبلی فراهم می‌آورد. همچنین افزایش بیش‌تری در فرصت‌های ایجادشده برای دانشجویان، در هنگام مقایسه مواد از روش‌های علمی، به منظور مشارکت فراهم می‌گردد. نتایج دقیق درباره این نوع از تجزیه و تحلیل می‌تواند در بخش پشتیبانی ذکر گردد. این پرسش را می‌توان مطرح نمود که چرا تغییر عمده در افزایش سطح پرس‌و‌جو پیرامون یک آزمایش آزمایشگاهی، منجر به افزایش فرصت‌های تحریک شده برای مشارکت نمی‌گردد. در بررسی ارتباط فرضی بین پرس‌و‌جو، شیوه‌های علمی و مقایسه سطوح تحقیق در مواد آزمایشگاهی، فرصت‌هایی برای مشارکت دانشجویان در علم ایجاد می‌گردد.

۱۱. سطوح تحقیق در مقابل فرصتهای درگیر شدن در علم

تجزیه و تحلیل مواد آزمایشگاهی برای بررسی ارتباط بین سطح پرس‌و‌جو و فرصت‌های مشارکت دادن دانشجویان در علم، شیوه‌ها و الگوهای متفاوتی را برای برنامه‌های مختلف شیمی نشان می‌دهد. برای نمونه، در یک حالت، دانشجو بایستی

یک پرسش تحقیقی ایجاد نماید، بنابراین جای تعجب نیست که ما به ندرت، شاهد فرصتهایی برای دانشجویان هستیم. در حالت دیگر با هدف ایجاد سطح درگیر پرسش، عمل به صورتی تعریف می‌گردد که دانشجویان، یک ویدیو، مقاله، راه حل دانشجویی یا گزیده‌ای از مکالمه‌ای را که یک یا چند ادعا را بیان می‌کند، ارزیابی می‌کنند. در سطوح بالاتر پیرامون آزمایش‌های آزمایشگاهی تحقیق، مانند پروژه‌های مستقل یا گروهی، دانشجویان اغلب جست‌وجوی متون را انجام می‌دهند یا اطلاعات خارجی را که باید ارزیابی کنند، پیدا می‌کنند. در شیوه علمی دوم، اغلب پیش‌زمینه یا نظریه لازم برای آزمایش‌های آزمایشگاهی ارائه می‌گردد به طوری که اغلب از دانشجویان خواسته می‌گردد تا نتایج خود را در یک برگه به شکل صفحه اکسل یا از طریق سوالات پس از آزمایشگاه برای سطوح پایین‌تر مواد آزمایشگاهی مبتنی بر پرس‌وجو گزارش دهند. در شیوه علمی سوم، سطح بالاتر از آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق یا پروژه شکل گرفته و از دانشجویان خواسته می‌گردد تا یک گزارش آزمایشگاهی رسمی نوشته و آن را با استانداردهای یک ارائه شفاهی، گزارش دهند. برای هر سه شیوه علمی، دانشجویان با تجربیات آزمایشگاهی که معتبرتر از تجربیات دانشمندان بوده، درگیر شده و بدین صورت وارد جامعه عمل می‌گردند. دانشجویان معمولاً با فرصت‌های کامل‌تری برای درگیر شدن در طرح سوال، ارزیابی اطلاعات و انتقال اطلاعات مواجه می‌گردند.

افزایش اولیه در ایجاد فرصت‌های تحریک‌شده برای مشارکت در یک عمل علمی خاص با افزایش سطوح تحقیق و به دنبال آن، کاهش در بالاترین سطوح تحقیق برای چهار عمل علمی وجود داشت: توسعه و استفاده از مدل‌ها، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، استفاده از ریاضیات و تفکر محاسباتی و چهارمین عمل علمی، درگیر شدن در استدلال‌های برخاسته از شواهد.

وقتی از دانشجویان خواسته می‌گردد که در آزمایش‌های آزمایشگاهی که در سطح تحقیق بالاتری دارند، شرکت کنند، این پرسش مطرح می‌گردد که آن‌ها بایستی چه کاری را انجام دهند؟ پیش‌بینی می‌گردد که آن‌ها در بسیاری از این شیوه‌های علمی شرکت کنند اما مشاهده کاهش فرصت‌های ارائه شده در بالاترین سطوح تحقیق، شگفت‌انگیز به نظر می‌رسد. زیرا که آزمایش‌هایی با سطوح بالاتر در تحقیق، اغلب داربست یا حمایتی را که دانشجویان به صراحت در جزوه‌های آزمایشگاهی خود ارائه می‌دهند، کاهش می‌دهند. از آنجایی که این روند، انگیزه صریح و فرصت برای شرکت در یک عمل علمی را در یک آزمایش آزمایشگاهی به تصویر می‌کشد، اگر داربستی را که دانشجویان را ترغیب به شرکت در یک تمرین می‌کند، حذف نماییم، نتایج معکوس منعکس می‌گردد. برای نمونه، درگیر شدن در استدلال برخاسته از شواهد، فرصتهایی را برای درگیر شدن در استدلال‌های برخاسته از شواهد در سوالات پس از آزمایشگاه فراهم می‌آورد.

در آزمایش‌های آزمایشگاهی با سطح بالاتر تحقیق، اغلب هیچ پرسش پس از آزمایشگاه وجود ندارد تا تفکر دانشجو را به شکل داربست فرم دهد. شرکت در تمرین مهم است اما هیچ فرصتی برای شرکت در این عمل توسط مواد آزمایشگاهی ایجاد نمی‌گردد. با در نظر گرفتن لنز یادگیری موقعیتی، پیش‌بینی می‌گردد که زمانی که دانشجو از اطراف به سمت جامعه علمی حرکت می‌کند، در علم مهارت پیدا می‌کند. اقداماتی جالب خواهند بود که می‌توانند داربست‌ها را برداشته تا دانشجویان بدون تلقین به تمرین علمی مشغول گردند. تحقیقات بیش‌تر در موارد شواهد مبتنی بر مشارکت دانشجویان در فعالیت‌های علمی پیرامون مشاهدات آزمایشگاهی و همچنین مصاحبه‌های دانشجویان و دانشمندان مبتنی بر هنجارهای دوره، به روشن نمودن شیوه‌هایی که در آن، دانشجویان واقعاً در این تجربیات آزمایشگاهی معتبر مشارکت می‌کنند، کمک می‌کند.

دو روش علمی وجود دارد که در هیچ یک الگوهای قبلی قرار نمی گیرند. روش اول به نام برنامه ریزی و انجام تحقیقات بوده در حالی که روش علمی دوم تحت عنوان تمرین مهندسی قرار می گیرد. انجام تحقیقات مستلزم آن است که دانشجو توجیه کند که چگونه می تواند از توصیف، طرح، مشاهدات خود برای پاسخ به سوال یا آزمون، ادعا و فرضیه استفاده نماید. در واقع می توان نتیجه گرفت که آخرین معیار که در آن، دانشجویان بایستی توصیف، طرح یا مشاهدات خود را توجیه کنند، وجود ندارد. بنابراین، درحالی که دانشجویان در حال تصمیم گیری تجربی در این فعالیت های آزمایشگاهی هستند، اغلب برای ارائه توجیه موفقیت آمیزشان در مورد آن دسته تصمیم ها توسط مواد آزمایشگاهی تشویق نمی گردند. در حالت ایده آل، دانشجویان منطقی را برای تصمیم گیری های خود در مورد طراحی آزمایش منتسب به خود را ارائه می دهند اما علاوه بر فقدان انگیزه برای ارائه توجیه، دانشجویان در هیچ جنبه از برنامه ریزی و انجام تحقیقات ارزیابی نمی گردند. البته این امکان وجود دارد که استاد به صورت شفاهی دانشجویان را به دلیل استدلال یا توجیه آن ها در حین کار آزمایشگاهی بررسی نماید اما درخواست صریح تر حتی در مورد جزوهای آزمایشگاهی یا دستورالعمل های گزارش، فرصت ها را برای دانشجویان به منظور نشان دادن مهارت، افزایش می دهد. معیارهای پایه به تنهایی کافی نبوده تا نتیجه گیری شود که چه مقداری از عمل تحریک شده است. در مواردی که بیش از یک معیار پایه وجود دارد، از دانشجویان خواسته می گردد که یافته هایی از تحقیقات خود را شناسایی کنند که در طراحی راه حل برای یک مسئله استفاده می گردد. یک پیشنهاد می تواند بدین گونه باشد که محصول ملموسی از نتایج تحقیق طراحی یا ساخته گردند یا بحثی پردازش گردد که چگونه معیارهای رقیب در یک طراحی برای یک معیار، وزن یا اولویت بندی شده است. مواردی وجود دارد که برخی از این معیارها ظاهر شده اند اما لزوماً به ترتیب نبوده اند. برخلاف این بیانی، سایر روش های علمی ساختار سلسله مراتبی بیش تری دارند. این روش مهندسی در آزمایش آزمایشگاهی خاصی بیش تر استفاده می گردد.

از آنجایی که داده های ما نشان داده اند که تغییرات عمده در سطح تحقیق ممکن است منجر به افزایش فرصت ها برای مشارکت در فعالیت های علمی نگردد، بررسی راه هایی که شیوه های علمی در آن برانگیخته می گردند، پیامدهای مستقیمی برای طراحی عمده تجربیات آزمایشگاهی دارد که به پرورش مهارت در شیوه های علمی کمک می کند. درصد مواد آزمایشگاهی که صراحتاً برای یک عمل علمی معین در یک جزء آزمایشگاهی معین مانند سوالات قبل از آزمایشگاه، پیشینه، روش، تجزیه و تحلیل داده ها و سوالات پس از آزمایشگاه، به طور صریح خلاصه می گردند.

با نگاهی به تمام آزمایش های آزمایشگاهی، بیش تر مواد آزمایشگاهی حاوی مولفه های آزمایشگاهی مانند پیش زمینه و روش هستند اما نقصی جدی در ساختار محتویات مواد آزمایشگاهی دیده می گردد. زیرا سوالات قبل از آزمایشگاه، تجزیه و تحلیل داده ها و سوالات پس از آزمایشگاه جزء مواد آزمایشگاهی نیستند. این مطلب بیانگر و نشان دهنده تغییرات در ساختار مواد آزمایشگاهی مورد استفاده شرکت کنندگان مختلف است اما نه تنها این تغییر مثبت نبوده بلکه این تغییر مخرب و منفی است. روندهای مربوط و مرتبط به زمانی که مواد آزمایشگاهی در عمل علمی ظاهر می گردند، در ادامه به همراه پیشنهاداتی برای یافتن یا ساخت راه های مبتنی بر درخواست مبنی بر معیارهایی که در مجموعه ما دیده نمی گردد، مورد بحث قرار گرفته است.

سه مولفه، سوال پرسیدن، ارزیابی اطلاعات و ارتباط دادن در آزمایش های آزمایشگاهی حضور فعال دارند. از آنجایی که مجموعه داده های ما شامل آزمایش های آزمایشگاهی زیادی نیست، فرصتهایی را برای درگیر شدن در طرح سوال، ارزیابی اطلاعات و ارتباط اطلاعات فراهم می آورد. از نکات جالب توجه این است که همپوشانی ایجاد شده با اجزای آزمایشگاهی در شیوه های علمی دارای درصد بالایی نبوده است. زمانی که فرصتهایی برای درگیر شدن در طرح سوالات



وجود داشت، این اجازه فقط در سوالات یا تکالیف پیش از آزمایشگاه مشاهده می‌شد. پس زمینه یا رویه این نوع از اعلان‌ها در بالاترین سطوح آزمایش‌های پرس‌وجویی، اغلب پروژه‌های آزمایشگاهی، که در آن، دانشجویان ملزم به ایجاد یک سوال تحقیقاتی بودند، وجود داشت. راه بالقوه‌ای که مربیان می‌توانند از سوالات پس از آزمایشگاه برای ترغیب دانشجویان به طرح سوالات استفاده نمایند، این است که از آن‌ها بخواهند که یک سوال تحقیقاتی بنویسند که از آزمایش آزمایشگاهی که اخیراً تکمیل کرده‌اند، اقتباس گرفته شده است.

وقتی فرصت‌هایی برای مشارکت در ارزیابی اطلاعات وجود داشت، بایستی آن را در سوالات یا فعالیت‌های قبل از آزمایشگاه جست‌وجو نمود. این نوع از اعلان‌ها، اغلب دانشجویان را مجبور می‌سازد تا در منابع یا اطلاعات خود جست‌وجو نمایند. در ادامه آن‌ها را ارزیابی می‌نمایند. دانشجویان در این سوالات به استفاده از ادبیات برای یادگیری هر چه بیش‌تر در مورد نظریه، تکنیکی که در آزمایش آزمایشگاه قصد استفاده را داشته و همچنین در تلاش برای علمی‌سازی و پیاده‌سازی آن قدم برمی‌دارند، مبادرت می‌ورزند. همچنین این نوع استفاده خودآگاهانه از ادبیات می‌تواند برای یادگیری بیش‌تر در مورد پدیده‌ای که آزمایش آزمایشگاهی بر آن متمرکز است، رخ دهد. نوع دیگری از فعالیت‌های پیش از آزمایشگاه که دانشجویان را در ارزیابی اطلاعات درگیر می‌کند، زمانی است که دانشجویان مجبورند به جست‌وجوی ادبیات برای روش یا روشی بپردازند اما این امر اغلب در یک آزمایش آزمایشگاهی مبتنی بر پروژه با تحقیقات بالاتر جلوه‌نمایی می‌نماید.

وقتی فرصت‌هایی برای مشارکت در برقراری اطلاعات وجود داشته باشد، معمولاً در سوالات یا تکالیف پس از آزمایشگاه نمایان می‌گردد. این نوع از فعالیت‌ها، دانشجویان را قادر می‌سازد تا یک گزارش رسمی نوشته، یک ارائه علمی برای دانشمندان فراهم آورده و همچنین یافته‌های خود را برای مخاطبان عمومی ترجمه نمایند اما درصد بالایی از این عمل علمی وجود ندارد. زیرا بسیاری از اساتید از دانشجویان خود به جای ایجاد یک محصول ارتباطی، فقط توقع پاسخ‌گویی به سوالات پس از آزمایشگاه را دارند.

توسعه و استفاده از مدل‌ها، رایج‌ترین معیار موجود بود که در آن، دانشجویان یک مدل را مفروض قرار داده یا مبادرت به خلق یک مدل می‌نمایند. این معیار، توانایی ظاهر شدن در تمام اجزای آزمایشگاهی را دارد. زیرا مدل‌ها اغلب به شکل معادلات شیمیایی ضروری، معادلات ریاضی، تنظیم تجهیزات آزمایشگاهی و نمایش پدیده‌های شیمیایی ارائه می‌گردند. همچنین اغلب از دانشجویان انتظار رفته و خواسته می‌گردد که در سوالات قبل از آزمایشگاه، تجزیه و تحلیل داده‌ها، محاسبات و سوالات پس از آزمایشگاه، مدل‌هایی را تولید نمایند.

دانشجویان برای استفاده از مدل و پیوند دادن معنا به بازنمایی، از سوالات پس از آزمایشگاه به عنوان یک اهرمی نام برده که گاهی اوقات آن‌ها را به ارائه تفسیر یا توضیح پیرامون یک مدل ترغیب می‌نماید.

برنامه‌ریزی و انجام تحقیقات نیز دارای رایج‌ترین معیاری است که دانشجویان را ملزم به توصیف یا طراحی تحقیق می‌نماید. این معیار معمولاً در سوالات یا فعالیت‌های قبل از آزمایشگاه مشاهده می‌گردد. زیرا دانشجویان وظیفه دارند تا قبل از انجام آزمایش، بخشی یا تمام آزمایش آزمایشگاهی را برنامه‌ریزی نمایند. همچنین با نگاهی به سوالات قبل و بعد از آزمایشگاه، مشاهده می‌نماییم که در آن، دانشجویان بایستی بخشی یا تمام تحقیقات را توصیف کنند اما معیاری که کم‌تر اتفاق می‌افتد، ملزم نمودن دانشجویان به ارائه توجیهی پیرامون و با هدف طراحی آزمایشگاه می‌باشد. این معیار زمانی ظاهر می‌شود که ما از سوالات قبل یا پس از آزمایشگاه سخن‌پراکنی نموده‌ایم زیرا که این نوع، برانگیزنده توضیح کتبی بوده و

افراد به این جهت برانگیخته می‌گردند.

تشویق دانشجویان به دلیل توجیه و همچنین ترغیب و برانگیختن حس آن‌ها به انجام این کار موجب می‌شود که با این انگیزش، با توجیه روش‌های پیشنهادی خود، کمک‌کننده به برجسته نمودن شکاف‌ها در درک خود پیرامون سوال تحقیقی که سعی در پاسخ‌گویی به آن را دارند و همچنین انتخاب روش‌های مناسب برای پاسخ به آن سوال، باشند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها دارای معیاری بودند که در آن، نمایشی از داده‌ها به آن‌ها داده می‌شد یا آن‌ها ملزم به ایجاد نمایشی از داده‌ها بودند که اغلب با روشی همخوانی و مطابقت داشت که دانشجویان به وسیله آن، داده‌ها را جمع‌آوری کرده، تجزیه و تحلیل صورت پذیرفته و کار روی محاسبات داده‌ها توسط آن‌ها انجام می‌گرفت.

معیار دیگری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، دانشجویان را ملزم می‌نمود تا داده‌ها را تجزیه و تحلیل نموده یا از تجزیه و تحلیل گردآوری شده، بهره ببرند. این معیار اغلب در بخش تجزیه و تحلیل داده‌ها یا محاسبات قرار گرفته و همچنین رویه و سوالات پس از آزمایشگاه منظور می‌گردید. هدف رفتاری این معیار، آن است که دانشجویان را ملزم به تجزیه و تحلیل داده‌ها به شیوه‌ای مشخصی نموده تا با رسم نمودار، استفاده از معادله و آزمون، به دنبال روندی در داده‌ها، یک کاوش، جست‌وجو و سفر مخاطره‌آمیز را آغاز نمایند.

معیار آخر در این بخش، ساختاری الزام‌آور برای تفسیر نتایج در چارچوب سوال علمی‌ای که آزمایش آزمایشگاهی به دنبال پاسخ‌دادن به آن است، ایجاد می‌نماید.

این روندها اغلب در سوالات پس از آزمایشگاه که دانشجویان بایستی توضیح یا تفسیری از نتایج خود ارائه دهند، مطرح می‌گردند. افزودن اعلان‌ها برای در نظر گرفتن تفسیر نتایج در طول روش می‌تواند به دانشجویان در انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی کمک کند به طوری که آن‌ها به شکل الزام‌آور، آزمایشی را تکرار نموده تا به مثابه آزمایش‌های آزمایشگاهی پرس‌وجوی بالاتر، عادت تفکر انتقادی درباره داده‌ها را در حین جمع‌آوری به شکل فعالانه تشویق گردد.

برای استفاده از ریاضیات و تفکر محاسباتی، معیار کارآمدی که دانشجویان را ملزم به انجام یک محاسبه، تولید یک نمایش ریاضی و تعیین رابطه بین پارامترهای مختلف می‌نماید، به طور مشهود در بخش تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبات یک آزمایش آزمایشگاهی مشاهده می‌گردد. این معیار هم در سوالات قبل و هم در سوالات بعد از آزمایشگاه نمایان می‌گردد. مشابه سایر معیارها، این معیار نیز در قالب اعلان‌ها از دانشجویان می‌خواهد که داده‌ها را در یک موضوع ریاضی مشخص تجزیه و تحلیل کرده و به رسم نمودارها و نمایش‌های ریاضی بپردازند. این معیار اغلب در سوالات پس از آزمایشگاه ظاهر می‌گردد به طوری که دانشجویان بایستی نتیجه یا تفسیری از محاسبات، نمایش ریاضی و همچنین تجزیه و تحلیل خودشان ارائه دهند. اما می‌توان عنوان و خاطرنشان نمود که این معیار ممکن است تمرین مفیدی برای سوالات پیش از آزمایشگاه و بخش پیش‌زمینه و پس‌زمینه تلقی گردد تا به وسیله پیاده‌سازی آن، به دانشجویان در درک مدل‌های ریاضی‌ای که در طول آزمایش استفاده می‌نمایند، کمک فراگیر صورت پذیرد.

رایج‌ترین معیار برای درگیر شدن در براهین و استدلال‌های برخاسته از شواهد، ارائه ادعایی به دانشجویان بوده یا وادارسازی آن‌ها به خلق ادعایی براساس یک رویداد، مشاهده یا پدیده معین تعریف می‌گردد. نوع درخواست برای این ادعا، می‌تواند در

سوالات قبل یا پس از آزمایشگاه درج گردیده تا از دانشجویان خواسته گردد تا یک ادعای مستقیم را برای پاسخ به سوال نگارش درآورند.

این معیارها، دانشجو را ملزم به ارائه شواهد یا اصول علمی و سپس اتصال آن‌ها به ادعا می‌نماید تا آن‌ها یافته‌های خود را در چارچوب هدف تحقیق آزمایش توضیح دهند اما اغلب این گونه از معیارها در سوالات پس از آزمایشگاه جای دارند.

معیار اول برای تعریف مشکل، مسائل، طراحی راه حل و تمرین مهندسی آن‌ها، از دانشجویان می‌خواهد که یافته‌های حاصل از تحقیقات خود را که امکان استفاده از آن‌ها در طراحی راه حل وجود دارد و همچنین نحوه استفاده از آن‌ها را شناسایی کرده تا آن‌ها به طور الزام‌آور، محصول ملموسی را از نتایج تحقیقات خود طراحی نموده یا بسازند. این معیار اغلب در سوالات پس از آزمایشگاه جای گرفته تا ماهیت این عمل علمی در استفاده از نتایج تحقیق برای طراحی راه‌حلی برای مورد دیگری آشکار گردد. تمرین مهندسی تعریف و طراحی راه‌حل‌ها در داده‌ها رایج نیست. یک نمونه از این تمرین، مربوط یک آزمایش آزمایشگاهی است که در آن از دانشجویان خواسته می‌گردد تا طراحی یک دستگاه میکروسیال را براساس نتایج آزمایش آزمایشگاهی خود بهبود بخشند. در این آزمایش، حدود ۵۰ درصد و حتی بیش‌تر از این میزان در مواد آزمایشگاهی تغییرات صورت پذیرفت. این تغییرات از نظر دامنه و ماهیت متفاوت هستند. برخی از اصلاحات کوچک‌تر مانند حذف یک هدف یادگیری یا تغییر کوچک در روش مانند یک معرف جایگزین منجر به تغییر در فرصت‌های مشارکت در فعالیت‌های علمی نگردید. با این حال، ما متوجه تغییراتی شدیم به طوری که افزودن یا حذف اجزای آزمایشگاهی در ارتباط با مواد اولیه آزمایشگاهی، منجر به تفاوت‌هایی در فرصت‌های تحریک شده برای مشارکت دادن دانشجویان در فعالیت‌های علمی می‌گردد. در ادامه به بررسی انواع مختلف تغییراتی که مشاهده می‌گردد، پرداخته و تاثیر آن‌ها را بر فرصت‌های عمل علمی بیان می‌نماییم.

اولین نوع از اصلاحات موفق با افزودن اجرای آزمایشگاهی همراه بود تا منجر به ایجاد فرصت‌های بیش‌تری به منظور مشارکت‌پذیر نمودن دانشجویان در برخی از شیوه‌های علمی گردد. تعدادی از شرکت‌کنندگان تصمیم بر آن گرفتند تا علاوه بر پاسخ به سوالات پس از آزمایشگاهی، ارزیابی به مراتب رسمی‌تری را به آزمایش‌های آزمایشگاهی میکروسیال اضافه نمایند که برخی از آن‌ها، به نوشتن گزارش رسمی پرداخته که این کار را اغلب با پیروی از دستورالعمل‌های مجله‌هایی مانند انجمن شیمی آمریکا محقق ساختند.

همچنین از دانشجویان خواسته می‌گردد تا یک پوستر ارائه دهند یا در حد ایده‌آل، آن‌ها ملزم به ارائه در کنفرانس‌های پژوهشی و خلاقیت موسسه خود که معمولاً به صورت هفتگی برگزار می‌گردد، می‌باشند. در این دو مورد، تمامی معیارهای ارتباط اطلاعات به طور کامل برآورده می‌گردند. در حالی این رویداد تثبیت می‌گردد که در معیارهای قبلی چنین اتفاقی رخ نمی‌دهد. در بعضی از موارد از دانشجویان خواسته می‌گردد تا مورد ارزیابی دیگری قرار گیرند که در این نوع از ارزیابی، از دانشجویان خواسته می‌گردد تا برای گزارش در ارتباط با یافته‌های خود، ویدئویی تولید نمایند. در نقد این نوع از ارزیابی، نکته پررنگ در ارتباط با این خط از کلمات است که علاوه بر انتقال اطلاعات، شاهد ((افزایش فرصت‌ها)) برای مشارکت در استفاده از تفکر ریاضی و محاسباتی و درگیر شدن در استدلال‌های مبتنی بر شواهد هستیم. زیرا که از دانشجویان خواسته می‌گردد تا نتایج خود را در زمینه سوال یا پدیده تحقیق توضیح دهند.

یک نوع دیگر نیز به عنوان اصلاح در روند اجرا صورت پذیرفت. این مورد در انجام حذف اجزای آزمایشگاهی در آزمایشات بوده است. غالباً اساتید، سوالات قبل از آزمایشگاه را از آزمایشات آزمایشگاهی حذف می‌نمودند. در ارائه نقدی برای این نوع از اصلاح، زمانی که سوالات پیش از آزمایشگاه حذف گردد، اغلب فرصت‌های کمتری برای مشارکت در توسعه و استفاده از مدل‌ها، برنامه‌ریزی و انجام تحقیقات، استفاده از ریاضیات و تفکر محاسباتی و درگیر شدن در استدلال‌های مبتنی بر شواهد به شکل ملموس مشاهده می‌گردد. هدف از طراحی و ایجاد نوع بخش از سوالات به طور خودآگاهانه، این است که دانشجویان قبل از تکمیل آزمایش آزمایشگاهی، درگیر عناصر برنامه‌ریزی شده و همچنین در مورد ماهیت داده‌ها و حتی در سطح بالاتر و مترقی‌تر، پیرامون تجزیه و تحلیل داده‌هایی که مورد استفاده در آزمایش آزمایشگاهی هستند، تفکر و تعمق می‌نمایند. در مورد پیاده‌سازی و اجرای این نوع از اصلاح، می‌توان از دو سناریو یاد نمود. در سناریوی اول، بعضی از اساتید، یک یا دو سوال را حذف نمودند. در سناریوی دوم، تمامی این سوالات حذف شدند. در نگاه نقادانه به پیاده‌سازی و اجرای این نوع از اصلاحات علاوه بر مطالب گفته شده در مورد کاهش فرصت‌های مشارکت، ممکن است دانشجویان از طرق مختلف آماده گردند که موارد ثبت شده در مورد این ادعا و بیانیه مبتنی بر تجزیه و تحلیل مواد موجود نیست. اما حذف فعالیت‌های قبل از آزمایشگاه می‌تواند مضر باشد. زیرا فعالیت‌های قبل از آزمایشگاه به داربست ماهیت پیچیده کار آزمایشگاهی کمک‌رسان تسهیل‌گر هستند.

سناریوی دیگر در ایجاد اصلاح در معیارهای آزموده شده، بار دیگر حذف اما این بار در روند سوالات پس از آزمایشگاه بود. همانند سناریوی پیشین حذف، پیاده‌سازی به شکل حذف یک یا دو پرسش بوده اما برخی از اساتید از این روند جلوتر رفتند و کل این بخش را حذف کرده یا این بخش را با یک تکلیف از ماهیت جایگزین، تغییر دادند [۵۴،۵۵]. اما در این نوع اصلاح از طریق حذف، ما ناظر بر سناریوی جدیدی بودیم که در آن، اساتید، جایگزینی را اهم دانسته و آن را با یک الگوی اکسل، جایگزین کرده که در آن محیط، دانشجویان داده‌های خود را وصل نموده و نتایج این عملگر را محاسبه می‌کنند. برای مشاهده نقدی بر این اصلاح، می‌توان گفت که نواقص کار شامل کاهش فرصت‌ها برای شرکت در تجزیه و تحلیل، تفسیر داده‌ها، درگیر شدن در استدلال‌های مبتنی بر شواهد، تمرین، مهندسی تعریف مسائل و طراحی راه‌حل می‌باشند. مفید و ژرف‌گونه به نظر می‌رسد که هدف از وجود سوالات پس از آزمایشگاه به صورت خودآگاهانه در یک نظر اجمالی خلاصه‌بندی گردد. این نوع سوالات در وهله اول به صورت خودآگاهانه طراحی شده‌اند اما هدف‌های رفتاری ملموسی را در خود نهان دارند که دانشجویان را ملزم به توضیح نتایج خود و استدلال کرده که جزء آخرین بخش از هر معیاری در شیوه‌های علمی می‌گردد. بنابراین برای درک عمیق‌تر نقد بر این نوع اصلاح در یک جمله می‌توان آشکار نمود که حذف سوالات پس از آزمایشگاه، انگیزه صریح دانشجویان را برای انجام یک بازتاب مهم از انجام کار و درک نتایج خود از بین می‌برد.

از طریق دریچه همسویی سازنده، اگر ((مشارکت)) در این شیوه‌های علمی یک هدف یادگیری عمده تلقی گردد، فعالیت‌ها و ارزیابی‌هایی که دانشجویان معرفی می‌نمایند، بایستی شامل فرصت‌هایی برای آن در جهت توسعه الزام‌آور مهارت‌ها محسوب گردد. حذف این نوع هدف از وظایف آزمایشگاهی، فرصت‌ها را برای دانشجویان جهت نشان دادن مهارت در شیوه‌های علمی به عنوان و منزله اهداف یادگیری از خاطر محو می‌سازد.

۱۲. محدودیت‌ها

این مطالعه چندین محدودیت عمده را در لیست قرار می‌دهد.

مواد درسی تجزیه و تحلیل شده برای این مطالعه به طور کامل از شیمی تجزیه انتخاب و پیاده سازی شده اند. شیمی تجزیه عمدتاً به عنوان ((تحلیل کمی)) نامیده می گردد. بنابراین یافته های مطالعه، نماینده تمام دروس شیمی نبوده و حتی از پروژه میکرو استفاده شده تا بخشی از کل کار قلمداد گردد که بیانگر فقدان داشتن صلاحیت لازم برای نمایندگی تمام دانشکده های شیمی تجزیه محسوب می گردد.

محدودیت دیگر بدین شکل متصور می شود که اعداد بیانگر مفهوم تکان دهنده ای خواهند بود. تعداد آزمایش های آزمایشگاهی که به عنوان آزمایش های آزمایشگاهی با تحقیق بالاتر در نظر گرفته می شدند، از نظر تعداد ارقام، کم برجسته گذاری می شوند و حتی می توان این ادعا را مطرح ساخت که محدودکننده برای طرح ادعا در این نوع از آزمایش های آزمایشگاهی هستند. برای این مطالعه، ما فقط مواد آزمایشگاهی را که اساتید در دوره های خود استفاده می کردند، همراه با داده های نظرسنجی و مصاحبه که صرفاً باورهای اساتید را هدف قرار می داد، جمع آوری نمودیم. به عنوان پیشنهاد می توان اذعان نمود که اگر انواع دیگری از داده ها مانند سوابق دانشجویی، ساختار و مدیریت کلی دوره گردآوری گردد، امکان توصیف جامع تری از دروس مورد تجزیه و تحلیل تسهیل و مهیا خواهد گشت. از مزایای ریزبینانه این مطالعه می توان به مدل سه بعدی فقط شامل و مشخص کننده فرصت های صریح برای مشارکت دادن دانشجویان در فعالیت های علمی است، اشاره نمود. زیرا در صورت عدم تحقق این مدل و همچنین اگر هنجارها به روش های دیگری مانند بحث های درون کلاسی یا آموزش شفاهی ایجاد می شدند، این فرصت ها شناسایی نمی شدند. علاوه بر این، سطح مشارکت دانشجویان در فعالیت های علمی یا سطح مهارت دانشجویان را نمی توان با این ابزار تعیین نمود. البته این بیانیه منطقی به نظر می رسد که حتی اگر فرصتی در مواد آزمایشگاهی فراهم گردد تا دانشجویان در یک عمل علمی شرکت نمایند، امکان عدم شرکت به دلایل مختلف و عملاً در عمل علمی معین وجود دارد. پیشنهاد می گردد کار بیش تری در مورد برنامه درسی تصویب شده، به جای در نظر گرفته شده، انجام شود و همچنین پیامدی از یک برنامه حاصل شود تا تعامل و مهارت واقعی دانشجویان با شیوه های علمی صورت پذیرد.

۱۳. مفاهیم

مفاهیم برای طراحی مواد یا به عبارت دیگر، ارائه مفاهیم از یافته های مطالعه ما برای طراحی برنامه درسی شیمی و به وبژه برنامه های درسی آزمایشگاهی به شکلی است که ما در داده هایمان، فرصت های محدودی را برای دانشجویان مشاهده نمودیم تا در طرح سوال، ارزیابی اطلاعات و برقراری ارتباط اطلاعات شرکت نمایند. این گونه از فرصت ها می توانند شیوه های علمی تلقی گردند که معمولاً در برنامه های درسی شیمی تحلیلی مورد تاکید قرار نگرفته اند اما امکان قرارگیری زمینه ای برای تقویت مواد آزمایشگاهی برای تمرین بیش تر مبتنی بر شیوه های علمی توسط دانشجویان وجود دارد. نمونه ای از پیاده سازی چگونگی طرح سوال، این است که دانشجویان ملزم به ایجاد یک تحقیق جدید می باشند.

پرسش به عنوان بخشی از سوالات یا فعالیت پس از آزمایشگاه که از کاری که در آزمایش کامل کرده اند، الهام گرفته شده است.

در داده های ما، مستندسازی شده است [۵۶] که بسیاری از مواد آزمایشگاهی به ارائه فرصت های ((کامل)) برای مشارکت دانشجویان در فعالیت های علمی بسیار نزدیک بوده اند اما نقصی نیز در این روش وجود دارد که حاکی از فقدان آخرین

معیار بوده است، به طور کلی، مورد و قطعه تفسیر یا به عبارت علمی تر و یا اصطلاح نقادانه، توجیه وجود داشته و در این فرصت حاضر نیست. قطعه و معیار تفسیر یا توجیه مهم عنوان گرفته و مطرح می‌گردد. زیرا این عنوان بدین دلیل اطلاق می‌گردد که توانایی نشان دادن سطح مهارت دانشجویان را با یک عمل علمی مشخص وجود دارد.

جلوه‌نمایی این معیار، اغلب در سوالات قبل و بعد از آزمایشگاه تثبیت شده بود. مدرسان یا طراحان برنامه درسی می‌توانند در نظر داشته باشند که اعلان‌هایی مانند سوالات یا فعالیت‌های قبل و بعد از آزمایشگاه درخواستی مبنی بر اضافه کردن قطعات تفسیر یا توجیه داشته‌باشند. پیامد موفق محقق شدن این درخواست، فرصت‌های کامل‌تری برای مشارکت در این شیوه‌های علمی فراهم می‌آورد.

پیامد دیگر این کار برای طراحی مواد از یافته‌های این مطالعه استخراج می‌گردد. زیرا مواد آزمایشگاهی برای جذب دانشجویان در سطوح بالاتر تحقیق افزایش می‌یابند اما این مواد ذاتا فرصت بیش‌تری را برای درگیرکردن دانشجویان در بسیاری از شیوه‌های علمی معرفی نمی‌نمایند. علاوه بر استفاده از ارزیابی مواد آزمایشگاهی به منظور پیاده‌سازی در سطح تحقیق، از دیدگاه و نقطه‌نظر ایجاد فرصت‌هایی برای مشارکت دادن دانشجویان در فعالیت‌های علمی پیرامون برجسته نمودن همسویی یا عدم همسویی مبتنی بر ترویج و گسترش عملکرد علمی نیز مهم قلمداد می‌گردند. هنگام طراحی سطح بالاتری از مواد آزمایشگاهی پرس‌وجو، مهم است که در نظر بگیریم که چه انگیزه‌های صریحی برای شرکت در یک عمل علمی ممکن است حذف شده و چگونه دانشجویان در آن عمل ارزیابی خواهند شد.

نقش اجزای مختلف آزمایشگاهی و این‌که چگونه می‌توانند دانشجویان را به مشارکت در فعالیت‌های مختلف علمی ترغیب کنند، پرسشی است که در ذهن در یک لحظه جرقه‌ای ایجاد می‌نماید. یادآوری می‌گردد که برای بسیاری از شیوه‌های علمی، معیارهای تفسیر یا توجیه تمرین‌ها معمولا در سوالات قبل و بعد از آزمایشگاه مطرح می‌شود و به دانشجویان اجازه می‌دهد تا به طور کامل مهارت خود را با یک تمرین معین نشان دهند. حذف این بخش‌ها باعث حذف این نوع از درخواست‌ها برای مشارکت در فعالیت‌های علمی می‌گردد. در واقع ما دیدیم که در اصلاحاتی که اساتید در مواد آزمایشگاهی میکرو با حذف سوالات قبل و بعد از آزمایشگاه انجام دادند، برخی از فرصت‌ها برای درگیر شدن در بعضی روش‌های علمی کاهش یافت. ما همچنین با گزینه جایگزین و پیامد آن مواجه شدیم، یعنی با اضافه شدن سوالات پس از آزمایشگاه یا تکالیف گزارش آزمایشگاهی، ناظر و شاهد افزایش فرصت‌های ضروری برای مشارکت در برخی از شیوه‌های علمی هستیم.

توجه دقیق به اهدافی که برای دانشجویان در آزمایش‌های آزمایشگاهی در نظر گرفته شده است و همچنین توجه دقیق به این‌که در چه مواردی در آزمایش یا مواد آزمایشگاهی از آن‌ها خواسته می‌گردد تا شیوه‌ها را نشان دهند، برای طراحی مواد آزمایشگاهی هم‌تراز موردنیاز است.

پیامدهای تحقیق در مطالعات قبلی که از مدل سه بعدی در مواد درسی استفاده می‌کردند، بیانگر این مطلب است که نویسندگان فرصت‌هایی را برای مشارکت در یک عمل علمی در صورت وجود همه معیارهای یک عمل علمی معین، نسبت داده‌اند. ما رویکردی شبیه را اتخاذ نموده‌ایم که در آن، آن‌ها معیارهای موجود برای هر عمل علمی را برای تعیین میزانی که مواد آزمایشگاهی به دانشجویان، فرصت مشارکت در یک عمل علمی را می‌دهند، ردیابی می‌نماییم. این رویکرد به ما اجازه می‌دهد تا از یافته جدیدی پرده برداشته و کشف نماییم که بسیاری از مواد آزمایشگاهی فاقد فرصت ((محور کامل))



برای درگیر کردن دانشجویان در یک عمل علمی هستند اما به راحتی می‌توان با ترغیب دانشجویان برای ارائه یک توجیه یا تفسیر، نه تنها این فقدان را جبران نمود، بلکه میزان پیامد آن را در جهت مثبت افزایش داد.

این نوع رویکرد امکان تجزیه و تحلیل عمیق‌تر را فراهم آورده و این قابلیت را دارد که راه‌های ملموسی را برای بهبود مواد درسی به منظور تراز نمودن، ارائه دهد.

با اعمال علمی مطلوب از طریق دریچه یادگیری موقعیتی، بررسی انواع فرصتهایی که دانشجویان برای درگیر شدن در هر عمل علمی دارند، جالب تلقی گشته و این پتانسیل را دارد که جذاب تلقی گردد. با این وجود، آن‌ها در حاشیه و نه در متن دوره‌های مقدماتی شیمی به سر می‌روند اما آن‌ها همچنین به سمت دوره‌های پایانی دوره شیمی می‌روند تا مشاهده نموده و حتی به جست‌وجوی پاسخی برای این پرسش بپردازند:

آیا انواع فرصت‌ها به سمت فرصت‌های ((کامل ترغیب‌کننده)) حرکت می‌کنند یا خیر؟

ما در داده‌های خود مشاهده می‌کنیم که تغییر به سطح بالاتر تحقیق در مورد مواد آزمایشگاهی همیشه منجر به فرصت‌های بیش‌تر برای درگیر کردن دانشجویان در فعالیت‌های علمی خاص نمی‌گردد. ما حدس زده که با کاهش داربست اما با حرکت به سمت سطوح بالاتر تحقیق، انگیزه صریح برای مشارکت در شیوه‌های علمی به طور کامل حذف خواهند شد. البته این امکان وجود داشته و پیش‌بینی می‌گردد که بحث روی چرایی، وجود و کاهش داربست‌ها به سمتی پیش رود که مدرسان دوره با تدبیر و تعمق در مورد جایگزینی داربست‌ها، به جای داربست‌ها و دستورات مکتوب، هنجارهای کلاس را انتخاب نموده و از این طریق، دانشجویان را درگیر شیوه‌های مختلف علمی نمایند اما نکته بارز این است که این عملکرد به دلیل محدودیت‌های روش سه بعدی، شناسایی نشده است.

پیشنهاد می‌گردد که تحقیقات آتی نقش اساتید را در تشویق و حمایت از مشارکت دانشجویان در شیوه‌های علمی و همچنین هنجارها یا فعالیت‌های کلاس درس را بررسی نمایند.

پیشنهاد دیگر این پژوهش بدین صورت است که سطح مهارت دانشجویان، فعالیت‌های علمی، فرصت‌های ایجاد شده برای شرکت در یک عمل علمی و زمانی که به شرکت ترغیب نشده‌اند، بررسی شده و این عناوین برای تحقیق ضروری هستند.

با نقدی بر این مطالعه، ما به دنبال تلاش‌های جدی و مصرانه برای یافتن پاسخ برای این پرسش هستیم:

چرا ما تغییراتی را در فرصت‌های مشارکت در فعالیت‌های علمی مشاهده نمی‌کنیم؟

کارگاه‌های میکرو عمدتاً بر آموزش اساتید و همچنین بر آزمایش‌های آزمایشگاهی مبتنی بر تحقیق متمرکز هستند. به صراحت می‌توان در بیانیه‌ای اعلام نمود که به طور آشکار و با صراحت بر ایجاد انگیزه‌هایی برای مشارکت دادن دانشجویان در فعالیت‌های علمی تمرکز ندارند اما می‌توان با اطمینان و مبتنی بر حقایق و شواهد، تغییراتی برای سطوح تحقیق مشاهده شده است.



در این جا ما به پیشنهاد دیگری برای کارهای آینده رو می آوریم.

بررسی تاثیر کارگاهی که عمدتا بر روی تعبیه اعلانات برای مشارکت در شیوه های علمی در آزمایش های آزمایشگاهی متمرکز است، ارزشمند است.

علاوه بر موارد بالا، مطالعاتی که منابع برای داده های اضافی را جمع آوری می نمایند، مانند اطلاعات مربوط به مدیریت دوره، سازماندهیو برنامه درسی دوره، ممکن است تصویر کامل تری از همسویی مطالب درسی با شیوه های علمی ارائه دهند.

۱۴. نتیجه گیری

پروژه میکرو برای حمایت از دانشکده شیمی تجزیه با هدف پذیرش آموزش میتنی بر تحقیق طراحی شده است.

تجزیه و تحلیل مواد آزمایشگاهی برای سطح تحقیق، که قبلا گزارش و مستندسازی شده اند، فرصتهایی را برای مشارکت در فعالیتهای علمی با استفاده از نسخه اصلاح شده مدل سه بعدی ایجاد نموده که منجر به برخی نتیجه گیری ها و بینش ها برای طراحی مواد آزمایشگاهی می گردد.

تجزیه و تحلیل مواد آزمایشگاهی مورد استفاده دانشجویان، قبل و در طول مشارکت در پروژه میکرو، نشان داد که تغییرات در مواد آزمایشگاهی برای افزایش سطح پرس و جو لزوما منجر به افزایش فرصتهای ارائه شده برای مشارکت دادن دانشجویان پر فعالیتهای علمی نمی گردد. با این وجود، تحقیقات قبلی با یافته های ما براساس داده های خود مطابقت کامل دارند. ما از داده های خود، دو الگوی فرصتهای تحریک شده را برای شرکت در یک عمل علمی با سطح تحقیق مشاهده نمودیم. یافته دیگر حاکی از آن است که برای برخی از شیوه های علمی، سطح بالاتر پرس و جو منجر به فرصتهای بیش تر برای مشارکت در عمل علمی می گردد.

با این حال، برای سایر شیوه های علمی، سطح بالاتری از کاوش منجر به فرصتهای کمتری برای مشارکت گردید. داده های ما نشان می دهد که داربست های کاهش یافته مرتبط با سطوح بالاتر تحقیق می تواند کاهش ترغیب در دانشجویان برای شرکت در شیوه های علمی را توضیح دهند. به طور کلی، داده های ما اثبات می کنند که افزایش فرصت ها برای مشارکت در فعالیتهای علمی ممکن است به قصد و تصمیم بزرگ تری نسبت به افزایش سطح آزمایشگاه نیاز داشته باشد.

بررسی این نیاز به آموزش در مورد شیوه های علمی در ارتباط با تلاش های توسعه حرفه ای برای افزایش سطح تحقیق اشاره می نماید.

اهمیت مولفه های آزمایشگاهی در ارائه راهنمایی هایی برای نشان دادن مهارت دانشجویان در فعالیتهای علمی، توسط شیوه های علمی مختلف که معمولا در مولفه های مختلف آزمایش های آزمایشگاهی مانند سوالات قبل و پس از آزمایشگاه انگیزش، برانگیخته و تحریک شده اند و به ویژه، به دلیل این که شمار زیادی از بخش های توضیحی برگرفته از شیوه های علمی، اغلب در سوالات یا فعالیتهای قبل و بعد از آزمایشگاه مطرح می گردند، جلوه نمایی می نماید. زیرا این عوامل، غالبا بر میزان فرصتهای فراهم شده برای مشارکت دادن دانشجویان در فعالیتهای علمی خاص تاثیر می گذارد.



۱۵. قدردانی

از افراد یا سازمان‌هایی که ما را در انجام پژوهش یاری کرده‌اند در این قسمت سپاسگزاری می‌نماییم.

بسیاری از تحقیقاتی که در این بررسی توضیح داده شده است از کار در دوره‌های مختلف، الهام گرفته شده است.

کار توسط همکاران مزبور بر روی کار عملی (از جمله تحصیل در مقطع دکترا)، از طریق حمایت و مشاوره بسیار تحت تاثیر قرار گرفته و در گسترش دامنه کار عملی و ایجاد دیدگاه انتقادی در مورد اثربخشی آموزشی ریاضیات کمک کرد.

در نهایت از دوستان، همکاران و دانشجویان که بسیار مفید بوده و در طول سال‌ها به رشد این موضوع کمک کرده‌اند و در بسیاری از این مطالعات تحقیقاتی در ارتباط با جامعه علمی همکاری کرده‌اند، سپاسگزاری می‌نماییم.

۱۶. مراجع

[۱] نیکفر، م.ا.، ۱۴۰۴، چالش‌ها و فرصت‌های سواد کوانتومی برای آموزش آینده و حل مسائل فرارشته‌ای، نهمین کنفرانس بین‌المللی فیزیک، ریاضی و توسعه علوم پایه، تهران.

<https://certificate.bcnf.ir/?codepaper=FMC097583615>

[۲] نیکفر، م.ا.، ۱۴۰۴، شکل‌دهی ریاضیدان با پس‌زمینه هوش مصنوعی با استفاده از یادگیری ماشین، اولین همایش بین‌المللی هوش مصنوعی در آموزش و پرورش، روانشناسی، علوم تربیتی و مطالعات دینی، فرهنگی، اجتماعی و مدیریتی در هزاره سوم، بوشهر.

<https://vcert.ir?cc=maecon2-01250295>

[۳] نیکفر، م.ا.، ۱۴۰۳، مدل خبره برای تولید محتوا در آموزش ریاضیات، اولین کنفرانس ملی معلم خبره، بابل.

<https://new.vcert.ir/?cc=confn-09000917>

[۴] نیکفر، م.ا.، ۱۴۰۳، اهمیت آزمایشگاه در پیشرفت، پیاده‌سازی و پژوهش در آموزش شیمی، ششمین همایش ملی آموزش شیمی، تهران.

<https://chemconf6.cfu.ac.ir/paper?manu=34242>

[۵] نیکفر، م.ا.، ۱۴۰۳، اهمیت آزمایشگاه در پیشرفت، پیاده‌سازی و پژوهش در آموزش فیزیک، سیزدهمین همایش ملی فیزیک دانشگاه پیام نور، شیراز، ۵۷۲-۵۵۸.

[ID: 12491] <https://conference.pnu.ac.ir/Fars-NationalConferenceonPhysics13/>

[۶] نیکفر، م.ا.، ۱۳۹۷، تاثیرات ریاضیات بر علوم کامپیوتر، دومین کنفرانس آموزش و کاربرد ریاضیات، کرمانشاه.

<https://civilica.com/doc/824659>

[7] Elmgren, M., Ho, F., Åkesson, E., Schmid, S., Towns, M. (2015), Comparison and Evaluation of Learning Outcomes from an International Perspective: Development of a Best-Practice Process. *J. Chem. Educ.*, 92 (3), 427–432.

[8] Kondo, A. E., Fair, J. D. (2017), Insight into the Chemistry Skills Gap: The Duality between Expected and Desired Skills. *J. Chem. Educ.*, 94 (3), 304–310.

[9] Yasin, N. Y. B. M., Yueying, O. (2017), Evaluating the Relevance of the Chemistry Curriculum to the Workplace: Keeping Tertiary Education Relevant. *J. Chem. Educ.*, 94 (10), 1443–1449.

[10] Fair, J. D., Kleist, E. M., Stoy, D. M. (2014), A Survey of Industrial Organic Chemists: Understanding the Chemical Industry's Needs of Current Bachelor-Level Graduates. *J. Chem. Educ.*, 91 (12), 2084–2092.

[11] Hamilton, D., Castillo, A., Atkinson, M. B. (2024), Survey of Instrumentation Use in Industry: What Does Industry Want New Chemists to Know? *J. Chem. Educ.*, 101, 1883.

[12] National Commission on Excellence in Education. (1983), A nation at risk: The imperative for educational reform. *Elementary School Journal*, 84 (2), 113–130.

[13] National Research Council. (2011), Rising Above the Gathering Storm, Revisited: Rapidly Approaching Category 5: Condensed Version.

[14] Olson, S., Riordan, D. G. (2012), Engage to excel: producing one million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics. Report to the president. *Executive Office of the President*.

[15] National Research Council. (2012), *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*, National Academies Press.

[16] NGSS Lead States Next Generation Science Standards: For States, By States. <https://www.nextgenscience.org/>.

[17] *ACS Guidelines and Evaluation Procedures for Bachelor's Degree Programs*, American Chemical Society Committee on Professional Training: 2015, pp 1–35.

[18] *2023 ACS Guidelines for Undergraduate Chemistry Programs: Working Draft*, American Chemical Society Committee on Professional Training: 2022.

[19] Chemistry, R. S. o., Accreditation of degree programmes. 2022.

[20] Bruck, L. B., Bretz, S. L., Towns, M. (2008), Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38, 52–58.



- [21] Bruck, L., Bretz, S., Towns, M. (2009), A Rubric to Guide Curriculum Development of Undergraduate Chemistry Laboratory: Focus on Inquiry. *Chemistry Education in the ICT Age*, 75–83.
- [22] Bruck, L. B., Towns, M. H. (2009), Preparing Students To Benefit from Inquiry-Based Activities in the Chemistry Laboratory: Guidelines and Suggestions. *J. Chem. Educ.*, 86 (7), 820.
- [23] Seery, M. K., Jones, A. B., Kew, W., Mein, T. (2019), Unfinished Recipes: Structuring Upper-Division Laboratory Work To Scaffold Experimental Design Skills. *J. Chem. Educ.*, 96 (1), 53–59.
- [24] Seery, M. K., Agustian, H. Y., Zhang, X. (2019), A Framework for Learning in the Chemistry Laboratory. *Isr. J. Chem.*, 59 (6–7), 546–553.
- [25] Burke, K. A., Greenbowe, T. J., Hand, B. M. (2006), Implementing the Science Writing Heuristic in the Chemistry Laboratory. *J. Chem. Educ.*, 83 (7), 1032.
- [26] Walker, J. P., Sampson, V., Zimmerman, C. O. (2011), Argument- Driven Inquiry: An Introduction to a New Instructional Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs. *J. Chem. Educ.*, 88 (8), 1048–1056.
- [27] Savery, J. R., Duffy, T. M. (1995), Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35 (5), 31–38.
- [28] Walker, J. P., Sampson, V., Southerland, S., Enderle, P. J. (2016), Using the laboratory to engage all students in science practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 17 (4), 1098–1113.
- [29] Hosbein, K. N., Alvarez-Bell, R., Callis-Duehl, K. L., Sampson, V., Wolf, S. F., Walker, J. P. (2021), Development of the Investigation Design, Explanation, and Argument Assessment for General Chemistry I Laboratory. *J. Chem. Educ.*, 98 (2), 293–306.
- [30] Hike, N., Hughes-Phelan, S. J. (2020), Using the Science Writing Heuristic to Support NGSS-Aligned Instruction. *J. Chem. Educ.*, 97 (2), 358–367.
- [31] Carmel, J. H., Herrington, D. G., Posey, L. A., Ward, J. S., Pollock, A. M., Cooper, M. M. (2019), Helping Students to “Do Science”: Characterizing Scientific Practices in General Chemistry Laboratory Curricula. *J. Chem. Educ.*, 96 (3), 423–434.
- [32] Brownell, S. E., Kloser, M. J., Fukami, T., Shavelson, R. (2012), Undergraduate biology lab courses: comparing the impact of traditionally based “cookbook” and authentic research-based courses on student lab experiences. *Journal of College Science Teaching*, 41 (4), 36–45.



- [33] Rodenbusch, S. E., Hernandez, P. R., Simmons, S. L., Dolan, E. L. (2016), Early Engagement in Course-Based Research Increases Graduation Rates and Completion of Science, Engineering, and Mathematics Degrees. *CBELife Sciences Education*, 15 (2), ar20.
- [34] Brownell, S. E., Hekmat-Scafe, D. S., Singla, V., Chandler Seawell, P., Conklin Imam, J. F., Eddy, S. L., Stearns, T., Cyert, M. S. (2015), A high-enrollment course-based undergraduate research experience improves student conceptions of scientific thinking and ability to interpret data. *CBELife Sciences Education*, 14 (2], ar21.
- [35] Cooper, K. M., Knope, M. L., Munstermann, M. J., Brownell, S. E. (2020), Students who analyze their own data in a course-based undergraduate research experience (CURE) show gains in scientific identity and emotional ownership of research. *J. Microbiol Biol. Educ*, DOI: [10.1128/jmbe.v21i3.2157](https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i3.2157).
- [36] Chase, A. M., Clancy, H. A., Lachance, R. P., Mathison, B., Chiu, M. M., Weaver, G. C. (2017), Improving critical thinking via authenticity: the CASPiE research experience in a military academy chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, 18 (1), 55–63.
- [37] Seymour, E., Hunter, A. B., Laursen, S. L., DeAntoni, T. (2004), Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three-year study. *Science education*, 88 (4), 493–534.
- [38] Laursen, S., Hunter, A.-B., Seymour, E., Thiry, H., Melton, G. (2010), *Undergraduate research in the sciences: Engaging students in real science*, John Wiley & Sons.
- [39] Lavery, J. T., Underwood, S. M., Matz, R. L., Posey, L. A., Carmel, J. H., Caballero, M. D., Fata-Hartley, C. L., Ebert-May, D., Jardeleza, S. E., Cooper, M. M. (2016), Characterizing College Science Assessments: The Three-Dimensional Learning Assessment Protocol. *PLoS One*, 11 (9), No. e0162333.
- [40] Hosbein, K., Walker, J. (2022), Assessment of Scientific Practice Proficiency and Content Understanding Following an Inquiry-Based Laboratory Course. *J. Chem. Educ.*, 99, 3833.
- [41] Brown, J. S., Collins, A., Duguid, P. (1989), Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32–42.
- [42] Lave, J. (1990), The culture of acquisition and the practice of understanding. In *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives*, Kirshner, D., Whitson, J. A., Eds., Erlbaum: Mahwah, NJ.
- [43] Lave, J., Wenger, E. (1991), *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge University Press: New York, 138– 138.



- [44] Wenger, E. (2000), Communities of Practice and Social Learning Systems. *Organization*, 7 (2), 225–246.
- [45] Bodner, G., Orgill, M. (2007), *Theoretical frameworks for research in chemistry/science education*.
- [46] Biggs, J. (1996), Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher education*, 32 (3), 347–364.
- [47] Biggs, J. (2003), Aligning teaching and assessing to course objectives. *Teaching and learning in higher education: New trends and innovations*, 2 (April), 13–17.
- [48] Roller, R., Sumantakul, S., Tran, M., Van Wyk, A., Zinna, J., Donelson, S., Foley, G., Frechette, O., Gaetgens, J., Jiang, J., Rinaolo, K., Cole, R., Lieberman, M., Remcho, V. T., Frederick, K. A. (2021), Inquiry- Based Labs Using Paper Microfluidic Devices. *J. Chem. Educ.*, 98, 1946.
- [49] Van Wyk, A. L., Hunter, R. A., Ott, L. S., Cole, R. S., Frederick, K. A. (2022), Supporting Student Inquiry and Engagement in the Analytical Lab: Pilot Studies from Three Institutions. *Active Learning in the Analytical Chemistry Curriculum*, American Chemical Society, 1409, 161–180.
- [50] Zwickl, B. M., Hu, D., Finkelstein, N., Lewandowski, H. J. (2015), Model-based reasoning in the physics laboratory: Framework and initial results. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11 (2), 020113.
- [51] Van Wyk, A. L., Frederick, K. A., Lieberman, M., Cole, R. S. (2025), Increasing Authenticity of the Laboratory through the MICRO Project: Analysis of Analytical Chemistry Laboratory Experiments for Their Level of Inquiry. *J. Chem. Educ.*, 102, 3.
- [52] Gwet, K. (2002), Kappa statistic is not satisfactory for assessing the extent of agreement between raters. *Statistical methods for inter-rater reliability assessment*, 1 (6), 1–6.
- [53] McHugh, M. L. (2012), Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia medica*, 22 (3), 276–282.
- [54] Agustian, H. Y., Seery, M. K. (2017), Reasserting the role of pre- laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, 18 (4), 518–532.
- [55] Seery, M. K., Agustian, H. Y., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., Malm, R. H. (2024), 10 Guiding principles for learning in the laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 25, 383.
- [56] Raycroft, M. A. R., Flynn, A. B. (2020), What works? What's missing? An evaluation model for science curricula that analyses learning outcomes through five lenses. *Chemistry*



Education Research and Practice, 21 (4), 1110–1131.