اعتباربخشی الگویی اثربخش برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه*

دکتر عابد بدریان[1]
دکتر اشرف السادات شکرباغانی[2]
آرزو اصفا[3]
طالب عبدی‌نژاد[4]

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی روش‌های استفاده مؤثر از فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی است. برای این منظور ادبیات نظری و پژوهشی موجود به دقت بررسی شد و دیدگاه‌های گوناگون برای رسیدن به الگویی مناسب، طبقه‌بندی و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از آن، کاربردی‌ترین عناصر نظریه‌هایی که در این زمینه مطرح شده بودند، در یک الگو ترکیب شدند. این الگوی نوآورانه که مبتنی بر فعالیت‌های حل مسئله است، با برنامه درسی فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی دوره متوسطه و امکانات مدارس هماهنگی دارد و در نظام آموزشی ایران قابل اجراست.

روش تحقیق، توصیفی ـ پیمایشی است. اطلاعات، توسط پرسشنامه ویژه‌ای که با استفاده از منابع مرتبط و در دسترس تهیه شده بود، جمع‌آوری شد و روایی آن با سازماندهی مصاحبه‌های تخصصی با افراد صاحب‌نظر (۶ نفر)، مورد بررسی قرار گرفت و متناسب با شرایط کشور، بومی شد. پایایی تحقیق نیز با استفاده از روش آلفای کرانباخ (α =۰/۷۹) مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. نمونه پژوهش برای

* تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۷/۲۷ تاریخ آغاز بررسی: ۸۷/۸/۱ تاریخ تصویب: ۸۷/۱۲/۱۴

۱ـ عضو هیئت علمی مؤسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوری‌های آموزشی
(پست الکترونیکی: ab.badrian@gmail.com)
۲ـ عضو هیئت علمی مؤسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوری‌های آموزشی
(پست الکترونیکی: azo.baghani@gmail.com)
۳ـ کارشناس ارشد زیست‌شناسی
۴ـ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آموزش شیمی دانشگاه شهید رجایی

اعتباربخشی الگوی پیشنهادی، کارشناسان گروه‌های آموزشی (۱۲۰ نفر از رشته‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) و متخصصان برنامه‌ریزی درسی (۱۰ نفر) را شامل می‌شود.

پژوهش حاضر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش‌های آمار توصیفی و نیز استنباطی (آزمونt) استفاده می‌کند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد به کارگیری فعالیت‌های عملی در آموزش علوم تجربی نقش مهمی دارد و الگوی پیشنهادی از نظر کارشناسان گروه‌های آموزشی و متخصصان برنامه‌ریزی درسی، اعتبار بالایی دارد.

کلید واژه‌ها : طراحی الگو، الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی، آموزش علوم تجربی، دوره متوسطه، اعتباربخشی

مقدمه :

علوم تجربی یکی از دانش‌ها و معرفت‌های بشری است که بسیاری از یافته‌های آن از طریق مشاهده و تعامل به دست می‌آید. ملاک یا معیار درستی آن یافته‌ها، انطباق با مشاهدات تجربی است. علوم تجربی، پدیده‌هایی را آموزش می‌دهد که در طبیعت و زندگی روزانه مشاهده می‌شوند. کارشناسان آموزش علوم تجربی معتقدند آموزش علوم تجربی در صورتی مؤثر و کارآمد خواهد بود که دانش‌آموزان از طریق تجربه‌های دست اول، انجام دادن آزمایش و درگیر شدن با پژوهش و حل مسئله، به علم‌آموزی بپردازند (هارلن[1]، ۱۹۹۹).

بایرد[2] (۱۹۹۰) معتقد است فعالیت‌های آزمایشگاهی یکی از ارکان اصلی آموزش علوم تجربی به شمار می‌آید و موجب رشد دانش، مهارت و نگرش‌های علمی دانش‌آموزان می‌شود. وایت[3](۱۹۹۶) نیز اعتقاد دارد انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، علاوه بر تثبیت یادگیری و افزایش میزان ماندگاری مفاهیم آموخته شده، سبب دست‌ورزی و نیز کسب مهارت‌هایی می‌شود که در زندگی روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمینه‌های نوآوری، خلاقیت و تفکر انتقادی را در دانش‌آموزان فراهم می‌کند.

از طرف دیگر انگیزش و فعال نگه‌داشتن دانش‌آموزان در کلاس درس علوم تجربی (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی)، چالش بزرگی است که حتی ذهن معلمان حرفه‌ای و با تجربه را نیز به

1- Harlen
2- Baird
3- White

خود مشغول کرده است (لونتا[1]، ۱۹۹۸). به کارگیری شیوه‌های سنتی آموزش علوم نمی‌تواند نیازهای آموزشی عصر حاضر را پاسخ گوید. با خروج از رویکرد آموزشی حافظه‌پرور و به چالش کشاندن ذهن دانش‌آموزان از طریق انجام دادن فعالیت‌های عملی مناسب و همچنین نگاه میان رشته‌ای به آموزش علوم تجربی، می‌توان دانش‌آموزان را در فرایند یادگیری فعال کرد و روحیه انجام دادن فعالیت‌های گروهی و مشارکتی را در آنها پرورش داد (فیدمن[2]، ۱۹۹۷).

دلایل زیادی وجود دارد که به نوعی اهمیت انجام دادن آزمایش در آموزش اثر بخش علوم تجربی را بیان می‌کند. برخی از این دلایل عبارتند از (بایبی[3]، ۲۰۰۰):

۱ـ آزمایش به دانش آموز کمک می‌کند تا با مهارت‌هایی که یک دانشمند به آنها نیاز دارد، آشنا شوند. این مهارت‌ها عبارتند از: برنامه‌ریزی، مشاهده دقیق، اندازه‌گیری، ثبت دقیق و درست اطلاعات، نمایش شفاف و به دور از اغراق اطلاعات، ارائه صحیح نتایج و یافتن ارتباط منطقی میان متغیرها.

۲ـ آزمایش سبب می‌شود تا دانش‌آموزان حقایق و مفاهیم علمی را بهتر درک کنند.

۳ـ آزمایش سبب فعال شدن یادگیری می‌شود و دانش‌آموزان را وادار می‌کند تا درباره اهداف آزمایش فکر کنند. بنابراین با اجرای آزمایش، به جای آنکه دانش‌آموزان در مقابل بارش یک طرفه اطلاعات از طرف معلم تسلیم شوند، به‌طور فعال در مبادله اطلاعات و تجربه با او شریک می‌شوند.

۴ـ آزمایش، حقایق علمی را واقعی‌تر جلوه می‌دهد.

۵ـ آزمایش به دروس علوم تجربی هیجان بیشتری می‌بخشد.

۶ـ آزمایش سبب می‌شود مهارت‌های مورد نظر برنامه درسی و اهداف آموزشی مانند ارتباط‌های علمی، سواد علمی، مهارت‌های شهروندی و اجتماعی رشد کند و همچنین توانایی استفاده از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات ایجاد شود.

هادسون[4] (۱۹۹۳) با مرور پژوهش‌هایی که در زمینه نقش فعالیت‌های عملی در آموزش علوم

1- Lunetta
2- Feedman
3- Bybee
4- Hodson

صورت گرفته است، ضرورت انجام دادن فعالیت‌های عملی در مدارس را برای تأمین اهداف مهم لازم می‌داند. این اهداف عبارتند از: تقویت روش‌های ایجاد انگیزه، آموزش مهارت‌ها، غنا بخشیدن به روش‌های یادگیری مفاهیم و توسعه روش‌ها و نگرش‌های علمی.

مونتز[1] و راکلی[2] (۲۰۰۲) معتقدند به ندرت کسی پیدا می‌شود که اساس و ضرورت انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی را چه در مدارس و چه در دانشگاه‌ها مورد سؤال قرار دهد. راهبرد آموزشی مبتنی بر فعالیت‌های آزمایشگاهی در مدارس، به شیوه‌هایی متوصل می‌شود که در آنها دانش‌آموزان اجازه می‌یابند یادگیری توأم با درک و فهم مفاهیم را تجربه کنند و در کنار فعالیت‌های عملی، با فرایند ساخت دانش درگیر شوند.

جایگاه فعالیت‌های آزمایشگاهی در برنامه‌های درسی علوم تجربی

بیشتر متخصصان آموزش علوم تجربی بر این نکته تأکید می‌کنند که میزان استفاده از فعالیت‌های عملی، نوع آزمایش‌ها، زمانی که به برنامه درسی آزمایشگاه ـ محور و سبک‌های مختلف یاددهی ـ یادگیری آزمایشگاهی اختصاص داده شده است، باید با اهداف آموزشی هماهنگ بوده، علاوه بر انگیزش دانش‌آموزان، با علایق و خواسته‌های آنان نیز سازگار باشد. اگر الگوها و راهبردهای آموزشی اثربخش وجود نداشته باشند، نمی‌توان از توانمندی‌های آموزشی فعالیت‌های عملی در آزمایشگاه و یا حتی خارج از آزمایشگاه، به نحوی شایسته بهره‌مند شد.

پیکرینگ[3] (۱۹۸۰)، از پیشگامان آموزش آزمایشگاه ـ محور علوم تجربی معتقد است، اگر قرار است انجام دادن آزمایش چیزی را نشان دهد، بهتر است آن چیز روش علمی باشد. اجازه دهیم آزمایشگاه مکانی باشد که در آن یافته‌های علمی و کسب تجربه در اولویت قرار گیرند؛ از دید پیکرینگ، تجربه‌های کسب شده در آزمایشگاه، باید با به‌کارگیری تفکرات منطقی و خلاقانه، و پرهیز از دستورالعمل‌های کلیشه‌ای و مقیدسازی که در شیوه‌های سنتی آموزش علوم تجربی وجود دارند، به دست آیند.

تابین[4] (۱۹۹۰) آشنا نبودن معلمان و متصدیان آزمایشگاه از شیوه درست اجرای فعالیت‌های

1- Montes
2- Rockley
3- Pickering
4- Tobin

آزمایشگاهی و ارزشیابی نامناسب فعالیت‌ها را دلیل ناکامی برخی افراد در استفاده بهینه از فعالیت‌های عملی در یاددهی ـ یادگیری علوم تجربی می‌داند؛ او برای رفع این مشکل پیشنهاد کرد تا علاوه بر آموزش معلمان، کتاب راهنمای پژوهشی برای معلمان رشته‌های گوناگون علوم تجربی و پژوهشگران عرصه آموزش نوشته شود. تابین معتقد است یادگیری معنادار در آزمایشگاه به شرطی اتفاق می‌افتد که در فضا و محیطی مناسب، به دانش‌آموزان فرصت داده شود تا با دستکاری وسایل و مواد آزمایشگاهی و استفاده از پدیده‌ها و مفاهیم علمی، به ساخت دانش نائل شوند.

پژوهش‌های هادسون[1] (۱۹۹۳) در زلاندنو نشان داد، ۵۷درصد دانش‌آموزان ۱۳ تا ۱۶ سال، فعالیت‌های آزمایشگاهی را دوست دارند، اما ۴۰درصد آنها اگر ندانند چه کاری انجام می‌دهند و یا برداشت درستی از آزمایش‌ها نداشته باشند، انگیزه کمتری از خود نشان می‌دهند. نتایج بررسی‌ها و مطالعات هادسون نشان می‌دهد اگر دانش‌آموزان فعالیتی مشخص و آگاهانه را دنبال کنند، فعالیت‌های آزمایشگاهی قابلیت اجرا داشته باشند و به صورت مستقل و با کنترل محدود معلم انجام شوند، از انجام دادن آزمایش بیشترین بهره را خواهند برد.

برخی پژوهشگران (هوفشتاین و لونتا، ۲۰۰۴) معتقدند برای استفاده اثربخش از فعالیت‌های آزمایشگاهی، باید ابتدا مشخص شود این فعالیت‌ها چه اهدافی را دنبال می‌کنند، چه راهبردهایی برای آموزش در آزمایشگاه وجود دارد، این راهبردها تا چه میزانی بر اهداف مورد نظر انطباق دارند و چگونه می‌توان برون‌دادهای آموزش در آزمایشگاه را سنجید و ارزیابی کرد؟

اهداف فعالیت‌های آزمایشگاهی، با توجه به اهداف آموزش علوم تجربی، در سه حیطه شناختی، مهارتی و نگرشی برنامه درسی سازماندهی می‌شود که جزئیات آن در جدول ۱ آورده شده است (هوفشتاین، ۲۰۰۷).

1- Hodson

جدول ۱ . اهداف انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در سه حیطه شناختی، مهارتی و نگرشی

حیطه	اهداف
شناختی	رشد ذهنی دانش‌آموزان؛ کمک به یادگیری مفاهیم علمی؛ رشد مهارت در حل مسئله؛ رشد تفکر خلاق؛ کمک به درک بهتر علوم تجربی و روش علمی؛
مهارتی	رشد مهارت در پژوهش علمی؛ رشد مهارت در تجزیه و تحلیل علمی؛ رشد مهارت در برقراری ارتباطهای علمی؛ رشد مهارت در فعالیت و تعامل با دیگران؛
نگرشی	رشد نگرش‌های مثبت نسبت به علوم تجربی؛ کسب دیدگاه‌های مثبت نسبت به توانایی‌های شخصی در درک مفاهیم و تحت تاثیر قرار دادن محیط دیگران از طریق نگرش علمی؛

هادسون (۱۹۹۳) معتقد است، نوع فعالیت‌های عملی که بسیاری از دانش‌آموزان انجام می‌دهند، با انتقال از دوره ابتدایی به دوره راهنمایی تغییر می‌کند. در ابتدای امر شاید انجام دادن فعالیت‌های عملی، ساختار مشخصی نداشته باشد و به فعالیت‌هایی عملی دانش‌آموز یا معلم محدود شود، اما ممکن است این فعالیت‌ها در دوره راهنمایی، به صورت معلم ـ محور که در آنها امکاناتی مانند آزمایشگاه مستقل وجود دارد، انجام گیرد و دانش‌آموزان به فعالیت‌هایی بپردازند که در زندگی روزمره کاربرد دارد.

لونتا(۱۹۹۸) با الهام از نظریه رشد شناختی پیاژه متذکر شد معلمان علوم تجربی برای تنظیم میزان فعالیت‌های آزمایشگاهی در مدارس، باید تلاش کنند تا در دوره تحصیلی ابتدایی (یعنی سنین ۷ تا ۱۱ سالگی)، با نمایش آزمایش‌های ساده و جذاب و نیز انجام دادن آزمایش‌های بسیار ساده توسط دانش‌آموزان، آنها را به علوم تجربی علاقه‌مند کنند. در دوره تحصیلی راهنمایی نیز دانش‌آموزان باید روش‌های علمی را یاد بگیرند؛ اما در دوره متوسطه (یعنی از ۱۴ تا ۱۷ سالگی)، ارتقای روش‌های علمی، انجام دادن پژوهش و دست‌یابی به سطوح بالاتر تفکر را

هدف اصلی خود قرار دهند.

هوفشتاین[1] (۲۰۰۷) معتقد است، در بررسی مؤلفه‌های انواع فعالیت‌های آزمایشگاهی، می‌توان به نقش سه متغیر مهم و تعیین کننده اشاره کرد. متغیر اول، سطح مهارتی مطابق با برنامه درسی است که دانش‌آموزان باید آن را به دست آورند. متغیر دوم، نوع و سبک آزمایش‌هایی است که دانش‌آموزان باید آن را انجام دهند. متغیر سوم، نقش و میزان مشارکت معلم و دانش‌آموز در انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی و کسب مهارت است. بر پایه این متغیرها، با توجه به اهداف برنامه درسی و سیاست‌های آموزشی، می‌توان به راهبردی معین و تعریف شده دست یافت که در آن وظیفه دانش‌آموز و معلم به درستی مشخص است.

دامین[2] (۱۹۹۹) معتقد است چهار سبک معروف برای انجام دادن آزمایش و فعالیت‌های عملی وجود دارد که عبارتند از: آزمایش‌های ***توصیفی***، ***اکتشافی***، ***حل مسئله*** و ***کاوشگری***. ویژگی هر کدام از این سبک‌ها در جدول ۲ آورده شده است. سبک‌های انجام دادن آزمایش بر پایه میزان پیچیدگی و سطح دشواری فعالیت‌ها و نیز میزان آزادی دانش‌آموز در فعالیت‌های آزمایشگاهی به صورت مستقل و یا با کمک محدود معلم تعریف شده‌اند. این سبک‌ها را می‌توان به وسیله سه عامل مهم، یعنی نتیجه فعالیت، رویکرد مورد استفاده و روش کار از یکدیگر تمیز داد.

جدول۲. ویژگی انواع روش‌های آموزش آزمایشگاهی

سبک فعالیت آزمایشگاهی	ویژگی		
	نتیجه فعالیت	رویکرد مورد استفاده	روش کار
توصیفی[3]	از قبل مشخص	قیاسی	داده شده
اکتشافی[4]	از قبل مشخص	استقرایی	داده شده
حل مسئله[5]	از قبل مشخص	قیاسی	دانش‌آموز ساخته
کاوشگری[6]	نا مشخص	استقرایی	دانش‌آموز ساخته

1- Hofstein
2- Domin
3- Expository
4- Discovery
5- Problem solving
6- Inquiry

درآزمایش‌های توصیفی که بیشتر آزمایش‌های تأییدی را شامل می‌شوند، حجم و میزان سختی فعالیت‌ها زیاد نیست و دانش‌آموزان با انجام دادن فعالیت بر طبق دستورکار داده شده، به نتایجی می‌رسند که از قبل مشخص نبوده است و چون از طریق مقایسه برون‌دادها و بسط آنها به سایر پدیده‌های علمی، به جمع‌بندی و قاعده کلی می‌رسند، بنابراین رویکرد مورد استفاده در این نوع آزمایش‌ها از نوع قیاسی است (همان).

سبک آزمایش‌هایی که به شیوه اکتشافی انجام می‌شود، شبیه روش توصیفی است و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و جمع‌بندی نتایج، از رویکرد استقرایی استفاده می‌شود. بیشترین تفاوت این دو سبک در شیوه فعالیت فراگیران، نقش معلم و روش نتیجه‌گیری و حل مسئله است. در این سبک میزان استقلال و فعالیت‌های فراگیر پررنگ‌تر می‌شود و نقش معلم یا مربی، درحد مشاور و راهنما باقی می‌ماند. در این سبک، میزان تعامل میان فراگیر و معلم و نیز دیگر فراگیران بیشتر است.

معلم در فعالیت‌های آزمایشگاهی از نوع حل مسئله، فعالیتی را انتخاب می‌کند و با طرح مسئله و با انگیزش و تشویق فراگیران، شور و شوق پژوهش و حل مسئله را در دانش‌آموزان ایجاد می‌کند. سپس با فهرست کردن گزینه‌هایی از سرنخ‌های انتخابی و هدایت فراگیران در قالب گروه‌های کوچک کاری، آنها را گام به گام به طرف حل موفقیت‌آمیز مسئله سوق می‌دهد. در این شیوه معلم نقش تسهیل‌کننده یا گره‌گشا را دارد و از دخالت مستقیم در حل مسئله خودداری می‌کند.

دانش‌آموز در آزمایش‌هایی از نوع کاوشگری، مانند دانشمندان به کشف مسئله می‌پردازد و راه حلی برای آن ارائه می‌دهد؛ ممکن است پاسخ آزمایش هم برای معلم و هم برای دانش‌آموز تازگی داشته باشد. این نوع آزمایش‌ها که بر پایه رویکرد استقرایی انجام می‌گیرند، با روش علمی به‌طور کامل مطابقت دارند و مشاهده دقیق، ثبت اطلاعات و تجزیه و تحلیل داده‌ها و سرانجام ارائه فرضیه و اثبات آن از طریق فعالیت‌های خلاقانه را شامل نمی‌شوند. در این سبک از آزمایش‌ها، دانش‌آموز آزمایش را طراحی می‌کند و پاسخی که به دست می‌آورد نیز از پیش‌بینی‌های او که با آموخته‌ها و تفکراتش انطباق دارد، نشأت می‌گیرد (همان).

میان آزمایش‌های از نوع کاوشگری با آزمایش‌های از نوع حل مسئله تفاوت وجود دارد. در نوع حل مسئله، برون‌داد و نتیجه آزمایش از پیش مشخص است و دانش‌آموز با استفاده از رویکرد

قیاسی و طراحی آزمایش، به تمرین پژوهش می‌پردازد، اما در روش کاوشگری، مانند پژوهشگران واقعی، پاسخ مسئله‌ای نامعین را کشف می‌کند (مانتس و راکلی، ۲۰۰۲).

روش‌های متعددی برای تجزیه و تحلیل شیوه اجرای فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی ارائه شده است. پلا[1] در سال ۱۹۶۱ برای اولین بار درجه آزادی[2] در فعالیت‌های آزمایشگاهی را برای دانش‌آموز و معلم مطرح کرد (جدول ۳). هرون[3] نیز در سال ۱۹۷۱ الگوی مشابهی را بر پایه درجه یاری‌رسانی[4] در فعالیت‌های آزمایشگاهی مطرح کرد که سه متغیر داشت: طرح مسئله، روش اجرا مبتنی بر رویکرد اکتشافی و پاسخ مسئله (نقل از لونتا، هوفشتاین و کلوگ، ۲۰۰۷).

همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، در بالاترین سطح از درجه آزادی (سطح ۵)، دانش‌آموز تمام فعالیت را انجام می‌دهد و معلم نقشی جز مشاور و راهنما ندارد.

جدول۳. درجه آزادی معلم و دانش‌آموز هنگام فعالیت در آزمایشگاه

درجه آزادی	اجرا توسط				
	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳	حالت ۴	حالت ۵
۱- طرح مسئله	معلم	معلم	معلم	معلم	دانش‌آموز
۲- ارائه فرضیه	معلم	معلم	معلم	دانش‌آموز	دانش‌آموز
۳- طراحی و برنامه‌ریزی	معلم	معلم	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز
۴- اجرای آزمایش	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز
۵- گردآوری داده‌ها	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز
۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	معلم	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز	دانش‌آموز

هر کدام از متغیرهای می‌توانند بر حسب میزان درجه اکتشاف و یا محدودیت انجام دادن فعالیت‌های عملی درجه‌بندی شوند (جدول ۴).

1- Pella
2- Degrees of Freedom
3- Herron
4- Degree of Guidance

جدول۴. سطوح آزادی و اکتشاف در یادگیری آزمایشگاهی

پاسخ	روش اجرا	طرح مسئله	سطح اکتشاف
داده شده	داده شده	داده شده	سطح صفر
باز	داده شده	داده شده	سطح یک
باز	باز	داده شده	سطح دو
باز	باز	باز	سطح سه

هنگامی‌که دانش‌آموزان فعالیت‌های آزمایشگاهی را انجام دادند، حقیقتاً می‌توان مشاهده کرد که آنان چه کرده‌اند؛ در این حالت می‌توان یادگیری‌هایشان را مورد ارزشیابی قرار داد.

بیان مسئله و ضرورت پژوهش

همان‌طور که در بخش‌های پیشین ذکر شد، هدف اصلی فعالیت‌های آزمایشگاهی آشنا کردن دانش‌آموزان با ماهیت روش علمی، از قبیل: مشاهده، جمع‌آوری، سازماندهی اطلاعات و نتیجه‌گیری منطقی از آنها است. فعالیت‌های آزمایشگاهی همواره نقشی کانونی و برجسته در برنامه‌درسی آموزش علوم تجربی داشته‌اند. دبیران فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی بر این باورند که درگیر شدن دانش‌آموزان در فعالیت‌های عملی، نقش مؤثری در یادگیری عمیق و پایدار مفاهیم دارد. این امر نه تنها در دانش‌آموزان انگیزه می‌کند، بلکه آنها را با مراحل اکتشاف علم و روش علمی‌آشنا می‌کند تا مطالب را از نو کشف و تجربه کنند (مک‌کوماس[1]، ۱۹۹۷).

بیشتر معلمان به اهمیت استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش اثربخش فیزیک، شیمی و زیست شناسی اذعان می‌دارند و معتقدند هرچند باید در آموزش علوم تجربی از فعالیت‌های آزمایشگاهی مناسب استفاده شود، اما در بیشتر مواقع این امر محقق نمی‌شود. موانع متعددی موجب می‌شوند تا معلمان نتوانند به راحتی از فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی استفاده کنند؛ پژوهش‌ها (اصفا و کامیابی، ۱۳۸۵) نشان می‌دهند عوامل گوناگونی سبب کم‌توجهی به آزمایشگاه و انجام فعالیت‌های عملی در مدارس می‌شود. برخی از این عوامل عبارتند از:

۱ـ کمبود امکانات، ابزار و وسایل آزمایشگاهی؛

۲ـ دسترسی نداشتن به راهبرد مناسب برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در دوره‌های

1- McComas

گوناگون تحصیلی؛

۳ـ اجرا نکردن فعالیت‌های آزمایشگاهی به شیوه‌ای منطبق با اصول و الگوهای علمی به‌روز؛

۴ـ بی‌توجهی معلمان، مدیران و مسئولان نسبت به فعالیت‌های آزمایشگاهی؛

۵ـ ارزشیابی صحیح نداشتن از فعالیت‌های آزمایشگاهی در مدارس؛

۶ـ توجه کمتر به نمره آزمایشگاهی در ارزشیابی پایانی و آزمون‌های سراسری.

کمبود امکانات، ابزار و آزمایشگاه مناسب یکی از مهم‌ترین علت‌های استفاده نکردن از فعالیت‌های آزمایشگاهی است؛ اما باید اذعان کرد که حداقل امکانات در همه مدارس کشور، حتی دورافتاده‌ترین و محروم‌ترین آنها وجود دارد و اگر انگیزه لازم در معلمان وجود داشته باشد، می‌توان از این وسایل به شکل موثرتری استفاده کرد (حبیبی، ۱۳۸۳).

کمبود وسایل و ابزارهای آزمایشگاهی در دوره متوسطه، بهانه‌ای برای انجام ندادن فعالیت‌های عملی مناسب برای آموزش فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی به شمار می‌آید. می‌توان بسیاری از آزمایش‌هایی که در کتاب‌های درسی درج شده است را با وسایل و ابزارهای موجود در مدارس انجام داد (بدریان، ۱۳۸۵).

از طرف دیگر در چند سال اخیر تلاش‌های زیادی در راستای تجهیز مدارس از لحاظ مواد شیمیایی، ابزار، تجهیزات و نرم افزارهای ویژه آموزش مجازی و شبیه سازی فعالیت‌های آزمایشگاهی صورت گرفته است؛ این اقدامات تاثیر اندکی در استفاده اثربخش از آزمایشگاهها و انجام دادن فعالیت‌های عملی در مدارس دوره متوسطه داشته است (اصفا و کامیابی، ۱۳۸۵).

شواهد موجود نشان می‌دهد یکی از عوامل ناکارآمدی فعالیت‌های عملی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه، آشنا نبودن مربیان و معلمان با انواع سبک‌های فعالیت آزمایشگاهی، برنامه‌ریزی، اجرا و ارزشیابی مناسب آنهاست (اصفا و عبدی‌نژاد، ۱۳۸۷).

لونتا[1] (۱۹۹۸) معتقد است اجرای الگوهای آموزشی نامناسب و پیروی نکردن از سبک‌ها و روش‌های جدید در فعالیت‌های آزمایشگاهی، سبب اتلاف وقت در آزمایشگاه می‌شود و نتایج مورد انتظار از آن فعالیت‌ها، به دست نمی‌آید. این امر موانعی را پیش روی فرایند آموزش و یادگیری علوم تجربی در آزمایشگاه ایجاد می‌کند.

1- Lunetta

حبیبی (۱۳۸۳) با بررسی عوامل مرتبط بر استفاده بهینه از آزمایشگاه‌ها از دیدگاه دبیران، دانش‌آموزان، متصدیان آزمایشگاه‌ها و مدیران مدارس، دریافت که میان تنظیم برنامه، اجرای مناسب فعالیت‌های آزمایشگاهی، تناسب محتوای کتاب‌های درسی فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی با امکانات آزمایشگاه و استفاده بهینه از فعالیت‌های عملی، رابطه معناداری وجود دارد؛ به علاوه برگزاری دوره‌های ضمن خدمت با محتوای آموزشی نامناسب، تاثیر چندانی بر دانش افزایی دبیران و متصدیان آزمایشگاه و استفاده بهینه از آزمایشگاها ندارد.

شواخی (۱۳۸۰) در بررسی و ارزشیابی تأثیر بهره‌گیری از فعالیت‌های آزمایشگاهی بر یادگیری درس زیست شناسی، نشان داد دانش‌آموزانی که از فعالیت‌های آزمایشگاهی استفاده می‌کنند، در مقایسه با دانش‌آموزانی که آموزش آنها بدون استفاده از فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام می‌شود، پیشرفت درسی و موفقیت تحصیلی بیشتری دارند. او معتقد است این رشد تحصیلی، فقط در سایه برنامه‌ریزی، اجرا و ارزشیابی مناسب فعالیت‌های آزمایشگاهی به دست می‌آید.

علیپور (۱۳۸۷) نیز در بررسی میزان آشنایی دبیران شیمی با برنامه‌ریزی اجرا و ارزشیابی فعالیت‌های آزمایشگاهی در مدارس دوره متوسطه به این نتیجه رسید که این ویژگی‌ها در دبیران شیمی کمتر از حد متوسط است و وجود نداشتن الگوهایی مناسب و اثربخش برای برنامه‌ریزی، اجرا و ارزشیابی از فعالیت‌های آزمایشگاهی، دلیل اصلی این امر به شمار می‌آید.

پژوهش حاضر قصد دارد تا از طریق سندکاوی و مطالعات میدانی، الگوی اثربخشی برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در دوره متوسطه ارائه کند.

روش‌شناسی پژوهش

هدف اصلی این پژوهش دستیابی به الگویی اثربخش برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه است. بنابراین پژوهش حاضر در دو بخشِ مطالعات نظری و بررسی میدانی و در قالب چهار مرحله زیر صورت گرفته است:

۱ـ شناسایی و روشن سازی[1]

در مرحله شناسایی و روشن‌سازی، مؤلفه‌های اصلی الگوی انجام‌دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی را شناسایی کرده، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادیم. در این مرحله، تمام

1- Identification and Clarification

ابعاد متغیرهای اصلی، مانند: اهدف، رویکردها، روش‌ها و سبک‌های انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، شیوه ارزشیابی، سطوح، مفروضات و فعالیت‌ها، شناسایی می‌شوند.

۲ـ مستندسازی[1]

مستندسازی، ضرورت پرداختن به متغیرهای تبیین شده، با استناد به ادبیات علمی و پژوهشی حوزه فعالیت‌های آزمایشگاهی و برنامه درسی علوم تجربی را توجیه می‌کند. همچنین در این مرحله، وضعیت مطلوب با توجه به متغیرها و شرایط موجود و با بررسی اصول و ویژگی‌های فعالیت‌های آزمایشگاهی در قالب پنج متغیر: اصول، اهداف، محتوا، روش اجرا و ارزشیابی، تعریف خواهد شد. تعریف وضعیت مطلوب کمک زیادی به تبیین ویژگی‌های الگوی پیشنهادی خواهد کرد.

۳ـ هماهنگی[2]

مرحله هماهنگی، میان متغیرهای اصلی الگوی انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، ارتباط ارگانیک برقرار می‌کند تا بتوانند به صورت چارچوبی مفهومی، همه حالت‌ها و صورت‌های ممکن را در انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، با استفاده از انگاره‌های کلامی و تصویری نشان دهند.

۴ـ اعتباربخشی[3]

پس از دستیابی به چارچوب اولیه الگو و هماهنگی‌های مفروض در میان مؤلفه‌های آن، با استفاده از گروه مرجع، اعتبار و جامعیت الگو مورد ارزیابی قرار گرفت و بر اساس داوری‌ها، جرح و تعدیل‌هایی در الگوی پیشنهادی اعمال شد.

بخش اول نمونه آماری برای اعتباربخشی، ده نفر از متخصصان تعلیم و تربیت در رشته‌های برنامه‌ریزی درسی، فلسفه تعلیم و تربیت و آموزش علوم بودند که بیشتر آنها در انجام دادن پژوهش و تدوین برنامه‌های درسی علوم دوره‌های گوناگون تحصیلی تجربه داشتند. بخش دوم جامعه آماری عبارت بود از کارشناسان گروه‌های آموزشی مناطق بیست‌گانه آموزش و پرورش شهر تهران در رشته‌های فیزیک (۴۰ نفر)، شیمی (۴۰ نفر) و زیست شناسی (۴۰ نفر) که تعداد همه آنها ۱۲۰

1- Ducumentation
2- Co-Ordination
3- Validation

نفر بود. این کارشناسان دوره‌های ضمن خدمت مربوط به فعالیت‌های آزمایشگاهی را سپری کرده بودند و بعضی از آن‌ها نیز این دوره‌ها را تدریس می‌کردند. انتخاب نمونه‌های آماری، بر پایه روش نمونه‌گیری هدفمند در دسترس و بر اساس سابقه خدمت، میزان آشنایی با موضوع، برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های آزمایشگاهی در مدارس انجام شد.

اطلاعات توسط پرسشنامه ویژه‌ای به‌دست آمد که روایی آن با استفاده از نظر ۶ متخصص، بررسی شده بود و پایایی آن با استفاده از آزمون آلفای کرانباخ ($\alpha = ۰/۷۹$) که بیانگر اعتبار مناسب ابزار است، به دست آمد. ابزار دو بخش دارد؛ یکی معرفی الگوی انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، شامل ماهیت، ویژگی‌ها، اصول و مفروضات الگوی پیشنهادی و دیگری نظرخواهی در خصوص اعتبار و امکان‌سنجی اجرای آن؛ این پرسشنامه ۲۲ سؤال دارد که جزئیات و ویژگی‌های آن در جدول‌های ۶ و ۷ آمده است.

همه متخصصان تعلیم و تربیت پرسشنامه را تکمیل کردند و کارشناسان نیز با شرکت در جلسه کارگاه آموزشی و آشنایی با ویژگی‌های الگوی پیشنهادی، به سؤال‌های پرسشنامه پاسخ دادند. نتایج به دست آمده، با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و نیز تحلیل استنباطی (آزمون t)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج پژوهش

نتایج پژوهش در دو بخش عرضه می‌شود. در بخش اول، الگوی اثربخش انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه معرفی می‌شود. این الگو توسط مطالعات نظری به دست آمده است؛ در بخش دوم، اعتبار الگو از دیدگاه کارشناسان و متخصصان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف) توصیف الگوی انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه

الگوی پیشنهادی برای انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، پنج عنصر اصلی دارد که عبارتند از: اهداف، اصول، محتوا، روش اجرا و ارزشیابی؛ همه عناصر این الگو با هم در تعامل هستند و به نوعی یکدیگر را تکمیل می‌کنند.

۱ـ اهداف فعالیت‌های آزمایشگاهی

اهداف فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه در الگوی پیشنهادی، عبارتند از :

۱ـ تسلط بر مفاهیم علمی ماده درسی ؛

۲ـ تقویت استدلال علمی ؛

۳ـ درک ماهیت علم ؛

۴ـ انگیزش و علاقمندی به علوم تجربی ؛

۵ـ درک پیچیدگی و ابهام‌های موجود در فعالیت‌های تجربی ؛

۶ـ توسعه مهارت‌های عملی ؛

۷ـ توسعه فعالیت‌های گروهی .

اهداف هفت‌گانه فوق را می‌توان در سه حیطه شناختی، مهارتی و نگرشی طبقه‌بندی کرد . هدف اصلی الگوی پیشنهادی، تکمیل فرایند یادگیری علوم تجربی از طریق فعالیت‌های عملی است . اساس این الگو بر نظریه یادگیری سازنده‌گرایی[1] انطباق دارد و دانش‌آموزان از طریق انجام دادن فعالیت‌های کاوشگری و حل مسئله، مفاهیم را کشف می‌کنند و بیشتر یاد می‌گیرند .

۲ـ اصول فعالیت‌های آزمایشگاهی

راهبرد آموزشی مبتنی بر فعالیت‌های آزمایشگاهی که بر اساس انجام دادن آزمایش پایه‌ریزی شده است، راهبردی دانش آموز- محور و فعالیت‌مدار به شمار می‌آید . شالوده اصلی این راهبرد رسیدن به درک شخصی از یک تجربه و طراحی برنامه‌هایی برای استفاده از یادگیری‌ها در محیط‌های دیگر است . مراحل اجرای این راهبرد به شرح زیر است :

۱ـ انجام دادن یک فعالیت آزمایشگاهی و کسب تجربه ؛

۲ـ تبادل مشاهدات و سهیم شدن در اطلاعات به دست آمده ؛

۳ـ مشخص کردن نظام‌ها و فرایندها از طریق تحلیل و پردازش اطلاعات ؛

۴ـ استخراج اصول و استنتاج یا تعمیم داده‌ها ؛

۵ـ طراحی فعالیت‌های جدید به منظور کاربرد آموخته‌ها .

1- Constructivism

دانش‌آموزان با تشخیص مسئله و ارزیابی همه متغیرهای مورد نظر در حل مسئله و انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، فرضیه‌ای ارائه می‌دهند و آزمایشی را برای اثبات فرضیه طراحی می‌کنند. بدون شک آنان مجبور هستند برای طراحی و انجام دادن آزمایش، منابع گوناگون را بررسی کنند و اطلاعات لازم را در زمینه آن مسئله و نظریه‌های علمی مرتبط با آن به دست آورند. دانش‌آموزان پس از طراحی آزمایش و انجام دادن آن، با اثبات فرضیه طرح شده، نتایج را تجزیه و تحلیل کرده، یافته‌های علمی خود را به روش علمی ارائه می‌دهند. یافته‌های این بخش به قدری عمیق و دامنه‌دار هستند که دانش آموزان می‌توانند از یافته‌های خود در موقعیت‌های گوناگون برای حل مسائل مشابه استفاده کنند.

بنابراین اصول چنین الگویی، برای انجام دادن فعالیت‌های عملی توسط دانش آموزان، کسب تجربه و در عین حال تقویت مهارت‌هایی مانند استنباط علمی، طراحی آزمایش، به کارگیری سبک‌های گوناگون فعالیت‌های آزمایشگاهی و مهارت استفاده از ابزارها و وسایل آزمایشگاهی است. از آنجا که دانش‌آموزان از طریق انجام دادن فعالیت‌های عملی، مفاهیم علمی را کشف می‌کنند، بنابراین این الگو هم از لحاظ نظری و هم از لحاظ عملی، یادگیری- محور است.

۳- محتوای فعالیت‌های آزمایشگاهی

محتوای ویژه فعالیت‌های آزمایشگاهی را می‌توان به دو شیوه انتخاب کرد:

حالت اول؛ معلم آزاد باشد تا خودش محتوای آموزشی را برنامه‌ریزی، طراحی و تولید کند. از آنجا که باید در تهیه محتوای مورد نظر از نظریه‌های یادگیری روزآمد و عملی استفاده شود، بنابراین چنین شیوه‌ای مناسب نیست و باید از متخصصان برنامه‌ریزی درسی، روانشناسی پرورشی، ارزشیابی و نیز آموزش علوم استفاده شود.

حالت دوم؛ محتوای ویژه‌ای را همراه با کتاب درسی و یا به صورت تلفیق شده با آن تهیه کرده، از آنها به صورت راهنمای عمل فعالیت‌های آزمایشگاهی استفاده شود. لازم به ذکر است که در بهترین حالت باید دو نوع راهنمای فعالیت ویژه معلم و دانش آموز تهیه کرد که در آن علاوه بر در نظر گرفتن اهداف فعالیت‌های آزمایشگاهی، اهداف آموزشی ویژه معلم و دانش‌آموزان نیز روشن شده باشد. در راهنمای عمل ویژه معلمان، همچنین باید علاوه بر طرح نکات ایمنی به صورت کامل‌تر، شیوه طبقه‌بندی مواد و وسایل آزمایشگاهی و نیز شیوه‌های اجرا و ارزشیابی از آموخته‌های دانش‌آموزان را نیز بیان شود.

۴ـ روش اجرای فعالیت‌های آزمایشگاهی

چهارمین عنصر برنامه درسی فعالیت‌های آزمایشگاهی، «روش اجرا» است. این عنصر را می‌توان به دو طیف «روش اجرای معلم» و «روش اجرای دانش‌آموز» تقسیم‌بندی کرد. روش اجرای معلم و دانش‌آموز نباید با روش اجرایی که متخصصان و طراحان آموزشی پیش‌بینی کرده‌اند، تفاوت زیادی داشته باشد.

انجام دادن پژوهش و کاوشگری توسط دانش‌آموز در الگوی پیشنهادی، اساس یادگیری در آزمایشگاه به شمار می‌آید. در این شیوه، دانش‌آموزان آزمایش‌هایی از نوع حل‌مسئله انجام می‌دهند که مراحل آن عبارتند از:

۱ـ تشخیص مسئله؛

۲ـ بیان مسئله؛

۳ـ جمع‌آوری اطلاعات؛

۴ـ ارائه راه حل (ارایه فرضیه و طراحی آزمایش)؛

۵ـ اجرا و ارزیابی راه حل (انجام آزمایش و تایید فرضیه).

پسیلوس[1] و نایدرر[2] (۲۰۰۳) فرایندی چهار مرحله‌ای را برای به کارگیری فعالیت‌های عملی در آموزش علوم در نظر گرفته‌اند:

۱ـ برنامه‌ریزی و طراحی پژوهشی که در آن دانش‌آموزان نتایج پژوهش را مشخص کرده، به فرضیه سازی بپردازند و سپس یک روش کار آزمایشگاهی طراحی کنند؛

۲ـ اجرای آزمایش که در آن دانش‌آموزان به بررسی تکنیک‌ها و دستکاری مواد و ابزار بپردازند؛

۳ـ مشاهده پدیده‌های ویژه‌ای که مهیج و برانگیزاننده باشند؛

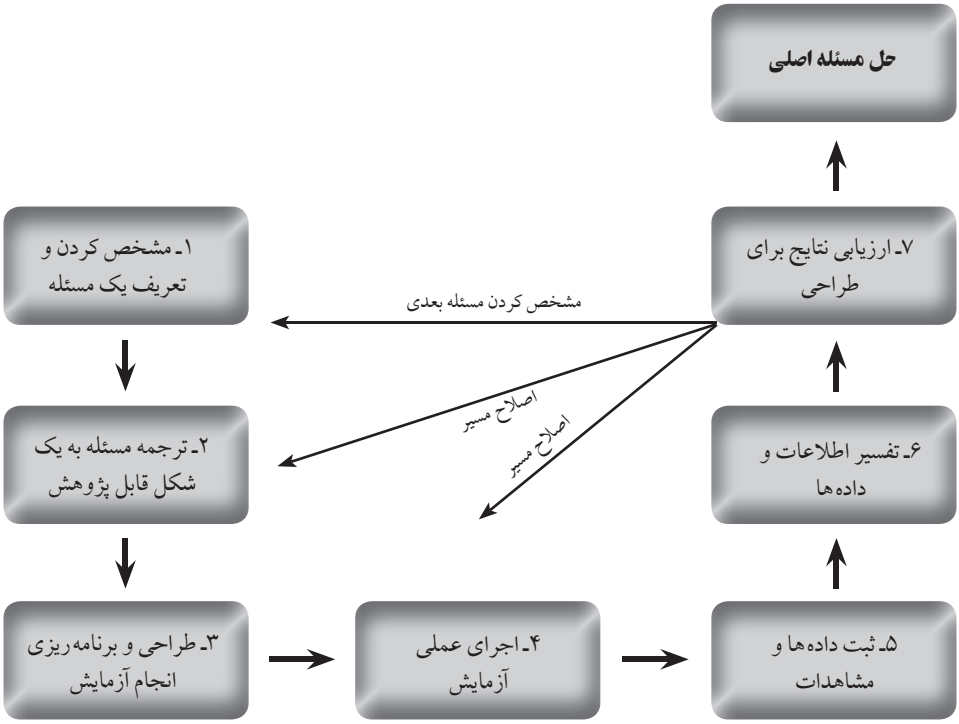
۴ـ تجزیه و تحلیل، کاربرد و تشریح یافته‌ها که در آن دانش‌آموزان به پردازش داده‌ها، توضیح یافته‌ها، جستجوی ارتباطات و سازماندهی مسائل و سؤال‌های جدید می‌پردازند.

بنابراین می‌توان برای فرایند حل مسئله از طریق انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، ۷ مرحله در نظر گرفت که شکل ۱ توالی آنها را نشان می‌دهد. در این الگو دانش‌آموزان در قالب گروه‌های

1- Psillos
2- Niedderer

کوچک و فعالیت‌های سازماندهی شده کاوشگری- محور، از تمام مهارت‌هایی که در گذشته به‌دست آورده‌اند، برای حل مسئله استفاده می‌کنند (هوفشتاین، ۲۰۰۷). شایان ذکر است که اهداف قصد شده در آموزش آزمایشگاه - محور علوم تجربی، در اصل رسیدن به بالاترین سطح مهارت، یعنی حل مسئله توسط دانش‌آموزان است؛ بنابراین باید کوشید تا این مهارت در دانش آموزان تقویت شود.

شکل ۱. الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی مبتنی بر کاوشگری و حل مسئله



سبک یادگیری مبتنی بر حل مسئله در آزمایشگاه‌های مدارس، می‌تواند نقش جدیدی را برای معلمان تعریف کند. در این شیوه، نقش معلم از توضیح دهنده به تسهیل کننده یادگیری ارتقا می‌یابد. هر چند تغییر نقش معلم در فرایند تدریس گذری آسان به شمار نمی‌آید، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد این رویکرد بسیار جالب و ارزشمند است (هوفشتاین، ۲۰۰۷؛ رید[1] و سرومولا[2]، ۲۰۰۶).

1- Reid
2- Serumola

۵ـ ارزشیابی فعالیت‌های آزمایشگاهی

عنصر پنجم در برنامه‌درسی فعالیت‌های آزمایشگاهی، «ارزشیابی» از آموخته‌های دانش‌آموزان است. برای این منظور مجموعه‌ای از ابزارهای ارزشیابی به شرح زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱ـ آزمون‌های کتبی یا مداد ـ کاغذی؛
۲ـ آزمون‌های عملکردی[1]؛
۳ـ ارزشیابی با استفاده از کار پوشه[2]؛
۴ـ ارزشیابی مشاهده‌ای[3].

آزمون‌های کتبی بیشتربرای اندازه‌گیری هدف‌های آموزشی و بازده‌های یادگیری حوزه شناختی به کار می‌روند. آزمون‌های دیگر که در زمره ارزشیابی توصیفی به شمار می‌آیند، برای سنجش عملکرد و مهارت‌هایی که دانش‌آموزان بروز می‌دهند، مورد استفاده قرار می‌گیرند(هوفشتاین، ۲۰۰۴).

مجموعه گزارش‌هایی که از فعالیت‌های دانش‌آموزان به دست می‌آید، باید در مجموعه‌ای به نام کارپوشه گردآوری و برای ارزیابی نهایی مورد قضاوت قرار گیرند. فهرست‌های وارسی مورد استفاده که در ارزشیابی فعالیت‌های دانش آموزان در آزمایشگاه استفاده می‌شوند، اطلاعات مفیدی دارند و از آنها در مراحل گوناگون آزمایش بهره می‌گیرند. این اطلاعات در رابطه با فعالیت‌هایی هستند که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

۱ـ فعالیت‌های پیش از آزمایشگاه؛
۲ـ فعالیت‌های داخل آزمایشگاه؛
۳ـ فعالیت‌های پس از آزمایشگاه؛
۴ـ واکنش عمومی دانش‌آموزان در آزمایشگاه.

ابزار عملی و کاربردی می‌تواند به هماهنگی بیشتر طراحان برنامه درسی و فعالیت‌های معلم و دانش‌آموز در آزمایشگاه کمک کند.

فورهام[4] و همکارانش در سال ۱۹۷۸، (نقل از جانستون و الشوعیلی، ۲۰۰۱) برای

1- Performance Assessment
2- Portfolio
3- Observational Assessment
4- Fuhrman

ارزشیابی از فعالیت‌های آزمایشگاهی، فهرست وارسی ویژه‌ای با عنوان سیاهه تحلیل فعالیت‌های آزمایشگاهی[1] (LAI) طراحی کردند که چهار مرحله داشت:

۱ـ برنامه‌ریزی و طراحی آزمایش؛

۲ـ اجرای آزمایش؛

۳ـ تجزیه و تحلیل و تفسیر یافته‌ها؛

۴ـ کاربست یافته‌ها.

الگوهای زیادی بر پایه مراحل ذکر شده، برای ارزشیابی از فعالیت‌های آزمایشگاهی ارائه شده است (کمپا[2]، ۱۹۸۶؛ تابین، ۱۹۹۰؛ هوفشتاین و لونتا، ۲۰۰۴ و میلار، ۲۰۰۴). در جمع‌بندی کلی می‌توان ویژگی‌ها و توان‌مندی‌های مورد ارزشیابی در فعالیت‌های آزمایشگاهی را در قالب شیوه‌های ارزشیابی کیفی‌ـ توصیفی مورد بررسی قرار داد. جدول ۵ برخی ویژگی‌های مورد ارزشیابی را نشان می‌دهد.

جدول۵ ـ توانایی‌ها و ویژگی‌های مورد ارزشیابی در فعالیت‌های آزمایشگاهی

توانایی یا مهارت مورد ارزشیابی	ویژگی‌های کیفی برای ارزشیابی
الف) شناسایی و سازماندهی یک مسئله	توانایی فرضیه‌سازی به صورت منطقی؛ مشخص کردن متغیرهایی که باید بررسی شوند؛ مشخص کردن متغیرهایی که باید کنترل شوند.
ب) طراحی و برنامه‌ریزی روش اجرای آزمایش	انتخاب شرایط آزمایشگاه، شامل: انتخاب ابزارها، فنون اندازه‌گیری و آشنایی با روش کار آنها؛ تنظیم و کنترل متغیرها و مرحله‌بندی اجرای آزمایش.
پ) برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت عملی (دست‌ورزی)	فعالیت روشمند با روش و فن آزمایشگاهی ایمن و درست، مبتنی بر روش کار استاندارد، سازماندهی شده و علمی.
ت) مهارت‌های مشاهده و اندازه‌گیری (شامل ثبت داده‌ها و مشاهدات)	استفاده درست از ابزار اندازه‌گیری، دقت در انجام دادن مشاهده عملی و گردآوری اطلاعات و ثبت درست داده‌ها و مشاهدات.
ث) تفسیر و ارزیابی داده‌های تجربی و مشاهدات	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری منطقی و به کاربردن داده‌های تجربی و ارتباط آنها با مسئله مورد بررسی؛ ارزیابی محدودیت‌ها و قابلیت‌های منابع خطا در روش اجرای آزمایش.

1- Laboratory Analysis Inventory

2- Kempa

می‌توان فهرست وارسی مناسبی بر پایه توانمندی‌ها و ویژگی‌هایی که در جدول ۵ آمده است تهیه کرد و فعالیت‌های عملی و نظری دانش‌آموزان را در فعالیت‌های آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار داد.

یافته‌های حاصل از مطالعه میدانی

پس از طراحی الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی ویژه آموزش علوم تجربی دوره متوسطه، این الگوی برای اعتباربخشی در اختیار گروه مرجع قرار گرفت. مهم‌ترین نتایج پژوهش (صرف‌نظر از یافته‌های توصیفی که از حوصله مقاله حاضر خارج است)، بر حسب هر یک از متغیرهای اصلی و نیز اختلاف نظر کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت، به شرح زیر است:

۱ـ ماهیت و ویژگی‌های الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی

الگوی ارائه شده، ماهیتی فعالیت‌ـ محوری است. این فعالیت‌ها از طریق ایجاد فرصت‌های یادگیری جدید، یادگیری دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد. در بررسی ویژگی‌های الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی پیشنهادی، می‌توان به مؤلفه‌های متعددی اشاره کرد که برخی از آنها عبارتند از: انگیزشی بودن، عملی بودن در شرایط مدارس ایران، نوآورانه بودن، جامع بودن، تسهیل کسب مهارت‌های پایه، پرورش روحیه کاوشگری و اکتشاف، آماده سازی برای کاربرد در زندگی واقعی، ارتقای مهارت‌های اجتماعی و توسعه نگرش‌های مثبت درباره به علوم تجربی.

داده‌های به دست آمده، مقبولیت مؤلفه‌هایی که از دیدگاه کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت بیان شده است، را نشان می‌دهد (جدول۶).

جدول۶. میزان مقبولیت ماهیت و ویژگی‌های الگوی فعالیت‌های عملی از دیدگاه نمونه‌های تحقیق با استفاده از آزمون t تک گروهی

ماهیت و ویژگی‌های الگو	میانگین نظری	میانگین تجربی	انحراف معیار	تعداد	خطای معیار	درجه آزادی	میزان t	خطای نمونه‌گیری
انگیزشی بودن	۳	۳/۸۵	۰/۷۴	۱۳۰	٪۶	۱۲۹	۱۳/۱۰*	٪۱
نوآورانه بودن	۳	۳/۹۴	۰/۷۹	۱۲۷	٪۸	۱۲۶	۱۳/۴۳*	٪۱
جامع بودن	۳	۳/۷۵	۰/۶۴	۱۲۶	٪۶	۱۲۵	۱۳/۱۶*	٪۱
تسهیل کسب مهارت‌های پایه	۳	۳/۷۲	۰/۵۹	۱۲۹	٪۵	۱۲۸	۱۳/۸۴*	٪۱
پرورش روحیه کاوشگری و اکتشاف	۳	۳/۸۹	۰/۷۱	۱۳۰	٪۶	۱۲۹	۱۴/۲۸*	٪۱
آماده سازی برای کاربرد در زندگی واقعی	۳	۳/۷۷	۰/۷۴	۱۳۰	٪۶	۱۲۹	۱۱/۳۸*	٪۱
ارتقای مهارت‌های اجتماعی	۳	۳/۷۲	۰/۵۷	۱۲۸	٪۵	۱۲۷	۱۴/۴۰*	٪۱
توسعه نگرش‌های مثبت درباره علوم تجربی	۳	۳/۹۱	۰/۷۶	۱۳۰	٪۷	۱۲۹	۱۳/۵۸*	٪۱
عملی بودن در شرایط مدارس ایران	۳	۳/۸۳	۰/۶۹	۱۳۰	٪۶	۱۲۹	۱۳/۸۳*	٪۱

*P < ۰/۰۱

همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، با توجه به میزان tهای به دست آمده و مقایسه آنها با میزان t در درجات آزادی و سطح اطمینان ٪۱ = α، می‌توان گفت که تفاوت معناداری میان میانگین تجربی و نظری وجود دارد و از آنجا که میانگین تجربی از میانگین نظری بالاتر است، بنابراین ماهیت و ویژگی‌های الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی، مقبولیت، جامعیت و اعتبار کافی را دارد.

نتایج آزمون t در گروه‌های مستقل برای مقایسه اختلاف دیدگاه کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت درباره ماهیت و ویژگی‌های الگوی پیشنهادی در درجه‌های آزادی که در سطح معناداری ذکر شده‌اند، ۰/۰۱ از مقدار t بحرانی جدول (۲/۶۱) کوچک‌تر است (tهای مشاهده شده به ترتیب عبارتند از: ۱/۹۹ و ۱/۹۳ و۲/۳۸ و ۲/۱۱ و ۲/۰۵ و ۲/۲۱ و۲/۳۱ و ۲/۲۵ و ۲/۰۷)؛ بنابراین با ۹۹ درصد اطمینان می‌توان قضاوت کرد میان نظر کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت درباره ماهیت و ویژگی‌های الگوی پیشنهادی تفاوت معناداری وجود ندارد.

۲ـ اصول الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی

پیشینه پژوهش و انواع الگوهای ارائه شده در سطح جهان، برخی اصول و ویژگی‌های اساسی را نشان می‌دهد. متغیرهای الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی یادگیری ـ محور نیز بر پاره‌ای اصول استوارند که متغیرهای آن عبارتند از: اقتضایی بودن به معنای استفاده از روش‌ها و رویکردهای گوناگون در انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی براساس شرایط خاص و نیازهای مدارس؛ داشتن هویت تربیتی، استفاده از رویکردهای گوناگون آموزشی، تبیین و به کارگیری سطوح مختلف فعالیت‌های آزمایشگاهی، در نظر گرفتن میزان مشارکت معلم و دانش‌آموزان در فعالیت‌های آزمایشگاهی و در نظر گرفتن انواع مختلف سبک‌های فعالیت‌های آزمایشگاهی(مک کوماس، ۱۹۹۷؛ لونتا، ۱۹۹۸ و میلار، ۲۰۰۴؛ لونتا، هوفشتاین و کلوگ، ۲۰۰۷).

گروه مرجع، اصول در نظر گرفته شده برای الگوی پیشنهادی را مورد ارزیابی و داوری قرار دادند. داده‌های به‌دست آمده، در جدول ۷ آورده شده است.

جدول۷. میزان مقبولیت اصول الگوی انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی از دیدگاه نمونه‌های تحقیق با استفاده از آزمون t تک گروهی

اصول الگوی پیشنهادی	میانگین نظری	میانگین تجربی	انحراف معیار	تعداد	خطای معیار	درجه آزادی	میزان t	خطای نمونه‌گیری
اقتضایی بودن	۳	۳/۷۳	۰/۹۵	۱۳۰	٪۸	۱۲۹	۸/۷۶*	٪۱
داشتن هویت تربیتی	۳	۳/۸۱	۰/۸۴	۱۲۷	٪۷	۱۲۶	۱۰/۸۷*	٪۱
استفاده از رویکردهای گوناگون آموزشی	۳	۳/۸۶	۰/۷۹	۱۲۶	٪۷	۱۲۵	۱۲/۲۳*	٪۱
تبیین و به کارگیری سطوح گوناگون فعالیت‌های آزمایشگاهی	۳	۳/۷۹	۰/۹۳	۱۲۹	٪۸	۱۲۸	۹/۶۳*	٪۱
در نظر گرفتن میزان مشارکت معلم و دانش‌آموزان در فعالیت‌های آزمایشگاهی	۳	۳/۹۰	۰/۹۱	۱۳۰	٪۸	۱۲۹	۱۱/۲۸*	٪۱
در نظر گرفتن انواع گوناگون سبک‌های فعالیت‌های آزمایشگاهی	۳	۳/۸۵	۰/۸۸	۱۳۰	٪۸	۱۲۹	۱۰/۰۴*	٪۱
جامع بودن اصول بیان شده در الگو	۳	۳/۷۷	۰/۹۱	۱۲۸	٪۸	۱۲۷	۹/۶۲*	٪۱
معتبر بودن اصول بیان شده در الگو	۳	۳/۸۴	۰/۸۸	۱۳۰	٪۸	۱۲۹	۱۰/۹۰*	٪۱

*P < ۰/۰۱

همان‌طور که از جدول ۷ به دست می‌آید، با توجه به میزان tهای به دست آمده و مقایسه آنها با میزان t در درجات آزادی بیان شده و سطح اطمینان ۱٪ = a، می‌توان گفت تفاوت معناداری میان میانگین تجربی و نظری وجود دارد. از آنجا که میانگین تجربی از میانگین نظری بالاتر است، بنابراین از دیدگاه گروه مرجع، اصول در نظر گرفته شده برای الگوی پیشنهادی مقبولیت، جامعیت و اعتبار کافی را دارد.

نتایج آزمون t گروه‌های مستقل برای مقایسه تفاوت دیدگاه کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت درباره ماهیت و ویژگی‌های الگوی پیشنهادی در درجه‌های آزادی در سطح معناداری که ذکر شده‌اند، ۰/۰۱ از مقدار t بحرانی جدول (۲/۶۳) کوچک‌تر است (tهای مشاهده شده به ترتیب عبارتند از: ۲/۱۹ و ۲/۲۳ و۲/۳۱ و ۲/۰۳ و ۲/۲۵ و ۲/۲۹ و۲/۳۱ و ۲/۳۵)؛ بنابراین با ۹۹ درصد اطمینان می‌توان قضاوت کرد میان نظر کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت درباره ماهیت و ویژگی‌های الگوی پیشنهادی تفاوت معناداری وجود ندارد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر، برای استفاده اثربخش از فعالیت‌های آزمایشگاهی هماهنگ با برنامه درسی فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی دوره متوسطه، با توجه به امکانات مدارس، الگوی جدیدی ارائه می‌دهد. الگوی پیشنهادی قابلیت اجرا در نظام آموزشی را دارد و با زمینه‌ها و امکانات موجود در مدارس و همچنین برنامه درسی علوم دوره متوسطه هماهنگ است. همچنین این الگو علی‌رغم تفاوت اندک در ماهیت درس‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی، به نسبت جامع است و می‌توان آن را در رشته‌های فنی و حرفه‌ای نیز اجرا کرد.

بررسی مطالعاتی که در حوزه جایگاه فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش اثربخش علوم تجربی (میلار، ۲۰۰۴؛ لونتا، هوفشتاین و کلوگ، ۲۰۰۷) صورت گرفته است، نشان می‌دهد تعامل میان اجزای کلیدی موجود در آزمایشگاه، سهم شایسته‌ای در ساخت دانش و یادگیری دارند. بنابر الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی پیشنهادی، دانش در تعامل با افراد، مکان‌ها و اشیاء شکل می‌گیرد. در این الگو کسب دانش به صورت فرایند است و در آن دانش به‌عنوان بسته‌ای قابل انتقال به ذهن دانش آموز در نظر گرفته نمی‌شود (هوفشتاین و لونتا، ۲۰۰۴).

الگوی پیشنهادی پنج عنصر اصلی دارد که عبارتند از: اهداف، اصول، محتوا، روش‌ها و

ارزشیابی. این الگو دانش‌آموز- محور است و دانش‌آموز در فعالیت‌های آزمایشگاهی نقش اصلی را ایفا می‌کند. معلم نیز نقش راهنما و مشاور را دارد. برخی ویژگی‌های بارز الگوی پیشنهادی، در نظر گرفتن انواع سبک‌های انجام دادن آزمایش و نظریه‌های یادگیری و توجه به متغیرهای مورد ارزشیابی و استفاده از رویکردهای اکتشافی حل مسئله و کاوشگری با در نظر گرفتن میزان دخالت دانش‌آموز و معلم در انجام دادن فعالیت‌هاست. این فعالیت‌ها می‌توانند از سطح ساده به سطح دشوار طراحی و تنظیم شوند و با متغیر عمده، یعنی میزان درجه آزادی دانش آموز در طراحی آزمایش، شیوه اجرا و نیز گرفتن نتیجه به سرانجام برسند. بر همین اساس این الگو در مقایسه با سایر الگوها (تابین، ۱۹۹۰؛ هوفشتاین و لونتا، ۲۰۰۴ و میلار، ۲۰۰۴) جامعیت بیشتری دارد.

دانش‌آموزان در این الگو، در قالب گروه‌های کوچک در کنار یکدیگر فعالیت می‌کنند و بسیاری از مهارت‌های اجتماعی مانند روحیه فعالیت گروهی، توانایی تحمل آرا و عقاید دیگران و رعایت نظم و ترتیب در فعالیت‌ها در آنان تقویت می‌شود. الگوی پیشنهادی با در نظر گرفتن درک عمیق مفاهیم و استفاده از رویکرد یادگیری- محور، کمک زیادی به این امر می‌کند. عناصر و متغیرهای این الگو، به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که در آزمایشگاه مدرسه‌ای با امکانات متوسط، فعالیت‌های کاوشگری مبتنی بر حل مسئله برای رشته‌های فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی امکان‌پذیر است. استفاده از آخرین یافته‌های پژوهشی بین‌المللی در طراحی و تدوین این الگو سبب شده است تا جنبه نوآورانه بودن آن، به طور جدی مشهود باشد (لونتا، هوفشتاین و کلوگ، ۲۰۰۷).

راهبرد آموزشی مبتنی بر فعالیت‌های آزمایشگاهی که بر اساس انجام دادن آزمایش و کشف مفاهیم پایه‌ریزی شده است، راهبردی دانش آموز- محور و فعالیت‌مدار به شمار می‌آید. شالوده اصلی این راهبرد، رسیدن به درک شخصی از یک تجربه واقعی و طراحی برنامه‌هایی برای استفاده از یادگیری‌ها در محیط‌های دیگر است (بایبی، ۲۰۰۰).

دانش‌آموزان با تشخیص مسئله و ارزیابی همه متغیرهای مورد نظر در حل مسئله و انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی، به ارائه فرضیه می‌پردازند و برای اثبات آن آزمایشی را طراحی می‌کنند. بدون شک دانش‌آموزان برای طراحی و انجام دادن آزمایش، مجبورند منابع گوناگون را بررسی کنند و اطلاعات لازم را در زمینه مسئله مورد مطالعه و نظریه‌های علمی دخیل در آن به‌دست آورند. دانش‌آموزان پس از طراحی آزمایش و انجام دادن آن، با اثبات فرضیه مطرح شده، نتایج به دست آمده را تجزیه و تحلیل کرده، سپس یافته‌های خود را به روش علمی ارائه

می‌دهند. یافته‌های این شیوه به قدری عمیق و دامنه‌دار هستند که دانش آموزان می‌توانند در موقعیت‌های گوناگون از یافته‌های خود برای حل مسائل مشابه استفاده کنند.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی مقاله ملاحظه شد، همه متغیرهای مورد نظر و ارتباط میان آنها که از منابع علمی- پژوهشی حوزه برنامه درسی علوم تجربی به‌دست آمده بودند، مورد تایید کارشناسان و متخصصان تعلیم و تربیت قرار گرفتند و در هیچ یک از موارد، تفاوت معناداری میان نظر کارشناسان گروه‌های آموزشی و متخصصان تعلیم و تربیت در زمینه اعتبار الگو مشاهده نشد.

پژوهش حاضر همچنین داده‌های کیفی بسیاری در مورد نقطه نظرها، نکات و زمینه‌های ضروری برای لحاظ کردن در الگوی فعالیت‌های آزمایشگاهی را دارد که در پژوهش به آنها پرداخته شده است.

همان‌طور که پژوهش‌های پیشین نشان دادند (علیپور، ۱۳۸۷؛ اصفا و بدریان، ۱۳۸۷؛ اصفا و کامیابی، ۱۳۸۵؛ حبیبی، ۱۳۸۳ و شواخی، ۱۳۸۰)، در خصوص وضعیت فعالیت‌های عملی- آزمایشگاهی در مدارس ایران، چنین فعالیت‌هایی به‌طور وسیع و اثربخش در آموزش علوم تجربی (فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی) استفاده نمی‌شوند و یکی از علت‌های اصلی این امر وجود نداشتن الگویی مشخص برای برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و ارزشیابی این فعالیت‌هاست.

بنابراین اگر گروه مرجع یعنی متخصصان تعلیم و تربیت و کارشناسان گروه‌های آموزشی درباره خصوص الگوی فعالیت‌های علمی- آزمایشگاهی پیشنهادی را بپذیریم، باید زمینه‌های لازم برای اجرای این الگو را در سطح کشور فراهم کرد. هر چند گام بعدی نگارنده، بررسی اثربخشی الگوی پیشنهادی در پژوهشی شبه آزمایشی و به نسبت محدود است، اما زمینه برای اجرای گام به گام این الگو در سطح کشور وجود دارد.

منابع

ـ اصفا، آرزو و عبدی‌نژاد، طالب (۱۳۸۷). طراحی و اعتبار بخشی الگوی انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه، تهران: موسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوریهای آموزشی.

ـ اصفا، آرزو و کامیابی، شریف (۱۳۸۵). علل اجرا نشدن فعالیت‌های عملی در آموزش علوم تجربی مدارس متوسطه استان تهران، تهران: موسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و

نوآوری‌های آموزشی.

ـ اصفا، آرزو و بدریان، عابد (۱۳۸۷). بررسی اثربخشی آزمایشگاه‌های علوم تجربی دوره متوسطه شهر تهران، هفتمین همایش سالانه انجمن مطالعات برنامه درسی ایران (برنامه درسی دوره‌ی راهنمایی و متوسطه: چالش‌ها و چشم اندازها)، تهران: دانشگاه تربیت معلم.

ـ بدریان، عابد (۱۳۸۵). الگوی نظری آموزش اثربخش علوم تجربی از طریق فعالیت‌های آزمایشگاهی، تهران: اولین همایش ملی نوآوری‌های آموزشی.

ـ حبیبی، شهرام (۱۳۸۳). بررسی عوامل مرتبط بر استفاده بهینه از آزمایشگاه‌ها از دیدگاه، دبیران، دانش‌آموزان، متصدیان آزمایشگاه‌ها و مدیران و میزان انجام آزمایش‌های کتب درسی زیست شناسی، فیزیک و شیمی در دوره متوسطه استان چهار محال و بختیاری، طرح ملی، وزارت آموزش و پرورش.

ـ شواخی، علیرضا (۱۳۸۰)، بررسی و ارزشیابی تأثیر بهره‌گیری از امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی بر یادگیری زیست‌شناسی پسر پایه اول شهر اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

ـ علیپور، یوسف (۱۳۸۷)، بررسی مؤلفه‌های برنامه‌ریزی، اجرا و ارزشیابی فعالیت‌های آزمایشگاهی از نظر دبیران شهرستان‌های غرب استان هرمزگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

ـ Baird, J.R. (1990). Metacognition, purposeful inquiry, and conceptual change. In E. Hegarty-Hazel (ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum,* London: Rutledge.

ـ Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry, In J. Minstrel, & E. H. Van Zee (eds.). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*, pp. 20-46. Wasington DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).

ـ Domin, D.S. (1999). Review of laboratory instructional styles. *Journal of Chemical Education,* N.76, PP. 543-547.

ـ Feedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude towards science and achievement in science knowledge, *Journal of Research in Science Teaching,* N.34: PP. 343-357.

ـ Johnstone A.H. and Al-Shuaili A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature, *University Chemistry Education*, N.5, PP.42–51.

ـ Harlen, W. (1999). *Effective Teaching of Science,* Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.

ـ Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to

practical work in school science*, Studies in Science Education,* N.22: PP.85–142.

- Hofstein A., (2007). The laboratory in science education: the state of the art, *Chemistry Education Research and Practice*, N.8,PP.105–107.

- Hofstein, A. & Lunetta, V, N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century, *Science Education,* N.88, PP.28-54.

- Kempa, R. F. (1986). Assessment in Science, Cambridge: Cambridge Science Education Series, Cambridge University

- Kerr, J.F. (1963) *Practical Work in School Science,* Leicester: Leicester University Press.

- Lunetta, V.N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching, In B. Fraser and K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education,* pp. 349-264. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Lunetta V,N., Hofstein A. and Clough M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice, In N, Lederman. and S. Abel (Eds,), Handbook of Research on Science Education. (pp. 393-441), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- McComas, W. E (1997, spring). *The nature of the laboratory experience: A guide for describing, classifying and enhancing hands-on activities*, *CSTA Journal*, N.1, PP.6-9.

- Millar, R. (2004). *The Role of Practical Work in the Teaching and Learning of Science*, The University of York, National Academy of Science, Washington DC.

- Montes, L. D. & Rockley, M. G. (2002). Teacher Perceptions in the Selection of Experiments, *Journal of Chemical Education*, N.79,P. 244.

- Pickering, M. (1980). Are lab courses a waste of time?, *The Chronicle of Higher Education,* N.19, P.80.

- Psillos, D. & Niedderer, H. (2003). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht.

- Reid N. and Serumola L. (2006) Scientific enquiry: The nature and place of experimentation: A review, *Journal of Science Education*, N.7, PP. 1-15.

- Tobin, K.G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics, N.90*, PP. 403-418.

- White, R.T. (1996). The link between laboratory and learning, *International Journal of Science Education*, Designing and Accrediting an Effective Model for Laboratory Activity in High School Science Education, N.18, PP. 761-774.