

## طراحی آزمایش‌های ساده و کم هزینه

زهرا میری رامشه\*

کارشناس ارشد شیمی فیزیک، گروه شیمی پاکدشت

### چکیده

نقش و جایگاه آزمایش در فرایند یاددهی و یادگیری مفاهیم شیمی بر کسی پوشیده نیست. اگر ارائه مفاهیم نظری همراه با انجام آزمایش باشد چه بسا از توضیح چندین باره مطالب جلوگیری کرده و به کاهش کج فهمی دانش‌آموزان می‌انجامد. با وجود این، بیشتر دبیران به دلیل کمبود وقت، نبود وسایل و مواد آزمایشگاهی لازم و مهیا نبودن امکانات ایمنی در مدارس از انجام آزمایش صرفه نظر کرده و به ارائه مفاهیم به صورت نظری‌سندده می‌کنند.

در این مقاله سعی بر این داریم، ضمن بیان اهمیت و جایگاه انجام آزمایش در فرایند یاددهی و یادگیری علم شیمی، به معرفی تکنیک‌های طراحی آزمایش‌های ساده و کم هزینه بپردازیم و با بیان مثال‌هایی از این نوع آزمایش‌ها، نگرشی نو در طراحی آزمایش ایجاد کرده و قدمی به سوی آموزش مبتنی بر آزمایش برداریم.

### کلمات کلیدی

طراحی آزمایش، آزمایش ساده، اهمیت انجام آزمایش، آزمایش کم هزینه، تکنیک طراحی آزمایش

### نکات برجسته پژوهش

- بیان تاریخچه و اهمیت آموزش مبتنی بر آزمایش در علوم تجربی به ویژه شیمی
- معرفی تکنیک‌هایی برای طراحی آزمایش‌های کم هزینه و ایمن
- بیان مثال‌هایی از آزمایش‌های ساده و کم هزینه

## ۱- مقدمه

علم شیمی علمی مرکزی است زیرا مولکولارینته جهان هستی را مورد بحث قرار می‌دهد و نتایج مهمی پیرامون بسیاری از رشته‌های مرتبط دارد. فهم اصول شیمی در حل بسیاری مسائل رشته‌های مرتبط که به نظریات شیمی استناد می‌کنند، اهمیت شایانی دارد، از این رو منطقی است پیشنهاد کنیم، همه افراد تحصیل کرده در جامعه باید آشنایی با برخی از جنبه‌های مهم این رشته را داشته باشند. فعالیت‌های آزمایشگاهی نیز یک نقش مرکزی و مشخص در برنامه تحصیلی علوم به ویژه علم شیمی‌داری و مربیان علوم تاکید کرده‌اند که فرایند یاددهی و یادگیری به دانش‌آموزان درگیر در فعالیت‌های آزمایشگاهی رضایت بخش تر خواهد بود.

## ۲- تاریخچه آموزش مبتنی بر آزمایش

اولین آزمایشگاه آموزشی شیمی توسط توماس تامسون در سال ۱۸۰۷ در بریتانیا، دانشگاه ادینبرگ تاسیس شد. در سال ۱۸۱۹ زمانیکه تامسون به دانشگاه گلاسون پیوست او کار آموزش در آزمایشگاه را در این دانشگاه مرسوم کرد. در سال ۱۸۲۴ لیبیگیک آزمایشگاه شیمی در دانشگاه گیسن تاسیس کرد. این زمان یک دوران درخشان در قرن ۱۹ به حساب می‌آید. آزمایشگاه لیبیگ اولین آزمایشگاه رسمی بود که در آن دانش‌آموزان برای عضویت مدرسه تحقیق بوسیله آزمایش‌های تحقیقی منظم آموزش می‌دیدند.

کلاس‌های آزمایشگاه به تدریج حدود ۵۰ سال توسعه یافت تا سرانجام در سال ۱۸۹۹، در نظر گرفته شده که باید به دانش‌آموزان اجازه داد، آزمایش‌ها را خودشان انجام دهند. تا این زمان، بیشتر مدارس در انگلستان این نکته را پذیرفته بودند و کار عملی را به عنوان یک نیاز ضروری برای تدریس لحاظ می‌کردند. بنابراین آموزش عملی در شیمی در دانشگاه‌های سراسر اروپا و شمال آمریکا توسعه یافت. کار عملی در این زمان نقش حیاتی در تایید نظریه‌هایی داشت که در کلاس تدریس شده بودند. با این وجود تاثیر تدریس از طریق کار عملی در شیمی هنوز مورد شک بود [۲].

یک قرن پیش آمرستراک آزمایش مستقیم بوسیله دانش‌آموزان را به جای آزمایش‌های نمایشی انجام شده توسط معلم مورد دفاع قرار داد. با این وجود، در کار عملی فردی به دلیل تکرار آزمایش تا رسیدن به شرایط مطلوب زمان زیادی به هدر می‌رفت. بنابراین دوباره توجه به سمت نمایش آزمایش توسط معلم جلب شد. در ۱۹۳۵، اسلنسنگر سهم کار آزمایشگاهی را در آموزش عمومی مورد بررسی قرار داد. او توجه کرد که دانش‌آموزانی که از قبل به شیمی علاقه نشان دادند عادت دارند به جای اینکه آنچه در لوله آزمایش شان رخ می‌دهد را مشاهده کنند، آزمایش‌های خود را با توجه به دستور کار انجام دهند تا به نتایج مورد انتظار برسند [۲].

مقارن با اواخر قرن ۲۰، پیشنهادهای بیشتری از جمله تمرین‌های آزمایشگاهی، فیلم و ویدئوهای آموزشی، شبیه سازی‌های کامپیوتری برای تسهیل آموزش اثربخش در آزمایشگاه‌ها ارائه شد [۳].

## ۳- اهمیت آموزش مبتنی بر آزمایش

دلایل زیادی وجود دارد که به نوعی اهمیت انجام آزمایش در آموزش اثر بخش علوم تجربی را بیان می‌کند. برخی از این دلایل عبارتند از:

- آزمایش به دانش آموز کمک می‌کند تا با مهارت‌هایی که یک دانشمند به آن‌ها نیاز دارد، آشنا شود. این مهارت‌ها عبارتند از: برنامه ریزی، مشاهده دقیق، اندازه گیری، ثبت دقیق و درست اطلاعات، نمایش شفاف و به دور از اغراق اطلاعات، ارائه صحیح نتایج و یافتن ارتباط منطقی بین متغیرها.
- آزمایش سبب می‌شود تا دانش‌آموزان حقایق و مفاهیم علمی را بهتر درک نمایند.

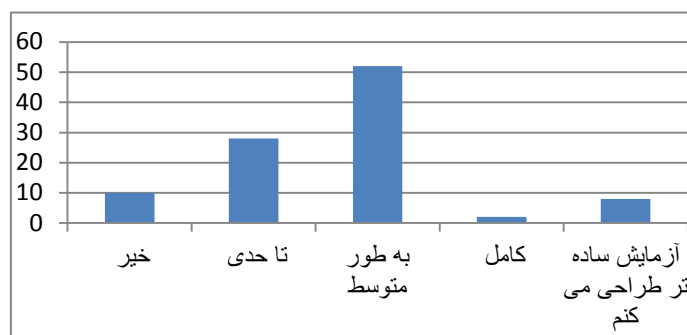
- آزمایش سبب فعال شدن یادگیری شده و دانش‌آموزان را وادار می‌کند تا درباره اهداف فعالیت عملی فکر کنند. بنابراین با اجرای فعالیت‌های عملی، به جای اینکه دانش‌آموزان در مقابل بارش یک طرفه اطلاعات از طرف معلم تسلیم شوند، به طور فعال در مبادله اطلاعات و تجربه با معلم شریک می‌شوند.
- آزمایش، حقایق علمی را واقعی‌تر جلوه می‌دهد.
- آزمایش به دروس علوم تجربی هیجان و علاقه بیشتری می‌بخشد.
- 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 فناوری اطلاعات و ارتباطات ایجاد شود [۱].
- آزمایش موجب دستیابی دانش‌آموزان به دید بهتری از علم و تحقیقات علمی، با تاکید بر روش اکتشاف طراحی، می‌شود.
- آزمایش به دانش آموز شانس مشاهده سیستم‌های شیمیایی برای جمع آوری داده‌های مفید برای بسط اصولی که متعاقباً در کتب و یا کلاس مورد بحث قرار می‌گیرد، را خواهد داد [۴].

#### ۴- میزان استفاده از آزمایشگاه در تدریس شیمی

بعد از تغییر کتب درسی در یک دهه گذشته فعالیت‌های آزمایشگاهی با حجم کم در متن کتاب درسی ادغام گردید. این روش تالیف کتب بعد گذشت چند سال از تدریس کتب به خوبی مزایا و معایب خود را نشان داد. از یک طرف انجام آزمایش همزمان با تدریس موجب ایجاد انگیزه در دانش آموز و همچنین معلم نموده و میزان کج فهمی دانش‌آموزان به حداقل می‌رساند اما از طرف دیگر طراحی برخی از این آزمایش‌ها بدون توجه به زمان تدریس، تعداد متوسط دانش آموز در کلاس، مواد و وسایل مورد نیاز بوده و به همین دلایل اغلب دبیران تمایل زیادی برای انجام آزمایش ندارند. گو اینکه در یک کلاس درس با حضور حداقل حدود سی دانش آموز، هدایت دانش آموزان کنجکاو به آزمایشگاه که معمولاً متصدی آزمایشگاهی نداشته و برای دانش آموز ناآشنا به نکات ایمنی محل خطرناکی است، کار آسانی نخواهد بود.

با این وجود اگر آزمایش‌ها به گونه‌ای طراحی شود که دانش آموز با مواد و وسایل ساده به مفاهیم برسد آموزش لذت بخش‌تر و ایمن‌تر بوده و زمان کمتری نیز صرف خواهد شد. از طرف دیگر باید گفت، شناسایی بهترین انواع آزمایش‌ها و چگونگی آمیخته شدن آنها با آزمایش‌های مرسوم به درستی ارزیابی نشده است و هنوز راه روشن برای آموزش مبتنی بر آزمایش بر اساس تحقیق وجود ندارد. اگر ما بدانیم چه چیزی در آزمایشگاه رخ داده است می‌توانیم تصمیم بگیریم آیا آن آزمایش می‌تواند به روشی با پیچیدگی کمتر انجام شود و به این ترتیب قدم در راه تسهیل فرایندهای آزمایشگاهی و آموزش مبتنی بر آزمایش خواهیم گذاشت.

در یک تحقیق از دبیران شیمی سوال شد «آیا آزمایش‌های کتب درسی شیمی را انجام می‌دهند؟» دبیران در پاسخ بین گزینه‌های «خیر، تا حدی»، به طور متوسط، کامل و آزمایش ساده‌تر طراحی می‌کنم» گزینه مورد نظر خود را انتخاب نمودند نتایج این بررسی به صورت درصد هر گزینه در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۱: نمودار بررسی میزان انجام آزمایش های کتب درسی توسط دبیران

## ۵- تکنیک های طراحی آزمایش های کم هزینه و ساده

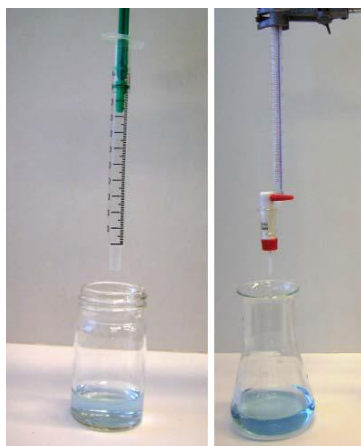
آزمایش های کم هزینه تجهیزات و مواد شیمیایی را از متن زندگی روزمره دریافت می کنند. این مواد می توانند در سوپرمارکت، خانه، وسایل پزشکی، وسایل آکواریوم و ..... یافت شوند. بنابراین این مواد در هر جا یافت شده و قیمت زیادی ندارند. همچنین، این آزمایش ها مزیت های دیگری از جمله تولید آلاینده های ناچیز و ایمنی بیشتر را نیز دارا هستند. تکنیک های طراحی آزمایش های کم هزینه یک کلاس علمی است که به پایین آوردن هزینه ها، کاهش خطر و از بین بردن آلاینده های ناشی از آزمایش انجام شده کمک می کند و منجر به آزمایش های قابل تکرار به ویژه در روش های دانش آموز محور می شود.

### ۵-۱- آزمایش در مقیاس خرد

در دهه ۸۰ و ۹۰ میلادی آزمایش در مقیاس خرد به طور اولیه در دانشگاه آغاز شد. و این اولین قدم در راه انجام آزمایش های کم هزینه بود. در این روش میزان مصرف مواد آزمایشی و آلاینده های ناشی از آزمایش کاهش می یابد اما از طرف دیگر کیت های آزمایش در مقیاس خرد در این روش مورد نیاز است [۵].

### ۵-۲- آزمایش با منابعی از وسایل پزشکی و وسایل آکواریوم

یکی از مشکلات آزمایش های شیمی در صرف زمان و هزینه برای آماده سازی تجهیزات است. چنین تجهیزات اغلب از شیشه ساخته شده اند. این وسایل شیشه ای گران بوده و به آسانی می شکنند. بنابراین برای دانش آموزان خطرناک بوده و در صورت شکستن نیز باید جایگزین شوند از طرفی برخی از این وسایل به راحتی در آزمایشگاه های مدارس یافت نمی شود. بسیاری از وسایل پزشکی و همچنین وسایل آکواریوم می توانند جایگزین تجهیزات گران آزمایشگاهی شوند. سرنگ، سر سوزن زیر جلدی، لوله تزریق و کیسه تزریق به مقدار زیاد برای مصارف پزشکی تولید می شود بنابراین نسبت به تجهیزات آزمایشگاهی شیمی قیمت مناسب تری دارند. همچنین شلنگ و پمپی که در آکواریوم به کار می رود می تواند در برخی آزمایش ها مورد استفاده قرار گیرد. این وسایل اغلب از پلاستیک و لاستیک ساخته شده اند و بنابراین قابلیت ارتجاعی دارند همچنین به دلیل اندازه ای که دارند برای آزمایش در مقیاس خرد مناسب می باشند. وسایل پزشکی به ویژه برای آزمایش های مایعات و گازها مناسب هستند زیرا این وسایل اغلب برای تصفیه و توزیع مایعات به کار می روند. گروهی از وسایل با انطباق پذیری بیشتر سرنگ های یک بار مصرف هستند این سرنگ ها یک لوله انتقال با درجه بندی قابل خواندن دارند که ضد لک است. سرنگ های یک بار مصرف در شکل های مختلف موجود هستند. اندازه این سرنگ ها از سرنگ های یک میلی لیتری انسولین تا سرنگ های با ظرفیت ۵۰ ml متغیر است. به ویژه اینکه، پر کردن و تخلیه آهسته این سرنگ ها امکان پذیر است. برای مثال، ال-مارسفی پیشنهاد کرد که سرنگ های یک بار مصرف می توانند به عنوان پیپت یا بورت در سنجش های حجمی در مقیاس خرد به کار روند (شکل ۳) [۶].



شکل ۲: سرنگ یک بار مصرف به عنوان جایگزین بورت

کاربردهای سرنگ‌های یک بار مصرف بسیار است به عنوان مثال دیگر وون بورستل و بوهم (۲۰۰۶) پیشنهاد کردند که ولتامتر هافمن را می‌توان توسط سرنگ یک بار مصرف ساخت (شکل ۳). در این روش دو سرنگ یک بار مصرف برای ولتامتر هافمن به کار می‌رود. به هر سرنگ یک سرسوزن زیر جلدی متصل شده به سیم مسی به عنوان الکترود وصل می‌شود. دو شیر کوچک نیز برای خروج گاز نصب می‌شود. و برای شروع عمل اکترولیز به یک باتری به الکترودها وصل می‌شود [۶].



شکل ۳: مقایسه ولتامتر هافمن ساخته شده از وسایل پزشکی و نوع شیشه ای آن

برای سنتز و جذب گازها، اوبندراف (۲۰۰۶) وسیله‌ای طراحی کرد (شکل ۴). اوبندراف پیشنهاد کرده این وسیله می‌تواند با یک لوله آزمایش، یک سرنگ یکبار مصرف ۲ml بدون واشر درزگیری، چند سرنگ یکبار مصرف ۲۰ml با دو واشر درزگیری، سرسوزن زیر جلدی و درپوش لاستیکی نرم ساخته شود. در پوش لاستیکی توسط دو سرسوزن زیر جلدی سوراخ شده و روی لوله آزمایش قرار می‌گیرد سرنگ‌های ۲ و ۲۰ میلی لیتری روی سر سوزن‌ها قرار می‌گیرد. سرنگ ۲ml برای چکاندن مایعات به لوله آزمایش به کار می‌رود و گازهای ایجاد شده در سرنگ ۲۰ml جمع آوری می‌شود [۶].



شکل ۴: مقایسه دستگاه تولید گاز ارزان با تجهیزات آزمایشگاهی مرسوم

### ۵-۳- آزمایش با استفاده از مواد دور ریز خانگی

بسیاری از بسته بندی ها از جمله بسته قرص خالی ، قوطی های فلزی و شیشه ای ، قوطی های پلاستیکی حاوی محصولات آرایشی و .... که جزء مواد دور ریز هستند می توانند در آزمایش های شیمیایی و فیزیکی بکار روند. در زیر مثال هایی از کاربرد این مواد آورده شده است:

- از ورق قرص و کپسول خالی را می توان در آزمایش در مقیاس خرد به عنوان Spot plate استفاده کرد (شکل ۵).



شکل ۵: مقیاس رنگی شناساگر کلم قرمز

- باتری قوطی نوشابه

یک قوطی فلزی برای ساختن یک باتری بسیار مناسب است، دیواره قوطی به عنوان یک الکتروود به کار می رود. مقداری از محلول سدیم کلرید درون قوطی نوشابه فلزی ریخته و دیواره قوطی به یک مصرف کننده یا یک ولت متر وصل می شود. برای کامل کردن مدار یک الکتروود گرافیتی یا نوک مداد به ولت متر وصل شده و در محلول درون قوطی قرار می گیرد.

- هوا مخلوطی از گازها است

با استفاده از شیشه مربی خالی یا کاسه می توان نشان داد هوا مخلوط از گازها است و درصدی از آن را اکسیژن تشکیل می دهد. برای این منظور کاسه ای را پر از آب کرده یک شمع در آب قرار داده و روشن می کنیم سپس شیشه مربی خالی با دقت روی شمع قرار می گیرد، بعد از مدتی مشاهده می شود سطح آب در شیشه مربی بعد از خاموش شدن شمع بالا می رود.

• رفتار گازها در دماهای مختلف

این آزمایش تغییرات رفتار گاز در دماهای مختلف را نشان می‌دهد. برای این آزمایش بطری نوشابه، نی، خاک رس و پد گرم کننده نیاز است. بطری تا نیمه با آب رنگ شده پر می‌شود قسمت باز بطری توسط خمیر تهیه شده از خاک رس پوشانده می‌شود به طوری که گاز از بطری نشت نکند و نی از درون خمیر وارد بطری شده به صورتی که در آب فرو رود. توسط پد گرم کننده دیواره خارجی بطری گرم می‌شود، انبساط گاز درون بطری باعث می‌شود آب به درون نی نفوذ می‌کند. در این زمینه مثال‌های فراوانی موجود است، اما در اینجا هدف تغییر نگرش به سوی ساده و کم هزینه تر کردن آزمایش‌هاست. در این زمینه، با نگاهی نو به محیط پیرامون خود خواهیم توانست جایگزین‌های مناسبی برای آزمایش‌های خطرناک و وسایل و مواد گران قیمت بیابیم، به این ترتیب فرایند یاددهی و یادگیری را در سایه آزمایش‌های ساده و کم هزینه لذت بخش تر ساخته و قدمی به سوی آموزش ماندگار بر می‌داریم.

## ۶- نتیجه گیری

همانطور که مشاهده شد طراحی آزمایش‌های ساده نیاز به این دارد که فرد با آزمایش‌های مرسوم آشنایی داشته باشد و سعی در تسهیل، کم هزینه و ایمن کردن این آزمایش‌ها نماید. از طرف دیگر باید خاطر نشان کرد که خلاقیت افراد در این زمینه تاثیر بسزایی دارد. می‌توان با تفکر دوباره به مفاهیم و استفاده بهینه از امکانات به خلق و طراحی آزمایش‌های کم هزینه و ایمن امید داشت. به جای گلایه از کمبود وقت و امکانات سعی در استفاده بهینه از امکانات موجود داشت و این نکته را فراموش نکرد که موفقیت در شرایط سخت کسب خواهد شد.

## مراجع

- [۱] بدریان، عابد؛ شکر باغانی، اشرف السادات؛ اصفاء، آرزو؛ عبدی نژاد، طالب؛ "اعتبار بخشی الگویی اثربخش برای انجام داردن فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش علوم تجربی دوره متوسطه"، فصلنامه نوآوری‌های آموزشی، شماره ۲۸، سال هفتم، زمستان ۱۳۸۷.
- [۲] Norman Reid, Iqbal Shah, *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), (2007) 172-185
- [۳] Carnduff J. and Reid N, *Enhancing undergraduate chemistry laboratories, pre-laboratory and post-laboratory exercises, examples and advice*, Education Department, Royal Society of Chemistry, Burlington House, Piccadilly, London, (2003).
- [۴] Merrill, R.J, Ridgway, D.W. *The CHEMStudy Story*. Freeman: San Francisco, (1969).
- [۵] du Toit, M., & du Toit, C. Microscale Experiments using a STUDENT LAB. In M. Hugerat, P. Schwarz, & M. Livneh, *Microscale Chemistry Experimentation for all Ages* (S. 103 - 108). Haifa: The Academic Arab College for Education (2006).
- [۶] Nicole Poppe, Silvija Markic, "Low cost experimental techniques for science education", Ingo Eilks University of Bremen – Institute for Education of Natural Science, (2010)