



آزمایشگاه آشپزخانه نیست!

به دانش آموزان فرصت نوآوری بدهیم

زهرا ارزانی و زینب نوروزی
معلمان شیمی ناحیه ۲ کرج

اشاره

احتمالاً شما هم بارها به عبارت «کتاب آزمایشگاه = کتاب آشپزی» برخورد کرده‌اید. همیشه این پرسش برای ما وجود داشت که چگونه می‌توان بدون دادن روش کار، دانش آموزان را به آزمایشگاه برد و از آن‌ها خواست که به انجام آزمایش بپردازند؟ بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که ندادن روش کار به دانش آموز، بسیار کاراتر از روشی است که در بیشتر کتاب‌ها موجود است و باید آن را روش آشپزی نامید. در این راستا پس از بررسی منابع، چندین آزمایش که به این روش پیشنهاد شده بود در دبیرستان نمونه‌دولتی شهید دکتر بهشتی - ناحیه ۲ کرج اجرا شد. در این مقاله به بررسی این آزمایش‌ها می‌پردازیم.

مقدمه

محتوای آزمایشگاه، بسیار فراتر از آموزش مفهوم است. آزمایش نه تنها برای قوی کردن یادگیری و ملموس کردن مطالب گفته شده در کلاس است، بلکه افزایش توانایی استفاده از وسایل آزمایشگاه را نیز در پی دارد.

تامارا لاردو^۱ از کانادا در جریان یک پژوهش، از ندادن روش کار به فراگیران به روش حل مسئله در آزمایشگاه^۲ (PBL) یاد کرده است. وی نخست روی درک دانشجویان در مورد تفاوت میان اطلاعات کمی و اطلاعات کیفی تمرکز کرده و سپس به تشخیص متغیر وابسته و مستقل، شاهد، استاندارد و نمونه کنترل اهمیت داده است. به باور او، یکی از اهداف PBL، ایمنی است. پژوهش واقعی به این معنی است که فراگیران در انتخاب بررسی مسئله، آزاد هستند و هدایت حل پرسش‌ها با خودشان است، البته دادن یک متن راهنما - که به‌طور شفاف در آن هدف از انجام آزمایش گفته می‌شود ولی وارد جزئیات نمی‌شود - گستره انتخاب آن‌ها را محدودتر می‌کند. بنابراین با آنکه فراگیران آزاد هستند اما ایمنی آزمایشگاه حفظ می‌شود. در روش پیشنهادی لاردو،

کلیدواژه‌ها: آشپزی در آزمایشگاه، نوآوری در آزمایشگاه، حل مسئله، آزمایش کردن





در روش پیشنهادی لاردو، فراگیران نخست باید با بیان خود «هدف آزمایش»، «روش پیشنهادی»، «متغیر وابسته و مستقل» در آزمایش مورد نظر را مشخص کنند

می‌شود و آن‌ها بر اساس شواهدی که جمع‌آوری کرده‌اند، به پرسش‌ها پاسخ می‌دهند.

۳. پرسش‌ها هدایت شده: پرسش به دانش‌آموزان داده می‌شود و آن‌ها با راهنمایی معلم خود، روش انجام آزمایش را طراحی می‌کنند و پاسخ را بر اساس نتایج خود توضیح می‌دهند.

۴. پرسش باز: دانش‌آموز، خود پرسش را تعیین، روش انجام آزمایش را طراحی و در مورد نتایج بحث می‌کند.

در ادامه، نمونه‌هایی که توسط لاردو طراحی شده است ارائه می‌شود. وی سعی کرده است طراحی روش کار در آزمایش‌های ساده را به دانشجویان واگذار کند اما در آزمایش‌های پیچیده مانند بازیافت آلومینیم از قوطی نوشابه، روش کار را با عنوان «روش انجام شده»^۷ مرحله به مرحله برای دانشجویان بیان می‌کند.

نمونه ۱: عامل محدود کننده

مطالبی که به عنوان راهنمای آزمایش به فراگیران داده می‌شود به این قرارند:

مقدمه: اگر شما تصمیم به پختن شیرینی داشته باشید در آشپزخانه، مواد لازم را جست‌وجو می‌کنید. فرض کنید برای تهیه بیست عدد شیرینی، تخم‌مرغ کافی دارید اما آرد شما فقط برای ۱۸ عدد شیرینی کافیست. در این حالت آرد، عامل محدودکننده است و تعداد شیرینی‌هایی که شما درست می‌کنید را مشخص می‌کند.

در همه واکنش‌های شیمیایی، همیشه یک محدودکننده وجود دارد؛ ماده‌ای که زودتر تمام می‌شود و با تمام شدن آن، تولید فراورده نیز پایان می‌یابد. نکته مهم این است که مقدار تولید فراورده بستگی به ماده محدود کننده دارد.

هدف‌ها: در این آزمایش، شما دو محلول برای واکنش‌های رسوبی تهیه می‌کنید. در ادامه می‌توانید عامل محدودکننده را در هر واکنش مشخص و براساس آن بازده درصدی واکنش را محاسبه کنید. همچنین با ضرایب استوکیومتری آشنا می‌شوید.

فراگیران نخست باید با بیان خود «هدف آزمایش»، «روش پیشنهادی»، «متغیر وابسته و مستقل» در آزمایش مورد نظر را مشخص کنند و آن را چند روز پیش از آزمایش تحویل دهند. با این کار دو هدف دنبال می‌شود:

- مجبور کردن فراگیر به فکر کردن پیش از ورود به آزمایشگاه - تصحیح نوشته‌های آن‌ها پیش از انجام آزمایش

پس از آن در آزمایشگاه، فراگیران به بحث در مورد آزمایش می‌پردازند و در صورت نیاز، استفاده از یک وسیله خاص به آن‌ها آموزش داده می‌شود. در جریان آزمایش، آن‌ها به کار خود مسلط هستند و از آنجا که روش کار را خود نوشته‌اند، آزمایش گروه‌ها یکسان نیست. لاردو بر این باور است که این روش باعث افزایش یادگیری می‌شود اگرچه دانشجویان او در آغاز پیاده کردن این روش بسیار مشکل داشته‌اند اما در پایان ترم، به آن عادت کرده بودند و حتی از آن لذت می‌بردند.

جسزوفنیک^۳ از دانشگاه کلورادو نیز این روش را آزمایش پژوهش‌محور خوانده و بر این باور است که در آغاز، اجرای این نوع آزمایش‌ها برای دانشجویان دشوار اما جالب‌تر است و با هیجان و شادی بیشتری همراه خواهد بود. تعداد کمی از دانشجویان او، انجام آزمایش با روش کار معین را ترجیح داده‌اند. پروفیسور درینسن^۴ در دانشگاه مینوسوتا نیز استفاده از روش کار را به کلی کنار گذاشته است. در آزمایشگاه شیمی عمومی او، نخست مسئله مطرح می‌شود، به دانشجویان زمان و لوازم مورد نیاز داده می‌شود و سپس آن‌ها به سمت حل مشکل راهنمایی می‌شوند.

دو معلم پایه‌های سوم ابتدایی و متوسطه اول دبیرستان ریشل^۵ ریس و مری بیگلر^۶ که آزمایش‌های کتاب را به روش پرسش و پژوهش انجام داده‌اند باور دارند که این عمل در یادگیری و افزایش علاقه دانش‌آموزان بسیار مؤثر است. مری بیگلر عنوان آزمایش‌ها را به صورت پرسش‌های مرتبط با زندگی روزمره تغییر داده و اجازه می‌دهد که دانش‌آموز، خود در پاسخ دادن به آن‌ها سعی کند.

در جمع‌بندی منابع، سه حالت در انجام آزمایش‌ها به این قرار مشاهده می‌شود:

۱. پرسش: هم پرسش و هم روش کار در اختیار فراگیران قرار می‌گیرد. این نوع آزمایش‌ها برای معرفی وسایل یا تمرین یک فرایند مانند مشاهده، اندازه‌گیری و یا جمع‌آوری داده‌هاست.

۲. پرسش ساختاری: به دانش‌آموزان پرسش و روش داده



- متغیر مستقل و متغیر وابسته در این آزمایش کدام است؟
- آیا نمونه کنترل وجود دارد؟

نمونه ۲: اسید و باز

مقدمه: در این قسمت توضیح کلی در مورد حجم‌سنجی، انواع آن و تشخیص نقطه پایانی شرح داده شده است.

هدف: شما غلظت محلول HCl را با استفاده از NaOH در حضور شناساگر مشخص می‌کنید. برای اطمینان از نتیجه، آزمایش را چهار مرتبه تکرار کنید به طوری که جواب‌ها در حد 0.02 mL اختلاف داشته باشند. در این آزمایش شما با نحوه درست خواندن حجم بورت آشنا می‌شوید.

نکته‌های ایمنی: در حمل و نقل اسید و باز بسیار دقت کنید. داشتن روپوش و عینک آزمایشگاهی اجباری است. تمام پسماندها در ظرفشویی ریخته شود.

مواد موجود: NaOH (با غلظت مشخص)، HCl (با غلظت نامشخص)، آب، بورت، ارلن، فنول فتالئین، هم‌زن مغناطیسی

راهنمایی: در این قسمت غلظت HCl را با استفاده از NaOH و شناساگر فنول فتالئین مشخص می‌کنید. در همه سنجش‌ها از 25 mL HCl استفاده کنید. مرحله اول برای پیدا کردن حدود نقطه پایانی است. این پرسش‌ها در طراحی روش کار به شما کمک می‌کند:

چه نوع ظرف‌های شیشه‌ای برای این آزمایش لازم است؟ کجا HCl و کجا NaOH را قرار می‌دهید؟ چگونه حجم اسید را در هر مرحله اندازه می‌گیرید؟ چه مقدار شناساگر به HCl اضافه می‌کنید؟ چگونه متوجه می‌شوید سنجش حجمی تمام شده است؟ اولین مرحله را تا چه حد دقیق انجام می‌دهید؟ در مراحل بعدی چقدر دقت می‌کنید؟

پیش از آزمایش پاسخ این پرسش‌ها را تحویل دهید:

- هدف اصلی از این آزمایش چیست؟
- متغیر وابسته و متغیر مستقل را تعیین کنید؟
- روش انجام آزمایش را چگونه طراحی می‌کنید؟

بررسی نتایج

در دبیرستان نمونه‌دولتی شهید دکتر بهشتی کرج سعی شد چندین آزمایش در پایه‌های دوم و سوم به این روش اجرا شود. برای نمونه از دانش‌آموزان خواسته شد با انجام یک آزمایش در

در جریان آزمایش، آن‌ها به کار خود مسلط هستند و از آنجا که روش کار را خود نوشته‌اند، آزمایش گروه‌ها یکسان نیست

در این آزمایش با صاف کردن در خلاء نیز آشنا می‌شوید. **نکته‌های ایمنی:** استفاده از عینک ایمنی و روپوش آزمایشگاهی اجباری است. پسماندهای مایع را می‌توانید در ظرفشویی و پسماندهای جامد را در سطل زباله بریزید.

مواد موجود: ترازو، کلسیم نیترات، سدیم کربنات، بشر (به تعداد لازم) آب یون‌زدایی شده، قیف بوختر، کاغذ صافی، دستگاه صاف کردن با خلاء و کوره.

راهنمایی: در بخش اول آزمایش، شما دو محلول درست می‌کنید. یکی Na_2CO_3 و دیگری $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. سپس دو محلول را مخلوط می‌کنید. شما باید راهی را پیدا کنید که بتوانید رسوب حاصل را وزن کنید. این جرم به شما کمک می‌کند که تعداد مول رسوب را تعیین کنید و واکنش‌دهنده محدودکننده را مشخص کنید.

در قسمت دوم آزمایش شما باید مقدار دقیق مواد لازم برای تهیه یک گرم رسوب را به‌دست آورید به طوری که در پایان، هیچ‌یک از واکنش‌دهنده‌ها در ظرف واکنش اضافه نباشد. پرسش‌های زیر شما را در طراحی روش کار راهنمایی می‌کند.

قسمت اول: آیا وزن واکنش‌دهنده‌های موجود در آزمایش، مهم است؟ آیا مقدار آب مورد استفاده در تهیه محلول مهم است؟ آیا استفاده از بشر در تهیه این محلول‌ها بهتر است یا بالن حجمی؟ بعد از مخلوط کردن دو محلول، چه مدت صبر می‌کنید، چند ثانیه یا چند دقیقه؟ برای جدا کردن رسوب از محلول، چه روشی پیشنهاد می‌کنید؟ از کجا مطمئن هستید که رسوب حاصل فقط از واکنش به‌دست آمده است؟ چه مشکلی را در این آزمایش پیش‌بینی می‌کنید؟

قسمت دوم: آیا وزن مواد واکنش‌دهنده در این آزمایش مهم است؟ آیا مقدار آب مورد استفاده در این آزمایش مهم است؟ پیش از آزمایش پاسخ این پرسش‌ها را تحویل دهید:

- هدف اصلی این آزمایش چیست؟
- روش پیشنهادی انجام آزمایش را بنویسید. شما می‌توانید از نمودار، شکل و... برای رساندن منظور خود استفاده کنید.

فراگیران قرار گرفت. با توجه به آشنا نبودن دانش‌آموزان با قیف بوختر و طرز استفاده از آن جهت صاف کردن باخلا و کوره، در توضیحات تغییر داده شد و به جای قیف بوختر از دانش‌آموزان خواستیم که طراحی روش انجام آزمایش را با کاغذ صافی انجام دهند.

در بررسی پاسخ‌های دانش‌آموزان و روش‌های طراحی شده برای انجام آزمایش مشاهده شد که روش‌های پیشنهادی دانش‌آموزان روش‌های کاملی نبودند و روش کار مناسبی برای انجام آزمایش ارائه نشد. البته آن‌ها مفهوم متغیر مستقل و وابسته را نیز نتوانستند مشخص کنند. بنابراین به نظر می‌رسد این روش در آزمایش‌های خیلی ساده قابل اجراء است. اگر وسایل مورد استفاده هم ساده باشد، باز هم طراحی آزمایش برای دانش‌آموز کار دشواری است. دانش‌آموز با داشتن روش کار و راهنمایی معلم، خود می‌تواند به طور عملی به مبحث مورد نظر پی ببرد.

جمع‌بندی

اگرچه در منابع بسیار، ندادن روش کار آزمایش به فراگیر در آزمایشگاه شیمی توصیه می‌شود اما به نظر می‌رسد، این روش متناسب با زمانی است که فراگیران اطلاعات مختصری از وسایل آزمایشگاه داشته باشند، آزمایش‌ها هم خیلی پیچیده نباشند یا آزمایش، نیاز به وسیله خاصی نداشته باشد. بهترین زمان اجرا را باید پایه سوم در آزمایش‌های ساده و پایه چهارم دبیرستان یا سال اول دانشگاه دانست. البته در سال چهارم هم، به دلیل درگیر شدن دانش‌آموزان با کنکور سراسری و حجم زیاد مطالب، امکان آن وجود ندارد. دانش‌آموزان متوسطه اول در کتاب‌های جدید با انجام آزمایش بیشتر آشنا هستند و احتمالاً این روش در سال‌های ده، یازده و دوازده متوسطه دوم، کارآمد خواهد بود.

* پی‌نوشت‌ها

1. Laredo, T.
2. Problem base lab
3. Jeschofnig, P.
4. Driessen, P. M.
5. Rice, R.
6. Bigelow, M.
7. Traditional lab manuals

* منابع

1. Laredo Tamara, J. chemical Education, 2013, 90, 1151-1154
2. crescentok.com/staff/jaskew/WebBased/HBLab/HBLab.htm
3. faculty.coloradomtn.edu/jeschofnig/inquiry.htm
4. www.chem.umn.edu/news/news.lasso?serial=302 - Last modified on March 31, 2015
5. nstacomunities.org/blog/2012/06/24/from-cookbook-to-inquiry/ - By Mary Bigelow | Published: June 24, 2012
6. www.weareteachers.com/lessons-resources/details/from-cookbook-to-inquiry-chemistry-in-action
7. www.ccwcs.org/resources/effects-changing-chemistry-lab-cookbook-inquiry-new-nursing-chemistry-lab-approach - By varunprusty at 2011/03/29
8. www.chemedx.org/blog/going-cookbook-inquiry-messy-worth-it-Copyright © 2015 Division of Chemical Education-

منزل، خواص فیزیکی یخ و نمک را مقایسه کنند. گروهی از دانش‌آموزان یک گرم یخ و یک گرم نمک را در دو ظرف فلزی کوچک یکسان ریخته و همزمان روی شعله ملایم گاز (تقریباً یکسان) قرار داده بود. این گروه برای اینکه ثابت کند زمانی که یخ کاملاً بخار شود در ظرف دوم، دمای نمک در اثر گرما بدون هیچ‌گونه تغییری زیاد می‌شود، نوک کبریت را وسط نمک فرو کرد تا روشن شدن آن، داغ بودن نمک را نشان دهد. در اندازه‌گیری آب تبلور مس II سولفات، در یکی از کلاس‌های پایه دوم که از نظر شیمی نسبتاً قوی بودند، از روش لاردو بدون توجه به مطالب کتاب درسی، استفاده شد اما از آنجا که دانش‌آموزان با وسایل آزمایشگاه آشنا نبودند باید بوته چینی برای گرم کردن و دیسکاتور برای خشک کردن معرفی می‌شد. بقیه مراحل هم آنچنان پیچیده نبود که نیاز به حل مسئله داشته باشد. در آزمایش طراحی شده توسط لاردو برای تشخیص ترکیب‌های مولکولی و یونی نیز - که وی برای شروع کار دانشجویان خود ترتیب داده است - دانشجو نیاز آنچنانی به فکر کردن و درگیر شدن در حل مسئله ندارد. وی در ورقه‌های راهنما که در اختیار دانشجو قرار می‌دهد، در مقدمه از انواع پیوند بین اتم‌ها و تفاوت آن‌ها صحبت می‌کند. سپس به انحلال متفاوت مواد در آب اشاره می‌کند و به بیان هدف آزمایش می‌پردازد. پس از نکته‌های ایمنی، مواد موجود در باتری (سیم، لامپ کوچک، بشر، آب یون‌زدایی شده، آب باران، نمک و یک نمونه ماده مجهول) را معرفی می‌کند. او در راهنما به روشنی توضیح می‌دهد که باید نوع ترکیب‌های داده شده را با انجام آزمایش مشخص کنند. چنانچه مشاهده می‌شود در این توضیح‌ها عملاً دانشجو به روش کار هدایت شده است و نیاز زیادی به نوآوری و حل مسئله ندارد. در دبیرستان نمونه دولتی شهید بهشتی کرج، آزمایش نمونه ۱ یعنی تعیین محدودکننده، در یکی از کلاس‌های پایه سوم - که از نظر میانگین نمرات از دیگر کلاس‌های سوم قوی‌تر بودند - به روش لاردو، اجراء شد اما در استفاده از حالت‌های پرسش باز و پرسش ساختاری نتیجه قابل قبولی به دست نیامد. از این رو پرسش، توضیح و راهنمایی که لاردو بیان کرده بود، در اختیار

