پژوهش های شیمی
C
R

تلفیق شیمی سبز و مجموعه علوم، ریاضیات، مهندسی و فناوری در آموزش باتری برای دانشجویان رشته شیمی

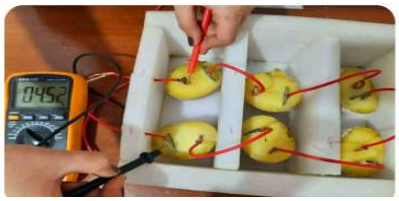
زهره احمدی، مریم صباغان* و معصومه قلخانی*

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

تاریخ دریافت: ۲۲ شهریور، ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۷ مرداد، ۱۴۰۲

چکیده: هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی محتوا برای آموزش مفاهیم الکتروشیمی با نگاه فناورانه باتری برای دانشجویان کارشناسی شیمی است. در این پژوهش از تلفیق شیمی سبز با رویکرد STEM (علوم، ریاضیات، مهندسی و فناوری) استفاده شده است. پژوهش حاضر از نوع کاربردی-توصیفی می‌باشد. پژوهشگر ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات و مطالعه‌هاي کتابخانه‌ای پرداخته و سپس با بررسی کتب درسی مرتبط با موضوع پژوهش مانند شیمی و کتاب‌هاي مختلف علوم، پیش‌نیازهای لازم برای طراحی محتوای مورد نظر دانشگاه‌ها را بررسی کرده است. براي طراحی محتوای آموزشی و آموزش فعالیت‌های عملی در زمینه باتری، سر فصل‌هایی برای محتوا تعیین‌گردید. در ادامه با نظرسنجی که از دانشجویان به عمل آمد، اصلاحاتی در محتوا صورت گرفت. محتوا برای بازبینی دوباره در اختیارچهار تن از استادان متخصص قرار داده شد. تلفیق شیمی سبز با رویکرد STEM و شیوه اجرای آن در طراحی محتوای کتاب‌هاي دانشگاهی مورد تایید استائان واقع شد. پس از مشخص‌شدن سر فصل‌های تعیین‌شده، اهدافی برای هر مبحث تعیین‌گردید و بر اساس اهداف تعیین‌شده، طراحی محتوا انجام گرفت. نتیجه این پژوهش می‌تواند در طراحی محتوای کتاب‌هاي شیمی بر اساس رویکرد بین رشته‌ای در راستای اهداف شیمی سبز برای دانشجویان مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه: آموزش شیمی سبز، انرژی، باتری، رویکرد STEM، طراحی محتوا

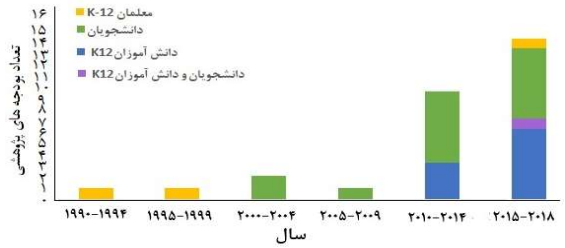


۱- مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و محدودبودن منابع انرژی، کشورها با مشکل مصرف انرژی مواجه شده‌اند. از جمله بحران‌هایی که کشورها و جوامع بشری را تهدید می‌کند؛ محدود بودن منابع انرژی تجدید ناپذیر (فسیلی) و نیز افزایش آلودگی‌های زیستی ناشی از مصرف بیش از اندازه سوخت‌های فسیلی است. این بحران‌ها ضرورت و اهمیت توجه به استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر را نشان می‌دهد. از سوي دیگر، معضلاتی مانند افزایش آلودگی محیطزیست و پدیده گرم شدن کره زمین که در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی به وجود می‌آیند، بر سلامتی و کیفیت زندگی انسان‌ها تأثیر می‌گذارند که موجب توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدید پذیر شده است [۱]. با توسعه دوره‌هاي تحصیلات تکمیلی در زمینه انرژی‌های تجدید پذیر، مسیر پژوهش نیز شکل تازه‌اي به خود گرفته است. فرهنگ دانشگاهی نه تنها در این زمینه خاص، بلکه در تمام رشته‌ها باید کارآفرین باشد [۲]. در رشته‌هاي تازه تأسیس مانند انرژی‌هاي تجدید پذیر که صنعت و بازار آن هم در ابتداي راه است، دانشگاه‌ها باید به گونه‌اي برنامه‌هاي آموزشی را تدوین کنند که خلاقیت و روحیه کارآفرینی در دانشجویان را تقویت کنند. دانشجویان بتوانند توانایی راه اندازي کسب و کار جدید را پیدا کنند. پس آموزش باید با دید آینده نگر صورت گیرد. آموزش انرژی‌هاي تجدید پذیر در سطوح مختلف از آموزش عمومی جامعه گرفته تا آموزش دانشگاهی مطرح

است. سالانه بخش زیادی از منابع انرژی کشور به دلایل مختلفی از بین می‌رود که علاوه بر کاهش منابع خدادادی انرژی کشور، موجب افزایش آلودگی و مشکلات زیست-محیطی گردیده‌است. امروزه متخصصان به این نتیجه رسیده‌اند که گذر از این بحران‌ها، در گرو آگاهی و آموزش عمومی است. عمده‌ترین مسائلی که امروزه به عنوان بحران شناخته می‌شوند، می‌توانند با مفاهیم و پیام‌های کلیدی مطرح شوند. آموزش قدرتمندترین مسیر نیل به پایداری است و تجربه نشان داده که راه‌حل‌های اقتصادی و فناورانه و نیز مقررات سیاسی یا سرمایه‌گذاری‌های مالی به تنهایی کافی نیست و باید شیوه تفکر و عمل تغییر کند [۳]. به دلیل اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه صنایع، در بسیاری از کشورها در برنامه‌های دانشگاهی آموزش انرژی‌های تجدید پذیر به طور تخصصی اجرا شده است. این آموزش‌ها در سطوح کارشناسی تا دکتری ارائه می‌شوند. ماهیت آموزش انرژی‌های تجدیدپذیر میان رشته‌ای است. امروزه بیشتر پژوهش‌ها در جهان بر پایه پژوهش‌های میان رشته‌ای است. از اواخر قرن بیستم به رغم تمام مشکلات، به اهمیت و مزایای آموزش‌های بین رشته‌ای توجه بیشتری شده است. به این ترتیب، فاصله بین علوم از بین می‌رود. بنابراین دانش‌آموختگان این دوره‌ها درک بهتری از مسائل داشته و برای ورود به بازار کار آماده‌تر می‌شوند. در واقع، آموزش در طی دهه‌های اخیر تنها بر آماده‌کردن فراگیران برای تحصیلات دانشگاهی متمرکز نیست، بلکه بر تربیت شهروندان آینده‌نگر نیز متمرکز شده است [۴]. ما در آینده نیاز به شهروندانی داریم که از مشکلات موجود در جهان آگاه باشند و بتوانند برای خود، محیطزیست و جامعه‌شان تصمیم‌های حیاتی بگیرند [۵].

شیوه‌های آموزشی رشته محور که به موضوع‌هاي درسی همانند رشته‌های علمی محض می‌نگرند، دیگر برای تعلیم و تربیت در دنیای پر از مسئله‌ی معاصر کافی نیستند. مهارت‌های زندگی، حرفه‌ای و کارآفرینی جزء نیازهای آموزشی محسوب می‌شوند. آموزش بر پایه بین رشته‌ای توانایی دانشجویان را در درک مسائل اطراف خود افزایش می‌دهد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند دانشجویانی که به صورت بین رشته‌ای آموزش دیده‌اند، قدرت بیشتری برای تصمیم-هاي مستقل دارند. یکی از این رویکردهای آموزشی، رویکرد STEM می‌باشد با توجه به ویژگی بین رشته‌ای بودن آموزش STEM، این رویکرد همه ابعاد مختلف دانشی، مهارتی و نگرشی را در بر می‌گیرد. بنابراین در فراگیر، تفکر عمیق به همه جنبه های علوم و فناوری ایجاد می‌شود. مفاهیم از حالت انتزاعی و محض خارج شده که این باعث جذابیت مطالب می‌شود و یادگیری معنادار در فراگیران ایجاد می‌کند [۶]. این رویکرد آموزشی از یک سو با استفاده از ریاضیات، علوم تجربی انتخاب‌های متعددی در طراحی و ساخت مواد جدید فراهم نموده و از سوی دیگر با استفاده از فناوری و مهندسی امکان بررسی تأثیر تغییر در مواد یا طراحی و بهبود راه حل را فراهم می‌کند. توسعه این فرایند می‌تواند فراگیران را برای درک مشکلات پیچیده و واقعی در جهان آماده کند [۷]. STEM را می‌توانیم از دو منظر بنگریم: هم به عنوان یکپارچه‌سازی چهار رشته و دیگری به عنوان یک روش یادگیری. در دیدگاه اول، آموزش STEM زمینه بین رشته‌ای از علم است که متشکل از چهار رشته علوم، ریاضی، مهندسی و فناوری است. در نگاه دوم، به عنوان رویکرد یادگیری، یک الگوواره است که یادگیری بین رشته‌ای را ایجاد می‌کند و در هنگام انجام آن، نتایج علمی، ریاضی، مهندسی و فناوری فراهم می‌شود [۸]. در این رویکرد، ابتدا فراگیران با مفاهیم علمی آشنا می‌شوند و فعالیت‌های عملی در راستای مفاهیم آموخته‌شده را انجام می‌دهند. سپس مشغول تفکر مهندسی و کاوش شده تا مفاهیم انتزاعی را درک کنند. دانش سنتی تک رشته‌ای قادر به انجام این کار نیست. حل این مشکلات به علم متخصصان فنآوری، مهندسی و ریاضیات به طور مشترک نیاز دارد. به همین دلیل آموزش STEM در برنامه درسی مدارس توجه جهانی را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. در این شیوه آموزش یکپارچه (هماهنگ)، طراحی مهندسی و تفکر در حل مسایل دنیای واقعی و دانش بنیادی علم و ریاضیات فرصتی برای اشتغال فراهم می‌کند. البته بررسي-هاي دیگری نشان می‌دهد ترکیب چهار موضوع آموزشی در کلاس الزامی نیست [۹]. STEM با طرح‌هایی با سامانه تفکری ارتباط دارد. نمودار ۱ گروه‌های هدف طرح تفکر سامانه‌اي با آموزش STEM برای دریافت بودجه‌های پژوهشی NSF (بنیاد ملی علوم) را نشان می‌دهد.



نمودار ۱- گروه‌های هدف برای طرح‌های کمک مالی بنیاد ملی علوم با تمرکز بر استفاده از تفکر سامانه‌اي در آموزش STEM

بودجه ابتدا بین سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۰ براي توانمند ساختن معلمان K-12 (سامانه تحصیلات در آمریکا به سه روش دولتی، خصوصی و تحصیل در خانه تقسیم‌بندی می‌شود که مدت زمان آن ۱۲ سال است). در به‌کارگیری رویکردهای تفکر سامانه‌اي در کلاس‌های درس اختصاص

یافت. رویکرد جدید و یکپارچه آموزش STEM هنوز در ایران در هیچ‌یک از مدارس دولتی یا خصوصی (غیرانتفاعی) و نیز دانشگاه‌ها پیاده‌سازی نشده است. در اینجا بار دیگر لازم است که طیف آموزش STEM را یادآوری‌کرد که ضعیف‌ترین آن، آموزش مجزای این دروس یعنی علوم، ریاضی، مهندسی و فناوری است و قوی‌ترین و پیشرفته‌ترین آن، آموزش این درس‌ها در قالب حل مسأله است به گونه‌ای که به مسائل فراگیر جهان واقعی عرضه شود و دانش‌آموز/دانشجو با نظارت یک معلم خبره در STEMو با تکیه بر دانش اولیه‌ای که از ریاضیات و علوم دارد، وارد فضای حل مسأله شده و با احساس نیاز به یادگیری بیشتر، مسائل نظری را در کنار حل مسأله بیاموزد. علاوه بر این‌که آموزش علوم تجربی با استفاده از STEM در جهت ارتباط با زندگی روزمره و دنیای واقعی هست، برای دانش‌آموزان و دانشجویان قرن بیست ویکمی مهارت‌های فناورانه بالا، موجب یادگیری معنادار خواهد شد. کامل‌ترین روش آموزش این رویکرد، حل مسائل جهان واقعی می‌باشد. منتهی هر چه به سمت حل مسائل جهان واقعی حرکت کرده و از حالت نظریه‌پردازی دور شویم، پیاده‌سازی آموزش دشوارتر خواهد شد، اما منافع حاصل بیشتر و نتیجه آن بر انتظارهاي موجود از STEM منطبق‌تر خواهد بود [۱۰].

۱-۱- فعالیت عملی و نقش آن در آموزش STEM

با خروج از رویکرد آموزشی حافظه‌پرور و به چالش‌کشاندن ذهن فراگیران از طریق انجام‌دادن فعالیت‌های عملی مناسب و همچنین نگاه میان‌رشته‌ای به آموزش علوم تجربی، می‌توانیم فراگیران را در فرایند یادگیری فعّال درگیر کنیم و روحیه انجام‌دادن فعالیت‌های گروهی و مشارکتی را در آن‌ها پرورش دهیم [۱۱]. هدف اصلی فعالیت‌های آزمایشگاهی، آشناکردن فراگیران با ماهیت روش علمی، از قبیل: مشاهده، جمع‌آوری، سازمان‌دهی اطلاعات و نتیجه‌گیری منطقی از آن‌ها است. فعالیت‌های آزمایشگاهی همواره نقش کانونی و برجسته‌اي در برنامه‌درسی آموزش علوم‌تجربی داشته‌اند. استادان فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی بر این باورند که درگیرشدن فراگیران در فعالیت‌های عملی، نقش موثری در یادگیری عمیق و پایدار مفاهیم دارد. این امر نه تنها در فراگیران ایجاد انگیزه می‌کند، بلکه آن‌ها را با مراحل اکتشاف علم و روش علمی آشنا می‌کند تا مطالب را از نو کشف و تجربه کنند [۱۲]. *مونتر* و *راکلی* معتقدند که به ندرت کسی پیدا می‌شود که اساس و ضرورت انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی را چه در مدارس و چه در دانشگاه‌ها مورد سوال قرار دهد. راهبرد آموزشی مبتنی بر فعالیت‌های آزمایشگاهی به شیوه‌هایی متوسل می‌شود که در آن‌ها به فراگیران اجازه می‌دهند که یادگیری را همراه با درک و فهم مفاهیم تجربه کنند و در کنار فعالیت‌های عملی با فرایند ساخت دانش درگیر شوند [۱۳]. برخی پژوهشگران 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 آموزشی در آزمایشگاه را سنجید و ارزیابی کرد؟ هدف فعالیت‌های آزمایشگاهی با توجه به اهداف آموزش علوم تجربی در سه حیطهٔ شناختی، مهارتی و نگرشی برنامهٔ درسی سازماندهی می‌شوند که جزئیات آن در جدول ۱ آورده شده‌اند [۱۴].

همان‌طور که از جدول ۱ مشخص است، برای این‌که فراگیران درک بهتری از مفاهیم علوم تجربی داشته باشند، نیاز دارند که فعالیت‌های عملی انجام دهند تا مفاهیم انتزاعی برای آنان قابل فهم شود. رویکردهای بین رشته‌ای می‌تواند به فراگیران در انجام فعالیت‌های عملی کمک کند. لازمهٔ آموزش با رویکرد STEM این است که فراگیران برای حل مسأله، ایجاد خلاقیت، تفکر انتقادی و کار مشارکتی، فعالیت عملی انجام می‌دهند تا آموزش باعث یادگیری معنادار شود. از طرف دیگر، فعالیت‌های عملی باعث تقویت مهارت‌های دست‌ورزی و رشد مهارت در حل مسأله و کاوشگری می‌گردد. بنابراین رویکرد STEM در پوشش دهی اهداف شناختی، مهارتی و نگرشی بسیار موثر است.

جدول ۱- اهداف فعالیت‌های آزمایشگاهی

حیطه	اهداف
شناختي	رشد ذهنی فراگیران از طریق فهم مسئله آشنایی با سیر تحول علوم کسب دانستنی‌های مربوط به علوم رشد تفکر خلاق کمک به درک بهتر علوم تجربی و ارتباط آن با زندگی
مهارتي	رشد مهارت در مشاهده رشد مهارت در اندازه‌گیری و کاربرد ابزار و وسایل آزمایشگاهی رشد مهارت در برقراری ارتباط‌های علمی رشد مهارت در فعالیت و تعامل با دیگران
نگرشي	رشد نگرش‌های مثبت نسبت به علوم تجربی کسب دیدگاه‌های مثبت از جمله قبول مسئولیت درک مفاهیم و تحت تأثیر قراردادن دیگران از طریق کنجکاوی و انعطاف‌پذیری

۱-۲- آموزش شیمی و تلفیق آن با شیمی سبز

آموزش شیمی سابقه‌اي طولانی دارد و طی سال‌ها

رویکردهای بیشماری برای اصلاح برنامهٔ درسی و فعالیت‌های آموزشی تدوین شده است. این رویکردها چهره آموزش را تغییر داده‌اند. این تغییرها پژوهش‌هاي گسترده‌اي را در زمینهٔ آموزش و یادگیری می‌طلبند. در بیست سال گذشته، روش‌های متعددی برای بهبود نحوه یادگیری و به‌ویژه در زمینه یادگیری شیمی ارائه شده است. فراگیران باید محتوای شیمی را بیاموزند و بتوانند از دانش شیمی خود برای تصمیم‌گیری استفاده کنند. بی‌شک رشته شیمی و صنایع مربوط به آن در قلب هر جامعه صنعتی توسعه یافته قرار دارند. آموزش شیمی ابزاری است که در یادگیری فعال به فراگیران کمک می‌کند تا جامعه خود را به شکلي مثبت و پایدار بسازند [۱۵]. معرفی شیمی سبز در برنامه درسی علوم مدرسه، گام مهمی در تشویق دانش‌آموزان براي ایجاد ارتباط بین شیمی، دیگر درس‌هاي مدرسه و جنبه‌های مختلف زندگی روزمره خود است. مفاهیم مرتبط با شیمي سبز را می‌توان در سطوح مختلف آموزش با درجه‌هاي مختلف پیچیدگی به کار برد و یک رویکرد نظام‌مند برای آموزش علم برای پایداری ارائه کرد [۱۶]. سابقه ورود شیمی سبز به برنامه درسی به اواخر دهه ۱۹۸۰ می‌رسد. وارنر و آناستاس در کتابی با عنوان "شیمی سبز در نظریه و عمل" به تعریف اصول دوازده‌گانه شیمی سبز پرداختند. اولین تلاش برای ادغام شیمی سبز در کتاب‌های درسی توسط انجمن شیمی آمریکا و سازمان محیط‌زیست آمریکا در سال ۲۰۰۷ صورت گرفت. علم شیمی تقریبا تمام جنبه‌هاي زندگی ما را دربر می‌گیرد و با علوم و صنایع مختلف در ارتباط است. با این‌که جایگاه شیمی در پیشرفت زندگی بشر در زمینه‌های اقتصادی و سیاسی نقش دارد و دامنه گسترده‌اي از فرآورده‌هاي شیمیایی از جمله مواد دارویی، رنگ‌ها، کودها و مواد غذایی را پوشش می‌دهد، اما آسیب‌های چشمگیری نیز به سلامت آدمی و محیط‌زیست وارد کرده است [۱۷]. تلفیق اصول شیمی سبز در مواد آموزشی همراه با رویکرد مشخصی برای آموزش، باعث می‌گردد که نقش شیمی در زندگی روزمره و محیط‌زیست پررنگ‌تر شود [۱۸]. بنابراین اهمیت آموزش شیمی سبز در کتاب‌های درسی ضروری است تا با ادغام شیمی سبز در کتاب‌هاي شیمی، فراگیران بتوانند مفاهیم شیمی را به دنیای واقعی مربوط کنند. در نتیجه دانش و آگاهی لازم برای دستیابی به هدف نهایی یعنی یک جهان پایدار فراهم شده و نسل‌های آینده به خطر نمی‌افتند. آموزش اهداف شیمی سبز با توجه به اهمیت آن و با نگاه مسئله‌انگیز و تفکر چالش‌برانگیز احتیاج به رویکرد مناسب دارد. در توسعهٔ برنامهٔ درسی شیمی سبز می‌توان از رویکردهای گوناگونی بهره گرفت اما مناسب‌ترین رویکرد با توجه به تجربه‌هاي دیگر کشورها، رویکرد دانش‌آموز محور و حل مسئله است. در تلفیق شیمی سبز با رویکرد STEM، معلم نقش تسهیل‌گر و فراگیران نقش محوری دارند. در این رویکرد، فراگیران با مسئله مواجه می‌شوند و باید برای آن به دنبال راه‌حل باشند و این راه‌حل در گرو اهداف شیمی سبز و توسعه پایدار شکل می‌گیرد. همچنین در بخشی از طراحی این رویکرد، فعالیت عملی انجام می‌شود که می‌توانیم از فراگیران بخواهیم با استفاده از اصول شیمی سبز در آزمایشگاه تصمیم بگیرند. بنابراین، یادگیری معنادار شکل می‌گیرد. همان‌طور که در قسمت‌های قبل به آن پرداخته شد، آموزش انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد میان رشته‌ای در درک مفاهیم و میزان یادگیری معنادار و ایجاد تفکر انتقادی بسیار موثر است.

تارسوا، *لاکتو* و *لونین* در تحقیقی با عنوان "آموزش شیمی سبز در روسیه" به ارائه راهکارهای مناسب برای آموزش شیمی سبز در این کشور پرداخته‌اند. شیمی سبز تکمیل‌کننده و اصلاح‌کننده درس‌هاي شیمی است و همهٔ مفاهیم اساسی شیمی را پوشش می‌دهد. تدریس شیمی سبز به عنوان یک بخش جداگانه در کلاس درس مطرح نمی‌شود. شیمی سبز به معنای یک رشته انفرادی هم نیست بلکه باید مفاهیم کلیدی در برنامه درسی گنجانده شود تا شیمی ذاتاً سبز گردد. شیمی سبز ابزاری برای انجام علم به شیوه مسئولانه است. این ابزار کمک به خلاقیت و پژوهش‌هاي بین رشته‌ای می‌کند. فراگیران با آگاهی از نقاط ضعف فرایندهای صنعتی به دنبال راه‌حل‌های مبتنی بر اصول شیمی سبز در یک محیط بین رشته‌ای وارد دنیای حرفه‌ای می‌شوند [۱۹]. آموزش شیمی سبز در کتب درسی شیمی باعث رشد خلاقیت و نوآوری، احساس مسئولیت و ایجاد علاقمندي در فراگیران به شیمی می‌شود. و از سوي دیگر، استفاده از آزمایش‌های شیمی سبز باعث بهبود ایمنی و به حداقل رساندن استفاده از مواد خطرناک می‌شود.

امروزه اثرهاي مثبت آموزش شیمی سبز زمینه‌ساز پیشرفت هر کشوری است. ایده‌های جدید بر اساس شیمی سبز در جهت تولید پسماندهای قابل بازیافت و بی‌خطر و کاهش تولید آلاینده‌ها، طراحی واکنش‌های شیمیایی با محصولات نهایی فراوان‌تر و نیاز به انرژی کمتر مورد توجه است. شیمی سبز یک رویکرد مبتنی بر علم است و تمرکز بر توسعه پایدار دارد. شیمی سبز، ابزاری مؤثر برای پرورش علاقه در فراگیران به شیمی و مواد است. آموزش شیمی سبز می‌تواند نگرشی نو برای زندگی راحت‌تر و ایمن‌تر باشد و به وسیلهٔ آن می‌توانیم مهارت‌های تفکر و حل مسأله را در فراگیران تقویت کرد [۲۰]. آموزش شیمی سبز در کتاب‌های شیمی باعث تقویت علاقه‌مندی فراگیران به مسائل زیست‌محیطی شود. گنجاندن شیمی سبز تکمیل‌کننده و اصلاح‌کننده درس‌هاي شیمی است، به این دلیل که همه مفاهیم اساسی شیمی را پوشش می‌دهد. تلفیق شیمی سبز در کتب شیمی باعث می‌گردد نقش شیمی در جامعه و محیط زیست پررنگ‌تر شود و فراگیران به شیمی راغب‌تر شوند و با استدلال‌های عینی به تجربه‌هاي علمی خواهند رسید و مهارت‌های تفکر در فراگیران تقویت شود [۲۱].

- حبیبی با شناسایی جایگاه شیمی سبز در برنامهٔ درسی کشورهای پیشرفته (آمریکا، استرالیا، چین و انگلستان) نتیجه گرفت در عناصر اساسی برنامهٔ درسی آموزش شیمی سبز بین کشورهای مورد مطالعه و ایران شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دیده می‌شود. با توجه به یافته‌های حاصل از این بررسی، راهکارهایی به منظور تلفیق آموزش شیمی سبز در برنامه درسی شیمی ارائه شد. خلاصه راهکارهای ارائه‌شده در زیر بیان شده است: تلفیق مفاهیم کلیدی شیمی سبز در محتوا که در اینجا نقش معلم و دانسته‌های او بسیار مهم است.
- کاهش دوازده اصل به شش اصل در برنامهٔ درسی دبیرستان و شش اصل باقی‌مانده در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد.
- دانش جدید را با دانش‌های قدیمی در کتاب‌های درسی جایگزین نمود. همچنین روش‌های سنتی در آزمایشگاه را با روش‌های سبز جایگزین کرد.
- شیمی سبز را در سایر علوم تلفیق کرد.
- از همکاری شیمی‌دانان سبز در تهیهٔ منابع درسی استفاده نمود.

بنابراین اهمیت آموزش شیمی سبز در کتاب‌های درسی ضروری و قابل تامل است. با ادغام شیمی سبز در کتب شیمی، فراگیران می‌توانند مفاهیم شیمی را به دنیای واقعی مربوط کنند. در نتیجه دانش و آگاهی لازم برای دستیابی به هدف نهایی یعنی یک جهان پایدار فراهم‌شده و نسل‌های آینده به خطر نمی‌افتند [۲۱].

۲- روش پژوهش

در اینجا، محتوایی برای باتری بر اساس مراحل رویکرد STEM با تلفیق شیمی سبز تدوین شد. فرایند به گونه‌ای پیش برده شد که کمینه دستورکارها برای تکمیل سازه باتری در اختیار فراگیر قرار گیرد و راه‌های مختلفی برای نیل به هدف وجود داشته باشد. فراگیر تشویق شد که با مواد در دسترس باتری را به گونه‌ای بسازد که ولتاژ، جریان و توان بالا و زمان عملکرد طولانی را فراهم کند. همچنین باید باتری به راحتی قابل حمل و نقل بوده و ساخت، نگهداری و جابه جایی آن بی‌خطر باشد. لازمه آن دانستن و یادآوری قواعد فیزیک مربوط به سل‌های ولتایی، رابطه جریان با غلظت مواد واکنش‌دهنده در محلول الکترولیت، رابطه نرنست و نحوه محاسبه ولتاژ سل ولتایی، نقش الکترولیت بر روی ولتاژ و جریان سل ولتایی، تفاوت ولتاژ مدار باز و ولتاژ خروجی سل ولتایی هنگام عبور جریان می‌باشد. در فعالیت عملی طراحی‌شده با کاربرد رویکرد STEM به خوبی یادگیری موارد گفته‌شده مرحله به مرحله اجرا و فراگیر به صورت فعال در فرایند یادگیری درگیر می‌شود. در اینجا فرایند ترکیب عناصر تفکر طراحی برای تقویت مفاهیم الکتروشیمیایی اصلی در مبحث باتری به خوبی اعمال می‌شود. مراحل STEM به صورت زیر تقسیم بندی و اجرا شد.

۲-۱- مرحله اول: طرح سوال

بعد از بررسی انواع باتری‌ها، واکنش‌های مربوطه و کاربرد آن‌ها در بخش‌های مختلف، از فراگیران خواسته می‌شود که به دنبال پاسخ برای دو سوال زیر باشند:

۱- باتری‌های صنعتی و خانگی چه مشکلاتی برای محیط-زیست دارند؟

۲- چه راهکارهایی برای کاهش هزینهٔ و رفع مشکلات محیطزیستی آن در تولید باتری‌ها پیشنهاد می‌کنید؟

۲-۲- مرحله دوم: راه حل چیست؟

در فرایند اجرای محتوای طراحی‌شده، فراگیران با توجه به آموخته‌های خود و بارش مغزی، راه حل‌های زیر را برای مشکل پیش‌آمده، پیشنهاد دادند:

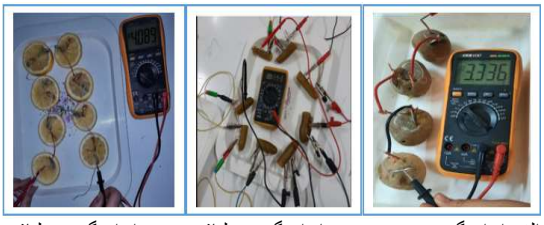
۱- بازیافت باتری: بازیافت باتری شامل باتری‌های یک‌بار مصرف و حتی باتری‌های قابل شارژ هم می‌شود زیرا این نوع باتری‌ها نیز بعد از مدتی عملکردشان ضعیف شده و باید تعویض شوند.

۲- استفاده از باتری‌های سبز: حداقل یکی از اجزاء باتری، سبز و دوستدار محیطزیست باشد.

۲-۳- مرحله سوم: طراحی کنید.

باتری سبز

در اینجا از فراگیران خواسته می‌شود که ایده‌های خود را برای طراحی باتری سبز مطرح کنند و فهرستی از مواد مورد نیازشان تنظیم کنند. برای این منظور فراگیران وارد فعالیت عملی می‌شوند. در بخش فعالیت عملی، فراگیران، گروه‌های کوچک ۲ تا ۴ نفره تشکیل می‌دهند و با وسایلی که آماده کرده‌اند، آزمایش‌هایی انجام می‌دهند. معلم در اینجا نقش تسهیل‌گر را دارد. در زیر نمونه‌ای از فعالیت‌های انجام شده در این پژوهش آورده شده است که فراگیران الکترولیت خود را از مواد سبز برای تولید باتری سبز انتخاب کردند.



الف-اندازه‌گیری ولتاژ باتری سبز با الکترولیت سیب‌زمینی و الکترودهای روی و مس

ب- اندازه‌گیری ولتاژ باتری سبز با الکترولیت خیارشور و الکترودهای میخ آهنی و مس

پ- اندازه‌گیری ولتاژ باتری سبز با الکترولیت لیمو و الکترودهای آلومینیوم و مس

شکل ۱- اندازه‌گیری ولتاژ چند نمونه باتری سبز.

فراگیران از خیارشور، سیب زمینی و لیمو به عنوان الکترولیت و از ورقه‌های مس، روی، آلمینیوم و میخ آهنی برای الکترودها استفاده کردند (در اینجا می‌توان از مواد دیگر مانند گوجه فرنگی، پرتقال، نوشابه، سرکه، آبلیمو و آب میوه‌ها استفاده کرد).

- ❖ فراگیران تلاش در افزایش جریان و ولتاژ خروجی باتری خود نموده و راه حل‌های پیشنهادی را امتحان کردند.
- ❖ فراگیران به اتفاق به این نتیجه رسیدند که باتری‌هایی با سل چندگانه برای بهبود پاسخ طراحی کنند.
- ❖ فراگیران مدارهای باتری چند سلی خویش را به دوحالت سری و موازی بستند و ولتاژ باتری‌های حاصله را برای هر حالت اندازه‌گیری و مقایسه کردند.
- ❖ فراگیران بر روی تاثیر هر چیدمان بر روی عملکرد باتری بحث کردند و روابط فیزیکي مربوط به سل‌های الکتروشیمیایی گالوانی را بیان کردند.
- ❖ فراگیران محاسبه‌هاي ریاضی را برای معادله‌های فیزیک ارائه‌شده برای عملکرد باتری انجام دادند. متناسب با یافته‌های خویش، موثرترین مواد و برترین مدار الکترونیکی و چیدمان ساخت باتری را ارائه و تشریح کردند.
- ❖ در پایان، کارت برگ‌هایی در اختیار گروه‌ها قرار داده شد تا با پاسخ به سوالات، عملکرد آن‌ها ارزیابی شود.

۲-۴- مرحله چهارم: ایجاد کنید.

در این مرحله فراگیران وارد مرحلهٔ مهندسی می‌شوند. باید سازه‌ای به عنوان باتری طراحی کنند که دارای ویژگی‌هایی نظیر استفاده از وسایل ساده و قابل دسترس و ارزان باشد. قابلیت جابه‌جایی داشته باشد. فضای مناسب برای قراردادن اجزاء باتری فراهم نماید. طراحی زیبا برای ایجاد علاقه داشته و در برانگیختن حس کاوشگری فراگیران تاثیرگذار باشد. سازه‌هایی که در این مرحله ساخته شدند، بر اساس خلاقیّت خود فراگیران طراحی شده بود.

۲-۵- مرحله پنجم: سازهٔ خود را بهبود بخشید.

در این مرحله فراگیران با تغییرات مناسب در باتری، سازهٔ خود را کارآمدتر کردند که این تغییرات با توجه به دانش و مهارت‌های کسب شده در مرحله‌هاي قبل، صورت می‌گیرد.

۱- مدارها به صورت سری بسته شدند تا ولتاژ باتری بیشتر شود.

۲- سیم‌ها کوتاه و ضخیم انتخاب شد تا در کاهش مقاومت مدار موثر باشند.

۳- سطح الکترودها تمیز و فاصلهٔ قراردادن در الکترولیت‌ها به یک اندازه باشد.

۴- فضای داخل سازه خنک شد تا طول عمر باتری بیشتر شود.

۵- باتری قابلیت حمل و نقل، فضای مناسب، مشخصه زیبایی و خلاقیت و غیره برای آموزش را داشته باشد.

ویژگی‌های این سازه عبارت است از:

- ❖ دارای صفحهٔ متحرک برای قرار دادن سیب‌زمینی‌ها و الکترودهای روی و مس می‌باشد.
- ❖ درون سازه، جعبه‌ای از جنس یونولیت حاوی یخ قرار دارد که فضای خُنکی برای ماندگاری بیشتر سیب-زمینی‌ها ایجاد می‌کند.
- ❖ سازه نمای زیبایی برای علاقمند کردن فراگیران فراهم می‌سازد.
- ❖ سیب زمینی بافت جامد بهتری نسبت به خیارشور و لیمو دارد.

گفتنی است که محتوی آب درون این مواد بعد از مدتی خارج شده و کارکرد الکترولیت را محدود می‌کند.

- ❖ باتری طراحی شده توانایی روشن کردن لامپ LED در حدود ۱/۷ ولت با بازده حدود ۶۹/۳۸ درصد، ماشین حساب و ساعت دیجیتال را دارد. همچنین می‌تواند با به کار انداختن وسیلهٔ موزیکال، تبدیل انرژی الکتریکی به صوتی را نیز انجام دهد. این باتری می‌تواند آباژور (نورتاب) را برای مدت بیش از یک هفته روشن نگه دارد. به این ترتیب کاربردهای متعددی برای آن تعریف می‌شود و تمامی مراحل انجام پژوهش به روش گفته‌شده، توانایی رشد خلاقیت و افزایش اعتماد به نفس که از برتري‌های STEM است، را دارا می باشد.

شکل ۲- چند نمونه سازه طراحی شده توسط فراگیران

بعد از طراحی چند نمونه سازه مطابق شکل ۲، سازهٔ نمایش داده شده در شکل۳ به دلیل ویژگی‌های مناسب‌تر مورد توجه بیشتری قرار گرفت.

شکل ۳- سازه منتخب طراحی‌شده توسط فراگیران

۲-۶- اعتبارسنجی

در بخش اول، محتوای مورد نظر طراحی و در اختیار دو تن از استادان قرار گرفت. بعد از بررسی و رفع اشکال‌ها، به صورت مطالعه موردی بر روی دانشجویان رشته شیمی دانشگاه شهید رجایی اجرا و مصاحبه در ارتباط با ابعاد مختلف کار و رفع بعضی از نقص‌ها انجام شد. محتوای نهایی اصلاح‌شده دوباره در اختیار چهار تن از استادان متخصص قرار گرفت و کلیه نتایج مصاحبه جمع-آوری و بازخوانی شد. همه مصاحبه‌شوندگان در مورد تاکید شیمی سبز و تلفیق آن در رویکرد STEM توافق نظر داشتند. ویژگی دیگري که در طراحی دستسازه‌ها، تلفیق شیمی سبز و رویکرد STEM در مبحث باتری از نظر مصاحبه شوندگان مورد توجه قرار گرفته در زیر بیان شده است:

اصل اول: پیشگیری از تولید فراورده‌های بیهوده
اصل سوم: کاهش استفاده از مواد شیمیایی خطرناک
اصل چهارم: طراحی مواد شیمیایی ایمن‌تر
اصل هفتم: بهره‌گیری از مواد اولیهٔ تجدیدپذیر
اصل یازدهم: تجزیه لحظه‌به‌لحظه برای پیشگیری از آلودگی
اصل دوازدهم: شیمی ایمن‌تر برای پیشگیری از حادثه

همه مصاحبه‌شوندگان در مورد گسترش آموزش توسعه پایدار در قالب شیمی سبز در برنامه آموزشی دانشجویان و لزوم آموزش با رویکرد STEM مورد تاکید قرار گرفت و محتوای تایید شد.

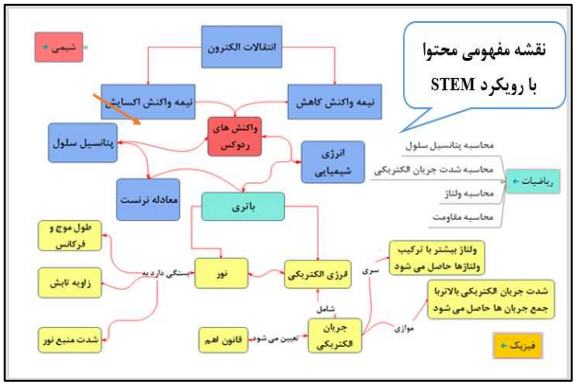
۲-۷- نقش اصول شیمی سبز در فناوری باتری

اگر مفاهیم الکتروشیمی همراه با بررسی اصول شیمی سبز در راستای توسعه پایدار آموزش داده شوند، تأثیر بسیار زیادی در نگرش فراگیران خواهد داشت. تولید انرژی، طراحی سامانه‌های ذخیرهٔ انرژی، الکتروسنتز فراورده‌هاي شیمیایی، اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی، بازیافت فلزات همراه با بهبود ایمنی، جلوگیری از تولید زباله و نظارت بر زمان واقعی فرایندها، دستاوردهایی از علم الکتروشیمی هستند.

این دستاوردها در سایهٔ فناوری‌های پیشرفته علاوه بر افزایش سطح رفاه و آسایش، سلامت محیطزیست را نیز در جهان به دنبال خواهند داشت. بررسی باتری‌های جدید، نقش الکتروشیمی در حفاظت از سلامت محیط زیست را به دنبال خواهد داشت. باتری‌ها در زمره پرمصرف‌ترین محصولات جهان هستند. روزانه میلیون‌ها قطعه باتری در وسایل مختلف استفاده می‌شود، اما میزان کاربرد بالای باتری‌ها و ماهیت شیمیایی آن‌ها خطرهاي زیادی به همراه دارد. باتری‌های موجود دست و پا گیر هستند و باید به طور پیاپي با برق شبکه پر (شارژ) شوند، که نه تنها ناخوشایند است، بلکه برای برخی از کاربردها غیر عملی است [۲۲]. تجزیه آرام باتری در طبیعت و حجم بالای اشغال شده توسط آن‌ها از جمله این خطرها محسوب می‌شوند. مهم‌ترین مسئله‌ای که در مورد باتری با آن مواجه هستیم حضور فلزهاي سنگین در آن‌هاست که باعث آلودگی خاک، آب و هوا می‌شوند. برای نمونه، کادمیم را در نظر بگیرید؛ فلزی سنگین که در ساخت باتری‌ها به فراوانی استفاده می‌شود. هنگامی‌که باتری در محیط تجزیه می‌شود، این فلز وارد خاک شده و از این طریق به محصولات کشاورزی راه می‌یابد. مصرف طولانی مدت محصولات آلوده به کادمیُم سبب بروز بیماری‌های کلیه، کبد و اختلال در سوخت‌وساز بدن و پوکی استخوان می‌شود. ورود آلاینده‌های موجود در باتری به منابع آبی نیز روی چرخه زندگی آبزیان تأثیر بسیار منفی می‌گذارد [۲۳]. در طراحی این باتری سعی کردیم از میوه‌ها و سبزیجاتي که استفاده نمی‌شوند به طور مثال لیمو یا پرتقال تلخ شده یا پسماندهای سیب زمینی و خیارشور، موز که قابل استفاده نیستند به عنوان الکترولیت استفاده شود. همچنین بعد از کارکرد مفید این مواد، آنها را به عنوان کود رها می‌کنیم.

۳- نتایج و بحث روی نتایج

در محتوای طراحی‌شده، ابتدا پیش دانسته‌های فراگیران شامل سلول‌های الکتروشیمیایی و اجزای آن، نیمهٔ واکنش‌ها، معادلهٔ نرنست، دوباره‌خوانی شد. همچنین انواع باتری و مباحث مربوطه از علوم دیگر نظیر شدت جریان الکتریکی، ولتاژ، مقاومت‌ها، بستن مدارها، محاسبه‌هاي ریاضی



شکل ۴- نقشه مفهومی محتوای آموزشی

در محتوا گنجانده شدند. هدف از افزودن این موارد، ایجاد ارتباط بین پیش‌دانسته‌های قبلی و مطالب جدید می‌باشد. مطابق با محتوا طراحی‌شده، فراگیران با توجه به اهداف هر قسمت، تمرین‌هایي در هر زمینه حل می‌کنند. در نقشهٔ مفهومی در شکل ٤ مطالب مورد نیاز آموزش، آورده شده است. در شکل ٤ ارتباط مفاهیم میان رشته‌ای شیمی، فیزیک، ریاضی و نگاه فناورانه در آموزش مفاهیم مربوط به باتری مشخص شده است.

محتوای طراحی‌شده، مفاهیم شیمی در ارتباط با واکنش‌های اکسایش-کاهش بررسی می‌شود. در حوزه فیزیک، مفاهیمي شامل انرژی الکتریکی، نور و قوانین مربوطه، به کار رفته است. محتواي ریاضی، به شکل تمرین یا اثبات فرمول به کار رفته است. نگاه فناورانه موضوع، باتری است که محوریت آن با علوم مختلف در محتوا بررسی می‌شود. گفتني است که برای طراحی یک باتری مناسب، فراگیر باید بتواند:

الف) واکنش‌های اکسایش-کاهش را شناسایی کند.

ب) معادله نرنست را به کار ببندد.

ت) مبانی الکتروشیمیای جریان فارادی را درک کند.

ج) نحوه تاثیرپذیری هر یک از سنجه‌های گفته‌شده را از نحوه چیدمان و اجزای باتری بفهمد.

د) در پایان بتواند با ارائه راه حل مناسب در رفع موانع و بهبود کارایی باتری اقدام نماید.

۴- نتیجه گیري

محتوای طراحی‌شده بر اساس رویکرد STEM و تلفیق آن با شیمی سبز می‌تواند با همکاری فراگیر و استاد ارائه شود. پرسش‌ها و تمرین‌هاي مختلف از جمله با هم بیندیشیم، کاوش کنید، پیوند با ریاضیات، یادداشت و..... در این طراحی گنجانده می‌شود. در این طراحی رویکرد میان رشته‌ای همراه با توجه به اهداف توسعه پایدار انجام می-گیرد. فراگیر در کسب مفاهیم و یادگیری معنادار بسیار نقش دارد. نمونه‌هایی از این دست سازه‌ها در طراحی محتوای این تحقیق نشان داده شده است. رویکرد STEM همراه با ایجاد علاقه و توانمند ساختن فراگیران، به آنچه آنها باید کسب کنند پرداخته و مهارت‌های لازم برای یادگیری را در فراگیر ایجاد می‌کند. در اینجا استادان می‌توانند از فناوری‌های مربوطه در این زمینه کمک بگیرند و با معرفی آن به فراگیران در طراحی سازه کمک کنند. رویکرد کاوشگری همراه با خلاقیت، در یادگیری کاملاً مشهود است.

سپاسگزاري

بدین وسیله پژوهشگران این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از استادان و دانشجویان، دانش‌آموزان و سایر عزیزانی که در اجرای پژوهش همکاری داشتند، ابراز می‌دارند.

***عهده‌دار مکاتبات**

نشانی: ایران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی

مراجع

[1] M. E. Biresseliogl, Y. Z. Karaibrahimoglu, Renew. Energy **47**, 29-37 (**2012**).

[2] جعفر توفیقی، نسرین نورشاهی. ارائه راهکارهایی براي توسعه آموزش مهندسی همکاریهاي دانشگاه و صنعت در ایران. فصلنامه ایران، (۵۶) ۱۴، ۷۵-۹۵ (۱۳۹۱).

[3] خدیجه سلیمانی هارونی، بهمن خسروی پور، جهان پایدار فردا در گرو آموزش امروز؛ تاکید بر آموزش جهت حفظ محیط زیست و منابع انرژی. فصلنامه مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار. جلد دوم، شماره چهار (۱۳۹۷).

[4] C. C. Meng, Eurasia J. Math. Sci. Tech. Ed. **10**, 219 (**2014**)

[5] D. Akgunduz, Eurasia J. Math. Sci. Tech. Ed. **12**, 1365 (**2016**).

[6] G. Masoni, Promoting STEM Integration, interest and identity among elementary school students. University of Southern California. PhD Thesis (**2015**).

[7] R. Banerjee, Int. J. Innov. Res. Electrical, Electronics, Instrumentation Control Eng. **3**, 53 (**2015**).

[8] D. Akgundu, Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, **12**, 1365 (**2016**).

[9] N. Haslina Daman Huri, M. Karpudewan, Chem. Educ. Res. Pract. **20**, 495 (**2019**).

[10] فاطمه امیری، محمد رضا کل صفتان، رویکرد استم و الزامات پیاده سازی آن در ایران،دانشگاه فرهنگیان. فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه, دوره پنجم، شماره شانزدهم (۱۳۹۸).

[11] M. P. Feedman, Relationship among laboratory instruction, attitude towards science and achievement in science knowledge, J. Res. Sci. Teach. **34**, 343 (**1997**).

[12] W. E. McComas, The nature of the laboratory experience: A guide for describing, classifying and enhancing hands-on activities, CSTA J. **1**, 6-9 (**1997**).

[13] L. D. Montes, M. G. Rockley, J. Chem. Educ. **79** 244 (**2002**)

[14] سوسن تقی زاده بروجنی، آموزش مفاهیم شیمی با آزمایش‌های ساده و کم هزینه، ارائه شده در یازدهمین کنفرانس آموزش شیمی انجمن شیمی ایران، دانشگاه فرهنگیان اصفهان، آذرماه (۱۳۹۹).

[15] B. Mareike, R. Franz, E. Ingo, Chem. Educ. Res, **13**, 59 (**2012**).

[16] P. J. González-García, A. Marbà-Tallada, M. E. Blanch, Chem. Educ. Res. Pract. **24**, 1190 (**2023**).

[17] M. Ghalkhani, M. Aghaei Chadgani, Z. Ahmadi, Res. Chem. Educ. **4**, 41 (**2022**).

[18] M. Ghanbari, M. Sabbaghan, M. Ghalkhani, F. Khalvandi, Nashrieh Shimi va Mohandesi Shimi Iran, **39**, 1 (**2020**).

[19] C. Cann, Michael. Green chemistry education: Greening the chemistry lecture. ACS symposium series. American chemical society. Washington Dc: Oxford University Press. (**2009**)
[20] S. A. Kennedy, M. C. Rachel, Chapter 1. Green chemistry as the inspiration for impactful and inclusive teaching strategies, Integrating Green and Sustainable Chemistry Principles into Education. Elsevier, P. 1-30 (**2019**).
[21] محمدرضا حافظنیا، مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، تهران انتشارات سمت (**۱۳۸۸**).
[22] لیلا حبیبی، مریم صباغان، سید محمد رضا امام جمعه. ارائه راهکارهای مناسب برای ورود آموزش شیمی سبز به برنامه درسی شیمی دوره متوسطه. فصلنامه نوآوری‌های آموزشی، شماره ۴۸، ۹۲-۷۱ (**۱۳۹۱**).
[23] B. Sun, Y. Li, Ubiquitous clean and sustainable energy-driven self-rechargeable batteries realized by and used in organic electronics. J. Mater. Chem. C, **10**, 388 (**2022**).
[24] G. Pistoia, J. P. Wiaux, S. P. Wolsky, Used Battery Collection and Recycling. Elsevier, 1st Edition, **10**, 1 (**2001**).