

بررسی اهمیت آموزش الکتروشیمی در حفاظت از سلامت محیط زیست و تعیین اولویت‌های آن در کتاب‌های درسی شیمی بر اساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی زکیه اکرمی^{۱*}

*۱- دکتری شیمی، استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: z.akrami@cfu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۰۸

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی توسعه روش‌های الکتروشیمی در بهبود کیفیت محیط زیست و اولویت‌بندی محتوای کتاب‌های درسی شیمی دوره دوم متوسطه بر اساس میزان توجه به آموزش الکتروشیمی و محیط زیست انجام شده است. روش پژوهش در این مطالعه از نوع کیفی و کمی است. از مطالعه اسناد جهت بررسی کیفی و برای تحلیل داده‌های کمی از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بهره گرفته شد. جامعه آماری قسمت کمی این پژوهش را محتوای کتاب‌های درسی شیمی دوره دوم متوسطه تشکیل داده است. روش نمونه‌گیری در این پژوهش شمارش فراوانی انتخاب شد. بررسی فراوانی مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی و محیط زیست نشان داد در محتویات قسمت الکتروشیمی کتاب‌های درسی شیمی دوره دوم متوسطه بیشتر به بیان مفاهیم پایه این علم پرداخته شده و به چگونگی کمک الکتروشیمی به حل مسائل زیست محیطی کمتر توجه شده است. یافته‌های حاصل نشان داد با توجه به نقش مهم الکتروشیمی در حفاظت از محیط زیست، آموزش این علم در مقطع متوسطه و آشنایی دانش‌آموزان با مفاهیم پایه این علم می‌تواند در پیدا کردن راهکارهایی برای مقابله با بحران‌های زیست محیطی موثر باشد.

کلمات کلیدی

"الکتروشیمی"، "محیط زیست"، "کتاب درسی شیمی"، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی"

Investigating the Importance of Electrochemical Education in Environmental Health Protection and Determining its Priorities in Chemistry Text-Books based on Analytical Hierarchy Process

Zakyyeh Akrami^{1*}

*1- Ph.D. in Chemistry, Assistant Professor, Department of Basic Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

*Email Address: z.akrami@cfu.ac.ir

Abstract

The purpose of current study is to analyze the development of electrochemical methods in improving the quality of the environment and content prioritize of chemistry text-books of secondary high school by emphasis on electrochemical and environmental education. The method of this study is qualitative and quantitative. Document study and analytical hierarchy process are used for qualitative review and analyze the content, respectively. The population of quantitative study is the content of chemistry text-books of secondary high school. The sampling technique was census. The enumeration of many topics in electrochemical and environmental science showed that the content of secondary high school chemistry text-books focuses on the basic concepts of electrochemical science and little attention has been paid to how electrochemistry helps solve environmental problems. The findings of the study showed that due to the important role of electrochemistry in environmental protection, teaching this science in high school and familiarizing students with the basic concepts of this science can be effective in finding ways to deal with environmental crises.

Keywords

"Electrochemistry", "Environment", "Chemistry text-book", "Analytical Hierarchy Process"

۱- مقدمه

انرژی یکی از شاخص‌ها رشد اقتصادی در یک کشور است که در رفاه انسان نقش مهمی دارد و افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع بر اهمیت آن می‌افزاید. در حال حاضر بیش از ۸۰٪ تقاضای انرژی جهان با سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز تأمین می‌شود که این امر آلودگی محیط زیست، تولید مواد زائد، اثرات گلخانه‌ای، افزایش دمای کره زمین، تخریب لایه اوزون و باران اسیدی را به دنبال دارد که سلامتی گیاهان، انسان و سایر موجودات زنده را به خطر می‌اندازد. از سوی دیگر رشد صنعت و جمعیت باعث تولید عظیم زباله‌های خانگی و صنعتی که اغلب حاوی اجزای خطرناک و غیر قابل تجزیه هستند، شده است و دفع این زباله‌ها موجب آلودگی آب، هوا و خاک می‌گردد. مصرف بی‌رویه فلزات مانند قلع، سرب، مس و روی در صورت عدم بازیافت آنها صرفنظر از اثرات زیانبار بر منابع یک کشور می‌تواند عامل نگران‌کننده دیگری در سلامت محیط زیست باشد (صبحی و همکاران، ۱۳۹۵). حفاظت از محیط زیست به هر گونه عملیاتی که برای نگهداری محیط زیست یا جلوگیری از تخریب آن صورت می‌گیرد، گفته می‌شود و بر اساس اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد (رضانی قوام آبادی، ۱۳۹۲). حفاظت از محیط زیست تحت تأثیر سه عامل در هم آمیخته است: قوانین زیست محیطی، اخلاق و آموزش و پرورش؛ که هر کدام از اینها هم در سطح تصمیمات ملی و هم در سطح ارزش‌های رفتاری بر محیط زیست تأثیر می‌گذارند. از بین این سه عامل نقش آموزش و پرورش به عنوان یکی از تأثیرگذارترین نهادها می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد که با ایجاد آگاهی دانش‌آموزان نسبت به حفظ محیط زیست می‌تواند ضمن افزایش مشارکت، تعهد و مهارت افراد، زمینه را برای بروز استعدادهای ایده‌های جدید فراهم نماید (پالمر، ۱۳۹۰). رادکلیف (۱۳۷۳) تحقق توسعه پایدار را در گرو تلفیق اهداف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی برای حداکثر سازی رفاه انسان ذکر می‌کند، بر همین اساس آموزش‌هایی که منجر به حفظ سلامت محیط زیست شوند می‌توانند بر روی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی سایه افکند. شیخ‌الاسلامی بوزقانی و بشیری (۱۳۹۵) ضمن بررسی سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ از منظر آموزش و محیط زیست به این نتیجه رسیدند که تحقق تعدادی از ویژگی‌های این سند جز با حفظ محیط زیست امکان‌پذیر نیست. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر با صرفه اقتصادی می‌تواند افق روشنی را در سلامت محیط زیست و رفع مشکلات آن فراهم نماید که در این بین علم الکتروشیمی با انجام فرآیندهای موثر برای به حداقل رساندن ضایعات و ترکیبات سمی می‌تواند جایگاه ارزنده‌ای داشته باشد. الکتروشیمی قسمتی از علم وسیع شیمی است که به بررسی واکنش‌های انتقال الکترون می‌پردازد. با در نظر گرفتن حوزه‌های مختلف دانش در نظام آموزشی کشور، آموزش مفاهیم پایه الکتروشیمی در برنامه درسی مقطع متوسطه گنجانده شده که چگونگی پرداختن به آن با نقد و بررسی‌هایی نیز همراه بوده است. شفاهی (۱۳۹۲) در تحقیق خود با توجه به نظرات دبیران شیمی به نقد و بررسی آموزش الکتروشیمی در کتاب شیمی سال چهارم دبیرستان پرداخت. توزیع نامناسب مباحث الکتروشیمی، اختصاص ندادن آزمایش-

های مربوط به الکتروشیمی و مطالب کاربردی‌تر در کتاب‌های درسی، زیاد بودن حجم اطلاعات، کم بودن فعالیت‌ها و تمرین‌ها در کتاب و توضیح ناکافی و مبهم در بسیاری مباحث از مهمترین چالش‌های مورد بررسی در تحقیق نامبرده است. رستمی قشمی و بارانی (۱۳۹۲) در مقاله خود با عنوان "محتوای آموزشی الکتروشیمی در مقطع متوسطه کشور ایران" به مقایسه آموزش مفاهیم الکتروشیمی در ایران و کشورهای مالزی، سنگاپور و استرالیا پرداخته‌اند. نتیجه بررسی آنها نشان داد که محتوای مفاهیم مشترک گنجانده شده در کتاب‌های شیمی مقطع متوسطه ایران با سایر کشورها از لحاظ علمی در سطح مشابهی قرار دارد و تنها در تعداد مفاهیم آموزشی این شاخه با یکدیگر متفاوت هستند. آنها استفاده از روش‌های مکمل و موثر مانند استفاده از آزمایشگاه و همچنین بازدید از صنایع مرتبط را در بالا بردن کیفیت آموزشی الکتروشیمی مفید دانسته‌اند. بررسی جایگاه آموزش الکتروشیمی در کتاب‌های شیمی متوسطه ایران نشان داد که حدود ۸۰٪ دانش‌آموزان با مفاهیم الکتروشیمی بیگانه هستند و تمایل چندانی به یادگیری آنها ندارند و جایگاه این علم کلیدی و کاربردی برای دانش‌آموزان مشخص نشده است (رستمی قشمی، ۱۳۹۲). رضایی (۱۳۹۴) معتقد است آموزش الکتروشیمی نه تنها در مقطع متوسطه بلکه لازم است به عنوان بخشی از برنامه درسی دانش‌آموزان مقطع ابتدایی نیز قرار داده شود و مباحثی مانند سلول‌های سوختی و باتری‌ها در قالب آزمایش‌های ساده و جذاب به آنها آموزش داده شود. امروزه رویکرد جدید در برنامه‌های درسی به دنبال ارتباط مفاهیم درسی شیمی و بطور ویژه الکتروشیمی با مسائل روزمره زندگی دانش‌آموزان است. بکارگیری جنبه‌های مختلف علم الکتروشیمی در حفظ سلامت محیط زیست، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید انرژی پاک و ارزان از جمله مهارت‌های نگرشی مطرح در آموزش این درس می‌باشد. با توجه به پیشرفت فناوری علم الکتروشیمی در چندین دهه اخیر و نقش مهم آن در حفاظت از محیط زیست، ضروری است در برنامه‌های درسی شیمی متوسطه بصورت جدی به آن پرداخته شود. پژوهش حاضر به منظور آگاهی از نقش آموزش الکتروشیمی در حفاظت از سلامت محیط زیست به دنبال پاسخ به پرسش‌های اساسی زیر است:

۱- الکتروشیمی از چه طریقی می‌تواند به سلامت محیط زیست کمک کند؟

۲- تا چه میزان به آموزش مفاهیم الکتروشیمی محیط زیست در کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه پرداخته شده است؟

۳- اهمیت دادن به آموزش الکتروشیمی در دوره دوم متوسطه تا چه اندازه می‌تواند راهکاری برای رهایی از آلودگی محیط زیست باشد؟

۲- روش انجام تحقیق

این پژوهش با توجه به ماهیت موضوع، اهداف و فرضیه‌های آن و به دلیل استفاده از نتایج آن در زمینه‌ی آموزش و یادگیری، از نوع کاربردی است و از دو روش کمی و کیفی جهت پاسخ به پرسش‌های پژوهش استفاده شد. در پاسخ به پرسش‌های اول و سوم مطرح شده در این پژوهش و به منظور دستیابی به واقعیت‌ها و اطلاعات مورد نظر از روش تفسیری و تحلیل نظری استفاده شده است، به طوری که اطلاعات و داده‌های مورد نیاز به شیوه اسنادی جمع‌آوری گردید. جهت بررسی

هاست که بطور ذاتی واکنش دهنده‌های پاک محسوب می‌شوند؛ و این امر سبب کاهش مواد شیمیایی مصرفی می‌شود که در نتیجه آلودگی کمتر محیط زیست و افزایش ضریب ایمنی در کار را به همراه دارد. عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته و قابلیت کنترل فرآیندهای الکتروشیمیایی امکان افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌ها را فراهم می‌نماید. علم الکتروشیمی با روش‌های مختلف می‌تواند به حفظ و بهبود کیفیت محیط زیست کمک کند. تولید الکتروشیمیایی گاز هیدروژن و تبدیل آن به الکتروسیته می‌تواند بخش زیادی از نیاز جامعه‌ی آینده به سوخت را تأمین کند و این امر باعث بی‌نیازی از سوخت‌های فسیلی، عدم آلودگی محیط زیست و تجدیدپذیری آن می‌شود. بهبود عملکرد تولید هیدروژن، پایین بودن اضافه‌ولتاژ، سادگی ساخت الکتروده‌های مورد نیاز در مقایسه با کاتالیست‌های متداول و تولید انرژی پایدار از دیگر مزایای این روش می‌باشد. مواد قابل سنجش متعددی در هوا، آب، خاک و دیگر تشکیل‌دهنده‌های محیط زیست وجود دارد و هر روز بر مقدار این گونه مواد افزوده می‌شود. ضرورت اندازه‌گیری آلاینده‌هایی نظیر انواع حشره‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، زباله‌ها و پساب‌های صنعتی و خانگی بر کسی پوشیده نیست. با استفاده از روش‌های الکتروشیمیایی می‌توان کنترل پیوسته برخی از این آلاینده‌ها را به راحتی امکان‌پذیر ساخت و اندازه‌گیری تصادفی برخی دیگر را در کمترین مدت ممکن به انجام رسانید. نظارت بر زمان واقعی فرآیندهای الکتروشیمیایی جهت از بین بردن آلودگی‌هایی که از راه‌های شیمیایی یا بیولوژیکی دشوار و خطرناک هستند، اشتباهات و هزینه‌های مرتبط با آن را به حداقل می‌رساند. در طی چند دهه گذشته، زمینه‌های متعددی بر پایه اصول شناخته‌شده الکتروشیمی برای شناسایی و اندازه‌گیری انواع آلاینده‌های محیط زیست از جمله سرب (Bagherzadeh and et al., 2019 and Rooyanian, 2018), مس (Mazloun Ardakani and et al., 2009), کبالت (Mazloun Ardakani and et al., 2008), جیوه (Bi and et al., 2020) و آرسنیک (Baghayeri and et al., 2020) فراهم شده است. در اکثر موارد تلاش بر این بوده است که مراحل و زمان اندازه‌گیری کوتاه، اجرای روش آسان، دقت روش بالا، گستره کاربرد آن وسیع و از سوی دیگر محدود به مقادیر بسیار کم باشد. حذف فلزات سنگین از محیط زیست، موضوع مهمی در بهداشت عمومی جامعه محسوب می‌شود که از دو جنبه خنثی کردن اثرات و همچنین بازیافت آنها در زمینه مدیریت زباله‌ها امری ضروری است، به ویژه اینکه بازیافت آنها سبب پیشگیری از آلودگی هوا، خاک و آب و همچنین صرفه‌جویی در هزینه تأمین و نگهداری زمین‌های دفع زباله می‌شود. بازیافت پودر اکسید تنگستن (مجیدی آهی و همکاران، ۱۳۹۴)، استخراج پلاتین از کاتالیست مستعمل به کمک راکتور بستر چندهنده الکتروشیمیایی (امید کار و همکاران، ۱۳۹۴) و بهینه‌سازی استخراج و بازیافت فلز پالادیوم از کاتالیست مستعمل به روش احیای الکتروشیمیایی (شریفی، ۱۳۹۶) از موارد استفاده از الکتروشیمی برای بازیافت فلزات می‌باشد.

• پاسخ به پرسش پژوهشی شماره دو

متن کتاب‌های درسی شیمی دوره دوم متوسطه با دقت مطالعه شد و صفحات حاوی هر یک از یازده مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی و مورد مطالعه در این پژوهش مشخص شد و فراوانی آنها مورد شمارش

میزان توجه به آموزش الکتروشیمی محیط زیست در کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه از روش تحلیل محتوای کیفی و کمی بهره‌گیری شد. محتوای کتاب‌های درسی شیمی سه پایه دهم، یازدهم و دوازدهم دوره دوم متوسطه در سال تحصیلی ۹۹-۹۸ که در کل ۳۷۵ صفحه (بدون احتساب بخش‌های سخنی با دبیران و دانش‌آموزان، فهرست، واژه‌نامه و منابع) بود به عنوان جامعه آماری انتخاب شد. واحد ثبت در این تحقیق مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی و محیط زیست، و روش شمارش فراوانی انتخاب شد. مقوله‌بندی در این تحقیق با روش جعبه‌ای و از پیش تعیین شده بود و از روش اجرای مجدد برای تعیین پایایی استفاده شد. برای این منظور دو نفر متخصص بخشی از کتاب را بصورت مستقل مقوله‌بندی کردند و ضریب پایایی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (محمدی مهر، ۱۳۹۴).

$$\text{ضریب پایایی} = \frac{\text{تعداد واحدهایی که در یک مقوله مشخص شدند}}{\text{مجموع تعداد کل واحدهای مقوله بندی شده}}$$

ضریب پایایی بین دو نفر متخصص ۷۴٪ محاسبه شد که نشان از پایایی قابل قبول روش جمع‌آوری داده در تحقیق حاضر بوده است. مطالعه میزان اهمیت به مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی و محیط زیست در کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد. برای این منظور یازده مقوله مطرح در علم الکتروشیمی شامل مقوله‌های الکتروشیمی، الکترولیت، پتانسیل (ولتاژ)، الکتروود (قطب)، آند، کاتد، اکسند، کاهنده، جریان (رسانای) الکترویکی و انرژی الکترویکی و هفت مقوله مطرح در محیط زیست شامل باتری (سلول/چراغ) خورشیدی، محیط زیست، آلودگی (آب/هوا/خاک)، بازیافت، پاک و ارزان، شیمی (انرژی) سبز و هزینه انتخاب شد. عبارات داخل پرانتز معادل‌هایی هستند که در صورت وجود، آنها نیز شمارش شدند. داده‌های به‌نچار شده (P_j) با استفاده از فراوانی‌های ثبت شده (F_j) و رابطه زیر محاسبه شد:

$$P_j = \frac{F_j}{\sum_j F_j}$$

در ادامه بار اطلاعاتی هر یک از مقوله‌ها (E_j) و ضریب اهمیت آنها (W_j) با استفاده از روابط زیر تعیین شدند (زبردست، ۱۳۸۰):

$$E_j = K \sum_j |P_j \ln P_j|$$

$$W_j = \frac{E_j}{\sum_j E_j}$$

۳- نتایج

• پاسخ به پرسش پژوهشی شماره یک

مطالعات انجام شده به منظور یافتن طریقه کمک الکتروشیمی به محیط زیست نشان داد انجام واکنش‌ها در غلظت کم، فشار پایین، دمای اتاق و همچنین عدم خروج محصولات از ظرف واکنش از مزایای قابل توجه فرآیندهای الکتروشیمیایی نسبت به همتایان شیمیایی است. نقش اصلی فرآیندهای الکتروشیمیایی برعهده الکترون-

قرار گرفت. داده‌های حاصل در جدول ۱ قرار داده شده است. وجود آن گردید. حداقل یکی از یازده مقوله ذکر شده در صفحه مورد نظر معیار شمارش

عنوان کتاب	تعداد کل صفحات کتاب	تعداد صفحات دارای مقوله‌های علم الکتروشیمی	درصد فراوانی
شیمی ۱	۱۳۳	۲	۱/۵
شیمی ۲	۱۲۱	۷	۵/۸
شیمی ۳	۱۲۱	۲۸	۲۳/۱
مجموع	۳۷۵	۳۷	۹/۹

است. چگونگی توزیع فراوانی مهمترین مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه در جدول ۲ آورده شده است.

داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد از مجموع ۳۷۵ صفحه محتویات کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه، بیشترین درصد فراوانی صفحه اختصاص داده شده به مبحث علم الکتروشیمی مربوط به کتاب شیمی ۳ با ۲۳/۱٪ و کمترین درصد فراوانی مربوط به کتاب شیمی ۱ با ۱/۵٪

جدول ۲- توزیع فراوانی مهمترین مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه

سلول	مقوله‌ها										نام کتاب
	انرژی الکتریکی	جریان/رسانایی الکتریکی	کاهنده	اکسنده	کاتد/قطب مثبت	آند/قطب منفی	الکتروود	پتانسیل/ولتاژ	الکتروولیت	الکتروشیمی	
۰	۰	۷	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱۰	۰	شیمی ۱
۰	۲	۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	شیمی ۲
۹۴	۱۹	۱۷	۲۴	۲	۲۶	۲۴	۱۹	۲	۱۷	۱	شیمی ۳
۹۴	۲۱	۳۲	۲۴	۲	۲۷	۲۵	۱۹	۲	۲۷	۱	مجموع

است. داده‌های به‌نچار شده، بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت هر یک از مهمترین مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در مجموع کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه در جدول ۳ آورده شده است.

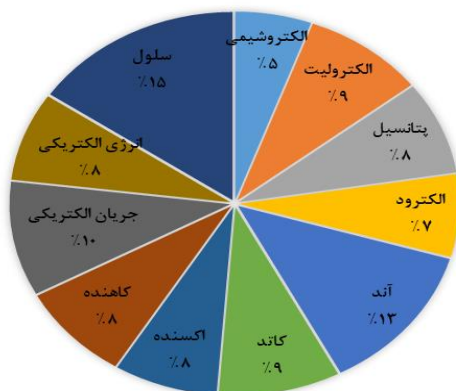
توزیع فراوانی در جدول ۲ نشان می‌دهد که از بین محتویات موجود در کتاب‌های سه پایه دهم، یازدهم و دوازدهم که به مبحث علم الکتروشیمی پرداخته‌اند، بیشترین فراوانی مربوط به مقوله سلول با ۹۴ تکرار و کمترین فراوانی مربوط به مقوله الکتروشیمی با ۱۳ تکرار

جدول ۳- داده‌های به‌نچار شده، بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مهمترین مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در مجموع کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه

مؤلفه ها	داده به‌نچار شده	بار اطلاعاتی	ضریب اهمیت
الکتروشیمی	۰/۰۴۰	۰/۰۸۰	۰/۰۵۵
الکتروولیت	۰/۰۸۲	۰/۱۲۷	۰/۰۸۸
پتانسیل/ولتاژ	۰/۰۷۰	۰/۱۱۵	۰/۰۷۹
الکتروود	۰/۰۵۸	۰/۱۰۲	۰/۰۷۰
آند/قطب منفی	۰/۰۷۷	۰/۱۹۷	۰/۱۳۶
کاتد/قطب مثبت	۰/۰۸۲	۰/۱۲۷	۰/۰۸۸
اکسنده	۰/۰۶۴	۰/۱۰۹	۰/۰۷۵
کاهنده	۰/۰۷۴	۰/۱۱۹	۰/۰۸۲
جریان/رسانایی الکتریکی	۰/۰۹۸	۰/۱۴۱	۰/۰۹۷
انرژی الکتریکی	۰/۰۶۴	۰/۱۰۹	۰/۰۷۵
سلول	۰/۲۸۸	۰/۲۲۲	۰/۱۵۳

۰/۰۵۵ می‌باشد. نمودار دایره‌ای درصد ضریب اهمیت مهمترین مقوله-های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در مجموع کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه در شکل ۱ نشان داده شده است.

همان‌گونه که از داده‌های جدول ۳ بدست می‌آید بیشترین بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مربوط به مقوله سلول با ضریب ۰/۲۲۲ و کمترین بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مربوط به مقوله الکتروشیمی با ضریب



شکل ۱- درصد ضریب اهمیت مهمترین مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در مجموع کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه

هفت مقوله‌های مطرح در حفظ محیط زیست استخراج و چگونگی توزیع فراوانی آنها در قسمت الکتروشیمی کتاب شیمی ۳ دوره دوم متوسطه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴). دلیل بررسی نشدن کتاب-های شیمی ۱ و ۲ ذکر نشدن هیچکدام از مقوله‌های محیط زیست به همراه مقوله‌های علم الکتروشیمی در آنها بود.

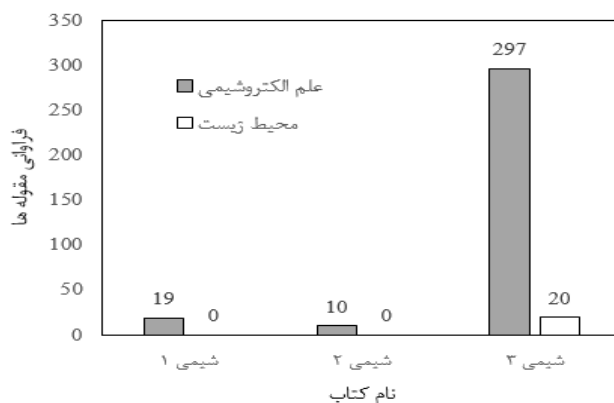
شکل ۱ نشان می‌دهد مقوله سلول با ضریب اهمیت برابر ۰/۱۵، بیشترین درصد و مقوله الکتروشیمی با ضریب اهمیت برابر ۰/۰۵ کمترین درصد از وزن کل مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی موجود در مجموع کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه را شامل می‌شوند. در مرحله بعدی مطالعه، با توجه به پاسخ پرسش پژوهشی شماره یک،

جدول ۴- توزیع فراوانی مهمترین مقوله‌های مطرح در محیط زیست موجود در قسمت الکتروشیمی کتاب شیمی ۳ دوره دوم متوسطه

مقوله‌ها							
هزینه	شیمی/انرژی سبز	پاک و ارزان	بازیافت	آلودگی (هوا/خاک/آب)	باتری/چراغ/سلول خورشیدی	محیط زیست	
۲	۴	۲	۳	۴	۳	۲	فراوانی
۱۰	۲۰	۱۰	۱۵	۲۰	۱۵	۱۰	درصد فراوانی

الکتروشیمی کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه انجام شد (شکل ۲). این مقایسه نشان می‌دهد میزان فراوانی مقوله‌های آموزشی مربوط به علم الکتروشیمی در کتاب شیمی هر سه پایه به مراتب از مقدار مقوله-های محیط زیست بیشتر است. داده‌های به‌نجا شده، بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت هر یک از مقوله‌های مورد بررسی در محیط زیست موجود در قسمت الکتروشیمی کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه محاسبه و در جدول ۵ آورده شده است.

توزیع فراوانی در جدول ۴ نشان می‌دهد که از بین محتویات موجود در کتاب شیمی پایه دوازدهم که همزمان به مبحث آموزش علم الکتروشیمی و محیط زیست پرداخته‌اند، بیشترین فراوانی از بین مقوله-های محیط زیست مربوط به مقوله‌های آلودگی و شیمی/انرژی سبز هر کدام با ۴ تکرار و کمترین فراوانی مربوط به مقوله‌های پاک و ارزان، محیط زیست و هزینه هر کدام با ۲ تکرار است. در ادامه مقایسه‌ای بین فراوانی کل مقوله‌های علم الکتروشیمی و محیط زیست در قسمت



شکل ۲- مقایسه بین مقوله‌های علم الکتروشیمی و محیط زیست در قسمت الکتروشیمی کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه

جدول ۵- داده‌های بهنجار شده، بار اطلاعاتی و ضریب اهمیت مهمترین مقوله‌های مطرح در محیط زیست موجود در قسمت الکتروشیمی کتاب شیمی ۳ دوره دوم متوسطه

مؤلفه ها مقوله ها	داده بهنجار شده	بار اطلاعاتی	ضریب اهمیت
محیط زیست	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۱
باتری/چراغ/سلول خورشیدی	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۵
آلودگی (هوا/خاک/آب)	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۷
بازیافت	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۵
پاک و ارزان	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۱
شیمی/انرژی سبز	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۷
هزینه	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۱

همان‌گونه که از داده‌های جدول ۵ بدست می‌آید از میان مقوله‌های محیط زیست همراه شده با آموزش الکتروشیمی در کتاب شیمی ۳، مقوله‌های آلودگی و شیمی/انرژی سبز بیشترین ارجحیت را به خود اختصاص داده‌اند.

• پاسخ به پرسش پژوهشی شماره سه

با توسعه علم و فناوری بحث انرژی و حفاظت از محیط زیست در دنیای پیشرفته کنونی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به نظر می‌رسد توجه به آموزش الکتروشیمی در مقطع متوسطه و بیان کاربردهای این علم در حل معضلات زیست محیطی جامعه می‌تواند در ایجاد ارتباط موثر این علم و محیط زیست بسیار مفید باشد. بیان مفاهیم پایه الکتروشیمی و کاربردهای این علم در مباحثی همانند تولید انرژی پایدار و درمان آلاینده‌ها در دوره دوم متوسطه علاوه بر ایجاد درک صحیح از این مفاهیم که پایه‌گذار فهم عمیق موضوعات پیچیده الکتروشیمی است، می‌تواند انگیزه دانش‌آموزان برای مطالعه و آموختن الکتروشیمی و شرکت در فرآیند یاددهی-یادگیری را افزایش دهد. انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی ساده در کنار یادگیری تئوری اصول پایه الکتروشیمی به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد که بینش بهتری نسبت به موضوعات الکتروشیمی و ارتباط این علم با محیط زیست پیدا کنند. توجه به تولید انرژی تجدیدپذیر و ذخیره آن یکی از مباحث مهم در الکتروشیمی است. استفاده از مدل‌های ساده از سلول‌های الکتروشیمیایی (هاشمی و طیبی، ۱۳۹۶ و فرشادی و ویسی، ۱۳۹۶) به دانش‌آموزان کمک می‌کند ضمن آشنایی با نقش مهم باتری‌ها در تأمین انرژی بصورت عملی، راهکاری برای کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از دفع باتری‌های مصرفی بیندیشند.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

هدف انجام این پژوهش بررسی توسعه روش‌ها و فرآیندهای علم الکتروشیمی در بهبود کیفیت محیط زیست، میزان توجه به آموزش این علم در مقطع دوره دوم متوسطه و بررسی لزوم پرداختن به آموزش الکتروشیمی جهت راهکاری برای برون رفت از مسائل زیست محیطی است. اولین بررسی نشان داد روش‌های مختلفی وجود دارد که در آن الکتروشیمی می‌تواند به حفظ محیط زیست کمک کند. تولید انرژی پایدار، طراحی سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، الکتروستز محصولات

شیمیایی، اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های زیست محیطی، بازیافت فلزات توأم با بهبود ایمنی، جلوگیری از تولید زباله و نظارت بر زمان واقعی فرآیندها دستاوردهایی از علم الکتروشیمی هستند که در سایه فناوری‌های پیشرفته علاوه بر افزایش سطح رفاه و آسایش، سلامت محیط زیست را نیز در جهان به دنبال داشته است. الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز (Kennedy and et al., 2019) گام بردارد. این نتیجه با یافته‌های قوام و وحیدی (۱۳۹۸) که حاکی از کارآمدی رویکرد مدیریت سبز در حفظ محیط زیست می‌باشد، سازگار است. از آنجا که در واکنش‌های الکتروشیمیایی انرژی الکترون‌ها را می‌توان از طریق ولتاژ اعمال شده کنترل کرد، امکان انجام این واکنش‌ها در دمای اتاق، فشار و غلظت پایین فراهم بوده که این موضوع از نظر انرژی اثرات مثبتی دارد. استفاده از حلال‌های سبز مانند مایعات یونی (Soman and et al., 2020) یا میکرومولسیون‌ها (Hejazifar and et al., 2020) در واکنش‌های الکتروشیمیایی رفع خطرات آلودگی محیط زیست و کاهش هزینه‌ها را به دنبال دارد. بررسی محتوای کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه که با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد، نشان داد که آموزش علم الکتروشیمی بصورت ویژه در پایه دوازدهم مورد توجه برنامه‌ریزان و مولفان کتب درسی قرار گرفته است این در حالی است که در پایه‌های دهم و یازدهم تنها به ترتیب ۱/۵ و ۵/۸ درصد از کل صفحات کتاب به بیان مقوله‌های مهم در علم الکتروشیمی پرداخته شده است (جدول ۱). بررسی کتاب شیمی پایه‌های دهم و یازدهم همچنین نشان می‌دهد محتویات علم الکتروشیمی مطرح شده بصورت پراکنده بر روی دو مقوله الکترولیت با فراوانی ۱۰ مضمون در کتاب شیمی پایه دهم و جریان/رسانای الکتریکی به فراوانی ۷ و ۸ مضمون به ترتیب در کتاب شیمی پایه‌های دهم و یازدهم (جدول ۲) متمرکز شده است. بررسی فراوانی مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی در کتاب شیمی پایه دوازدهم نشان داد در این کتاب بیشتر به بیان مفاهیم پایه این علم پرداخته شده است و به چگونگی کمک این علم به حل مسائل زیست محیطی کمتر توجه شده است؛ بطوریکه مقوله انرژی الکتریکی ضریب اهمیت ۸٪ را در بین ضرایب اهمیت دیگر مقوله‌های مطرح در علم الکتروشیمی را دارا است (شکل ۱). بررسی میزان پرداختن به اهمیت

علم در کتاب شیمی سه پایه دوره دوم متوسطه و توجه به رابطه عمودی این محتوا می‌تواند سطح آگاهی دانش‌آموزان از علم الکتروشیمی، به عنوان ابزاری برای برون رفت از مسائل زیست محیطی، را افزایش دهد. نتیجه بدست آمده از این قسمت پژوهش حاضر با تعریف بدریان (۱۳۹۴) از مفهوم سواد شیمی در دوره متوسطه همسو می‌باشد. با درک ضرورت و اهداف آموزش علم الکتروشیمی در مقطع متوسطه امید می‌رود پیوند بین مفاهیم تئوری این علم با فعالیت‌های عملی در راستای اهداف زیست محیطی، عمق یادگیری و قدرت تجزیه و تحلیل دانش‌آموزان بهبود یابد.

سلامت محیط زیست در کنار آموزش علم الکتروشیمی در کتاب شیمی پایه دوازدهم مشخص کرد فراوانی مقوله‌های محیط زیست در مقایسه با مقوله‌های علم الکتروشیمی بسیار کم است (شکل ۲). نتایج نشان داد بیشترین فراوانی مقوله‌های زیست محیطی همراه با علم الکتروشیمی مربوط به مقوله‌های آلودگی و شیمی/انرژی سبز هر کدام تنها با ۴ تکرار می‌باشد. با توجه به نتیجه پژوهش حیدری و زمانی (۱۳۹۲) که نشان دادند لازم است بسیاری از بحث‌های محیط زیستی در کتاب‌های درسی در قالب آموزش مفاهیم مختلف شیمی ارائه گردد، چنین نرخ پایین فراوانی الکتروشیمی محیط زیست در کتاب‌های شیمی دوره دوم متوسطه قابل تأمل است. بررسی لزوم پرداختن به آموزش الکتروشیمی در دوره دوم متوسطه نشان داد بازنگری و گنجانیدن مفاهیم الکتروشیمی محیط زیست در کنار اصول پایه این

منابع

- امیدکار، ع.، مهربانی، ا.، باغبان، ا.، ۱۳۹۴. استخراج پلاتین از کاتالیست مستعمل پلاتین - آلومینا به کمک راکتور بسترجهنده الکتروشیمیایی، چهارمین همایش علمی مهندسی فرآیند.
- بدریان، ع.، ۱۳۹۴. تعریف نظری سواد شیمی از نگاه مدرسان شیمی علمگاه‌ها و دبیران مدارس دوره متوسطه، نوآوری‌های آموزشی، شماره ۵۴، ص ۳۱-۷.
- پالمو، ج.، ای.، ۱۳۹۰. آموزش محیط زیست در قرن ۲۱، ترجمه علی محمد خورشیددوست، تهران: سمت.
- حیدری، پ.، زمانی، ع.، ۱۳۹۲. شیمی محیط زیست در کتاب‌های دوره‌ی متوسطه، هشتمین سمینار آموزش شیمی ایران.
- رادکلیف، م.، ۱۳۷۳. توسعه پایدار، ترجمه حسین نیر، تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی وزارت کشاورزی
- رستمی قشمی، م.، ۱۳۹۲. جایگاه آموزش الکتروشیمی در کتابهای شیمی متوسطه ایران، اولین همایش آموزش الکتروشیمی ایران.
- رستمی قشمی، م.، بارانی، ف.، ۱۳۹۲. محتوای آموزشی الکتروشیمی در مقطع متوسطه کشور ایران، اولین همایش آموزش الکتروشیمی ایران.
- رضایی، ک.، ۱۳۹۴. الکتروشیمی برای کودکان، دومین همایش آموزش الکتروشیمی ایران.
- رمضان‌قوام آبادی، م.، ۱۳۹۲. حفاظت از محیط زیست در حقوق اساسی جمهوری اسلامی ایران، شماره ۶۳ ص ۹۳-۱۴۰.
- زبردست، ا.، ۱۳۸۰. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، ص ۱۳-۲۱.
- شریفی، ع.، ۱۳۹۶. بهینه‌سازی استخراج و بازیافت فلز پالادیوم از کاتالیست مستعمل به روش احیای الکتروشیمیایی: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.
- شفاهی، ف.، ۱۳۹۲. نقد و بررسی آموزش الکتروشیمی در کتاب‌های شیمی دبیرستان، اولین همایش آموزش الکتروشیمی ایران.
- شیخ‌السلامی بوقرانی، م.، شبیری، س.، ۱۳۹۵. جایگاه آموزش محیط زیست در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و قانون اساسی ایران، فصلنامه راهبرد، شماره ۸۰، ص ۳۴۱-۳۲۱.
- صبحی، م.، نژاد کورکی، ف.، عظیم‌زاده، ح.، علی‌طالشی، م.، ۱۳۹۵. آلودگی با فلزات سنگین در غبار کف کارگاه‌های باتری‌سازی شهر یزد در سال ۱۳۹۳، مجله سلامت و محیط زیست، شماره ۱، ص ۱۲۷-۱۳۸.
- فرشادی، ن.، ویسی، م.، ۱۳۹۶. آشنایی کودکان با مفهوم الکتروشیمی با کمک مدل ساده‌ای از باتری، سومین همایش آموزش الکتروشیمی ایران.
- قوام، ع.، وحیدی، ح.، ۱۳۹۸. بررسی چالش‌ها و راهکارهای توسعه مدیریت پسماند در دانشگاه‌ها با رویکرد مدیریت سبز، مطالعات علوم محیط زیست، شماره ۲، ص ۲۴۴۷-۲۴۳۷.
- مجیدی آهی، ا.، برهانی، غ.، هاشمی، س.، ۱۳۸۶. بازیافت پودر اکسید تنگستن از آلیاژ W-Ni-Fe به روش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی، هفتمین همایش علمی-دانشجویی مهندسی مواد و متالورژی ایران.
- محمدی مهر، غ.، ۱۳۹۴. روش تحلیل محتوا (راهنمای عملی تحقیق)، تهران: علم نگار.
- هاشمی، ن.، طیبی، م.، ۱۳۹۶. طراحی آزمایش ساخت باتری غذایی مبتنی بر شیمی سبز، سومین همایش آموزش الکتروشیمی ایران.
- Baghayeri, M., Ghanei-Motlagh, M., Tayebbe, R., Fayazi, M., Narenji, F. 2020. Application of graphene/zinc-based metal-organic framework nanocomposite for electrochemical sensing of As (III) in water resources. *Analytica chimica acta*, Vol. 10, P. 60-67.
- Bagherzadeh, M., Jabouri- Abassi, M., Akrami, Z., 2019. One- step synthesis of reduced graphene oxide and magnetic graphene: characterization and its application in electrochemical detection of lead (II) ions, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Vol. 30. P. 20229-20242.

- Bi, C. C., Ke, X. X., Chen, X., Weerasooriya, R., Hong, Z. Y., Wang, L. C., Wu, Y. C. 2020. Assembling reduced graphene oxide with sulfur/nitrogen- “hooks” for electrochemical determination of Hg (II). *Analytica Chimica Acta*, Vol. 1100, 31-39.
- Hejazifar, M., Lanaridi, O., Bica-Schröder, K. 2020. Ionic liquid based microemulsions: A review, *J. Molecular Liquids*, Vol. 303, P. 112264-112275.
- Kennedy, S. A., Rachel M. C. 2019. Green chemistry as the inspiration for impactful and inclusive teaching strategies, *Integrating Green and Sustainable Chemistry Principles into Education*. Elsevier, P. 1-30.
- Rooyanian, S., Bagherzadeh, M., Akrami, Z., Golikand, A. N. 2018. A simple route to surface functionalization of graphene nanosheets by benzoic acid and its application toward Pb(II) sensing, *New J. Chem.*, Vol. 42, P. 17371-17378.
- Soman, D. P., Kalaichelvi, P., Radhakrishnan. T. K. 2020. Review on suitability of ionic liquids for heat transfer applications, *Emerging Trends in Chemical Engineering*, Vol. 3, P. 40-51.
- Mazloun Ardakani¹, M., Akrami, Z., Kazemian. H., Zare, H. 2009. Preconcentration and Electroanalysis of Copper at Zeolite Modified Carbon Paste Electrode, *Int. J. Electrochem. Sci.* Vol. 4, P. 308 – 319.
- Mazloun Ardakani, M., Akrami, Z., Kazemian, H., Zare, H. 2008. Accumulation and Voltammetric Determination of Cobalt at Zeolite-Modified Electrodes, *J. Anal. Chem.* Vol. 63, P. 184-191.