مطالعه و بررسی میزان درک دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی درباره مفاهیم مربوط به الکتروشیمی و مقایسه نتایج آن با دانش آموزان دوره متوسطه

مسعود سعادتی[۱]

چکیده

مطالعه و بررسی درک دانشجومعلمان درباره مفاهیم علمی ضروری تر از مطالعه درک دانش آموزان است، چرا که وجود کج‌فهمی در بین معلمان بر یادگیری دانش آموزان تاثیر منفی می‌گذارد. هدف از این مطالعه بررسی میزان درک دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی از برخی مفاهیم الکتروشیمی و مقایسه آن با نتایج حاصل برای دانش آموزان است. در این پژوهش ۴۷ نفر از دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی دانشگاه فرهنگیان مشارکت داشتند و به منظور شناسایی کج فهمی های رایج از پرسشنامه ای حاوی هفت پرسش چهارگزینه ای که دربرگیرندهٔ برخی مفاهیم اصلی مرتبط با الکتروشیمی بود، استفاده گردید. آزمون درشرایط عادی کلاس و بدون اطلاع قبلی دانشجویان برگزارگردید. به منظور ارزیابی میزان درک آنها از مفاهیم مرتبط و استخراج کج فهمی های احتمالی، پاسخهای دانشجومعلمان پس از جمع آوری مورد تحلیل آماری و توصیفی قرارگرفت. نتایج پژوهش نشان داد که اگرچه در مقایسه با دانش آموزان میزان درک دانشجومعلمان در بسیاری از موارد بسیار بالا است اما برخی دانشجومعلمان در درک مفاهیم مرتبط با الکتروشیمی دارای کج فهمی هایی مشابه با کج فهمی های دانش آموزان دوره متوسطه هستند. علاوه بر تحلیل نتایج حاصل، از طریق مصاحبه با جمعی از دانشجویان برخی علل بروز این کج فهمی ها شناسایی گردید.

واژگان کلیدی: کج فهمی؛ آموزش الکتروشیمی؛ آموزش شیمی؛ دانشجومعلم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱] استادیار گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، نویسنده مسئول، m.saadati@cfu.ac.ir

دریافت: ۹۷/۸/۹ پذیرش:۹۷/۹/۲۷

مقدمه

یادگیری شیمی به عنوان یکی از مهمترین شاخه های علوم همیشه مورد توجه محققان بوده است. بویژه دشواری یادگیری شیمی از گذشته های دور توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته (اوتو[۱]، ۱۹۳۳) و هنوز هم موضوع بحث متخصصان آموزش شیمی است (سیرهان[۲]، ۲۰۰۷). این نگرانی را بسیاری از محققان دارند و تلاشهای زیادی برای حل این مشکل انجام شده است (نخله[۳]، ۱۹۹۲؛ جانستون[۴]، ۲۰۰۰). در کنار دشواریهای یادگیری ناشی از ماهیت ذاتی علم شیمی از جمله انتزاعی بودن مفاهیم آن، نقش معلمان شیمی در بهبود یادگیری دانش آموزان بسیار مهم است، اما متاسفانه خود معلمان در درک بسیاری از مفاهیم شیمی دچار مشکل هستند. بر اساس یافته های برخی پژوهشها تعداد قابل توجهی از معلمان علوم دارای نسبت بالایی کج فهمی در زمینه مفاهیم مرتبط با شیمی هستند. کج‌فهمی یا بدفهمی به معنای داشتن باورهایی به ظاهر علمی است که مبنای علمی ندارند. طبق اعلام پژوهشگران کشور تایوان، دانشجومعلمان علوم این کشور در زمان انجام این تحقیق برای تدریس دوره های مرتبط با شیمی آماده نبودند و پیشنهاد آنها برگزاری جلسات آموزشی مستمر و گسترده برای تقویت دانش محتوای معلمان علوم قبل از اجرای برنامه درسی جدید در آن کشور بوده است (چینگ یانگ چو[۵]، ۲۰۰۲). بر اساس گزارشات منتشر شده در منابع علمی، مفاهیم بسیاری در شیمی وجود دارند که مشخص شده است دانشجومعلمان یا معلمان مشغول به خدمت در درک درست آنها دارای مشکلاتی بوده اند. از جمله این مفاهیم می توان به مفاهیم مرتبط با شیمی محلولها (اوزدن[۶]، ۲۰۰۹)، مفهوم سرعت واکنش (سحرتکین[۷]، ۲۰۱۱)، مفهوم تبخیر و فشار بخار (جانپولات[۸]، ۲۰۰۶)، مفهوم اثر گلخانه ای (چلیکلر[۹]، ۲۰۱۴)، مفهوم گشتاور و نیرو (بایراکدار[۱۰]، ۲۰۰۹) و تفاوت بین ضایعات سلولی و ضایعات گوارشی (چکن[۱۱]، ۲۰۱۴) می توان اشاره کرد. بر این اساس است که امیلیو دوران[۱۲] ادعا کرده است با وجود گذشت بیش از سه دهه از شروع تحقیق روی تغییر مفهومی، معلمان هنوز دارای کج فهمی هایی شبیه به کج فهمی های دانش آموزان خودشان هستند (امیلیو دوران، ۲۰۱۱).

درک معلمان از مفاهیم علمی به طور مستقیم بستگی به نحوه پاسخ آنها به سوالات دانش آموزان دارد. از آنجاییکه کودکان بر اساس تجربیات قبلی خود، ایده های اولیه ی متفاوتی (شامل پیش مفاهیم نادرست یا ایده های درست) دارند، اگر بصورت مناسب راهنمایی شوند می توانند پیش مفاهیم نادرست خود را به صورت های جدیدی که درست باشد بازسازی کنند. اما اگر آنها راهنمایی مناسبی دریافت نکنند، پیش مفاهیم ذهنی آنها بازسازی شده و به ایده های جایگزین جدیدی تبدیل می شوند که ما آنها را کج فهمی می نامیم (ماریا کمبوری[۱۳]، ۲۰۱۶). وجود کج‌فهمی بر یادگیری تاثیر منفی می‌گذارد و ساختن مفاهیم جدید مطابق با ایده های علمی پذیرفته شده را دشوار می‌سازد. بنابراین، در یک روش آموزشی موثر مطلوب آن است که بدفهمی ها دقیقا

---

[۱] Otto
[۲] Sirhan
[۳] Nakhleh
[۴] Johnstone
[۵] Ching-yang Chou
[۶] Özden
[۷] SeherTekin
[۸] Canpolat
[۹] Çelikler
[۱۰] Bayraktar
[۱۱] Ceken
[۱۲] Emillio Duran
[۱۳] Maria Kambouri

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شناخته شوند و برای مقابله یا رفع آنها چاره اندیشی شود (سعادتی، ۱۳۹۴). از این روست که تمرکز بر روی میزان درک دانشجومعلمان و معلمان درحال خدمت، در مواردی مهم تر از بررسی کج فهمی های دانش آموزان است.

یافته های حاصل از پژوهشها نشان می دهد که نسبت قابل توجهی از معلمان، دانشجومعلمان و دانش آموزان دوره متوسطه دارای نسبت قابل ملاحظه ای از کج فهمی ها در مفاهیم مربوط به الکتروشیمی هستند. گارنت و تریگاست[۱] از جمله محققینی هستند که درباره کج فهمی های الکتروشیمی مطالعات زیادی انجام داده اند. آنها در سال ۱۹۹۰ با بررسی درک دانش آموزان درباره الکتروشیمی، کج فهمی های متداول آنها در مورد واکنشهای اکسایش - کاهش، مدار الکتریکی، سلولهای گالوانی و سلولهای الکترولیتی را با مصاحبه های صورت گرفته مشخص و منابع احتمالی این کج فهمی ها را معرفی نمودند (گارنت و تریگاست، ۱۹۹۰). برای مقایسه نتایج حاصل و بررسی امکان تعمیم نتایج حاصل از پژوهشهای آنها به دیگر مفاهیم الکتروشیمی، برخی از محققان با تکرار مصاحبه ها و استفاده از سوالات طراحی شده توسط گارنت و تریگاست در مورد سلولهای گالوانیک و سلولهای الکترولیتی در کشورهای دیگر یافته های پژوهشهای آنها را گسترش دادند. سانگر[۲] و همکاران با تکرار این مصاحبه ها برای دانشجویان رشته شیمی کج فهمی های جدیدی از جمله عدم وابستگی پتانسیل سلولها به غلظت یونها را استخراج نمودند (سانگر، ۱۹۹۷). سانگر و همکاران با بررسی کتابهای دانشگاهی و منابع مورد استفاده در آموزش الکتروشیمی دریافتند که برخی از کج فهی ها از طریق این منابع ایجاد می شود (سانگر، ۱۹۹۹). گروهی از پژوهشگران با طراحی یک مدل تدریس الکتروشیمی ضمن بهبود میزان درک دانش آموزان و دانشجویان آفریقای جنوبی به این نتیجه رسیدند که کج فهمی های مشاهده شده شبیه همانهایی است که در پژوهشهای قبلی و برای مناطق دیگر جهان گزارش شده است (هادل[۳]، ۲۰۰۰).

مطالعات انجام یافته توسط برخی دیگر از پژوهشگران نشان داد که اگرچه بسیاری از دانش آموزان میتوانند مسائل عددی الکتروشیمی را حل کنند ولی تعداد خیلی کمی از آنها قادرند به پرسشهای کیفی، که درک عمیق تری از مفاهیم را می طلبد جواب دهند (بردلی[۴]، ۱۹۹۴). مطالعه روی دانش آموزان مالزیایی با استفاده از سوالات باز پاسخ و انجام مصاحبه، نشان داد که دانش آموزان مالزیایی درباره برخی مفاهیم الکتروشیمی از جمله الکترولیز دارای بدفهمی هستند. نتایج این تحقیق نشان داد که آنها در تشخیص آند و کاتد، تحلیل واکنشهای انجام شده در الکترولیز و نوشتن معادلات شیمیایی مربوط به این واکنشها دارای کج فهمی هستند (تین لی[۵]، ۲۰۱۵). پژوهشگران کشور ترکیه در سالهای اخیر تحقیقات زیادی روی کج فهمی های دانشجومعلمان دانشگاههای تربیت معلم خود انجام داده اند. بایراک چکن[۶] و همکارانش درک دانشجومعلمان درباره مفاهیم الکتروشیمی را با استفاده از روشهای تحقیق کیفی و کمی مورد مطالعه قرار دادند. آنها از سوال، مصاحبه و بحث گروهی برای جمع آوری داده ها استفاده کردند. مطالعه آنها نشان داد که دانشجومعلمان کج فهمی های قابل توجهی در مفاهیم الکتروشیمی دارند که برخی از آنها در مطالعات قبلی گزارش نشده است (بایراک چکن، ۲۰۱۵).

به دلیل اهمیت بررسی میزان درک دانشجومعلمان از مفاهیم شیمی به عنوان معلمان آینده، در کار پژوهشی حاضر میزان درک دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی شاغل به تحصیل در دانشگاه فرهنگیان (پردیس علامه طباطبایی اردبیل) درباره مفاهیم مرتبط با الکتروشیمی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. از آنجا که در کنار استخراج کج فهمی های احتمالی هدف دیگر پژوهش مقایسه میزان درک دانشجومعلمان با دانش آموزان دوره متوسطه بود، از سوالات

---

[۱] Garnett & Treagust
[۲] Sanger
[۳] Huddle
[۴] Bradley
[۵] Tien Lee
[۶] Bayrakceken

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استفاده شده در پژوهش گروه عبدالله میرزایی استفاده گردید (عبدالله میرزایی، ۱۳۹۴). عبدالله میرزایی و همکاران با هدف تشخیص کج فهمی های دانش آموزان در یادگیری مفاهیم الکتروشیمی در دورهٔ متوسطه، تحقیقی را روی دانش آموزان دورهٔ پیش دانشگاهی مناطق آموزشی مختلف شهر تهران انجام دادند. آنها به منظور شناسایی کج فهمی های رایج دانش آموزان از پرسش نامه ای حاوی هفت پرسش چهارگزینه ای و یک پرسش باز پاسخ استفاده کرده اند و از تحلیل پاسخهای داده شده به هر سؤال، کج فهمی های دانش آموزان در آن موضوع استخراج گردیده است. آنها معتقدند موارد شناسایی شده از کج فهمی های رایج دانش آموزان می تواند در بهبود روش های تدریس و تهیه محتوای آموزشی مورد استفاده قرار گیرد.در پژوهش حاضر از همین پرسشها که دربرگیرندهٔ مفاهیم اکسایش- کاهش، پتانسیل های الکترودی، مفهوم آند و کاتد، چگونگی کامل شدن مدار الکتریکی در سلول های گالوانی، الکترود استاندارد هیدروژن و نقش پل نمکی در سلول های الکتروشیمیایی است، استفاده گردید. پاسخهای دانشجومعلمان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت، درصد پاسخهای صحیح و نادرست محاسبه و با تحلیل آنها کج فهمی های مرتبط استخراج گردید. یافته های این تحقیق با نتایج حاصل برای دانش آموزان مقایسه گردید. هدف از این کار شناخت نقاط ضعف آموزش مفاهیم علمی و مقابله با کج فهمی های دانش آموزان در آینده است.

روش پژوهش

برای انجام این تحقیق از روش توصیفی- تحلیلی استفاده شد. برای جمع آوری اطلاعات دانشجومعلمان و به منظور امکان مقایسه نتایج، پرسشنامه ای شامل ۷ پرسش چهارگزینه ای مشابه سوالات پژوهش انجام یافته توسط گروه عبدالله میرزایی که دربرگیرنده پرسشهایی در رابطه با مفاهیم الکتروشیمی شامل تعریف اکسایش- کاهش، مفهوم پتانسیل الکترودی، اندازه گیری پتانسیل کاهشی الکترودها، مفهوم آند و کاتد، چگونگی رسانایی الکتریکی در سلولهای الکتروشیمیایی، نحوه عملکرد و لزوم پل نمکی در سلولهای الکتروشیمیایی بودند، مورد استفاده قرار گرفت. با وجودی که روایی این پرسشنامه قبلا توسط گروه اثبات شده بود اما با استفاده از نظرات دو تن از همکاران رشته شیمی تجزیه دانشگاه این کار مجددا مورد بررسی قرار گرفت و پرسشنامه ها بدون تغییر در اختیار دانشجومعلمان قرار گرفت.

جامعه آماری این پژوهش دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی پردیس علامه طباطبایی اردبیل (دانشگاه فرهنگیان) می‌باشد.در این پردیس یک کلاس به تعداد ۴۷ نفر شامل دانشجومعلمانی از استانهای شمال و شماغرب کشور در این رشته مشغول به تحصیل هستند. از آنجا که یکی از اهداف اصلی تحقیق مقایسه نتایج با نتایج حاصل برای دانش آموزان است همه آنها به عنوان نمونه آماری در این تحقیق در نظر گرفته شد. آزمون در شرایط عادی و بدون اطلاع قبلی دانشجومعلمان برگزار گردید. مدت زمان در نظر گرفته شده برای آزمون ۳۰ دقیقه بود. پاسخهای دانش آموزان پس از جمع آوری هم بصورت آمار کمی (درصد پاسخهای صحیح و نادرست) و هم بصورت توصیفی به منظور استخراج کج‌فهمی های دانشجومعلمان تحلیل شد. برای قضاوت درست درباره پاسخهای دانشجومعلمان و پی بردن به علت بروز از کج فهمی ها به صورت محدود با برخی از آنها بصورت حضوری مصاحبه شد. دانشجومعلمان در زمان انجام تحقیق درس شیمی تجزیه ۲ را که به مباحث الکتروشیمی مربوط میشود یکسال قبل گذرانده بودند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته ها و نتایج

سوال اول به منظور بررسی درک دانشجومعلمان از مفهوم اکسایش و کاهش طراحی گردیده است:

۱- کدام یک از گزینه های زیر در مورد واکنش $H_2O(l) + 2F_2(g) \rightarrow OOF_2(g) + 2HF(g)$ درست است؟

الف- اتمهای F به دلیل گرفتن اکسیژن اکسایش یافته اند.

ب- اتمهای F به دلیل گرفتن هیدروژن کاهش یافته اند.

پ- برخی از اتمهای F کاهش و برخی اکسایش یافته اند.

ت- اتمهای F به دلیل به دست آوردن الکترون کاهش یافته اند.

با بررسی پاسخهای داده شده مشخص گردید که تنها ۱۹ نفر یعنی ۴۰,۴ درصد دانشجومعلمان به این سوال پاسخ درست داده اند. نتایج حاصل از بررسی پاسخهای دانشجومعلمان در جدول ۱ آورده شده است. در این جدول نتایج به ترتیب گزینه گزارش شده و برای کمک به خوانندگان، پاسخ درست به صورت بولد مشخص شده است. بیشترین پاسخ نادرست مربوط به گزینه پ است که با ۲۳ پاسخ نادرست و ۴۸,۹ درصد پاسخ دهندگان حتی بیشتر از گزینه صحیح است. از آنجا که در پژوهش انجام یافته درباره دانش آموزان، نتایج بر اساس جنسیت و منطقه آموزشی گزارش شده، لذا در نتایج ارایه شده در جدول ۱ به این دو مولفه توجه شده است. پراکندگی درصد پاسخهای دانش آموزان مربوط به مناطق مختلف آموزش و پرورش شهر تهران است.

جدول۱. نتایج حاصل از بررسی پاسخهای دانشجومعلمان به سوالات

شماره سوال	موضوع	درصد پاسخ گزینه ۱	درصد پاسخ گزینه ۲	درصد پاسخ گزینه ۳	درصد پاسخ گزینه ۴	درصد بی پاسخ	گروه مورد مطالعه
۱	تعریف اکسایش و کاهش	۴,۳	**۴,۳**	۴۸,۹	**۴۰,٤**	۰	دانشجومعلمان
		۲۷-۳۳	۱۲-۱۶	۱۶-۱۸	**۳۲-۳٤**	۱-۳	دانش آموزان پسر
		۱۱-۱۹	۵-۱۹	۳۶-۵۵	**۱۵-۲۱**	۲-۱۰	دانش آموزان دختر
۲	صفر بودن پتانسیل کاهشی استاندارد هیدروژن	۰	۶,۴	**۹۳,٦**	۰	۰	دانشجومعلمان
		۱۱-۱۲	۱۵-۱۷	**٦۲-٦۵**	۵-۷	۰-۲	دانش آموزان پسر
		۲-۷	۳-۶	**۷۹-۹۰**	۲-۱۲	۱-۲	دانش آموزان دختر
۳	نحوه ایجاد پتانسیل بین الکترود و الکترولیت	۲۳,۴	**۳٤**	۴,۳	**۳٤**	**۴,۳**	دانشجومعلمان
		۲۵-۳۵	**٤٦-٤۸**	۱۷-۲۲	**۸-۱۰**	۰-۳	دانش آموزان پسر
		۱۰-۱۲	**٤۵-۵۵**	۸-۱۲	**۸-۱۲**	۴-۱۰	دانش آموزان دختر
۴	مفهوم آند و کاتد	۰	۶,۴	۶,۴	**۸۷,۲**	۰	دانشجومعلمان
		۱۲-۱۸	۱۰-۱۲	۲۰-۲۸	**٤۵-۵۲**	۰-۴	دانش آموزان پسر
		۱-۵	۸-۱۸	۱۴-۳۰	**٤۸-۷۵**	۱-۱۶	دانش آموزان دختر

۵	کامل شدن مدار الکتریکی در محلول الکترولیت	۶,۴	۴,۳	**۸۵,۱**	۴,۳	۰	دانشجومعلمان
		۱۳-۱۷	۱۷-۱۸	**۳۷**	۲۵-۲۷	۳-۵	دانش آموزان پسر
		۹-۲۰	۹-۱۹	**۳۸-۵۵**	۱۲-۲۰	۳-۷	دانش آموزان دختر
۶	ارتباط مکان فیزیکی الکترود ها با نقش آنها	۸,۵	۱۷	۱۷	**۵۱,۱**	۶,۴	دانشجومعلمان
		۲۱-۲۳	۰-۲۱	۱۹-۲۱	**۲۸-۶۲**	۰-۱۰	دانش آموزان پسر
		۰-۱۰	۰-۴۵	۰-۳۵	**۲۸-۷۸**	۶-۲۴	دانش آموزان دختر
۷	چگونگی حرکت الکترون در سلولهای گالوانی	۱۴,۹	۸,۵	۸,۵	**۶۸,۱**	۰	دانشجومعلمان
		۲۴-۳۵	۰-۱۵	۰-۳۵	**۱۵-۶۲**	۲-۱۲	دانش آموزان پسر
		۰-۳۴	۴-۲۱	۴-۲۵	**۳۲-۸۲**	۵-۱۶	دانش آموزان دختر

سوال دوم به منظور بررسی درک دانشجومعلمان از علت اختصاص عد صفر به پتانسیل کاهشی استاندارد هیدروژن طرح شده است:

۲- پتانسیل کاهشی الکترود استاندارد هیدروژن صفر است، چون:

الف- به تنهایی هیچ پتانسیل الکترودی قابل اندازه گیری نیست.

ب- اتم های هیدروژن تمایلی به گرفتن یا دادن الکترون ندارند.

پ- به عنوان مبنایی برای اندازه گیری پتانسیل الکترودی دیگر گونه ها انتخاب شده است.

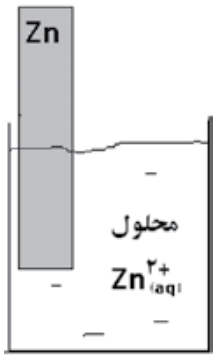
ت- پتانسیل الکترودی آن با خودش سنجیده می شود.

همانطور که در جدول مشاهده می شود از بین ۴۷ دانشجومعلم شرکت کننده ۴۵ نفر به این سوال پاسخ صحیح دادند (گزینه پ را انتخاب نموده اند). تنها ۲ نفر از آنها گزینه ب را به عنوان پاسخ درست برگزیده اند. هیچ دانشجومعلمی گزینه الف و ت را انتخاب نکرده و هیچ دانشجومعلمی سوال را بی پاسخ نگذاشته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

سوال سوم با هدف ارزیابی میزان درک دانشجومعلمان و دانش آموزان از نحوه ایجاد پتانسیل بین الکترود و الکترولیت طراحی شده است:

۳- کدام یک از گزینه های زیر در مورد بار الکتریکی تیغهٔ الکترود و محلول الکترولیت آن در شکل روبرو درست است



الف- قبل از ورود، تیغه خنثی است و محلول دارای بار مثبت است .

ب- بعد از ورود، تیغه دارای بار منفی و محلول دارای بار مثبت است .

پ- بعد از ورود، تیغه و محلول هرکدام از نظر الکتریکی خنثی هستند .

ت- بعد از ورود، مجموعه تیغه و محلول خنثی است .

در این سوال که هر دو گزینه ب و ت صحیح هستند، ۱۶ نفر گزینه ب و ۱۶ نفر گزینه ت را انتخاب نموده اند که در مجموع ۶۸ درصد دانشجومعلمان (۳۲ نفر) به این سوال پاسخ درست دادند (جدول ۱). ۱۱ نفر معادل ۲۳,۴ درصد دانشجومعلمان گزینه نادرست الف و ۲ نفر معادل ۴,۳ آنها گزینه نادرست پ را انتخاب نموده اند و دو نفر نیز به این سوال پاسخ نداده اند.

به منظور ارزیابی درک دانشجومعلمان از مفهوم آند و کاتد سوال چهارم طراحی گردید ۴۱ نفر از ۴۷ دانشجومعلم مورد پرسش یعنی ۸۷,۲ درصد پاسخ دهندگان نقش آند و کاتد در سلول الکتروشیمیایی را درست تشخیص دادند و سه نفر از آنها گزینه الف و سه نفر گزینه ب را انتخاب نمودند (جدول ۱). هیچ کس گزینه ۱ را انتخاب نکرد و هیچ دانشجویی این سوال را بدون پاسخ نگذاشت. تنها دو نفر پاسخ نادرست دادند.

۴- کدا میک از جملات زیر در مورد الکترودهای آند و کاتد در سلو لهای الکتروشیمیایی درست بیان شده است؟

آ- آند مانند آنیون ها همیشه دارای بار منفی و کاتد مانند کاتیون ها دارای بار مثبت است .

ب- آند دارای بار منفی و کاتد دارای بار مثبت است .

پ- آند دارای بار مثبت است، زیرا الکترون از دست می دهد و کاتد دارای بار منفی است زیرا الکترون می گیرد .

ت- در آند عمل اکسایش و در کاتد عمل کاهش صورت می گیرد .

چگونگی درک دانشجومعلمان از کامل شدن مدار الکتریکی در محلول الکترولیت سلو لهای الکتروشیمیایی را سوال ۵ مورد بررسی قرار می دهد:

۵- مدار الکتریکی در محلول الکترولیت یک سلول الکتروشیمیایی چگونه کامل می شود؟

آ- فقط با انتقال آنیون ها و کاتیون های محلول های الکترولیت از طریق پل نمکی مدار کامل می شود .

ب- فقط آنیون ها و کاتیون های سازنده پل نمکی با ورود به محلو لهای الکترولیت و خنثی کردن آن ها موجب کامل شدن مدار می شوند .

پ- همه آنیون ها و کاتیون های موجود در سلول الکتروشیمیایی (پل نمکی و محلول های الکترولیت) در کامل شدن مدار شرکت می کنند .

ت- فقط انتقال آنیون ها از طریق پل نمکی موجب کامل شدن مدار می شود .

۴۰ نفر از دانشجومعلمان (۸۵,۱ درصد) پاسخ درست یعنی گزینه پ را انتخاب نمودند. ۳ نفر (۶,۴ درصد) گزینه الف، ۲ نفر (۴,۳ درصد) گزینه ب و ۲ نفر هم گزینه ت را انتخاب نمودند (جدول ۱). این سوال توسط هیچ کدام از دانشجومعلمان بی پاسخ گذاشته نشده است.

اینکه آیا مکان فیزیکی قرار گرفتن الکترودها در ایفای نقش آند یا کاتد توسط آنها نقش دارد یا نه در سوال ۶ مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل ۲۴ نفر یعنی ۵۱,۱ درصد دانشجومعلمان توانستند تشخیص دهند که آند یا کاتد بودن الکترود ربطی به محل قرارگیری فیزیکی آن ندارد بلکه بر اساس پتانسیل کاهشی آن تعیین می شود. ۴ نفر از پاسخ دهندگان (۸,۵ درصد) گزینه نادرست الف، ۸ نفر (۱۷ درصد) گزینه نادرست ب و به همان تعداد گزینه نادرست پ را انتخاب نمودند. سه نفر معادل ۶,۳ درصد از دانشجومعلمان به این سوال پاسخی نداده اند (جدول ۱).

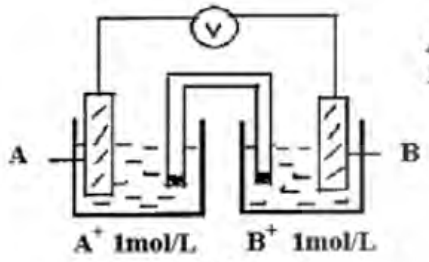
۶- الکترود A و الکترود B با دو آرایش متفاوت در دو شکل زیر تشکیل سلول الکتروشیمیایی داده اند. با توجه به پتانسیل های کاهشی استاندارد داده شده، کدام یک از گزینه های زیر درست است؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید.

الف- در شکل ۱ الکترود A نقش آند و در شکل ۲ الکترود B نقش آند را دارد.

ب- در شکل ۱ الکترود B نقش آند و در شکل ۲ الکترود A نقش آند را دارد.

پ- در هر دو شکل الکترود A نقش آند را دارد.

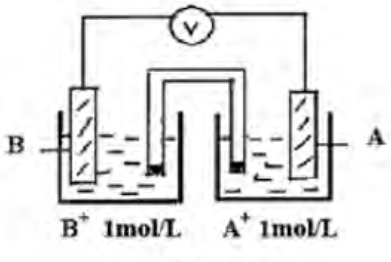
ت- در هر دو شکل الکترود B نقش آند را دارد.



شکل ۱

$A^+ + e \leftrightarrows A \quad E^0 = 0.85\ v$

$B^+ + e \leftrightarrows B \quad E^0 = -0.76\ v$



شکل ۲

و بالاخره در سوال آخر (سوال ۷) درک دانشجومعلمان از چگونگی حرکت الکترون در سلولهای گالوانی مورد ارزیابی قرار گرفت:

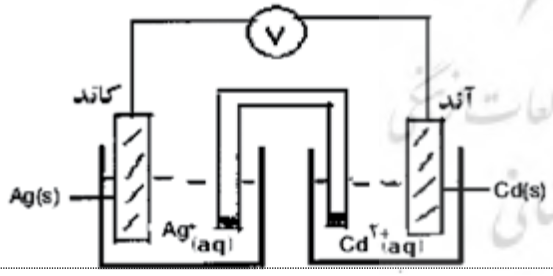
۷- در سلول الکتروشیمیایی زیر واکنش کلی $2Ag(s) + Cd^{2+}(aq)$ $C(())$ $(((2Ag^+())$ صورت می گیرد. مسیر حرکت الکترو نها در کدام گزینه به درستی نشان داده شده است؟

آ- الکترود نقره ← سیم ← الکترود کادمیم

ب- الکترود نقره ← پل نمکی ← الکترود کادمیم

پ- الکترود کادمیم ← پل نمکی ← الکترود نقره

ت- الکترود کادمیم ← سیم ← الکترود نقره

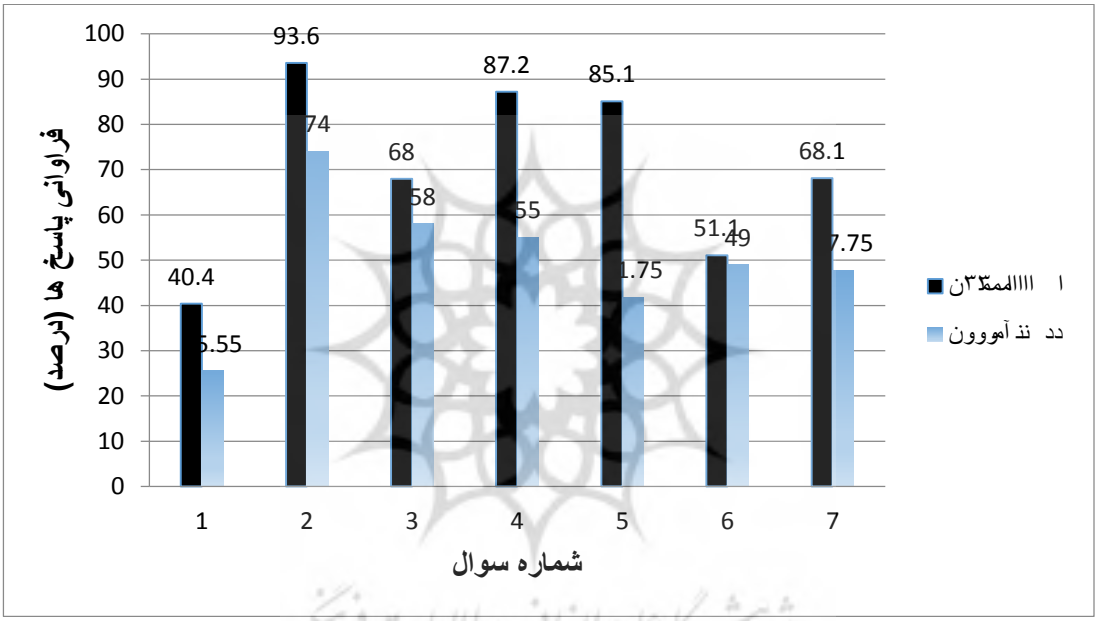


پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود، با بررسی پاسخهای داده شده مشخص گردید که ۳۲ نفر معادل ۶۸,۱ درصد د انشجومعلمان به این سوال پاسخ درست داده اند. ۷ نفر یعنی ۱۴,۹ درصد دانشجومعلمان گزینه الف، ۴ نفر (۸,۵ درصد) گزینه ب و همان تعداد گزینه پ را انتخاب نموده اند. در مجموع حدود ۳۱,۹ درصد (۱۵ نفر) جواب نادرستی را انتخاب نموده اند.

بحث و تحلیل

با بررسی پاسخهای دانشجومعلمان و مقایسه آن با پاسخهای دانش آموزان اولین نکته ای که دریافت می شود آن است که درصد پاسخهای درست آنها از درصد میانگین پاسخهای دانش آموزان بالاست و در برخی از سوالها تفاوت زیادی بین آنها وجود دارد (شکل ۱). بطورمتوسط میانگین پاسخهای درست دانشجومعلمان به سوالات ۲۰ درصد بالاتر از میانگین پاسخهای صحیح دانش آموزان است. این بدان معنی است که میزان درک دانشجومعلمان از مفاهیم الکتروشیمی بیشتر از دانش آموزان است. اما نباید نادیده گرفت که در برخی سوالات از جمله سوال ۶ و ۷ دانش آموزان برخی مناطق آموزش و پرورش شهر تهران درصد پاسخهای بالاتری نسبت به دانشجومعلمان دارند. نکته مهم دیگر آن است که با وجود متفاوت بودن درصد انتخاب گزینه های چهارگانه در سوالات توسط گروه های سه گانه مورد مطالعه شامل دانشجومعلمان و دانش آموزان دختر و پسر، میزان تمایل به انتخاب گزینه های مختلف در هر سوال در سه گروه باهم همخوانی دارند. مثلا در سوال دوم بیشترین انتخاب توسط هر سه گروه گزینه پ بوده است. از طرف دیگر از نتایج گزارش شده در جدول ۱ چنین برمی آید که درحالی که پراکندگی پاسخهای دانش آموزان پسر در سوالات اختلاف زیادی باهم ندارند ولی این پراکندگی در پاسخهای دانش آموزان دختر بطرز فاحشی وجود دارد. به نظر می رسد آمادگی دانش آموزان دختر در برخی مناطق آموزش و پرورش شهر تهران بسیار بالاست.



شکل ۱. مقایسه درصد فراوانی پاسخهای درست به سوالات توسط دانشجومعلمان و دانش آموزان

اکسایش و کاهش به عنوان مفاهیم اساسی مربوط به الکتروشیمی، در تعاریف ناقص قدیمی به گرفتن اکسیژن یا هیدروژن نسبت داده می شد اما امروزه بر اساس مبادله الکترون که جامعتر است تعریف می شود. با بررسی و تحلیل پاسخ دانشجومعلمان به سوال اول می توان دریافت که اکثر دانشجومعلمان

برخلاف دانش آموزان تعریف امروزی اکسایش و کاهش را پذیرفته اند و فقط تعداد کمی از آنها گزینه های آ و ب را انتخاب نموده اند. اما نکته قابل توجه در تحلیل این سوال آن است که بیشترین فراوانی پاسخهای نادرست با ۲۳ پاسخ نادرست مربوط به گزینه ای است که عنوان می کند برخی اتمهای فلوئور موجود در مولکول F_2 با دادن الکترون افزایش و برخی با گرفتن الکترون کاهش می یابند. این درحالی است که اتم های فلوئور الکترونگاتیوترین عنصر جدول تناوبی هستند و همیشه الکترون می گیرند. در واقع دانشجومعلمان با تصور اینکه در اینجا هم تسهیم نامتناسب اتفاق افتاده به انتخاب این پاسخ اقدام کرده اند و به عدد اکسایش اتم فلوئور توجه ننموده اند. این موضوع درباره پاسخهای دانش آموزان نیز ملاحظه می گردد (جدول ۱).

پتانسیل الکترودها مثل بسیاری از مفاهیم دیگر تنها در صورتی می تواند بصورت کمی بیان شود که با یک مبنا سنجیده شود. بر اساس قرارداد، الکترود استاندارد هیدروژن به عنوان مبنا اختیار شده است. در بررسی پاسخهای سوال دوم می توان گفت که تقریبا همه دانشجومعلمان می دانند که علت صفر بودن پتانسیل کاهشی استاندارد هیدروژن مبنا قرار گرفتن آن برای اندازه‌گیری پتانسیل الکترودی دیگر گونه هاست (جدول ۱). تنها سه نفر از دانشجومعلمان گزینه نادرست پ را انتخاب نموده اند. برای پی بردن به علت انتخاب گزینه پ پس از مصاحبه با دانشجویان مشخص شد که این دانشجویان قرار گرفتن هیدروژن در میانه جدول پتانسیل کاهشی استاندارد را به معنی عدم تمایل به از دست دادن یا گرفتن الکترون تعبیر کرده اند. این درحالی است که بررسی پاسخهای دانش آموزان نشان می دهد باوجود بالا بودن درصد پاسخ درست، گزینه های دیگر نیز توسط تعداد قابل توجهی از دانش آموزان به ویژه پسران انتخاب شده است.

با تحلیل پاسخهای داده شده به سوال سوم (درباره ایجاد پتانسیل بین الکترود و الکترولیت) کاملا واضح است که دانشجومعلمان درک عمیقتری نسبت به دانش آموزان در این موضوع دارند. اول اینکه تعداد پاسخهای صحیح دانشجومعلمان بیشتر از دانش آموزان است. دوم در حالی که دانش آموزان اکثرا گزینه ب را به عنوان یکی از گزینه های صحیح برگزیده اند، دانشجومعلمان به طور مساوی هر دو گزینه درست ب و ت را برگزیده اند. جنبه اشاره شده در گزینه ت کمی پیچیده تر از وجه اشاره شده در گزینه ب است و انتخاب آن توسط دانشجومعلمان ناشی از شناخت عمیق آنها از پدیده ها و شرایط حاکم بر الکترود و الکترولیت است. در بررسی نتایج این سوال مشخص می شود که گزینه نادرست الف بیشتر از گزینه نادرست پ توسط دانشجومعلمان و دانش آموزان انتخاب شده است. از طریق مصاحبه با دانشجومعلمان مشخص شد که آنها چنین تصور می کنند که بدلیل وجود یونهای کاتیون، محلول دارای بار مثبت است. این کج فهمی از آنجا ناشی می شود که در کتابهای درسی مدرسه و دانشگاه برای سادگی فقط کاتیونها را در محلول الکترولیت نشان می دهند.

آند و کاتد نیز از مفاهیم کلیدی در مبحث الکتروشیمی هستند. چنانچه مشاهده می شود اکثر دانشجومعلمان (۴۱ نفر) در پاسخ به این سوال گزینه درست ت را انتخاب نموده اند. تنها ۶ نفر از ۴۷ نفر دارای کج فهمی هستند. از این شش نفر ۳ نفر گزینه ب و ۳ نفر گزینه پ را انتخاب نموده اند. پاسخهای این شش نفر دقیقا عکس یکدیگر است. یکی از گزینه ها فقط نسبت به بار آند و کاتد در سلول گالوانی و دیگری فقط در سلول الکترولیزی درست است. در حالی که بار آند و کاتد در دو نوع سلول الکتروشیمیایی متفاوت است آنچه همیشه ثابت است آن است که آند محل اکسایش و کاتد محل کاهش است. در قیاس با دانش آموزان مشاهده میشود که میزان شیوع کج فهمی در دانش آموزان بسیار بیشتر از دانشجومعلمان است. این موضوع هم از نظر تعداد پاسخهای صحیح آنها و هم توزیع پاسخهای نادرست مشخص است.

درک جریان الکترو نها در یک رسانای فلزی در بخش بیرونی سلو لهای الکتروشیمیایی برای کامل شدن مدار برای دانش آموزان و دانشجومعلمان خیلی سخت نیست، زیرا آنها تجربه تشکیل مدار الکتریکی را بارها در زندگی روزمره و حتی در مدارس دیده اند. آنچه محل تامل است و امکان وجود کج فهمی در آن بیشتر است نحوه کامل شدن مدار در بین محلو لهاست. زیرا تجربه عملی آن برای دانش آموزان و دانشجومعلمان فراهم نمی شود و تنها توضیحات معلمان و کتابهای درسی منبع درک این مفهوم برای آنهاست. سوال پنجم برای ارزیابی میزان درک دانشجومعلمان از این پدیده است. بیش از ۸۵ درصد (۴۰

نفر) دانشجومعلمان به این سوال پاسخ درست دادند و معتقد هستند که همه آنیونها و کاتیونها در کامل شدن مدار در سلول الکترو شیمیایی مشارکت دارند که بیش از دوبرابر میانگین پاسخهای درست دانش آموزان است (جدول ۱). به نظر می رسد وقتی سوال پیچیده تر می شود فاصله بین پاسخهای دانشجومعلمان و دانش آموزان بیشتر می شود. در مجموع کمتر از ۱۵ درصد دانشجومعلمان در انتخاب گزینه درست اشتباه کرده اند.

نتایج حاصل از بررسی پاسخهای سوال کمی دور از انتظار بود. اگرچه میانگین پاسخهای درست دانشجومعلمان بطور جزئی بالاتر از دانش آموزان بود اما اشتباه نزدیک به نیمی از آنها در انتخاب پاسخ درست غیرمنتظره بود. اگرچه پس از مصاحبه با برخی از آنها ادعا کردند که فاصله گرفتن از مطالعه الکتروشیمی در طی یکسال گذشته باعث فراموشی و عدم آمادگی آنها شده وگرنه در درک مفهوم مشکلی ندارند اما علیرغم این ادعا این تصور که هر نیم سلولی در سمت چپ شکل قرار گرفت آند است و طرف مقابل کاتد، تصور نادرستی است که متاسفانه حتی دانشجومعلمان رشته شیمی نیز با آن مواجهند. ادعای فراموشی از ۸ نفری که گزینه پ را انتخاب کرده اند قابل پذیرش است. زیرا می توان چنین تفسیر کرد که آنها می دانند محل آند یا کاتد ربطی به مکان قرار گرفتن ندارد و به تعیین آند و کاتد بر اساس پتانسیل استاندارد توجه نموده اند اما محل آند و کاتد را اشتباه تشخیص داده اند.

در سوال آخر درک دانشجومعلمان از چگونگی حرکت الکترون در سلولهای گالوانی مورد ارزیابی قرار گرفت. پاسخ مورد قبول حرکت الکترون در مدار خارجی و از الکترود آند به طرف الکترود کاتد است. بیش از ۶۸ درصد دانشجومعلمان (۳۲ نفر) درک درستی از مسیر حرکت الکترون در سلول گالوانی دارند. ۷ نفر معادل ۱۴,۵درصد دانشجومعلمان بر این باورند که الکترون در مدار خارجی حرکت می کند اما مسیر حرکت را از کاتد به طرف آند انتخاب نموده اند. این بیشترین پاسخ نادرست در بین گزینه های غیرصحیح است. ۴ نفر نفر معادل ۸,۵ درصد گزینه ب و به همان تعداد گزینه پ را انتخاب نموده اند که به حرکت الکترون از پل نمکی اشاره می کند و لذا نزدیک به ۳۲ درصد دانشجومعلمان (۱۵ نفر) درباره این مفهوم دارای کج فهمی هستند. هرچند در این مفهوم نیز میزان درک دانشجومعلمان از دانش آموزان بیشتر است.

با بررسی و تحلیل پاسخهای دانشجومعلمان در این تحقیق کج فهمی های موجود در بین آنها درباره مفاهیم مرتبط با الکتروشیمی استخراج شده و در جدول ۲ آمده است. مطالعه این موارد و مقایسه آنها با کج فهمی های استخراج شده در کار پژوهشی عبدالله میرزایی و همکاران نشان می دهد که نوع کج فهمی ها تفاوت چندانی باهم ندارند فقط میزان شیوع آنها با هم متفاوت است. بسیاری از این کج فهمی ها در پژوهشهای انجام شده قبلی توسط پژوهشگران نیز گزارش شده است (سانگر، ۱۹۹۷؛ گارنت و تریگاست، ۱۹۹۰). در مجموع میزان شیوع این کج فهمی ها در بین دانشجومعلمان کمتر از دانش آموزان است. از آنجا که در رشته آموزش شیمی درسی برای بررسی کج فهمی های شیمی دبیرستان پیش بینی شده است می توان از این فرصت برای رفع بسیاری از این کج فهمی ها استفاده کرد.

نتیجه گیری

با بررسی نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می شود که علیرغم تفاوت قابل توجه در میزان درک دانشجومعلمان از مفاهیم مرتبط با الکتروشیمی در قیاس با دانش آموزان، مساله وجود کج فهمی در میان دانشجومعلمان بسیار جدی است. دانشجومعلمان در مجموع درک بهتری از مفاهیم دارند اما از آنجا در آینده نزدیک وظیفه آموزش این مفاهیم در مدارس برعهده این دانشجویان گذاشته خواهد شد همین مقدار هم نباید وجود داشته باشد.

از طریق مصاحبه با دانشجومعلمان و بررسی پاسخهای آنها می توان گفت دلایل متعددی برای بروز کج‌فهمی در بین دانشجومعلمان وجود دارد که از آن جمله می توان به عدم پرداختن به مفاهیم پایه ای در دانشگاه و باقی ماندن کج‌فهمی های قبلی آنها، عدم استفاده از مدلها و تصاویر شماتیک برای آموزش برخی مفاهیم پیچیده، استفاده از مثالهای تکراری در آموزش مفاهیم علمی و حفظ کردن مفاهیم به جای درک آنها اشاره کرد. خوشبختانه راه اندازی دانشگاه

فرهنگیان و ورود تخصصی به مباحث آموزش علوم پایه مثلا وجود درسی به نام بررسی کج فهمی های مفاهیم شیمی دبیرستان فرصت مغتنمی است تا این کج فهمی ها رفع شود.

نوع کج فهمی	تعداد پاسخ	فراوانی (درصد)
اتمهای فلوئور به دلیل گرفتن اکسیژن اکسایش یافته اند.	۲	۴,۳
در یک واکنش، همزمان برخی از اتمهای فلوئور کاهش و برخی اکسایش یافته اند.	۲۳	۴۸,۹
به دلیل عدم تمایل یا عدم شرکت اتمهای هیدروژن در واکنشهای مبادلهٔ الکترون، پتانسیل الکترود استاندارد هیدروژن صفر است.	۳	۶,۴
در یک نیم سلول تیغه فلزی قبل از ورود به داخل الکترولیت خنثی است و محلول دارای بار مثبت است.	۱۱	۲۳,۴
در یک نیم سلول تیغه فلزی و محلول بعد از ورود تیغه خنثی هستند	۲	۴,۳
در سلول الکتروشیمیایی آند همیشه دارای بار منفی و کاتد همیشه دارای بار مثبت است.	۳	۶,۴
در سلول الکتروشیمیایی آند دارای بار مثبت است، زیرا الکترون از دست می دهد و کاتد دارای بار منفی است زیرا الکترون می گیرد.	۳	۶,۴
مدار الکتریکی در محلول الکترولیت یک سلول الکتروشیمیایی فقط با انتقال آنیونها و کاتیونهای محلولهای الکترولیت از طریق پل نمکی مدار کامل می شود.	۳	۶,۴
فقط آنیونها و کاتیونهای سازنده پل نمکی با ورود به محلو لهای الکترولیت و خنثی کردن آنها موجب کامل شدن مدار در یک سلول الکتروشیمیایی می شوند.	۲	۴,۳
فقط انتقال آنیونها از طریق پل نمکی موجب کامل شدن در یک سلول الکتروشیمیایی می شوند.	۲	۴,۳
آند الکترودی است که در سمت راست یک سلول الکتروشیمیایی و کاتد الکترودی است که در سمت چپ آن قرار می گیرد.	۸	۱۷
آند الکترودی است که در سمت چپ یک سلول الکتروشیمیایی و کاتد الکترودی است که در سمت راست آن قرار می گیرد.	۴	۸,۵
آند الکترودی است که پتانسیل کاهشی استاندارد زوج موجود در آن بزرگتر است.	۸	۱۷
در یک سلول الکتروشیمیایی الکترون از پل نمکی عبور می کند	۸	۱۷
در یک سلول الکتروشیمیایی الکترون از کاتد به طرف آند جاری می شود	۷	۱۴,۹

منابع

سعادتی، مسعود، (۱۳۹۴). پیشگیری از کج فهمی پیش از ابتلا، *رشد آموزش شیمی*، شماره ۴ دوره ۲۸، صفحات ۲۰-۱۶.

عبداله میرزائی، رسول؛ کوهی فائق، امراله و ارشدی، نعمت الله. (۱۳۹۴). کج فهمی های دانش آموزان در یادگیری مفاهیم الکتروشیمی در دبیرستان. *نوآوریهای آموزشی*، شماره ۵۶، ۱۵۰-۱۲۴.

Bayraktar, S. (۲۰۰۹). Misconceptions of Turkish Pre-Service Teachers about Force and Motion. *International Journal of Science and Mathematics Education*, ۷(۲), ۲۷۳-۲۹۱

Bradley, J. D. & Ogude, A. N. (۱۹۹۶). Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells. *Journal of Chemical Education, ۷۳*(۱۲), ۱۱۴۵-۱۱۴۹.

Burgoon, J. N., Heddle, M. L., & Duran, E. (۲۰۱۰). Re-Examining the Similarities Between Teacher and Student Conceptions About Physical Science. *Journal of Science Teacher Education,* ۲۱(۷), ۸۵۹-۸۷۲

Canpolat, N., Pinarbasi, T. & Sozbilir, M. (۲۰۰۶). Prospective teachers' misconceptions of vaporization and vapor pressure. *Journal of Chemical Education*, ۸۳(۸), ۱۲۳۷-۱۲۴۲.

Celikler, Dilek & Aksan, Zeynep. (۲۰۱۴). Determination of Knowledge and Misconceptions of Pre-service Elementary Science Teachers about the Greenhouse Effect by Drawing. Procedia - *Social and Behavioral Sciences*. ۱۳۶. ۴۵۲-۴۵۶.

Çeken, R. (۲۰۱۴). Primary school teacher education students' misconception on waste. *International Journal of Academic Research*, ۶(۳), ۱۹-۲۳.

Chou, C. Y. (۲۰۰۲). Science teachers' understanding of concepts in chemistry. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D),* ۱۲(۲), ۷۳-۷۸.

Garnett, P. J. & Treagust, D. F. (۱۹۹۰). Implications of research on students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education,* ۱۲, ۱۴۷-۱۵۶.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Johnstone, A. H. (۲۰۰۰). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, ۱(۱), ۹-۱۵.

Kambouri, M. (۲۰۱۶). Investigating early years teachers' understanding and response to children's preconceptions. *European Early Childhood Education Research Journal*, ۲۴(۶), ۹۰۷-۹۲۷.

Kolomuç, A. & Tekin, S. (۲۰۱۱). Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, ۳(۲), ۸۴-۱۰۱.

Li Bong, A. Y. & Lee T. T. (۲۰۱۶). Form four students' misconceptions in electrolysis of molten compounds and aqueous solutions. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, ۱۷(۱), article ۸.

Nakhleh, M. B. (۱۹۹۲). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, ۶۹(۳), ۱۹۱.

Ogude, A.N. & Bradley, J.D. (۱۹۹۴). Ionic Conduction and Electrical Neutrality in Operating Electrochemical Cells, *Journal of Chemical Education*, ۷۱(۱), ۲۹-۳۴.

Özden, M. (۲۰۰۹). Prospective Science Teachers' Conceptions of the Solution Chemistry, *Journal of Baltic Science Education*, ۸(۲), ۶۹-۷۸.

Otto, C. (۱۹۳۳). Why some students do not elect chemistry. *School Science and Mathematics*, ۳۳(۹), ۹۹۶-۹۹۸.

Rogers, F., Huddle, P. A., & White, M. D. (۲۰۰۰). Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, ۷۷(۱), ۱۰۴.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (۱۹۹۷). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, ۳۴, ۳۷۷-۳۹۸.

Sanger, M.J. & Greenbowe T.J. (۱۹۹۹). An Ana۱ysis of College Chemistry Textbooks as Sources of Misconceptions and Errors in Electrochemistry: Galvanic, Electrolytic and Concentration Cells. *Journal of Chemical Education*, ۷۶(۶), ۸۵۳-۸۶۰.

Sirhan G. (۲۰۰۷). Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, ۴, ۲-۲۰.

Yilmaz, A. & Bayrakceken, S. (۲۰۱۵). Determining of the prospective teachers' understandings of electrochemistry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, ۱۷۴, ۲۸۳۱ – ۲۸۳۸.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی