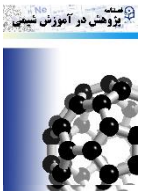
مقاله پژوهشی

پژوهش در آموزش شیمی، سال پنجم، شماره سوم، صفحات ۹۷-۸۲



پژوهش در آموزش شیمی

https://chemedu.cfu.ac.ir

طراحی واحد یادگیری برای آموزش موضوع تولید گاز هیدروژن و اکسیژن طی فرایند تجزیه الکتروشیمیایی آب در سلول الکترولیتی

خلیل عطائی [۱*] ، امیر دوستدار [۲]

[۱] دبیر شیمی اداره آموزش و پرورش، ناحیه ۱، اردبیل، ایران

[۲] دبیر شیمی اداره آموزش و پرورش، ناحیه۲، اردبیل، ایران

چکیده

انجام آزمایش بر پایه ی مفاهیمی که علم شیمی بر آن بنا شده است، در آموزش مباحث این علم نقش کلیدی دارد. این کار، دانش‌آموزان را به چالش کشیده، آنها را درگیر مباحث تدریس در کلاس می‌کند. همچنین روحیه همکاری، ارتباط صحیح با هم نوعان، اشتراک اطلاعات بین دانش آموزان و به نوعی هم دلی را در آنها تقویت می کند. در طی این نوع یاددهی و یادگیری، خلاقیت دانش آموزان بروز کرده و دانش آموزان را به یادگیرندگان فعال و عمیق تبدیل می کند. موضوعاتی در شیمی متوسطه مطرح است که درک عمیق آن برای دانش آموزان با چالش همراه است. مهم ترین این مباحث الکتروشیمی است که در آن سلول‌های گالوانی، الکترولیتی، برقکافت آب و خوردگی آهن، به خاطر عدم درک عمیق ساختار الکترونی اتم ها و یون ها، ساختار مولکول ها و همچنین واکنش های اکسایش- کاهش با چالش اساسی مواجه هستند. در این تحقیق، سعی شده تا طراحی نوینی برای آموزش موضوع تولید گاز هیدروژن و اکسیژن شیمی دوازدهم ارائه دهد. استفاده از فناوری‌های نوین که شامل نرم افزارها و فیلم‌های آموزشی است، به آموزش دانش آموزان کمک می‌کند که در این رویکرد سعی شده لحاظ شود. در این رویکرد سعی می‌شود دانش‌آموزان در قالب فعالیت آزمایشگاهی، مفاهیم آموخته شده را در عمل تجربه کنند.

کلیدواژه‌ها: آموزش، واحد یادگیری، الکتروشیمیایی، برقکافت، شیمی متوسطه.

* نویسنده مسئول: (kh.ataei_1367@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

مقدّمه

شیمی، شاخه‌ای از علوم تجربی است که از یک‌سو درباره شناخت خواص، ساختار و ارتباط بین خواص و ساختار مواد و قوانین مربوط به آن بحث می‌کند و از سوی دیگر راه‌های تهیه، استخراج مواد خالص از منابع طبیعی، تبدیل مواد به یکدیگر و یا سنتز آنها به روشی که مقرون به صرفه باشد، مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. این علم با ترکیب و ساختار و نیروهایی که این ساختارها را برپا داشته است، سروکار دارد.

الکتروشیمی، شاخه‌ای از شیمی فیزیک و شیمی تجزیه است که به بررسی واکنش‌های شیمیایی می‌پردازد که در اثر عبور جریان الکتریکی انجام می شوند یا انجام یافتن آنها سبب ایجاد جریان الکتریکی می‌شود. الکتروشیمی را علم کاربرد الکتریسیته در علم شیمی یا علم برهمکنش فازهای حاوی الکترون و فازهای حاوی یون توصیف می‌کنند (Hibbert, 1993). واکنش‌های شیمیایی که در آنها نقل و انتقال الکترون صورت می‌گیرد به واکنش‌های اکسیداسیون – احیا یا اکسایش – کاهش معروف است. از دسته‌ای از این واکنش‌ها می‌توان برای تولید انرژی الکتریکی استفاده کرد (در سلول‌های گالوانی) و در دسته‌ای دیگر انرژی الکتریکی را می‌توان برای تبادلات شیمیایی بکار برد (در سلول‌های الکترولیتی). مطالعهٔ شیمی باتری‌ها، الکترولیز یا تجزیه الکتروشیمیایی(برقکافت)، پوشش‌دهی الکتروشیمیایی(آبکاری) و خوردگی که از چالش برانگیزترین مسائل صنایع مختلف است که همه اینها در سایه شناخت واکنش‌های الکتروشیمیایی و عوامل موثر بر آنها امکان پذیر است.

تجزیه مواد به عناصر سازنده و اولیه آن از اهداف الکتروشیمی و سلول‌های الکترولیتی است. تولید گاز هیدروژن یکی از این اهداف است. ۹۵ درصد از گازهای هیدروژن، به دلیل هزینه تولید پایین، از طریق فرآیندهای ترموشیمیایی، از طریق آزادسازی هیدروژن مواد آلی مثل سوخت‌های فسیلی، تولید می‌شود. از معایب این فرآیند، ردپای گاز کربن دی اکسید است. برقکافت آب توسعه یافته ترین فناوری تجاری موجود برای تهیه گاز هیدروژن است. در این فرآیند، انرژی الکتریکی می‌تواند به شکل انرژی شیمیایی در پیوندهای شیمیایی گاز هیدروژن ذخیره شود. هیدروژن تولید شده از طریق برقکافت آب به عنوان منبع انرژی تجدید پذیر، هیدروژن سبز نامیده می شود. گاز هیدروژن می‌تواند به عنوان سوخت و یا در صورت نیاز دوباره برای تولید انرژی الکتریکی مثلا در سلول های سوختی، استفاده شود.

در برنامه درسی ملی برای رسیدن به آرمان‌ها و اهداف آن، آمده است که یادگیرنده در محور تمامی فعالیت‌ها یادگیری قرار می‌گیرد و آموختن روش و مسیر کسب علم، آگاهی و توانایی، یکی از اهداف اصلی آموزش محسوب می‌شود. این امر در مسیری رشدیابنده و تعالی‌جو، زمینه‌ساز انواع تفکر می‌شود و در ادامه، در صورت عنایت خاص آموزشگران، نیل به خودیادگیری، ژرف‌اندیشی و تعالی‌جویی در متربیان را مسیر می‌سازد. ایجاد ارتباط بین آموزه‌های علمی و زندگی واقعی و مرتبط ساختن محتوای یادگیری با کاربردهای احتمالی آن، به معنادار شدن یادگیری و کسب علم مفید، سودمند و هدف‌دار برای متربیان منجر می‌شود. این امر به پرورش انسان‌های مسئولیت پذیر، متفکر و خلاق مدد می‌رساند (حذرخانی، ۱۳۹۹).

از سوی دیگر با وجود تلاش های بسیار دبیران، دانش آموزان قادر به درک نظریه‌های بنیادی ارائه شده در کلاس نیستند. بنابراین مجهز شدن به تکنیک‌ها و روش‌های جدید آموزشی برای همگام شدن با پیشرفت علوم، لازم و ضروری است. در برنامه جدید آموزش علوم، هدف تبدیل دانش آموزان به یادگیرندگان مادام‌العمر است و برای تحقق این امر سه شرط لازم است: اطلاعات کافی، انگیزه یادگیری و راهبرد و روش یادگیری (Cetingul, 2005). در راستای مطالعات انجام شده، پژوهش حاضر به طراحی آموزشی مبحث برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن، در صفحهٔ ۵۴ شیمی دوازدهم پرداخته است. نیاز به برقراری ارتباط بین مفاهیم آموخته شده و مسائلی که دانش‌آموزان در زندگی با آنها مواجه می‌شود، ما را بر آن داشت تا محتوای آموزشی برقکافت آب را به کمک روش آزمایشگاهی و روش تدریس فعال و با توجه به کتاب درسی به نگارش درآوریم، تا معلمان و دانشجو معلمان با ایده گرفتن از آن، تدریسی خلاقانه‌تر در کلاس داشته باشند و بتوانند به ارتقاء مهارت عملی و آزمایشگاهی دانش‌آموزان کمک کنند تا در مقاطع تحصیلی دانشگاهی در آزمایشگاه‌ها با انگیزه و اعتماد به نفس بالا، به اکتشافات علمی فعالیت‌های آزمایشگاهی بپردازند.

هدف و پیشینه پژوهش

از مهمترین اهداف این پژوهش عبارت است از:

۱) تقویت کارگروهی و ایجاد همفکری در راستای پاسخ به پرسش مقایسه ویژگی سلول های گالوانی و الکترولیتی

۲) تقویت مهارت عملی در به کار بستن تجهیزات لازم برای ساخت یک سلول الکترولیتی و استفاده از وسایل و مواد شیمیایی موجود برای تشخیص فرآورده های تولید شده در قطب‌های سلول

۳) ارتقای قوه استدلال و بالا بردن درک مفاهیم استوکیومتری به کار رفته در نیم واکنش های کاتدی و آندی

۴) به کار بستن مفاهیم استوکیومتری آموخته شده در حل مسئله استوکیومتری مطرح شده با توجه به آزمایش انجام داده شده در کلاس.

پژوهشی در زمینه طراحی واحد یادگیری برای آموزش موضوع تولید گاز هیدروژن و اکسیژن طی فرایند تجزیه الکتروشیمیایی آب در سلول الکترولیتی گزارش نشده است.

روش پژوهش

برای یادگیری آسان‌تر و کاهش مشکلات دانش آموزان و ایجاد ارتباط بین مفاهیم آموخته شده، طراحی آموزشی جدیدی را برای مبحث برای آموزش موضوع تولید گاز هیدروژن و اکسیژن طی فرایند تجزیه الکتروشیمیایی آب در سلول الکترولیتی در «شیمی دوازدهم، فصل دو، صفحات ۵۴ و ۵۵» در این پژوهش ارائه داده ایم.

اهداف کلی این مبحث عبارتند از:

۱) تفاوت بین سلول های گالوانی و الکترولیتی را بیان کنند.(حداقل چهار مورد)

۲) اجزای تشکیل دهنده سلول الکترولیتی به کاررفته در برقکافت آب را نام ببرند.

۳) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را در آند و کاتد نوشته و هر دو نیم واکنش را در کنار هم موازنه کنند.

۴) با استفاده از وسایل و تجهیزات آماده شده، سلول الکترولیتی مطابق شکل کتاب طراحی و اجرا کنند.

۵) از کاغذ pH برای تشخیص قطب آند و کاتد این سلول بدون توجه به قطب‌های باتری، استفاده کند.

۶) مسئله زیر را حل کنند: با فرض اینکه ۱۰ گرم آب در این آزمایش طی واکنش اکسایش - کاهش مصرف شود، چند لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP تولید خواهد شد.

پیش دانسته های ضروری که برای یادگیری این مبحث لازم است، عبارتند از:

۱) ویژگی سلول‌های گالوانی

۲) نیم واکنش‌های اکسایش – کاهش
۳) خاصیت اسیدی و بازی مواد و رنگ کاغذ pH در آنها (فصل اول)
۴) فرمول‌نویسی ترکیبات (شیمی دهم، فصل دوم)
۵) ساختار مولکول‌ها و یون‌ها (شیمی دهم، فصل دوم)

ایده کلیدی مبحث حاضر عبارتند از:

۱) ویژگی و اجزای تشکیل دهنده سلول الکترولیتی به کاررفته در برقکافت آب
۲) نوشتن معادله نیم واکنش‌های رخ داده در آند و کاتد و موازنه آنها
۳) بررسی فرآورده‌های حاصل در نیم واکنش‌های آندی و کاتدی

ستیگل و گبان (۲۰۰۵) معتقدند یکی از عواملی که باعث افت کیفیت تدریس دبیران در مدارس می شود، نبود آگاهی و تسلط کافی بر مباحث تدریس شده است. به همین منظور، در چند بخش به صورت جداگانه مفاهیم اساسی، حقایق و اطلاعات جزئی موضوع پژوهش را ذکر می کنیم.

مفاهیم اساسی که دانش‌آموزان در این مبحث با آن رو به رو خواهند شد، عبارتند از:

سلول الکترولیتی، برقکافت آب، الکترود گرافیتی، ترکیب یونی مذاب

حقایق و اطلاعات جزئی که در این صفحات کتاب با آن مواجه خواهیم شد:

۱) در سلول‌های الکترولیتی با اعمال ولتاژ بیرونی، می توان یک واکنش شیمیایی را در جهت غیرطبیعی آن پیش راند.
۲) برقکافت نمونه ای از کاربرد سلول الکترولیتی است که در آن آند و کاتد از جنس گرافیت هستند.
۳) در آند برقکافت آب، با اکسایش آب، گاز اکسیژن و یون هیدرونیوم و در کاتد گاز هیدروژن و یون هیدروکسید تولید می شود.
۴) به دلیل رسانایی الکتریکی ناچیز آب، مقداری الکترولیت به آن اضافه می کنند تا برقکافت صورت گیرد.
۵) در برقکافت آب، کاتد و آند به دلیل اتصال به قطب‌های به ترتیب منفی و مثبت باتری، قطب‌های به ترتیب منفی و مثبت سلول هستند.

۶) در این سلول‌ها، برخلاف سلول‌های گالوانی، دیواره متخلخل وجود ندارد و یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید به راحتی در داخل الکترولیت جابه‌جا می شوند.

اهداف رفتاری مورد انتظار از دانش‌آموزان در پایان تدریس به شرح زیل است:

۱) دانش آموز بتواند پنج مورد از ویژگی‌های کلی سلول‌های الکترولیتی را بیان کند.
۲) دانش آموز بتواند اجزای تشکیل دهنده سلول الکترولیتی به کار رفته در برقکافت آب را نام ببرد.
۳) دانش آموز بتواند نیم واکنش‌های اکسایش در آند و نیم واکنش کاهشی در کاتد را نوشته و آنها را موازنه کند.
۴) دانش آموز بتواند با استفاده از کاغذ pH ، فرآورده‌های حاصل در نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را پیش بینی کند.
۵) دانش آموز بتواند به کمک وسایل و تجهیزات آماده شده و با توجه به شکل سلول الکترولیتی به کار رفته در کتاب، یک برقکافت آب درست کند.

راهبرد تدریس

روش‌های تدریس در امر یادگیری نقش کلیدی دارد (حسینی مهر و همکاران۱۳۹۸). بنابراین نظام آموزشی باید به فراگیران روش‌های تفکّر و انجام کارهایشان را به طور مستقل آموزش دهد و آنها را افرادی خلّاق، مبتکر و خودتنظیم بار آورد. با نگاهی به نظام آموزشی ایران، روش‌های سنّتی به ویژه روش سخنرانی و حفظ و تکرار مطالب، سبب جریان روح انفعال در نظام تعلیم و تربیت شده و در نتیجه اندیشه و کنجکاوی، به راحتی جای خود را به انفعالی و بی‌ارادگی و تمایل به تقلید از دیگران داده و احتیاط جای پرسشگری و گوش‌دادن، جایگزین فکرکردن شده است. در سیستم آموزشی کشور، غالباً دو نوع روش آموزشی دیده می‌شود: روش آموزشی مستقیم و غیرمستقیم. روش آموزش مستقیم، راهبردی معلّم محور است که بیشترین کاربرد را در تدریس دارد و در آن مهارت‌ها، اطّلاعات، قوانین یا شیوه‌ی عمل و ترتیب فعّالیت‌ها، مستقیما از معلّم به فراگیران منتقل می‌شود. در مقایسه با آموزش مستقیم و معلّم‌محور، آموزش غیرمستقیم عمدتاً شاگردمحور است، هرچند این دو راهبرد مکمل و متمّم یکدیگرند؛ آموزش غیرمستقیم، بیش از هدف‌های محتوایی یا آموزشی کوتاه‌مدّت، به سبک‌های یادگیری درازمدّت و رشد شخصیّت فردی تأکید دارد. معلّم در آموزش

غیرمستقیم، دنیا را از دریچهٔ دید فراگیر نگریسته و با استفاده از تفسیرهای بازتابی، نقش یک آسان‌گر و قرینه‌ساز همچون آینه را ایفاء می‌کند (حسینی مهر و همکاران۱۳۹۸). آموزش غیرمستقیم به دنبال مشارکت و مداخله جدّی و سطح بالای شاگردان در مشاهده، تحقیق، استنباط، فرضیه دادن، مسئله‌گشایی و تولید دانش جدید است. این روش مستلزم استدلال قیاسی و استقرایی، استفاده از مثال‌ها و غیرمثال‌ها، تجربه و ورزیدگی، روحیهٔ پرسشگری، بحث گروهی و خودارزیابی از سوی شاگردان است.

در این مقاله بر روش تدریس غیرمستقیم تأکید شده و در جهت ارائه محتوای آموزشی، از این استفاده شده است. دانش آموزان را به گروه‌های سه نفره در کلاس درس تقسیم می کنیم. شکل نشستن همان شکل مرسوم در کلاس به سمت تخته و معلم خواهد بود. در این گروه‌های سه نفره، دانش آموزی که در وسط نشسته، از میان دانش آموزان ممتاز انتخاب می شود. با مشخص کردن دانش آموزان ممتاز، انتخاب آن توسط گروه‌ها انجام می گیرد. سپس از گروه‌ها خواسته می شود که جدولی مطابق شکل رسم کرده و آن را کامل کنند.

جدول ۱- مقایسه ویژگی سلول‌های گالوانی و الکترولیتی

نوع سلول / ویژگی ها	سلول‌های گالوانی	سلول‌های الکترولیتی
اعمال یا کسب ولتاژ		
علامت بار کاتد و آند		
جهت جریان در مدار خارجی		
جنس الکترودها		
نوع نیم واکنش ها در آند و کاتد		
جهت جریان در مدار خارجی		
وجود یا عدم وجود دیواره متخلخل		
مثال برای کاربرد		

با توجه به اینکه سلول‌های الکترولیتی تدریس نشده است، از دانش‌آموزان می‌خواهیم پاسخ‌های حدسی خود را برای ستون مربوط به سلول‌های الکترولیتی بنویسند، با در نظر گرفتن این موضوع که اکثر ویژگی‌های سلول‌های الکترولیتی برعکس سلول‌های گالوانی است. در ادامه از یکی از گروه‌ها

خواسته می شود که پاسخ‌های مربوط به ستون اول یعنی سلول‌های گالوانی را برای کلاس بخوانند. اگر پاسخی نادرست بود، با بیان «دقت شود»، دیگر دانش‌آموزان را ترغیب به دقت و توجه در پاسخ‌های خود می‌کنیم. خواندن پاسخ‌ها تا زمانی که تمامی خانه‌های مربوط به ستون سلول‌های گالوانی کامل شود، ادامه داده خواهد شد. در ادامه نمای کلی از یک سلول گالوانی را رسم می‌کنیم (شکل ۱) و به تشریح اجزای آن می‌پردازیم.

۱- یک سلول الکترولیتی مانند سلول‌های گالوانی، از دو الکترود آند و کاتد تشکیل شده است.

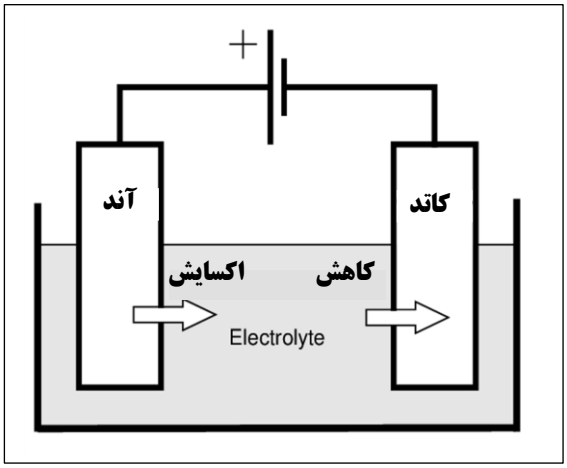
۲- آند و کاتد معمولا از جنس گرافیت انتخاب می شود.

۳- در سطح آند و کاتد همانند سلول‌های گالوانی به ترتیب نیم واکنش اکسایش و کاهش انجام می‌گیرد.

۴- به دلیل آنکه در یک سلول الکترولیتی یک واکنش در جهت غیرطبیعی آن، انجام می‌شود، از یک منبع تغذیه مانند باتری برای انجام واکنش‌ها استفاده می‌شود.

۵- در یک سلول الکترولیتی، آند و کاتد به ترتیب به قطب مثبت و منفی باتری متصل است پس آند و کاتد به ترتیب قطب مثبت و منفی سلول را تشکیل می‌دهند. در سلول گالوانی عکس این موضوع صادق است.

۶- برخلاف سلول‌های گالوانی که در آن الکترودها در الکترولیت‌های مجزا قرار دارند، در سلول الکترولیتی، الکترودها در الکترولیت واحد قرار دارند.



شکل۱- نمای کلی از یک سلول الکترولیتی

بعد از آشنایی با سلول الکترولیتی، مطابق شکل ۲ به بررسی سلول الکترولیتی فرآیند برقکافت آب می پردازیم.

شکل۲- برقکافت آب به کمک سلول الکترولیتی

مشخصات سلول الکترولیتی برقکافت آب:

۱- منبع تغذیه: برای فراهم کردن انرژی لازم برای پیش راندن الکترون‌ها در جهت غیرطبیعی

۲- الکترودهای از جنس گرافیت: سطح لازم برای انجام نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را فراهم می‌سازد، بدون آنکه خود آن وارد واکنش شیمیایی شود.

۳- آب به همراه مقدار کمی ماده الکترولیت: آب به عنوان ماده واکنش دهنده یعنی اکسنده وکاهنده عمل می‌کند و برای برقراری رسانایی الکتریکی در آب مقدار کمی ماده الکترولیت لازم است.

برای بررسی بیشتر نیم واکنش‌های مربوط به این سلول، دانش آموزان در گروه‌ها به سوالات خود را بیازمایید صفحه ۵۳ کتاب شیمی جواب می دهند.

خود را بیازمایید

نیم واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب به صورت زیر است:

$$H_2O\,(l) \longrightarrow O_2(g) + H^+(aq)$$

$$H_2O\,(l) \longrightarrow H_2(g) + OH^-(aq)$$

آ) با وارد کردن نماد الکترون در هر نیم واکنش مشخص کنید کدام نیم واکنش، آندی و کدام کاتدی است؟

ب) هر یک از نیم واکنش‌ها را موازنه کنید و معادله کلی واکنش را به‌دست آورید.

پ) پیش‌بینی کنید کاغذ pH در محلول پیرامون آند و کاتد به چه رنگی درمی‌آید؟ چرا؟

در قسمت«آ» از دانش آموزان خواسته شده نماد الکترون «e^-» را در هر دو نیم واکنش در جای مناسب، واکنش دهنده یا فرآورده، قرار دهند. از یکی از اعضای گروه‌ها که جزء دانش آموزان ممتاز نیست، می‌خواهیم پاسخ این سوال را پای تخته بنویسند. پیش از پاسخ دادن دانش آموز، راهنمایی می‌کنیم که در پاسخ به این سوال به موازنهٔ بار الکتریکی اشاره کرده و بر اساس آن، پاسخ دهد. پاسخ صحیح به این شکل خواهد بود: با توجه به اینکه در نیم واکنش اول، طرف واکنش دهنده بدون بار الکتریکی است، پس طرف فرآورده نیز باید از نظر بار الکتریکی خنثی باشد. لذا، نماد الکترون در نیم واکنش را اول در طرف فرآورده قرار می‌دهیم تا با یون هیدرونیوم تشکیل بار الکتریکی خنثی بدهد. و چون در این نیم واکنش الکترون تولید شده است، نیم واکنش آندی است.

نیم واکنش آندی: $H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2\,(g)} + H^+_{(aq)} + e^-$

در نیم واکنش دوم، چون بارالکتریکی طرف فرآورده منفی است، پس الکترون در طرف واکنش دهنده قرار می گیرد تا طرف فراورده و واکنش دهنده از نظر بار الکتریکی خنثی باشد و چون با مصرف الکترون همراه است، نیم واکنش از نوع کاتدی است.

نیم واکنش کاتدی: $H_2O_{(l)} + e^- \rightarrow H_{2\,(g)} + OH^-_{(aq)}$

در بخش دیگری از این خود را بیازمایید موازنه نیم واکنش ها مورد سوال است. گروه دیگری به صورت داوطلب پاسخ موازنه را پای تخته می نویسد. قبل پاسخ دادن، از دانش آموز خواسته می‌شود که نحوه موازنه نیم واکنش ها را مرور کند و به بقیه دانش آموزان به طور خلاصه توضیح دهد. اینکه در موازنه نیم واکنش ها هم موازنه جرم و هم موازنه بار بایستی صورت گیرد. موازنه نیم واکنش آندی به این شکل خواهد بود:

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2\,(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$

در ادامهٔ موازنه نیم واکنش کاتدی، پرسشی مطرح می‌شود و از بقیه گروه‌ها خواسته می‌شود که جواب دهند. آیا موازنه نیم واکنش کاتدی را با در نظر گرفتن موازنه نیم واکنش آندی انجام می‌دهیم یا به طور مستقل موازنه صورت می‌گیرد؟ پاسخ: موازنه نیم واکنش کاتدی در کنار نیم واکنش آندی صورت می‌گیرد. یعنی ۴ مول الکترون تولید شده در نیم واکنش آندی، در نیم واکنش کاتدی مصرف می‌شود. موازنه نیم واکنش کاتدی به این شکل خواهد بود:

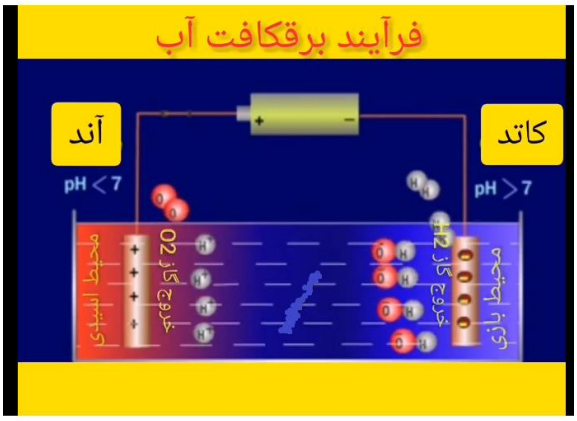
$$2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4H_{4\,(g)} + 4OH^-_{(aq)}$$

از دانش آموز خواسته می‌شود این دو نیم واکنش ها را جمع کند تا واکنش کلی به دست آید. این نکته را متذکر می شویم که در نوشتن معادله کلی، دو طرف معادله از نظر الکتریکی خنثی خواهد بود. بنابراین مجموع یون های هیدرونیوم و هیدروکسید را به شکل مولکول آب می نویسیم و از دو طرف تعداد برابری از مولکول‌های آب را حذف می کنیم.

$$\cancel{۶H_۲O_{(l)}} \rightarrow O_{۲\,(g)} + ۲H_{۲\,(g)} + \underbrace{۴OH^-_{(aq)} + ۴H^+_{(aq)}}_{\cancel{۲H_۲O}}$$

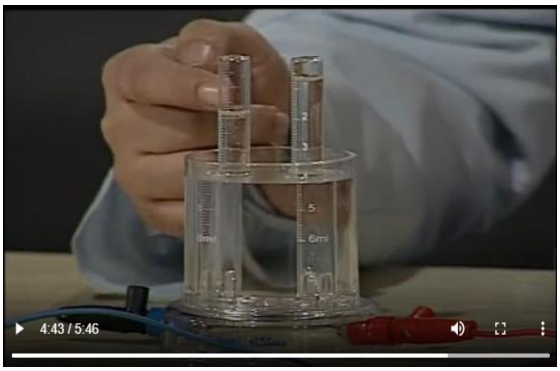
$$۲H_۲O_{(l)} \rightarrow O_{۲\,(g)} + ۲H_{۲\,(g)}$$

در ادامه انیمیشن مربوط به فرآیند برقکافت آب را که از قبل آماده کرده‌ایم، به کمک پروژکتور یا هر وسیله‌ای که امکان پخش آن را فراهم می‌سازد، در کلاس پخش می‌کنیم تا دانش آموزان مشاهده کنند که چگونه این نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش به طور همزمان انجام گرفته و گاز اکسیژن و یون هیدرونیوم در یک طرف یعنی آند و گازهیدروژن و یون هیدروکسید در طرف دیگر یعنی کاتد انجام می‌گیرد (شکل ۳).



شکل ۳ – تصویری از انیمیشن فرآیند برقکافت آب

فیلم آموزشی مربوط به فرآیند برقکافت آب را که در شرایط آزمایشگاهی طراحی و انجام شده، در کلاس پخش می کنیم (شکل ۴) تا دانش آموزان با نحوه طراحی و اجرای آزمایش آشنا شده و در ادامه دانش آموزان به اختیار در کلاس با استفاده از وسایل موجود این آزمایش را انجام دهند.



شکل۴ – تصویری از فیلم آموزشی فرآیند برقکافت آب

از یکی از گروه‌ها خواسته می‌شود به صورت داوطلب در پای تخته و کنار میز معلم حاضر شوند تا با استفاده از وسایل و تجهیزات روی میز شامل: باتری کتابی، بشر ۵۰۰ میلی لیتر، آب مقطر، دو عدد مغز مداد گرافیتی، سیم نازک روکش‌دار، کلید و دو عدد لوله آزمایش و با راهنمایی معلم، سلول الکترولیتی را برای برقکافت آب طراحی کنند. از گروه دیگری خواسته می‌شود تا به صورت داوطلب در کنار میز آزمایش حضور داشته، برقکافت آب را در این سلول انجام دهد. با زدن کلید روشن در مدار، نیم واکنش ها در آند و کاتد انجام می‌شود. در ادامه مقدار کمی سدیم کلرید محلول به آب اضافه می‌کنیم و مشاهدات خود را ادامه می‌دهیم. از گروه و بقیه دانش آموزان خواسته می‌شود، از تعداد حباب‌های تولید شده در سطح الکترودها بدون در نظر گرفتن قطب باتری ها، نوع الکترودها تشخیص دهند. انتظار می رود تعداد حباب‌های تولید شده در سطح کاتد بیشتر باشد، زیرا مول گازهای تولید شده در سطح کاتد دو برابر سطح آند خواهد بود، و اینکه ضریب استوکیومتری گاز هیدروژن دو برابر ضریب استوکیومتری گاز اکسیژن است.

از گروه دیگری خواسته می‌شود برای حصول اطمینان بیشتر در درستی تشخیص آند و کاتد، از دو عدد کاغذ pH استفاده کند و آن ها را نزدیک الکترود ها قرار دهد و از تغییر رنگ کاغذ pH، به نوع الکترودها پی ببرد. دانش‌آموز پی‌می‌برد الکترودی که در نزدیک آن کاغذ pH به رنگ قرمز در می آید با توجه به اینکه در نیم واکنش آندی، یون هیدرونیوم تولید می شود و اطراف آن اسیدی است، پس آند است. از گروه‌ها خواسته می شود بین حجم خالی بالای لوله‌های آزمایش اطراف الکترودهای آند و کاتد و نیز ضرایب استوکیومتری گازهای تولید شده در نیم واکنش ها ارتباط برقرار

کنند. پاسخ مورد انتظار این است که در سلول الکترولیتی مربوط به برقکافت، حجم خالی بالای لوله اطراف کاتد دو برابر آند باشد.

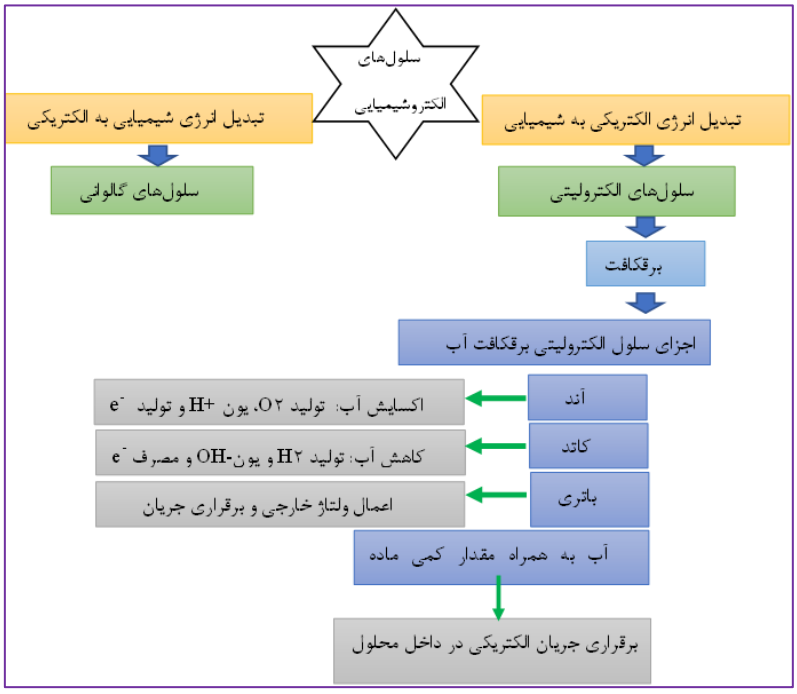
ارزشیابی

از گروه‌ها خواسته می‌شود، به سوالات زیر با همفکری و مشارکت هم در داخل گروه، جواب دهند.

۱- جدول ۱ را با توجه مطالب تدریس شده تکمیل کنند.
۲- دلیل اضافه کردن مقدار کمی الکترولیت به آب را بیان کنند.
۳- اگر در این آزمایش ۱۸ گرم آب مصرف شود، چند لیتر گاز گاز هیدروژن در شرایط STP تولید خواهد شد؟

جمع بندی

در این مرحله از دانش‌آموزانی که در گروه‌ها فعالیت کمتری داشتند، می‌خواهیم که سوالات ارزشیابی را بر روی تخته کلاس حل کنند. از گروه‌ها می‌خواهیم هر کدام مباحث درس را در قالب یک جمله بیان کنند



نقشه مفهومی

تکالیف:

تکالیف را در سه سطح زیر تقسیم بندی کرده و از دانش آموزان می‌خواهیم تا به صورت انفرادی و گروهی پاسخ این تکالیف را پیدا کنند.

سطح یک(اجباری – فردی)

۱. اگر ۳۶ گرم آب در سطح آند اکسایش یابد، چند مول یون هیدرونیوم در اطراف آند تولید خواهد شد؟

۲. در سلول گالوانی و سلول الکترولیتی قطب منفی مربوط به کدام الکترودها است؟

سطح دو(اجباری – گروهی)

۱. در سلول الکترولیتی که در آن آب برقکافت می شود، به ازای عبور $۱/۵۰۵ \times ۱۰^{۲۳}$ الکترون، چند گرم گاز به دست می آید؟ ($H=۱$ ، $O=۱۶$ $g.mol^{-۱}$)

۲. هر یک از موارد زیر را با یکدیگر مقایسه کنید:

- انحلال پذیری گازهای تولید شده در اطراف کاتد و آند
- چگالی گازهای تولید شده در اطراف کاتد و آند
- تغییرات pH در اطراف کاتد و آند

سطح سه (اختیاری- گروهی)

با همکاری اعضای گروه، با استفاده از منابع علمی معتبردر مورد موضوعات زیر تحقیق کرده و گزارشی تهیه کنند.

- روش های دیگر برای تهیه گاز هیدروژن در مقیاس صنعتی
- کاربرد گاز هیدروژن در حوزه های مختلف علمی وصنعتی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اصلی آموزش علوم در دوره دبیرستان، افزودن سواد علمی دانش آموزان است که با انتشار استانداردها و معیارهای جدید در مورد محتوا، آموزش و ارزیابی و تلاش برای تعریف سواد شیمیایی آشکار می شود، اما این هدف در تضاد با روش آموزش سنتی است. بنابراین باید به معلمان فرصت داده شود تا برداشت خود را در مورد اهداف و محتوای شیمی دبیرستان و به خصوص از سطح پایه تغییر دهد تا بتوان به یک آموزش نوین در مدارس دست یافت (Shwartz, 2006). در این پژوهش تلاش شده است تا بر اساس اهداف برنامه درسی، راهبرد های تدریس با طراحی نوینی همراه شود و

دانش آموز درس شیمی را به عنوان یک فعالیت انسانی شناخته و آن را نتیجهٔ کنجکاوی و هوشمندی و امید انسان برای داشتن سهمی کوچک در پیشرفت زندگی بداند و همچنین تعامل دوجانبه شیمی و جامعه و شیمی و زندگی را دریابد و این تدریس بر اساس یادگیری و یاددهی دانش آموز محور باشد. همچنین به دانش آموز فرصت انتخاب کردن، شرح دادن و کشف کردن داده شود. در این رویکرد دانش آموز محور، معلم در نقش راهنما و آسان کنندهٔ یادگیری، دانش آموز را به نقشی مؤثر در رویکرد یادهی و یادگیری وارد می کند. امید است با به کارگیری و ارائه الگوهای مناسب آموزشی، بتوان مفاهیم انتزاعی شیمی را در کلاس درس به شکلی جذاب و پر کاربرد در زندگی بیان کرد. هدف از ارائه این واحد یادگیری، آشنایی بیشتر معلمان با اهداف آموزشی و داشتن محتوای کافی در زمینه برقکافت آب برای یک آموزش مفیدتر و مؤثرتر می‌باشد.

منابع

حذرخانی، حسن و همکاران (۱۳۹۹)، راهنمای معلم شیمی (۳)، تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران تهران.

حسینی مهر، حجت؛ انتصار فومنی، غلامحسین (۱۳۹۸)، مقایسه اثر بخشی آموزش مستقیم و غیرمستقیم بر خلّاقیّت فراگیران، پژوهش در آموزش علوم پزشکی؛ ۱۱ (۱) : ۶۱ – ۵۰.

Hibbert, D.B. (1993), Introduction to electrochemistry. In: Introduction to electrochemistry. Macmillian Physical Science Series, Palgrave, London.

Cetingul, P. I.; Geban, O., (2005), Understanding of Acid-Base Concept by Using Conceptual Change Approach. Hacettepe. University Journal of Education, 29: 69-74.

Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. (2006), Chemical literacy: What does this mean to scientists and school teachers? *Journal of Chemical Education*, *83*(10), 1557.

Research article

Research in Chemistry Education, Vol 5, No 3, 82-97

Research in Chemistry Education

https://chemedu.cfu.ac.ir

Designing a learning unit to teach the production of hydrogen and oxygen during the electrochemical decomposition of water in an electrolytic cell

Khalil Ataei [1*], Amir Dustdar [2]

[1] *Chemistry Secretary, Department of Education, District 1, Ardabil, Iran*

[2] *Chemistry Secretary, Department of Education, District 2, Ardabil, Iran*

Abstract

Conducting experiments based on the concepts that chemistry is based on plays a key role in teaching the topics of this branch science. It challenges the students and involves them in the teaching topics. Moreover, it strengthens the spirit of cooperation, right communication with peers, sharing information among students, and empathy among them in one way or another. During this type of teaching and learning, students' creativity emerges and they turn into active and deep learners. There are some topics in high school chemistry books which are challenging for students to understand. The most important of them is electrochemistry, in which galvanic, electrolytic, water electrolysis, and iron corrosion cells face a serious challenge due to a lack of deep understanding of the electronic structure of atoms and ions, the structure of molecules, and oxidation-reduction reactions. The present study has attempted to present a new design for teaching the topic of producing hydrogen and oxygen in 12th chemistry textbook. The use of new technologies, including software and educational videos, helps improve teaching chemistry to students, a feature observed in this study. In this approach, students try to experience the theoretically learned concepts in practice through laboratory activities.

Keywords: Education, Learning unit, Electrochemical, Electrochemistry, Secondary chemistry.

[*]Corresponding Author: (✉ kh.ataei_1367@yahoo.com)

Received: 6 September 2023 / Accepted: 3 December 2023