

Bateria z Bagdadu – pierwszym ogniwem galwanicznym?

Praca konkursowa – II nagroda

■ KRZYSZTOF ORLIŃSKI

Celem zajęć jest zapoznanie uczniów z budową ogniw galwanicznych od strony praktycznej, określaniem znaków elektrod oraz pomiarem potencjałów skonstruowanych układów. Niniejszy scenariusz zajęć przeznaczony jest dla klas szkół ponadgimnazjalnych, realizujących program nauczania chemii w zakresie rozszerzonym. Scenariusz może być również wykorzystany w gimnazjum lub klasie szkoły ponadgimnazjalnej, realizującej program chemii w zakresie podstawowym jako temat fakultatywny lub przeznaczony do realizacji podczas zajęć dodatkowych (typu „wieczór ciekawej chemii”) – w tym przypadku należy odpowiednio zmodyfikować zakres przekazywanych treści. Za pomocą przedstawionych eksperymentów można wzbudzić zainteresowanie chemią uczniów z klas, w których nie jest ona przedmiotem wybranym do zdawania na maturze oraz wykształcić umiejętności przydatne nie tylko na zajęciach tego przedmiotu (doświadczalna weryfikacja hipotezy).

Cele szczegółowe

Uczeń umie:

- budować ogniwa galwaniczne z ogólnie dostępnych materiałów;
- stosować nazewnictwo dotyczące ogniw galwanicznych do elementów skonstruowanych układów;
- mierzyć SEM ogniw i zapisywać równania przebiegających w nich reakcji;
- doświadczalnie weryfikować postawioną hipotezę.

Metoda prowadzenia zajęć: problemowa.

PRZEBIEG ZAJĘĆ

1. Wstęp do zajęć – przypomnienie wiadomości dotyczących budowy ogniw galwanicznych i stosowanego nazewnictwa

Początek zajęć poświęcamy na krótkie przypomnienie najważniejszych wiadomości dotyczących ogniw galwanicznych.

● Co to jest ogniwo galwaniczne?

Ogniwo galwaniczne to układ dwóch różnych metali (elektrod ogniwa), zanurzonych w roztworze elektrolitu. Elektrolit może być wspólny dla obu elektrod lub też każda z nich może być zanurzona w innym roztworze (wtedy jednak należy zapewnić kontakt elektryczny pomiędzy roztworami, najczęściej za pomocą tzw. klucza elektrolitycznego).

● Jak nazywają się elektrody w ogniwie galwanicznym?

Elektrody w ogniwie to katoda i anoda.

● Jakie reakcje przebiegają na poszczególnych elektrodach ogniwa galwanicznego?

Anoda jest elektrodą, która odprowadza elektrony z przestrzeni reakcyjnej do zewnętrznego obwodu prądu. Zachodzi na niej utlenianie, np. atomy metalu tej elektrody oddają elektrony i w postaci jonów przechodzą do roztworu. Anoda w ogniwie jest ujemna w stosunku do drugiej elektrody – katody.

Katoda jest elektrodą, która doprowadza elektrony z zewnętrznego obwodu do układu. Na niej z kolei zachodzi redukcja, np. jony metalu elektrolitu pobierają elektrony i osadzają się na katodzie w postaci obojętnych atomów.

Katoda w ogniwie jest dodatnia w stosunku do anody.

● Jak zapisuje się schemat ogniwa?

Zgodnie z konwencją sztokholmską schematyczny zapis budowy ogniwa jest następujący (od lewej strony):

- anoda (materiał anody, np. Zn);
- elektrolit anodowy (np. $\text{ZnSO}_{4\text{aq}}$, $\text{Zn}^{2+}_{\text{aq}}$);
- kontakt elektryczny (np. klucz elektrolityczny oznaczony symbolem ||);
- elektrolit katodowy (np. $\text{CuSO}_{4\text{aq}}$, $\text{Cu}^{2+}_{\text{aq}}$);
- katoda (materiał katody, np. Cu).

Granice faz (metal – elektrolit) zaznaczamy za pomocą pionowej kreski |.

Przykładowy schemat ogniwa (ogniwo Daniella):



● Jak określa się potencjał ogniwa galwanicznego?

Potencjał ogniwa (różnica potencjałów półogniwi) nazywamy siłą elektromotoryczną ogniwa – SEM. Ponieważ SEM musi mieć wartość dodatnią, od potencjału katody E_K odejmujemy potencjał anody E_A .

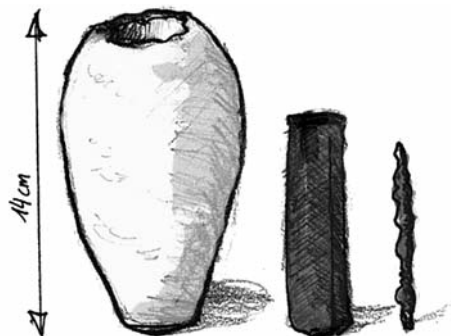
$$\text{SEM} = E_K - E_A$$

Należy pamiętać, że SEM mierzymy dla ogniwa niepracującego (w praktyce używa się woltomierza o bardzo dużym oporze wewnętrznym).

2. Bateria z Bagdadu

Uczniowi prezentują krótki, kilkuminutowy referat dotyczący baterii z Bagdadu (praca zlecona przez nauczyciela na poprzednich zajęciach), ilustrowany zdjęciami i rysunkami.

Referat: „Bateria z Bagdadu” to wypełnione octem gliniane naczynie, zawierające odizolowane od siebie: miedziany rulon i żelazny pręt. Do uszczelnienia naczynia użyto występującej naturalnie smoły. Pierwszy egzemplarz został znaleziony



Bateria z Bagdadu

Źródło: Wikipedia

w 1936 roku przez niemieckiego archeologa Wilhelma Königa w okolicach Bagdadu (następne zaś dopiero w latach 60. XX wieku). Powstanie naczyń jest datowane na III wiek p.n.e. Uczniowie postawili hipotezę, że baterie służyły do pokrywania wyrobów powłokami z metali szlachetnych (jeszcze do niedawna złotnicy na Bliskim Wschodzie używali własnoręcznie wykonanych przyrządów o podobnej konstrukcji). Niektórzy archeolodzy jednak podchodzą sceptycznie do tych rewelacji, twierdząc, że nie zachowały się żadne dowody użycia elektryczności w owych czasach.

Nauczyciel: Hipoteza jest niezmiernie interesująca. Jej potwierdzenie pozwoliłoby przesunąć początek przygody ludzkości z elektrycznością o ponad 2000 lat (pierwsze doświadczenia w Europie przeprowadzono na przełomie wieku XVIII i XIX). Ponadto sami archeolodzy często wykonują rozmaite przedmioty starożytnymi technikami, aby lepiej poznać życie i działalność naszych przodków. Pozwólmy więc, aby spór między uczonymi rozstrzygnęło doświadczenie (patrz Doświadczenie 1.)!

3. „Owocowe” ogniwa galwaniczne

Nauczyciel: Jednak nie tylko bateria z Bagdadu mogła być ogniwo galwanicznym znanym w starożytności. Zbudujemy także inne układy, których skonstruowanie było możliwe w owych czasach (Doświadczenie 2.).

Doświadczenie 1. Konstrukcja baterii z Bagdadu

Sprzęt i odczynniki: kolba Erlenmeyera (można użyć także glinianego naczynia dla osiągnięcia bardziej „autentycznego” efektu), miedziana blacha z przyłutowanym przewodem, drut żelazny lub duży gwóźdź z przyłutowanym przewodem, spożywczy ocet winny (dostępny również w III wieku p.n.e.) lub roztwór kwasu octowego o stężeniu ok. 6%, plastelina do uszczelnienia zestawu, miernik uniwersalny. Powierzchnia metali powinna być dobrze oczyszczona przed zanurzeniem w roztworze octu winnego.

Przebieg doświadczenia: Zwiniętą w rulon blachę miedzianą umieszczamy w kolbie, a w środku rulonu gwóźdź żelazny (metale nie mogą się zetknąć ze sobą). Kolbę napełniamy octem winnym, a cały układ stabilizujemy i uszczelniamy za pomocą plasteliny (przewody należy wyprowadzić na zewnątrz). Za pomocą miernika uniwersalnego mierzymy napięcie na końcach przewodów.

Obserwacje: Napięcie wskazywane przez miernik wynosi ok. 0,4–0,5 V. Sposób przyłączenia zacisków miernika do doprowadzeń elektrod pozwala rów-

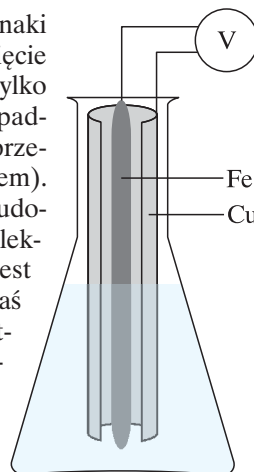
nież określić ich znaki (pokazywane napięcie jest „dodatnie” tylko w jednym z przypadków połączenia przewodów z miernikiem).

Wnioski: W zbudowanym układzie elektroda żelazna jest ujemna (anoda), zaś miedziana – dodatnia (katoda). Przebiegające na elektrodach reakcje zapiszemy za pomocą następujących równań:



(jony wodorowe pochodzą z dysocjacji kwasu octowego)

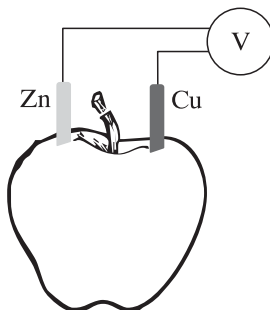
Schemat ogniwa (elektrody są zanurzone we wspólnym elektrolicie):

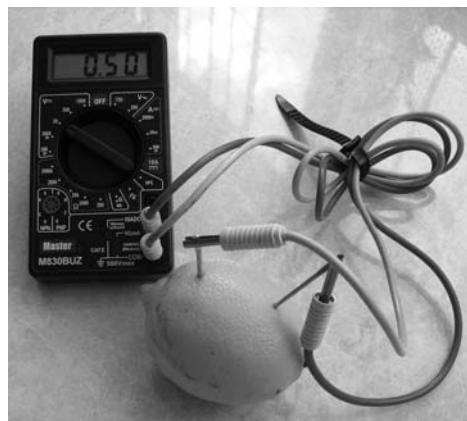


Doświadczenie 2. „Owocowe ogniwa”

Sprzęt i odczynniki: Kilka rodzajów owoców (należy wybrać owoce soczyste ze względu na lepsze przewodnictwo), druciki z różnych metali: żelaza, miedzi, aluminium, cynku (ważne jest staranne oczyszczenie ich powierzchni przed rozpoczęciem eksperymentu), miernik uniwersalny, zegarek elektroniczny (zasilany małym ogniwem litowym).

Przebieg doświadczenia: Wbijamy druciki z różnych metali w owoce i za pomocą miernika uniwersalnego mierzymy napięcie na ich końcach. Określamy znaki elektrod poprzez przyłączenie do odpowiednich zacisków miernika. Łączymy „owocowe” ogniwa w baterie (szeregowo), po czym ponownie mierzymy napięcie. Do zacisków tak skonstruowanej baterii podłączamy zegarek.

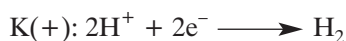




„Cytrynowe” ogniwo zbudowane z pręcików aluminiowego i miedzianego

Obserwacje: Mierzone napięcia są rzędu 0,3–0,5V. Szeregowe połączenie zestawionych układów pozwala uzyskać wyższe wartości napięcia.

Wnioski: Zmierzone wartości napięcia różnią się w zależności od użytych metali i owoców. Uzyskane napięcia są wystarczające do zasilenia drobnego sprzętu elektronicznego, nie wymagającego przepływu prądu o dużym natężeniu. Dla ogniwa złożonego z pręcików: cynkowego (anoda) i miedzianego (katoda), wbitych w jabłko, reakcje elektrodowe zapiszemy za pomocą następujących równań:



(jony wodorowe pochodzą z dysocjacji kwasów organicznych zawartych w miąższu jabłka)

Schemat ogniwa (elektrody zanurzone są we wspólnym elektrolicie, będącym roztworem różnych kwasów organicznych o wzorze ogólnym HA):



4. Podsumowanie zajęć

Weryfikacja hipotezy przez uczniów: Bateria z Bagdadu istotnie mogła działać jako pierwsze znane ogniwo galwaniczne. Do jej konstrukcji użyto bowiem materiałów powszechnie dostępnych w owych czasach: miedzi, żelaza, octu, gliny i smoły. Ponadto otrzymanywane napięcia i możliwość ich zwiększenia poprzez szeregowe łączenie poszczególnych ogniw w baterie umożliwiwały praktyczne wykorzystanie baterii z Bagdadu (np. podczas galwanicznego złocenia). Łatwość skonstruowania prostych ogniw i zwiększania uzyskiwanego napięcia potwierdzają również doświadczenia wykonane z „owocowymi” ogniwami.

Nauczyciel: Do identycznych wniosków doszli także autorzy popularnego programu „Pogromcy mitów” („Myth Busters”), którzy w odcinku 29. z 2005 roku sporządzili kilka egzemplarzy baterii z Bagdadu i zbadali ich działanie. Oni także uznali za prawdopodobną hipotezę, że były to pierwsze znane ogniwa galwaniczne. Może więc po-

winno się, dzięki przeprowadzonemu eksperymentowi, zapisać nowe karty historii techniki i ludzkiej cywilizacji?

Po zajęciach uczniowie umieją:

1. Określić znaki, podać nazwy elektrod oraz zmierzyć SEM skonstruowanych przez siebie ogniw galwanicznych.
2. Zapisać równania reakcji przebiegających na elektrodach.
3. Doświadczalnie zweryfikować postawioną hipotezę.

mgr **KRZYSZTOF ORLIŃSKI**

Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych Nr 3 w Końskich.

LITERATURA

- [1] Bateria z Bagdadu: zasoby Internetu – słowa kluczowe dla wyszukiwarki *Baghdad Battery*.
- [2] Owocowe ogniwa: zasoby Internetu – słowa kluczowe dla wyszukiwarki *fruit cell*.
- [3] Mizerski W., *Pomarańczowa elektroda wzorcowa (PEW)*, Kurier Chemiczny nr 5 (23), 1994.