Co to jest zasada bilansu elektronowo-jonowego i jak się ją stosuje do uzgadniania równań utleniania i redukcji?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Co to jest zasada bilansu elektronowo-jonowego i jak się ją stosuje do uzgadniania równań utleniania i redukcji?

W zależności od stopnia utlenienia atomu pierwiastka tworzącego związek chemiczny, jego roztwory wodne mogą mieć różną barwę.
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Jednym z medium przeprowadzania reakcji chemicznych jest woda. W niej duża część związków chemicznych może ulegać dysocjacji na jony – kationy i aniony. Atomy budujące te drobiny, w wyniku reakcji chemicznej z innymi indywiduami chemicznymi, mogą m.in. zmieniać swoje stopnie utlenienia. Ustalenie współczynników stechiometrycznych w takich równaniach jest możliwe m.in. dzięki wykorzystaniu bilansu jonowo-elektronowego. Czy wiesz, jakimi zasadami rządzi się taki bilans?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest bilans elektronowo-jonowy.
- Przedstawisz zasady bilansu elektronowo-jonowego.
- Zastosujesz bilans elektronowo-jonowy do uzgadniania współczynników stechiometrycznych reakcji chemicznej.
- Wyjaśnisz różnicę między bilansem elektronowym a elektronowo-jonowym.

Przeczytaj

Reakcje utlenienia-redukcji

Reakcje utlenienia-redukcji pełnią bardzo ważną rolę w życiu codziennym. Na zasadzie tych reakcji działa bateria w twoim telefonie, laptopie czy w samochodach elektrycznych. Reakcje utlenienia-redukcji, tak jak inne reakcje chemiczne, podlegają zasadzie zachowania masy i ładunku. Oznacza to, że masy substratów i produktów, jak i ich ładunki, muszą się zgadzać po obu stronach równania. W uzgadnianiu stechiometrii równań reakcji utlenienia-redukcji wykorzystuje się głównie dwie metody:

- bilans elektronowo-jonowy;
- bilans elektronowy.

Bilans elektronowy

Metoda ta polega na odszukaniu w reakcji chemicznej pierwiastków,których atomy zmieniają swój stopień utlenienia. Przy tworzeniu schematu reakcji utlenienia-redukcji trzeba znaleźć i wykorzystać wyłącznie te atomy, które właśnie zmieniają swój stopień utlenienia. Rozważmy reakcję spalania magnezu w tlenie.

$$\mathrm{Mg} + \mathrm{O_2} \rightarrow \mathrm{MgO}$$

W przypadku powyższej reakcji zachodzi utlenienie magnezu na +II stopień utlenienia oraz redukcja tlenu cząsteczkowego na -II stopień utlenienia.

$$\overset{0}{\mathrm{Mg}} \rightarrow \overset{\mathrm{II}}{\mathrm{Mg}} + 2\,\mathrm{e^-} \qquad \text{reakcja utlenienia}$$

$$\overset{0}{\mathrm{O}} + 2\,\mathrm{e^-} \rightarrow \overset{-\mathrm{II}}{\mathrm{O}} \qquad \text{reakcja redukcji}$$

W celu zbilansowania reakcji, należy proces utlenienia magnezu i redukcji tlenu pomnożyć przez 2, aby liczba elektronów biorących udział w obu procesach była taka sama, a liczba atomów tlenu była zgodna z powyższą reakcji. Sumaryczna reakcja powinna być zapisana następująco:

$$2\ \mathrm{Mg} + \mathrm{O_2} \rightarrow 2\ \mathrm{MgO}$$

Bilans elektronowo-jonowy

Bilans elektronowo-jonowy stosuje się do celu zbilansowania równań reakcji zapisanych w formie jonowej skróconej. W celu zbilansowania równania tą metodą, należy posłużyć się jonami w reakcjach połówkowych, które po zsumowaniu powinny tworzyć pełne równanie reakcji redoks w formie jonowej skróconej. Rozważmy następującą reakcję:

$$\mathrm{Br_2} + \mathrm{SO_3^{2-}} + \mathrm{H_2O} \rightarrow \mathrm{Br^-} + \mathrm{SO_4^{2-}} + \mathrm{H_3O^+}$$

Krok 1.
Ułóż równania połówkowe reakcji, nie uwzględniając elektronów, które biorą udział w reakcji.

reakcja utlenienia:

$$\mathrm{SO_3^{2-}} \rightarrow \mathrm{SO_4^{2-}}$$

reakcja redukcji:

$$\mathrm{Br_2} \rightarrow \mathrm{Br^-}$$

Krok 2.
Zbilansuj wszystkie drobiny w reakcji, z pominięciem atomów tlenu oraz wodoru.

$$\mathrm{SO_3^{2-}} \rightarrow \mathrm{SO_4^{2-}}$$

$$\mathrm{Br_2} \rightarrow 2\ \mathrm{Br^-}$$

Krok 3.
Zbilansuj atomu tlenu oraz wodoru w równaniach połówkowych.

Zwróć uwagę, że w przypadku połówkowej reakcji utlenienia liczba atomów tlenu, po lewej i po prawej stronie, nie jest sobie równa.

$$\mathrm{SO_3^{2-}} \rightarrow \mathrm{SO_4^{2-}}$$

W przypadku układania równań połówkowych bilansu elektronowo-jonowego, możesz w razie potrzeby dodać jony H3O+, $\mathrm{OH^-}$ lub cząsteczki H2O.

Ważne!
Zwróć uwagę na środowisko prowadzenia reakcji – jeżeli reakcja jest prowadzona w środowisku zasadowym, po stronie substratów nie powinien znajdować się jon H3O+. Dodajmy więc cząsteczkę wody do lewej strony równania połówkowego reakcji utleniania.

$$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-}$$

Dodanie cząsteczki wody do lewej strony równania spowodowało deficyt atomów wodoru po stronie prawej równania. Sumaryczna reakcja zachodzi w środowisku kwasowym, dlatego po stronie prawej powinniśmy dodać jony oksoniowe. Zatem równanie połówkowe reakcji utleniania powinno być zapisane następująco:

$$SO_3^{2-} + 3\,H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2\,H_3O^+$$

Krok 4.
Ustal ładunek elektryczny w równaniach połówkowych przez dodanie elektronów e^-, tak aby ładunek po lewej i prawej stronie równania reakcji połówkowej był taki sam.

$$Br_2 + 2 \text{ <msup>e-} \rightarrow 2\,Br^-$$

$$SO_3^{2-} + 3\,H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2\,H_3O^+ + 2\,e^-$$

Elektrony, które biorą udział w reakcji chemicznej, są dobierane na tym etapie.

Krok 5.
Pomnóż równania połówkowe przez odpowiednie mnożniki tak, aby liczba elektronów w reakcji połówkowej utlenienia i połówkowej redukcji była sobie równa.

$$2\,Br^- \rightarrow Br_2 + 2\,e^-$$

$$SO_4^{2-} + 2\,H_3O^+ + 2\,e^- \rightarrow SO_3^{2-} + 3\,H_2O$$

W przypadku przedstawionych reakcji połówkowych liczba elektronów, która bierze udział w redukcji i w utlenieniu, jest taka sama – nie ma potrzeby mnożenia poszczególnych równań.

Krok 6.
Dodaj stronami równania reakcji połówkowej.

$$Br_2 + SO_3^{2-} + 3\,H_2O + 2\,e^- \rightarrow 2\,Br^- + SO_4^{2-} + 2\,H_3O^+ + 2\,e^-$$

Krok 7.
Uprość równanie reakcji przez skreślenie drobin, które pojawią się po lewej i prawej

stronie równania.

Br2+SO32-+3 H2O+2 e-→2 Br-+SO42-+2 H3O++2 e-</msup>

Krok 8.
Zapisz równanie reakcji. Sprawdź, czy liczby atomów i ładunki są zbilansowane.

Br2+SO32-+3 H2O→2 Br-+SO42-+2 H3O+

Pamiętaj!

1. W przypadku korzystania z bilansu elektronowo-jonowego w zapisie procesów połówkowych, nie zapisujemy tylko symbolu pierwiastka, którego atom zmienia swój stopień utlenienia, a całe indywiduum (jon), w którym dany atom się znajduje.
2. W celu uzgodnienia liczby atomów wodoru i tlenu, należy przeanalizować, w jakim środowisku dana reakcja zachodzi:
    - **środowisko zasadowe** – tam, gdzie brakuje atomów tlenu, dopisujemy cząsteczkę H_2O, następnie OH^- po drugiej stronie procesu, w celu zbilansowania równania.
    - **środowisko kwasowe** – tam, gdzie brakuje atomów tlenu, dopisujemy cząsteczkę H_2O, następnie dodajemy po drugiej stronie procesu jony H_3O^+.
3. Uwzględniamy liczbę elektronów tak, aby ładunki w równaniach połówkowych się zgadzały. Jeżeli tak nie jest, oznacza to, że zostały wybrane złe indywidua chemiczne, które ulegają reakcji.
4. Mnożymy procesy połówkowe, tak aby liczba elektronów w procesie połówkowym utleniania i redukcji była taka sama.
5. Dodajemy procesy połówkowe stronami i sprawdzamy, czy ładunki oraz masy substratów i produktów są takie same po obu stronach procesu.

Słownik

zasada zachowania masy, prawo zachowania masy

prawo stwierdzające, że suma mas ciał, które biorą udział w procesie, nie zmienia się

reakcja oksydacyjno-redukcyjna, reakcja utleniania-redukcji, reakcja redoks

reakcja, w której dochodzi do przeniesienia jednego lub więcej elektronów od atomu, jonu lub cząsteczki donora (czyli reduktora) do akceptora (czyli utleniacza)

reakcje połówkowe

zapis reakcji procesu utleniania i redukcj formie jonowej – reakcje te nie odzwierciedlają rzeczywistego procesu, a jedynie przedstawiają jej mechanizm; połączenie tych procesów prowadzi do powstania równania w formie jonowej skróconej

stopień utlenienia

pojęcie umowne, określające liczbę dodatnich lub ujemnych ładunków elementarnych, które można by przypisać atomowi pierwiastka chemicznego, wchodzącego w skład określonego związku, gdyby cząsteczki tego związku miały budowę jonową

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Jones L., Atkins P., *Chemia ogólna. Cząsteczki, materia, reakcje*, Warszawa 2018.

Praca zbiorowa pod redakcją Śliwy A., *Obliczenia chemiczne. Zbiór zadań z chemii nieorganicznej i analitycznej wraz z podstawami teoretycznymi*, wyd. 4, Warszawa 1976.

Pazdro K. M., *Podstawy chemii dla kandydatów na uczelnie wyższe*, Warszawa 1991.

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, t. 2, Warszawa 2009.

Hejwowska S., Marcinkowski R., Staluszka J., *Chemia 3 – Równowagi i procesy jonowe, Zakres rozszerzony*, Gdynia 2005.

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem samouczkiem, spróbuj rozwiązać samodzielnie zawarte w nim zadania, a następnie odpowiedz na poniższe pytania.

Film dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/Dlm8WHV8y

Film samouczek pt. „*Co to jest zasada bilansu elektronowo-jonowego i jak się ją stosuje do uzgadniania równań utleniania i redukcji?*"

Źródło: GroMar Sp. z o.o., Piotr Dzwoniarek, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film wyjaśniający zagadnienie bilansu elektronowo-jonowego i metod uzgadniania równań utleniania i redukcji.

Ćwiczenie 1

Uszereguj w następującej po sobie kolejności etapy bilansu elektronowo-jonowego.

- Bilans atomów tlenu za pomocą cząsteczek $\mathrm{H_2O}$.
- Bilans ładunku za pomocą elektronów $\mathrm{e^-}$.
- Bilans atomów wodoru za pomocą jonów $\mathrm{H_3O^+}$.
- Bilans atomów metali i atomów niemetali innych niż atomy tlenu i wodoru.
- Identyfikacja indywiduów biorących udział w reakcji redoks.
- Zgodność równań połówkowych ze środowiskiem reakcji.

Ćwiczenie 2

W podanym równaniu reakcji dobierz współczynniki metodą bilansu jonowo-elektronowego, wskaż utleniacz i reduktor, a także utlenianie i redukcję.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Połącz pojęcie z odpowiednią definicją mówiącą czym różni się zapis bilansu elektronowego od bilansu elektronowo-jonowego.

bilans elektronowy	zapisujemy w procesach połówkowych tylko symbole pierwiastków atomy ulegające reakcji
bilans elektronowo-jonowy	zapisujemy całe indywidua chemiczne, w skład których wchodzi atom pierwiastka ulegającego reakcji redoks

Ćwiczenie 2

Zaznacz poprawne odpowiedzi.

Z przedstawionych poniżej reakcji, wybierz tylko te, które są reakcjami utlenienia-redukcji.

- [ ] $3\ CuS + 8\ HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2\ NO + 3\ S + 4\ H_2O$
- [ ] $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + 2\ NaCl$
- [ ] $2\ SO_2 + O_2 \rightarrow 2\ SO_3$
- [ ] $2\ AgNO_3 + 2\ NaOH \rightarrow Ag_2O + 2\ NaNO_3$

Ćwiczenie 3

Na sprawdzianie uczeń miał za zadanie dobrać współczynniki stechiometryczne metodą bilansu elektronowo-jonowego następującej reakcji:

$$\mathrm{Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O}$$

W swojej pracy umieścił następujące odpowiedzi:

$$\overset{0}{\mathrm{Cu}} + 2\,\mathrm{e^-} \rightarrow \overset{\mathrm{II}}{\mathrm{Cu}} \quad / \cdot 3$$

$$\overset{\mathrm{V}}{\mathrm{N}} \rightarrow \overset{\mathrm{II}}{\mathrm{N}} + 3\,\mathrm{e^-} \qquad / \cdot 2$$

$$3\,\mathrm{Cu} + 8\ \mathrm{HNO_3} \rightarrow 3\ \mathrm{Cu(NO_3)_2} + 2\,\mathrm{NO} + 4\,\mathrm{H_2O}$$

Wyjaśnij, dlaczego, pomimo poprawnie dobranych współczynników stechiometrycznych reakcji, uczeń nie otrzymał maks. liczby punktów.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 4

Uzupełnij poniższy proces połówkowy. Określ, czy jest to proces utlenienia, czy redukcji, oraz podaj, ile elektronów bierze udział w tym procesie.

$$\mathrm{ClO_4^- \rightarrow Cl^-}$$

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5

Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie rozwiąż zadanie.

Niektóre reakcje redoks nazywamy reakcjami dysproporcjonowania. Są to reakcje, w których ta sama drobina ulega utlenieniu, jak i redukcji. Tlenek azotu(IV) w środowisku zasadowym ulega reakcji dysproporcjonowania. W wyniku tej reakcji powstają jony azotanowe(V), jony azotanowe(III) oraz cząsteczka wody.

Na podstawie Kocjan R., *Chemia analityczna, Podręcznik dla studentów Analiza jakościowa, Analiza ilościowa Klasyczna*, Warszawa 2002.

Zapisz równanie zachodzącej reakcji redoks i uzgodnij ją metodą bilansu elektronowo-jonowego.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6

Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie rozwiąż zadanie.

Reakcje między drobinami, w których ten sam pierwiastek występuje na różnych stopniach utlenienia, w wyniku czego otrzymujemy jeden produkt o pośrednim stanie utlenienia, nazywamy reakcjami **synproporcjonowania**.

Podczas ogrzewania roztworu, zawierającego mieszaninę jonów amonowych oraz azotanowych(III), zachodzi reakcja, w której wydziela się bezbarwny gaz (główny składnik powietrza).

Na podstawie Kocjan R., *Chemia analityczna, Podręcznik dla studentów Analiza jakościowa, Analiza ilościowa Klasyczna*, Warszawa 2002.

Zapisz reakcję synproporcjonowania soli amonowej z jonami azotanowymi(III). Dobierz współczynniki metodą bilansu elektronowo-jonowego.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7

Dobierz współczynniki stechiometryczne poniższej reakcji chemicznej, stosując bilans elektronowo-jonowy.

$$K_2Cr_2O_7 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8

Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie rozwiąż zadanie.

Manganian(VII) potasu $\mathrm{KMnO_4}$ jest związkiem, którego roztwór ma zabarwienie różowofioletowe. Ma silne działanie utleniające. Podczas reakcji chemicznych, prowadzonych w roztworach słabo zasadowych, wytrąca się on w postaci trudno rozpuszczalnego tlenku, z kolei w roztworach silnie zasadowych tworzy się sól manganu $\mathrm{MnO_4^{2-}}$ na VI stopniu utlenienia o zabarwieniu zielonym, a w roztworach kwasowych następuje odbarwienie roztworu.

A. Bielański *Podstawy chemii nieorganicznej* tom 2 Warszawa 2009 r.

Wykonano następujące doświadczenie: do probówki, w której znajdował się wodny roztwór $\mathrm{KMnO_4}$, dodano roztwór NaOH oraz roztwór $\mathrm{K_2SO_3}$. Po zmieszaniu substratów, roztwór zmienił barwę. Nie zaobserwowano wytracenia się osadu.

Narysuj schemat doświadczenia, zapisz obserwacje oraz dobierz współczynniki reakcji chemicznej, korzystając z metody bilansu elektronowo-jonowego.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Robert Wróbel, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Co to jest zasada bilansu elektronowo-jonowego i jak się ją stosuje do uzgadniania równań utleniania i redukcji?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Uczeń:

4) stosuje zasady bilansu elektronowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie cząsteczkowej).

Zakres rozszerzony

VIII. Reakcje utleniania i redukcji. Uczeń:

5) stosuje zasady bilansu elektronowo-jonowego – dobiera współczynniki stechiometryczne w schematach reakcji utleniania-redukcji (w formie cząsteczkowej i jonowej).

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- omawia zasady bilansu elektronowo-jonowego;
- wyjaśnia, czym jest bilans elektronowo-jonowy;

- stosuje bilans elektronowo-jonowy do uzgadniania współczynników stechiometrycznych reakcji chemicznej;
- wyjaśnia różnicę między bilansem elektronowym a elektronowo-jonowym.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródlowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film samouczek;
- technika bateria.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/pisak;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału.
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Jakie są metody bilansowania równań reakcji redoks?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek „Bilans elektronowo-jonowy”. Zadaniem uczniów jest wypisanie kolejno następujących po sobie etapów bilansowania elektronowo-jonowego. Po zakończeniu projekcji

uczniowie na forum podają kolejne etapy bilansowania. Nauczyciel i pozostali uczniowie weryfikują poprawność wypowiedzi uczniów.
2. Ćwiczenia w pisaniu na tablicy przykładów bilansowania elektronowo-jonowego. Uczniowie nawzajem weryfikują poprawność zapisów.
3. Nauczyciel zapowiada uczniom, że będą rozwiązywać ćwiczenia nr 3-8 zawarte w e-materiale w sekcji „Sprawdź się". Uczniowie wykonują zadania w parach. Po ustalonym czasie wybrani uczniowie przedstawiają odpowiedzi, a pozostali uczniowie wspólnie ustosunkowują się do nich. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Prowadzący zapowiada uczniom, że w kolejnym kroku będą rozwiązywać ćwiczenia nr 1 i 2 z sekcji „Sprawdź się". Każdy z uczniów wykonuje ćwiczenia samodzielnie. Po ustalonym czasie wybrani uczniowie przedstawiają rozwiązania. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają samoprzylepnymi karteczkami w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?

Praca domowa:

1. Zapisz równania reakcji miedzi z stężonym kwasem azotowym(V) oraz z rozcieńczonym kwasem azotowym(V). Dobierz współczynniki stechiometryczne metodą bilansu elektronowo-jonowego.
2. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się", których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany podczas lekcji do zobrazowania uczniom zasad bilansu elektronowo-jonowego. Nauczyciel medium może wykorzystać w ramach metody lekcji odwróconej. Uczniowie mogą film wykorzystać przygotowując się do lekcji czy pracy kontrolnej, a uczniowie nieobecni na lekcji do samokształcenia celem uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz samoprzylepne karteczki dla uczniów.

2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Na czym polega bilans elektronowo-jonowy?
- Na czym polegają reakcje redoks?