

Wstęp do elektrochemii

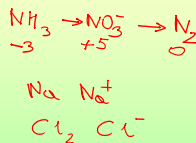


utlenianie i redukcja

utleniacz i reduktor

reakcje utleniania i redukcji

reakcje dysproporcjonowania



Utenianie

proces polegający na **utracie** elektronów przez obojętne atomy, cząsteczki lub jony, w którym następuje podwyższenie stopnia utlenienia reduktora

Redukcja

proces polegający na **pobieraniu** elektronów przez atomy lub jony, w którym następuje obniżenie stopnia utlenienia utleniacza

Utleniacz

substancja ulegająca **redukcji**, pobierająca elektrony od substancji utlenionej i obniżającą swój stopień utlenienia

Reduktor

substancja ulegająca **utlenieniu**, oddająca elektrony substancji redukowanej i podwyższającą swój stopień utlenienia

1

2

http://www.ptable.com/

3

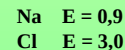
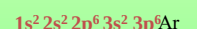
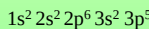
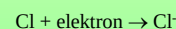
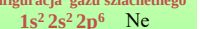
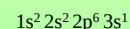
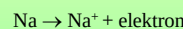
wiązanie jonowe

$$\Delta E > 1,7$$

polega na przejściu **elektronów walencyjnych** z atomu jednego pierwiastka do atomu drugiego pierwiastka, powstają kationy i aniony przyciągające się wzajemnie

siłami elektrostatycznymi

wiązanie jonowe (elektrowalencyjne) tworzy się wskutek elektrostatycznego przyciągania się układów o różnoimiennych ładunkach elektrycznych; powstaje między 2 atomami, z których jeden — atom A — łatwo oddaje, a drugi — atom B — łatwo przyłącza elektrony (odznacza się dużą elektroujemnością); elektron z powłoki walencyjnej atomu A przechodzi wówczas na powłokę walencyjną atomu B, w wyniku czego powstaje kation A^+ i anion B^- ; przyciąganie się tych jonów powoduje powstanie wiązania jonowego.



$$\Delta E = 3,0 - 0,9 = 2,1$$

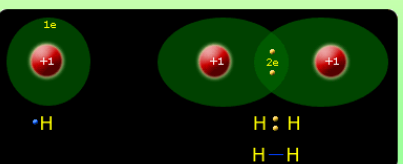
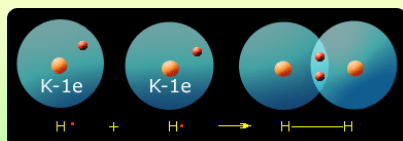
4

wiązanie kowalencyjne (atomowe)

polega na łączeniu się atomów za pomocą wspólnych par elektronowych

cząsteczki H_2 , Cl_2 , O_2 , N_2

$$\Delta E = 0 (0,4)$$

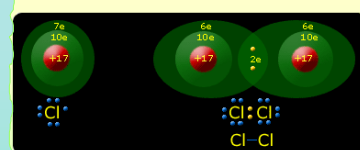


mechanizm powstawania wiązania kowalencyjnego w cząsteczce wodoru

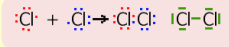
He



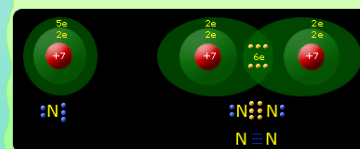
5



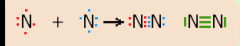
Ar



mechanizm powstawania wiązania kowalencyjnego w cząsteczce chloru



Ne



mechanizm powstawania wiązania kowalencyjnego w cząsteczce azotu

6

mechanizm powstawania wiązania kowalencyjnego w cząsteczce tlenu

wiązania w cząsteczkach H_2 , Cl_2 , O_2

H_2 H-H Cl_2 Cl-Cl O_2 O=O

7

wiązanie kowalencyjne spolaryzowane (polarne)

$0 (0,4) < \Delta E > 1,7$

$H^+ Cl^-$

H E = 2,1
Cl E = 3,0

ΔE
 $3,0 - 2,1 = 0,9$

$H : Cl$
 $H \rightarrow Cl$

8

$H \rightarrow Cl$

H Cl

9

Tabela 1. Elektroujemność wybranych pierwiastków i procentowy udział wiązania jonowego w związkach z tlenem

Jon	Elektro-ujemność	% charakteru jonowego	Jon	Elektro-ujemność	% charakteru jonowego	Jon	Elektro-ujemność	% charakteru jonowego
Cs ⁺	0,7	89	Zn ²⁺	1,7	63	P ⁵⁺	2,1	35
K ⁺	0,8	87	Sn ²⁺	1,8	73	Au ²⁺	2,4	62
Na ⁺	0,9	83	Pb ²⁺	1,8	72	Se ²⁻	2,4	-
Ba ²⁺	0,9	84	Fe ²⁺	1,8	69	C ⁴⁺	2,5	23
Li ⁺	1,0	82	Si ⁴⁺	1,8	48	S ²⁻	22,5	-
Ca ²⁺	1,0	79	Fe ³⁺	1,9	54	J ⁻	22,5	-
Mg ²⁺	1,2	71	Ag ⁺	1,9	71	N ³⁺	3,0	9
Be ²⁺	1,5	63	Cu ⁺	1,9	71	Cl ⁻	3,0	-
Al ³⁺	1,5	60	B ³⁺	2,0	43	O ²⁻	3,5	-
Mn ²⁺	1,5	72	Cu ²⁺	2,0	57	F ⁻	4,0	-

Wiązanie można uważać za jonowe, jeśli ma w stopniu przekraczającym 50% charakter jonowy

J.E. Andrews, P. Brimblecombe, T.D. Jickells, P.S. Liss. Wprowadzenie do chemii środowiska.

10

Elektroujemność według Paulinga

1																		18																	
1H	2,1																																		
2Li	1,0	3Be	1,5															13B	2,0	14C	2,5	15N	3,0	16O	3,5	17F	4,0	18Ne							
11Na	0,9	12Mg	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13Al	1,5	14Si	1,8	15P	2,1	16S	2,5	17Cl	3,0	18Ar											
19K	0,8	20Ca	1,0	21Sc	1,3	22Ti	1,5	23V	1,6	24Cr	1,6	25Mn	1,5	26Fe	1,8	27Co	1,8	28Ni	1,9	29Cu	1,6	30Zn	1,6	31Ga	1,8	32Ge	2,0	33As	2,4	34Se	2,8	35Br	2,8	36Kr	
37Rb	0,8	38Sr	1,0	39Y	1,2	40Zr	1,4	41Nb	1,6	42Mo	1,8	43Tc	1,9	44Ru	2,2	45Rh	2,2	46Pd	2,2	47Ag	1,9	48Cd	1,7	49In	1,7	50Sn	1,8	51Sb	1,9	52Te	2,1	53I	2,5	54Xe	
55Cs	0,7	56Ba	0,9	57La	1,1	58Ce	1,3	59Pr	1,5	60Nd	1,7	61Pm	1,9	62Sm	2,2	63Eu	2,2	64Gd	2,2	65Tb	2,4	66Dy	1,9	67Ho	1,8	68Er	1,8	69Tm	1,9	70Yb	2,0	71Lu	2,2	72Hf	
87Fr	0,7	88Ra	0,9															103Lr	1,3																

11

11

stopnie utlenienia

pierwiastka wchodzącego w skład określonego związku
liczba dodatnich lub ujemnych ładunków elementarnych,
jakie zyskałby atom, gdyby wszystkie wiązania w
cząsteczce były jonowe

FeS , H_2CO_3 , H_2O

1. stopień utlenienia pierwiastka w stanie wolnym = 0

2. stopień utlenienia pierwiastka w postaci jonu prostego
równa się jego elektrowartościowości (wartościowości jonu)

3. suma stopni utlenienia wszystkich atomów wchodzących
w skład jonu złożonego równa jest ładunkowi jonu

SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-}

12

4. suma stopni utlenienia wszystkich atomów wchodzących w skład cząsteczki obojętnej = 0

5. fluor we wszystkich swych połączeniach występuje na -1 stopniu utlenienia



6. wodór przyjmuje w swych związkach stopień utlenienia równy +1, z wyjątkiem wodorków litowców i berylówców, gdzie stopień utlenienia wynosi -1



7. stopień utlenienia
litowców = +1,
berylówców = +2,
(metale przyjmują dodatnie stopnie utlenienia)

13

8. tlen w połączeniach ma stopień utlenienia -2

wyjątki:

fluorek tlenu OF_2 - O^{2+}

ponadtlenki np. KO_2 - $\text{O}^{-1/2}$

nadtlenki np. H_2O_2 , Na_2O_2 , BaO_2 - O^{-1}



14

do substancji ulegających redukcji czyli utleniaczy należą

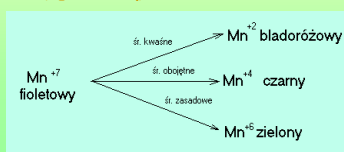
1. pierwiastki najbardziej elektroujemne
(np. F_2 , Cl_2 , Br_2 , J_2 , O_2)



2. jony metali na wyższym stopniu utlenienia, jony metali szlachetnych i jon wodorowy
(np. Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^+ , H^+)

3. związki chemiczne, w których pewne pierwiastki występują na najwyższych stopniach utlenienia
(np. KClO_4)

KMnO_4 w zależności od środowiska może ulegać redukcji do różnych stopni utlenienia
zmiana zabarwienia roztworu



15

do substancji ulegających utlenieniu, czyli reduktorów należą

1. pierwiastki najbardziej elektrododatnie
(np. Na , K , Mg , Ca , Al)



2. niemetale (np. C , N , S , H)

3. jony metali i niemetali na niższym stopniu utlenienia
(np. Fe^{2+} , Sn^{2+} , S^{2-})

4. związki chemiczne, które posiadają atomy metali i niemetali na niższym stopniu utlenienia
(np. SbCl_2 , FeCl_2 , CO , NaNO_2 , aldehydy)

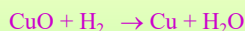
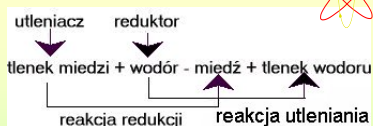
5. jony ujemne fluorowców, dla których rosną zdolności redukcyjne wraz ze wzrostem mas atomowych
(np. Cl^- , Br^- , I^-)

16

Reakcje utleniania i redukcji (redoks)

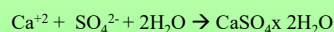
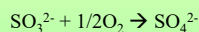
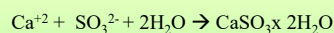
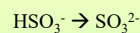
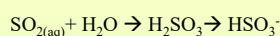
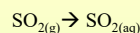


przeniana, w czasie której jedna substancja ulega redukcji, a druga utlenianiu



17

Utlenianie i redukcja przykłady praktyczne



Gips - minerał, uwodniony siarczan(VI) wapnia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. W wyniku ogrzewania traci częściowo wodę, przechodząc w temperaturze 120-130 °C w gips palony $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, będący materiałem zaprawowym, ponieważ łatwo pobiera wodę i twardnieje. Gips budowlany (półwodny) otrzymuje się w wyniku wyprażania gipsu w temperaturze 150-185 °C.

18

Elektrownia Dolna Odra, Zespół Elektrowni Dolna Odra



Instalacje odsiarczania wybudowane w elektrowni Dolna Odra pracują z zastosowaniem technologii mokrej wapiennej, przy zastosowaniu absorberów przeciwprądowych. Instalację odsiarczania spalin (IOS) można porównać do sporej fabryki. Jej podstawową funkcją jest wychwycenie ze spalin dwutlenku siarki i przekształcenie go w gips. Każdy z dwóch absorberów ma wysokość kilkunastopiętrowego budynku i w ciągu miesiąca zatrzymuje ponad 1000 ton dwutlenku siarki. Główny wentylator instalacji jest największą pompą w elektrowni. Mając wysokość piętrowego domu, przetłacza w ciągu godziny 1,8 mln m³ spalin. W ciągu roku obie instalacje odsiarczania zużywają około 40 tysięcy ton mączki kamienia wapiennego.

Powstające w procesie odsiarczania ścieki (miesięcznie powstaje ich około 10 tys. m³), oczyszczane są we własnej, mechaniczno-chemicznej oczyszczalni, obsługującej obie IOS.



19

Odazotowywanie

Tlenki azotu – NO, NO₂, N₂O



sposób rozmieszczenia palników, kształt komory paleniskowej

obniżanie temperatury jądra płomienia, zmniejszanie zawartości tlenu w strefie spalania, skracanie czasu przebywania spalin w strefie panowania wysokich temperatur

Metody odazotowywania spalin

SCR (*selective catalytic reduction*) - selektywna redukcja katalityczna

SNCR (*selective noncatalytic reduction*) - selektywna redukcja niekatalityczna

20

Metoda SNCR



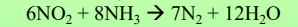
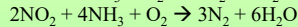
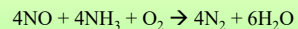
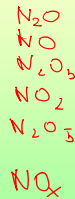
Amoniak reaguje z tlenkami azotu w temperaturze 800-1000 °C bez katalizatora, dając azot i wodę.

W innym zakresie temperatur reakcja zachodzi bardzo powoli i amoniak przedostaje się do kominia.

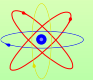
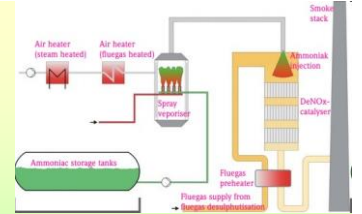
21

Metoda SCR

Redukcja tlenków azotu za pomocą amoniaku w obecności katalizatora



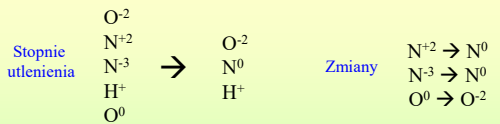
Katalizatory: tlenki tytanu (TiO₂), wanadu (V₂O₅), wolframu (WO₃) lub molibdenu (MoO₃).



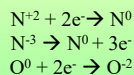
Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M.: Energetyka a ochrona środowiska. WNT. Warszawa 1994.

22

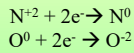
(NO; NH₃; O₂) → (N₂; H₂O)



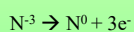
Przemieszczenie elektronów



Redukcja



Utlenianie



Utleniacze

Reduktor

N⁺²

N⁻³

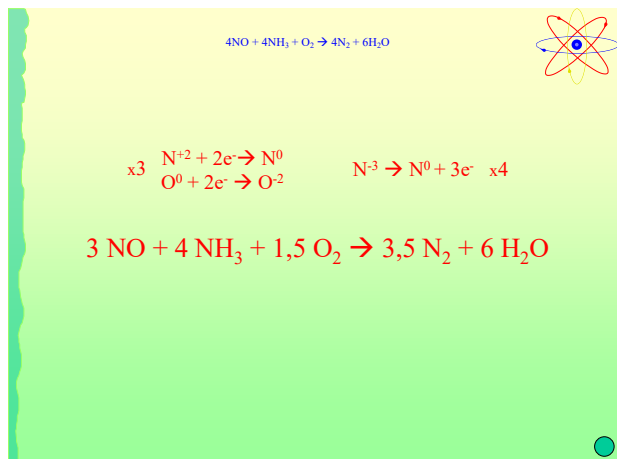
Bilans ilości elektronów:

pobrane (redukcja) = oddane (utlenianie) (utleniacz) (reduktor)

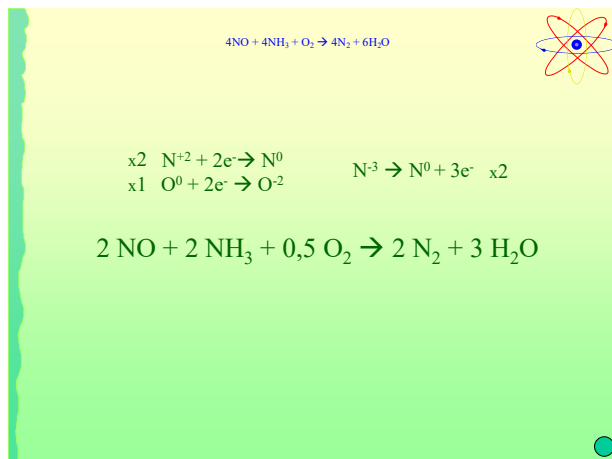


23

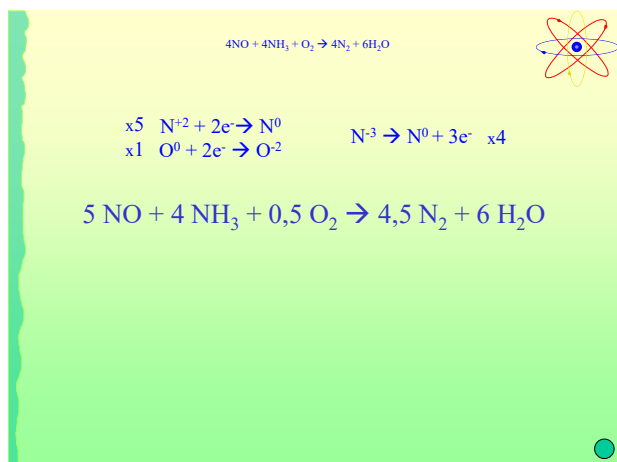
24



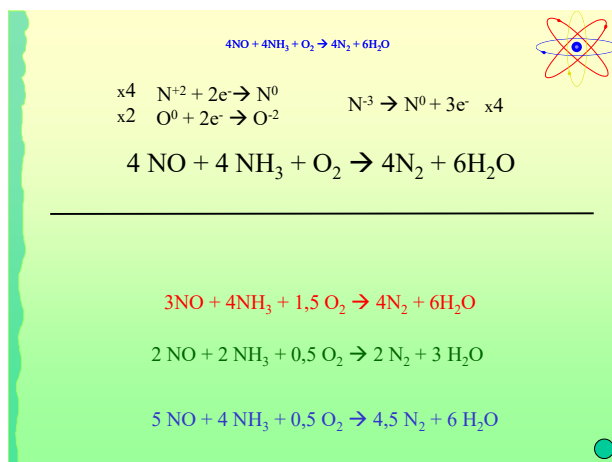
25



26



27



28

AdBlue - nazwa handlowa 32,5% wysokiej czystości wodnego roztworu mocznika. AdBlue to zarejestrowany znak towarowy. Produkt stosowany w branży motoryzacyjnej jako reduktor w celu rozłożenia w katalizatorze SCR szkodliwych dla środowiska tlenków azotu. W technologii SCR AdBlue jest kierowany pod wysokim ciśnieniem na strumień spalin w katalizatorze, gdzie zachodzi redukcja szkodliwych dla atmosfery tlenków azotu na azot (w postaci dwuatomowych cząsteczek) oraz wodę.



$(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$
rozkład mocznika na amoniak i kwas izocyjanowy

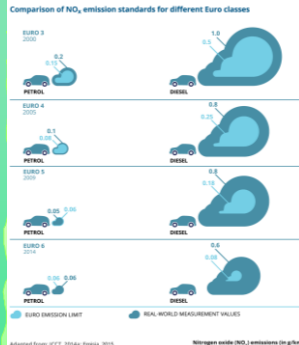
redukcja z udziałem amoniaku
 $\text{NH}_3 + \text{NO}_x + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

redukcja z udziałem kwasu izocyjanowego
 $\text{HNCO} + \text{NO}_x + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$



29

Comparison of NO_x emission standards for different Euro classes



Adapted from: ICT, 2014a; Emission, 2015

AdBlue znalazło zastosowanie w systemach SCR w przemyśle motoryzacyjnym w związku z nowymi legislacjami unijnymi regulującymi normy emisji spalin w silnikach. Od 1 października 2006 roku samochody o tonażu powyżej 3,5 tony obowiązują normy redukcji emisji spalin *EURO 4*, a od 1 października 2009 - *Euro 5*. Zgodnie z normą *EURO 5*, emisja szkodliwych tlenków azotu została zredukowana o 60%, a cząstek stałych (PM) o co najmniej 80%. W 2014 roku Parlament Europejski uchwalił przepisy wprowadzające normy emisji spalin Euro 6 gdzie dopuszczalna emisja tlenków azotu wynosi 80 mg/km (*EURO 5* - 180 mg/km).



30

ogniwo galwaniczne

ogniwo galwaniczne (elektryczne)
układ elektrod, z których każda zanurzona jest w
roztworze elektrolitu i stanowi półogniwo



(-)ELEKTRODA 1 | ELEKTROLIT 1 || ELEKTROLIT 2 | ELEKTRODA 2 (+)

ogniwo Daniela

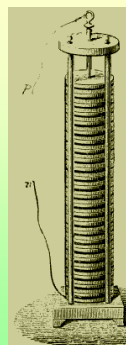


ogniwo Volty



31

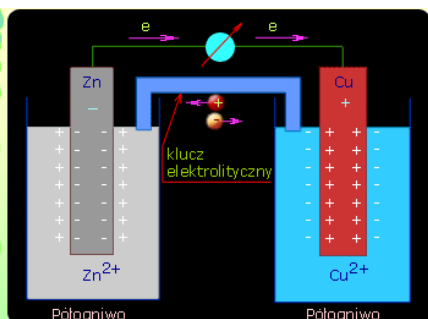
Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta
(1745-1827)



1799 rok
monety z
cynku i miedzi
przedzielone
pergaminem
zanurzone w
roztworze
NaCl



32



Schemat ogniwa
galwanicznego

Klucz elektrolityczny – rodzaj półprzepuszczalnej przegrody lub naczynia z elektrolitem spełniający rolę łącznika dwóch półogniw w ogniwie galwanicznym. Klucz elektrolityczny zapewnia przepływ prądu elektrycznego między półogniwami i jednocześnie uniemożliwia mieszanie się elektrolitów wchodzących w skład półogniw.
W laboratoriach stosuje się klucze w postaci szklanej rurki wygiętej w kształcie litery U, wypełnionej roztworem elektrolitu, z przegrodami porowatymi na końcach.



33

Elektroliza

pojęcie elektrolizy

I i II prawo elektrolizy Faraday'a

przemysłowe zastosowanie elektrolizy



34

elektroliza
proces przebiegający na powierzchni elektrod wskutek
przyłożenia napięcia

elektroliza
procesy zachodzące w ogniwie elektrolitycznym pod
wpływem prądu dostarczanego do elektrolizera z
zewnętrznego źródła prądu



35

elektrolity
substancje, których roztwory wodne przewodzą prąd
elektryczny za pośrednictwem swobodnych jonów
np. NaCl, HCl NaOH
nieelektrolity
substancje, których roztwory wodne nie przewodzą prądu
elektrycznego

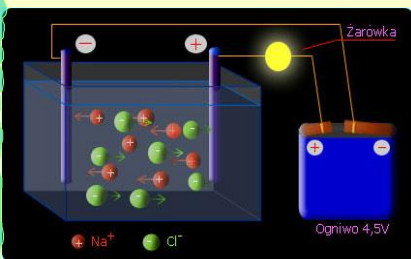
mogą być w stanie **stałym lub stopionym** (np. sole) lub
w **roztworze**

jony, które w stałym elektrolicie są **uporządkowane** w
sieciach krystalicznych, **po stopieniu lub rozpuszczeniu**
poruszają się **chaotycznie** we wszystkich kierunkach,
podobnie jak w roztworze
po połączeniu elektrod ze źródłem prądu ruch jonów staje
się **uporządkowany**



36

elektroliza

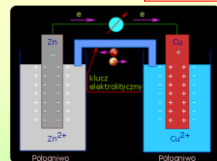
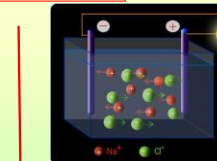
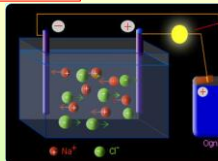


podłączenie zewnętrznego źródła prądu stalego wymusza zmianę potencjału elektrod - polaryzacja elektrod

ujemnie naładowane aniony X^- przesuwają się w stronę dodatnio naładowanej elektrody - **anody**

kationy Me^+ poruszają się w stronę ujemnie naładowanej elektrody - **katody**

37

Katoda Anoda		Kationy Aniony
 Rozpuszczanie metalu $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ Utlenianie Anoda	 Wydzielanie metalu $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ Redukcja Katoda	 Wydzielanie chloru $2Cl^- \rightarrow Cl_2^0 + 2e^-$ Utlenianie Anoda
Źródła prądu - ogniwa		Odbiorniki prądu - elektrolizer
Katoda – dodatnia Anoda - ujemna		Katoda – ujemna Anoda - dodatnia

38

proces elektrolizy zachodzi w stopionych solach

• roztworach wodnych kwasów, zasad oraz soli

elektroliza stopionego NaCl



ciekły stopiony NaCl zawiera jony Na^+ i Cl^-

$$2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na + Cl_2$$

przy katodzie - metaliczny sód

przy anodzie - gazowy chlor

39

elektroliza zasad

reakcja katodowa $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$

$$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na^0$$

$$2Na^0 + 2H_2O \rightarrow 2Na^+ + 2OH^- + H_2$$

reakcja anodowa $2OH^- - 2e^- \rightarrow H_2O + 1/2O_2$

40

elektroliza wodnego roztworu kwasu

przy katodzie wydzielą się H_2 ,
przy anodzie O_2 lub inne produkty (np. Cl_2 przy HCl)

roztwory kwasów tlenowych (H_2SO_4 , H_3PO_4 , HNO_3 , H_2CO_3)
dają zawsze O_2 i H_2

przy katodzie $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (powstaje wodór)

na anodzie produktem utlenienia anodowego w przypadku anionów kwasów tlenowych jest O_2 dostarczany przez jony OH^- lub cząsteczki H_2O

w przypadku kwasów beztlenowych utlenieniu ulegają aniony reszt kwasowych
($2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$) z wydzielaniem produktu np. chloru

41

reakcje na katodzie

pH < 7 $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

pH ≥ 7 $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

reakcje na anodzie

zasady, kwasy tlenowe, sole

$$4OH^- - 4e^- \rightarrow 2H_2O + O_2$$

$$2H_2O - 4e^- \rightarrow 4H^+ + O_2$$

kwasy beztlenowe

$$2X^- - 2e^- \rightarrow X_2$$

Handwritten notes:

$$SO_4^{2-} \rightarrow SO_4 + 2e^-$$

$$SO_4^{2-} \rightarrow SO_3 + 1/2O_2$$

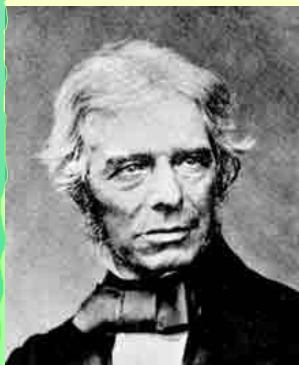
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

$$H_2O \rightarrow 1/2O_2 + 2H^+$$

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$

42

Michael Faraday (1791-1867)



I i II prawo elektrolizy Faraday'a

43

$\text{Na}^+ + 1e \rightarrow \text{Na}^0$ I prawo $\text{Cu}^{+2} + 2e \rightarrow \text{Cu}^0$
Masa substancji wydzielonej podczas przepływu prądu w reakcji katodowej lub anodowej jest proporcjonalna do ilości elektryczności, która przepłynęła przez elektrolizer

$$m = k \cdot Q \quad Q = I \cdot t \quad m = k \cdot I \cdot t$$

k - równoważnik elektrochemiczny (masa substancji wydzielona, w czasie elektrolizy, przez ładunek jednego kulomba

równoważnik chemiczny - iloraz masy molowej M pierwiastka przez stopień utlenienia n

I prawo Faraday'a

$$m = M \cdot \frac{t}{nF}$$

$$F = 96\,500 \text{ C/mol}$$

M = masa molowa

I = natężenie prądu

n = stopień utlenienia

44

$$F = 96\,500 \text{ C/mol}$$

Stała Faradaya – ładunek elektryczny przypadający na jeden mol elektronów
96 485,33289(59) C/mol

Kulomb

Jest to ładunek elektryczny przepływający w czasie 1 sekundy przez przekrój poprzeczny przewodnika, gdy natężenie prądu elektrycznego płynącego przez tę powierzchnię wynosi 1 amper.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

45

II prawo

Jednakowe ilości elektryczności przepływające przez roztwory różnych elektrolitów wydzielają równoważne ilości wagowe pierwiastków (proporcjonalne do równoważników chemicznych tych substancji),
96500 kulombów wydziela jeden gramorównoważnik dowolnego pierwiastka.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

II prawo Faraday'a

$$m_1 : m_2 : \dots m_n = M_{R1} : M_{R2} : \dots M_{Rn}$$

m - masa substancji,
 M_R - równoważnik chemiczny

46

przemysłowe zastosowanie elektrolizy

galwanotechnika - dział techniki zajmujący się teoretycznymi aspektami oraz praktycznymi metodami elektrolitycznego wytwarzania powłok na rozmaitych podłożach

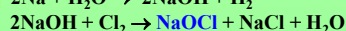
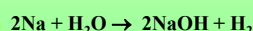
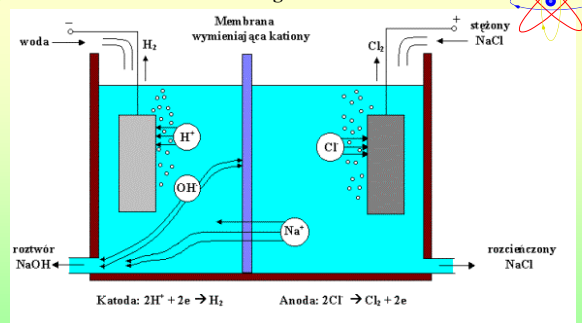
galwanotechnika zajmuje się wytwarzaniem powłok zarówno metodą osadzania na podłożu substancji pochodzących z elektrolitu, jak i metodą przetwarzania materiału podłoża

galwanizacja - elektrolityczne metody wytwarzania powłok na różnych materiałach
najczęściej galwanizacja to praktyczne wykonywanie trwale przylegających cienkich powłok metalicznych poprzez osadzanie jednego metalu na innym

niklowanie - pokrywanie wyrobów metalowych warstwą Ni
cele: antykorozyjne, dekoracyjne, technologiczne jako podłoże dla innych powłok galwanicznych

47

elektroliza wodnego roztworu NaCl



Dezynfekcja wody

48



$$\text{NaOCl}$$

$$\text{Cl}_2; \text{HOCl}; \text{OCl}^-$$

$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$$

$$\text{HClO} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}^-$$



Handlowy roztwór podchlorynu sodu: zawartość aktywnego chloru ~150 g/l (najczęściej stabilizowany NaOH i Na₂CO₃ ~20g/l w przeliczeniu na NaOH)

$$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{(elektroliza)}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$$

$$2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaOCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$$



49

Korozja

czynniki powodujące korozję

korozja chemiczna

korozja elektrochemiczna

ochrona przed korozją

Corrosio - nadgryzanie, zżeranie

stopniowe niszczenie tworzywa wskutek działania środowiska

50

korozja, proces **stopniowego niszczenia** zachodzący na powierzchni metali i ich stopów oraz tworzyw niemetalowych (np. betonu, drewna) wskutek chemicznego lub elektrochemicznego **oddziaływania środowiska**

- metale
- stopy
- beton
- materiały ceramiczne
- tworzywa sztuczne



51

Korozja









52





$$\text{Fe}^0 \leftrightarrow \text{Fe}^{+3} + 3\text{e}^-$$

$$\text{Cl}^- \downarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Cl}^- \leftrightarrow \uparrow \text{FeCl}_3 + 3\text{OH}^-$$

[Fe(OH)₃]↑ v korozji ↓

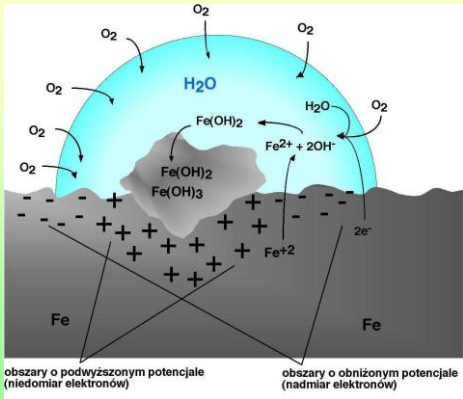
pH ↓ v korozji ↑

zasolenie ↑ v korozji ↑

53

mechanizm procesu korozji w kropli





54



Szereg metali uporządkowany w kierunku wzrostu potencjału (od mniej do bardziej szlachetnych - spadek łatwości tworzenia kationów):

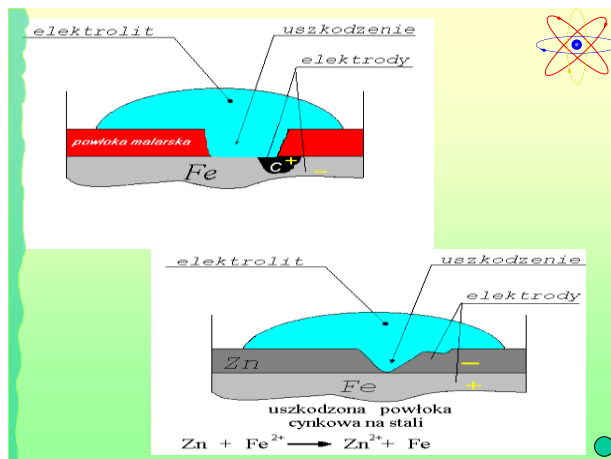
Li K Na Ca Mg Al Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H Sb Bi Cu Ag Hg Pt Au

Każdy metal o niższym potencjale normalnym wypiera z roztworu soli metal o wyższym potencjale.

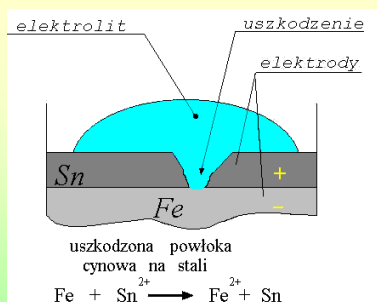
Reguła ta nie dotyczy litowców i berylówców, które nie wypierają innych metali z wodnych roztworów, gdyż pierwszeństwo ma reakcja z wodą prowadząca do otrzymania wodorotlenków. Jedynie magnez i beryl, które reagują z wodą na gorąco, mogą wypierać w temperaturze pokojowej inne metale z roztworu. Glin nie wydziela z roztworów zawierających jony Fe^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} i Cu^{2+} metali, ponieważ ulega pasywacji – pokrywa się warstwą ochronną swojego tlenku.

55

55



56



powłoka stanowi katodę, a żelazo ulega anodowemu rozpuszczeniu: $Fe - 2e^- \Rightarrow Fe^{2+}$

podobnie jak w mikroogniwach na powierzchni stali. puszki wykonane z blachy ocynowanej, rdzewieją szybko

57



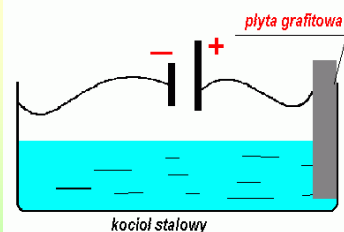
Układ śruby statku-poszycie jest w wodzie morskiej ogniwem korozyjnym. Śruba statku jest katodą w stosunku do poszycia w jej otoczeniu (korodująca/rozpuszczająca się anoda). Ochronę poszycia zapewniają celowo montowane obok śruby dodatkowe elementy (protektory) - kształtki z materiału mniej szlachetnego, które przejmują funkcję anody. Po zużyciu są wymieniane na nowe

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Ochrona_metalu_przed_korozją/C4%85#/media/File:Be1_vis_290.jpg

58

58

ochrona przed korozją



ochrona katodowa

Elementy konstrukcji narażone na korozję łączy się z ujemnym biegunem źródła prądu stałego o napięciu rzędu 1 - 2 V.

Dodatni biegun łączy się z grafitową płytą przylegającą do konstrukcji. Ponieważ elektrony doprowadzone ze źródła prądu zubożniają powstające jony, proces: $Fe - 2e^- = Fe^{2+}$ nie zachodzi

59