



**Instytut Matematyki, Fizyki i Chemii**  
**Zakład Chemii**

**Laboratorium chemii technicznej**

**Ćwiczenie laboratoryjne**  
**Szereg napięciowy metali**

Opracowali:  
dr inż. Andrzej Kozłowski  
dr inż. Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak  
dr Magdalena Ślęczka-Wilk  
dr inż. Konrad Ćwirko  
mgr inż. Czesław Wiznerowicz  
Grażyna Gorzycka

**KIEROWNIK**  
**Zakładu Chemii**  
*Kalbarczyk-Jedynak*  
dr inż. Agnieszka Kalbarczyk-Jedynak

Szczecin 2023

## KARTA ĆWICZENIA

1	<b>Powiązanie z przedmiotami:</b> ESO/25, 27 DiRMiUO/25, 27 EOUNiE/25, 27		
	<b>Specjalność/Przedmiot</b>	<b>Efekty kształcenia dla przedmiotu</b>	<b>Szczegółowe efekty kształcenia dla przedmiotu</b>
	ESO/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP3 – Wskaźniki jakości wody; SEKP6 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody technicznej;
	DiRMiUO/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP3 – Wskaźniki jakości wody; SEKP6 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody technicznej;
EOUNiE/26 Chemia wody, paliw i smarów	EKP3 K_U014, K_U015, K_U016.	SEKP3 – Wskaźniki jakości wody; SEKP6 – Wykonywanie oznaczeń wybranych wskaźników jakości wody technicznej;	
2.	<b>Cel ćwiczenia:</b> opanowanie podstawowych pojęć chemicznych dotyczących aktywności metali oraz nabycie praktycznej wiedzy z zakresu: <ul style="list-style-type: none"> <li>– położenia metali w szeregu napięciowym metali</li> <li>– zdolności redukujących i utleniających metali,</li> <li>– potencjału standardowego,</li> </ul>		
3.	<b>Wymagania wstępne:</b> ogólna wiedza dotycząca znajomości szeregu napięciowego metali, znajomość zasad pracy w laboratorium chemicznym		
4.	<b>Opis stanowiska laboratoryjnego:</b> statyw z probówkami, cylinder miarowy, stężony kwas chlorowodorowy (stęż. HCl), kwas chlorowodorowy (2M HCl), kwas azotowy(V) (2M HNO <sub>3</sub> ), stężony kwas azotowy(V) (stęż. HNO <sub>3</sub> ), kawałki cynku (Zn), miedzi (Cu)		
5.	<b>Ocena ryzyka:</b> prawdopodobieństwo oparzenia chemicznego wynikające z kontaktu ze stężonymi kwasami jest średnie (ściśły nadzór prowadzącego) Końcowa ocena – <b>ZAGROŻENIE ŚREDNIE</b> <b>Wymagane środki zabezpieczenia:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fartuchy, rękawice i okulary ochronne.</li> <li>2. Środki czystości BHP, ręczniki papierowe</li> </ol>		
6.	<b>Przebieg ćwiczenia:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zapoznanie się z instrukcją stanowiskową (załącznik 1) oraz zestawem do badania szeregu napięciowego metali,</li> <li>2. Przeprowadzenie reakcji chemicznych.</li> </ol>		
7.	<b>Sprawozdanie z ćwiczenia:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Opracować ćwiczenie zgodnie z poleceniami zawartymi w instrukcji stanowiskowej.</li> <li>2. Rozwiązać poleczone zadanie i/lub odpowiedzieć na pytania zamieszczone w zestawie zadań i pytań do samodzielnego wykonania przez studenta.</li> </ol>		

8.	<p><b>Archiwizacja wyników badań:</b>  sprawozdanie z ćwiczeń, opracowane zgodnie z obowiązującymi w pracowni zasadami, należy złożyć w formie pisemnej prowadzącemu zajęcia na następnych zajęciach.</p>
9.	<p><b>Metoda i kryteria oceny:</b></p> <p>a) EKP1, EKP2 – kontrola znajomości podstawowych pojęć chemicznych dotyczących szeregu napięciowego metali na zajęciach,</p> <p>b) SEKP4 - szczegółowy efekt kształcenia studenta oceniony zostanie na podstawie przedstawionych w sprawozdaniu obserwacji, wniosków oraz rozwiązań zadań i problemów poleconych do samodzielnego rozwiązania/ opracowania:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>ocena 2,0</b> – student nie posiada podstawowej wiedzy dotyczącej szeregu napięciowego metali, albo nie potrafi jej wykorzystać w praktyce do rozwiązania problemów związanych z różną aktywnością metali,</li> <li>– <b>ocena 3,0</b> – posiada podstawową wiedzę chemiczną dotyczącą aktywności metali, i potrafi wykorzystać ją w małym zakresie do rozwiązywania potencjalnych problemów w swojej specjalności,</li> <li>– <b>ocena 3,5 – 4,0</b> – posiada poszerzoną wiedzę chemiczną z zakresu aktywności metali i potrafi ją wykorzystać w szerokim zakresie w swoim zawodzie,</li> <li>– <b>ocena 4,5 – 5,0</b> – posiada kompletną wiedzę chemiczną dotyczącą problemu aktywności metali oraz potrafi stosować złożoną wiedzę chemiczną do wyjaśnienia badanego zjawiska za pomocą bardziej złożonych przykładów wykorzystywanych w praktyce.</li> </ul>
10.	<p><b>Literatura:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kozłowski A., Gabriel-Półrołniczak U., Instrukcja stanowiskowa do ćwiczeń laboratoryjnych <i>Korozja i ochrona przed korozją</i>, AM Szczecin, 2014.</li> <li>2. Stundis H., Trześniowski W., Żmijewska S.: <i>Ćwiczenia laboratoryjne z chemii nieorganicznej</i>. WSM, Szczecin 1995.</li> <li>3. Jones L., Atkins P., <i>Chemia ogólna. Cząsteczki, materia reakcje</i>, WN PWN, Warszawa, 2004.</li> <li>4. Baszkiewicz J., <i>Podstawy korozji materiałów</i>, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 1997.</li> <li>5. Bielański A., <i>Chemia ogólna i nieorganiczna</i>, PWN, Warszawa, 1996.</li> <li>6. Śliwa A., <i>Obliczenia chemiczne</i>, PWN, Warszawa 1987 Wranglén G., <i>Podstawy korozji i ochrony metali</i>, WNT, Warszawa 1985</li> <li>7. Wranglén G., <i>Podstawy korozji i ochrony metali</i>, WNT, Warszawa 1985</li> <li>8. Kozłowski A., <i>Materiały dydaktyczne z chemii technicznej</i>, 2013 (nie publikowane), dostępne na stronach AM w Szczecinie.</li> <li>9. Borzdyński J., <i>Elektronik</i>, Wydanie online: 412. Baterie. Rewolucja na rynku?</li> <li>10. <i>Chemia. Wirtualny podręcznik. Ogniwa w zastosowaniu praktycznym</i>, <a href="http://www.chemia.dami.pl/liceum/liceum12/elektrochemia5.htm">http://www.chemia.dami.pl/liceum/liceum12/elektrochemia5.htm</a></li> <li>11. Prezentacja multimedialna „<i>Korozja elektrochemiczna</i>” z zasobów centrum e-learningu AGH w Krakowie: <a href="http://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a_e_chemia/filmy/wmv/">http://zasoby1.open.agh.edu.pl/dydaktyka/chemia/a_e_chemia/filmy/wmv/</a> – z dnia 1.03.2021 r.</li> </ol>
11.	Uwagi

# ZAŁĄCZNIK 1 – INSTRUKCJA

## 1. ZAKRES ĆWICZENIA:

### Zagadnienia i słowa kluczowe:

- szereg napięciowy metali,
- zdolności redukujące i utleniające metali,
- potencjał standardowy.

## 2. WPROWADZENIE TEORETYCZNE DO ĆWICZENIA

### 2.1. Szereg napięciowy (szereg elektrochemiczny)

Zestawienie pierwiastków zgodnie z rosnącymi wartościami potencjałów standardowych nosi nazwę szeregu napięciowego (elektrochemicznego) tabela 1.

Tabela 1

Szereg napięciowy pierwiastków  
Potencjały normalne  $E_0$  (potencjały redukcyjne)  
odniesione do normalnej elektrody wodorowej w temperaturze 25°C

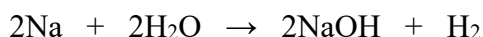
Elektroda	Reakcja elektrodowa				$E_0$ w woltach	
$\text{Li}^+/\text{Li}$	$\text{Li}^+$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Li}$	-3,000
$\text{K}^+/\text{K}$	$\text{K}^+$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{K}$	-2,922
$\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}$	$\text{Ba}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ba}$	-2,920
$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ca}$	-2,840
$\text{Na}^+/\text{Na}$	$\text{Na}^+$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Na}$	-2,713
$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	$\text{Al}^{3+}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Al}$	-1,660
$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Zn}$	-0,763
$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$	$\text{Cr}^{3+}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cr}$	-0,710
$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}$	-0,441
$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$	$\text{Cd}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cd}$	-0,402
$\text{Co}^{2+}/\text{Co}$	$\text{Co}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Co}$	-0,277
$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ni}$	-0,236
$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Sn}$	-0,136
$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Pb}$	-0,126
$2\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2+2\text{H}_2\text{O}$	$2\text{H}_3\text{O}^+$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,000
$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}$	+0,368
$\text{Cu}^+/\text{Cu}$	$\text{Cu}^+$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}$	+0,522
$\text{I}_2/2\text{I}^-$	$\text{I}_2$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{I}^-$	+0,536
$\text{Hg}_2^{2+}/2\text{Hg}$	$\text{Hg}_2^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{Hg}$	+0,798
$\text{Ag}^+/\text{Ag}$	$\text{Ag}^+$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Ag}$	+0,799
$\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}$	$\text{Hg}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Hg}$	+0,854
$\text{Br}_2/2\text{Br}^-$	$\text{Br}_2$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{Br}^-$	+1,066
$\text{Pt}^{2+}/\text{Pt}$	$\text{Pt}^{2+}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Pt}$	+1,200
$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$	$\text{Cl}_2$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{Cl}^-$	+1,359
$\text{Au}^{3+}/\text{Au}$	$\text{Au}^{3+}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}$	+1,420
$\text{Au}^+/\text{Au}$	$\text{Au}^+$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}$	+1,680
$\text{F}_2/2\text{F}^-$	$\text{F}_2$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{F}^-$	+2,850

wzrost reaktywności  
wzrost szlachetności

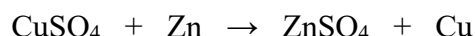
Na podstawie szeregu napięciowego można przewidywać kierunek samorzutnej reakcji redoks. Im niższa wartość potencjału standardowego, tym większe zdolności redukujące pierwiastka; im wyższa wartość potencjału standardowego pierwiastka tym większe są jego zdolności utleniające.

Położenie pierwiastka w szeregu napięciowym ma także duże znaczenie praktyczne:

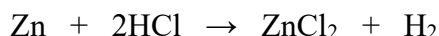
- pierwiastki najbardziej elektrododatnie (Li, K, Ba, Ca, Na) wypierają wodór z wody:



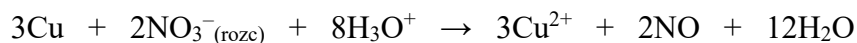
- z roztworu soli wypierany jest pierwiastek o potencjale wyższym np. cynk zanurzony w siarczanie(VI) miedzi(II) pokrywa się miedzią:



- pierwiastki nieszlachetne położone powyżej wodoru w szeregu napięciowym, wypierają wodór z kwasów nie utleniających, tzn. „roztwarzają” się w kwasach:



- pierwiastki półszlachetne, leżące w szeregu napięciowym poniżej wodoru, „roztwarzają” się w kwasach utleniających nie wydzielając wodoru, np. azot z +5 stopnia utlenienia w kwasie  $\text{HNO}_3$  przechodzi na +2 stopień utlenienia w tlenku azotu:



Pierwiastki leżące w szeregu napięciowym pierwiastków powyżej wodoru, mają właściwości redukujące i są one tym silniejsze, im bardziej ujemny jest ich potencjał standardowy. Pierwiastki leżące w tym szeregu poniżej wodoru mają właściwości utleniające tym silniejsze, im bardziej dodatnią wartość ma ich potencjał standardowy. SEM ogniwa będzie tym większa, im dalej od siebie w szeregu napięciowym są umieszczone pierwiastki.

### 3. WYKONANIE ĆWICZENIA

#### Doświadczenie 1 – Reakcje metali z kwasami

##### Materiały i odczynniki:

Statyw z probówkami, cylinder miarowy, stężony kwas chlorowodorowy (stęż. HCl), kwas chlorowodorowy (2M HCl), kwas azotowy(V) (2M HNO<sub>3</sub>), stężony kwas azotowy(V) (stęż. HNO<sub>3</sub>), kawałki cynku (Zn), miedzi (Cu).

##### Wykonanie:

Pręty lub blaszki badanych metali wyczyścić dokładnie papierem ściernym na szerokości ok. 2 cm, a następnie spłukać ich końce zwykłą wodą, a następnie wodą destylowaną. Do dwóch probówek, wlać kolejno po 1 cm<sup>3</sup> kwasu chlorowodorowego (2M HCl) – do pierwszej i azotowego(V) (2M HNO<sub>3</sub>) – do drugiej probówki. Do dwóch kolejnych probówek wlać po 1cm<sup>3</sup> tych kwasów, ale stężonych (stęż. HCl; stęż. HNO<sub>3</sub>). Do każdego kwasu o różnych stężeniach zanurzamy uprzednio oczyszczone kawałki metali i obserwujemy zachodzące reakcje. Reakcje powtarzamy dla każdego metalu i obserwujemy zachodzące zjawiska. Obserwacje zapisujemy w tabeli zbiorczej (tabela 1).

Tabela 1

Zestawienie obserwacji i wyników doświadczenia 1

Nr probówki	Rodzaj kwasu	Metal	Zachodząca reakcja	Zmiana stopnia utlenienia	Obserwacje
1.	2M HCl	Zn			
2.	2M HNO <sub>3</sub>	Zn			
3.	Stęż. HCl	Cu			
4.	Stęż.HNO <sub>3</sub>	Cu			

##### Opracowanie wyników:

1. Na podstawie zaobserwowanych produktów reakcji zapisać równania reakcji zachodzących w probówkach.
2. Uzasadnić zachodzące reakcje położeniem w szeregu napięciowym metali względem wodoru.

#### Doświadczenie 2 – Reakcje metali o różnej aktywności

##### Materiały i odczynniki:

Statyw z probówkami, roztwory: siarczan(VI) żelaza(II) (5% FeSO<sub>4</sub>), siarczan(VI) miedzi(II) (1% CuSO<sub>4</sub>), azotan(V) srebra (0,1M AgNO<sub>3</sub>), kawałki cynku (Zn), miedzi (Cu), małe gwoźdźniki (Fe).

## Wykonanie:

Do kolejnych siedmiu probówek wlewamy po ok. 1 cm<sup>3</sup> roztworu wykazanego w pozycjach 1 – 7 tabeli, a następnie umieszczamy w nim odpowiedni wskazany w tabeli metal i obserwujemy zjawisko zachodzące w kolejnych probówkach (np. wydzielanie się gazu, rozpuszczanie lub redukcję metalu, kolor osadu). Zaobserwowane wyniki zapisać w tabeli 2.

Tabela 2

Zestawienie obserwacji i wyników doświadczenia 2

Nr probówki	Roztwór	Metal	Zachodząca reakcja	Zmiana stopnia utlenienia	Obserwacje
1.	1% CuSO <sub>4</sub>	Zn			
2.	0,1M AgNO <sub>3</sub>	Zn			
3.	5% FeSO <sub>4</sub>	Zn			
4.	1% CuSO <sub>4</sub>	Fe			
5.	0,1M AgNO <sub>3</sub>	Fe			
6.	5% FeSO <sub>4</sub>	Cu			
7.	0,1M AgNO <sub>3</sub>	Cu			

## Opracowanie wyników:

1. Na podstawie obserwacji zapisać równania reakcji zachodzące w probówkach.
2. Uzasadnić zachodzące/niezachodzące reakcje położeniem metali w szeregu elektrochemicznym metali.

## Doświadczenie 3 – Reakcje żelaza (Fe) z kwasami

### Materiały i odczynniki:

Statyw z probówkami, cylinder miarowy, stężony kwas chlorowodorowy (stęż. HCl), kwas chlorowodorowy (2M HCl), kwas azotowy(V) (2M HNO<sub>3</sub>), stężony kwas azotowy(V) (stęż. HNO<sub>3</sub>), gwoździki żelazne (Fe).

### Wykonanie:

Do dwóch probówek, wlać kolejno po 1 cm<sup>3</sup> kwasu chlorowodorowego (2M HCl) – do pierwszej i azotowego(V) (2M HNO<sub>3</sub>) – do drugiej probówki. Do dwóch kolejnych probówek wlać po 1cm<sup>3</sup> tych kwasów, ale stężonych (stęż. HCl; stęż. HNO<sub>3</sub>). Do każdego kwasu o różnych stężeniach zanurzamy uprzednio oczyszczone gwoździki żelazne i obserwujemy zachodzące reakcje. Obserwacje zapisujemy w tabeli zbiorczej (tabela 3).

Zestawienie obserwacji i wyników doświadczenia 3

Nr próbówki	Rodzaj kwasu	Metal	Zachodząca reakcja	Zmiana stopnia utlenienia	Obserwacje
1.	2M HCl	Fe			
2.	Stęż. HCl	Fe			
3.	2M HNO <sub>3</sub>	Fe			
4.	Stęż. HNO <sub>3</sub>	Fe			

**Opracowanie wyników:**

1. Na podstawie zaobserwowanych produktów reakcji zapisać równania reakcji zachodzących w próbkach.
2. Uzasadnić zachodzące reakcje położeniem w szeregu napięciowym metali względem wodoru.

**4. OPRACOWANIE ĆWICZENIA**

1. Opracować sprawozdanie zgodnie z wytycznymi zawartymi w części doświadczalnej.
2. Formatkę z tematem ćwiczenia i nazwiskami członków zespołu umieścić jako pierwszą stronę sprawozdania.
3. Po zwięzłym opracowaniu części teoretycznej w sprawozdaniu umieścić opracowanie poszczególnych doświadczeń oraz rozwiązane zadanie/zadania dodatkowe podane przez prowadzącego.

**5. FORMA I WARUNKI ZALICZENIA ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO**

1. Zaliczenie tzw. „wejściówki” przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia.
2. Złożenie poprawnego sprawozdania pisemnego z wykonanego ćwiczenia (zgodnie z wytycznymi do opracowania sprawozdania:  
<https://www.am.szczecin.pl/pl/jednostki/instytut-matematyki-fizyki-i-chemii/zaklad-chemii/dydaktyka/chemia-techniczna/chemia-tech-lab/> na najbliższych zajęciach.



## I. Przykładowe zadanie z rozwiązaniem

### Przykład

Określ która z poniższych reakcji zajdzie i podaj ich produkty:

- 1)  $\text{Cu} + \text{MgCl}_2$ ,
- 2)  $\text{Fe} + \text{AgNO}_3$ ,
- 3)  $\text{Zn} + \text{HCl}$ .

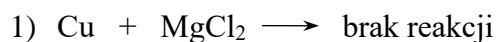
Potencjały standardowe elektrod metalicznych wynoszą odpowiednio:

$\text{Mg/Mg}^{2+}$	$-2,34\text{V}$ ,
$\text{Zn/Zn}^{2+}$	$-0,76\text{V}$ ,
$\text{Fe/Fe}^{2+}$	$-0,44\text{V}$ ,
$\text{Cu/Cu}^{2+}$	$0,34\text{V}$ ,
$\text{Ag/Ag}^+$	$0,80\text{V}$ .

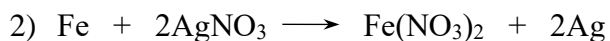
### Rozwiązanie

Porównujemy potencjały standardowe obu metali występujących w substratach reakcji.

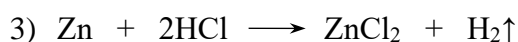
W reakcji 1 potencjał elektrody miedziowej ( $0,34\text{V}$ ) jest wyższy niż magnezowej ( $-2,34\text{V}$ ), w związku z tym reakcja nie zajdzie.



W reakcji 2 potencjał elektrody żelazowej ( $-0,44\text{V}$ ) jest niższy niż potencjał elektrody srebrowej ( $0,80\text{V}$ ), w związku z tym żelazo wypiera srebro z jego soli zgodnie z reakcją:



W reakcji 3 potencjał elektrody cynkowej ( $-0,76\text{V}$ ) jest niższy niż potencjał elektrody wodorowej ( $0\text{V}$ ), w związku z tym cynk wypiera wodór z kwasu zgodnie z reakcją:



## II. Zadania i pytania do samodzielnego wykonania przez studenta

1. Do trzech próbek wiano roztwory:  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i  $\text{ZnSO}_4$ . Do każdego z nich wrzucono po kawałku żelaza. Jakie zajdą reakcje? Napisać równania cząsteczkowe.
2. Płytkę kadmową o masie 100 g zanurzono w roztworze  $\text{CuSO}_4$ . Po pewnym czasie płytkę wyjęto, wysuszono i zważono. Stwierdzono, że jej masa wynosi 90,4 g. Obliczyć, ile gramów miedzi osadziło się na płytce.
3. Do roztworu  $\text{CuSO}_4$  zanurzono płytkę żelazną o masie 158 g. Po wyjęciu z roztworu, wymyciu i wysuszeniu stwierdzono, że masa płytki zwiększyła się o 2 g. Ile gramów żelaza przeszło do roztworu?
4. Które spośród podanych substancji mogą reagować ze sobą? Napisać równanie reakcji w postaci cząsteczkowej:
  - a)  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb} \longrightarrow$
  - b)  $\text{AlCl}_3 + \text{Mg} \longrightarrow$
  - c)  $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (rozc.)} + \text{Ni} \longrightarrow$
  - d)  $\text{HCl} + \text{Cu} \longrightarrow$
  - e)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Al} \longrightarrow$
5. W roztworze azotanu srebra umieszczono płytkę niklową. Po pewnym czasie wyjęto ją z roztworu, wymyła, wysuszono i zważono. Masa płytki zwiększyła się o 7,3 g. Ile gramów srebra wydzielilo się na płytce?
6. Uszereguj następujące metale według wzrastających zdolności redukujących:
  - a) Cu, Zn, Cr, Fe;
  - b) Li, Na, K, Mg;
  - c) Ni, Sn, Au, Ag.
7. Zaznacz, które z poniższych reakcji zachodzą, uzupełnij produkty i współczynniki stechiometryczne:
  - a)  $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \longrightarrow$
  - b)  $\text{Ag} + \text{HBr} \longrightarrow$
  - c)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ stęż.} \longrightarrow$
8. Dokończ reakcje i uzupełnij współczynniki stechiometryczne:
  - a)  $\text{Zn} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2;$
  - b)  $\text{Pb} + \text{MgCl}_2;$
  - c)  $\text{Fe} + \text{NaCl}.$
9. Jakie własności chemiczne metalu wynikają z jego położenia w szeregu napięciowym?