

Jarostaw Chojnacki, Anna Dołęga, Stanisław Konieczny, Antoni Konitz
Andrzej Okuniewski, Jerzy Pikies, Agnieszka Pladzyk, Łukasz Ponikiewski
Maciej Walewski, Aleksandra Wiśniewska

Chemia ogólna i nieorganiczna

ćwiczenia rachunkowe

pod redakcją
Andrzeja Okuniewskiego

Gdańsk 2025

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Dariusz Mikielewicz

RECENZENT

Lech Chmurzyński

REDAKCJA JĘZYKOWA

Agnieszka Frankiewicz

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI

Andrzej Okuniewski

Wydanie I – 2019

Wydano za zgodą

Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem

<https://sklep.pg.edu.pl/pl/>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2025

ISBN 978-83-7348-929-5

Spis treści

Przedmowa	9
1. Podstawowe pojęcia chemiczne	11
<i>Stanisław Konieczny, Antoni Konitz, Jerzy Pikies</i>	
1.1. Jednostki miar	12
1.1.1. Układ SI	12
1.1.2. Inne jednostki miar	14
1.1.3. Przeliczanie jednostek	15
1.1.4. Cyfry znaczące oraz zasady zaokrąglania liczb	17
1.2. Wzory związków chemicznych	21
1.2.1. Wzory Lewisa	21
1.2.2. Wzory związków jonowych	22
1.2.3. Wzory związków kowalencyjnych	24
1.2.4. Ładunek formalny – kryterium prawdopodobieństwa wzorów Lewisa	26
1.3. Metoda VSEPR	29
1.4. Mol, masa atomowa, masa cząsteczkowa i masa molowa	41
1.4.1. Definicja mola	41
1.4.2. Masa atomowa oraz masa molowa pierwiastków	42
1.4.3. Masa cząsteczkowa oraz masa molowa związków chemicznych	44
1.5. Zadania	46
1.6. Odpowiedzi	52
2. Prawa gazowe	59
<i>Łukasz Ponikiewski</i>	
2.1. Warunki normalne	60
2.1.1. Objętość molowa gazów – prawo Avogadra	61
2.1.2. Stała gazowa	61
2.2. Równanie stanu gazu doskonałego (równanie Clapeyrona)	62

2.2.1.	Przemiana izotermiczna	64
2.2.2.	Przemiana izobaryczna	64
2.2.3.	Przemiana izochoryczna	65
2.3.	Prawo stosunków objętościowych Gay–Lussaca	66
2.4.	Prawo Daltona	66
2.5.	Gęstość gazów	69
2.5.1.	Gęstość bezwzględna	69
2.5.2.	Gęstość względna	71
2.6.	Obliczanie mas molowych na podstawie praw gazowych	72
2.7.	Równanie stanu gazu prawie rzeczywistego (równanie van der Waalsa)	72
2.8.	Zadania	75
2.9.	Odpowiedzi	80
3.	Stechiometria związków chemicznych i mieszanin	
	<i>Agnieszka Pladzyk</i>	83
3.1.	Podstawowe prawa stechiometrii	84
3.1.1.	Prawo zachowania masy	84
3.1.2.	Prawo stosunków stałych	84
3.1.3.	Prawo stosunków wielokrotnych	84
3.2.	Wyznaczanie składu wagowego związku na podstawie wzoru chemicznego	85
3.3.	Wyznaczanie wzoru chemicznego ze znajomości składu wagowego związku	89
3.4.	Wyprowadzanie wzorów rzeczywistych związków	92
3.5.	Stechiometria mieszanin	94
3.6.	Zadania	98
3.7.	Odpowiedzi	103
4.	Stechiometria reakcji chemicznych	
	<i>Anna Dołęga</i>	105
4.1.	Równania reakcji chemicznych	106
4.2.	Typy reakcji chemicznych	106
4.2.1.	Reakcje chemiczne wymiany ligandów i protonów (reakcje przebiegające bez wymiany elektronów)	106
4.2.2.	Bilansowanie reakcji przebiegających bez wymiany elektronów	108
4.2.3.	Reakcje utleniania i redukcji (reakcje redoksowe)	109
4.2.4.	Bilansowanie reakcji redoksowych	109
4.3.	Stechiometria reakcji chemicznych	123

4.3.1.	Obliczenia ilości substratów i produktów na podstawie równań reakcji chemicznych	123
4.3.2.	Reakcje równoległe i reakcje mieszanin	125
4.3.3.	Niestechiometryczne ilości reagentów	128
4.3.4.	Wydajność reakcji	129
4.4.	Zadania	131
4.5.	Odpowiedzi	145
5.	Stężenia roztworów, stechiometria reakcji w roztworach	
	<i>Maciej Walewski</i>	153
5.1.	Pojęcie roztworu	154
5.2.	Wyrażanie składu roztworu	154
5.2.1.	Stężenie procentowe masowe	155
5.2.2.	Stężenie procentowe objętościowe	158
5.2.3.	Stężenie molowe	159
5.2.4.	Stężenie normalne	160
5.2.5.	Stężenie molalne	164
5.2.6.	Ułamek molowy	164
5.3.	Sporządzanie roztworów z czystych składników	165
5.4.	Rozcieńczanie, zatężanie i mieszanie roztworów o tych samych jednostkach stężeń	168
5.5.	Mieszanie dwóch roztworów tej samej substancji o różnych stężeniach	170
5.6.	Przeliczanie stężeń roztworów	176
5.7.	Stechiometria roztworów	177
5.8.	Zadania	182
5.9.	Odpowiedzi	191
6.	Równowaga chemiczna	
	<i>Jarosław Chojnacki</i>	195
6.1.	Reakcje homogeniczne	196
6.2.	Obliczanie liczby moli i stężeń reagentów z uwzględnieniem przebiegu reakcji chemicznej	202
6.3.	Reakcje heterogeniczne	211
6.4.	Zadania	213
6.5.	Odpowiedzi	218

7. Równowagi w wodnych roztworach elektrolitów	
<i>Aleksandra Wiśniewska</i>	221
7.1. Elektrolity	222
7.1.1. Elektrolity słabe, prawo rozcieńczeń Ostwalda	222
7.1.2. Elektrolity mocne	223
7.2. Iloczyn jonowy wody, pH	224
7.2.1. Obliczanie pH roztworów mocnych kwasów i zasad	225
7.2.2. Obliczanie pH roztworów słabych kwasów i zasad	228
7.2.3. Obliczanie pH mieszaniny dwóch słabych elektrolitów o wspólnym jonie	231
7.2.4. Obliczanie pH roztworów kwasów wieloprotonowych	232
7.3. Bufory	235
7.4. Hydroliza soli	238
7.4.1. Sole mocnych kwasów i słabych zasad	238
7.4.2. Sole słabych kwasów i mocnych zasad	240
7.4.3. Sole słabych kwasów i słabych zasad	241
7.4.4. Wodorosole	243
7.5. Zadania	245
7.6. Odpowiedzi	250
8. Związki kompleksowe i trudno rozpuszczalne	
<i>Jarostaw Chojnacki, Andrzej Okuniewski</i>	253
8.1. Roztwory zawierające związki kompleksowe	254
8.2. Wzory i nazewnictwo prostych związków kompleksowych	256
8.3. Stała trwałości kompleksu	257
8.4. Równowagi w układach zawierających związki trudno rozpuszczalne	261
8.4.1. Zależność między rozpuszczalnością a iloczynem rozpuszczalności	263
8.4.2. Kryterium nasycenia roztworu elektrolitu	264
8.4.3. Wpływ składu roztworu na rozpuszczalność elektrolitów	267
8.4.4. Efekt wspólnego jonu	267
8.4.5. Strącanie frakcjonowane	269
8.4.6. Wpływ pH na rozpuszczalność osadów elektrolitów	270
8.4.7. Wpływ kompleksowania na rozpuszczalność osadów elektrolitów	279
8.4.8. Rozwiązywanie zagadnień prowadzących do równań wyższego rzędu	282
8.5. Zadania	285
8.6. Odpowiedzi	290

Dodatek A. Stałe fizykochemiczne	293
A.1. Stałe kwasowości	293
A.2. Iloczyn rozpuszczalności	293
A.3. Rozpuszczalność siarczków	294
A.4. Stałe tworzenia związków kompleksowych	294
Dodatek B. Układ okresowy pierwiastków	295

Przedmowa

Szanowni Państwo!

Jest nam niezmiernie miło oddać w Wasze ręce kolejne wznowienie papierowego wydania skryptu zawierającego treści i zadania realizowane w ramach ćwiczeń rachunkowych z przedmiotów *podstawy chemii* i *chemia nieorganiczna* w Katedrze Chemii Nieorganicznej Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej. Skrypt ten jest kontynuacją opracowania Zofii Bądkowskiej, Edmunda Kolińskiego i Marii Wojnowskiej *Obliczenia z chemii nieorganicznej* wydanego po raz ostatni w 1996 roku.

W ośmiu rozdziałach opisane są najważniejsze zagadnienia z zakresu chemii ogólnej i nieorganicznej – począwszy od podstawowych pojęć chemicznych, przez prawa gazowe, stechiometrię związków i reakcji chemicznych, po zagadnienia dotyczące złożonych równowag w roztworach elektrolitów. Każdy rozdział zawiera wstęp teoretyczny wraz ze stosownymi przykładami oraz ich rozwiązaniami metodą „krok po kroku”. Ponadto na końcu każdego rozdziału znajdują się przykładowe zadania oraz odpowiedzi. Skrypt zakończony jest dodatkami – w pierwszym z nich zebrano stałe fizykochemiczne niezbędne do rozwiązywania zadań, a w drugim zamieszczono układ okresowy pierwiastków.

W skrypcie konsekwentnie stosowane są jednostki układu SI, w zgodzie z ich aktualnymi definicjami, a obliczenia prowadzone są na liczbach z możliwie dużą liczbą cyfr i dopiero na sam koniec wynik jest zaokrąglany do odpowiedniej liczby cyfr znaczących. Stosowanie zaokrągleń w trakcie obliczeń może prowadzić do kilkuprocentowych rozbieżności pomiędzy uzyskanym wynikiem a zamieszczoną w skrypcie odpowiedzią.

Podczas redagowania papierowej wersji skryptu dotożyliśmy wszelkich starań, aby wykryć i poprawić błędy i niejasności. Gdyby jednak dostrzegli Państwo pewne usterki lub mieli inne uwagi dotyczące formy lub treści skryptu, to prosimy o kontakt¹ i dyskusję z pracownikami Katedry Chemii Nieorganicznej.

Życzymy owocnej nauki!

W imieniu wszystkich autorów
Andrzej Okuniewski

¹ chem.pg.edu.pl/kchn/kontakt

Rozdział 1

Podstawowe pojęcia chemiczne

Stanisław Konieczny, Antoni Konitz, Jerzy Pikies

Spis treści

1.1. Jednostki miar	12
1.1.1. Układ SI	12
1.1.2. Inne jednostki miar	14
1.1.3. Przeliczanie jednostek	15
1.1.4. Cyfry znaczące oraz zasady zaokrąglania liczb	17
1.2. Wzory związków chemicznych	21
1.2.1. Wzory Lewisa	21
1.2.2. Wzory związków jonowych	22
1.2.3. Wzory związków kowalencyjnych	24
1.2.4. Ładunek formalny – kryterium prawdopodobieństwa wzorów Lewisa	26
1.3. Metoda VSEPR	29
1.4. Mol, masa atomowa, masa cząsteczkowa i masa molowa	41
1.4.1. Definicja mola	41
1.4.2. Masa atomowa oraz masa molowa pierwiastków	42
1.4.3. Masa cząsteczkowa oraz masa molowa związków chemicznych	44
1.5. Zadania	46
1.6. Odpowiedzi	52
