

Spis treści

PRZEDMOWA DO WYDANIA PIĄTEGO	1
PRZEDMOWA DO WYDANIA SZÓSTEGO	2
1. PODSTAWOWE POJĘCIA CHEMII. MASA ATOMOWA I CZĄSTECZKOWA	3
1.1. Zadania i zakres chemii nieorganicznej	3
1.2. Wczesny rozwój teorii atomistycznej	4
1.3. Jądrowy model atomu	6
1.4. Masa atomowa i cząsteczkowa. Fizyczne metody wyznaczania masy atomowej	8
1.5. Zasady obliczeń stechiometrycznych	14
1.6. Stała Avogadra i objętość molowa gazu. Bezwzględna masa atomu i cząsteczki	16
1.7. Chemiczne metody wyznaczania mas atomowych	16
1.8. Rozpowszechnienie pierwiastków w skorupie ziemskiej	17
2. JĄDRO ATOMOWE	20
2.1. Nukleony jako składniki jądra atomowego. Izotopy	20
2.2. Energia wiązania nukleonów w jądrze	24
2.3. Samorzutne przemiany jądrowe	27
2.4. Szybkość rozpadu promieniotwórczego	29
2.5. Równowaga promieniotwórcza	31
2.6. Szeregi promieniotwórcze	32
2.7. Proste reakcje jądrowe	35
2.8. Sztuczna promieniotwórczość	38
2.9. Rozszczepienie jąder atomowych	39
2.10. Reakcje termojądrowe	43
2.11. Zastosowanie izotopów w badaniach chemicznych	45
2.12. Rozpowszechnienie i powstanie pierwiastków we Wszechświecie	47
3. ELEKTRONOWA STRUKTURA ATOMU	52
3.1. Dwoista natura światła i elektronów	52
3.2. Zasada nieoznaczoności Heisenberga	58
3.3. Funkcje falowe i równanie Schrödingera	61
3.4. Atom wodoru	63
3.5. Orbitale atomowe wodoru	67
3.6. Widmo emisyjne i absorpcyjne wodoru	79

3.7. Spin elektronowy	84
3.8. Orbitale w atomach wieloelektronowych	85
3.9. Rozbudowa powłok elektronowych	88
3.10. Orbitalne i spinowe momenty magnetyczne	100
3.11. Termy atomowe	102
3.12. Energia termów atomowych	107
3.13. Właściwości magnetyczne atomów wieloelektrodowych i powstających z nich prostych jonów	111
3.14. Efektywna liczba atomowa i ekranowanie elektronów w atomach wieloelektronowych	116
4. BUDOWA CZĄSTECZKI	118
4.1. Główne rodzaje wiązań chemicznych	118
4.2. Orbitale molekularne	123
4.3. Homojądrowe cząsteczki dwuatomowe. Orbitale molekularne σ	126
4.4. Homojądrowe cząsteczki dwuatomowe zawierające orbitale molekularne σ i π : cząsteczki N_2 , O_2 , F_2	132
4.5. Rząd wiązania	136
4.6. Heterojądrowe cząsteczki dwuatomowe	139
4.7. Wiązania pośrednie pomiędzy wiązaniami kowalencyjnymi a jonowymi. Elektroujemność	142
4.8. Cząsteczki wieloatomowe. Hybrydyzacja orbitali	148
4.9. Cząsteczki wieloatomowe z wiązaniami podwójnymi i potrójnymi. Cząsteczka etylenu i cząsteczka acetylenu	156
4.10. Promienie kowalencyjne, długość i energia wiązania. Orbitale zdelokalizowane	159
5. SYMETRIA CZĄSTECZEK	166
5.1. Elementy i operacje symetrii	166
5.2. Punktowe grupy symetrii	169
5.3. Reprezentacje grup symetrii	177
5.4. Charaktery reprezentacji grup symetrii	182
5.5. Hybrydyzacja orbitali a symetria cząsteczek	188
6. GAZ DOSKONAŁY I GAZY RZECZYWISTE. SIŁY MIĘDZYZĄSTECZKOWE	195
6.1. Ogólna charakterystyka stanów skupienia	195
6.2. Równanie stanu gazu doskonałego	195
6.3. Kinetyczna teoria gazów	199
6.4. Gazy rzeczywiste i równanie van der Waalsa	203
6.5. Siły międzycząsteczkowe	205
7. CIAŁO STAŁE	210
7.1. Ciała anizotropowe i izotropowe	210
7.2. Symetria kryształów	211

7.3. Sieć przestrzenna	213
7.4. Prawo wymiernych wskaźników	217
7.5. Rentgenograficzne metody badania struktury kryształów	219
7.6. Wiązania w sieci przestrzennej kryształów	223
7.7. Promienie atomowe i jonowe	225
7.8. Sieci przestrzenne: regularna ściennie centrowana, regularna przestrzennie centrowana oraz heksagonalna o najgęstszym ułożeniu atomów	228
7.9. Sieci przestrzenne kryształów jonowych	231
7.10. Sieci przestrzenne soli kwasów tlenowych i związków kompleksowych	234
7.11. Energia sieciowa kryształów jonowych	236
7.12. Teoria pasmowa ciała stałego. Metale, półprzewodniki i izolatory	237
7.13. Związki chemiczne o niestechiometrycznym składzie	245
7.14. Izomorfizm i polimorfizm	250
7.15. Wybrane metody badania struktury powierzchni ciał stałych	251
7.15.1. Skaningowa mikroskopia elektronowa	252
7.15.2. Skaningowy mikroskop tunelowy	254
8. SPEKTROSKOPOWE METODY BADANIA STRUKTURY CZĄSTECZEK	256
8.1. Fizyczne metody badania struktury cząsteczek	256
8.2. Ogólna charakterystyka metod i zakresu spektroskopii molekularnej	257
8.3. Widma rotacyjne	260
8.4. Widma oscylacyjne cząsteczek dwuatomowych	265
8.5. Widma oscylacyjne cząsteczek wieloatomowych	269
8.6. Widma oscylacyjne a symetria cząsteczek	272
8.7. Widma oscylacyjno-rotacyjne	278
8.8. Spektroskopia cząsteczek wody	280
8.9. Widma elektronowe cząsteczek	281
8.10. Spektroskopia fotoelektronów	283
8.11. Elektronowy rezonans paramagnetyczny (EPR)	287
8.12. Magnetyczny rezonans jądrowy (NMR)	293
9. TERMOCHEMIA	298
9.1. Wstęp	298
9.2. Pierwsza zasada termodynamiki. Energia wewnętrzna	299
9.3. Ciepło reakcji chemicznej, entalpia, prawo Hessa	302
9.4. Równania termochemiczne	304
9.5. Standardowe entalpie tworzenia związków chemicznych	306
9.6. Entalpie wiązań chemicznych	308
10. RÓWNOWAGI CHEMICZNE I RÓWNOWAGI FAZOWE	311
10.1. Układy heterogeniczne i układy homogeniczne	311
10.2. Entalpia swobodna układu i prawo działania mas	312
10.3. Prawo działania mas w zastosowaniu do równowag chemicznych	

w układach homogenicznych	319
10.4. Prawo działania mas w zastosowaniu do równowag chemicznych w układach heterogenicznych	321
10.5. Entropia	323
10.6. Molekularna interpretacja entropii	326
10.7. Zależność położenia stanu równowagi od temperatury i ciśnienia. Reguła przekory	327
10.8. Równowagi fazowe w układach jednoskładnikowych	329
10.8.1. Równowaga ciecz-para i ciało stałe-para	329
10.8.2. Diagram fazowy wody	333
10.8.3. Równowagi odmian polimorficznych	335
10.9. Reguła faz	337
10.10. Roztwory gazów w cieczach	339
10.11. Roztwory ciał stałych w cieczach	340
10.12. Prężność pary nasyconej nad roztworami. Temperatura wrzenia i krzepnięcia roztworów	343

11. RÓWNOWAGI W WODNYCH I NIEWODNYCH ROZTWORACH ELEKTROLITÓW. KWASY I ZASADY

346

11.1. Wstęp	346
11.2. Solwatacja jonów	347
11.3. Kwasy i zasady według Brønsteda	352
11.4. Dysocjacja wody i pH	354
11.5. Dysocjacja kwasów i zasad w roztworach wodnych	356
11.5.1. Zastosowanie prawa działania mas do dysocjacji kwasów i zasad	356
11.5.2. Czynniki decydujące o mocy kwasów	359
11.6. Wodne roztwory soli	363
11.7. Roztwory buforowe	365
11.8. Iloczyn rozpuszczalności	366
11.9. Aktywność elektrolitów	369
11.10. Reakcje kwasowo-zasadowe w protonowych rozpuszczalnikach niewodnych	371
11.11. Kwasy i zasady według Lewisa	374
11.12. Twarde i miękkie kwasy i zasady	376

12. UTLENIANIE I REDUKCJA

380

12.1. Utlenianie i redukcja jako proces wymiany elektronów	380
12.2. Stopień utlenienia	382
12.3. Ogniwa elektrochemiczne. Elektrody redoks	384
12.4. Elektrody metaliczne i elektrody gazowe	388
12.5. Potencjały standardowe i szereg napięciowy metali	391
12.6. Termodynamika ogniw elektrochemicznych	396
12.7. Czynniki decydujące o wartości potencjałów standardowych metali	398
12.8. Diagramy Frosta i Ebswortha	400
12.9. Ogniwa paliwowe	407

13. ZJAWISKA POWIERZCHNIOWE I UKŁADY DISPERSYJNE	410
13.1. Energia powierzchniowa	410
13.2. Adsorpcja gazów na powierzchni ciała stałego	412
13.2.1. Uwagi wstępne	412
13.2.2. Izotermy adsorpcji	413
13.2.3. Powierzchnia adsorbentu	416
13.3. Adsorpcja z roztworów na powierzchni ciał stałych	417
13.4. Chromatografia	418
13.5. Układy dyspersyjne	419
13.6. Roztwory koloidalne	420
13.6.1. Właściwości fizyczne roztworów koloidalnych	420
13.6.2. Otrzymywanie i oczyszczanie koloidów	421
13.6.3. Koloidy hydrofobowe i hydrofilowe. Koagulacja i peptyzacja koloidów	423
13.7. Żele i inne spoiste układy dyspersyjne	425
14. KINETYKA I MECHANIZM REAKCJI CHEMICZNYCH	427
14.1. Rząd reakcji	427
14.2. Proste reakcje jedno-, dwu- i trójcząsteczkowe w fazie gazowej	432
14.3. Szybkość reakcji odwracalnych	434
14.4. Zależność szybkości reakcji od temperatury. Teoria zderzeń i teoria stanu przejściowego	435
14.5. Mechanizm reakcji w roztworach	441
14.6. Reakcje łańcuchowe	442
14.7. Reakcje szybkie	446
14.8. Reaktywność a struktura elektronowa cząsteczek	450
14.9. Reakcje w układach heterogenicznych	454
14.9.1. Ogólna charakterystyka reakcji w układach heterogenicznych. Metody badania reakcji ciał stałych	454
14.9.2. Rozkład ciał stałych	457
14.9.3. Utlenianie metali	459
14.9.4. Reakcje przebiegające wyłącznie z udziałem ciał stałych	461
14.10. Reakcje katalityczne	463
14.10.1. Pojęcia podstawowe	463
14.10.2. Kataliza homogeniczna	465
14.10.3. Kataliza heterogeniczna	467
15. ZWIĄZKI KOORDYNACYJNE	469
15.1. Pojęcia podstawowe	469
15.2. Nomenklatura związków kompleksowych	474
15.3. Izomeria związków kompleksowych	475
15.4. Równowagi w roztworach związków kompleksowych	480
15.5. Stałe trwałości kompleksów w roztworach wodnych	483
15.6. Empiryczne korelacje dotyczące trwałości kompleksów	485

15.7. Trwałość kompleksów chelatowych	487
15.8. Kinetyka i mechanizm wymiany ligandów w kompleksach	488
15.9. Wymiana ligandów w kompleksach oktaedrycznych	490
15.10. Wymiana ligandów w kompleksach kwadratowych	493
15.11. Reakcje utleniania i redukcji związków kompleksowych	495
15.12. Kondensacja akwa- i oksojonów w roztworach wodnych	497
15.13. Zastosowanie teorii pola krystalicznego w chemii koordynacyjnej	502
15.13.1. Teoria pola krystalicznego: kompleksy oktaedryczne	502
15.13.2. Teoria pola krystalicznego: kompleksy tetraedryczne	511
15.13.3. Teoria pola krystalicznego: kompleksy tetragonalne i kwadratowe. Efekt Jahna-Tellera	513
15.13.4. Widma absorpcyjne kompleksów metali przejściowych	516
15.14. Zastosowanie teorii orbitali molekularnych w chemii koordynacyjnej	522
15.14.1. Kompleksy oktaedryczne ze zdelokalizowanymi orbitalami cząsteczkowymi typu σ	522
15.14.2. Orbitale π w kompleksach oktaedrycznych	528
16. UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW	533
16.1. Prawo okresowości	533
16.2. Okresowość fizycznych i chemicznych właściwości pierwiastków	538
16.2.1. Promienie atomowe	538
16.2.2. Energia jonizacji	540
16.2.3. Elektryczna ujemność	545
16.2.4. Okresowość właściwości chemicznych	547
17. WODÓR	550
17.1. Ogólna charakterystyka wodoru	550
17.2. Występowanie wodoru w przyrodzie	551
17.3. Otrzymywanie wodoru	552
17.4. Właściwości fizyczne wodoru	554
17.5. Właściwości chemiczne wodoru	556
17.6. Zastosowanie wodoru	558
17.7. Deuter i tryt	560
17.8. Wodór atomowy i wodór aktywny	563
17.9. Wodorki	565
18. HELOWCE	566
18.1. Ogólna charakterystyka helowców	566
18.2. Występowanie helowców w przyrodzie	567
18.3. Otrzymywanie helowców	569
18.4. Właściwości fizyczne helowców	569
18.5. Związki chemiczne helowców	570
18.5.1. Związki ksenonu, kryptonu i radonu z halogenami	572
18.5.2. Struktura fluorków ksenonu	575
18.5.3. Związki ksenonu z tlenem	576

18.6. Zastosowanie helowców	577
19. FLUOROWCE	578
19.1. Ogólna charakterystyka fluorowców	578
19.2. Występowanie w przyrodzie i otrzymywanie fluorowców	581
19.3. Właściwości fizyczne i chemiczne fluorowców	584
19.4. Zastosowanie fluorowców	586
19.5. Związki fluorowców z wodorem	588
19.6. Związki fluorowców z tlenem	592
19.7. Tlenowe kwasy fluorowców	595
19.8. Związki międzyhalogenowe	599
19.9. Polihalogenki	602
19.10. Dodatnie jony jodu	603
20. TLENOWCE	604
20.1. Ogólna charakterystyka tlenowców	604
20.2. Występowanie tlenowców w przyrodzie	607
20.3. Otrzymywanie i zastosowanie tlenowców	608
20.4. Struktura cząsteczek, alotropia i właściwości fizyczne tlenowców	610
20.4.1. Odmiany alotropowe tlenu	611
20.4.2. Odmiany alotropowe siarki	613
20.4.3. Odmiany alotropowe selenu i telluru	617
20.5. Właściwości chemiczne tlenowców	618
20.6. Związki tlenowców z wodorem	619
20.6.1. Otrzymywanie wodorków typu H_2X	619
20.6.2. Woda jako główny składnik hydrosfery	620
20.6.3. Struktura i właściwości fizyczne wodorków typu H_2X	621
20.6.4. Właściwości chemiczne wodorków typu H_2X	624
20.6.5. Wodorki typu H_2X_n	627
20.7. Związki tlenowców z fluorowcami	632
20.8. Związki siarki, selenu i telluru z tlenem	634
20.8.1. Ditlenki XO_2	636
20.8.2. Tritlenki XO_3	638
20.9. Tlenowe kwasy siarki	641
20.9.1. Kwas tetraoksodisiarkowy	641
20.9.2. Kwas trioksosiarkowy [kwas siarkowy(IV)]	644
20.9.3. Kwas tetraoksosiarkowy [kwas siarkowy(VI)]	645
20.9.4. Kwas trioksotiosiarkowy	648
20.9.5. Kwasy peroksosiarkowe	649
20.9.6. Kwas heksaoksodisiarkowy (ditionowy) i kwasy heksaoksopolisiarkowe (po-litionowe)	650
20.10. Kwasy tlenowe selenu i telluru	651
20.11. Tlenohalogenowe związki siarki i selenu	651
21. AZOTOWCE	654

21.1. Ogólna charakterystyka azotowców	654
21.2. Występowanie azotowców w przyrodzie i ich otrzymywanie	659
21.2.1. Azot	659
21.2.2. Fosfor	661
21.2.3. Arsen	662
21.2.4. Antymon i bizmut	663
21.3. Właściwości fizyczne i chemiczne oraz alotropia azotowców	663
21.3.1. Azot	663
21.3.2. Fosfor	665
21.3.3. Arsen, antymon, bizmut	668
21.4. Związki azotowców z wodorem i ich pochodne	669
21.4.1. Ogólna charakterystyka związków typu XH_3	669
21.4.2. Amoniak	671
21.4.3. Związki fosforu, arsenu, antymonu i bizmutu z wodorem	677
21.4.4. Związki typu X_2H_4	679
21.4.5. Azydek wodoru, HN_3	680
21.5. Związki azotowców z fluorowcami	681
21.6. Tlenki i tlenowe kwasy azotu	683
21.6.1. Tlenek diazotu	683
21.6.2. Kwas dioksodiazotowy	684
21.6.3. Tlenek azotu	684
21.6.4. Tritlenek diazotu i kwas dioksoazotowy(III)	686
21.6.5. Ditlenek azotu i tetratlenek diazotu	688
21.6.6. Pentatlenek diazotu	690
21.6.7. Kwas azotowy(V)	690
21.7. Tlenki i kwasy tlenowe fosforu, arsenu, antymonu i bizmutu	694
21.7.1. Tlenki typu X_4O_6	694
21.7.2. Tlenki typu X_4O_{10}	696
21.7.3. Tlenki typu $(\text{XO}_2)_n$	697
21.7.4. Tlenowe kwasy fosforu	698
21.7.5. Tlenowe kwasy arsenu	705
21.7.6. Kwasy antymonowe i antymoniany. Bizmutany	707
21.8. Związki azotowców z siarką	707
21.8.1. Związki azotu z siarką	707
21.8.2. Związki fosforu z siarką	708
21.8.3. Siarczki arsenu, antymonu i bizmutu	708
21.9. Sole bizmutu i antymonu z kwasami tlenowymi	711
22. WĘGLOWCE I: WĘGIEL I KRZEM	712
22.1. Ogólna charakterystyka węglowców	712
22.2. Występowanie, właściwości fizyczne i chemiczne węgla	715
22.2.1. Występowanie węgla w przyrodzie	715
22.2.2. Diament	716
22.2.3. Grafit	717
22.2.4. Fullereny i nanorurki węglowe	721

22.2.5. Węgiel bezpostaciowy	724
22.3. Związki węgla z wodorem	725
22.4. Związki węgla z fluorowcami	728
22.5. Związki węgla z tlenem	729
22.5.1. Tlenek węgla	729
22.5.2. Ditlenek węgla i kwas węglowy	733
22.5.3. Ditlenek triwęgla	738
22.5.4. Termodynamika redukcji tlenków metali węglem i tlenkiem węgla	738
22.6. Związki węgla z siarką	741
22.7. Związki węgla z azotem i ich pochodne	742
22.7.1. Dicyjan	742
22.7.2. Cyjanowodór	743
22.8. Węgliki	744
22.9. Występowanie i otrzymywanie krzemu	746
22.10. Właściwości fizyczne i chemiczne krzemu	749
22.11. Związki krzemu z wodorem i ich pochodne	750
22.12. Związki krzemu z fluorowcami	753
22.13. Związki krzemu z tlenem	755
22.13.1. Tlenek krzemu	755
22.13.2. Ditlenek krzemu	755
22.14. Kwasy krzemowe	759
22.15. Struktura krzemianów	761
22.16. Krzemiany litowców	770
22.17. Szkła krzemianowe	771
22.18. Wyroby ceramiczne	773

23. WĘGLOWCE II: GERMAN, CYNA I OŁÓW **775**

23.1. Ogólna charakterystyka właściwości chemicznych germanu, cyny i ołowiu	775
23.2. Występowanie i otrzymywanie germanu, cyny i ołowiu	775
23.3. Właściwości fizyczne germanu, cyny i ołowiu	776
23.4. Właściwości chemiczne germanu, cyny i ołowiu	778
23.5. Zastosowanie germanu, cyny i ołowiu	778
23.6. Związki germanu, cyny i ołowiu z wodorem	779
23.7. Związki germanu, cyny i ołowiu z fluorowcami	780
23.8. Tlenki i wodorotlenki germanu, cyny i ołowiu	782
23.9. Siarczki germanu, cyny i ołowiu	784
23.10. Sole ołowiu i kwasów tlenowych	784

24. BOROWCE **786**

24.1. Ogólna charakterystyka borowców	786
24.2. Bor	788
24.2.1. Występowanie i otrzymywanie boru oraz jego właściwości	788
24.2.2. Związki boru z wodorem	790
24.2.3. Pochodne boranów: hydroborany i karbaborany	798

24.2.4. Związki boru z fluorowcami	801
24.2.5. Tlenek boru i kwasy borowe	802
24.2.6. Sole kwasów borowych	804
24.2.7. Związki boru z azotem	806
24.2.8. Związki boru z węglem i fosforem	808
24.2.9. Związki boru z metalami	808
24.3. Glin, gal, ind i tal (glinowce)	810
24.3.1. Występowanie i otrzymywanie glinowców	810
24.3.2. Właściwości fizyczne i chemiczne glinowców	811
24.3.3. Związki glinowców z wodorem	813
24.3.4. Związki glinowców z halogenami	814
24.3.5. Tlenki i wodorotlenki glinowców	815
24.3.6. Sole glinu i tlenowych kwasów mineralnych	818
24.3.7. Związki glinowców na stopniu utlenienia I	818
25. BERYLOWCE	820
25.1. Ogólna charakterystyka berylowców	820
25.2. Występowanie w przyrodzie, otrzymywanie i zastosowanie berylowców	821
25.3. Właściwości chemiczne berylowców	823
25.4. Związki berylowców z wodorem	824
25.5. Związki berylowców z fluorowcami	825
25.6. Tlenki i wodorotlenki berylowców	827
25.7. Nadtlenki berylowców	830
25.8. Siarczki, azotki i węgliki berylowców	831
25.9. Sole kwasów tlenowych	832
25.9.1. Węglany i wodorowęglany berylowców	832
25.9.2. Siarczany berylowców	834
25.10. Związki kompleksowe berylowców	835
26. LITOWCE	838
26.1. Ogólna charakterystyka litowców	838
26.2. Występowanie litowców w przyrodzie	839
26.3. Otrzymywanie litowców	841
26.4. Właściwości fizyczne i chemiczne litowców	842
26.5. Zastosowanie metali grupy litowców	843
26.6. Wodorki litowców	843
26.7. Związki litowców z fluorowcami	844
26.8. Tlenki litowców	845
26.9. Wodorotlenki litowców	846
26.10. Związki litowców z siarką	849
26.11. Sole kwasów tlenowych	850
26.11.1. Azotany litowców	850
26.11.2. Węglany litowców	850
26.11.3. Siarczany litowców	852

26.12. Sole amonu	853
26.13. Związki zawierające litowce na stopniu utlenienia -I	855
27. METALE ZEWNĘTRZNOPRZEJŚCIOWE: OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA	856
27.1. Konfiguracje elektronowe pierwiastków przejściowych i ich stopnie utlenienia	856
27.2. Właściwości fizyczne i chemiczne metali przejściowych	859
27.3. Stopy metali przejściowych	863
27.4. Międzywęzłowe związki metali przejściowych	865
27.5. Związki metali przejściowych zawierające wiązania metal-metal, klastery	866
27.6. Zastosowanie teorii pola krystalicznego do interpretacji właściwości związków metali przejściowych: entalpia hydratacji jonów dwu- i trójwartościowych	869
28. ZWIĄZKI KOORDYNACYJNE METALI PRZEJŚCIOWYCH	872
28.1. Karbonylki metali przejściowych	872
28.1.1. Synteza i właściwości karbonylków metali przejściowych	872
28.1.2. Struktura karbonylków metali przejściowych	875
28.1.3. Pochodne karbonylków metali przejściowych	879
28.2. Kompleksy cyjankowe i nitrozylowe metali przejściowych	880
28.3. Kompleksy metali przejściowych z węglowodorami: alkeny i acetylen jako ligandy	882
28.4. Kompleksy metali przejściowych z węglowodorami: węglowodory aromatyczne jako ligandy	884
29. TYTANOWCE	891
29.1. Występowanie tytanowców w przyrodzie i ich otrzymywanie	891
29.2. Fizyczne i chemiczne właściwości tytanowców	893
29.3. Zastosowanie tytanowców	894
29.4. Związki tytanowców z fluorowcami	895
29.5. Związki tytanowców z tlenem	896
29.6. Tlenki podwójne tytanowców	897
29.7. Sole tytanowców i tlenowych kwasów nieorganicznych	898
29.8. Związki koordynacyjne tytanowców	899
30. WANADOWCE	900
30.1. Występowanie wanadowców w przyrodzie i ich otrzymywanie	900
30.2. Właściwości fizyczne i chemiczne wanadowców	901
30.3. Pięciotlenki wanadowców oraz ich pochodne	903
30.4. Niższe tlenki wanadowców	905
30.5. Związki wanadowców z siarką	906
30.6. Związki wanadowców z fluorowcami	906
30.7. Sole wanadu i kwasu siarkowego	907

30.8. Jony oksowanadu i ich związki kompleksowe	907
31. CHROMOWCE	908
31.1. Występowanie chromowców w przyrodzie i ich otrzymywanie	908
31.2. Właściwości fizyczne i chemiczne metalicznych chromowców	909
31.3. Zastosowanie metali grupy chromowców	910
31.4. Ogólna charakterystyka związków chromowców	911
31.5. Związki chromu na stopniu utlenienia II	913
31.6. Związki chromu na stopniu utlenienia III	914
31.7. Związki chromu na stopniu utlenienia VI	918
31.8. Peroksochromiany	920
31.9. Związki wolframu i molibdenu na stopniu utlenienia VI	921
31.9.1. Tlenki, izopolikwasy i heteropolikwasy molibdenu i wolframu	921
31.9.2. Struktura anionów izopolikwasów i heteropolikwasów molibdenu i wolframu	924
31.10. Niższe tlenki molibdenu i wolframu oraz ich pochodne	925
31.11. Brązy wolframowe i molibdenowe	926
31.12. Związki molibdenu i wolframu z siarką	927
31.13. Połączenia molibdenu i wolframu z fluorowcami	927
31.14. Węglik chromu, molibdenu i wolframu	928
32. MANGANOWCE	929
32.1. Występowanie manganowców w przyrodzie i ich otrzymywanie	929
32.2. Ogólna charakterystyka związków manganowców	932
32.3. Związki manganu na stopniu utlenienia II	934
32.3.1. Sole manganu(II)	934
32.3.2. Związki koordynacyjne manganu(II)	935
32.4. Związki manganu na stopniu utlenienia III	938
32.5. Związki manganu na stopniu utlenienia IV	939
32.6. Związki manganu na stopniu utlenienia V	940
32.7. Związki manganu na stopniach utlenienia VI i VII	940
32.8. Związki technetu	942
32.9. Związki renu	942
33. ŻELAZO, KOBALT I NIKIEL	943
33.1. Ogólna charakterystyka żelaza, kobaltu i niklu	943
33.2. Występowanie i otrzymywanie żelaza	944
33.3. Właściwości fizyczne żelaza i jego stopów	948
33.4. Układ żelazo-węgiel	948
33.5. Właściwości chemiczne żelaza	951
33.6. Korozja żelaza i stali	952
33.7. Tlenki żelaza	953
33.8. Wodorotlenki żelaza	955
33.9. Związki żelaza z siarką	957
33.10. Związki żelaza z fluorowcami	957

33.11. Sole żelaza i tlenowych kwasów nieorganicznych oraz niektórych kwasów organicznych	958
33.12. Związki kompleksowe żelaza	960
33.13. Związki żelaza na stopniach utlenienia IV, V i VI	964
33.14. Występowanie i otrzymywanie kobaltu i niklu	964
33.15. Fizyczne i chemiczne właściwości kobaltu i niklu	965
33.16. Zastosowanie kobaltu i niklu	966
33.17. Tlenki i wodorotlenki kobaltu i niklu	966
33.18. Siarczki kobaltu i niklu	968
33.19. Sole kobaltu i niklu z kwasami nieorganicznymi	968
33.20. Związki kompleksowe kobaltu i niklu	969
33.20.1. Związki kompleksowe kobaltu	970
33.20.2. Związki kompleksowe niklu	972
33.21. Związki kobaltu (IV) i kobaltu(V) oraz niklu(III) i niklu(IV)	973
34. PLATYNOWCE	975
34.1. Występowanie i otrzymywanie platynowców	975
34.2. Fizyczne i chemiczne właściwości platynowców	977
34.3. Zastosowanie platynowców	979
34.4. Związki platynowców z fluorowcami	980
34.5. Związki platynowców z tlenem i siarką	982
34.6. Związki kompleksowe platynowców	983
35. MIEDZIEWCE	984
35.1. Występowanie miedziowców w przyrodzie	984
35.2. Otrzymywanie miedziowców	985
35.3. Właściwości fizyczne i chemiczne miedziowców	987
35.4. Zastosowanie miedziowców	990
35.5. Tlenki miedziowców	991
35.6. Wodorotlenki miedziowców	993
35.7. Związki miedziowców z fluorowcami	994
35.8. Związki miedziowców z siarką	997
35.9. Sole miedziowców z kwasami tlenowymi	997
35.10. Chemia procesów fotograficznych	999
35.11. Związki kompleksowe miedziowców	1000
36. CYNKOWCE	1003
36.1. Występowanie cynkowców w przyrodzie i ich otrzymywanie	1003
36.2. Właściwości fizyczne i chemiczne cynkowców	1005
36.3. Zastosowanie cynkowców	1007
36.4. Związki cynkowców na stopniach utlenienia II	1009
36.4.1. Tlenki i wodorotlenki cynkowców	1009
36.4.2. Związki cynkowców z siarką	1011
36.4.3. Związki cynkowców z fluorowcami	1011
36.4.4. Sole kwasów tlenowych	1013

36.4.5. Związki kompleksowe cynkowców	1013
36.5. Związki cynkowców na stopniu utlenienia I	1014
37. SKANDOWCE I LANTANOWCE	1017
37.1. Ogólna charakterystyka skandowców i lantanowców	1017
37.1.1. Struktura elektronowa skandowców i lantanowców	1017
37.1.2. Promienie atomowe i jonowe. Kontrakcja lantanowców	1019
37.1.3. Właściwości optyczne i magnetyczne lantanowców	1020
37.2. Występowanie skandowców i lantanowców w przyrodzie	1022
37.3. Rozdzielanie i otrzymywanie lantanowców	1024
37.4. Fizyczne i chemiczne właściwości lantanowców	1027
37.5. Związki skandowców i lantanowców na stopniu utlenienia III	1028
37.6. Związki lantanowców na stopniach utlenienia II i IV	1030
37.7. Zastosowanie skandowców i lantanowców	1030
38. AKTYNOWCE	1032
38.1. Ogólna charakterystyka aktynowców. Odkrycie pierwiastków transuranowych	1032
38.2. Struktura elektronowa aktynowców	1036
38.3. Właściwości chemiczne aktynowców	1038
38.4. Tor i jego związki	1040
38.5. Uran i jego związki	1041
39. TRANSAKTYNOWCE	1043
SKOROWIDZ	1046