

## SPIS TREŚCI

16. UKŁAD OKRESOWY PIERWIĄSTKÓW .....	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. Elektryczność .....	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 trioksodisiarkowy [kwas siarkowy(IV)] . . . . .	644
20.9.3.	Kwas tetraoksodisiarkowy [kwas siarkowy(VI)] . . . . .	645
20.9.4.	Kwas trioksodisiarkowy . . . . .	648
20.9.5.	Kwasy peroksodisiarkowe . . . . .	649
20.9.6.	Kwas heksaoksodisiarkowy (ditiowy) i kwasy heksaokso- polisiarkowe (politiowe) . . . . .	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 $(XO_2)_n$ . . . . .	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
<b>23. WĘGLOWCE II: GERMAN, CYNA I OŁÓW . . . . .</b>	<b>775</b>
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
<b>24. BOROWCE . . . . .</b>	<b>786</b>
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
<b>25. BERYLOWCE . . . . .</b>	<b>820</b>
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 nitrozyłowe 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 wanadocwów oraz ich pochodne . . . . .	903
30.4. Niższe tlenki wanadocwów . . . . .	905
30.5. Związki wanadocwów z siarką . . . . .	906
30.6. Związki wanadocwów z fluorocwami . . . . .	906
30.7. Sole wanadu i kwasu siarkowego . . . . .	907
30.8. Jony oksowanadu i ich związki kompleksowe . . . . .	907
<b>31. CHROMOWCE . . . . .</b>	<b>908</b>
31.1. Występowanie chromocwów w przyrodzie i ich otrzymanie . . . . .	908
31.2. Właściwości fizyczne i chemiczne metalicznych chromocwów . . . . .	909
31.3. Zastosowanie metali grupy chromocwów . . . . .	910
31.4. Ogólna charakterystyka związków chromocwów . . . . .	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 fluorocwami . . . . .	927
31.14. Węgliki chromu, molibdenu i wolframu . . . . .	928
<b>32. MANGANOWCE . . . . .</b>	<b>929</b>
32.1. Występowanie manganocwów w przyrodzie i ich otrzymanie . . . . .	929
32.2. Ogólna charakterystyka związków manganocwów . . . . .	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
<b>33. ŻELAZO, KOBALT i NIKIEL . . . . .</b>	<b>943</b>
33.1. Ogólna charakterystyka żelaza, kobaltu i niklu . . . . .	943
33.2. Występowanie i otrzymanie 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 fluorocwami . . . . .	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
<b>34. PLATYNOWCE . . . . .</b>	<b>975</b>
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
<b>35. MIEDZIEWCE . . . . .</b>	<b>984</b>
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
<b>36. CYNKOWCE . . . . .</b>	<b>1003</b>
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
<b>37. SKANDOWCE I LANTANOWCE . . . . .</b>	<b>1017</b>
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 . . . . .	S1