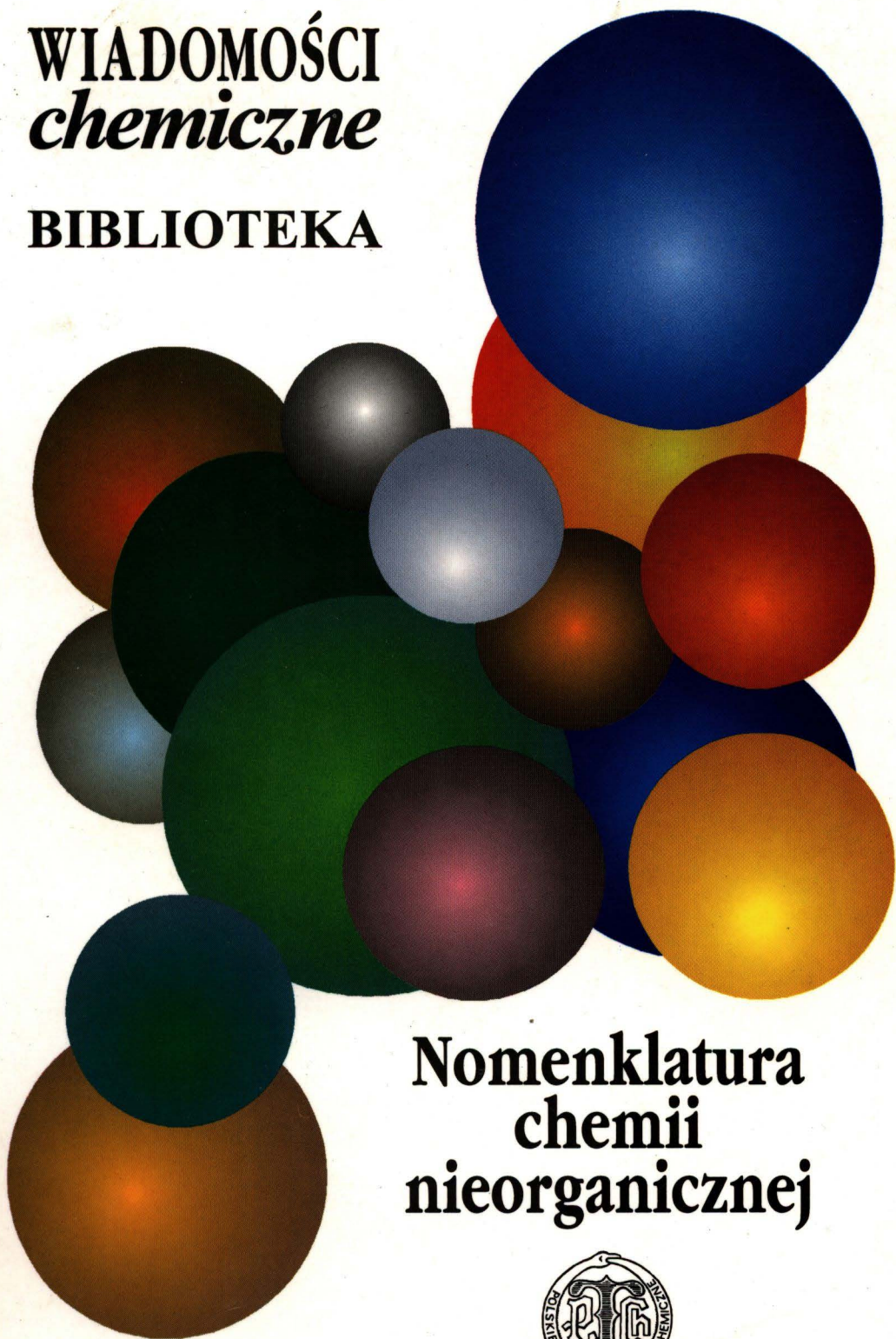


**WIADOMOŚCI**  
*chemiczne*

**BIBLIOTEKA**



**Nomenklatura  
chemii  
nieorganicznej**



UKŁAD OKRESOWY PIERWIĄTKÓW

| 1               | 2               | 3                      | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10                | 11                | 12                | 13                | 14                | 15                | 16                | 17                | 18                | <i>n</i> |
|-----------------|-----------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| 1<br><b>H</b>   |                 |                        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   | 2<br><b>He</b>    | 1        |
| 3<br><b>Li</b>  | 4<br><b>Be</b>  |                        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   | 5<br><b>B</b>     | 6<br><b>C</b>     | 7<br><b>N</b>     | 8<br><b>O</b>     | 9<br><b>F</b>     | 10<br><b>Ne</b>   | 2        |
| 11<br><b>Na</b> | 12<br><b>Mg</b> |                        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   | 13<br><b>Al</b>   | 14<br><b>Si</b>   | 15<br><b>P</b>    | 16<br><b>S</b>    | 17<br><b>Cl</b>   | 18<br><b>Ar</b>   | 3        |
| 19<br><b>K</b>  | 20<br><b>Ca</b> | 21<br><b>Sc</b>        | 22<br><b>Ti</b>  | 23<br><b>V</b>   | 24<br><b>Cr</b>  | 25<br><b>Mn</b>  | 26<br><b>Fe</b>  | 27<br><b>Co</b>  | 28<br><b>Ni</b>   | 29<br><b>Cu</b>   | 30<br><b>Zn</b>   | 31<br><b>Ga</b>   | 32<br><b>Ge</b>   | 33<br><b>As</b>   | 34<br><b>Se</b>   | 35<br><b>Br</b>   | 36<br><b>Kr</b>   | 4        |
| 37<br><b>Rb</b> | 38<br><b>Sr</b> | 39<br><b>Y</b>         | 40<br><b>Zr</b>  | 41<br><b>Nb</b>  | 42<br><b>Mo</b>  | 43<br><b>Tc</b>  | 44<br><b>Ru</b>  | 45<br><b>Rh</b>  | 46<br><b>Pd</b>   | 47<br><b>Ag</b>   | 48<br><b>Cd</b>   | 49<br><b>In</b>   | 50<br><b>Sn</b>   | 51<br><b>Sb</b>   | 52<br><b>Te</b>   | 53<br><b>I</b>    | 54<br><b>Xe</b>   | 5        |
| 55<br><b>Cs</b> | 56<br><b>Ba</b> | 57-71<br><b>La-Lu</b>  | 72<br><b>Hf</b>  | 73<br><b>Ta</b>  | 74<br><b>W</b>   | 75<br><b>Re</b>  | 76<br><b>Os</b>  | 77<br><b>Ir</b>  | 78<br><b>Pt</b>   | 79<br><b>Au</b>   | 80<br><b>Hg</b>   | 81<br><b>Tl</b>   | 82<br><b>Pb</b>   | 83<br><b>Bi</b>   | 84<br><b>Po</b>   | 85<br><b>At</b>   | 86<br><b>Rn</b>   | 6        |
| 87<br><b>Fr</b> | 88<br><b>Ra</b> | 89-103<br><b>Ac-Lr</b> | 104<br><b>Rf</b> | 105<br><b>Db</b> | 106<br><b>Sg</b> | 107<br><b>Bh</b> | 108<br><b>Hs</b> | 109<br><b>Mt</b> | 110<br><b>Uun</b> | 111<br><b>Uuu</b> | 112<br><b>Uub</b> | 113<br><b>Uut</b> | 114<br><b>Uuq</b> | 115<br><b>Uup</b> | 116<br><b>Uuh</b> | 117<br><b>Uus</b> | 118<br><b>Uuo</b> | 7        |
|                 |                 | 57<br><b>La</b>        | 58<br><b>Ce</b>  | 59<br><b>Pr</b>  | 60<br><b>Nd</b>  | 61<br><b>Pm</b>  | 62<br><b>Sm</b>  | 63<br><b>Eu</b>  | 64<br><b>Gd</b>   | 65<br><b>Tb</b>   | 66<br><b>Dy</b>   | 67<br><b>Ho</b>   | 68<br><b>Er</b>   | 69<br><b>Tm</b>   | 70<br><b>Yb</b>   | 71<br><b>Lu</b>   | 6                 |          |
|                 |                 | 89<br><b>Ac</b>        | 90<br><b>Th</b>  | 91<br><b>Pa</b>  | 92<br><b>U</b>   | 93<br><b>Np</b>  | 94<br><b>Pu</b>  | 95<br><b>Am</b>  | 96<br><b>Cm</b>   | 97<br><b>Bk</b>   | 98<br><b>Cf</b>   | 99<br><b>Es</b>   | 100<br><b>Fm</b>  | 101<br><b>Md</b>  | 102<br><b>No</b>  | 103<br><b>Lr</b>  | 7                 |          |

---

**NOMENKLATURA  
CHEMII NIEORGANICZNEJ**

---

**Tytuł oryginalny:**

***Nomenclature of Inorganic Chemistry. Recommendations 1990***

**Edited by G.J. Leigh**

**International Union of Pure and Applied Chemistry  
Commission on the Nomenclature of Inorganic Chemistry  
Blackwell Scientific Publications**

**© Copyright by International Union of Pure and Applied Chemistry**

**Polskie Towarzystwo Chemiczne  
Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej**

---

# **NOMENKLATURA CHEMII NIEORGANICZNEJ**

**Zalecenia 1990**

---

**Redaktor naukowy  
ZOFIA STASICKA**

**Wrocław 1998  
Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego**

**RADA REDAKCYJNA**

**Jerzy Błażejowski, Ryszard Bodalski, Henryk Buchowski, Henryk Górecki, Zdzisław Hippe,  
Zbigniew Hubicki, Jerzy Konarski, Janusz Lipkowski, Maria Nowakowska, Stanisław Penczek,  
Zofia Stasicka, Mirosław Szafran**

**KOMITET REDAKCYJNY**

**Bogdan Burczyk, Jerzy P. Hawranek, Andrzej Jasiński, Adam Jeziernski, Adolf Kisza,  
Zdzisław Latajka, Przemysław Mastalerz, Ignacy Z. Siemion, Mirosław Soroka, Maria Suszyńska**

**REDAKTOR NACZELNY**

**Józef J. Ziółkowski**

**SEKRETARZ REDAKCJI**

**Krystyna Marksowa**

**ADRES REDAKCJI**

**ul. F. Joliot-Curie 14, 50-383 Wrocław  
tel. 20 43 89, tel./fax 22 14 06**

**Przekład z języka angielskiego: Krystyna Dyrek, Alina Samotus i Zofia Stasicka**

**Recenzent w zakresie chemii organicznej: Barbara Szechner**

**Publikacja dotowana przez KBN**

**BIBLIOTEKA**  
**Instytutu Chemii Ogólnej**  
**i Ekologicznej P.L.**  
nr inw. 12.522

**REDAKTOR WYDAWNICTWA**

**Agnieszka Flasińska**

**© Copyright for the Polish edition by Polskie Towarzystwo Chemiczne  
Redakcja „Wiadomości Chemicznych” 1998**

**ISBN 83-229-1873-9**

**Wydrukowano we Wrocławskiej Drukarni Naukowej PAN im. S. Kulczyńskiego Sp. z o.o.**

---

# Spis treści

---

|  |           |
|--|-----------|
| Przedmowa  | ix        |
| Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej Polskiego Towarzystwa Chemicznego             | xiii      |
| Przedmowa do wydania angielskiego  | xv        |
| Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej IUPAC   | xvii      |
| Główni autorzy wydania angielskiego  | xxi       |
| <b>1. Ogólne cele, funkcje i metody nomenklatury chemicznej</b>                          | <b>1</b>  |
| 1.1. Historia i cele nomenklatury chemicznej   | 1         |
| 1.2. Funkcje nomenklatury chemicznej   | 3         |
| 1.3. Metody nomenklatury nieorganicznej  | 4         |
| 1.4. Międzynarodowa współpraca nad nomenklaturą nieorganiczną                            | 10        |
| 1.5. Zalecenia nomenklaturowe w innych dziedzinach chemii                                | 11        |
| <b>2. Zbiór podstawowych reguł. Gramatyka</b>  | <b>13</b> |
| 2.1. Wprowadzenie  | 14        |
| 2.2. Nawiasy   | 16        |
| 2.3. Łączniki, znaki plus i minus, długie kreski i wskaźniki wiązań                      | 21        |
| 2.4. Kreska ukośna   | 24        |
| 2.5. Kropki, dwukropki, przecinki i średniki   | 24        |
| 2.6. Spacje  | 27        |
| 2.7. Elizje  | 27        |
| 2.8. Cyfry   | 28        |
| 2.9. Kursywa   | 31        |
| 2.10. Alfabet grecki   | 32        |
| 2.11. Gwiazdki   | 32        |
| 2.12. Primy  | 33        |
| 2.13. Przedrostki zwielokrotniające  | 33        |
| 2.14. Lokanty  | 34        |
| 2.15. Pierwszeństwa (starszeństwa)   | 37        |
| 2.16. Afiksy (przedrostki, przyrostki i wrostki)   | 41        |
| 2.17. Uwagi końcowe  | 41        |
| <b>3. Pierwiastki, atomy i grupy atomów</b>  | <b>43</b> |
| 3.1. Wprowadzenie  | 44        |
| 3.2. Definicje   | 44        |
| 3.3. Nazwy i symbole atomów  | 46        |
| 3.4. Określenie masy, ładunku i liczby atomowej za pomocą wskaźników (dolnych i górnych) | 48        |
| 3.5. Izotopy   | 49        |
| 3.6. Pierwiastki   | 49        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.7. Odmiany alotropowe                                      | 50         |
| 3.8. Grupy pierwiastków                                      | 53         |
| <b>4. Wzory</b>  | <b>57</b>  |
| 4.1. Wprowadzenie  | 58         |
| 4.2. Definicje różnego rodzaju wzorów                        | 58         |
| 4.3. Określenie ilościowego stosunku składników              | 60         |
| 4.4. Określenie stopnia utlenienia i ładunku składników      | 61         |
| 4.5. Dalsze modyfikacje wzorów                               | 64         |
| 4.6. Kolejność występowania symboli                          | 65         |
| 4.7. Związki modyfikowane izotopowo                          | 71         |
| 4.8. Uwagi końcowe   | 73         |
| <b>5. Nazwy oparte na stechiometrii</b>                      | <b>75</b>  |
| 5.1. Wprowadzenie  | 75         |
| 5.2. Klasyfikacja i kolejność podawania składników           | 76         |
| 5.3. Nazwy składników  | 76         |
| 5.4. Kolejność podawania składników w obrębie klas           | 81         |
| 5.5. Określanie ilościowych stosunków składników             | 81         |
| 5.6. Związki addycyjne                                       | 85         |
| 5.7. Wodorki boru  | 86         |
| 5.8. Uwagi końcowe   | 86         |
| <b>6. Ciało stałe</b>  | <b>89</b>  |
| 6.1. Wprowadzenie  | 90         |
| 6.2. Nazwy faz stałych                                       | 90         |
| 6.3. Skład chemiczny   | 91         |
| 6.4. Oznaczenia defektów punktowych (notacja Krögera–Vinka)  | 93         |
| 6.5. Nomenklatura faz  | 97         |
| 6.6. Fazy niestechiometryczne                                | 98         |
| 6.7. Polimorfizm   | 102        |
| 6.8. Układy amorficzne i szkła                               | 103        |
| 6.9. Uwagi końcowe   | 103        |
| <b>7. Cząsteczki obojętne</b>                                | <b>105</b> |
| 7.1. Wprowadzenie  | 106        |
| 7.2. Nomenklatura podstawnikowa                              | 107        |
| 7.3. Nomenklatura koordynacyjna                              | 125        |
| 7.4. Uwagi końcowe   | 129        |
| <b>8. Nazwy jonów, grup podstawnikowych, rodników i soli</b> | <b>131</b> |
| 8.1. Wprowadzenie  | 132        |
| 8.2. Kationy   | 133        |
| 8.3. Aniony  | 139        |
| 8.4. Grupy podstawnikowe i rodniki                           | 144        |
| 8.5. Sole  | 150        |

|   |     |
|---|-----|
| 8.6. Uwagi końcowe  | 154 |
| <b>9. Kwasy tlenowe i ich aniony</b>  | 157 |
| 9.1. Wprowadzenie   | 158 |
| 9.2. Definicja kwasu tlenowego  | 159 |
| 9.3. Wzory  | 159 |
| 9.4. Nazwy zwyczajowe   | 160 |
| 9.5. Nomenklatura wodorowa  | 161 |
| 9.6. Nomenklatura kwasowa   | 169 |
| 9.7. Kwasy wielordzeniowe   | 170 |
| 9.8. Jony pochodzące od kwasów tlenowych  | 174 |
| 9.9. Szczególny przypadek jednordzeniowych kwasów tlenowych fosforu i arsenu        | 175 |
| 9.10. Nazwy kwasów tlenowych fosforu lub arsenu i ich pochodnych                    | 178 |
| 9.11. Uwagi końcowe   | 183 |
| <b>10. Związki koordynacyjne</b>  | 185 |
| 10.1. Wstęp   | 187 |
| 10.2. Pojęcia i definicje   | 187 |
| 10.3. Wzory jednordzeniowych związków koordynacyjnych z jednokleszczowymi ligandami | 194 |
| 10.4. Nazwy jednordzeniowych związków koordynacyjnych z jednokleszczowymi ligandami | 196 |
| 10.5. Deskryptory stereochemiczne   | 211 |
| 10.6. Wzory i nazwy kompleksów chelatowych  | 224 |
| 10.7. Symbole chiralności   | 235 |
| 10.8. Kompleksy wielordzeniowe  | 244 |
| 10.9. Związki metaloorganiczne  | 257 |
| 10.10. Uwagi końcowe  | 266 |
| <b>11. Wodorki boru i związki pokrewne</b>  | 269 |
| 11.1. Wprowadzenie  | 270 |
| 11.2. Nomenklatura wodorków boru  | 270 |
| 11.3. Wielościenne klastery wodorków poliboru                                       | 273 |
| 11.4. Podstawienie i wymiana w klasternach boru                                     | 291 |
| 11.5. Nazwy jonów   | 300 |
| 11.6. Nazwy rodników i grup podstawnikowych   | 302 |
| 11.7. Uwagi końcowe   | 305 |
| <b>Literatura</b>   | 307 |
| <b>Tabele</b>   | 311 |
| Tabela I. Nazwy, symbole i liczby atomowe pierwiastków                              | 312 |
| Tabela II. Nazwy pierwiastków o liczbach atomowych większych od 100                 | 314 |
| Tabela III. Przedrostki liczbowe  | 316 |
| Tabela IV. Kolejność pierwiastków   | 317 |
| Tabela V. Przedrostki strukturalne stosowane w nomenklaturze nieorganicznej         | 318 |

---

|   |            |
|---|------------|
| Tabela VI. Człony „a” stosowane w nomenklaturze zamiennej uszeregowane zgodnie z malejącym porządkiem pierwszeństwa | 320        |
| Tabela VII. Nazwy grup podstawnikowych pierwiastków   | 322        |
| Tabela VIII. Nazwy jonów i grup   | 324        |
| Tabela IX. Przyrostki stosowane w nomenklaturze nieorganicznej i organicznej  | 356        |
| Tabela X. Skróty ligandów i związków tworzących ligandy   | 360        |
| <b>Załącznik</b>  | <b>365</b> |
| Tabela A-I. Krótka forma układu okresowego  | 367        |
| Tabela A-II. Długa forma układu okresowego (18 kolumn)  | 368        |
| Tabela A-III. Długa forma układu okresowego (32 kolumny)  | 369        |
| <b>Skorowidz</b>  | <b>371</b> |

---

## Przedmowa

---

*Nomenklatura chemii nieorganicznej* jest możliwie wiernym tłumaczeniem opracowania Komisji Nomenklatury Chemii Nieorganicznej Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC), wydanego w roku 1990 pod tytułem *Nomenclature of Inorganic Chemistry. Recommendations 1990*. Wydawnictwo to, ze względu na przypisany publikacjom z zakresu chemii nieorganicznej czerwony kolor okładki, powszechnie określane jako „Red Book”, zawiera kolejne opracowanie przez Komisję IUPAC zasad nomenklatury w tym dziale chemii. Poprzednio przygotowywane zasady były sukcesywnie publikowane w latach 1957–1970, a ostateczne ich sformułowanie zawarto w książce *Nomenclature of Inorganic Chemistry. Definitive Rules 1970*, wydanej przez IUPAC, Butterworths, London 1971.

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych nastąpił niezwykle szybki rozwój chemii nieorganicznej: powstały nowe dziedziny wymagające stworzenia specjalistycznej nomenklatury (np. chemia boru); w innych dziedzinach zwiększył się znacznie zasób informacji o strukturze substancji, co należało uwzględnić we wzorach i nazwach (dotyczy to zwłaszcza chemii koordynacyjnej i chemii ciała stałego). Zainspirowało to Komisję IUPAC do dalszych prac, których wyniki opublikowano w *Nomenclature of Inorganic Chemistry. Recommendations 1990*. W tym opracowaniu jako podstawę nomenklatury chemii nieorganicznej Komisja konsekwentnie wprowadza skład i strukturę, a nie właściwości chemiczne substancji (np. odchodzenie od nazwy „kwas”).

Pierwszym krokiem na drodze do uporządkowania polskiego nazewnictwa chemii nieorganicznej było wydanie przez Komisję Nomenklatury Chemii Nieorganicznej PTChem „czerwonej książki” pt. *Nomenklatura związków nieorganicznych* [1], która była tłumaczeniem wydawnictwa IUPAC z roku 1971 oraz przewodnika *How to Name an Inorganic Substance. A Guide to the Use of Nomenclature of Inorganic Chemistry. Definitive Rules 1970*, Pergamon Press, Oxford 1977.

Po ukazaniu się nowego opracowania zasad nomenklatury nieorganicznej (*Recommendations 1990*) Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej PTChem ponownie podjęła się adaptacji zaleceń IUPAC do polskiej nomenklatury nieorganicznej. Zgodnie z tymi zaleceniami podstawową zasadą było dążenie do oparcia polskiej nomenklatury na regułach wprowadzonych przez IUPAC i upodobnienia nazewnictwa do międzynarodowej terminologii chemii nieorganicznej. Podobne starania podjęte zostały przy opracowaniu pierwszej „czerwonej książki”, jak również przy adaptacji do języka polskiego zaleceń IUPAC w zakresie chemii orga-

nicznej, zawartej w wydawnictwach: *Nomenklatura związków organicznych*, PTChem, Warszawa 1992 [2], i *Przewodnik do nomenklatury związków organicznych. Zalecenia 1993*, PTChem, Warszawa 1994 [3].

Dotychczasowe opracowania, przygotowane przez różne komisje, doprowadziły w niektórych wypadkach do pewnych rozbieżności między nomenklaturą organiczną a nieorganiczną. Przykładem mogą być nazwy anionów, które w języku angielskim kończą się na *-ide* (np. *chloride*, *sulfide*): w chemii nieorganiczej powszechnie stosuje się dla takich anionów końcówkę *-ek* (np. chlorek, siarczek), a w chemii organicznej nazwy te zakończone są na *-id* (np. metanid, sulfid). Innym przykładem może być tworzenie nazw pochodnych od nazw pierwiastków: w chemii nieorganiczej podstawą jest polska nazwa pierwiastka (np. złotek, ołowian), w nomenklaturze organicznej, w niektórych wypadkach, rdzeń pochodzi z nazwy w języku łacińskim (np. aurio, plumba) lub nawet angielskim (np. tungsta, mercurio). Przygotowując niniejsze wydanie nomenklatury nieorganiczej, w którym znaczny udział ma nazewnictwo związków organicznych, Komisja PTChem starała się wprowadzać nazwy jednolite; jednak pewne różnice między nomenklaturą organiczną a nieorganiczną były nie do uniknięcia. W takich wypadkach wprowadzone zostały różne nazwy, z adnotacją „preferowane w chemii organicznej lub nieorganiczej”, jak np. kwas fosfinowy – kwas fosforowy(I) lub kwas arsonowy – kwas arsenowy(III).

Niniejsze opracowanie nomenklatury nieorganiczej można traktować jak kontynuację i poszerzenie zasad wprowadzonych w pierwszej polskiej „czerwonej książce” [1]. Zgodnie z tym konsekwentnie proponuje się stosowanie nazw systematycznych np. w rodzaju trioksosiarczan(2–) lub siarczan(III) zamiast siarczyn; jednak dla ułatwienia lektury starszych podręczników czy dokumentów w zestawieniach tabelarycznych zamieszczono również dawne nazwy zwyczajowe, jako nie zalecane przez Komisję PTChem.

W trakcie prac nad niniejszym wydaniem (sierpień 1998), Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej podjęła decyzję o nadaniu nazw kilku sztucznie wytworzonym pierwiastkom superciężkim (104–109). Komisja PTChem, wspólnie z Komisją Nazewnictwa Fizycznego Polskiego Towarzystwa Fizycznego, podjęła się ustalenia polskich nazw tych pierwiastków. W tabelach I–VIII podano nazwy zaproponowane na posiedzeniu Komisji PTChem, przy udziale delegatów Komisji PTF; nazwy te jednak wymagają zatwierdzenia przez oba towarzystwa naukowe.

Większość prac związanych z przygotowaniem niniejszych zaleceń nomenklatury wykonała i całość tekstu zaaprobowwała Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganiczej PTChem w składzie wymienionym na stronie xiii. Inicjatywa dokonania tego dzieła pochodziła jednak od prof. dra hab. Rajmunda Sołoniewicza

i pod Jego przewodnictwem Komisja rozpoczęła pierwsze dyskusje nad kształtem nowej polskiej nomenklatury nieorganicznej.

W czasie prac nad tą książką Komisja była pod szczególną opieką kolejnych Prezesów PTChem: prof. dra hab. Zbigniewa Galusa, prof. dra hab. Tadeusza Marka Krygowskiego i prof. dra hab. Jerzego Konarskiego. Specjalne podziękowanie należy się pani prof. dr hab. Aleksandrze Cieślikowej z Instytutu Językoznawstwa Polskiego PAN za pomoc w wyborze optymalnych polskich odpowiedników nazw angielskich oraz pani dr Barbarze Szechner za wnikliwą i niezwykle staranną recenzję, a zwłaszcza za poprawienie nazw związków organicznych zgodnie z zaleceniami IUPAC z 1993 r.

Zalecenia nomenklaturowe zawarte w niniejszej książce nie stanowią rozdziału zamkniętego: w miarę postępu wiedzy oraz metod klasyfikacji i opisu form materii nowe nazwy muszą być wprowadzane, a reguły nomenklaturowe dostosowywane do nowych wymagań. Wszelkie uwagi i komentarze prosimy kierować do Komisji Nomenklatury Chemii Nieorganicznej PTChem, pod adresem: Polskie Towarzystwo Chemiczne, ul. Freta 16, 00-271 Warszawa.

Kraków, maj 1998

Zofia STASICKA  
Przewodnicząca Komisji  
Nomenklatury Chemii Nieorganicznej PTChem



---

# **Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej Polskiego Towarzystwa Chemicznego**

---

Członkowie Komisji Nomenklatury Chemii Nieorganicznej PTChem  
w latach 1994–1998, tj. w czasie przygotowywania wydania polskiego:

1. Prof. Osman Achmatowicz — Instytut Farmaceutyczny
2. Prof. Krystyna Dyrek — Uniwersytet Jagielloński
3. Prof. Marian Elbanowski — Uniwersytet A. Mickiewicza
4. Prof. Andrzej Kłonkowski — Uniwersytet Gdański
5. Dr Witold Mizerski — Wydawnictwo Adamantan
6. Prof. Iwo Pollo — Politechnika Lubelska
7. Prof. Alina Samotus — Uniwersytet Jagielloński
8. Prof. Zofia Stasicka — Uniwersytet Jagielloński
9. Prof. Walter Wojciechowski, a następnie  
Dr Andrzej Jabłoński — Politechnika Wrocławska



---

## Przedmowa do wydania angielskiego

---

Nomenklatura chemiczna znana jest od niepamiętnych czasów. Już Grecy nadawali nazwy rudom i minerałom, a także otrzymanym z nich produktom. Również alchemicy wprowadzali nazwy i symbole dla swoich związków. W późniejszych czasach Lavoisier zaproponował pierwszy systematyczny sposób nazywania oksokwasów. Jednak chemia stale się rozwija i zmienia, dlatego chemiczna nomenklatura nieorganiczna jest nadal aktualnym zagadnieniem.

Ustalaniem reguł nomenklatury dla potrzeb społeczności chemicznej zajmuje się Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC). Po raz pierwszy reguły nomenklatury nieorganicznej sformułowano przed drugą wojną światową, następnie rozpatrzono je i przedyskutowano ponownie w latach pięćdziesiątych i opublikowano w 1959 r. Po raz drugi dokonano rewizji w latach sześćdziesiątych i drugie wydanie ukazało się w 1971 r. Od tego czasu otrzymano wiele nowych związków, a niektóre z nich okazały się trudne do nazwania na podstawie istniejącego zbioru reguł (z 1970 r.). Odkryto bowiem nowe rodzaje wiązań i nowe typy struktur. Doprowadziło to do rozwoju zwyczajowych i lokalnych systemów nomenklaturowych, które zrodziły potrzebę systematycznego i powszechnie zrozumiałego słownictwa. Szczególnie dotyczy to chemii koordynacyjnej i chemii boru. W 1978 r. Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej IUPAC (*IUPAC Commission on Nomenclature of Inorganic Chemistry*, CNIC) zdecydowała się zastąpić wydanie z 1970 r. *Nomenclature of Inorganic Chemistry* nowym. Wydanie to, ze względu na znaczną specjalizację w różnych dziedzinach chemii i pojawienie się nowych nazw, będzie ukazywać się w kilku częściach. Część pierwsza dotyczy głównie tego, co można nazwać podstawami chemii nieorganicznej. Kolejne części będą obejmować bardziej specjalistyczne dziedziny, jak na przykład quasi-jednożyłowe polimery nieorganiczne i polioksoaniony.

Niniejsza książka stanowi część pierwszą, w której znajdują się reguły dotyczące nazw związków, od najprostszych cząsteczek do oksokwasów i ich pochodnych, związków koordynacyjnych i prostych połączeń boru.

Przygotowanie części pierwszej zajęło CNIC dziesięć lat. Poszczególne rozdziały pisali zaproszeni autorzy, którym towarzyszyły grupy robocze. Następnie rozdziały te były kilkakrotnie recenzowane i poprawiane przez CNIC. Dużo wysiłku kosztowało zapewnienie zgodności pomiędzy poszczególnymi rozdziałami, dotyczącymi tak różnorodnych działów chemii. Zadaniem Komisji

było pogodzenie utrwalonych przez lata tradycyjnych praktyk i systemów nomenklaturowych w taki sposób, aby można je było powszechnie stosować. W razie potrzeby (jak w rozdz. 6 i 11) Komisja korzystała w znacznej mierze z pomocy specjalistów spoza CNIC. Doceniamy szczególnie pomoc Komisji Wysokiej Temperatury (*Commission on High Temperature*) i Chemii Ciała Stałego (*Commission on Solid State Chemistry*) w przygotowaniu rozdz. 6. Kiedy rozdział był już gotowy, przesyłano go do starannie dobranych recenzentów spoza CNIC, celem uzyskania miarodajnej opinii z danej dziedziny. W końcowej fazie poszczególne rozdziały poddano dyskusji i krytycznemu osądowi ze strony społeczności chemików, stosując mechanizm zwyczajowo przyjęty przez IUPAC. Taki tryb postępowania powinien gwarantować powstanie dobrego dzieła, które cieszyć się będzie powszechną akceptacją.

Wyrażamy nadzieję, że przedłożone nowe wydanie odniesie sukces i będzie ogólnie stosowane. Na następne wydanie trzeba będzie czekać wiele lat, a biorąc pod uwagę fakt, że nauka nadal się rozwija i nowe struktury nie zawsze będą odpowiadać ustalonym regułom, będzie to zadanie skomplikowane. Chcielibyśmy, aby część pierwsza z jej ogólnymi zasadami nie ulegała zmianom i obowiązywała przez wiele lat. Przewidywane dalsze części, bardziej specjalistyczne, z natury rzeczy będą podlegały częstszej rewizji.

Pełna lista autorów wszystkich jedenastu rozdziałów znajduje się na stronie xxi. Nazwiska podano w porządku alfabetycznym, nie przypisując ich do poszczególnych rozdziałów. W latach 1971–1987 wszyscy członkowie CNIC w różny sposób uczestniczyli w tym przedsięwzięciu, nawet ci, którzy nie zostali wymienieni z nazwiska jako autorzy. Pragniemy również podziękować recenzentom, zbyt licznym, aby ich wszystkich wymienić (na jeden rozdział przypadało około piętnastu). Na zakończenie chcielibyśmy podziękować za pomoc wszystkim, którzy przesłali nam swoje komentarze w okresie publicznej dyskusji. Jeśli nie uwzględniliśmy kogoś osobiście w naszych podziękowaniach, prosimy wszystkich, którzy przyczynili się do powstania i wydania niniejszej książki, o przyjęcie ogólnych podziękowań.

23 lutego 1988

Y. JEANNIN  
Przewodniczący Komisji Nomenklatury  
Chemii Nieorganicznej IUPAC  
w latach 1981–1985

---

# Komisja Nomenklatury

## Chemii Nieorganicznej IUPAC

---

Członkowie Komisji Nomenklatury Chemii Nieorganicznej w latach 1971–1987,  
tj. w czasie przygotowywania wydania angielskiego:

### *Przewodniczący*

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| W. C. Fernelius (Stany Zjednoczone) | 1971–1975 |
| J. Chatt (Wielka Brytania)          | 1975–1981 |
| Y. Jeannin (Francja)                | 1981–1985 |
| D. H. Busch (Stany Zjednoczone)     | 1985–     |

### *Wiceprzewodniczący*

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| K. A. Jensen (Dania)            | 1949–1973 |
| Y. Jeannin (Francja)            | 1975–1981 |
| D. H. Busch (Stany Zjednoczone) | 1981–1985 |
| E. Fluck (RFN)                  | 1985–1987 |

### *Sekretarze*

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| J. E. Prue (Wielka Brytania)      | 1963–1972 |
| D. M. P. Mingos (Wielka Brytania) | 1973–1978 |
| T. D. Coyle (Stany Zjednoczone)   | 1979–1982 |
| E. Fluck (RFN)                    | 1983–1985 |
| E. Samuel (Francja)               | 1985–     |

### *Członkowie zwyczajni*

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| R. M. Adams (Stany Zjednoczone) | 1967–1975 |
| L. F. Bertello (Argentyna)      | 1971–1979 |
| D. H. Busch (Stany Zjednoczone) | 1979–1981 |
| C. K. Buschbeck (RFN)           | 1971–1979 |
| J. Chatt (Wielka Brytania)      | 1959–1973 |
| E. Fluck (RFN)                  | 1979–1985 |
| P. Fodor-Csányi (Węgry)         | 1979–1987 |
| Y. Jeannin (Francja)            | 1971–1975 |
| R. S. Laitinen (Finlandia)      | 1985–     |
| G. J. Leigh (Wielka Brytania)   | 1973–1985 |
| B. F. Myasoedov (ZSRR)          | 1971–1979 |
| J. F. Nixon (Wielka Brytania)   | 1985–     |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| W. H. Powell (Stany Zjednoczone) | 1975–1979 |
| J. Reedijk (Holandia)            | 1979–1987 |
| E. Samuel (Francja)              | 1981–1985 |
| T. Sloan (Stany Zjednoczone)     | 1985–     |

*Członkowie nadzwyczajni*

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| R. M. Adams (Stany Zjednoczone)     | 1975–1981 |
| G. B. Bokij (ZSRR)                  | 1979–1983 |
| M. W. G. de Bolster (Holandia)      | 1983–1987 |
| D. H. Busch (Stany Zjednoczone)     | 1977–1979 |
| C. K. Buschbeck (RFN)               | 1979–1985 |
| J. Chatt (Wielka Brytania)          | 1973–1975 |
| J. A. Connor (Wielka Brytania)      | 1981–1985 |
| T. D. Coyle (Stany Zjednoczone)     | 1977–1979 |
| T. Erdey-Gruz (Węgry)               | 1969–1977 |
| W. C. Fernelius (Stany Zjednoczone) | 1975–1979 |
| E. Fluck (RFN)                      | 1977–1979 |
| E. W. Godly (Wielka Brytania)       | 1979–1987 |
| A. K. Holliday (Wielka Brytania)    | 1971–1973 |
| K. A. Jensen (Dania)                | 1973–1981 |
| J. Klikorka (Czechosłowacja)        | 1974–1981 |
| R. Laitinen (Finlandia)             | 1981–1985 |
| G. J. Leigh (Wielka Brytania)       | 1971–1973 |
| R. C. Mehrotra (Indie)              | 1981–     |
| R. Metselaar (Holandia)             | 1985–     |
| J. F. Nixon (Wielka Brytania)       | 1981–1985 |
| R. Poilblanc (Francja)              | 1985–     |
| W. H. Powell (Stany Zjednoczone)    | 1969–1975 |
| J. Reedijk (Holandia)               | 1977–1979 |
| J. Riess (Francja)                  | 1973–1977 |
| A. Romao-Dias (Portugalia)          | 1979–1983 |
| E. Samuel (Francja)                 | 1977–1981 |
| K. Samuelsson (Szwecja)             | 1981–     |
| A. M. Sargeson (Australia)          | 1985–     |
| C. Schäffer (Dania)                 | 1971–1981 |
| T. Sloan (Stany Zjednoczone)        | 1979–1985 |
| A. Vlcek (Czechosłowacja)           | 1969–1977 |
| E. Weiss (RFN)                      | 1969–1973 |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| K. Wieghardt (RFN)    | 1985–     |
| K. Yamasaki (Japonia) | 1969–1977 |

*Przedstawiciele narodowi*

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| M. O. Albers (RPA)              | 1984–1987 |
| P. J. Aymonio (Argentyna)       | 1985–1987 |
| L. F. Bertello (Argentyna)      | 1979–1985 |
| T. D. Coyle (Stany Zjednoczone) | 1974–1977 |
| H. H. Emons (NRD)               | 1978–1983 |
| S. Fallab (Szwajcaria)          | 1984–1987 |
| E. Fluck (RFN)                  | 1975–1977 |
| P. Fodor-Csányi (Węgry)         | 1977–1979 |
| E. W. Godly (Wielka Brytania)   | 1978–1979 |
| L. Y. Goh (Malezja)             | 1983–1987 |
| B. Holmström (Szwecja)          | 1979–1980 |
| J. Klikorka (Czechosłowacja)    | 1974–1977 |
| A. C. Massabni (Brazylia)       | 1983–1985 |
| A. Nakamura (Japonia)           | 1985–1987 |
| D. Purdela (Rumunia)            | 1978–1987 |
| A. Romao-Dias (Portugalia)      | 1978–1979 |
| K. Saito (Japonia)              | 1975–1979 |
| K. Samuelsson (Szwecja)         | 1980–1981 |
| A. M. Sargeson (Australia)      | 1981–1985 |
| V. Simeon (Jugosławia)          | 1981–1987 |
| K. Yamasaki (Japonia)           | 1979–1985 |
| M. Zikmund (Czechosłowacja)     | 1978–1987 |



---

## **Główni autorzy wydania angielskiego**

---

**D. H. BUSH**

*University of Kansas, Lawrence, USA*

**J. CHATT**

*University of Sussex, Brighton, UK*

**T. D. COYLE**

*National Bureau of Standards, Washington DC, USA*

**W. C. FERNELIUS**

*Kent State University, Kent, Ohio, USA*

**P. FODOR-CSÁNYI**

*Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary*

**E. W. GODLY**

*Laboratory of the Government Chemist, London, UK*

**Y. JEANNIN**

*Université Pierre et Marie Curie, Paris, France*

**J. B. LEACH**

*Oxford Polytechnic, Oxford, UK*

**G. J. LEIGH**

*AFRC IPSR, Brighton, UK*

**R. METSELAAR**

*Technische Hogeschool, Eindhoven, Netherlands*

**J. REEDIJK**

*Leiden University, Leiden, Netherlands*

**E. SAMUEL**

*Ecole Nationale Supérieure de Chimie, Paris, France*

**T. SLOAN**

*Chemical Abstracts Service, Columbus, Ohio, USA*



---

# 1. OGÓLNE CELE, FUNKCJE I METODY NOMENKLATURY CHEMICZNEJ

---

## SPIS TREŚCI

- 1.1. Historia i cele nomenklatury chemicznej
- 1.2. Funkcje nomenklatury chemicznej
- 1.3. Metody nomenklatury nieorganicznej
  - 1.3.1. Formułowanie reguł
  - 1.3.2. Tworzenie nazw
  - 1.3.3. Systemy nomenklaturowe
    - 1.3.3.1. Uwagi ogólne
    - 1.3.3.2. Nomenklatura typu binarnego
    - 1.3.3.3. Nomenklatura koordynacyjna
    - 1.3.3.4. Nomenklatura podstawnikowa
    - 1.3.3.5. Systemy uzupełniające
  - 1.3.4. Nomenklatura stosowana w skorowidzach
- 1.4. Międzynarodowa współpraca nad nomenklaturą nieorganiczną
- 1.5. Zalecenia nomenklaturowe w innych dziedzinach chemii

## 1.1. Historia i cele nomenklatury chemicznej

Działalność w dziedzinie alchemii i nauk stosowanych, praktykowana przed powstaniem chemii jako nauki, wytworzyła bogate słownictwo opisujące substancje chemiczne. Wprowadzone nazwy dostarczały jednak niewiele informacji o składzie samych związków. Prawie u samych początków chemii jako nauki, w 1782 r. Guyton de Morveau [4] wprowadził „system” nomenklatury chemicznej. Stwierdzenie Guytona o potrzebie „trwałej metody nazywania, która pomaga intelektowi i przynosi ulgę pamięci” jasno definiuje cel nomenklatury chemicznej. System ten został rozszerzony przez Lavoisiera, Bertholleta i Fourcroya [5] i spopularyzowany przez Lavoisiera [6]. Walkę o idee Lavoisiera podjął Berzelius i wprowadził nomenklaturę do języków germańskich [7]. Rozszerzył on system i dodał wiele nowych określeń. System ten powstał przed ogłoszeniem teorii atomistycznej przez Daltona i opierał się na koncepcji pierwiastków tworzących związki z tlenem; z kolei tlenki miały reagować między sobą tworząc sole. Nazwy złożone z dwóch słów przypomi-

nały w pewien sposób binarny system wprowadzony przez Linneusza (Carl von Linné) w odniesieniu do roślin i zwierząt.

Gdy teoria atomistyczna rozwinęła się na tyle, że można było utworzyć odpowiednie wzory dla tlenków i innych związków binarnych, powszechne stały się nazwy oddające mniej lub bardziej dokładnie skład danego związku. Brakowało jednak nazw określających skład oksosoli. Chociaż w dziewiętnastym wieku liczba związków nieorganicznych znacznie wzrosła, sposób podejścia do zagadnień nomenklatury nie zmienił się w sposób istotny do końca tego wieku. W miarę potrzeb proponowano nowe nazwy i w ten sposób nomenklatura rozrastała się w sensie ilościowym, ale nie próbowano jej usystematyzować.

Kiedy Arrhenius zwrócił uwagę na istnienie zarówno jonów, jak i cząsteczek, zaszła konieczność nazywania cząstek nie tylko obojętnych, ale także obdarzonych ładunkiem. Nie widziano konieczności wprowadzenia nowej nomenklatury dotyczącej soli; kationy były określane nazwami odpowiednich metali (w języku polskim wprowadzono formę przymiotnikową, dodając do nazwy metalu zakończenie -owy lub -awy), aniony natomiast – zmodyfikowanymi nazwami części niemetalicznej.

Jednocześnie z teorią koordynacji Werner [8] zaproponował system nomenklatury związków koordynacyjnych, który nie tylko oddawał skład związku, ale także w wielu wypadkach określał strukturę. System Wernera dotyczący związków koordynacyjnych jest addytywny, a więc najpierw wymienia się ligandy, a następnie nazwę atomu centralnego (zmodyfikowaną, jeśli kompleks jest anionem, za pomocą przyrostka -an lub -ian; ang. -ate). Werner stosował również lokanty i deskryptory strukturalne. System nomenklatury koordynacyjnej okazał się bardzo przydatny i można go było stosować do nowych związków również w innych dziedzinach chemii.

Konferencja w Genewie (w 1892 r.) położyła podwaliny pod system nomenklatury organicznej, zaakceptowany w skali międzynarodowej, lecz niestety nie stało się tak z nomenklaturą nieorganiczną. Przypuszczalnie z tego właśnie powodu powstawało wiele lokalnych systemów, które nie miały charakteru ogólnego, chociaż zaspokajały określone potrzeby. Tak więc często stosowano dwie lub nawet więcej metod nadawania nazw związkom należącym do danej klasy. Każda z tych nazw mogła być użyteczna w konkretnej sytuacji lub mogła być preferowana przez część użytkowników. Niestety, taki tryb postępowania może być przyczyną nieporozumień.

Podstawowym celem nomenklatury chemicznej jest stworzenie metodologii pozwalającej na przypisanie deskryptorów (nazw i wzorów) substancjom chemicznym, tak aby można je było w sposób jednoznaczny zidentyfikować i dzięki temu ułatwić wzajemne zrozumienie.

Celem dodatkowym jest standaryzacja nomenklatury. Wprawdzie nie jest absolutnie konieczne, aby substancję określać tylko jedną nazwą, ale liczba możliwych do przyjęcia nazw powinna być ograniczona.

Stwierdzono, że naczelną zasadą powinno być zaspokojenie powszechnych potrzeb i użyteczność nomenklatury w praktyce. W niektórych wypadkach wymaga się jedynie identyfikacji substancji. W istocie takie wymagania stawiano nomenklaturze chemicznej w późnych latach XVIII wieku, przed rozwojem „systemów nomenklaturowych”. Nawet dzisiaj wąskie grupy specjalistów stosują nazwy potoczne, skróty, kody i tym podobne określenia. W obrębie tych grup może to być użyteczny sposób postępowania, dopóki ich członkowie rozumieją znaki stosowane do identyfikacji. Nie jest to jednakże nomenklatura w sensie zdefiniowanym powyżej, ponieważ tego typu nazwy nie zawsze dają szerokiemu gronu użytkowników informacje o składzie i strukturze związku w sposób jasny, jednoznaczny i ogólnie przyjęty. A takie właśnie wymagania musi spełniać nomenklatura, jeżeli ma być ogólnie stosowana. W formalnym, naukowym języku nie powinno się stosować zwyczajowych nazw, kodów i skrótów.

## 1.2. Funkcje nomenklatury chemicznej

Pierwszy poziom w nomenklaturze chemicznej (nie licząc nazw zwyczajowych) polega na wprowadzeniu takich nazw, które dają określone, systematyczne informacje o substancji, ale nie pozwalają na wnioskowanie o składzie. Większość zwyczajowych nazw oksokwasów (np. kwas siarkowy, kwas nadchlorowy) i ich soli jest tego właśnie typu. Nazwy te można zakwalifikować jako „półsystematyczne”. Można te nazwy zaakceptować, dopóki stosuje się je do powszechnie znanych substancji i dopóki są one zrozumiałe dla chemików, chociaż dla osób o słabej znajomości chemii skład związku może być niejasny.

Nazwa staje się naprawdę „systematyczna”, gdy z samej nazwy można, zgodnie z ogólnymi regułami, wnioskować o wzorze stechiometrycznym związku. Tylko nazwy tego drugiego poziomu nomenklatury nadają się do dalszego stosowania.

W obecnych czasach chemicy często zajmują się trójwymiarowymi strukturami substancji i stąd gwałtownie wzrasta chęć włączenia tego typu informacji do nazwy. Aby sprostać tym wymaganiom, konieczne jest przejście do trzeciego poziomu złożoności nazw. Tylko nieliczni chemicy chcą jednak ten stopień złożoności stosować zawsze i do każdego związku. Większość natomiast wolałaby dostosować sposób postępowania do aktualnych potrzeb. Czwarty poziom nomenklatury może być potrzebny tym, którzy muszą opracować i stosować obszerne skorowidze. Ograniczenie stanowi tu koszt zestawienia i poszukiwania nazw substancji, której odpo-

wiada wiele nazw. W związku z tym należy koniecznie tworzyć systematyczne reguły, porządkujące według określonej hierarchii, które pozwolą na ustalenie jednej tylko nazwy dla danej substancji.

Określony związek może mieć więc wiele nazw, w zależności od wymaganego stopnia dokładności opisu.

## 1.3. Metody nomenklatury nieorganicznej

### 1.3.1. Formułowanie reguł

Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej IUPAC (CNIC) bada wszystkie aspekty nomenklatury substancji nieorganicznych, zalecając najlepsze rozwiązania, systematyzując zwyczajowe metody i proponując nowe rozwiązania powstałych problemów. Zalecenia te i propozycje dotyczą pisania wzorów i tworzenia nazw substancji nieorganicznych.

Komisja stoi na stanowisku, że reguły nomenklaturowe powinny być formułowane precyzyjnie. Mają one stanowić systematyczną podstawę, umożliwiającą przypisanie nazw i wzorów w obrębie określonego obszaru stosowania tych reguł. Czyniąc tak, należy uwzględnić możliwość poszerzenia reguł, aby objąć zarówno istniejącą, jak i nowo powstającą wiedzę chemiczną. Nowe reguły powinny być możliwie zgodne z istniejącą zalecaną nomenklaturą nieorganiczną, a również z nomenklaturą w innych dziedzinach chemii. Zalecenia wchodzi do powszechnego użytku, jeżeli są zgodne z określonym systemem i są jednoznaczne. W rzeczywistości nomenklatura tworzona w oderwaniu od chemii eksperymentalnej będzie czymś narzuconym i w związku z tym nie odpowiadającym potrzebom nauki. Równocześnie rozwój nowych reguł może wymagać uściślenia definicji w obrębie istniejących już reguł, w celu uniknięcia niezgodności, dwuznaczności i mnożenia nazw. Nowelizacja nomenklatury jest procesem ciągłym, ponieważ nowe odkrycia stawiają przed systemami nomenklaturowymi nowe wymagania.

### 1.3.2. Tworzenie nazw

Systematyczny sposób nazywania substancji nieorganicznych polega na tworzeniu nazwy z jednostek, które zestawia się zgodnie z określonym sposobem postępowania, w celu otrzymania informacji o składzie i strukturze związku. Nazwę pierwiastka (lub jej rdzeń, albo też rdzeń jej łacińskiego odpowiednika) łączy się z

odpowiednimi afiksami w celu utworzenia systematycznych nazw, stosując rozmaite procedury, nazywane „systemami nomenklaturowymi”. Istnieje pewna liczba przyjętych systemów, którymi można posłużyć się przy tworzeniu nazw, jak to zostanie przedstawione w ustępie 1.3.3. Prawdopodobnie najprostszy jest system stosowany przy tworzeniu nazw substancji binarnych. Odpowiedni zbiór reguł prowadzi do takich nazw, jak dichlorek żelaza dla substancji  $\text{FeCl}_2$ . Utworzenie tej nazwy wymaga zestawienia nazw pierwiastków (żelazo, chlor), ich uporządkowania w określony sposób (w języku polskim nazwy pierwiastków elektrododatnimi przed elektrododatnimi), modyfikacji nazw pierwiastków celem wskazania ładunku (końcówka -ek oznacza anion, nazwa pierwiastka w dopełniaczu oznacza kation) oraz zastosowania liczbowego przedrostka di- dla wskazania składu.

Powyższy przykład, podobnie jak i inne sposoby postępowania, są powszechnie stosowane w systematycznej nomenklaturze nieorganicznej. Bez względu na to, jaki zastosuje się sposób postępowania, nazwy zestawia się z jednostek, które należą do następujących klas:

- rdzenie nazw pierwiastków,
- przedrostki (prefiksy) liczbowe,
- lokanty,
- przedrostki wskazujące atomy lub grupy (podstawniki lub ligandy),
- przyrostki (sufiksy) wskazujące ładunek,
- przyrostki wskazujące charakterystyczne grupy podstawnikowe,
- wrostki (infiksy),
- przedrostki addytywne,
- przyrostki/przedrostki subtraktywne,
- deskryptory (strukturalne, geometryczne, stereochemiczne itp.),
- znaki przestankowe (znaki interpunkcyjne).

Stosowanie tych jednostek podsumowano w rozdziale 2. Sposoby łączenia jednostek są różne i dobre opanowanie nomenklatury chemicznej wymaga znajomości tych metod.

### 1.3.3. Systemy nomenklaturowe

#### 1.3.3.1. Uwagi ogólne

W trakcie rozwoju systematycznej nomenklatury powstało wiele systemów tworzenia nazw chemicznych. Każdy system ma swoją wewnętrzną logikę i zbiór reguł („gramatykę”), służące tworzeniu nazw chemicznych. Niektóre systemy mają szer-

szcze zastosowanie niż inne, ale jednak względy praktyczne decydują o tym, że w pewnych działach chemii stosowane są systemy specjalnie do tego przeznaczone.

Istnienie kilku odrębnych systemów nomenklaturowych prowadzi do logicznie spójnych, zamiennych nazw danej substancji. Niekiedy elastyczność ta jest bardzo użyteczna, lecz nadmierne pomnażanie „akceptowalnych” nazw może utrudnić wzajemne zrozumienie, stwarza poważne problemy w przeszukiwaniu literatury, utrudnia handel oraz opóźnia procedury wydawnicze i legislacyjne. Z tego powodu Komisja zaleca niektóre rozwiązania jako preferowane.

Największe zamieszanie powstaje wówczas, gdy „gramatykę” jednego systemu nomenklaturowego stosuje się błędnie w innym systemie. Prowadzi to do nadmiaru pozornie systematycznych nazw, które w rzeczywistości nie należą do żadnego z omawianych systemów.

Trzy systemy nomenklaturowe są szczególnie ważne dla chemików nieorganików: nomenklatura typu binarnego, koordynacyjna i podstawnikowa.

### 1.3.3.2. Nomenklatura typu binarnego

W systemie tym skład substancji podaje się, zestawiając zmodyfikowane lub niezmodyfikowane nazwy pierwiastków z odpowiednimi przedrostkami liczbowymi (o ile zachodzi taka potrzeba).

*Przykłady:*

1. chlorek sodu
2. disiarczek krzemu
3. chlorek wodorotlenek magnezu

Celem określenia kolejności składników, wprowadzenia przedrostków zwielokrotniających i modyfikacji niektórych nazw pierwiastków (np. krzemek, chlorek) potrzebne są określone reguły gramatyczne. Podstawę systematycznego tworzenia nazw związków nieorganicznych stanowi system stechiometryczny (i jego rozwinięcie), który podaje skład związku o nieznannej strukturze lub gdy informacje o strukturze nie są wymagane. System ten można łatwo rozszerzyć na nazwy związków zawierających strukturalnie określone podjednostki (por. przykład 8).

*Przykłady:*

4. cyjanek sodu
5. chlorek amonu
6. difluorek uranylu
7. octan sodu
8. tetraoksosiarczan dipotasu

### 1.3.3.3. Nomenklatura koordynacyjna

Jest to system addytywny, stosowany do tworzenia nazw nieorganicznych związków koordynacyjnych, który przyjmuje, że związek składa się z atomu centralnego i dołączonych do niego ligandów (por. rozdz. 10).

*Przykłady:*

1. triaminatriazotano(III)kobalt,  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_3(\text{NH}_3)_3]$
2. pentacyjanonitrozylżelazian(2-) sodu,  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$

System ten znalazł zastosowanie również w wielu innych dziedzinach. Ze względu na różnorodność związków należących do tej rodziny opracowano obszerny zbiór reguł „gramatycznych”. Dotyczy to nazw ligandów, sposobu podawania nazw ligandów przed nazwami atomu centralnego, kolejności ich wymieniania w nazwach i wzorach, podawania ładunku jonu i stopnia utlenienia, określenia stereochemii, zaznaczenia miejsca wiązania w złożonych ligandach itp. Rozszerzenie tego systemu na związki wielordzeniowe i klasterowe stanowi istotną dziedzinę obecnych prac nomenklaturowych.

### 1.3.3.4. Nomenklatura podstawnikowa

System ten stosowany jest powszechnie w chemii związków organicznych, ale stosuje się go również przy tworzeniu nazw licznych związków nieorganicznych. Jest on oparty często na koncepcji macierzystego wodorku, który modyfikuje się przez podstawienie atomów wodoru grupami atomów (podstawnikami) (por. [2, 3]).

System ten pozwala nadać nazwy związkom, które formalnie wywodzą się od wodorków niektórych pierwiastków grupy 14, 15, 16 i 17 układu okresowego (por. rozdz. 3). Pierwiastki te, podobnie jak węgiel, tworzą złożone łańcuchy i pierścienie, które mogą mieć wiele pochodnych. System ten stwarza możliwość pomijania atomów wodoru w nazwie macierzystego wodorku. Podstawienie atomów wodoru grupami charakterystycznymi umożliwia stosowanie właściwego sposobu nazywania dużej grupy związków.

*Przykłady:*

1. bromobutan
2. difluorosilan
3. trichlorofosfan

System ten wymaga wielu reguł, umożliwiających nazywanie macierzystych związków i podstawników, ustalanie kolejności wymieniania w nazwie podstawników i określanie położenia wprowadzonych podstawników.

Jest oczywiste, że reguły każdego z tych podstawowych systemów mogą dostarczyć jednoznacznych nazw dla danego związku.

*Przykład:*

4. tetrachlorek krzemu (nomenklatura typu binarnego)
- tetrachlorokrzem (nomenklatura koordynacyjna)
- tetrachlorosilan (nomenklatura podstawnikowa)

Wydaje się, że największe zastosowanie w chemii nieorganicznej ma nomenklatura koordynacyjna, lecz w niektórych dziedzinach dogodniej jest stosować nomenklaturę podstawnikową. Nomenklatura typu binarnego jest użyteczna przy określaniu składu prostych związków.

### 1.3.3.5. Systemy uzupełniające

W szczególnych przypadkach oprócz systemów podstawowych stosuje się jeszcze kilka innych, dodatkowych systemów. Ważniejsze z nich przedstawiono poniżej.

1. Oksokwasy i oksoaniony stanowią szczególnie ważną dziedzinę chemii nieorganicznej i do tworzenia ich nazw można stosować nomenklaturę koordynacyjną. Stosowane dotychczas nazwy są jednak co najwyżej półsystematyczne i w dalszym ciągu opierają się na pierwotnych nazwach używanych przez Lavoisiera i jemu współczesnych. Dla każdego pierwiastka, który tworzy oksokwas, istnieje nazwa kwasu z zakończeniem -owy i nazwa wywodzącej się z niego soli z zakończeniem -an (lub -ian). Chociaż nazwy innych oksokwasów danego pierwiastka można tworzyć według tego samego ogólnego wzoru, nazwy systematyczne, pokazujące stechiometrię związku, nie uzyskały jak dotąd powszechnego zastosowania. Zalecenia dotyczące nomenklatury tych związków przedstawiono w rozdz. 9.

Tradycyjne nazwy skondensowanych kwasów i ich soli rzadko określają stechiometrię związku i można je bez trudu zastąpić alternatywną nomenklaturą systematyczną.

*Przykłady:*

1. kwas dichromowy,  $H_2Cr_2O_7$
2. *cyklo*-trifosforan sodu,  $Na_3P_3O_9$
3. kwas fosfododekamolibdenowy,  $H_3PMo_{12}O_{40}$

2. Nomenklatura zamienna, łącznie z typem oksa-aza stosowanym w chemii organicznej, może również znaleźć zastosowanie w chemii nieorganicznej.

*Przykłady:*

4. 1,4,7-triazacyklononan,  $(NHCH_2CH_2)_3$   
(N zastępuje CH)

5. dikarba-*kloso*-pentaboran(5),  $B_3C_2H_5$   
(C zastępuje BH)
6. tetratioarsenian trisodu,  $Na_3AsS_4$   
(S zastępuje O)

3. Nomenklatura grupowo-funkcyjna stanowi system rozwinięty w chemii organicznej, lecz czasem stosuje się go również do związków czysto nieorganicznych.

*Przykłady:*

7. bezwodnik kwasu fosforowego,  $P_4O_{10}$
8. diamid kwasu siarkowego,  $SO_2(NH_2)_2$

4. Nomenklatura addytywna w chemii nieorganicznej nie ogranicza się do nomenklatury koordynacyjnej i może być łączona z nomenklaturą grupowo-funkcyjną.

*Przykłady:*

9. amoniak—trifluorek boru (1/1),  $H_3N \cdot BF_3$
10. tlenek trifenylfosfiny,  $(C_6H_5)_3PO$

5. Nomenklatura subtraktywna stosowana często w chemii organicznej znalazła ostatnio zastosowanie również w chemii nieorganicznej, w szczególności w chemii związków boru.

*Przykłady:*

11. de-*N*-metylomorfina (usunięcie  $CH_2$ )
12. 6-deoksy- $\alpha$ -D-glukopiranoza (usunięcie  $-O-$ )
13. 4,5-dikarba-9-debora-*kloso*-nonaboran(2-),  $C_2B_6H_8$  (strata BH)

### 1.3.4. Nomenklatura stosowana w skorowidzach

W dobrym skorowidzu każdej substancji powinno się przypisać jedną tylko nazwę. Oprócz nazw zalecanych przez CNIC (a w języku polskim przez Komisję PTChem) można jednak wprowadzać także inne nazwy. Wymaga się jednak, aby nazwy podane indeksowaniu były zgodne z zaleceniami IUPAC i zrozumiałe dla użytkowników.

## 1.4. Międzynarodowa współpraca nad nomenklaturą nieorganiczną

Potrzeba ujednoczenia sposobu postępowania wśród anglojęzycznych chemików ujawniła się już w 1886 r. i zaowocowała porozumieniem między Brytyjskim a Amerykańskim Towarzystwem Chemicznym. W roku 1913 Rada Międzynarodowego Stowarzyszenia Towarzystw Chemicznych (*Council of the International Association of Chemical Societies*) powołała komisje nomenklatury nieorganicznej i organicznej, lecz I wojna światowa przerwała ich działalność. Prace zostały podjęte na nowo w 1921 r., kiedy Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) na swej drugiej konferencji powołała komisje do spraw nomenklatury w zakresie chemii nieorganicznej, organicznej i biologicznej. Pierwszy obszerny raport komisji nieorganicznej pojawił się w 1940 r. [9]. Wywarł on ogromny wpływ na usystematyzowanie nomenklatury nieorganicznej i uświadomił wielu chemikom konieczność rozwijania nomenklatury w sposób bardziej systematyczny. Ważną cechą pierwszego raportu było przyjęcie systemu Stocka celem wskazania stopnia utlenienia [10], ustalenie określonego porządku przy podawaniu składników we wzorach i nazwach związków binarnych, odrzucenie takich nazw, jak np. dwuwęglan w nazwach „kwaśnych” soli (wodorosoli) i ujednoczenie praktyki stosowanej przy nazywaniu związków addycyjnych.

Reguły IUPAC zostały zrewidowane i wydane, w postaci niewielkiej książeczki, w 1959 r. [11]. Zawierała ona rozdziały poświęcone fazom krystalicznym o zmiennym składzie, związkom niestechiometrycznym i odmianom polimorficznym. Dołączono również omówienie związków koordynacyjnych. W raporcie określono sposób umieszczania liczby masowej i liczby atomowej przy symbolu pierwiastka, wprowadzono zarys nomenklatury związków znaczonych izotopowo. Kolejne zmiany opublikowano w 1971 r. [12] (polskie wydanie [1]). Wydanie to zawierało znaczne rozszerzenie nomenklatury koordynacyjnej, krótki opis wodorków boru, nieco rozszerzone tabele nazw jonów i rodników, tabelę przedrostków i tabelę nazw grupowych pierwiastków. Włączony został również system Ewensa-Bassetta [13] w celu zaznaczenia ładunku jonu. Kolejność podawania nazw i symboli ograniczono do dwóch zasad: porządku alfabetycznego i kolejności pierwiastków opartej na linii ciągłej poprowadzonej przez osiemnastokolumnową postać układu okresowego.

Od 1971 r. Komisja opublikowała materiały o wodorkach boru i związkach pokrewnych [14], wodorkach azotu i wywodzących się z nich jonach i ligandach [15], o systematycznych nazwach ciężkich pierwiastków [16], o związkach znaczonych izotopowo [17] i o nomenklaturze regularnych jednożyłowych (*single-strand*) oraz quasi-jednożyłowych polimerów [18] (polskie wydanie [19]).

Komisja opublikowała uzupełnienie do reguł z 1970 r. [20] zatytułowane „Jak nazywać substancje nieorganiczne”, które zawierało znacznie rozszerzoną tabelę nazw jonów, rodników i ligandów (polskie wydanie [1]). Komisja nomenklaturowa chemii nieorganicznej wspólnie z odpowiednią komisją chemii organicznej opublikowała także wstępne opracowanie na temat nomenklatury związków metaloorganicznych [21], obejmujące łańcuchy i pierścienie o regularnym układzie heteroatomów, związki zawierające fosfor, arsen, antymon i bizmut, związki krzemooorganiczne i związki boroorganiczne.

## **1.5. Zalecenia nomenklaturowe w innych dziedzinach chemii**

Nieorganiczna nomenklatura chemiczna rozwija się w porozumieniu z innymi dziedzinami chemii. W zagadnieniach interdyscyplinarnych konieczna jest znajomość nomenklatury stosowanej w chemii organicznej, biologicznej i makromolekularnej. Chemicy nieorganicy pracujący w tych dziedzinach znajdują w odnośnikach do tego rozdziału niektóre dodatkowe pozycje literaturowe [22–24] dotyczące dziedzin graniczących z chemią nieorganiczną.



---

## **2. ZBIÓR PODSTAWOWYCH REGUŁ. GRAMATYKA**

---

### **SPIS TREŚCI**

- 2.1. Wprowadzenie
- 2.2. Nawiasy
  - 2.2.1. Informacje ogólne
  - 2.2.2. Nawiasy kwadratowe
    - 2.2.2.1. Stosowanie nawiasów kwadratowych we wzorach
    - 2.2.2.2. Stosowanie nawiasów kwadratowych w nazwach
  - 2.2.3. Nawiasy okrągłe
    - 2.2.3.1. Stosowanie nawiasów okrągłych we wzorach
    - 2.2.3.2. Stosowanie nawiasów okrągłych w nazwach
  - 2.2.4. Klamry
- 2.3. Łączniki, znaki plus i minus, długie kreski i wskaźniki wiązań
  - 2.3.1. Łączniki
  - 2.3.2. Znaki plus i minus
  - 2.3.3. Długie kreski
  - 2.3.4. Specjalne wskaźniki wiązań we wzorach liniowych
- 2.4. Kreska ukośna
- 2.5. Kropki, dwukropki, przecinki i średniki
  - 2.5.1. Kropki
  - 2.5.2. Dwukropki
  - 2.5.3. Przecinki
  - 2.5.4. Średniki
- 2.6. Spacje
- 2.7. Elizje
- 2.8. Cyfry
  - 2.8.1. Cyfry arabskie
  - 2.8.2. Cyfry rzymskie
- 2.9. Kursywa
- 2.10. Alfabet grecki
- 2.11. Gwiazdki
- 2.12. Primy
- 2.13. Przedrostki wielokrotniające
- 2.14. Lokanty

- 2.14.1. Wprowadzenie
- 2.14.2. Cyfry arabskie
- 2.14.3. Małe litery
- 2.15. Pierwszeństwa (starszeństwa)
  - 2.15.1. Wprowadzenie
  - 2.15.2. Kryterium elektroujemności
  - 2.15.3. Porządek alfabetyczny
  - 2.15.4. Szereg starszeństwa pierwiastków
  - 2.15.5. Inne szeregi pierwszeństwa
    - 2.15.5.1. Organiczne szeregi pierwszeństwa
    - 2.15.5.2. Pierwszeństwa w obrębie ligandów
    - 2.15.5.3. Pierwszeństwa w nazwach i wzorach soli
    - 2.15.5.4. Znakowanie izotopowe i modyfikacje
    - 2.15.5.5. Pierwszeństwa stereochemiczne
    - 2.15.5.6. Szeregi pierwszeństwa znaków przestankowych
- 2.16. Afiksy (przedrostki, przyrostki i wrostki)
- 2.17. Uwagi końcowe

## 2.1. Wprowadzenie

Nomenklaturę chemiczną można uważać za pewien rodzaj języka. Jest więc złożona z wyrazów i powinna stosować się do reguł składni.

W języku nomenklatury chemicznej „wyrazami” są nazwy atomów. Podobnie jak wyrazy układają się w zdanie, tak nazwy atomów złożone razem dają nazwę związku chemicznego. Składnia jest zbiorem reguł gramatycznych rządzących tworzeniem zdania z wyrazów. W nomenklaturze składnia obejmuje zastosowanie takich symboli, jak kropki, przecinki i łączniki, użycie cyfr do określonych celów i w określonych miejscach oraz ustalenie kolejności podawania różnych wyrazów, sylab i symboli.

Systemy nomenklaturowe opierają się na określonej podstawie, na której buduje się nazwę. Podstawa ta może się wywodzić z nazwy macierzystego związku w nomenklaturze podstawnikowej (stosowanej głównie do związków organicznych) lub z nazwy atomu centralnego (np. kobalt) w nomenklaturze addytywnej (stosowanej głównie w chemii koordynacyjnej).

Nazwy tworzy się przez zestawianie podstawowych elementów. Do najważniejszych części nazwy należą afiksy. Są one sylabami lub cyframi, które dodaje się do wyrazów lub rdzeni. Mogą to być przyrostki (sufiksy), przedrostki (prefiksy) lub wrostki (infiksy) w zależności od tego, czy są umieszczone po, przed lub w obrębie

wyrazu albo rdzenia. Typowe przykłady wraz z objaśnieniami przedstawiono w tab. IX.

Przyrostki mogą być różnego rodzaju, każdy z nich jednak przekazuje określone informacje. Ich szczegółowe zastosowanie zilustrują następujące przykłady. Mogą one określać stopień nienasycenia macierzystego związku w nomenklaturze podstawnikowej: *heksan*, *heksen*, *heksyn* oraz *fosfan*, *fosfen*, *fosfin*. Inne przyrostki wskazują rodzaj ładunku, jaki wykazuje dany związek; kobaltan odnosi się do anionu. Jeszcze inne przyrostki mogą wskazywać nazwę odnoszącą się do rodnika lub grupy, np. *heksyl*, *kobaltio*.

Przedrostki wskazują podstawniki w nomenklaturze podstawnikowej, tak jak w nazwie *chlorotrisilan*, lub ligandy w nomenklaturze addytywnej, tak jak w nazwie jon *akwakobaltu*. Przedrostki mogą być również liczbami, które dostarczają określonych informacji, takich jak miejsce przyłączenia, np. 2-chlorotrisilan lub mogą stanowić przedrostki zwielokrotniające (tab. III), wskazujące liczbę składników lub ligandów, jak np. jon *heksaakwakobaltu*.

W celu opisanie geometrii związku przed nazwami związku można umieszczać przedrostki strukturalne. Przedrostki te zebrano w tab. V. Do całościowego opisu związku można stosować również inne znaki. Należą do nich liczba ładunku (liczba Ewensa-Bassetta) wskazująca ładunek jonu, np. jon *heksaakwakobaltu(2+)* i, alternatywnie, liczba utlenienia (liczba Stocka), wskazująca stopień utlenienia atomu centralnego, np. jon *heksaakwakobaltu(II)*.

Określenie atomu centralnego i ligandów, na ogół proste w kompleksach jednorodzeniowych, staje się znacznie trudniejsze w związkach wielordzeniowych, gdy trzeba nazwać kilka atomów centralnych. Wówczas należy ustalić ich porządek według określonej kolejności lub pierwszeństwa (starszeństwa), czyli ustalić określoną hierarchię. Problem ten pojawia się w wielordzeniowych związkach koordynacyjnych, polioksoanionach oraz związkach łańcuchowych i pierścieniowych. Hierarchia grup funkcyjnych jest trwałą cechą nomenklatury organicznej. Tab. IV przedstawia przykładowo jeden z szeregów starszeństwa stosowanych w nomenklaturze nieorganicznej.

W dalszej części tego rozdziału zostaną kolejno opisane różne znaki, stosowane w nazwach (lub wzorach), łącznie z ich znaczeniem i zastosowaniem.

Celem tego rozdziału jest przekazanie wszystkim, którzy korzystają z nomenklatury, instrukcji do tworzenia nazw i wzorów związków nieorganicznych oraz pomoc przy sprawdzeniu, czy utworzona nazwa lub wzór stosują się w pełni do przyjętych zasad.

## 2.2. Nawiasy

### 2.2.1. Informacje ogólne

Nomenklatura chemiczna stosuje trzy typy nawiasów: nawiasy klamrowe { }, nawiasy kwadratowe [ ] i nawiasy okrągłe ( ). Dwa ostatnie są szczególnie często stosowane. Jeśli zachodzi potrzeba użycia w nieorganicznym WZORZE kilku nawiasów, to stosuje się następujący porządek umieszczania jednych nawiasów w innych: [( )], [{}( )], [{}[( )]], [{}[{}( )]] itd. W NAZWIE nieorganicznej natomiast przy kilku nawiasach porządek jest odmienny: {{{{( )}}} itd.

### 2.2.2. Nawiasy kwadratowe

#### 2.2.2.1. Stosowanie nawiasów kwadratowych we wzorach

Nawiasy kwadratowe stosuje się we WZORACH w następujący sposób:

(a) W celu wyodrębnienia złożonej formy obojętnego związku koordynacyjnego.

*Przykłady:*

1.  $[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]$
2.  $[\text{PtCl}_2(\text{C}_2\text{H}_4)(\text{NH}_3)]$

W tym kontekście nawiasowi kwadratowemu nie towarzyszy żaden wskaźnik liczbowy. Na przykład, dla pochodnej  $\text{PtCl}_2$  z etylenodiaminą, której wzór cząsteczkowy jest podwojeniem wzoru empirycznego, wskaźnik liczbowy powinien występować w obrębie nawiasu kwadratowego.

*Przykład:*

3.  $[\{\text{PtCl}_2(\text{C}_2\text{H}_4)\}_2]$  daje więcej informacji niż  $[\text{Pt}_2\text{Cl}_4(\text{C}_2\text{H}_4)_2]$ .  
Zapis  $[\text{PtCl}_2(\text{C}_2\text{H}_4)]_2$  jest nieprawidłowy.

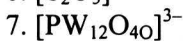
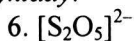
(b) W celu wyodrębnienia jonu kompleksowego. W tym wypadku pojawia się górny wskaźnik (oznaczający ładunek) na zewnątrz nawiasu, jak również wskaźniki dolne, określające liczbę jonów kompleksowych w danej soli.

*Przykłady:*

4.  $[\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$
5.  $\text{Ca}[\text{AgF}_4]_2$

(c) W celu wyodrębnienia izopolianionów i heteropolianionów.

Przykłady:

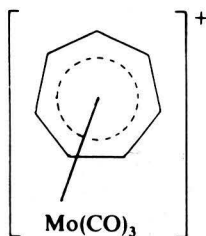


(d) W celu wyodrębnienia wzoru strukturalnego.

Przykłady:

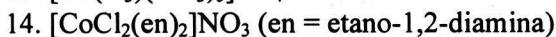
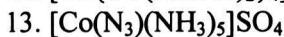
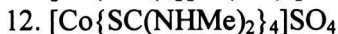
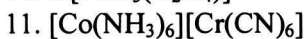


9.



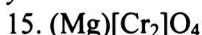
(e) W celu wyodrębnienia jonu kompleksowego we wzorze soli.

Przykłady:



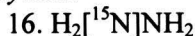
(f) W chemii ciała stałego nawias kwadratowy wskazuje atom lub grupę atomów w pozycji oktaedrycznej.

Przykład:



(g) W związkach znaczących specyficznie (izotopowo).

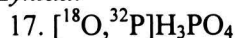
Przykład:



Należy zwrócić uwagę, że ten sposób zapisu odróżnia związki znaczone od związków podstawionych izotopowo,  $\text{H}_2^{15}\text{NNH}_2$ .

(h) W związkach znaczących selektywnie (izotopowo).

Przykład:



BIBLIOTEKA  
Instytutu Chemii Ogólnej  
i Ekologicznej P.L.  
nr inw. 121522

### 2.2.2.2. Stosowanie nawiasów kwadratowych w nazwach

Nawiasy kwadratowe stosuje się w NAZWACH w następujących wypadkach.

(a) W nazwach związków znaczonej specyficznym i selektywnie symbol nuklidu umieszcza się w nawiasie kwadratowym, przed nazwą tej części związku, która jest modyfikowana izotopowo. Izotopowo podstawione związki omówiono w punkcie 2.2.3.2 (h).

*Przykłady:*

- |   |   |
|---|---|
| 1. [ <sup>15</sup> N]H <sub>2</sub> [ <sup>2</sup> H] | [ <sup>2</sup> H <sub>1</sub> , <sup>15</sup> N]amoniak |
| 2. [ <sup>13</sup> C][Fe(CO) <sub>5</sub> ]           | [ <sup>13</sup> C]pentakarbonylżelazo                   |

Więcej szczegółów podano w 4.7.2 i w [17].

(b) Do nazywania organicznych ligandów i organicznej części związków koordynacyjnych stosuje się nomenklaturę organiczną. Wówczas stosowanie nawiasów kwadratowych podporządkowane jest zasadom przyjętym w nomenklaturze związków organicznych.

### 2.2.3. Nawiasy okrągłe

#### 2.2.3.1. Stosowanie nawiasów okrągłych we wzorach

Nawiasy okrągłe są stosowane we WZORACH w następujących wypadkach.

(a) W celu wyodrębnienia zbioru identycznych grup atomów (jednostką może być jon, rodnik lub cząsteczka). Zazwyczaj nawiasom towarzyszy wskaźnik zwielokrotniający. W wypadku prostych oksojonów nawiasy nie są konieczne.

*Przykłady:*

1. Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>
2. B<sub>3</sub>H<sub>3</sub>(NCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>
3. [Ni(CO)<sub>4</sub>]
4. (HBO<sub>2</sub>)<sub>n</sub>
5. (NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> lub NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
6. [Fe(H<sub>2</sub>)H(Ph<sub>2</sub>PCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>PPh<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>

(b) W celu wyodrębnienia fragmentów wzoru, takich jak atomy lub grupy atomów, które stanowią obojętny lub obdarzony ładunkiem ligand w danym związku koordynacyjnym. Ma to na celu oddzielenie ligandów od siebie lub od pozostałej części cząsteczki, tak aby nie było żadnych niejasności. Nawiasy można stosować nawet wówczas, gdy nie jest potrzebny przyrostek zwielokrotniający.

*Przykład:*



(c) W celu wyodrębnienia skrótu nazwy liganda w złożonym wzorze. Listę zalecanych skrótów ligandów zamieszczono w tab. 10.5 i w tab. X.

*Przykład:*



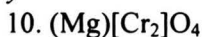
(d) We wzorach w chemii ciała stałego w celu wyodrębnienia symboli atomów, zajmujących ten sam typ pozycji w sposób przypadkowy. Same symbole oddziela się przecinkiem, bez odstępów.

*Przykład:*



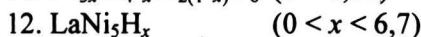
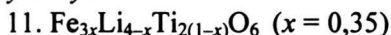
(e) W chemii ciała stałego w celu pokazania atomów lub grup atomów w pozycjach tetraedrycznych.

*Przykład:*



(f) W celu podania składu związku niestechiometrycznego.

*Przykłady:*



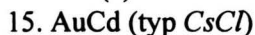
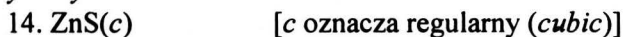
(g) W notacji Krögera–Vinka (zob. rozdz. 6) w celu pokazania złożonego defektu.

*Przykład:*



(h) W substancjach krystalicznych w celu podania typu utworzonego kryształu.

*Przykłady:*



(i) W związkach optycznie czynnych w celu wyodrębnienia znaków skręcalności lub symboli konfiguracji absolutnej.

*Przykład:*



### 2.2.3.2. Stosowanie nawiasów okrągłych w nazwach

Nawiasy okrągłe stosuje się w NAZWACH w następujących wypadkach.

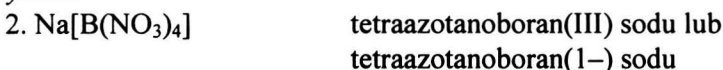
(a) Po przedrostkach zwielokrotniających, takich jak bis i tris, jeśli nie obowiązuje inny sposób umieszczania jednych nawiasów w drugich (por. 2.2.1.).

*Przykład:*



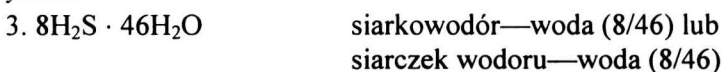
(b) W celu wyodrębnienia liczby utlenienia (Stocka) i liczby ładunku (Ewensa-Bassetta).

*Przykład:*



(c) W nazwach związków addycyjnych i klatratów celem wyodrębnienia stosunków stechiometrycznych.

*Przykład:*



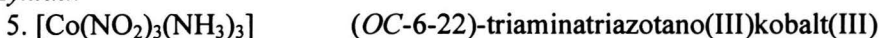
(d) W celu wyodrębnienia liter pisanych kursywą oznaczających wiązanie pomiędzy dwoma (lub więcej) atomami metali w związkach koordynacyjnych.

*Przykład:*



(e) W celu wyodrębnienia deskryptorów stereochemicznych (por. rozdz. 10).

*Przykład:*

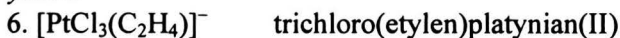


(f) W celu wyodrębnienia nazw nieorganicznych ligandów, takich jak np. (trifosforano), zawierających przedrostki liczbowe, oraz dla analogów oksoanionów typu tio-, seleno- i telluro-, które zawierają więcej niż jeden atom, jak np. (tiosiarczano), aby nie dopuścić do dwuznaczności. (Tio)(siarczano) oznacza bowiem dwa różne ligandy.

(g) W celu wyodrębnienia nazw ligandów organicznych, zarówno obojętnych, jak i naładowanych, podstawionych lub niepodstawionych, jak np. (benzaldehyd), (benzoesano). Postępuje się tak wtedy, gdy zachodzi możliwość niejednoznacznej

interpretacji. Jeżeli w nazwach samych ligandów występują nawiasy okrągłe, może być konieczne zastosowanie nawiasów innego typu.

*Przykład:*



Takie sformułowanie wyklucza pomyłkę, że ligandem skoordynowanym z platyną jest trichloroetylen.

(h) W związkach podstawionych izotopowo, celem wskazania symbolu (lub symboli) odpowiedniego nuklidu przed nazwą tej części związku, która jest podstawiona izotopowo (zob. [17]). Porównaj ze stosowaniem nawiasów kwadratowych opisanym w 2.2.2.2(a).

*Przykład:*



(i) W celu wskazania liczby atomów wodoru w związkach boru.

*Przykład:*



## 2.2.4. Klamry

Stosuje się je w NAZWACH i WZORACH zgodnie z hierarchią przedstawioną w 2.2.1.

## 2.3. Łączniki, znaki plus i minus, długie kreski i wskaźniki wiązań

### 2.3.1. Łączniki

Łączniki stosuje się we WZORACH i NAZWACH. (Należy zwrócić uwagę, że po żadnej stronie łącznika nie pozostawia się spacji.)

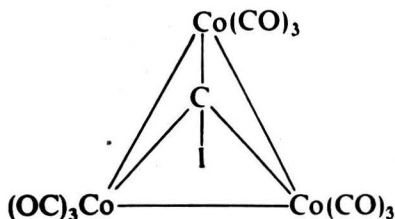
(a) W celu oddzielenia symboli, takich jak  $\mu$  (mi),  $\eta$  (eta) i  $\kappa$  (kappa), od reszty wzoru lub nazwy.

(b) W celu oddzielenia od reszty wzoru lub nazwy deskryptorów geometrycznych, strukturalnych lub stereochemicznych, takich jak *cyklo*, *katena*, *triangulo*,

*kwadro, tetraedro, oktaedro, kłoso, nido, arachno, cis i trans* oraz (*OC-6-42*), ( $\Delta$ ) i ( $\lambda$ ). Podobnie oddziela się lokanty w przypadku agregatów lub klasterów.

*Przykład:*

1.



$\mu_3$ -jodometylideno-cyklo-tris(trikarbonylkobalt)(3 Co—Co)

(c) W celu oddzielenia lokantów od reszty nazwy.

*Przykład:*

2.  $\text{Si}_3\text{H}_5\text{Cl}_3$      1,2,3-trichlorotrisilan

(d) W celu oddzielenia symbolu znaczonego nuklidu od jego lokanta w związku znakowanym selektywnie.

*Przykład:*

3.  $[\text{}^1\text{-}^2\text{H}_{1,2}]\text{SiH}_3\text{OSiH}_2\text{OSiH}_3$

(e) W celu oddzielenia nazwy liganda mostkowego od reszty nazwy.

*Przykład:*

4.  $[\text{Fe}_2(\text{CO})_9]$      tri- $\mu$ -karbonyl-bis(trikarbonylżelazo)

### 2.3.2. Znaki plus i minus

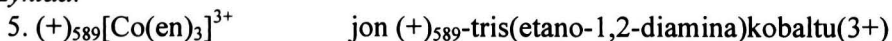
Znaki + i – stosuje się celem wskazania ładunku jonu we wzorze lub w nazwie.

*Przykłady:*

1.  $\text{Cl}^-$
2.  $\text{Fe}^{3+}$
3.  $\text{SO}_4^{2-}$
4. tetrakarbonylkobaltan(1-)

Mogą one również wskazywać znak skręcalności optycznej we wzorze lub nazwie związku optycznie czynnego.

Przykład:



### 2.3.3. Długie kreski

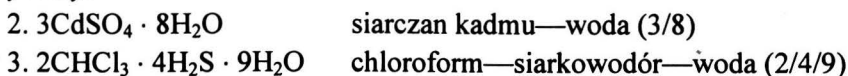
(a) Długie kreski (długości dwóch liter M) stosuje się w nomenklaturze nieorganicznej we WZORACH tylko wówczas, gdy są to wzory strukturalne. W NAZWACH podobne kreski stosuje się do wskazania wiązania metal–metal w związkach wielordzeniowych. Oddzielają one pisane kursywą symbole partnerów wiązania i znajdują się w nawiasach na końcu nazwy.

Przykład:



(b) Stosuje się w nazwach związków addycyjnych celem oddzielenia cząstek składowych

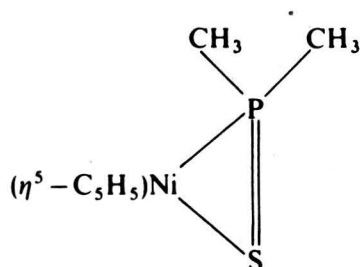
Przykłady:

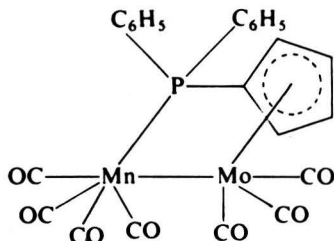
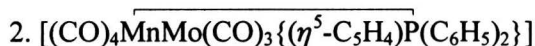


### 2.3.4. Specjalne wskaźniki wiązań we wzorach liniowych

Symbol strukturalny  $\lrcorner$  lub  $\llcorner$  (długi nawias kwadratowy skierowany ku górze lub ku dołowi) można stosować we wzorach pisanych liniowo, celem pokazania wiązania pomiędzy atomami, których symbole nie leżą bezpośrednio obok siebie.

Przykłady:





## 2.4. Kreska ukośna

Kreskę ukośną (/) stosuje się w nazwach związków addycyjnych celem oddzielenia liczb arabskich, które wskazują wzajemne proporcje poszczególnych składników związku.

*Przykłady:*

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. $BF_3 \cdot 2H_2O$    | trifluorek boru—woda (1/2)                    |
| 2. $BiCl_3 \cdot 3PCl_5$ | trichlorek bizmutu—pentachlorek fosforu (1/3) |

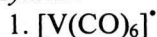
## 2.5. Kropki, dwukropki, przecinki i średniki

### 2.5.1. Kropki

Kropki stosuje się we WZORACH w różnych położeniach.

(a) Kropka jako prawy górny wskaźnik oznacza niesparowane elektrony w rodnikach (patrz 4.4.3). W wypadku kompleksów metali przejściowych symbol ten jest często uważany za zbędny.

*Przykład:*



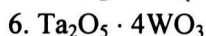
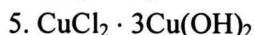
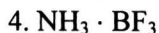
(b) kropka jako prawy górny wskaźnik w notacji Krögera–Vinka, stosowanej w chemii ciała stałego, oznacza jednostkowy dodatni efektywny ładunek (jedna kropka na każdą jednostkę ładunku).

*Przykład:*



(c) Kropki umieszczone centralnie we WZORACH hydratów, związków addycyjnych, soli podwójnych i podwójnych tlenków oddzielają poszczególne składniki. Kropka napisana jest pośrodku linii, tak aby różniła się od kropki na końcu zdania.

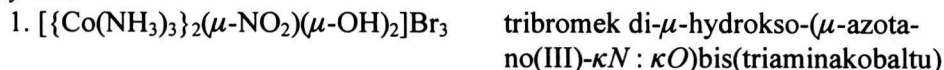
*Przykłady:*



### 2.5.2. Dwukropki

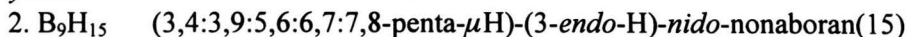
(a) Dwukropki stosuje się w NAZWACH związków koordynacyjnych, aby wyróżnić wiążące atomy liganda mostkowego.

*Przykład:*



(b) W nazwach związków boru, aby rozdzielić zbiory lokantów atomów boru, połączonych mostkowymi atomami wodoru (por. rozdz. 11).

*Przykład:*



(c) Do rozdzielenia symboli pierwiastków (pisanych kursywą) w powtarzających się jednostkach składowych polimerów nieorganicznych [18, 19].

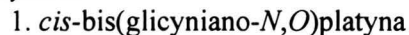
### 2.5.3. Przecinki

Przecinki stosuje się w NAZWACH w pięciu wypadkach.

(a) Do rozdzielenia lokantów: przykład 1 w 2.5.4.

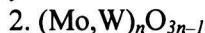
(b) Do rozdzielenia symboli atomów wiążących w wielokleszczowych ligandach chelatowych.

*Przykład:*



(c) W chemii ciała stałego do rozdzielenia symboli wzajemnie podstawiających się atomów.

*Przykład:*



(d) Do rozdzielania liczb utlenienia (Stocka) w związkach o mieszanej wartościowości.

*Przykład:*



(e) W selektywnieznaczonych związkach celem rozdzielaniaznaczonych atomów.

*Przykład:*

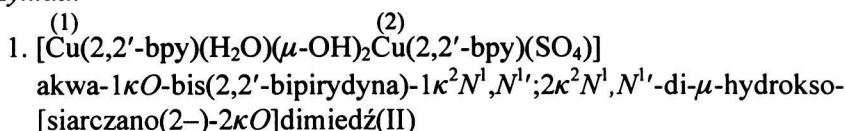


#### 2.5.4. Średniki

Średniki stosuje się co najmniej w dwóch wypadkach.

(a) W nazwach związków koordynacyjnych, celem uporządkowania lokantów oddzielonych przecinkiem, jak w konwencji  $\kappa$  (kappa).

*Przykład:*



(b) Do rozdzielania dolnych wskaźników celem wskazania liczby możliwych położeń w związkachznaczonych selektywnie.

*Przykład:*



(c) W nomenklaturze związków boru do rozdzielania zbiorów lokantów określających mostkowe atomy wodoru (por. przykład 2 w ust. 2.5.2).

## 2.6. Spacje

Spacje (odstęp między wyrazami i literami) stosuje się w nazwach tylko zgodnie z określonymi regułami. W językach innych niż angielski mogą jednak w praktyce wystąpić pewne różnice.

W NAZWACH stosuje się je w następujących sytuacjach.

(a) Do wzajemnego oddzielenia nazw jonów w nazwach soli.

*Przykłady:*

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. NaCl                                | chlerek sodu          |
| 2. NaTl(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | diazotan sodu talu(I) |

(b) W związkach binarnych, do oddzielenia części elektrododatniej nazwy od części elektroujemnej.

*Przykład:*

- |                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| 3. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | pentatlenek difosforu |
|----------------------------------|-----------------------|

(c) Do oddzielenia cyfr arabskich od symboli atomów centralnych pisanych kursywą wewnątrz nawiasu okrągłego, na końcu nazwy związku wielordzeniowego.

*Przykład:*

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 4. [Os <sub>3</sub> (CO) <sub>12</sub> ] | cyklo-tris(tetrakarbonylosm)(3 Os—Os) |
|--|---------------------------------------|

(d) W związkach addycyjnych do oddzielenia wzajemnych proporcji składników od reszty nazwy.

*Przykład:*

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 5. 3CdSO <sub>4</sub> · 8H <sub>2</sub> O | siarczan kadmu—woda (3/8) |
|---|---------------------------|

## 2.7. Elizje

W nomenklaturze nieorganicznej na ogół nie opuszcza się końcowych samogłosek przy stosowaniu przedrostków liczbowych, chyba że wymagają tego względy językowe.

*Przykład:*

1. „tetraakwa”, a nie „tetrakwa”

## 2.8. Cyfry

### 2.8.1. Cyfry arabskie

Cyfry arabskie odgrywają kluczową rolę w nomenklaturze. Ich miejsce we wzorze czy w nazwie ma bardzo szczególne znaczenie. We WZORACH stosuje się je na wiele sposobów.

(a) Jako prawy dolny wskaźnik, do wskazania liczby poszczególnych składników (atomów lub grup atomów). Zazwyczaj pomija się liczbę jeden.

*Przykłady:*

1.  $\text{CaCl}_2$
2.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

(b) Jako prawy górny wskaźnik do wskazania liczby ładunku.

*Przykłady:*

3.  $\text{Cu}^{2+}$
4.  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

(c) Do wskazania składu związków addycyjnych i niestechiometrycznych. Liczbę pisze się w tej samej linii, przed wzorem cząsteczkowym każdego składnika (je-dynkę się opuszcza).

*Przykłady:*

5.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
6.  $8\text{WO}_3 \cdot 9\text{Nb}_2\text{O}_5$

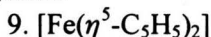
(d) Do wskazania liczby masowej lub liczby atomowej nuklidów reprezentowanych przez symbole. Liczba masowa pisana jest jako lewy górny wskaźnik, natomiast liczba atomowa jako lewy dolny wskaźnik.

*Przykłady:*

7.  $^{18}_8\text{O}$
8.  $^3_1\text{H}$

(e) Do wykazania haptyczności (kleszczowości) liganda (liczba atomów w danym ligandzie, które są bezpośrednio związane z atomem centralnym w związku koordynacyjnym). Pisana jest jako prawy górny wskaźnik przy symbolach  $\eta$  oraz  $\kappa$  (por. rozdz. 10).

*Przykład:*



Cyfry arabskie, jak pokazano poniżej, stosuje się również na różne sposoby w NAZWACH.

**(a)** Do wskazania liczby wiązań metal–metal w wielordzeniowych związkach koordynacyjnych.

*Przykład:*



di- $\mu_3$ -karbonyl-cyklo-tris(cyklopentadienylnikiel)(3 Ni—Ni)

**(b)** Do wskazania liczby ładunku.

*Przykład:*



jon pentaaminachlorokobaltu(2+)

**(c)** Do wskazania krotności mostka.

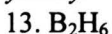
*Przykład:*



tetra- $\mu_3$ -jodotetrakis(trimetyloplatyna)

**(d)** Cyfry arabskie stosuje się w nomenklaturze związków boru (por. rozdz. 11) celem wskazania liczby atomów wodoru w cząsteczce macierzystego borowodoru. Odpowiednią liczbę zamyka się w nawiasie okrągłym bezpośrednio za nazwą związku.

*Przykłady:*



diboran(6)

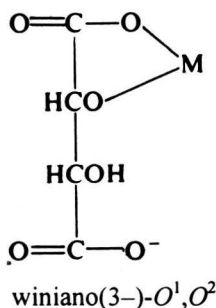


dekaboran(14)

**(e)** Jako górny wskaźnik przy symbolach atomów wielokleszczowego liganda (pisanych kursywą); cyframi arabskimi zapisuje się lokanty odpowiednich atomów donorowych. Regułę tę często stosuje się doraźnie, szczególnie gdy reguły chemii organicznej nie dają sposobu numerowania interesujących nas atomów.

Przykład:

15.



(f) W związkach addycyjnych cyframi arabskimi zapisuje się liczbę cząsteczek składowych.

Przykład:

16.  $8H_2S \cdot 46H_2O$  siarkowodór—woda (8/46)

(g) W strukturach wielordzeniowych cyfry arabskie są częścią deskryptora CEP centralnej jednostki strukturalnej (zob. 10.8.3.3).

(h) Jako górny wskaźnik do oznaczenia niestandardowej wiązalności w konwencji  $\lambda$  (por. rozdz. 7).

Przykład:

17.  $IH_5$   $\lambda^5$ -jodowodór

## 2.8.2. Cyfry rzymskie

Cyfry rzymskie stosuje się we WZORACH jako prawy górny wskaźnik do oznaczenia liczby utlenienia.

Przykłady:

1.  $[Co^{II}Co^{III}W_{12}O_{42}]^{7-}$
2.  $[Mn^{VII}O_4]^-$
3.  $(Fe^{II}Fe^{III}_2)O_4$

W NAZWACH cyframi rzymskimi umieszczonymi bezpośrednio za nazwą odpowiedniego atomu (zamkniętymi w nawiasach okrągłych) wskazuje się liczbę utlenienia atomu.

Przykład:

4.  $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$  jon heksaakwazelaza(II)

## 2.9. Kursywa

Kursywę stosuje się w NAZWACH w następujących wypadkach.

(a) Do afiksów geometrycznych i strukturalnych, takich jak *cis*, *cyklo*, *katena*, *triangulo* i *nido* (por. tab. V).

(b) Do wskazania symboli atomów metalu związanego z innymi atomami metali w wielordzeniowych związkach koordynacyjnych.

Przykład:

1.  $[\text{Os}_3(\text{CO})_{12}]$             dodekakarbyltriosm(3 *Os—Os*)

(c) W podwójnych tlenkach i wodorotlenkach, gdy chcemy wskazać typ struktury.

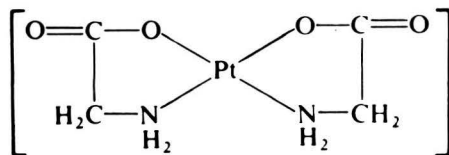
Przykład:

2.  $\text{MgTiO}_3$                     tritlenek magnezu tytanu (typ *ilmenitu*)

(d) W związkach koordynacyjnych, symbole pisane kursywą wskazują atom (lub atomy) liganda (zazwyczaj wielokleszczowego), który jest związany z metalem, przy czym nie ma znaczenia czy stosuje się konwencję kappa, czy też nie.

Przykład:

3.



*cis*-bis(glicyniano-*N,O*)platyna

(e) W chemii ciała stałego, przy pisaniu symboli Pearsona oraz symboli układu krystalograficznego (por. 6.5).

(f) W nazwach związków koordynacyjnych do wskazania symboli wielościanów zapisanych dużymi literami (por. 10.5.2).

Przykład:

4.  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_3(\text{NH}_3)_3]$             (*OC-6-22*)-triaminotriazotano(III)kobalt(III)

Litery pisane kursywą stosuje się często zamiast liczb we wzorach nieorganicznych, szczególnie wtedy, kiedy liczby te nie są dokładnie określone, np.  $(\text{HBO}_2)_n$ ,  $\text{Fe}^{n+}$  itp.

## 2.10. Alfabet grecki

Alfabet grecki stosowany jest często w nieorganicznej nomenklaturze chemicznej. Niektóre zastosowania zostały pokazane poniżej.

- $\Delta$  stosuje się celem zaznaczenia konfiguracji absolutnej. Symbol ten stosowany jest również jako wskaźnik strukturalny oznaczający deltaedr.
- $\delta$  stosuje się do oznaczenia absolutnej konfiguracji pierścieni chelatowych i, w nomenklaturze ciała stałego, do pokazania małych wahań składu.
- $\eta$  stosuje się do określenia haptyczności liganda (por. rozdz. 10).
- $\kappa$  stosuje się jako wskaźnik atomu wiążącego w *konwencji kappa* (rozdz. 10).
- $\Lambda$  stosuje się do wskazywania konfiguracji absolutnej.
- $\lambda$  jest symbolem, występującym zazwyczaj razem z liczbą pisaną cyframi arabskimi (jako prawy górny wskaźnik), stosowanym do wskazania niestandardowej wiązalności w *konwencji lambda* [25]. Wskazuje również helikalny charakter konformacji pierścieni chelatowych.
- $\mu$  stosuje się do oznaczania ligandów mostkowych.

Należy zwrócić uwagę, że obecnie nie zaleca się stosowania symboli  $\sigma$  i  $\pi$  do określenia typu wiązania, jak sugerowano we wcześniejszych wydaniach *Nomenclature of Inorganic Chemistry* [1, 11, 12].

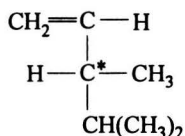
## 2.11. Gwiazdki

Gwiazdki (\*) stosuje się we WZORACH jako prawy górny wskaźnik przy symbolu pierwiastka w następujących wypadkach.

- (a) Może określać centrum chiralności.

Przykład:

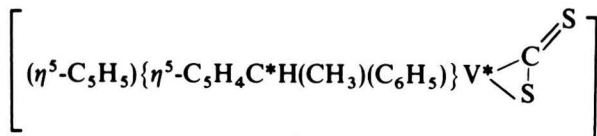
1.



Zastosowanie to w chemii koordynacyjnej zostało rozszerzone na chiralne ligandy oraz centra chiralności.

Przykład:

2.  $L^*$  = (+)-diop, lub (4*S*,5*S*)-diop (skrót „diop” objaśniono w tab. X)  
 3.



(b) Może oznaczać molekularne lub jądrowe stany wzbudzone.

## 2.12. Primy

(a) Primy (') , bisy (") i ich dalsze wielokrotności stosuje się w nazwach związków koordynacyjnych wówczas, gdy atomy określonego pierwiastka pojawiają się więcej niż raz w ligandzie organicznym i niektóre z nich (lub wszystkie) wiążą się z metalem. Atomy wiążące są oznaczone znakiem prim (') we wzrastającej kolejności, tak aby odróżnić je od niewiążących atomów tego samego pierwiastka (zob. także 10.6.2.1).

Przykład:

1.  $[\text{Rh}_3(\text{CO})_3\text{Cl}(\mu\text{-Cl})[\mu_3\text{-}\{(C_6H_5)_2PCH_2P(C_6H_5)CH_2P(C_6H_5)_2\}]]\text{Cl}$   
 chlorek  $\mu$ -chloro-1:2 $\kappa^2$ Cl-chloro-3 $\kappa$ Cl-bis- $\mu_3$ -[bis[(difenylfosfino)-1 $\kappa$ P':3 $\kappa$ P''-metylo]fenylfosfina-2 $\kappa$ P]-trikarbonyl-1 $\kappa$ C,2 $\kappa$ C,3 $\kappa$ C-trirodu(1+)

(b) Primy (') , bisy (") i trisy ("" ) stosuje się również jako prawy górny wskaźnik w notacji Krögera–Vinka (zob. 6.4), gdzie wskazują miejsce lokalizacji jednego, dwóch lub trzech jednostkowych efektywnych ładunków ujemnych.

Przykład:

2.  $\text{Li}_{\text{Li},1-2x}^x \text{Mg}_{\text{Li},x}^{\cdot} \text{V}_{\text{Li},x}^{\cdot} \text{Cl}_{\text{Cl}}^x$

## 2.13. Przedrostki zwielokrotniające

Liczbę identycznych jednostek chemicznych w nazwie wyraża się za pomocą przedrostków zwielokrotniających.

W przypadku prostych jednostek, takich jak jednoatomowe ligandy, stosuje się przedrostki zwielokrotniające di-, tri-, tetra-, penta- itd. W wypadku jednostek złożonych, takich jak ligandy organiczne (w szczególności, gdy są one podstawio-

ne), stosuje się przedrostki zwielokrotniające bis-, tris-, tetrakis-, pentakis-, to znaczy dodaje się -kis począwszy od tetra-. Nazwę podstawionej jednostki chemicznej często (dla uniknięcia dwuznaczności) umieszcza się w nawiasie okrągłym.

*Przykłady:*

1.  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  tetrachloroplatynian(2-)
2.  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{C}_6\text{H}_5)_2(\text{CO})_4]$  bis(fenylotetynylo)tetrakarbonylżelazo

Złożone przedrostki liczbowe formułuje się podając najpierw jednostki, potem dziesiątki, następnie setki itd.

*Przykład:*

3. „35” pisze się słownie pentatriakonta (lub pentatriakontakis).

W przypadku ikoza, opuszcza się literę „i” (elizja) przy dikoza i trikoza. Listę przedrostków przedstawiono w tab. III. Szczegóły związane ze stosowaniem przedrostków podano w rozdz. 5, 7 i 10 (por. również rozszerzenie reguł A-1.1 i A-2.5 dotyczące liczbowych określeń stosowanych w organicznej nomenklaturze chemicznej [26]).

## 2.14. Lokanty

### 2.14.1. Wprowadzenie

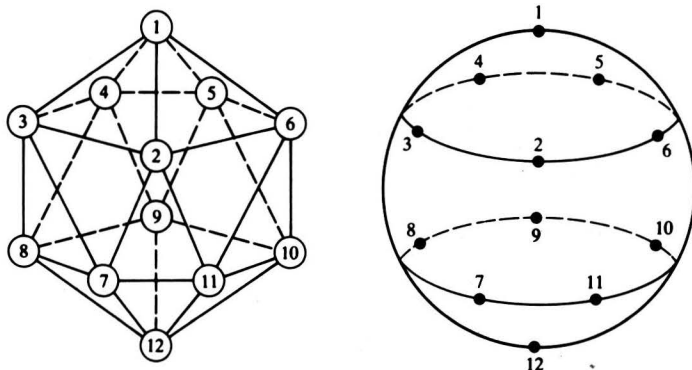
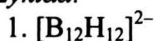
W chemii nieorganicznej jednostka molekularna może mieć postać tak prostą jak np. kwadrat lub złożoną, tak jak duży wielościan. W niektórych wypadkach mniej złożone jednostki łączą się przez uwspólnienie takich elementów, jak krawędzie, naroża lub ściany. Ze względu na różnorodność związków, w których dochodzi do asocjacji, stosuje się lokanty celem przypisania centralnym atomom pozycji topologicznej w sieci przestrzennej. Mogą być one zapisywane cyframi arabskimi lub oznaczone małymi literami.

### 2.14.2. Cyfry arabskie

Stosuje się je w przypadkach, w których nie występuje pierwiastek metaliczny, jak np. w związkach boru czy krzemu, oraz w związkach łańcuchowych i pierścieniowych. Korzysta się wówczas ze sposobu postępowania przyjętego przez nomenkla-

turę organiczną przy określaniu kolejności numerowania atomów w cząsteczce lub jonie danego typu. Pozwala to na jednoznaczne określenie położenia w szkielecie różnych dołączonych grup. Nie ma tu miejsca na obszernie omawianie wszystkich przypadków, w których występują takie lokanty. Są one szczegółowo opisane w nomenklaturze chemii organicznej [21]. Podany przykład pokaże jednak ich stosowanie.

*Przykład:*



dodekahydro-*koso*-dodekaboran(2-)

(Atomy boru są zlokalizowane w numerowanych położeniach;  
każdy atom boru wiąże jeden atom wodoru.)

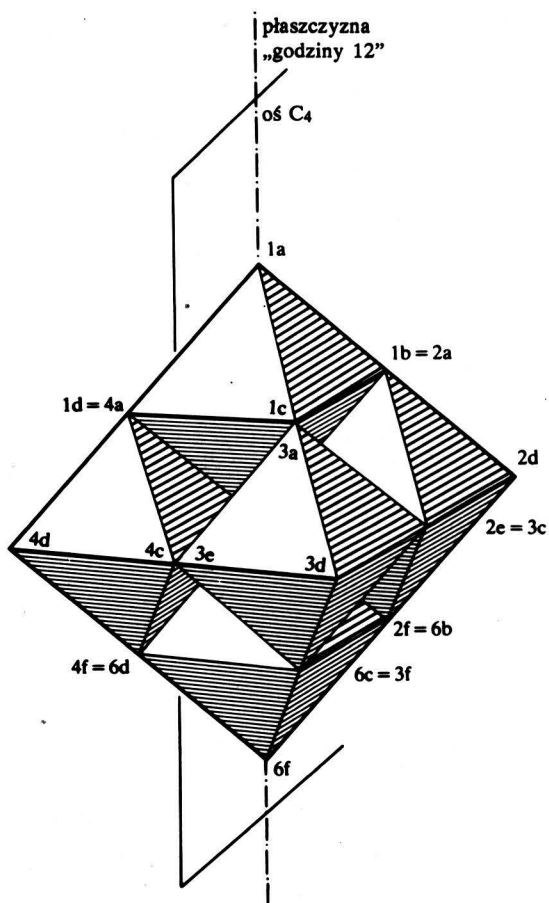
Cyfry arabskie stosuje się również do zapisywania lokantów w wielordzeniowych związkach koordynacyjnych oraz w klasterach (por. rozdz. 10).

*Przykład:*



### 2.14.3. Małe litery

Stosuje się je w nomenklaturze polianionów. Atomy centralne wielościanów (zazwyczaj oktaedru lub tetraedru) numeruje się w taki sam sposób jak związki boru, lecz należy również ponumerować naroża wokół atomu centralnego. Znaczący się je małymi literami, dołączonymi do cyfry przypisanej atomowi centralnemu, do którego odnosi się dane naroże. Oktaedr wymaga sześciu liter, a, b, c, d, e, f, dla sze-



Lokanty w jonie  $[\text{Mo}_6\text{O}_{19}]^{2-}$   
(Szczegóły podano w *Nomenclature of Polyoxoanions* [27].)

ściu naroży, tetraedr wymaga czterech liter, a, b, c, d, dla swoich czterech naroży itd. Tego typu lokanty przedstawiono dla przypadku  $[\text{Mo}_6\text{O}_{19}]^{2-}$ .

## 2.15. Pierwszeństwa (starszeństwa)

### 2.15.1. Wprowadzenie

W nomenklaturze chemicznej terminy „pierwszeństwo” i „starszeństwo” dają, przy licznych możliwościach, pojęcie o hierarchii lub porządku i stanowią ogólną koncepcję o podstawowym znaczeniu. Nomenklatura chemiczna zajmuje się pierwiastkami i ich wzajemnymi połączeniami, utworzonymi pomiędzy atomami pierwiastków lub grupami atomów. Grupy atomów mogą być jonami, ligandami w związkach koordynacyjnych lub podstawnikami w wodorkach.

Podczas gdy pisanie symboli lub nazw pierwiastka nie sprawia kłopotów, to należy dokonać wyboru, który pierwiastek napisać jako pierwszy we WZORZE i w NAZWIE, zanim dołączy się inny pierwiastek, np. w związku binarnym. Kolejność wymieniania pierwiastków opiera się na kilku ustalonych metodach wyboru, które zostaną przedstawione poniżej (por. także rozdz. 4).

### 2.15.2. Kryterium elektroujemności

W nomenklaturze anglosaskiej we wzorach i nazwach związków binarnych pierwiastków niemetalicznych wymienia się najpierw ten składnik, który znajduje się wcześniej w podanym poniżej szeregu. W języku polskim w taki sposób postępuje się tylko we WZORACH; w NAZWACH natomiast kolejność jest odwrotna. Należy zwrócić uwagę, że szereg ten jest w przybliżeniu szeregiem elektroujemności, chociaż w szczegółach odbiega nieco od zazwyczaj przyjętego porządku, np. przy względnym położeniu C i H.

Rn, Xe, Kr, Ar, Ne, He, B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Te, Se, S, At, I, Br, Cl, O, F

*Przykład:*

1.  $S_2Cl_2$  (polska nazwa dichlorek disiarki)

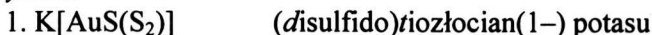
### 2.15.3. Porządek alfabetyczny

Porządek alfabetyczny stosuje się w nazwach w następujących wypadkach.

(a) W nazwach związków koordynacyjnych do określenia kolejności cytowania ligandów. Porządek ten opiera się na alfabetycznym wymienianiu nazw ligandów.

Alfabetyczne cytowanie ligandów stosuje się bez względu na liczbę ligandów i bez względu na to, czy związek jest jedno- czy wielordzeniowy.

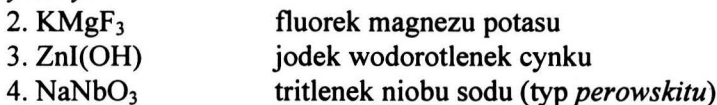
*Przykład:*



Pojęcie „związki koordynacyjne” zostało tu rozszerzone tak, aby obejmowało związki, w których dwa lub więcej atomów lub grup połączyło się z danym atomem centralnym, bez względu na to, czy atom centralny jest metalem, czy też nie (por. rozdz. 4).

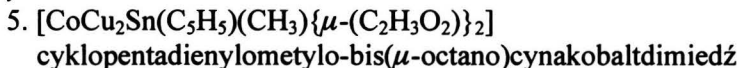
(b) W wypadku soli nazwy w obrębie kationów i anionów ułożone są alfabetycznie. Dopuszcza się jednak odstępstwa od tej reguły, jeżeli chodzi nam o podkreślenie strukturalnych zależności między różnymi związkami. Wodoru nie uważa się za kation w wodorosolach, dopóki nie ustali się w sposób jednoznaczny, że nie jest on częścią anionu (zob. rozdz. 8).

*Przykłady:*



(c) W nazwach wielordzeniowych związków koordynacyjnych do ustalenia kolejności atomów centralnych.

*Przykład:*



Porządek alfabetyczny stosuje się we WZORACH w następujących wypadkach.

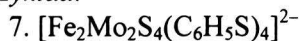
(a) W związkach koordynacyjnych do określenia kolejności ligandów, osobno w obrębie ligandów jonowych i osobno dla ligandów obojętnych (ligandy jonowe umieszcza się przed obojętnymi). Ligandy w obrębie każdego zbioru wymienia się alfabetycznie według pierwszego symbolu w ich wzorze (por. 4.6.7 i 10.3.1). Dopuszczalne są jednak pewne odstępstwa, jeśli zależy nam na przekazaniu szczególnych informacji strukturalnych.

*Przykład:*



(b) We wzorach wielordzeniowych związków koordynacyjnych lub polianionów do określenia kolejności różnych atomów centralnych.

Przykład:



(c) We wzorach soli i soli podwójnych do uporządkowania oddzielnie kationów i anionów.

Przykłady:



## 2.15.4. Szereg starszeństwa pierwiastków

Jest to szereg oparty na układzie okresowym, który jest łatwo dostępny i szeroko stosowany; przedstawiono go w tab. IV. Pierwiastki w okresach (od grupy 1 do 18) połączono strzałkami wskazującymi kierunek od pierwiastków „mniej metalicznych” do pierwiastków „bardziej metalicznych”. Podstawę tego porządku stanowi elektroujemność. Stosuje się go w podanych poniżej wypadkach.

(a) Przy numerowaniu atomów centralnych w wielordzeniowych związkach koordynacyjnych. Atom centralny, który jest *ostatni* zgodnie z kierunkiem strzałki, otrzymuje najniższą cyfrę, a pozostałe atomy są numerowane w porządku odwrotnym do kierunku strzałki.

Przykład:



(b) W nomenklaturze podstawnikowej, w której nazwy związków wyprowadza się z nazwy macierzystego wodorku. Jeśli w macierzystym związku znajdują się różne pierwiastki grupy 14, jak np. w  $\text{H}_3\text{GeSiH}_3$ , wskazanie starszeństwa staje się konieczne. Wyboru dokonuje się na podstawie pierwiastka, który występuje najdalej w szeregu przedstawionym w tab. IV (por. *Nomenklatura związków organicznych* [21]).

## 2.15.5. Inne szeregi pierwszeństwa

### 2.15.5.1. Organiczne szeregi pierwszeństwa

W nomenklaturze organicznej stosuje się określony porządek wyboru głównej organicznej grupy funkcyjnej, zwany „klasą grup charakterystycznych” (por. reguła

C-10.1 i następne w [21]). Jeżeli w związku nieorganicznym znajduje się grupa organiczna, do nazwy części organicznej stosują się zasady nomenklatury organicznej.

#### 2.15.5.2. Pierwszeństwa w obrębie ligandów

We WZORACH związków koordynacyjnych, zawierających kilka rodzajów ligandów, takich jak jonowe i obojętne, ligandy anionowe umieszcza się przed obojętymi. W celach nomenklaturowych, zarówno CO, jak i NO uważa się za ligandy obojętne. Ligandy mostkowe występują jako ostatnie z ligandów i wymienia się je w kolejności wzrastającej krotności mostka.

W NAZWACH związków koordynacyjnych, nazwy ligandów wyprzedzają nazwę metalu. Ligandy mostkowe (ułożone alfabetycznie z innymi ligandami) wymienia się przed odpowiednimi ligandami niemostkowymi, np. di- $\mu$ -chloro-tetrachloro, a mostki wielokrotne podaje się zgodnie z malejącą krotnością, np.  $\mu_3$ -okso-di- $\mu$ -trio-kso... W nieorganicznych i koordynacyjnych polimerach grupy mostkowe wymienia się jednak na końcu nazwy, zgodnie ze zwyczajami przyjętymi w chemii polimerów (por. [18, 19]).

#### 2.15.5.3. Pierwszeństwa w nazwach i wzorach soli

We wzorach soli, soli podwójnych i związków koordynacyjnych kationy stoją przed anionami. Natomiast w polskich NAZWACH tych związków aniony wymienia się przed kationami. W NAZWACH wodorosoli wodór na ogół nie jest wymieniany jako kation, ponieważ stanowi on część nazwy anionu (por. 4.6, 5.3.2 i 8.5.3).

#### 2.15.5.4. Znakowanie izotopowe i modyfikacje

W związkach modyfikowanych izotopowo zasada starszeństwa rządzi kolejnością podawania symboli nuklidów (por. [17]).

#### 2.15.5.5. Pierwszeństwa stereochemiczne

W stereochemicznej nomenklaturze związków koordynacyjnych procedura przypisania kolejnych liczb do atomów donorowych liganda w jednordzeniowym układzie koordynacyjnym opiera się na standardowych regułach kolejności, rozwiniętych dla chiralnych związków węgla (reguły Cahn, Ingolda i Preloga). Szczegóły omówiono w rozdz. 10.

### 2.15.5.6. Szeregi pierwszeństwa znaków przestankowych

W nazwach związków koordynacyjnych i związków boru znaki przestankowe stosowane do oddzielenia symboli atomów od lokantów liczbowych, od lokantów wskazujących atomy mostkowe oraz od różnych innych możliwych zbiorów lokantów ułożone są w hierarchii podanej poniżej:

przecinek – mniej ważny niż dwukropek – mniej ważny niż średnik.

Dwukropek stosuje się tylko do ligandów mostkowych, stąd można zapisać po prostu: przecinek – mniej ważny niż średnik. Gdy wymienia się ligandy mostkowe, wówczas obowiązuje sekwencja: przecinek – mniej ważny niż dwukropek (por. 2.5.2, przykład 2 i rozdz. 11).

## 2.16. Afiksy (przedrostki, przyrostki i wrostki)

Każda nazwa bardziej złożona niż zwykła nazwa pierwiastka ma swoją strukturę, rdzeń z przedrostkiem lub przyrostkiem. Przyrostek jest końcową samogłoską lub zestawem liter. Zakończenia te niosą informacje, pozwalają skracać nazwy oraz zmieniają ich znaczenie. Powszechnie stosowane afiksy zebrano w tab. IX, a niektóre przedrostki włączono do tab. V.

Tab. IX nie jest kompletna. Pominięto w niej niektóre końcówki stosowane w chemii organicznej lub w biochemii, a rzadko stosowane w chemii nieorganicznej. Pierwsza część tabeli zawiera proste przyrostki, to znaczy takie, które zawierają jeden rodzaj informacji. Druga część zawiera afiksy łączone, to znaczy zespół kilku przyrostków, które przekazują więcej niż jeden rodzaj informacji.

## 2.17. Uwagi końcowe

Rozdział powyższy, w naszym zamierzeniu, ma być przewodnikiem dla użytkowników nomenklatury nieorganicznej. Zebranie razem różnych sposobów stosowania nazw i wzorów pod wspólnymi nagłówkami pozwala czytelnikowi łatwo sprawdzić, czy utworzona nazwa lub wzór są zgodne z przyjętą praktyką. Nie pozwala to jednak wyjaśnić wszystkich reguł, potrzebnych do utworzenia nazwy lub wzoru i w tym celu zaleca się Czytelnikowi zapoznanie się z odpowiednimi rozdziałami zawierającymi informacje szczegółowe.



---

## 3. PIERWIASTKI, ATOMY I GRUPY ATOMÓW

---

### SPIS TREŚCI

- 3.1. Wprowadzenie
- 3.2. Definicje
  - 3.2.1. Pierwiastek
  - 3.2.2. Atom
  - 3.2.3. Liczba atomowa
  - 3.2.4. Liczba masowa
  - 3.2.5. Nuklid
  - 3.2.6. Izotopy
  - 3.2.7. Odmiany alotropowe
  - 3.2.8. Symbol atomu
  - 3.2.9. Grupy pierwiastków
- 3.3. Nazwy i symbole atomów
  - 3.3.1. Wprowadzenie
  - 3.3.2. Nazwy atomów o liczbie atomowej mniejszej od 101
  - 3.3.3. Symbole atomów o liczbie atomowej mniejszej od 101
  - 3.3.4. Atomy o liczbie atomowej większej od 100
  - 3.3.5. Systematyczna nomenklatura i symbole atomów o liczbie atomowej większej od 100
- 3.4. Określenie masy, ładunku i liczby atomowej za pomocą wskaźników (dolnych i górnych)
- 3.5. Izotopy
  - 3.5.1. Izotopy pierwiastków
  - 3.5.2. Izotopy wodoru
- 3.6. Pierwiastki
  - 3.6.1. Nazwa pierwiastka (substancji pierwiastkowej) o nieskończonym lub nieokreślonym wzorze cząsteczkowym lub strukturze
  - 3.6.2. Nazwa pierwiastka (substancji pierwiastkowej) o określonym wzorze cząsteczkowym
- 3.7. Odmiany alotropowe
  - 3.7.1. Wprowadzenie
  - 3.7.2. Odmiany alotropowe złożone z odrębnych cząsteczek
  - 3.7.3. Kryształiczne odmiany alotropowe pierwiastka

- 3.7.4. Odmiany bezpostaciowe ciał stałych i ogólnie znane odmiany alotropowe o nieokreślonej strukturze
- 3.8. Grupy pierwiastków
  - 3.8.1. Grupy pierwiastków w układzie okresowym
  - 3.8.2. Zwyczajowe nazwy grup podobnych pierwiastków

## 3.1. Wprowadzenie

Rozdział ten dotyczy jednego z podstawowych formalizmów w chemii, a mianowicie przedstawienia pierwiastków za pomocą symboli. Na ogół w krajach anglojęzycznych nie wprowadza się rozróżnienia między pierwiastkiem a substancją prostą (pierwiastkową). Niektórzy jednak uważają pierwiastek za pojęcie abstrakcyjne, natomiast substancję za określoną formę materii. W polskiej nomenklaturze chemicznej rozróżnia się na ogół te dwa pojęcia. Często w praktyce nie zaznacza się wyraźnie, czy symbol określa atom, czy pierwiastek.

Znaczną trudność stanowi sformułowanie takich definicji, które zadowolilyby wszystkich użytkowników. Zależy nam na tym, aby przedstawione w tym rozdziale definicje były użyteczne i pozwalały na szerokie ich stosowanie, nawet jeśli czasem mogłyby podlegać krytyce z filozoficznego punktu widzenia.

## 3.2. Definicje

### 3.2.1. Pierwiastek

**PIERWIASTEK** (lub substancja prosta) jest to materia, której wszystkie atomy mają ten sam ładunek jądra (por. 3.3 i 3.6).

### 3.2.2. Atom

**ATOM** jest najmniejszą częścią pierwiastka zdolną do istnienia samodzielnego lub w postaci chemicznie związanej z innymi atomami tego samego lub innych pierwiastków (por. 3.3 i tab. I i II).

### 3.2.3. Liczba atomowa

LICZBA ATOMOWA jest to liczba dodatnich ładunków elementarnych zawartych w jądrze (równa liczbie elektronów) danego atomu (tab. I i II).

### 3.2.4. Liczba masowa

LICZBA MASOWA jądra atomowego jest to całkowita liczba protonów i neutronów w danym jądrze (por. 3.4).

### 3.2.5. Nuklid

NUKLID jest to dowolny atom określony przez odpowiednie wartości liczby atomowej i liczby masowej.

### 3.2.6. Izotopy

IZOTOPAMI nazywamy różne nuklidy mające te same liczby atomowe (por. 3.5).

### 3.2.7. Odmiany alotropowe

ODMIANAMI ALOTROPOWYMI pierwiastka nazywamy różne odmiany strukturalne tego pierwiastka (por. 3.7).

### 3.2.8. Symbol atomu

SYMBOL ATOMU składa się z jednej, dwóch lub trzech liter, które stosuje się do przedstawienia atomu we wzorze chemicznym.

### 3.2.9. Grupy pierwiastków

GRUPAMI PIERWIĄSTKÓW nazywamy pierwiastki, które zostały zestawione na podstawie ich podobieństwa. Niektóre grupy noszą nazwy zwyczajowe, np. metale alkaliczne, halogeny itp. (por. 3.8).

### 3.3. Nazwy i symbole atomów

#### 3.3.1. Wprowadzenie

Pochodzenie nazw niektórych pierwiastków, takich jak antymon, zatarło się już w mrokach dziejów. Inne pierwiastki, poznane (lub odkryte) w ciągu ostatnich trzech wieków, nazywano zgodnie z różnymi arbitralnie wybranymi skojarzeniami, związanymi z ich pochodzeniem, właściwościami fizycznymi i chemicznymi itp. W późniejszych czasach nazwy pierwiastków tworzone dla uczczenia niektórych sławnych uczonych. W 1979 r. Komisja IUPAC zatwierdziła systematyczną nomenklaturę dla pierwiastków o liczbach atomowych większych od stu, a w roku 1997 nadała ostateczne nazwy pierwiastkom 101–109 (por. 3.3.5 i tab. I).

Z biegiem czasu nazwy substancji pierwiastkowych zostały przeniesione na odpowiednie atomy i nazwy te stały się podstawą zatwierdzonej przez IUPAC nomenklatury związków nieorganicznych.

#### 3.3.2. Nazwy atomów o liczbie atomowej mniejszej od 101

Zgodnie z zaleceniami IUPAC, nazwy w różnych językach powinny być do siebie zbliżone. Komisja IUPAC zatwierdziła nazwy powszechnie stosowane w języku angielskim. Należy podkreślić, że przy wyborze nazw Komisja nie kierowała się pierwszeństwem odkrycia, ale względami praktycznymi. Polskie odpowiedniki zatwierdzonych przez IUPAC nazw atomów o liczbach atomowych od 1 do 103 oraz propozycje polskich nazw pierwiastków\* od 104 do 109, ułożone w porządku alfabetycznym, zebrano w tab. I.

#### 3.3.3. Symbole atomów o liczbie atomowej mniejszej od 101

Zgodnie z tab. I, każdy atom we wzorze chemicznym przedstawiany jest w jednoznaczny sposób za pomocą odpowiedniego symbolu. Ponadto, dla izotopów wodo-

---

\* Nazwy pierwiastków o liczbach atomowych 104–109 zaproponowane zostały przez Komisję Nomenklatury PTChem na wspólnym posiedzeniu z delegatami Polskiego Towarzystwa Fizycznego 21 marca 1998.

ru o liczbach masowych dwa i trzy stosuje się odpowiednio symbole D i T (por. 3.5.2). Jod i wanad można również określać symbolami Id i Va, ale tylko wówczas, gdy jednoliterowe symbole stają się niedogodne i mogą prowadzić do pomyłek, np. gdy można je pomylić z cyframi rzymskimi.

### 3.3.4. Atomy o liczbie atomowej większej od 100

W literaturze naukowej zachodzi często potrzeba stosowania nazw pierwiastków o liczbach atomowych większych od 109. Tymczasem nazwy nadaje się dopiero po „odkryciu” pierwiastków, chociaż bywają one potrzebne nawet przed nie budzącym wątpliwości stwierdzeniem istnienia danego pierwiastka. Dlatego też Komisja IUPAC zatwierdziła systematyczną nomenklaturę i trójliterowe symbole oznaczające atomy pierwiastków o liczbie atomowej większej niż 100 (por. 3.3.5 i tab. II).

Istnienie systematycznej nomenklatury nie przekreśla prawa odkrywców nowych pierwiastków do zaproponowania Komisji IUPAC innych nazw, o ile ich propozycja zostanie bez cienia wątpliwości zaakceptowana przez całą społeczność naukową. Nazwy systematyczne pierwiastków od 101 do 109 stanowią gorszą alternatywę w stosunku do nazw zalecanych przez IUPAC. Systematyczne nazwy i symbole pierwiastków o liczbie atomowej większej od 109 są jedynymi zaakceptowanymi nazwami i symbolami tych pierwiastków; winny być używane aż do przyjęcia innych nazw przez Komisję Nomenklatury Nieorganicznej (por. 3.3.2).

### 3.3.5. Systematyczna nomenklatura i symbole atomów o liczbie atomowej większej od 100

Nazwy tworzy się bezpośrednio z liczb atomowych pierwiastka, stosując następujące rdzenie liczbowe:

|         |          |          |         |
|---------|----------|----------|---------|
| 0 = nil | 3 = tri  | 6 = heks | 9 = enn |
| 1 = un  | 4 = kwad | 7 = sept | .       |
| 2 = bi  | 5 = pent | 8 = okt  |         |

Rdzenie łączy się w tej samej kolejności, w jakiej występują cyfry w liczbie atomowej (w nazwie pierwiastka każdy rdzeń należy wymawiać oddzielnie). W języku angielskim dodaje się końcówkę -ium. Wprowadzenie tej końcówki w języku polskim Komisja Nomenklatury Nieorganicznej PTChem uznała za zbędne. Końcowe „n” w „enn” należy opuścić, jeżeli znajduje się przed „nil”. Symbol pierwiastka o li-

czbie atomowej większej od 109 składa się z początkowych liter rdzeni tworzących nazwę.

Niektóre nazwy wyprowadzone w ten sposób oraz zatwierdzone już nazwy pierwiastków od 101 do 109 zebrano w porządku ich liczb atomowych w tab. II, łącznie z zatwierdzonymi przez IUPAC symbolami. Nazwy pierwiastków o liczbie atomowej od 101 do 109 znajdują się również w tab. I.

### 3.4. Określenie masy, ładunku i liczby atomowej za pomocą wskaźników (dolnych i górnych)

Masę, ładunek jonu i liczbę atomową nuklidu określa się za pomocą trzech wskaźników (dolnych i górnych) rozmieszczonych wokół symbolu.

Zajmują one następujące położenia:

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| lewy górny wskaźnik  | liczba masowa  |
| lewy dolny wskaźnik  | liczba atomowa |
| prawy górny wskaźnik | ładunek jonu   |

Jon pierwiastka o symbolu A i ładunku  $n$  zapisuje się jako  $A^{n+}$  lub  $A^{n-}$ , a nie jako  $A^{+n}$  lub  $A^{-n}$ .

*Przykłady:*

${}_{16}^{32}\text{S}^{2+}$  przedstawia podwójnie zjonizowany atom siarki o liczbie atomowej 16 i liczbie masowej 32.

Reakcję jądrową  ${}_{12}^{26}\text{Mg}$  z jądrem helu  ${}_{2}^{4}\text{He}$ , prowadzącą do otrzymania  ${}_{13}^{29}\text{Al}$  i jądra  ${}^1\text{H}$ , piszemy następująco:

${}_{12}^{26}\text{Mg}(\alpha, p){}_{13}^{29}\text{Al}$  (por. rozdz. 2.10 w [24])

Zalecenia dotyczące nomenklatury związków modyfikowanych izotopowo oraz stosowania symboli atomowych, oznaczających odmiany izotopowe we wzorach chemicznych, można znaleźć w rozdz. 4 i w odnośniku [17]. Prawą dolną pozycję symbolu atomowego zarezerwowano dla wskazania liczby danych atomów we wzorze; na przykład  $\text{S}_8$  jest wzorem cząsteczki zawierającej osiem atomów siarki (por. 3.6). Bardziej precyzyjny formalizm uwzględniający ładunek lub stopień utlenienia przedstawiono w 4.4.1 i 4.4.2.

## 3.5. Izotopy

### 3.5.1. Izotopy pierwiastków

Wszystkie izotopy danego pierwiastka mają tę samą nazwę (zob. także 3.5.2). Rozróżnia się je, podając liczby masowe (3.2.4 i 3.4). Na przykład atom o liczbie atomowej 8 i liczbie masowej 18 nosi nazwę „tlen-18” i ma symbol  $^{18}\text{O}$ .

### 3.5.2. Izotopy wodoru

Wodór jest wyjątkiem w regule przedstawionej w 3.5.1. Trzy jego izotopy,  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$  i  $^3\text{H}$  mają odpowiednio nazwy: „prot”, „deuter” i „tryt”. Dwa ostatnie można przedstawić symbolem D i T, ale lepiej jest stosować zapis  $^2\text{H}$  i  $^3\text{H}$ , ponieważ D i T zaburzają porządek alfabetyczny we wzorach (zob. rozdz. 4).

Należy zauważyć, że w wypadku kationów  $^1\text{H}^+$ ,  $^2\text{H}^+$  i  $^3\text{H}^+$  z powyższych nazw wywodzą się odpowiednie nazwy proton, deuteron i tryton. Ponieważ nazwy „proton” używa się często w sposób niejednoznaczny, raz dla izotopowo czystych jonów  $^1\text{H}^+$ , a drugi raz dla mieszaniny występującej naturalnie, nie rozdzielonej na izotopy, Komisja IUPAC zaleca, aby taką mieszaninę określać w sposób ogólny, stosując nazwę „hydron”, wywodzącą się z nazwy wodoru (*hydrogen*).

## 3.6. Pierwiastki

### 3.6.1. Nazwa pierwiastka (substancji pierwiastkowej) o nieskończonym lub nieokreślonym wzorze cząsteczkowym lub strukturze

Substancja pierwiastkowa tego typu, która może być mieszaniną odmian alotropowych (por. 3.7), nosi taką samą nazwę jak atom.

*Przykłady:*

1. Cu (c. stałe), miedź
2. Na (c. stałe), sód

3.  $S_6 + S_8 + S_n$ , siarka
4.  $Se_n$ , selen

### 3.6.2. Nazwa pierwiastka (substancji pierwiastkowej) o określonym wzorze cząsteczkowym

Odpowiednie nazwy tworzy się przez dodanie do nazwy atomu właściwych przedrostków liczbowych (tab. III) (mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hekso-, hepta-, okta-, nona-, deka-, undeka- i dodeka-), celem wskazania liczby atomów w cząsteczce. Nie stosuje się przedrostka mono-, chyba że pierwiastek normalnie nie występuje w postaci jednoatomowej.

*Przykłady:*

- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| 1. H, monowodór   | 5. $O_3$ , tritlen     |
| 2. N, monoazot    | 6. $P_4$ , tetrafosfor |
| 3. $N_2$ , diazot | 7. $S_8$ , oktasiarka  |
| 4. Ar, argon      |                        |

## 3.7. Odmiany alotropowe

### 3.7.1. Wprowadzenie

Odmiany alotropowe pierwiastka noszą nazwę atomu, z którego się wywodzą, połączoną z deskryptorem wskazującym odmianę. Powszechnie stosowanymi deskryptorami są litery greckie  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  itp., barwy lub niekiedy nazwy minerałów, takie jak grafit lub diament. Nazwy takie należy uważać za przejściowe, stosowane tylko do czasu poznania struktury, a wówczas zaleca się stosowanie racjonalnego systemu, opartego na wzorze cząsteczkowym (por. 3.7.2) lub strukturze krystalicznej (por. 3.7.3). Jako dozwolone alternatywne nazwy dla dobrze zdefiniowanych strukturalnie odmian alotropowych węgla, fosforu, siarki, cyny i żelaza (przykłady w rozdz. 6 i w 3.7.3) można stosować również powszechnie przyjęte nazwy zwyczajowe lub deskryptory. Nie należy stosować nazw zwyczajowych w wypadkach przedstawionych w 3.7.2. Nazw zwyczajowych używa się również w wypadku amorficznych odmian pierwiastka, a także substancji, które na ogół występują w

Tabela 3.1. Symbole Pearsona stosowane dla czternastu sieci Bravais'go

| <i>Układ</i>                     | <i>Symbol sieci<sup>a</sup></i> | <i>Symbole Pearsona</i> |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Trójskośny                       | <i>P</i>                        | <i>aP<sup>b</sup></i>   |
| Jednoskośny                      | <i>P</i>                        | <i>mP</i>               |
|                                  | <i>S<sup>c</sup></i>            | <i>mS</i>               |
| Rombowy                          | <i>P</i>                        | <i>oP</i>               |
|                                  | <i>S</i>                        | <i>oS</i>               |
|                                  | <i>F</i>                        | <i>oF</i>               |
|                                  | <i>I</i>                        | <i>oP</i>               |
| Tetragonalny                     | <i>P</i>                        | <i>tP</i>               |
|                                  | <i>I</i>                        | <i>tI</i>               |
| Heksagonalny<br>(i trygonalny P) | <i>P</i>                        | <i>hP</i>               |
| Romboedryczny                    | <i>R</i>                        | <i>hR</i>               |
| Regularny                        | <i>P</i>                        | <i>cP</i>               |
|                                  | <i>F</i>                        | <i>cF</i>               |
|                                  | <i>I</i>                        | <i>cI</i>               |

<sup>a</sup> Litery *P*, *S*, *F*, *I* oraz *R* oznaczają odpowiednio: sieć prymitywną (*P*), jednościennie centrowaną (*S*), płasko centrowaną (*F*), przestrzennie centrowaną (*I*) i romboedryczną (*R*). Poprzednio stosowano literę *C* zamiast *S* (zob. także 6.5).

<sup>b</sup> Literę *a* stosuje się do oznaczenia sieci trójskośnej, ponieważ *t* wykorzystano już wcześniej do nazwania sieci tetragonalnej; pochodzenie symbolu *a* wiąże się z nie stosowanym już synonimem sieci trójskośnej, a mianowicie *anortic* (= nieprostokątny); *m* – oznacza jednoskośny (*monoclinic*); *o* – rombony (*orthorombic*); *t* – tetragonalny (*tetragonal*); *h* – heksagonalny (*heksagonal*) i *c* – regularny (*cubic*).

<sup>c</sup> Inne ustawienie osi, wyróżniona oś *y*.

postaci mieszanin o bardzo zbliżonej strukturze (jak np. grafit) lub wykazują słabo określoną, nieuporządkowaną strukturę (jak np. czerwony fosfor) (por. 3.7.4).

### 3.7.2. Odmiany alotropowe złożone z odrębnych cząsteczek

Nazwy systematyczne wywodzą się od liczby atomów w cząsteczce, którą wskazuje liczbowy przedrostek. Jeżeli liczba ta jest duża i nieznana, jak np. w długich łań-

cuchach lub w dużych pierścieniach, to można stosować przedrostek poli-. Jeżeli zachodzi konieczność określenia struktury, można zastosować odpowiednie przedrostki z tab. V. Kiedy chcemy zaznaczyć odpowiednią formę polimorficzną, w odniesieniu do cząsteczkowej substancji pierwiastkowej o zdefiniowanej strukturze (takiej jak  $S_8$  w siarce  $\alpha$  lub  $\beta$ ), należy zastosować metodę podaną w 3.7.3.

*Przykłady:*

| <i>Symbol</i>     | <i>Nazwa zwyczajowa</i>          | <i>Nazwa systematyczna</i> |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1. H              | wodór atomowy                    | monowodór                  |
| 2. O <sub>2</sub> | tlen                             | ditlen                     |
| 3. O <sub>3</sub> | ozon                             | tritlen                    |
| 4. P <sub>4</sub> | biały fosfor<br>(żółty fosfor)   | tetrafosfor                |
| 5. S <sub>6</sub> | —                                | heksasiarka                |
| 6. S <sub>8</sub> | siarka $\alpha$ , siarka $\beta$ | oktasiarka                 |
| 7. S <sub>n</sub> | siarka $\mu$ (plastyczna)        | polisiarka                 |

### 3.7.3. Krystaliczne odmiany alotropowe pierwiastka

Są to odmiany polimorficzne pierwiastków. Każdą z tych odmian można nazwać, dodając w nawiasie, po nazwie atomu (pierwiastka), symbol Pearsona [28], który definiuje strukturę odmiany alotropowej według sieci Bravais'go (układ krystalograficzny i typ komórki elementarnej) oraz liczby atomów w komórce elementarnej (tab. 3.1 i rozdz. 6). I tak, „żelazo(*cF4*)” jest odmianą alotropową żelaza (żelazo  $\gamma$ ), o sieci regularnej (*c*), płasko centrowanej, zawierającą cztery atomy żelaza w komórce elementarnej. Nie zaleca się szerszego stosowania do odmian alotropowych nomenklatury zwyczajowej.

Niekiedy symbole Pearsona nie odróżniają odmian krystalicznych pierwiastka. W takich wypadkach dodaje się w nawiasie grupę przestrzenną (<sup>3a</sup>).

*Przykłady:*

| <i>Symbol</i>      | <i>Nazwa zwyczajowa</i>           | <i>Nazwa systematyczna</i> |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. P <sub>n</sub>  | czarny fosfor                     | fosfor( <i>oC8</i> )       |
| 2. C <sub>n</sub>  | diament                           | węgiel( <i>cF8</i> )       |
| 3. C <sub>n</sub>  | grafit<br>(zwykła forma)          | węgiel( <i>hp4</i> )       |
| 4. C <sub>n</sub>  | grafit<br>(mniej pospolita forma) | węgiel( <i>hR6</i> )       |
| 5. Fe <sub>n</sub> | żelazo $\alpha$                   | żelazo( <i>cI2</i> )       |

|                     |                         |                       |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| 6. Fe <sub>n</sub>  | żelazo $\gamma$         | żelazo( <i>cF4</i> )  |
| 7. Sn <sub>n</sub>  | cyna $\alpha$ lub szara | cyna( <i>cF8</i> )    |
| 8. Sn <sub>n</sub>  | cyna $\beta$ lub biała  | cyna( <i>tI4</i> )    |
| 9. Mn <sub>n</sub>  | mangan $\alpha$         | mangan( <i>cI58</i> ) |
| 10. Mn <sub>n</sub> | mangan $\beta$          | mangan( <i>cP20</i> ) |
| 11. Mn <sub>n</sub> | mangan $\gamma$         | mangan( <i>cF4</i> )  |
| 12. Mn <sub>n</sub> | mangan $\delta$         | mangan( <i>cI2</i> )  |
| 13. S <sub>6</sub>  | —                       | siarka( <i>hR18</i> ) |
| 14. S <sub>20</sub> | —                       | siarka( <i>oP80</i> ) |

### 3.7.4. Odmiany bezpostaciowe ciał stałych i ogólnie znane odmiany alotropowe o nieokreślonej strukturze

Rozróżnia się je, stosując zwyczajowe deskryptory, takie jak litery greckie, nazwy określające właściwości fizyczne lub nazwy minerałów (zob. przykłady w 3.7.3).

*Przykłady:*

1. C<sub>n</sub> węgiel szklisty
2. C<sub>n</sub> węgiel grafitowy  
(węgiel w formie grafitu, bez względu na defekty strukturalne)
3. P<sub>n</sub> fosfor czerwony (struktura zaburzona, zawierająca częściowo fosfor(*oC8*) i częściowo tetrafosfor)
4. As<sub>n</sub> arsen bezpostaciowy

## 3.8. Grupy pierwiastków

### 3.8.1. Grupy pierwiastków w układzie okresowym

Numerowanie grup w układzie okresowym od grupy I do grupy VIII przyjęte jest we wszystkich krajach, ale rozróżnienie typowych pierwiastków oraz podgrup A i B zyskało zupełnie odmienną interpretację i zastosowanie w różnych częściach świata. W związku z tym powinno się unikać takiego podziału. Zalecenia przedstawione w tab. 3.2 zgodne są z tym, co Komisja IUPAC uznała (po licznych konsultacjach) za najprostsze i za najbardziej oczywiste<sup>(3b)</sup>. Różnią się one od zaleceń prezentowanych w drugim wydaniu (1970) *Nomenclature of Inorganic Chemistry* [1, 12, 20]. Pierwiastki (z wyjątkiem wodoru) grup 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 i 18 zaliczamy do

Tabela 3.2. Oznaczanie grup w układzie okresowym\*

| Grupy | 1                | 2         | 3                  | 4                | 5        | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18        |
|-------|------------------|-----------|--------------------|------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|       | [H] <sup>†</sup> |           |                    |                  |          |           |           |           |           |           |           |           |          |          |          |          |          | <u>He</u> |
|       | <u>Li</u>        | <u>Be</u> |                    |                  |          |           |           |           |           |           |           |           | <u>B</u> | <u>C</u> | <u>N</u> | <u>O</u> | <u>F</u> | Ne        |
|       | Na               | Mg        |                    |                  |          |           |           |           |           |           |           |           | Al       | Si       | P        | S        | Cl       | Ar        |
|       | K                | Ca        | <u>Sc</u>          | <u>Ti</u>        | <u>V</u> | <u>Cr</u> | <u>Mn</u> | <u>Fe</u> | <u>Co</u> | <u>Ni</u> | <u>Cu</u> | <u>Zn</u> | Ga       | Ge       | As       | Se       | Br       | Kr        |
|       | Rb               | Sr        | Y                  | Zr               | Nb       | Mo        | Tc        | Ru        | Rh        | Pd        | Ag        | Cd        | In       | Sn       | Sb       | Te       | I        | Xe        |
|       | Cs               | Ba        | La-Lu <sup>‡</sup> | Hf               | Ta       | W         | Re        | Os        | Ir        | Pt        | Au        | Hg        | Tl       | Pb       | Bi       | Po       | At       | Rn        |
|       | Fr               | Ra        | Ac-Lr <sup>§</sup> | Rf <sup>**</sup> | Db       | Sg        | Bh        | Hs        | Mt        | Uun       | Uuu       | Uub       |          |          |          |          |          |           |

\* Zaproponowany sposób numerowania ma na celu zlikwidowanie międzynarodowych różnic w stosowaniu liter A i B przy oznaczaniu podgrup (zob. 3.8.1 i Uzupełnienie).

<sup>†</sup> H jest nietypowy i można go uważać także za pierwiastek grupy 17.

<sup>‡</sup> Lantanowce (zob. 3.8.2).

<sup>§</sup> Aktynowce (zob. 3.8.2).

\*\* Przyjęto, że pierwiastki o liczbach atomowych większych od 103 należą do wskazanych grup.

grup głównych i z wyjątkiem grupy 18 pierwsze dwa pierwiastki każdej grupy głównej są określane jako pierwiastki typowe. Pierwiastki grup od 3 do 11 są to pierwiastki przejściowe. Można również stosować litery s, p, d oraz f do odróżnienia poszczególnych bloków pierwiastków. W razie potrzeby można nazywać różne grupy od nazwy pierwszego pierwiastka w grupie, jak zaznaczono przez podkreślenie w tab. 3.2; np. pierwiastki grupy boru [B, Al, Ga, In, Tl] – borowce; pierwiastki grupy tytanu [Ti, Zr, Hf, Rf] – tytanowce itd.

### 3.8.2. Zwyczajowe nazwy grup podobnych pierwiastków

Komisja IUPAC przyjęła następujące zbiorcze nazwy dla grup pierwiastków: aktynowce (Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr), lantanowce (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) <sup>(3c)</sup>, metale ziem alkalicznych (Ca, Sr, Ba, Ra), chalcogeny (O, S, Se, Te, Po), halogeny (F, Cl, Br, I, At) <sup>(3d)</sup>, gazy szlachetne (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn), metale alkaliczne (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) i metale ziem rzadkich (Sc, Y i lantanowce).

Proponowano ponadto wspólną nazwę dla pierwiastków N, P, As, Sb i Bi – „pnikogeny” (ang. *pnicogens*), lecz nazwa ta nie została zaaprobowana przez Komisję IUPAC.

Pierwiastkiem przejściowym nazywamy pierwiastek, którego atom ma nie zapełnioną podpowłokę d lub który tworzy kation lub kationy z nie zapełnioną podpowłoką d. Do pierwszego okresu przejściowego należą pierwiastki: Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni oraz Cu. Podobnie otrzymuje się drugi, trzeci i czwarty okres przejściowy; do nich włączamy też odpowiednio lantanowce i aktynowce. Te ostatnie określane są jako pierwiastki wewnętrznoprzejściowe (lub bloku f) w odpowiednich okresach układu okresowego.

Biorąc pod uwagę niekonsekwentne stosowanie w różnych językach słowa „metaloid”, należy tego określenia zaniechać. Pierwiastki należy dzielić na metale, półmetale (semimetale) i niemetal.

## Przypisy

<sup>(3a)</sup> Na przykład dwie formy selenu, selen  $\alpha$  i selen  $\beta$ , określane ogólnym symbolem Se<sub>n</sub>, odróżnia się stosując odpowiednio symbole (*mP32,P2<sub>1</sub>/n*) i (*mP32,P2<sub>1</sub>/a*).

<sup>(3b)</sup> Dyskusję nad innymi formami i sposobami znakowania w układzie okresowym przedstawiono w uzupełnieniu do tego tomu.

(<sup>3c</sup>) Aczkolwiek angielska nazwa *actinoid* (polska aktynowce) oznacza „podobny do aktynu” i stąd nie powinna obejmować aktynu, to jednak ze względów zwyczajowych aktynu został włączony do aktynowców. Podobnie jest z lantanowcami.

(<sup>3d</sup>) Do nazywania związków tych pierwiastków używa się nazwy „halogenki”.

---

## 4. WZORY

---

### SPIS TREŚCI

- 4.1. Wprowadzenie
- 4.2. Definicje różnego rodzaju wzorów
  - 4.2.1. Wzory empiryczne
  - 4.2.2. Wzory cząsteczkowe
  - 4.2.3. Wzory strukturalne
  - 4.2.4. Informacje strukturalne dotyczące ciała stałego
- 4.3. Określenie ilościowego stosunku składników
  - 4.3.1. Liczba atomów lub grup atomów
  - 4.3.2. Fazy ciała stałego
- 4.4. Określenie stopnia utlenienia i ładunku składników
  - 4.4.1. Stopień utlenienia
  - 4.4.2. Ładunek jonu
  - 4.4.3. Rodniki
- 4.5. Dalsze modyfikacje wzorów
  - 4.5.1. Związki optycznie czynne
  - 4.5.2. Stany wzbudzone
  - 4.5.3. Modyfikatory strukturalne
- 4.6. Kolejność występowania symboli
  - 4.6.1. Pierwszeństwo
    - 4.6.1.1. Uwagi ogólne
    - 4.6.1.2. Elektroujemność i kolejność wymieniania składników
    - 4.6.1.3. Kolejność alfabetyczna
  - 4.6.2. Związki binarne niemetalu
  - 4.6.3. Związki łańcuchowe
  - 4.6.4. Jony wieloatomowe
  - 4.6.5. Związki lub grupy wieloatomowe
  - 4.6.6. Związki międzymetaliczne
  - 4.6.7. Związki koordynacyjne
    - 4.6.7.1. Podsumowanie stosowanych formalizmów
    - 4.6.7.2. Skróty
  - 4.6.8. Związki addycyjne
- 4.7. Związki modyfikowane izotopowo
  - 4.7.1. Ogólne zasady

4.7.2. Związki podstawione izotopowo

4.7.3. Związki znaczone izotopowo

4.7.3.1. Rodzaje znakowania

4.7.3.2. Związki znaczone specyficznie

4.7.3.3. Związki znaczone selektywnie

4.8. Uwagi końcowe

## 4.1. Wprowadzenie

Wzory (empiryczne, cząsteczkowe i strukturalne) pozwalają na proste i przejrzyste określenie związków. Są one szczególnie ważne w równaniach chemicznych oraz przy opisie różnych procedur chemicznych. Dla uniknięcia dwuznaczności oraz z wielu innych powodów, w tym np. do celów dokumentacyjnych, potrzebna jest standaryzacja (<sup>4a</sup>).

## 4.2. Definicje różnego rodzaju wzorów

### 4.2.1. Wzory empiryczne

Wzory empiryczne związku tworzy się przez zestawienie symboli atomowych z odpowiednimi wskaźnikami, pisanymi u dołu symbolu (por. 3.4), tak aby otrzymać możliwie najprostszy wzór wyrażający skład. Kolejność podawania symboli przedstawiono w 4.6, lecz *przy braku innych kryteriów uporządkowania*, we wzorze empirycznym należy stosować kolejność alfabetyczną symboli. Wyjątek stanowią związki zawierające grupy organiczne, w których C umieszcza się zazwyczaj jako pierwszy, natomiast H jako drugi symbol. Ze wzorów empirycznych nie można wyznaczyć mas cząsteczkowych i jonowych.

*Przykłady:*

1. ClK

2. CaO<sub>4</sub>S

3. O<sub>4</sub>Rb<sub>2</sub>S

4. Cl<sub>6</sub>K<sub>3</sub>Mo

5. ClHg

6. NS

7. C<sub>6</sub>FeK<sub>4</sub>N<sub>6</sub>

8. C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>ClFe

9. Cl<sub>6</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>W

10. BrClH<sub>3</sub>N<sub>2</sub>NaO<sub>2</sub>Pt

### 4.2.2. Wzory cząsteczkowe

Wzory cząsteczkowe związków złożonych z odrębnych cząsteczek są zgodne ze względną masą cząsteczkową (lub strukturą). Kolejność podawania symboli przedstawiono w 4.6.

*Przykłady:*

1.  $S_2Cl_2$  (zamiast SCl)
2.  $H_4P_2O_6$  (zamiast  $H_2PO_3$ )
3.  $Hg_2Cl_2$  (zamiast HgCl)

Jeżeli względne masy cząsteczkowe zmieniają się z temperaturą lub innymi warunkami, lepiej wówczas podawać wzór empiryczny, chyba że zależy nam na wykazaniu złożoności struktury danej substancji.

*Przykłady:*

4. S
5. P
6.  $NO_2$  (zamiast  $S_8, P_4, N_2O_4$ )

Kryteria uszeregowania symboli przedstawiono w 4.6.

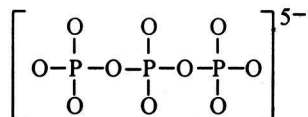
W odniesieniu do jonów, rodników itp. niektórzy specjaliści wolą stosować bardziej ogólne określenie „wzór grupowy” (ang. *group formula*).

### 4.2.3. Wzory strukturalne

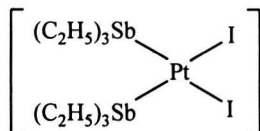
Wzory strukturalne (takie jak wzory przestrzenne, zob. [21]) dostarczają informacji o sposobie wiązania atomów w cząsteczce oraz o ich ułożeniu w przestrzeni. Linio-  
wy wzór może zawierać informacje strukturalne, ale wzory rozgałęzione (jak w przykładzie 2) mogą podawać ich więcej. W razie potrzeby można dołączyć przedrostki strukturalne (tab. V i 4.5.3). Jeśli wprowadzi się informacje strukturalne, to mogą stracić ważność zalecenia dotyczące zapisu wzoru cząsteczkowego.

*Przykłady:*

1.



2.

3.  $[(\text{NH}_3)_5\text{Cr}-\text{OH}-\text{Cr}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_5$ 4.  $[\text{Pt}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)\text{Cl}_2]$ 

#### 4.2.4. Informacje strukturalne dotyczące ciała stałego

Informacje strukturalne można także podawać, uściślając wzór cząsteczkowy przez wskazanie typu struktury (zob. 6.7.2). Odmiany polimorficzne można więc przedstawić na przykład dodając w nawiasie skrótowe oznaczenia odpowiedniego układu krystalograficznego. Struktury można również przedstawiać, dodając w nawiasie nazwę typu związku, pisaną kursywą, ale ten sposób postępowania nie zawsze jest jednoznaczny. Istnieje co najmniej dziesięć odmian  $\text{ZnS}(h)$ . Tam, gdzie istnieje kilka odmian polimorficznych, krystalizujących w tym samym układzie krystalograficznym, można je rozróżniać za pomocą symboli Pearsona (zob. także 3.7.3). Do wskazania odmiany polimorficznej stosuje się litery greckie, lecz praktyka ta bywa myląca i prowadzić może do nieporozumień. Na ogół zaleca się stosowanie jednej z przedstawionych tu metod.

Przykłady:

- |                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. $\text{TiO}_2(t)$                  | (typ <i>rutylu</i> )  |
| 2. $\text{TiO}_2(t)$                  | (typ <i>anatazu</i> ) |
| 3. $\text{TiO}_2(r)$                  | (typ <i>brukitu</i> ) |
| 4. $\text{AuCd}(c)$ lub $\text{AuCd}$ | (typ <i>CsCl</i> )    |

### 4.3. Określenie ilościowego stosunku składników

#### 4.3.1. Liczba atomów lub grup atomów

Liczbę identycznych atomów lub grup atomów we wzorze wskazuje się, stosując cyfry arabskie, umieszczone jako dolny prawy wskaźnik danego symbolu lub symboli (por. 3.4). Symbol może znajdować się w nawiasie okrągłym ( ), kwadratowym [ ], klamrowym { } lub też podaje się go bez żadnego nawiasu. Nawiasy mogą być

stosowane także (jeżeli ich brak powoduje niejasności) do oddzielenia symboli pojedynczych atomów lub grup atomów.

*Przykłady:*

1.  $\text{CaCl}_2$
2.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2(\text{SO}_4)_3$
3.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
4.  $[\{\text{Fe}(\text{CO})_3\}_3(\text{CO})_2]^{2-}$
5.  $\text{K}[\text{Os}(\text{N})\text{O}_3]$

Cząsteczek solwatowanych i podobnie związanych w związkach addycyjnych [np. w adduktach kwasowo-zasadowych Lewisa i kompleksach molekularnych typu *charge-transfer* (przeniesienia ładunku)] na ogół nie uważa się za związki koordynacyjne. Wzajemne stosunki ilościowe składników można wskazać, stosując cyfry arabskie poprzedzające ich wzory. Wzory poszczególnych składników związku oddziela się kropką, umieszczoną w połowie wysokości wiersza. Poszczególne klasy związków mogą mieć własne reguły ustalania swoich wzorów (por. np. 4.6).

*Przykłady:*

6.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
7.  $8\text{H}_2\text{S} \cdot 46\text{H}_2\text{O}$
8.  $\text{NH}_3 \cdot \text{B}(\text{CH}_3)_3$

### 4.3.2. Fazy ciała stałego

Wzory roztworów stałych i faz niestechiometrycznych przedstawiono w rozdz. 6.

## 4.4. Określenie stopnia utlenienia i ładunku składników

### 4.4.1. Stopień utlenienia

Stopień utlenienia pierwiastka we wzorze wskazuje się, stosując liczbę pisaną cyframi rzymskimi, umieszczoną jako prawy górny wskaźnik. Zerowy stopień utlenienia przedstawia się cyfrą 0. Jeśli pierwiastek w tym samym wzorze występuje na kilku różnych stopniach utlenienia, to powtarza się symbol pierwiastka i każdemu z nich przypisuje się liczbę (w kolejności rosnącej) od wartości ujemnej do dodatniej.

Przykłady:

- |  |   |
|--|---|
| 1. $[\text{P}^{\text{V}}_2\text{Mo}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$           | 4. $\text{Pb}^{\text{II}}_2\text{Pb}^{\text{IV}}\text{O}_4$ |
| 2. $\text{K}[\text{Os}^{\text{VIII}}(\text{N})\text{O}_3]$             | 5. $[\text{Os}^0(\text{CO})_5]$                             |
| 3. $[\text{Mo}^{\text{V}}_2\text{Mo}^{\text{VI}}_4\text{O}_{10}]^{2-}$ | 6. $\text{Na}_2\text{O}^{-1}_2$                             |

Jeżeli w sposób jednoznaczny trudno jest określić stopień utlenienia poszczególnego składnika grupy (lub klastera), zaleca się oznaczenie ogólnego stopnia utlenienia grupy przez podanie formalnego ładunku jonu w sposób przedstawiony w 4.4.2. Pozwala to wyeliminować stosowanie ułamkowych stopni utlenienia (<sup>4b</sup>).

Przykłady:

- |                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| 7. $\text{O}_2^-$ | 8. $\text{Fe}_4\text{S}_4^{3+}$ |
|-------------------|---------------------------------|

#### 4.4.2. Ładunek jonu

Ładunek jonu wskazuje się za pomocą prawego górnego wskaźnika, pisząc  $\text{A}^{n+}$  lub  $\text{A}^{n-}$  (a nie  $\text{A}^{+n}$  i  $\text{A}^{-n}$ ) (zob. 3.4). W takich wypadkach, jak jony koordynacyjne i struktury ciągle stosuje się  $n+$  lub  $n-$  w postaci prawego górnego wskaźnika, umieszczonego po odpowiednim nawiasie okrągłym lub kwadratowym. Należy zwrócić uwagę, że jeżeli nie ma nawiasu, poprawnym zapisem jest  $\text{X}_x\text{Y}_y^{n+}$  itp., nie  $\text{X}_x\text{Y}_y^{n+}$ .

Przykłady:

- |   |  |
|---|--|
| 1. $\text{Cu}^+$                            | 9. $\text{HF}_2^-$                       |
| 2. $\text{Cu}^{2+}$                         | 10. $\text{CN}^-$                        |
| 3. $\text{NO}^+$                            | 11. $\text{S}_2\text{O}_7^{2-}$          |
| 4. $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ | 12. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$      |
| 5. $\text{H}_2\text{NO}_3^+$                | 13. $(\text{O}_3\text{POSO}_3)^{3-}$     |
| 6. $[\text{PCl}_4]^+$                       | 14. $[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]^{3-}$ |
| 7. $\text{H}^-$                             | 15. $[(\text{CuCl}_3)_n]^{m-}$           |
| 8. $\text{As}^{3-}$                         |  |

#### 4.4.3. Rodniki

Komisja IUPAC zaleca, aby stosowanie słowa „rodnik” ograniczyć do form tradycyjnie określanych jako wolne rodniki. W tym kontekście rodnikiem jest atom lub grupa atomów zawierająca jeden lub więcej niesparowanych elektronów (por. 8.4.1). Rodnik może być również naładowany dodatnio lub ujemnie. W związkach metali przejściowych często nie ma potrzeby zaznaczania niesparowanych elektronów i zazwyczaj się tego nie robi. Nawet w rodnikach metali nieprzejściowych

rzadko wyraźnie zaznacza się elektrony. Natomiast ładunek rodnika musi być zawsze podany.

W razie potrzeby, rodnik zaznacza się kropką umieszczoną jako prawy górny wskaźnik przy symbolu pierwiastka lub grupy (<sup>4c</sup>). Wzory wieloatomowych rodników podaje się w nawiasach, a po nawiasie podaje się jako prawy górny wskaźnik kropkę. W rodnikach, które uważa się za związki koordynacyjne (por. rozdz. 10), kropkę umieszcza się jako prawy górny wskaźnik za nawiasem kwadratowym. Kropka (kropki) jako górny wskaźnik wskazuje jedynie niesparowany elektron (elektrony), a nie ich położenie. W rodnikach jonowych kropka poprzedza ładunek (<sup>4d</sup>).

*Przykłady:*

- |                                    |  |  |
|------------------------------------|--|--|
| 1. H <sup>•</sup>                  | 8. (CN) <sup>•</sup>                   | 15. (O <sub>2</sub> ) <sup>•-</sup>                                    |
| 2. Br <sup>•</sup>                 | 9. [Mn(CO) <sub>5</sub> ] <sup>•</sup> | 16. (NO) <sup>•-</sup>   |
| 3. <sup>7</sup> Li <sup>•</sup>    | 10. (HgCN) <sup>•</sup>                | 17. (Cl <sub>2</sub> ) <sup>•-</sup>                                   |
| 4. <sup>23</sup> Na <sup>•</sup>   | 11. (SnCl <sub>3</sub> ) <sup>•</sup>  | 18. (SO <sub>2</sub> ) <sup>•-</sup>                                   |
| 5. (NO <sub>2</sub> ) <sup>•</sup> | 12. [V(CO) <sub>6</sub> ] <sup>•</sup> | 19. (BH <sub>3</sub> ) <sup>•-</sup>                                   |
| 6. (OH) <sup>•</sup>               | 13. (Ag <sub>2</sub> ) <sup>•+</sup>   | 20. (CO <sub>2</sub> ) <sup>•-</sup>                                   |
| 7. (PO) <sup>•</sup>               | 14. (NH <sub>3</sub> ) <sup>•+</sup>   | 21. [Cr(C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>•+</sup>  |
|                                    |  | 22. [Cr(C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>•3-</sup> |

Dwa niesparowane elektrony można wskazać stosując dwie kropki lub pisząc 2 z kropką (2<sup>•</sup>). Więcej niż dwie kropki powinno się zawsze wskazywać górnym wskaźnikiem  $n^{\bullet}$ , gdzie  $n \geq 3$ .

*Przykłady:*

- |  |      |                                    |
|--|------|------------------------------------|
| 23. (O <sub>2</sub> ) <sup>••</sup>      | albo | (O <sub>2</sub> ) <sup>2•</sup>    |
| 24. (N <sub>2</sub> ) <sup>••2-</sup>    | albo | (N <sub>2</sub> ) <sup>2•2-</sup>  |
| 25. (N <sub>2</sub> O) <sup>••2+</sup>   | albo | (N <sub>2</sub> O) <sup>2•2+</sup> |
| 26. [FeCl <sub>4</sub> ] <sup>4•2-</sup> |      |                                    |

We wzorach strukturalnych może okazać się korzystne użycie kropki do wskazania położenia niesparowanego elektronu (elektronów).

## 4.5. Dalsze modyfikacje wzorów

### 4.5.1. Związki optycznie czynne

Znak skręcalności optycznej umieszcza się w nawiasie, zaś długość fali (w nm) jako prawy dolny wskaźnik. Cały symbol umieszcza się przed wzorem i odnosi się do linii D sodu, o ile nie podano inaczej (<sup>46</sup>).

Przykłady:

1. (+)<sub>589</sub>[Co(NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>]Cl<sub>3</sub>
2. (-)<sub>589</sub>[Co{(-)NH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>}<sub>3</sub>]Cl<sub>3</sub>

### 4.5.2. Stany wzbudzone

Elektronowe stany wzbudzone można zaznaczyć umieszczając gwiazdkę jako prawy górny wskaźnik. Ten sposób postępowania nie odróżnia poszczególnych stanów wzbudzonych.

Przykłady:

1. He\*
2. NO\*

### 4.5.3. Modyfikatory strukturalne

Modyfikatory, takie jak *cis-*, *trans-* itp. zebrano w tab. V. Zazwyczaj modyfikatory tego typu pisze się kursywą i łączy się ze wzorem za pomocą łącznika.

Przykłady:

1. *cis*-[PtCl<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]
2. *trans*-[PtCl<sub>4</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]
3. *trans*-[MoCl<sub>4</sub>(thf)<sub>2</sub>] · *trans*-[ReCl(N<sub>2</sub>)(PMe<sub>2</sub>Ph)<sub>4</sub>]

Przykład 3 zawiera skrót thf, oznaczający tetrahydrofuran. Tab. 10.5 przedstawia powszechnie stosowane skróty; zob. także 4.6.7.2.

Często spotykamy się z modyfikatorem  $\mu$  stosowanym do oznaczania atomu lub grupy atomów łączącej centra koordynacyjne i wówczas można go stosować jako wrostek. Na ogół grupy mostkowe umieszcza się we wzorze na końcu, dodając przedrostek  $\mu$  i zamykając w nawiasie okrągłym. Zawsze jednak przedrostek ten

umieszcza się we wzorze po atomie (atomach) centralnym. Jeśli grupa mostkowa obejmuje więcej niż dwa atomy, zapisuje się  $\mu$  jako  $\mu_3, \mu_4, \dots, \mu_n$ . Jeśli jest więcej niż jedna grupa mostkowa, to mostki powinny być wymieniane według wzrastającej krotności mostka. Jeśli dwie (lub więcej) grupy mostkowe mają tę samą krotność, o kolejności cytowania powinien decydować porządek alfabetyczny różnych symboli mostka. Pełną dyskusję na temat związków koordynacyjnych i stosowania modyfikatorów strukturalnych można znaleźć w rozdz. 2, a zwłaszcza w rozdz. 10.

*Przykłady:*

4.  $[\{\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\}_2(\mu\text{-OH})]\text{Cl}_5$
5.  $[\text{Cr}_3(\mu\text{-CH}_3\text{COO})_6(\mu_3\text{-O})]\text{Cl}$
6.  $[\{\text{Co}(\text{CN})_5\}\{\text{Fe}(\text{CN})_5\}(\mu\text{-CN})]$

## 4.6. Kolejność występowania symboli

### 4.6.1. Pierwszeństwo

#### 4.6.1.1. Uwagi ogólne

Kolejność symboli we wzorze jest zawsze kwestią wyboru i w każdym poszczególnym przypadku powinna służyć wygodzie. Na przykład kolejność, którą przyjmuje się w skorowidzu, powinna być zgodna z powszechnie stawianymi wymaganiami. Jeśli nie ma ważniejszych względów, to powinno się stosować do zaleceń zebranych w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Sposób tworzenia wzoru związku

- (1) Przypisz poszczególnym składnikom ich symbole (rozdz. 3).
- (2) Wskaż wzajemne stosunki składników (4.3).
- (3) Podziel składniki na elektrododatnie i elektroujemne (4.6.1.2). Wymaga to ustalenia rodzaju związku. Istnieją specjalne reguły dla kwasów (4.6.1.2), grup wieloatomowych (4.6.5), związków binarnych (4.6.2), związków łańcuchowych (4.6.3), związków międzymetalicznych (4.6.6), związków koordynacyjnych (4.6.7) i związków addycyjnych (4.6.8).
- (4) Złóż ze składowych wzór (4.6).
- (5) Wstaw odpowiednie modyfikatory (geometryczne itp.) (4.2.3, 4.2.4, 4.5, 4.7).
- (6) Jeśli potrzeba, określ stopnie utlenienia, ładunki itp. (4.4).

#### 4.6.1.2. Elektroujemność i kolejność wymieniań składników

Symbole we wzorach wymienia się na ogół w kolejności wzrastającej elektroujemności składników. Wobec braku uniwersalnej skali elektroujemności przewodnikiem po względnych elektroujemnościach mogą być dane zawarte w tab. IV. Zgodnie z kolejnością przedstawioną w tej tabeli, pierwiastki przed Al należy uważać za elektroujemne, a pierwiastki po B za elektrododatnie. Nie należy jednak traktować tego zalecenia jako ścisły przepis. W związkach binarnych niemetali (4.6.2), w grupach wieloatomowych (4.6.5) i w związkach międzymetalicznych (4.6.6) za elektrododatni przyjmuje się pierwszy składnik nawet wtedy, gdy sprzeczne jest to z ogólnymi kryteriami. W szczególnych przypadkach, tak jak np. przy tlenkach fluorowców, może zaistnieć konieczność modyfikacji tych zaleceń. We wzorach kwasów Brønsteda (5.3.2) wodór kwasowy uważa się za składnik elektrododatni i umieszcza bezpośrednio przed składnikami anionowymi.

Jeżeli związek zawiera więcej niż jeden składnik elektrododatni lub elektroujemny, kolejność w obrębie każdej klasy jest kolejnością alfabetyczną ich symboli.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 1. KCl   | 6. H[AuCl <sub>4</sub> ]                         |
| 2. CaSO <sub>4</sub>                                   | 7. Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> |
| 3. HBr   | 8. NaHSO <sub>4</sub>                            |
| 4. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                      | 9. IBrCl <sub>2</sub>                            |
| 5. [Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub> | 10. O <sub>2</sub> ClF <sub>3</sub>              |

#### 4.6.1.3. Kolejność alfabetyczna

Symbole jednoliterowe, np. B, mają zawsze pierwszeństwo przed symbolami dwuliterowymi o tej samej literze początkowej, np. Be. Wodór niekwasowy w anionie jest ligandem zajmującym swoje normalne, alfabetyczne położenie. Wodór kwasowy traktowany jest w sposób opisany w 4.6.1.2. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> traktuje się jak pojedynczy symbol i wymienia się go po Ne. Jeżeli pierwsze symbole są takie same, składnik jednoatomowy umieszcza się przed składnikiem wieloatomowym lub złożonym, np. O<sup>-</sup> ma pierwszeństwo przed OH<sup>-</sup>. Jeżeli jednostki wchodzące w skład wzoru są wieloatomowe, to o kolejności wymieniań decyduje wybór symbolu atomu, który charakteryzuje jednostkę. Zgodnie z 4.6.2 – 4.6.7 pierwszy symbol we wzorze jednostki koordynacyjnej lub grupy wieloatomowej rozstrzyga o kolejności alfabetycznej. Na przykład SCN<sup>-</sup>, UO<sub>2</sub><sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, OH<sup>-</sup> i [Zn(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> są uporządkowane zgodnie z symbolami S, U, N, O i Zn. Patrz także rozdz. 2.

Jeżeli pierwsze symbole są takie same, najpierw wymienia się symbol z mniejszym prawym wskaźnikiem; na przykład NO<sub>2</sub> umieszcza się przed N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Jeśli to jeszcze nie pozwala na rozróżnienie, bierze się pod uwagę kolejność alfabetyczną i

liczbową kolejnych symboli, np.  $\text{NO}_2^-$  umieszcza się przed  $\text{NO}_3^-$ , zaś  $\text{NH}_2^-$  przed  $\text{NO}_2^-$ . Kolejność podawania niektórych anionów azotu jest następująca:  $\text{N}^{3-}$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}_2^{2-}$ ,  $\text{N}_3^-$ .

Zalecenia zawarte w 4.6.1.2 i 4.6.1.3 ilustrują następujące przykłady:

*Przykłady:*

- |   |   |
|---|---|
| 1. $\text{KMgF}_3$  | 10. $\text{Na}(\text{UO}_2)_3[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_9$ |
| 2. $\text{NaTl}(\text{NO}_3)_2$   | 11. $\text{MgCl}(\text{OH})$  |
| 3. $\text{CaTiO}_3$   | 12. $\text{VOSO}_4$   |
| 4. $\text{TiZnO}_3$   | 13. $\text{AlLiMn}^{\text{IV}}_2\text{O}_4(\text{OH})_4$  |
| 5. $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                        | 14. $\text{FeO}(\text{OH})$   |
| 6. $\text{LiH}_2\text{PO}_4$  | 15. $\text{ZnN}_3\text{OH}$   |
| 7. $\text{KHS}$   | 16. $\text{Co}_2\text{NO}_3(\text{OH})_3$   |
| 8. $\text{NaH}_2\text{PO}_3$  | 17. $\text{Na}_6\text{ClF}(\text{SO}_4)_2$  |
| 9. $\text{K}_2\text{Mg}_2\text{V}_{10}\text{O}_{28} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ | 18. $\text{Pb}(\text{OH})(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)$  |

Dozwolone jest odejście od kolejności alfabetycznej do podkreślenia podobieństwa pomiędzy związkami.

*Przykład:*

19.  $\text{CaTiO}_3$  i  $\text{ZnTiO}_3$

#### 4.6.2. Związki binarne niemetalu

Zgodnie z ustaloną praktyką w związkach binarnych niemetalu ten składnik, który pojawia się wcześniej w podanym niżej szeregu, umieszcza się jako pierwszy (<sup>4f</sup>).

Rn, Xe, Kr, Ar, Ne, He, B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Te, Se, S, At, I, Br, Cl, O, F.

*Przykłady:*

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. $\text{NH}_3$         | 4. $\text{OF}_2$          |
| 2. $\text{H}_2\text{S}$  | 5. $\text{B}_2\text{H}_6$ |
| 3. $\text{Cl}_2\text{O}$ | 6. $\text{PH}_3$          |

#### 4.6.3. Związki łańcuchowe

W wypadku związków łańcuchowych zawierających trzy lub więcej różnych pierwiastków kolejność na ogół powinna być zgodna z tą kolejnością, według której atomy wiążą się w danej cząsteczce lub jonie.

*Przykłady:*

1.  $-\text{SCN}$  (nie CNS)
2.  $\text{HOCN}$  (kwas cyjanowy)
3.  $\text{HONC}$  (kwas fulminowy lub piorunowy)
4.  $(\text{O}_3\text{POSO}_3)^{3-}$

**4.6.4. Jony wieloatomowe**

Jony wieloatomowe, w tym również kompleksy, traktowane są w podobny sposób. Atom (atomy) centralny (np. I w  $[\text{ICl}_4]^-$ , U w  $\text{UO}_2^{2+}$ , Si i W w  $[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ ) lub atom charakterystyczny (jak np. Cl w  $\text{ClO}^-$ , O w  $\text{OH}^-$ ) wymienia się jako pierwszy, zaś grupy pomocnicze po nim alfabetycznie w obrębie każdej klasy.

*Przykłady:*

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. $\text{SO}_4^{2-}$              | 7. $[\text{P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$ |
| 2. $\text{UO}_2^{2+}$              | 8. $[\text{Mo}_6\text{O}_{18}]^{2-}$             |
| 3. $\text{NO}_2^-$                 | 9. $[\text{CrO}_7\text{S}]^{2-}$                 |
| 4. $\text{ClO}^-$                  | 10. $[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$        |
| 5. $\text{OH}^-$ ( <sup>4g</sup> ) | 11. $[\text{BH}_4]^-$                            |
| 6. $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$     | 12. $[\text{ICl}_4]^-$                           |

**4.6.5. Związki lub grupy wieloatomowe**

Ponieważ istnieje konieczność wskazania atomu centralnego związku lub grupy, atom ten zawsze wymienia się na pierwszym miejscu. Jeśli do atomu centralnego dołączone są dwa (lub więcej) różne atomy lub grupy, to po symbolu atomu centralnego umieszcza się symbole pozostałych atomów lub grup w porządku alfabetycznym. Jedynym wyjątkiem są kwasy, w których wzorach wodór podaje się jako pierwszy. Kiedy część cząsteczki stanowi grupę, taką jak np.  $\text{>P=O}$ , która powtarza się w dużej liczbie różnych związków, grupę taką można uważać za dodatnią część związku.

*Przykłady:*

- |   |   |
|---|---|
| 1. $\text{PBrCl}_2$                           | 4. $\text{PSCl}_3$ lub $\text{PCl}_3\text{S}$ |
| 2. $\text{SbCl}_2\text{F}$                    | 5. $\text{H}_3\text{PO}_4$                    |
| 3. $\text{POCl}_3$ lub $\text{PCl}_3\text{O}$ |   |

### 4.6.6. Związki międzymetaliczne

Składniki (w tym Sb) ustawia się alfabetycznie według ich symboli. Dozwolone są odstępstwa od tej kolejności, na przykład dla podkreślenia jonowego charakteru lub gdy porównuje się związki o analogicznej strukturze. Jednak jeśli nie ma szczególnych powodów, należy stosować kolejność alfabetyczną.

*Przykłady:*

- |                       |                                    |   |                         |
|-----------------------|------------------------------------|---|-------------------------|
| 1. Au <sub>2</sub> Bi | 4. Cu <sub>5</sub> Zn <sub>8</sub> | } | (struktury analogiczne) |
| 2. NiSn               | 5. Cu <sub>5</sub> Cd <sub>8</sub> |   |                         |
| 3. Mg <sub>2</sub> Pb | 6. Na <sub>3</sub> Bi <sub>5</sub> |   | (charakter jonowy)      |

### 4.6.7. Związki koordynacyjne

#### 4.6.7.1. Podsumowanie stosowanych formalizmów

Nomenklaturze związków koordynacyjnych poświęcono rozdz. 10. Z punktu widzenia wzorów związki koordynacyjne traktuje się podobnie jak inne grupy wieloatomowe. We wzorze jednostki koordynacyjnej symbol atomu (atomów) centralnego umieszcza się jako pierwszy, po nim zaś wymienia się najpierw ligandy anionowe, a potem obojętne. O kolejności podawania atomów centralnych decyduje porządek alfabetyczny symboli. Ligandy wymienia się alfabetycznie w obrębie każdej klasy zgodnie z pierwszym symbolem ich wzorów, jak podano w 4.6.1 – 4.6.5. I tak, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, SiH<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> i OH<sup>-</sup> wymienia się według ich pierwszych symboli H, N, Si, N, S i O, przy czym ligandy zawierające tylko węgiel i wodór wymienia się pod literą C. Ligandy organiczne, zawierające heteroatomy (atomy inne niż atomy węgla i wodoru) mają swoje wzory uporządkowane zgodnie z systemem organicznym, w którym C i H znajdują się przed pozostałymi atomami ułożonymi alfabetycznie. O ostatecznej kolejności liganda decyduje więc kolejność alfabetyczna heteroatomu (heteroatomów). Z dwóch ligandów o tym samym atomie podstawowym, ligand o mniejszej liczbie atomów umieszcza się przed ligandem, który ma tych atomów więcej. Jeśli liczby atomów podstawowych są równe, kolejność określają symbole następujące po nich. Na przykład kolejność P(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub> i C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N jest określana według P i N; C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N występuje więc przed NH<sub>3</sub>, a C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub> wyprzedza C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>.

Do zamknięcia całej jednostki koordynacyjnej, bez względu na to, czy jest ona obdarzona ładunkiem, czy też nie, stosuje się nawiasy kwadratowe. Praktyka ta nie jest konieczna w wypadku prostych form, takich jak pospolite oksoaniony (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,

$\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$  itp.). Różne nawiasy umieszcza się w obrębie nawiasu kwadratowego w następującej kolejności: [()], [{}()], [{}{}()], [{}{}{}()] itp.

Wzór strukturalny liganda zajmuje to samo miejsce w sekwencji ligandów co wzór cząsteczkowy.

Cząsteczki NO i CO związane z atomem metalu uważa się, z punktu widzenia nomenklatury, za ligandy obojętne.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$                                  | 6. $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5(\text{N}_2)]\text{Cl}$  |
| 2. $\text{K}_2[\text{OsCl}_5\text{N}]$                                   | 7. <i>cis</i> - $[\text{PtCl}_2\{\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\}_2]$                     |
| 3. $[\text{Co}(\text{N}_3)(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4$                   | 8. $\text{Na}[\text{PtBrCl}(\text{NO}_2)\text{NH}_3]$                                       |
| 4. $[\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$                   | 9. $[\text{PtCl}_2(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})\text{NH}_3]$                               |
| 5. $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{CN})_2\text{O}_2(\text{O}_2)\text{NH}_3]$ | 10. $[\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)]^{3+}$ |

#### 4.6.7.2. Skróty

Do przedstawienia ligandów we wzorze można stosować skróty, które umieszcza się w tym samym miejscu co odpowiedni wzór. Skróty powinny być pisane małymi literami i zamknięte w nawiasach okrągłych. Niektóre pospolicie stosowane skróty zebrano w tab. 10.5 i X.

*Przykłady:*

1.  $[\text{Pt}(\text{py})_4][\text{PtCl}_4]$
2.  $[\text{Fe}(\text{en})_3][\text{Fe}(\text{CO})_4]$
3.  $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{bpy})]^{3+}$  lub  $[\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2)]^{3+}$

We wzorach nieorganicznych akceptuje się powszechnie stosowane skróty grup organicznych, takie jak Me, Ph, Bu itp. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że muszą być widoczne różnice między anionem i jego macierzystym kwasem. I tak, acac jest przyjętym skrótem dla acetyloacetonianu. Acetyloaceton (pentano-2,4-dion) staje się więc Hacac (tab. 10.5 i X). Nieprzestrzeganie tej konwencji prowadzi do zamieszania i powoduje konieczność stosowania znaku minus dla wykazania braku atomów. Takie praktyki nie są zalecane.

#### 4.6.8. Związki addycyjne

We wzorach związków addycyjnych cząsteczki składowe wymienia się w kolejności wzrastającej liczby tych cząsteczek. Jeśli zaś liczba ta jest taka sama, to wymienia się je w kolejności alfabetycznej pierwszych symboli. Związki addycyjne zawierające związki boru lub wodę są wyjątkami w tym sensie, że wymienia się je

na końcu. Jeżeli obecne są oba związki, związek boru wymienia się przed wodą. Jest to tradycyjny sposób postępowania przy hydratách.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 1. $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  | 5. $8\text{H}_2\text{S} \cdot 46\text{H}_2\text{O}$                      |
| 2. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$                                 | 6. $\text{C}_6\text{H}_6 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{Ni}(\text{CN})_2$ |
| 3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ | 7. $2\text{CH}_3\text{OH} \cdot \text{BF}_3$                             |
| 4. $\text{AlCl}_3 \cdot 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                | 8. $\text{BF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                               |

## 4.7. Związki modyfikowane izotopowo

### 4.7.1. Ogólne zasady

Liczbę masową każdego określonego nuklidu można wskazać w zwykły sposób za pomocą lewego górnego wskaźnika przed odpowiednim symbolem atomowym (3.4).

Kiedy zachodzi potrzeba podania różnych nuklidów w tym samym położeniu we wzorze, symbole nuklidu pisze się w porządku alfabetycznym; gdy zaś symbole atomowe są identyczne, ustala się je według wzrastającej liczby masowej. Izotopowo modyfikowane związki można podzielić na związki podstawione izotopowo i związki znaczone izotopowo [17].

### 4.7.2. Związki podstawione izotopowo

Związek podstawiony izotopowo odznacza się tym, że wszystkie cząsteczki związku mają jedynie wskazany nuklid (nuklidy) w danej pozycji. Podstawione nuklidy zaznacza się przez podanie liczb masowych jako lewych górnych wskaźników, poprzedzających symbole odpowiednich atomów w normalnym wzorze.

*Przykłady:*

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. $\text{H}^3\text{HO}$             | 5. $^{32}\text{PCl}_3$                                    |
| 2. $\text{H}^{36}\text{Cl}$          | 6. $\text{K}[^{32}\text{PF}_6]$                           |
| 3. $^{235}\text{UF}_6$               | 7. $\text{K}_3^{42}\text{K}[\text{Fe}(^{14}\text{CN})_6]$ |
| 4. $^{42}\text{KNa}^{14}\text{CO}_3$ |   |

### 4.7.3. Związki znaczone izotopowo

#### 4.7.3.1. Rodzaje znakowania

Związek znaczone izotopowo można formalnie uważać za mieszaninę izotopowo nie zmodyfikowanego związku i jednego (lub więcej) z analogicznych, izotopowo podstawionych związków. Związki znaczone można podzielić na kilka różnych grup. Zajmiemy się tutaj związkami znaczoymi specyficznymi i związkami znaczoymi selektywnymi.

#### 4.7.3.2. Związki znaczone specyficznie

Izotopowo znaczonego związku nazywa się związkiem specyficznie znaczoym, jeżeli dany, izotopowo podstawiony związek doda się formalnie do izotopowo nie zmodyfikowanego analogicznego związku. Specyficznie znaczonego związku zaznacza się, zamykając symbol (symbole) odpowiedniego nuklidu (nuklidów) wraz ze wskaźnikiem zwielokrotniającym (o ile taki występuje) w nawiasie kwadratowym.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\text{H}[\text{}^{36}\text{Cl}]$                     | 4. $[\text{}^{13}\text{C}]\text{O}[\text{}^{17}\text{O}]$   |
| 2. $[\text{}^{32}\text{P}]\text{Cl}_3$                   | 5. $[\text{}^{32}\text{P}]\text{O}[\text{}^{18}\text{F}_3]$ |
| 3. $[\text{}^{15}\text{N}]\text{H}_2[\text{}^2\text{H}]$ | 6. $\text{Ge}[\text{}^2\text{H}_2]\text{F}_2$               |

#### 4.7.3.3. Związki znaczone selektywnie

Selektywnie znaczonego związku można uważać za mieszaninę związków znaczoym specyficznie. Zapisuje się go, podając przed wzorem związku symbol (symbole) nuklidu (bez wskaźników zwielokrotniających), zamknięty w nawiasie kwadratowym.

*Przykłady:*

- $[\text{}^{36}\text{Cl}]\text{SOCl}_2$
- $[\text{}^2\text{H}]\text{PH}_3$
- $[\text{}^{10}\text{B}]\text{B}_2\text{H}_5\text{Cl}$

Liczbę możliwych znaczoym atomów w określonym położeniu można wskazać za pomocą dolnych wskaźników oddzielonych średnikami, które dodaje się do symbolu (symboli) atomu (atomów) w deskrypcji izotopowym.

*Przykład:*

- $[\text{}^1\text{}^2\text{H}_{1,2}]\text{SiH}_3\text{OSiH}_2\text{OSiH}_3$

## 4.8. Uwagi końcowe

Przedstawione zalecenia stanowią wytyczne mające na celu wyjaśnienie podstawowych reguł, według których formuluje się wzór chemiczny. Korzystając z tego rozdziału przy ustalaniu wzoru, warto posłużyć się jako przewodnikiem tab. 4.1. Często jednak nie można oddzielić reguł odnoszących się do wzorów od reguł odnoszących się do nazw. Dlatego też użytkownik powinien również korzystać z bardziej specjalistycznych rozdziałów lub innych artykułów, aby uzyskać informacje dotyczące poszczególnych typów związków (np. z rozdz. 10 w wypadku związków koordynacyjnych lub z opracowania [17] dla związków modyfikowanych izotopowo). Dołożyliśmy wszelkich starań, aby wyłożone w tym rozdziale reguły miały zastosowanie ogólne.

## Przypisy

<sup>(4a)</sup> Zasadniczo nie zaleca się stosowania wzorów w tekście, ale w razie pojawienia się długich i kłopotliwych nazw można podawać wzory; wyjątek stanowi początek zdania.

<sup>(4b)</sup> Stopień utlenienia jest pojęciem formalnym, wprowadzonym w celu przypisania elektronów poszczególnym atomom lub grupom atomów w cząsteczce oraz w celu zrozumienia reakcji redoksowych. Pierwotne reguły określania stopnia utlenienia nie dopuszczały wartości ułamkowych. Z powodu trudności z przypisaniem elektronów określonym atomom przy ułamkowym stopniu utlenienia, zaleca się raczej rezygnowanie z ułamkowego stopnia utlenienia na korzyść sugerowanego tu formalizmu opartego na ładunku.

<sup>(4c)</sup> Ten sposób stosowania różni się w szczegółach od praktyki zalecanej w nomenklaturze związków organicznych (reguła C-81 w [21]) i w chemii ciała stałego (rozdz. 6). Natomiast we wzorach strukturalnych, w których należy zaznaczyć niesparowane elektrony, stosowanie kropki powinno być zgodne z regułami nomenklatury organicznej.

<sup>(4d)</sup> Zalecenie to jest zgodne z nomenklaturą związków organicznych (reguły C-83.3 i C-84.4 w [21]) oraz z zasadami zawartymi w [23], ale różni się od zaleceń stosowanych w spektrometrii masowej [29]. Jeżeli wydaje się, że sposób zapisu w postaci  $M^{2+2-}$  może budzić wątpliwości, proponuje się stosowanie nawiasów, a mianowicie  $M^{(2+)(2-)}$ .

<sup>(4e)</sup> Przykłady zastosowania praktycznego bardziej szczegółowo opisano w nomenklaturze związków organicznych (reguła E-4.4 w [2, 21]).

<sup>(4f)</sup> Antymon jest tu zaliczony do niemetalu, lecz jego właściwości są pośrednie pomiędzy metalami i niemetalami. W innym kontekście może on być uważany za metal. Zastosowana tu kolejność jest zmodyfikowaną kolejnością elektroujemności.

<sup>(4g)</sup> Jon wodorotlenkowy jest przedstawiany symbolem  $\text{OH}^-$ , chociaż zalecenia dotyczące wzorów kwasów (4.6.1.2 i rozdz. 9) sugerowałyby  $\text{HO}^-$ . Przykład 5 zgadza się z ogólnie stosowaną praktyką.



---

## 5. NAZWY OPARTE NA STECHIOMETRII

---

### SPIS TREŚCI

- 5.1. Wprowadzenie
- 5.2. Klasyfikacja i kolejność podawania składników
- 5.3. Nazwy składników
  - 5.3.1. Składniki elektrododatnie
  - 5.3.2. Kolejność składników elektrododatnich
  - 5.3.3. Jednoatomowe składniki elektroujemne
  - 5.3.4. Homoatomowe składniki elektroujemne
  - 5.3.5. Heteropoliatomowe składniki elektroujemne
- 5.4. Kolejność podawania składników w obrębie klas
- 5.5. Określanie ilościowych stosunków składników
  - 5.5.1. Stosowanie przedrostków zwielokrotniających
  - 5.5.2. Stosowanie liczby utlenienia i liczby ładunku
    - 5.5.2.1. Definicje
    - 5.5.2.2. Liczba utlenienia
    - 5.5.2.3. Liczba ładunku
- 5.6. Związki addycyjne
- 5.7. Wodorki boru
- 5.8. Uwagi końcowe
  - 5.8.1. Właściwy wybór nazwy
  - 5.8.2. Podsumowanie

### 5.1. Wprowadzenie

Rozdział ten podaje sposób nadawania nazw związkom, których struktura jest nieznana (lub słabo poznana), lub nazw, od których wymaga się tylko minimum informacji strukturalnych. W takich wypadkach można wyprowadzić nazwę z niestrukturalnego wzoru empirycznego (por. 4.2.1). Jednak w praktyce dysponujemy pewnym minimum dodatkowych informacji chemicznych. Wiele związków nieorganicznych uważa się za połączenia złożone z części elektrododatniej (na ogół kationowej) i elektroujemnej (na ogół anionowej), dlatego reguły, które stosuje się do ułożenia symboli w odpowiednie wzory w obrębie grup elektrododatnich i elektroujemnych, stosuje się również do nadawania nazw (por. 4.6).

## 5.2. Klasyfikacja i kolejność podawania składników

W prostych przypadkach związków złożonych z jednego składnika elektrododatniego i jednego składnika elektroujemnego, nazwy tworzy się przez połączenie nazw obu składników i dodanie odpowiednich przedrostków zwielokrotniających. W języku polskim składnik elektroujemny wymienia się w pierwszej kolejności. Obie części nazwy oddziela się spacją. W wypadku jednoatomowego składnika elektrododatniego nazwa jest nazwą pierwiastka w dopełniaczu. Nazwy składników elektroujemnych są na ogół nazwami anionów (por. 8.3). Nie ma potrzeby wprowadzania przedrostków zwielokrotniających w związkach, których składniki występują na tym samym stopniu utlenienia, nawet wtedy, kiedy ściśle wyprowadzenie nazwy stawiałoby takie wymagania.

*Przykłady:*

- |                                   |                      |
|-----------------------------------|----------------------|
| 1. NaCl                           | chlorek sodu         |
| 2. Ca <sub>3</sub> P <sub>2</sub> | fosforek wapnia      |
| 3. Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | tetratlenek trżelaza |
| 4. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | tritlenek diżelaza   |
| 5. SiC                            | węglik krzemu        |

## 5.3. Nazwy składników

### 5.3.1. Składniki elektrododatnie

W języku polskim nazwa jednoatomowego składnika elektrododatniego jest nazwą tego pierwiastka w dopełniaczu (tab. 1). Składnik wieloatomowy przyjmuje zazwyczaj nazwę kationu (także w dopełniaczu; zob. 8.2.3 i rozdz. 10), lecz w pewnych przypadkach są również dozwolone powszechnie przyjęte nazwy rodnikowe (w szczególności ugrupowań zawierających tlen, takich jak nitrozył lub fosforył; patrz 8.4.2.2). W języku polskim nazwy te występują również w dopełniaczu.

*Przykłady:*

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. NH <sub>4</sub> Cl                                  | chlorek amonu               |
| 2. UO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                     | dichlorek uranylu           |
| 3. POCl <sub>3</sub>                                   | trichlorek fosforylu        |
| 4. NOHSO <sub>4</sub>                                  | wodorosiarczan nitrozyłu    |
| 5. NOCl  | chlorek nitrozyłu           |
| 6. [Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Br <sub>3</sub> | tribromek heksaaminakobaltu |

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 7. $\text{OF}_2$              | difluorek tlenu              |
| 8. $\text{O}_2\text{F}_2$     | difluorek ditlenu            |
| 9. $\text{O}_2[\text{PtF}_6]$ | heksafluoroplatynian ditlenu |

### 5.3.2. Kolejność składników elektrododatnich

Jeżeli związek zawiera kilka składników elektrododatnich, nazwy ich wymienia się w alfabetycznym porządku początkowych liter. Jeśli początkowe litery są identyczne, porządek alfabetyczny dotyczy drugiej z kolei lub jeszcze dalszej litery. I tak kadm powinien być przed kobaltem, potas zaś przed prazeodymem. Wodór wymienia się zawsze na końcu składników elektrododatnich i oddziela od anionu spacją, chyba że wiemy, iż wiąże się on z anionem. W takim wypadku lepiej wprowadzić nazwę, taką jak np. „wodorofosforan”, o odmiennym znaczeniu strukturalnym od nazwy „fosforan wodoru” (patrz 8.5.2).

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\text{KMgCl}_3$  | chlerek magnezu potasu  |
| 2. $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$   | fosforan amonu sodu wodoru  |
| 3. $\text{Na}(\text{UO}_2)_3[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_9$ | nonaocjan heksaakwacyнку sodu triuranylu  |
| 4. $\text{Cs}_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$  | tri(szczawian) tricezu żelaza ( <sup>5a</sup> )   |
| 5. $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  | bis(siarczan) glinu potasu—woda (1/12) lub siarczan glinu—siarczan potasu—woda (1/1/24) ( <sup>5b</sup> ) |
| 6. $\text{Ca}_3\text{H}_3\text{ClF}(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)_2$                                 | chlerek fluorek fosforan bis(siarczan) triwapnia triwodoru  |

### 5.3.3. Jednoatomowe składniki elektroujemne

W języku polskim najczęściej nazwę jednoatomowego anionu tworzy się z nazwy pierwiastka, dodając zakończenie typowe dla anionów nieorganicznych -ek (czasem -ik).

*Przykłady:*

1. chlerek pochodzi od słowa chlor
2. wolframek – wolfram
3. arsenek – arsen
4. glinek – glin

5. manganek – mangan
6. krzemek – krzem
7. azotek – azot
8. tlenek – tlen
9. fosforek – fosfor
10. germanek – german
11. bizmutek – bizmut
12. kobaltek – kobalt
13. niklek – nikiel
14. neonek – neon
15. argonek – argon
16. kryptonek – krypton
17. radonek – radon
18. potasek – potas
19. cynkek – cynk

Reguła ta ma wyjątki. W pewnych wypadkach stosuje się nieco zmienione nazwy.

*Przykłady:*

20. siarczek – siarka
21. węglik – węgiel
22. wodorek – wodór
23. sodek – sól
24. ołówek – ołów
25. rtęciek – rtęć
26. srebrek – srebro
27. złotek – złoto
28. żelazek – żelazo
29. cynek – cyna
30. miedzik – miedź

Jeśli związek zawiera kilka składników elektroujemnych, to ich nazwy ułożone są alfabetycznie (por. 5.3.2), zgodnie z początkowymi literami nazw (lub liter następnich, jeśli pierwsze litery są identyczne). Nie uwzględnia się początkowych liter przedrostków zwielokrotniających poprzedzających daną nazwę. Poszczególne składniki nazwy oddziela się spacją.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 31. $\text{BBrF}_2$                        | bromek difluorek boru                                |
| 32. $\text{PCl}_3\text{O}$                 | trichlorek tlenek fosforu                            |
| 33. $\text{Na}_6\text{ClF}(\text{SO}_4)_2$ | chlerek fluorek bis(siarczan) heksasodu (por. 5.5.1) |
| 34. $\text{Na}_2\text{F}(\text{HCO}_3)$    | fluorek wodorowęglan sodu                            |

### 5.3.4. Homoatomowe składniki elektroujemne

Noszą one nazwy jednoatomowych składników wyjściowych, lecz jeśli istnieje taka potrzeba, dodaje się do nich odpowiednie przedrostki zwielokrotniające (por. 5.5.1). Jeśli trzeba zwrócić uwagę na jakieś szczególne cechy strukturalne, stosuje się nawiasy.

*Przykłady:*

- |                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1. $\text{Na}_4\text{Sn}_9$ | (nonacynek) tetrasodu             |
| 2. $\text{TlCl}_3$          | trichlorek talu ( <sup>5c</sup> ) |
| 3. $\text{Ti}(\text{I}_3)$  | (trijodek) talu ( <sup>5c</sup> ) |
| 4. $\text{Na}_2\text{S}_2$  | disiarczek sodu                   |

Niektóre aniony homopoliatomowe noszą nazwy zwyczajowe, które są nadal dozwolone.

*Przykłady:*

- |                      |             |
|----------------------|-------------|
| 5. $\text{O}_2^-$    | ponadtlenek |
| 6. $\text{O}_2^{2-}$ | nadtlenek   |
| 7. $\text{O}_3^-$    | ozonek      |
| 8. $\text{N}_3^-$    | azydek      |
| 9. $\text{C}_2^{2-}$ | acetylenek  |

### 5.3.5. Heteropoliatomowe składniki elektroujemne

Nazwy tych anionów przyjmują zakończenie -an lub -ian, chociaż dozwolone są pewne wyjątki (zob. przykłady od 11 do 16 podane dalej). Czasami lepiej jest rozważać anion jako jednostkę koordynacyjną (kompleks) i wówczas stosuje się nazwę zgodną z zasadami nomenklatury koordynacyjnej (rozdz. 10). Nazwę anionu tworzy się wtedy z nazw ligandów i nazwy atomu centralnego (lub atomu charakterystycznego) i dodaje zakończenie -an lub -ian (listę takich nazw przedstawiono w tab. 9.2). W takich wypadkach, dla uniknięcia dwuznaczności, może być konieczne wskazanie ładunku.

*Przykłady:*

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1. $[\text{Cr}(\text{NCS})_4(\text{NH}_3)_2]^-$ | diaminatetратиocyjanianochromian(1-) |
| 2. $[\text{Fe}(\text{CO})_4]^{2-}$              | tetrakarbonylżelazian(2-)            |
| 3. $[\text{PF}_6]^-$                            | heksafluorofosforan(1-)              |

Zakończenie -an (lub -ian) jest między innymi charakterystycznym zakończeniem nazw anionów oksokwasów i ich pochodnych (rozd. 9). Nazwy siarczan, fosforan, azotan itp. są ogólnymi nazwami oksoanionów, zawierających siarkę, fosfor i azot wraz z otaczającymi je ligandami (wśród których jest także tlen), bez względu na naturę i liczbę tych ligandów. Dawniej nazwy siarczan, fosforan i azotan ograniczały się wyłącznie do anionów odpowiednich oksokwasów, takich jak  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , lecz zasada ta przestała już obowiązywać (pełną dyskusję przedstawiono w rozdz. 9).

*Przykłady:*

- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| 4. $\text{SO}_3^{2-}$ | trioksosiarczan lub siarczan(IV)   |
| 5. $\text{SO}_4^{2-}$ | tetraoksosiarczan lub siarczan(VI) |
| 6. $\text{NO}_2^-$    | dioksoazotan lub azotan(III)       |
| 7. $\text{NO}_3^-$    | trioksoazotan lub azotan(V)        |
| 8. $\text{AsO}_3^-$   | trioksoarsenian lub arsenian(III)  |
| 9. $\text{ClO}_2^-$   | dioksochloran lub chloran(III)     |
| 10. $\text{ClO}^-$    | oksochloran lub chloran(I)         |

W dalszym ciągu dopuszczone są nazwy mające zakończenie -an (-ian), które nie są w pełni zgodne z przedstawionymi uprzednio zasadami. Do nich należą np. cyjanian, dichromian, difosforan, disiarczan, ditionian, piorunian, metaboran, metafosforan, metakrzemian, ortokrzemian. Nazwy te nie są jednak zalecane przez Komisję Nomenklatury Nieorganicznej PTChem. Pełną dyskusję na ten temat zamieszczono w rozdz. 9.

Wyjątkowe przypadki, których nazwy kończą się na -ek, a nie na -an, przedstawiono poniżej (por. 8.3.3.8 i rozdz. 9)\*.

*Przykłady:*

- |                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| 11. $\text{CN}^-$     | cyjanek                            |
| 12. $\text{NHNH}_2^-$ | hydrazydek                         |
| 13. $\text{NHOH}^-$   | hydroksyloamidek ( <sup>5d</sup> ) |
| 14. $\text{NH}_2^-$   | amidek                             |
| 15. $\text{NH}^{2-}$  | imidek                             |
| 16. $\text{OH}^-$     | wodorotlenek                       |

---

\* W polskiej nomenklaturze organicznej aniony utworzone formalnie przez usunięcie jednego lub więcej hydronów z macierzystego wodorku nazywa się, dodając do nazwy wodorku odpowiednio przyrostek -id (-yd), -diid, -triid itd., np.  $\text{CH}_3^-$  metanid,  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{C}^{2-}$  difenylometanodiid [2, 3].

## 5.4. Kolejność podawania składników w obrębie klas

Kolejność ta opiera się na alfabetycznym porządku nazw w obrębie każdej klasy składników (oddzielnie elektrododatnich i elektroujemnych). Przypadek składników elektrododatnich przedyskutowano uprzednio, elektroujemnych natomiast – w ustępach od 5.3.3 do 5.3.5. Oznacza to, że kolejność w nazwie nie musi być taka sama jak kolejność symboli w odpowiednich wzorach i że kolejność w nazwie może być różna w różnych językach.

## 5.5. Określanie ilościowych stosunków składników

### 5.5.1. Stosowanie przedrostków zwielokrotniających

Wzajemne stosunki składników, zarówno jednoatomowych, jak i wieloatomowych, można podać, stosując przedrostki liczbowe (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- itd.) w sposób podany w tab. III i omówiony krótko poprzednio. Przedrostki te pojawiają się przed nazwami, łącząc się bezpośrednio z nazwą, bez spacji lub łącznika. Końcowe samogłoski przedrostków liczbowych na ogół nie ulegają elizji. Tam gdzie związki zawierają pierwiastki, które nie wymagają określenia wzajemnych stosunków ilościowych (np. ich stopień utlenienia jest zazwyczaj stały), wskazywanie tych stosunków nie jest konieczne.

*Przykłady:*

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. $\text{Na}_2\text{SO}_4$ | siarczan sodu (lepiej niż siarczan disodu)   |
| 2. $\text{CaCl}_2$          | chlorek wapnia (lepiej niż dichlorek wapnia) |

Przedrostek mono- zazwyczaj się opuszcza, chyba że jego obecność pozwala uniknąć niejasności.

*Przykłady:*

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| 3. $\text{N}_2\text{O}$    | tlenek diazotu       |
| 4. $\text{NO}_2$           | ditlenek azotu       |
| 5. $\text{N}_2\text{O}_4$  | tetratlenek diazotu  |
| 6. $\text{S}_2\text{Cl}_2$ | dichlorek disiarki   |
| 7. $\text{Fe}_3\text{O}_4$ | tetratlenek trżelaza |
| 8. $\text{U}_3\text{O}_8$  | oktatlenek triuranu  |
| 9. $\text{MnO}_2$          | ditlenek manganu     |
| 10. $\text{CO}$            | tlenek węgla         |

|  |   |
|--|---|
| 11. $\text{FeCl}_2$                      | dichlorek żelaza  |
| 12. $\text{FeCl}_3$                      | trichlorek żelaza   |
| 13. $\text{Na}_2\text{CO}_3$             | węglan sodu lub trioksowęglan disodu                        |
| 14. $\text{POCl}_3$                      | trichlorek fosforu  |
| 15. $\text{TlI}_3$                       | trijodek talu   |
| 16. $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$           | heksawęglík trikozachromu                                   |
| 17. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ | heksacyjanożelazian tetrapotasu                             |
| 18. $\text{Na}_2\text{HPO}_4$            | wodorofosforan disodu lub<br>wodorotetraoksofosforan disodu |

Użycie przedrostków liczbowych nie zmienia kolejności podawania składników, która zależy tylko od początkowych liter nazw składników związku.

Jeżeli nazwy składników same zaczynają się od przedrostków zwielokrotniających (jak np. w disiarczanie, dichromianie, trisfosforanie i tetraboranie), może stać się konieczne użycie po sobie dwóch przedrostków zwielokrotniających. W takich wypadkach, a także wtedy, gdy zachodzi obawa pomyłki, stosuje się alternatywne przedrostki zwielokrotniające: bis-, tris-, tetrakis-, pentakis- itp. (por. tab. III), podczas gdy nazwy odpowiednich grup atomów umieszcza się w nawiasach.

*Przykłady:*

|  |  |
|--|--|
| 19. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$         | azotan wapnia lub bis(trioksoazotan) wapnia                |
| 20. $(\text{UO}_2)_2\text{SO}_4$       | siarczan diuranu lub<br>tetraoksosiarczan bis(dioksouranu) |
| 21. $\text{Ba}[\text{BrF}_4]_2$        | bis(tetrafluorobromian) baru                               |
| 22. $\text{Tl}(\text{I}_3)_3$          | tris(trijodek) talu  |
| 23. $\text{U}(\text{S}_2\text{O}_7)_2$ | bis(disiarczan) uranu                                      |
| 24. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$       | bis(fosforan) triwapnia ( <sup>5e</sup> )                  |
| 25. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$        | bis(wodorowęglan) wapnia                                   |

Z reguły jednak powinno się stosować pierwszy zbiór przedrostków zwielokrotniających, a więc mono-, di-, tri-, tetra-, ..., poli-, o ile nie ma ryzyka nieporozumienia. Kilka typowych przykładów przedstawiono poniżej.

*Przykłady:*

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 26. $\text{PCl}_5$                    | pentachlorek fosforu                         |
| 27. $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$        | heksakarbonylchrom                           |
| 28. $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$      | triwęglan diglinu                            |
| 29. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6$ | heksaoksoodifosforan( <i>P—P</i> ) tetrasodu |
| 30. $\text{CaNa}(\text{NO}_2)_3$      | triazotan(III) sodu wapnia                   |
| 31. $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$        | dimetaboran wapnia                           |
| 32. $\text{Na}_2\text{MnO}_4$         | manganian(VI) disodu                         |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 33. $\text{Zn}(\text{MnO}_4)_2$            | dimanganian(VII) cynku    |
| 34. $\text{Mg}(\text{ClO}_2)_2$            | dichloran(III) magnezu    |
| 35. $\text{Fe}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_3$ | tris(dichromian) diżelaza |

## 5.5.2. Stosowanie liczby utlenienia i liczby ładunku

### 5.5.2.1. Definicje

Aby precyzyjnie określić stosunki ilościowe składników w związkach, w których stopień utlenienia poszczególnych atomów nie jest oczywisty, należy podać więcej informacji. Informacji takiej może dostarczyć wprowadzenie jednego z dwóch pojęć, mianowicie liczby utlenienia (liczby Stocka), która określa stopień utlenienia, i liczby ładunku (liczby Ewensa-Bassetta), która określa ładunek jonu. Stopień utlenienia pierwiastka w dowolnej jednostce chemicznej jest to liczba ładunków, które powinny pozostać na danym atomie, jeśli wiążące pary elektronowe zostaną przypisane bardziej elektroujemnemu składnikowi związku. Ligandy obojętne nie wpływają na stopień (liczbę) utlenienia (formalnie usuwa się je z kompleksu wraz z ich zapełnioną powłoką elektronową).

### 5.5.2.2. Liczba utlenienia

W systemie Stocka liczbę utlenienia pierwiastka (rozdz. 10) wskazuje się za pomocą cyfr rzymskich, umieszczonych w nawiasie bezpośrednio za nazwą danego pierwiastka (w razie potrzeby odpowiednio zmodyfikowaną). Liczba utlenienia może przybierać wartości dodatnie, ujemne lub równe zero. Zero, któremu nie odpowiada cyfra rzymska, zapisuje się zwykłą cyfrą 0. Znak plus jest w zapisie pomijany. Domyślnie, jeżeli nie ma znaku minus, stopień utlenienia jest dodatni. Należy podkreślić, że stopień utlenienia powinien być liczbą całkowitą. Ułamkowe stopnie utlenienia mogłyby mieć zastosowanie wtedy, gdy ładunek rozkłada się na kilka identycznych atomów, ale takie postępowanie nie jest zalecane.

*Przykłady:*

|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1. $\text{UO}_2^{2+}$         | uranyl(VI)             |
| 2. $\text{PCl}_5$             | chlerek fosforu(V)     |
| 3. $\text{PO}_4^{3-}$         | fosforan(V)            |
| 4. $\text{Na}^-$              | sodek(-I)              |
| 5. $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ | pentakarbonylżelazo(0) |

Istnieje wiele konwencji dotyczących stopni (liczb) utlenienia. Konwencje te są szczególnie użyteczne w nazewnictwie związków pierwiastków przejściowych.

Wodór uważany jest za dodatni (stopień utlenienia I) w połączeniach z pierwiastkami niemetalicznymi, natomiast za ujemny (stopień utlenienia  $-I$ ) w połączeniach z pierwiastkami metalicznymi. Rodniki organiczne w połączeniu z atomami metalu uważa się za aniony (na przykład ligand metylowy traktuje się jak anion  $\text{CH}_3^-$ ), zaś grupę nitrozylową (NO) uważa się zawsze za obojętną. Przy określaniu stopnia utlenienia nie bierze się pod uwagę wiązań między atomami tego samego pierwiastka.

*Przykłady:*

|   |  |
|---|--|
| 6. $\text{N}_2\text{O}$                       | tlenek azotu(I)                                      |
| 7. $\text{NO}_2$                              | tlenek azotu(IV)                                     |
| 8. $\text{Fe}_3\text{O}_4$                    | tlenek żelaza(II) diżelaza(III)                      |
| 9. $\text{MnO}_2$                             | tlenek manganu(IV)                                   |
| 10. $\text{CO}$                               | tlenek węgla(II)                                     |
| 11. $\text{FeSO}_4$                           | siarczan żelaza(II)                                  |
| 12. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$              | siarczan żelaza(III)                                 |
| 13. $\text{SF}_6$                             | fluorek siarki(VI)                                   |
| 14. $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$                  | chlerek rtęci(I)                                     |
| 15. $\text{NaTi}(\text{NO}_3)_2$              | azotan(V) sodu talu(I)                               |
| 16. $(\text{UO}_2)_2\text{SO}_4$              | siarczan uranylu(V) lub<br>siarczan dioksouranu(V)   |
| 17. $\text{UO}_2\text{SO}_4$                  | siarczan uranylu(VI) lub<br>siarczan dioksouranu(VI) |
| 18. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$      | heksacyjanożelazian(II) potasu                       |
| 19. $\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$      | tetracyjanoniklan(0) potasu                          |
| 20. $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CO})_4]$     | tetrakarbonylżelazian( $-II$ ) sodu                  |
| 21. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{ClSO}_4$ | chlerek siarczan heksaaminakobaltu(III)              |
| 22. $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$   | heksacyjanożelazian(II) żelaza(III)                  |

### 5.5.2.3. Liczba ładunku

Liczba ładunku jest podawana w nawiasie (bez spacji) zaraz po nazwie odpowiedniego jonu. Wartość jej określa ładunek jonu. Liczba ta może odnosić się do kationu lub anionu, ale nigdy do obojętnej cząsteczki. Ładunek zapisuje się cyframi arabskimi, a następnie dodaje znak. System ten powinno się stosować wyłącznie do zaznaczania ładunku jonów. Podanie ładunku jonu często nie wystarcza do jednoznacznego określenia stechiometrii, ale w razie potrzeby można zastosować przedrostki zwielokrotniające. System ten jest najbardziej przydatny w odniesieniu do związków pierwiastków, które wykazują zmienne stopnie utlenienia. Należy zauważyć, że przy podawaniu liczby ładunku, cyfry „1” nie opuszcza się (w przeciwieństwie do zapisu ładunku jonu jako prawego, górnego wskaźnika).

*Przykłady:*

|   |   |
|---|---|
| 23. $\text{FeSO}_4$                           | siarczan żelaza(2+) (por. przykład 11)                                  |
| 24. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$              | siarczan żelaza (3+) (por. przykład 12)                                 |
| 25. $\text{NaTi}(\text{NO}_3)_2$              | azotan sodu talu(1+)  |
| 26. $(\text{UO}_2)_2\text{SO}_4$              | siarczan uranylu(1+) lub<br>siarczan dioksouranu(1+) (por. przykład 16) |
| 27. $\text{UO}_2\text{SO}_4$                  | siarczan uranylu(2+) lub<br>siarczan dioksouranu(2+) (por. przykład 17) |
| 28. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$      | heksacyjanożelazian(4–) potasu<br>(por. przykład 18)                    |
| 29. $\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$      | tetracyjanoniklan(4–) potasu (por. przykład 19)                         |
| 30. $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CO})_4]$     | tetrakarbonylżelazian(2–) sodu (por. przykład 20)                       |
| 31. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{ClSO}_4$ | chlorek siarczan heksaaminakobaltu(3+)<br>(por. przykład 21)            |
| 32. $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$   | heksacyjanożelazian(4–) żelaza(3+)<br>(por. przykład 22)                |

**5.6. Związki addycyjne**

Określenie „związki addycyjne” obejmuje kompleksy donorowo-akceptorowe i różne związki sieciowe. Podane poniżej metody nazewnictwa odnoszą się przede wszystkim do związków o nieokreślonej strukturze, którym nie można przypisać nazwy zgodnie z metodami przedstawionymi w rozdz. 10.

Nazwę związku addycyjnego tworzy się przez połączenie nazw poszczególnych związków długimi kreskami. Bezpośrednio po nazwie wskazuje się ich wzajemne proporcje za pomocą liczb (pisanych cyframi arabskimi) rozdzielonych kreską ukośną. Cały symbol liczbowy umieszcza się w nawiasach okrągłych i oddziela od nazwy związku spacją. Kolejność nazw poszczególnych związków jest identyczna jak we wzorach chemicznych (por. 4.6.8).

W związkach addycyjnych  $\text{H}_2\text{O}$  nazywa się po prostu wodą. Określenie „hydrat” ma specyficzne znaczenie i oznacza związek zawierający wodę krystalizacyjną, związaną w nieokreślony sposób.

*Przykłady:*

|  |  |
|--|--|
| 1. $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$          | siarczan kadmu—woda (3/8)                              |
| 2. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | węglan sodu—woda (1/10) lub<br>dekahydrat węglanu sodu |

|  |   |
|--|---|
| 3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ | siarczan glinu—siarczan potasu—woda (1/1/24)  |
| 4. $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$  | chlorek wapnia—amoniak (1/8)                  |
| 5. $\text{AlCl}_3 \cdot 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                | chlorek glinu—etanol (1/4)                    |
| 6. $2\text{CH}_3\text{OH} \cdot \text{BF}_3$   | metanol—trifluorek boru (2/1)                 |
| 7. $\text{BiCl}_3 \cdot 3\text{PCl}_5$   | chlorek bizmutu(III)—chlorek fosforu(V) (1/3) |
| 8. $\text{BF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   | trifluorek boru—woda (1/2)                    |
| 9. $8\text{H}_2\text{S} \cdot 46\text{H}_2\text{O}$                                    | siarkowodór—woda (8/46)                       |
|  | siarczek wodoru—woda (8/46)                   |
| 10. $8\text{Kr} \cdot 46\text{H}_2\text{O}$  | krypton—woda (8/46)                           |
| 11. $6\text{Br}_2 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$  | dibrom—woda (6/46)                            |
| 12. $\text{CHCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{S} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$               | chloroform—siarkowodór—woda (1/2/17)          |
|  | chloroform—siarczek wodoru—woda (1/2/17)      |
| 13. $\text{Co}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$                                  | tlenek kobaltu(III)—woda (1/n)                |

## 5.7. Wodorki boru

Nomenklaturę związków boru zalicza się do nazewnictwa specjalistycznego. Wstępne uwagi na ten temat zostaną podane w rozdz. 11. Liczbę atomów boru w cząsteczce borowodoru wskazuje przedrostek liczbowy, natomiast liczbę atomów wodoru pokazują liczby (pisane cyframi arabskimi), umieszczone w nawiasie bezpośrednio po nazwie związku (rozdz. 11).

*Przykłady:*

- |                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| 1. $\text{B}_2\text{H}_6$       | diboran(6)     |
| 2. $\text{B}_{20}\text{H}_{16}$ | ikozaboran(16) |

## 5.8. Uwagi końcowe

### 5.8.1. Właściwy wybór nazwy

Proste związki można w zasadzie nazwać według każdej z kilku metod dyskutowanych w niniejszym rozdziale. Na przykład  $\text{NaTi}(\text{NO}_3)_2$  można przedstawić jako diazotan sodu talu, azotan sodu talu(I) lub azotan sodu talu(1+). Należy jednak

wybierać nazwę najodpowiedniejszą w danych warunkach.  $Pb_3O_4$  można nazwać po prostu tetratlenkiem triołowiu, lecz więcej informacji podaje nazwa tlenek diołowiu(II) ołowiu(IV) ( $Pb^{II}_2Pb^{IV}O_4$ ). Dytlenek antymonu opisuje jednoznacznie związek o empirycznym wzorze  $SbO_2$ , ale mylnie wskazuje na tlenek antymonu(IV), podczas gdy w  $SbO_2$  obecny jest zarówno  $Sb^{III}$ , jak i  $Sb^V$ . Niektórym solom podwójnym najlepiej nadawać nazwy, posługując się przedrostkami zwielokrotniającymi (zob. 5.5.1). Na przykład nazwa siarczan sodu(I) wapnia(II) nie odróżnia bis(siarczanu) disodu wapnia ( $CaSO_4 \cdot Na_2SO_4$ ) od tris(siarczanu) tetrasodu wapnia ( $CaSO_4 \cdot 2Na_2SO_4$ ). Nazwy koordynacyjnych anionów można podać precyzyjniej, ale konieczne jest zachowanie pewnej ostrożności i doświadczalne potwierdzenie proponowanego wzoru. Na przykład nazwa heksafluoroantymonian potasu ( $K[SbF_6]$ ) jest precyzyjniejsza niż nazwa fluorek antymonu(V) potasu lub heksafluorek antymonu potasu, ale byłaby nieodpowiednią nazwą, gdyby nie było doświadczalnych dowodów na obecność jonów  $[SbF_6]^-$ . Podobnie dla związku o wzorze  $TiZnO_3$ , nazwa tritlenek cynku tytanu jest lepszą nazwą niż cynkan tytanu. W takich wypadkach, jak sole podwójne i podwójne tlenki, w razie wątpliwości preferowane są nazwy prostsze, podające mniej informacji strukturalnych.

## 5.8.2. Podsumowanie

Celem tego rozdziału było podanie sposobu tworzenia nazw związków, które przekazują nieco więcej informacji niż tylko dane stechiometryczne. Do bardziej specjalistycznych przypadków stosuje się bardziej złożone reguły. Niektóre z nich zostaną omówione szczegółowo w dalszych rozdziałach (np. w rozdz. 10 obejmującym związki koordynacyjne i w rozdz. 11, dotyczącym wodorków boru). Inne złożone układy omówiono w specjalistycznych opracowaniach dotyczących polianionów [27], wodorków azotu [15], polimerów koordynacyjnych [18, 19].

## Przypisy

<sup>(5a)</sup> Nazwa tris(szczawiano)żelazian(III) cezu podaje więcej informacji o strukturze niż prosta nazwa podana w przykładzie 4.

<sup>(5b)</sup> Przy stosowaniu drugiej nazwy wzór należy podwoić. Sposób stosowania długich kresek w nazwach związków addycyjnych omówiono szczegółowo w podrozdziale 5.6.

<sup>(5c)</sup> W przykładach 2 i 3 lepiej byłoby określić stopnie utlenienia (zob. 5.5.2.2).

<sup>(5d)</sup> Nazwa ta wywodzi się z nomenklatury podstawnikowej. Zwyczajową nazwą dla tego anionu jest „hydroksyloamidek”, natomiast systematyczną nazwą koordynacyjną jest „hy-

droksyloimidek”. Należy podjąć starania, aby nie było nieporozumień (por. tab. 10.3, tab. VIII i ustęp 8.3.3, przykład 7).

(<sup>5c</sup>) Porównaj  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  z  $\text{CaP}_2\text{O}_7$ , difosforanem wapnia.

---

## 6. CIAŁO STAŁE

---

### SPIS TREŚCI

- 6.1. Wprowadzenie
  - 6.1.1. Uwagi ogólne
  - 6.1.2. Fazy stechiometryczne i niestechiometryczne
- 6.2. Nazwy faz stałych
  - 6.2.1. Uwagi ogólne
  - 6.2.2. Nazwy minerałów
- 6.3. Skład chemiczny
  - 6.3.1. Wzory przybliżone
  - 6.3.2. Fazy o zmiennym składzie
- 6.4. Oznaczenia defektów punktowych (notacja Krögera–Vinka)
  - 6.4.1. Uwagi ogólne
  - 6.4.2. Sposób oznaczania zajętej pozycji sieciowej
  - 6.4.3. Sposób oznaczania pozycji krystalograficznych
  - 6.4.4. Sposób oznaczania ładunków
  - 6.4.5. Klastery defektów i stosowanie równań quasi-chemicznych
- 6.5. Nomenklatura faz
  - 6.5.1. Wprowadzenie
  - 6.5.2. Zalecane oznaczenia
- 6.6. Fazy niestechiometryczne
  - 6.6.1. Wprowadzenie
  - 6.6.2. Struktury modulowane
  - 6.6.3. Krystalograficzne struktury ścinania
  - 6.6.4. Zbliżniaczenie komórki elementarnej lub zbliźniaczenie chemiczne
  - 6.6.5. Struktury dostosowywalne do składu chemicznego
  - 6.6.6. Interkalaty
- 6.7. Polimorfizm
  - 6.7.1. Wprowadzenie
  - 6.7.2. Sposób oznaczania układów krystalograficznych
- 6.8. Układy amorficzne i szkła
- 6.9. Uwagi końcowe

## 6.1. Wprowadzenie

### 6.1.1. Uwagi ogólne

Treścią niniejszego rozdziału jest nomenklatura ciał stałych. Opisowe nazwy ciał stałych są często trudne do utworzenia i na ogół podawane są tylko wzory, szczególnie wtedy, gdy należy przekazać dokładną informację strukturalną. W pewnych wypadkach, np. przy podawaniu nazw minerałów oraz notacji defektów punktowych i faz metalicznych, czytelnik będzie odsyłany do literatury specjalistycznej.

### 6.1.2. Fazy stechiometryczne i niestechiometryczne

W układach dwu- i wieloskładnikowych mogą występować pośrednie (trwałe lub metatrwałe) fazy krystaliczne. Pod względem termodynamicznym skład tych faz jest zmienny. W pewnych wypadkach możliwość zmiany składu jest niewielka, jak na przykład dla chlorku sodu. Fazy takie są zwane stechiometrycznymi. Jednakże w innych fazach, zwanych niestechiometrycznymi (<sup>6a</sup>), mogą występować znaczne zmiany składu, np. w wustycie. Na ogół można zdefiniować idealny skład, w stosunku do którego występują odstępstwa. Skład ten, zwany składem stechiometrycznym, charakteryzuje się tym, że liczba atomów poszczególnych pierwiastków odpowiada liczbie właściwych im pozycji krystalograficznych występujących w idealnym (uporządkowanym) kryształ. Pojęcie to może być stosowane nawet wtedy, gdy skład stechiometryczny nie występuje w zakresie homogeniczności danej fazy. Określenie „niestechiometryczny” nie oznacza fazy o złożonym wzorze chemicznym, lecz o *zmiennym składzie*.

## 6.2. Nazwy faz stałych

### 6.2.1. Uwagi ogólne

Nazwy faz stechiometrycznych, takich jak NaCl, tworzy się w prosty sposób przedstawiony w rozdz. 5, podczas gdy ich wzory są wyprowadzane w sposób podany w rozdz. 4. Chociaż NaCl w stanie stałym składa się z nieskończonej sieci,  $(\text{NaCl})_{\infty}$ , związek ma nazwę chlorku sodu i jest przedstawiany symbolicznie jako NaCl.

Dla faz niestechiometrycznych i roztworów stałych są zalecane raczej wzory niż nazwy, ponieważ ściśle słowne nazwy są zwykle nieprecyzyjne. Powinny być one używane tylko wtedy, gdy są nie do uniknięcia (np. podczas tworzenia skorowidzów) i powinny być konstruowane w podany niżej sposób.

*Przykłady:*

1. siarczek żelaza(II) (z niedomiarem żelaza)
2. diwęglík molibdenu (z nadmiarem węgla)

### 6.2.2. Nazwy minerałów

Nazwy mineralogiczne powinny być stosowane wyłącznie do określania danego minerału, a nie do definiowania jego składu chemicznego; zatem nazwa kalcyt odnosi się do określonego minerału (w odróżnieniu od innych minerałów o podobnym składzie), a nie oznacza związku chemicznego, którego skład jest oddany poprawnie nazwą „węglan wapnia”.

Nazwa minerału może być natomiast użyta do określenia typu struktury. Tam gdzie jest to możliwe, nazwa bardziej ogólna powinna zastępować nazwę szczegółową. Na przykład duża liczba minerałów została nazwana spinelami, chociaż różnią się one między sobą znacznie składem atomowym. W tym wypadku powinna być używana raczej ogólna nazwa *spinel* niż bardziej szczegółowe nazwy, takie jak chromit, magnetyt itp. Nazwie minerału pisanej kursywą powinien towarzyszyć reprezentatywny wzór chemiczny. Jest to szczególnie ważne dla minerałów typu *zeolitów* [30].

*Przykłady:*

1.  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  (typ *spinelu*)
2.  $\text{BaTiO}_3$  (typ *perowskitu*)

## 6.3. Skład chemiczny

### 6.3.1. Wzory przybliżone

W każdym konkretnym przypadku rodzaj stosowanego wzoru zależy od tego, jak wiele informacji ma on zawierać. Ogólna notacja, którą można zastosować nawet wtedy, gdy mechanizm zmiany składu nie jest znany, polega na umieszczeniu przed wzorem znaku ~ (czytanego „około” lub „w przybliżeniu”).

*Przykłady:*

1. ~ FeS
2. ~ CuZn

Jeżeli jest wskazane przekazanie dokładniejszej informacji, można zastosować jedną z notacji opisanych poniżej.

### 6.3.2. Fazy o zmiennym składzie

Dla faz, w których zmiana składu jest spowodowana wyłącznie lub częściowo podstawieniem, symbole atomów lub grup, które zastępują się nawzajem, rozdziela się przecinkiem i umieszcza w nawiasie. Tam gdzie jest to możliwe, należy podać we wzorze zakres jednorodności fazy. Porządek podawania symboli powinien być alfabetyczny (<sup>6b</sup>).

*Przykłady:*

1. (Cu,Ni) oznacza całkowity zakres składów od czystego Cu do czystego Ni.
2. K(Br,Cl) oznacza składy od czystego KBr do czystego KCl.

Fazy, w których podstawianie prowadzi również do utworzenia wakancji, są oznaczane w ten sam sposób.

*Przykłady:*

3. (Li<sub>2</sub>,Mg)Cl<sub>2</sub> oznacza roztwór stały o składzie pośrednim pomiędzy LiCl i MgCl<sub>2</sub>.
4. (Al<sub>2</sub>,Mg<sub>3</sub>)Al<sub>6</sub>O<sub>12</sub> przedstawia roztwór stały o składzie pośrednim pomiędzy MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (= Mg<sub>3</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>12</sub>) i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (typ *spinelu*) (= Al<sub>2</sub>Al<sub>6</sub>O<sub>12</sub>).

W bardziej złożonych przypadkach należy zawsze stosować oznaczenia, w których występują zmienne określające skład. Powinien być również podany zakres wartości tych zmiennych. I tak, faza uwzględniająca podstawienie atomu B atomem A jest zapisywana: A<sub>m-x</sub>B<sub>n-x</sub>C<sub>p</sub> (0 ≤ x ≤ n). Przecinki i nawiasy nie są wówczas potrzebne.

*Przykłady:*

5. Cu<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub> (0 ≤ x ≤ 1) jest równoważne z (Cu,Ni), lecz pierwszy wzór przekazuje więcej informacji.
6. KBr<sub>x</sub>Cl<sub>1-x</sub> (0 ≤ x ≤ 1) jest równoważne z K(Br,Cl).
7. Li<sub>2-2x</sub>Mg<sub>x</sub>Cl<sub>2</sub> (0 ≤ x ≤ 1) jest równoważne z (Li<sub>2</sub>,Mg)Cl<sub>2</sub>, lecz wskazuje jednoznacznie, że przy każdym zastąpieniu 2Li<sup>+</sup> przez Mg<sup>2+</sup> powstaje jedna wakancja kationowa.

8. Wzór  $\text{Co}_{1-x}\text{O}$  wskazuje na obecność wakancji kationowych; dla  $x = 0$  wzór odpowiada składowi stechiometrycznemu  $\text{CoO}$ .
9.  $\text{Ca}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_{2-x}$  oznacza, że Zr został częściowo zastąpiony przez Ca, pozostawiając nie obsadzone pozycje anionowe; dla  $x = 0$  wzór odpowiada stechiometrycznemu składowi  $\text{ZrO}_2$ .

Ograniczenie zmiennej  $x$  tylko do małych wartości można wskazać, używając oznaczeń literowych  $\delta$  lub  $\varepsilon$  zamiast  $x$ . Dany skład lub zakres składów można zaznaczyć, podając konkretne wartości zmiennej  $x$  (lub  $\delta$  czy też  $\varepsilon$ ). Wartość ta może być zapisana w nawiasie po wzorze ogólnym lub wprowadzona do samego wzoru. Taką notację można stosować zarówno dla substytucyjnych, jak i międzywęzłowych rozтворów stałych [31].

*Przykłady:*

10.  $\text{Fe}_{3x}\text{Li}_{4-x}\text{Ti}_{2(1-x)}\text{O}_6$  ( $x = 0,35$ ) lub  $\text{Fe}_{1,05}\text{Li}_{3,65}\text{Ti}_{1,30}\text{O}_6$
11.  $\text{LaNi}_5\text{H}_x$  ( $0 < x < 6,7$ )
12.  $\text{Al}_4\text{Th}_8\text{H}_{15,4}$
13.  $\text{Ni}_{1-\delta}\text{O}$

## 6.4. Oznaczenia defektów punktowych (notacja Krögera–Vinka)

### 6.4.1. Uwagi ogólne

Stosując dodatkowe symbole można podać, oprócz składu chemicznego, także informacje o defektach punktowych, symetrii i obsadzeniu danej pozycji w sieci. Symbole te mogą być również użyte do zapisania quasi-chemicznych równowag zachodzących między defektami punktowymi [31].

### 6.4.2. Sposób oznaczania zajętej pozycji sieciowej

Symbol podany dużymi literami we wzorze oznacza element sieci zajmujący w niej określoną pozycję. Jest to na ogół symbol pierwiastka. Jeżeli miejsce nie jest zajęte, oznacza się je symbolem  $V$  zapisanym kursywą (<sup>6c</sup>). Pozycja sieciowa i jej obsadzenie w strukturze o składzie idealnym są podane za pomocą dolnych wskaźników po prawej stronie wzoru. Pierwszy wskaźnik oznacza rodzaj miejsca, drugi, oddzielony od pierwszego przecinkiem, oznacza liczbę atomów w tej pozycji. Tak więc,

atom A znajdujący się w pozycji zajmowanej normalnie w strukturze idealnej przez A jest oznaczany jako  $A_A$ ; atom A w pozycji zajmowanej normalnie przez B jest oznaczany  $A_B$ , a  $M_{M,1-x}N_{M,x}M_{N,x}N_{N,1-x}$  oznacza nieuporządkowany stop, którego idealny skład wyraża się wzorem  $M_MN_N$ , ze wszystkimi atomami M zajmującymi jeden rodzaj pozycji krystalograficznych i wszystkimi atomami N zajmującymi drugi rodzaj pozycji krystalograficznych. Alternatywny zapis to  $(M_{1-x}N_x)_M(M_xN_{1-x})_N$ . Atom lub jon zajmujący pozycję międzywęzłową (a więc pozycję nie zajętą w strukturze idealnej) jest oznaczany dolnym wskaźnikiem „i”.

*Przykłady:*

1.  $Mg_{Mg,2-x}Sn_{Mg,x}Mg_{Sn,x}Sn_{Sn,1-x}$ . Zapis ten pokazuje, że w  $Mg_2Sn$  część atomów Mg zajmuje pozycje Sn i odwrotnie, część atomów Sn zajmuje pozycje Mg.
2.  $(Bi_{2-x}Te_x)_{Bi}(Bi_xTe_{3-x})_{Te}$ .
3.  $Al_{Al,1}Pd_{Al,x}Pd_{Pd,1-x}V_{Pd,2x}$  wskazuje, że w  $AlPd$   $(1-x)$  pozycji Pd jest zajętych przez Pd,  $2x$  miejsc Pd jest nie zajętych,  $x$  atomów Pd zajmuje pozycje Al i każdy atom Al jest w pozycji Al.
4.  $Ca_{Ca,1}F_{F,2-x}V_{F,x}F_{i,x}$  wskazuje, że w  $CaF_2$   $x$  pozycji F nie jest zajętych, podczas gdy  $x$  jonów F znajduje się w pozycjach międzywęzłowych.
5.  $(Ca_{0,15}Zr_{0,85})_{Zr}(O_{1,85}V_{0,15})_O$  lub  $Ca_{Zr, 0,15}Zr_{Zr, 0,85}O_{O, 1,85}V_{O, 0,15}$  wskazuje, że w  $ZrO_2$  0,85 miejsc Zr jest zajętych przez Zr, 0,15 pozycji Zr jest zajętych przez Ca i że z dwóch miejsc tlenu 1,85 jest zajętych przez jony tlenu z pozostawieniem 0,15 miejsc nie zajętych.
6.  $V_{V,1}C_{C,0,8}V_{C,0,2}$  wskazuje, że w węglu wanadu 0,2 pozycji sieciowych C pozostaje nie zajętych.

Symbole defektów można stosować przy pisaniu reakcji quasi-chemicznych.

*Przykłady:*

7.  $Na_{Na} \rightarrow V_{Na} + Na(g)$  oznacza, że jeden atom Na przeszedł w stan gazowy, pozostawiając w sieci wakancję kationową.
8.  $1/2 Cl_2(g) + V_{Cl} \rightarrow Cl_{Cl}$  oznacza wbudowanie atomu chloru do wakancji chloru w sieci.

### 6.4.3. Sposób oznaczania pozycji krystalograficznych

Pozycje krystalograficzne mogą być rozróżnione za pomocą dolnych wskaźników, np. tet, okt i dod, oznaczających, odpowiednio, koordynację tetraedryczną, oktaedryczną i dodekaedryczną. Stosowanie takich wskaźników, jak a, b, ..., które nie zawierają konkretnej informacji, nie jest zalecane. Czasem, np. dla tlenków lub

siarczków, liczbę wskaźników można zmniejszyć stosując specjalne symbole wskażujące symetrię danej pozycji sieciowej, np. ( ) dla pozycji tetraedrycznych, [ ] dla oktaedrycznych i { } dla dodekaedrycznych. Znaczenie tych symboli powinno być jasno zdefiniowane w tekście.

*Przykłady:*

1.  $Mg_{tet}Al_{okt,2}O_4$  lub  $(Mg)[Al_2]O_4$  oznacza spinel normalny.
2.  $Fe_{tet}Fe_{okt}Ni_{okt}O_4$  lub  $(Fe)[FeNi]O_4$  oznacza  $NiFe_2O_4$  (typ spinelu odwróconego) (<sup>6b</sup>).

#### 6.4.4. Sposób oznaczania ładunków

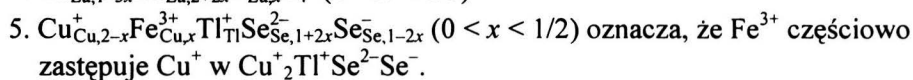
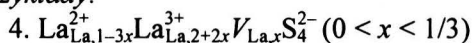
Ładunki oznacza się przy użyciu prawego górnego wskaźnika. Gdy podawane są ładunki formalne, obowiązuje zwykła konwencja: jednostka dodatniego ładunku jest zaznaczana górnym wskaźnikiem +,  $n$  jednostek dodatniego ładunku górnym wskaźnikiem  $n^+$ , jednostka ujemnego ładunku wskaźnikiem −,  $n$  jednostek ujemnego ładunku wskaźnikiem  $n^-$ . I tak,  $A^{n+}$  oznacza  $n$  jednostek formalnie dodatniego ładunku zlokalizowanego na atomie o symbolu A (zob. 3.4.1). W chemii defektów preferuje się definiowanie ładunków w stosunku do idealnego, niezaburzonego kryształu. Są one wtedy zwane *ładunkami efektywnymi*. Jednostka dodatniego ładunku efektywnego jest zaznaczana za pomocą górnego wskaźnika w postaci kropki (nie należy mylić z symbolem rodnika opisanym w 4.4.3), a jednostka ładunku ujemnego symbolem prim ',  $n$  jednostek ładunku efektywnego oznacza się wskaźnikami  $n'$  lub  $n''$ . Dopuszcza się również stosowanie podwójnych kropek lub bisu dla dwóch ładunków efektywnych. Tak więc,  $A^{2\cdot}$  i  $A^{''}$  wskazuje, że atom o symbolu A ma dwie jednostki efektywnego dodatniego ładunku. Pozycje, które nie mają efektywnego ładunku w stosunku do niezaburzonej sieci, mogą być oznaczane krzyżykiem zapisanym jako górny wskaźnik (<sup>x</sup>).

*Przykłady:*

1.  $Li_{Li,1-2x}Mg_{Li,x}V'_{Li,x}Cl_{Cl}$  i  $Li_{Li,1-2x}^xMg_{Li,x}V'_{Li,x}Cl_{Cl}^x$  stanowią wyrażenia równoważne dla substytucyjnego roztworu stałego  $MgCl_2$  w  $LiCl$ .
2.  $Y_{Y,1-2x}Zr_{Y,2x}O''_{i,x}O_3$  i  $Y_{Y,1-2x}^xZr'_{Y,2x}O''_{i,x}O_3^x$  są wyrażeniami równoważnymi dla międzywęzłowego roztworu stałego  $ZrO_2$  w  $Y_2O_3$ .
3.  $Ag_{Ag,1-x}V'_{Ag,x}Ag_{i,x}Cl_{Cl}$  oznacza, że  $x$  jonów  $Ag^+$  zostało usuniętych z pozycji Ag do pozycji międzywęzłowych z pozostawieniem wakancji kationowej.

Podawanie ładunków formalnych preferuje się wtedy, gdy niezaburzony kryształ zawiera pierwiastek na więcej niż jednym stopniu utlenienia.

Przykłady:



Swobodne elektrony są oznaczane symbolem  $e'$ , swobodne dziury symbolem  $h'$ . Ponieważ kryształ jest makroskopowo obojętny, suma ładunków formalnych i suma ładunków efektywnych muszą być równe zeru.

Tabela 6.1. Przykłady<sup>a</sup> oznaczeń defektów w  $\text{M}^{2+}(\text{X}^-)_2$  zawierającym obcy jon Q

|                                   |                               |  |                        |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|------------------------|
| jon międzywęzłowy $\text{M}^{2+}$ | $\text{M}_i^{\bullet\bullet}$ | wakancja atomu M                                   | $\text{V}_M^{\times}$  |
| jon międzywęzłowy $\text{X}^-$    | $\text{X}_i^{\bullet}$        | wakancja atomu X                                   | $\text{V}_X^{\times}$  |
| wakancja jonu $\text{M}^{2+}$     | $\text{V}_M^{\prime\prime}$   | jon $\text{M}^{2+}$ w normalnej pozycji            | $\text{M}_M^{\times}$  |
| wakancja jonu $\text{X}^-$        | $\text{V}_X^{\bullet}$        | jon $\text{X}^-$ w normalnej pozycji               | $\text{X}_X^{\times}$  |
| międzywęzłowy atom M              | $\text{M}_i^{\times}$         | jon $\text{Q}^{3+}$ w miejscu jonu $\text{M}^{2+}$ | $\text{Q}_M$           |
| międzywęzłowy atom X              | $\text{X}_i^{\times}$         | jon $\text{Q}^{2+}$ w miejscu jonu $\text{M}^{2+}$ | $\text{Q}_M^{\times}$  |
| międzywęzłowy jon $\text{M}^+$    | $\text{M}_i^{\bullet}$        | jon $\text{Q}^+$ w miejscu jonu $\text{M}^{2+}$    | $\text{Q}_M^{\bullet}$ |
| międzywęzłowy jon $\text{X}^-$    | $\text{X}_i^{\bullet}$        | swobodny elektron                                  | $e'$                   |
| wakancja jonu $\text{M}^+$        | $\text{V}_M^{\bullet}$        | swobodna dziura                                    | $h'$                   |

<sup>a</sup> Rozważmy przykład związku jonowego  $\text{M}^{2+}(\text{X}^-)_2$ . M ma formalny ładunek 2+, a X formalny ładunek -. Jeżeli usunie się atom X, jednostkowy ładunek ujemny pozostaje na wakancji po atomie X. Wakancja jest obojętna w stosunku do idealnej sieci  $\text{MX}_2$  i dlatego jest oznaczana  $\text{V}_X$  lub  $\text{V}_X^{\times}$ . Jeżeli usunie się również elektron z tego miejsca w sieci, wakancja przyjmuje efektywny ładunek dodatni względem sieci, tj.  $\text{V}_X^{\bullet}$ . Podobnie, usunięcie atomu M pozostawia  $\text{V}_M$ , usunięcie jonu  $\text{M}^+$  pozostawia  $\text{V}_M^{\bullet}$ , a usunięcie jonu  $\text{M}^{2+}$  pozostawia  $\text{V}_M^{\prime\prime}$ . Jeżeli domieszka z formalnym ładunkiem równym trzem dodatnim jednostkom  $\text{Q}^{3+}$  podstawi jon  $\text{M}^{2+}$ , jej efektywny ładunek jest równy jednej jednostce ładunku dodatniego. Stąd defekt ten jest oznaczany  $\text{Q}_M$ .

### 6.4.5. Klaster defektów i stosowanie równań quasi-chemicznych

W ciele stałym mogą występować pary lub bardziej złożone klaster defektów. Symbole takich defektów podaje się w nawiasach. Efektywny ładunek klastera zaznacza się za pomocą górnego prawego wskaźnika.

Przykłady:



2.  $(V''_{\text{Pb}}V_{\text{Cl}})'$  lub  $(V_{\text{Pb}}V_{\text{Cl}})'$  oznacza parę wakancji w  $\text{PbCl}_2$  obdarzoną ładunkiem ujemnym.

Dla klasterów defektów można napisać quasi-chemiczne reakcje ich tworzenia.

*Przykłady:*

3.  $\text{Cr}_{\text{Mg}} + V''_{\text{Mg}} \rightarrow (\text{Cr}_{\text{Mg}}V_{\text{Mg}})'$  podaje reakcję asocjacji domieszkowego jonu  $\text{Cr}^{3+}$  z wakancją magnezową w  $\text{MgO}$ .
4.  $2\text{Cr}_{\text{Mg}} + V''_{\text{Mg}} \rightarrow (\text{Cr}_{\text{Mg}}V_{\text{Mg}}\text{Cr}_{\text{Mg}})^x$  podaje inną reakcję asocjacji, która może zachodzić w układzie podanym w przykładzie 3.
5.  $\text{Gd}_{\text{Ca}} + F'_i \rightarrow (\text{Gd}_{\text{Ca}}F_i)^x$  opisuje tworzenie się dipola z domieszki  $\text{Gd}^{3+}$  i międzywęzłowego jonu fluorkowego w  $\text{CaF}_2$ .

## 6.5. Nomenklatura faz

### 6.5.1. Wprowadzenie

Stosowanie notacji Pearsona (zob. także 3.7.3) jest zalecane do określenia struktury metali i roztworów stałych w dwuskładnikowych i bardziej złożonych układach. Nie zaleca się stosowania liter greckich ani innych oznaczeń nie zawierających konkretnej informacji.

### 6.5.2. Zalecane oznaczenia

Symbol Pearsona składa się z trzech części: pierwszej, w postaci małej litery pisanej kursywą (*a, m, o, t, h, c*) oznaczającej układ krystalograficzny; drugiej, w postaci dużej litery pisanej kursywą (*P, S, F, I, R*) oznaczającej typ sieci i, w końcu, z liczby podającej liczbę atomów w komórce elementarnej (<sup>6d</sup>). Tab. 3.1 zawiera podsumowanie systemu oznaczeń.

*Przykłady:*

1. Cu, symbol (*cF4*), oznacza miedź o symetrii regularnej, w sieci płasko centrowanej zawierającej 4 atomy w komórce elementarnej.
2. NaCl, symbol (*cF8*), oznacza sieć regularną płasko centrowaną z 8 atomami w komórce elementarnej.
3. CuS(*hP12*) oznacza prostą sieć heksagonalną z 12 atomami w komórce elementarnej.

W razie potrzeby po symbolu Pearsona można podać grupę przestrzenną i wzór prototypu.

*Przykład:*

4.  $\text{Ag}_{1,5}\text{CaMg}_{0,5}(\text{hP}12, \text{P}6_3/\text{mmc})$  (typ  $\text{MgZn}_2$ )

## 6.6. Fazy niestechiometryczne

### 6.6.1. Wprowadzenie

Istnieje wiele problemów nomenklatury faz niestechiometrycznych, które powstawały w miarę zwiększania precyzji badań strukturalnych. Tak więc obecnie znajduje się informacje odnośnie do szeregów homologicznych, struktur niewspółmiernych i częściowo współmiernych, struktur Verniera, krystalograficznych struktur ścinania, defektów Wadsleya, faz zbliżonych, faz dopasowywalnych do składu chemicznego i struktur modulowanych. Dla wielu z tych faz nie obserwuje się zakresu zmiennych składów, chociaż ich struktura i wzory są złożone; przykładem jest  $\text{Mo}_{17}\text{O}_{47}$ . Fazy te, pomimo skomplikowanych wzorów, są zasadniczo stechiometryczne, dlatego złożony wzór nie powinien być uważany za dowód, że związek jest niestechiometryczny (por. 6.1.2).

### 6.6.2. Struktury modulowane

Struktury modulowane wykazują dwa lub więcej periodów w tym samym kierunku w przestrzeni. Jeżeli stosunek tych periodów jest liczbą wymierną, struktury są zwane *współmiernymi*, jeżeli stosunek jest liczbą niewymierną, struktury są zwane *niewspółmiernymi*. Współmiernie modulowane struktury występują w wielu związkach stechiometrycznych i niestechiometrycznych. Mogą być one traktowane jako nadstruktury i opisywane za pomocą zwykłych reguł. Niewspółmiernie modulowane struktury występują w licznych związkach stechiometrycznych (i w niektórych substancjach prostych), zwykle w określonym zakresie temperatur; przykładami mogą być: U,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TaS}_2$ ,  $\text{NbSe}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i  $\text{Rb}_2\text{ZnBr}_4$ .

Wiele struktur modulowanych można uważać za złożone z dwóch lub więcej podstruktur. Podstruktura z najkrótszym periodem przedstawia często prostą *strukturę podstawową*, podczas gdy inne periody powodują modulacje struktury podstawowej. Struktura podstawowa często pozostaje nie zmieniona w pewnym

zakresie składu, podczas gdy inne podstruktury ulegają zmianie przy zmianie stechiometrii. Jeżeli ta zmiana zachodzi w sposób ciągły, powstaje faza niestechiometryczna z niewspółmierną strukturą. Jeżeli zmiany zachodzą w sposób nieciągły, może się tworzyć szereg (zasadniczo stechiometrycznych) *homologicznych związków* ze współmierną strukturą (nadstruktury struktury podstawowej) lub – w przypadkach pośrednich – szereg związków o *częściowo współmiernej* strukturze lub o strukturze *Verniera*.

*Przykłady:*

1.  $Mn_nSi_{2n-m}$ . Struktura tego związku jest typu  $TiSi_2$ , charakteryzuje się ona obecnością dwóch podstruktur atomowych, przy czym atomy Mn obsadzają identyczne pozycje, tak jak atomy Ti w  $TiSi_2$ . Podobnie  $Si_2$  obsadza identyczne pozycje w obu związkach. Usunięcie Si prowadzi do składu  $Mn_nSi_{2n-m}$ , w którym pozycje Mn pozostają nie zmienione. Atomy Si są uporządkowane w szeregi i, gdy zawartość Si spada, atomy Si ulegają rozsunięciu wzdłuż szeregu. W tym wypadku występuje zależność Verniera między szeregami atomów Si a nie zmienionymi pozycjami Mn. Te ostatnie zmieniają się jednak pod wpływem zmian składu, prowadząc do struktur niewspółmiernych.
2.  $YF_{1+x}O$ . Struktura tego związku jest typu *fluorytu* z dodatkowymi warstwami atomów wstawionych do macierzystej struktury  $YX_2$ . Gdy warstwy te są uporządkowane, powstaje homologiczny szereg faz. Gdy są one nieuporządkowane, mamy niewspółmierną fazę niestechiometryczną, podczas gdy częściowe uporządkowanie daje efekt Verniera lub częściowej współmierności. Inne struktury warstwowe mogą być traktowane w ten sam sposób.

*Struktury niedopasowyalne* składają się z dwóch lub więcej różnych elementów, często wzajemnie niewspółmiernych, które są związane siłami elektrostatycznymi lub innymi; nie można w nich zdefiniować struktury podstawowej. Skład związków z niedopasowyalną strukturą jest określony przez stosunek periodów jej jednostek strukturalnych i przez elektroobojętność.

*Przykłady:*

3.  $Sr_{1-p}Cr_2S_{4-p}$  z  $p = 0,29$ , gdzie łańcuchy o składach  $Sr_3CrS_3$  i  $Sr_{3-x}S$  leżą w kanałach sieci o składzie  $Cr_{21}S_{36}$ ; te trzy jednostki są wzajemnie niewspółmierne.
4.  $LaCrS_3$  jest zbudowany z niewspółmiernych warstw  $(LaS)^+$  i  $(CrS_2)^-$ .

### 6.6.3. Krystalograficzne struktury ścinania

Krystalograficzne płaszczyzny ścinania (płaszczyzny *CS*) są płaskimi defektami sieciowymi, które dzielą dwie części kryształu przemieszczone względem siebie. Wektor opisujący przemieszczenie zwany jest krystalograficznym wektorem ścinania (wektor *CS*). Każda płaszczyzna ścinania powoduje niewielką zmianę składu kryształu, ponieważ sekwencja płaszczyzn krystalograficznych, które tworzą matrycę kryształu, ulega zmianie w tej płaszczyźnie. Wynika stąd, że wektor ścinania musi być ustawiony pod kątem do płaszczyzny ścinania. Gdyby był on równoległy do tej płaszczyzny, kolejność płaszczyzn krystalograficznych nie ulegałaby zmianie i nie mogłaby nastąpić zmiana składu. Płaska granica, w której wektor przesunięcia jest równoległy do płaszczyzny, jest nazywana *granicą antyfazową*.

Ponieważ każda płaszczyzna ścinania zmienia nieco skład kryształu, całkowity skład kryształu zawierającego płaszczyzny ścinania zależy od liczby płaszczyzn i ich wzajemnej orientacji. Jeżeli płaszczyzny ścinania są nieuporządkowane, kryształ będzie niestechiometryczny, przy czym zmiany stechiometrii będą spowodowane defektami pochodzącymi od płaszczyzn ścinania. Jeżeli płaszczyzny te są uporządkowane w równoległe szeregi, powstaje stechiometryczna faza o złożonym wzorze. Wówczas zmiana odległości płaszczyzn w uporządkowanym szeregu będzie powodować utworzenie nowej fazy, o nowym składzie. Szereg faz utworzonych w wyniku zmiany odległości pomiędzy płaszczyznami ścinania nazywany jest *szeregiem homologicznym*. Wzór tego szeregu zależy od typu płaszczyzn ścinania tworzących szereg i od odległości pomiędzy nimi. Zmiana w płaszczyźnie ścinania może zmienić wzór szeregu homologicznego.

*Przykłady:*

1.  $Ti_nO_{2n-1}$ . Strukturą macierzystą jest  $TiO_2$  (typ *rutylu*). Płaszczyzny ścinania są płaszczyznami (121). Może występować uporządkowany szereg płaszczyzn ścinania, co prowadzi do utworzenia szeregu homologicznego tlenków o wzorach  $Ti_4O_7$ ,  $Ti_5O_9$ ,  $Ti_6O_{11}$ ,  $Ti_7O_{13}$ ,  $Ti_8O_{15}$ ,  $Ti_9O_{17}$ . Wzorem szeregu jest  $Ti_nO_{2n-1}$ , z  $n$  zawartym między 4 a 9.
2.  $(Mo,W)_nO_{3n-1}$ . Strukturą macierzystą jest  $WO_3$ . Płaszczyzny ścinania są płaszczyznami (102). Mogą powstać uporządkowane szeregi płaszczyzn ścinania z utworzeniem tlenków o wzorach  $Mo_8O_{23}$ ,  $Mo_9O_{26}$ ,  $(Mo,W)_{10}O_{29}$ ,  $(Mo,W)_{11}O_{32}$ ,  $(Mo,W)_{12}O_{35}$ ,  $(Mo,W)_{13}O_{38}$  i  $(Mo,W)_{14}O_{41}$ . Wzorem szeregu jest  $(Mo,W)_nO_{3n-1}$ , z  $n$  zawartym między 8 a 14.

3.  $W_nO_{3n-2}$ . Strukturą macierzystą jest  $WO_3$ . Płaszczyzny ścinania są płaszczyznami (103). Mogą się tworzyć uporządkowane szeregi płaszczyzn ścinania prowadzące do tlenków o wzorze  $W_nO_{3n-2}$ , z  $n$  zawartym między 16 i 25.

#### 6.6.4. Zbliżniaczenie komórki elementarnej lub zbliżniaczenie chemiczne

Zbliżniaczenie jest to element struktury, w którym dwie tworzące go części stanowią odbicie zwierciadlane w stosunku do granicy faz. Płaszczyzna zbliżniaczenia zmienia skład macierzystego kryształu o określoną wartość (która może być równa zero). Uporządkowane, ściśle upakowane szeregi płaszczyzn zbliżniaczenia prowadzą do utworzenia homologicznych szeregów faz. Nieuporządkowane płaszczyzny zbliżniaczenia prowadzą do faz niestechiometrycznych, w których płaszczyzny zbliżniaczenia stanowią defekty. Istnieje ścisła analogia pomiędzy chemicznym zbliżniaczeniem i krystalograficznym ścinaniem.

*Przykład:*

1.  $(Bi,Pb)_nS_{n-4}$ . Macierzystą strukturą jest  $PbS$ , o strukturze  $cF8$  (typ  $NaCl$ ). Płaszczyzny zbliżniaczenia są płaszczyznami (311) komórki elementarnej  $PbS$ . Znane są dwa człony szeregu homologicznego,  $Bi_8Pb_{24}S_{36}$  i  $Bi_8Pb_{12}S_{24}$ , lecz w układzie czteroskładnikowym  $Ag-Bi-Pb-S$  znaleziono również inne człony. Różnica między związkami wynika z różnej odległości płaszczyzn zbliżniaczenia, a każda struktura jest zbudowana z płytek  $PbS$  o różnej grubości, przy czym sąsiednie płytki są zbliżnione wzdłuż płaszczyzny (311) w stosunku do struktury macierzystej.

#### 6.6.5. Struktury dostosowywalne do składu chemicznego

W pewnych układach okazuje się, że każdemu ze składów chemicznych odpowiada w pełni uporządkowana struktura krystaliczna trwała w określonym zakresie temperatur i składów. Gdy skład się zmienia, struktura zmienia się również, aby dostosować się do nowego składu. Dla tej grupy związków zaleca się stosowanie terminu *struktury dostosowywalne do składu chemicznego* [33].

*Przykłady:*

1. Związki w układzie  $Cr_2O_3-TiO_2$  w zakresie składów pomiędzy  $(Cr,Ti)O_{2,93}$  a  $(Cr,Ti)O_{2,90}$ .
2. Związki w układzie  $Nb_2O_5-WO_3$  ze strukturą typu blokowego w granicach składów pomiędzy  $Nb_2O_5$  a  $8WO_3 \cdot 9Nb_2O_5$  ( $Nb_{18}W_8O_{69}$ ).

### 6.6.6. Interkalaty

Istnieje wiele materiałów, w których matryca macierzysta (gospodarz) zawiera dodatkowe obce składniki wprowadzone do niej jako tzw. „goście”. Proces ten jest zwany interkalacją, a produkt jest *związkiem interkalowanym*. Słowo „interkalat” dotyczy na ogół gościa. Popularne przykłady interkalowanych materiałów można znaleźć w minerałach ilastych, warstwowych ditlenkach i diselenkach oraz graficie. Interkalowane materiały można określać zwykłym wzorem chemicznym, jak np.  $\text{Li}_x\text{TaS}_2$  ( $0 < x < 1$ ), lub przy użyciu oznaczenia typu gospodarz–gość, jak np.  $\text{TaS}_2:x\text{Li}$  ( $0 < x < 1$ ). Jeżeli znana jest stechiometria, to można stosować zwykle oznaczenia związku, jak np.  $\text{TaS}_2(\text{N}_2\text{H}_4)_{4/3}$ ,  $\text{TiSe}_2(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})_{1/2}$  i  $\text{KC}_8$  (<sup>6e</sup>).

W wypadku disiarczków i diselenków metali przejściowych konieczne jest czasem rozróżnienie między insercją gościa pomiędzy warstwy a podstawieniem atomu jednego metalu na inny w strukturze macierzystej. Pierwszy będzie przedstawiony jako  $\text{Fe}_x\text{TiSe}_2$ , a drugi jako  $\text{Fe}_x\text{Ti}_{1-x}\text{Se}_2$ .

## 6.7. Polimorfizm

### 6.7.1. Wprowadzenie

Wiele związków chemicznych i substancji prostych zmienia swą strukturę krystaliczną pod wpływem warunków zewnętrznych, takich jak np. temperatura i ciśnienie. Te różne struktury zwane są formami polimorficznymi związków; w przeszłości były one oznaczane m.in. za pomocą liter greckich i liczb rzymskich. Ponieważ nie wypracowano spójnego układu oznaczeń, nie poleca się ich stosowania. Wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, powinno się stosować racjonalny układ oparty na strukturze krystalicznej (por. 3.7.3 i 4.2.4).

Politypy mogą być traktowane jako szczególny rodzaj polimorfizmu i nie są rozpatrywane w tym opracowaniu.

### 6.7.2. Sposób oznaczania układów krystalograficznych

Odmiany polimorficzne oznacza się, dodając po wzorze symbolu układu krystalograficznego, zapisanego kursywą. Symbole te są podane w tab. 3.1. Na przykład, siarczek cynku(*c*) lub  $\text{ZnS}(c)$  odpowiada strukturze blendy cynkowej lub sfalerytu, a  $\text{ZnS}(h)$  strukturze wurcytu. Lekko zdeformowane sieci mogą być oznaczone przy

użyciu znaku  $\sim$  (około). Tak więc lekko zdeformowana sieć regularna będzie wyrażana symbolem ( $\sim c$ ). Do przekazania pełniejszej informacji proste, dobrze znane struktury powinny się oznaczać, zawsze gdy jest to możliwe, podając w nawiasie typ związku. Na przykład AuCd powyżej 343 K powinien być oznaczany raczej jako AuCd(typu CsCl) niż AuCd(c).

Właściwości silnie zależne od symetrii sieci i symetrii punktowej mogą wymagać dodatkowego podania grupy przestrzennej, po symbolu układu krystalograficznego.

## 6.8. Układy amorficzne i szkła

Termin *amorficzny* (bezpостaciowy) obejmuje substancje *szkliste*, *niekryształiczne* oraz *przechłodzone ciecze*. Podstawową cechą tych układów jest brak translacyjnego uporządkowania dalekiego zasięgu. Do zaznaczenia amorfizmu stosuje się oznaczenie (am) po wzorze chemicznym, np. SiO<sub>2</sub>(am) dla bezpostaciowej krzemionki. Termin *szklisty* sugeruje uporządkowanie bliskiego zasięgu (na ogół obejmujące jedynie najbliższych sąsiadów), wzajemne powiązanie elementów struktury (jednostki uporządkowane w bliskim zasięgu są połączone w sposób nieuporządkowany z innymi podobnymi jednostkami) i stosunkowo wysoką gęstość w porównaniu z uporządkowaną strukturą. Stan szklisty materiału można wskazać za pomocą indeksu (vit), np. SiO<sub>2</sub>(vit) dla szkła kwarcowego (<sup>6f</sup>).

Nie opracowano jeszcze ogólnie przyjętego systemu zaznaczania we wzorze faktu domieszkowania materiału bezpostaciowego inną substancją. Dla zachowania spójności z poprzednimi rozdziałami można stosować symbolikę taką jak Si(am)H<sub>x</sub>, dla określenia krzemu domieszkowanego wodorem. Gdy zawartość domieszki jest znana, można ją podać we wzorze, np. Si(am)H<sub>0,005</sub>.

## 6.9. Uwagi końcowe

Nomenklatura w niniejszym rozdziale została dostosowana do międzynarodowego użytku w chemii ciała stałego. Sposób nazywania odmian polimorficznych jest wciąż dyskutowany wśród naukowców i nie można jeszcze sformułować ścisłych zaleceń. W przypadkach złożonych, takich jak interkalacja grafitu i politypy, należy jeszcze opracować szczegółowe zasady nomenklatury.

## Przypisy

<sup>(6a)</sup> W dawniejszej literaturze fazy niestechiometryczne często nazywano *bertolidami*. Obecnie nie zaleca się tej nazwy.

<sup>(6b)</sup> Gdy istotne jest przekazanie informacji strukturalnej, dozwolone są odstępstwa od alfabetycznej kolejności kationów (4.6.1.3).

<sup>(6c)</sup> Użycie symbolu *V* jest preferowane do oznaczenia wakancji, choć w pewnych przypadkach inne symbole, takie jak kwadrat □, są również stosowane, zwłaszcza w układach zawierających wanad. Innym sposobem uniknięcia dwuznaczności jest użycie dla wanadu symbolu Va (zob. ustęp 3.3.3).

<sup>(6d)</sup> Stosownie do zalecenia IUCr (*International Union of Crystallography*) litera C poprzednio używana w symbolach jednoskośnej i rombowej sieci Bravais'go została zastąpiona literą S (sieć centrowana na bocznej ścianie). Patrz [32].

<sup>(6e)</sup> W tym szczególnym przypadku użycie wskaźników ułamkowych jest dozwolone.

<sup>(6f)</sup> Skrótów te tworzą część obszerniejszego systemu oznakowania, podanego w [34].

---

# 7. CZĄSTECZKI OBOJĘTNE

---

## SPIS TREŚCI

- 7.1. Wprowadzenie
- 7.2. Nomenklatura podstawnikowa
  - 7.2.1. Wprowadzenie
  - 7.2.2. Nazwy wodorków
    - 7.2.2.1. Nazwy wodorków mononuklearnych
    - 7.2.2.2. Nazwy oligonuklearnych wodorków zawierających pierwiastki o standardowej wiązalności
    - 7.2.2.3. Nazwy oligonuklearnych wodorków zawierających pierwiastki o niestandardowej wiązalności
  - 7.2.3. Nazwy podstawionych pochodnych wodorków
    - 7.2.3.1. Stosowanie przedrostków
    - 7.2.3.2. Podstawione wodorki mononuklearne
    - 7.2.3.3. Jednorodne, nierozgałęzione łańcuchy o wiązaniach pojedynczych
    - 7.2.3.4. Jednorodne, rozgałęzione łańcuchy o wiązaniach pojedynczych
    - 7.2.3.5. Łańcuchy zawierające powtarzające się jednostki
    - 7.2.3.6. Łańcuchy zawierające wiązania wielokrotne
    - 7.2.3.7. Łańcuchy niejednorodne
    - 7.2.3.8. Związki jednopierścieniowe
    - 7.2.3.9. Związki dwu- i wielopierścieniowe
- 7.3. Nomenklatura koordynacyjna
  - 7.3.1. Wprowadzenie
  - 7.3.2. Jednordzeniowe związki koordynacyjne
  - 7.3.3. Dwurdzeniowe związki koordynacyjne
    - 7.3.3.1. Symetryczne dwurdzeniowe związki koordynacyjne
    - 7.3.3.2. Niesymetryczne dwurdzeniowe związki koordynacyjne
  - 7.3.4. Inne związki oligonuklearne
    - 7.3.4.1. Wprowadzenie
    - 7.3.4.2. Związki koordynacyjne zawierające łańcuchy atomów centralnych
    - 7.3.4.3. Związki koordynacyjne zawierające pierścienie i klastery atomów centralnych
- 7.4. Uwagi końcowe

## 7.1. Wprowadzenie

Niniejszy rozdział dotyczy zasad nomenklatury dla obojętnych cząsteczek o wiązaniu kowalencyjnym. Kwasy i ich proste pochodne omówione są bardziej szczegółowo w rozdz. 9, podczas gdy dokładny opis związków koordynacyjnych i niektórych związków metaloorganicznych podano w rozdz. 10. Obojętne związki zawierające klastery boru omówiono w rozdz. 11.

Zależnie od potrzeb należy wybrać jeden ze sposobów nazywania związków molekularnych. Dla prostych cząsteczek wystarcza zazwyczaj nazwa stechiometryczna (por. rozdz. 5). Na przykład nazwy oktakarbonyldikobalt i dekatlenek tetrafosforu podają skład związku, lecz nie dostarczają informacji o strukturze. Aby ją uzyskać, zaleca się stosowanie dwóch innych, wymienionych niżej, metod nomenklatury dających więcej informacji.

1) *Nomenklatura podstawnikowa* jest to system stosowany do tworzenia nazw związków organicznych w oparciu o nazwę macierzystego wodorku mającego końcówkę charakterystyczną dla danej klasy związków. W wypadku wodorków organicznych może to być -an, -en, -yn lub -in, lecz dla wodorków pierwiastków różnych od węgla zwykle jest stosowana końcówka -an (przykłady końcówek -yna (-ina) podane w przypisie do tab. 7.2 w punkcie 7.2.2.1 nie są zalecane przy tworzeniu nazw podstawionych pochodnych). Pod nieobecność innych desygnatorów, takich jak  $\lambda$ , stosuje się końcówkę -an celem wskazania, że atomy centralne wykazują swoją normalną wiązalność (np. 3 dla P; 4 dla Si) i że wszystkie wartościowości atomów nie tworzące szkieletu są wysycane przez odpowiednią liczbę atomów wodoru (por. 7.2).

2) *Nomenklatura koordynacyjna* jest to system addytywny, który pierwotnie był przeznaczony dla kompleksów typu Wernera. Nie korzysta on z żadnych założeń nomenklatury podstawnikowej, lecz opiera się na koncepcji tworzenia wiązań. Tak więc nazwy koordynacyjne podają, z jakimi atomami poszczególnych ligandów łączy(a) się w danej cząsteczce atom(y) centralny(e). Jako ligandy są też traktowane atomy wodoru (por. 7.3).

Poniższe przykłady ilustrują zastosowanie obu systemów nomenklatury do tych samych związków chemicznych.

*Przykłady:*

|  | <i>Nazwa podstawnikowa</i> | <i>Nazwa koordynacyjna</i>      |
|--|----------------------------|---------------------------------|
| 1. $\text{Te}(\text{OCOCH}_3)_2$                       | diacetoksytellan           | bis(octano)tellur               |
| 2. $\text{SiCl}_3(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3)$ | trichloro(propoksy)silan   | trichloro(propan-1-olano) krzem |

|   |                                      |   |
|---|--------------------------------------|---|
| 3. $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$       | tetraetoksylan                       | tetrakis(etanolano)krzem                            |
| 4. $\text{P}(\text{CF}_3)(\text{PHCF}_3)_2$     | 1,2,3-tris(trifluorometylo)trifosfan | trifluorometylobis(trifluorometylofosfanido) fosfor |
| 5. $\text{Sb}(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{Cl}$ | chlorodifenylostiban                 | chlorodifenyloantymon                               |
| 6. $\text{IF}_5$                                | pentafluoro- $\lambda^5$ -jodan      | pentafluorjod                                       |

## 7.2. Nomenklatura podstawnikowa

### 7.2.1. Wprowadzenie

Nomenklatura podstawnikowa jest metodą powszechnie stosowaną do związków organicznych, w której nazwy oparte są na macierzystych wodorkach, mających zazwyczaj końcówkę -an, -en -yn lub -in. Nazwa wodorku określa jednoznacznie liczbę atomów wodoru dołączonych do struktury szkieletu.

*Przykłady:*

1.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  pentan
2.  $\text{C}_6\text{H}_6$  benzen
3.  $\text{Si}_2\text{H}_6$  disilan

Nazwy pochodnych tworzy się przez wprowadzenie przed nazwą nie podstawionego macierzystego wodorku przedrostków odpowiednich dla jedno- lub wieloatomowych podstawiających grup (w razie potrzeby poprzedzonych lokantami). W wypadku węgla lub krzemu niektóre podstawniki mogą być wskazane odpowiednimi przyrostkami.

*Przykłady:*

4. 1-bromopentan
5. nitrobenzen
6. 1,1-dichlorocykloheksan
7. hydroksystannan
8. silanol
9. cyklobutano-1,3-ditiol

Nazwy te mają przekazać informację o tym, że liczba atomów wodoru w macierzystym wodorku, np. pentanie, stannanie, silanie lub cyklobutanie uległa zmniejszeniu przez podstawienie. Tak więc nitrobenzen ma wzór  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , w którym

jednowartościowa grupa  $\text{NO}_2$  zastępuje atom wodoru w benzenie. Podobnie kwas benzenopentakarboksylowy ma wzór  $\text{C}_6\text{H}(\text{COOH})_5$ .

W razie stosowania tej metody do pierwiastków innych niż węgiel wiązalność atomów wchodzących w skład szkieletu musi być albo standardowa (np. 4 dla Si i Sn), albo – jeżeli jest inna – powinna być zaznaczona przy użyciu odpowiednich desygnatorów (patrz 7.2.2.3). Poza tym metoda jest analogiczna do stosowanej w nomenklaturze organicznej i uwzględnia zasady i konwencje reguł organicznych [35].

Tak więc, na przykład, silan ma wzór  $\text{SiH}_4$ , a trisilan  $\text{SiH}_3\text{SiH}_2\text{SiH}_3$ . W pierwszej kolejności będą rozważane nazwy wodorków, w których część lub wszystkie atomy wodoru mogą być zastąpione innymi atomami lub grupami.

## 7.2.2. Nazwy wodorków

### 7.2.2.1. Nazwy wodorków mononuklearnych

Nomenklaturę podstawnikową stosuje się zazwyczaj do wodorków następujących pierwiastków: B, C, Si, Ge, Sn, Pb, N, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po (zaznaczono je na fragmencie układu okresowego w tab. 7.1), lecz może być ona rozszerzona na pewne pochodne fluorowców, szczególnie pochodne jodu.

Nazwy jednordzeniowych wodorków stosowane w tym systemie nomenklatury są zestawione w tab. 7.2.

Pod nieobecność desygnatora końcówka -an oznacza, że pierwiastek szkieletowy wykazuje standardową wiązalność, mianowicie 3 dla boru (<sup>7a</sup>), 4 dla pierwiastków grupy 14., 3 dla pierwiastków grupy 15. i 2 dla pierwiastków grupy 16. Jeśli wiązalność jest inna, musi być ona zaznaczona w nazwie wodorku przez umieszczenie odpowiedniego wskaźnika górnego przy greckiej literze  $\lambda$  (<sup>7b</sup>), przy czym symbole te oddziela się łącznikiem od nazwy podanej w tab. 7.2.

*Przykłady:*

1.  $\text{PH}_5$              $\lambda^5$ -fosfan
2.  $\text{SH}_6$              $\lambda^6$ -sulfan

Symbol lambda stosuje się w wypadku nazw z końcówką -an wymienionych w tab. 7.2, lecz nie można go stosować w wypadku synonimów tych nazw.

W wypadku nazw wodorków macierzystych o niestandardowej wiązalności zaleca się stosowanie konwencji  $\lambda$ .

Główna zaleta nazw z końcówką -an z tab. 7.2 polega na ich przydatności w nazywaniu podstawionych pochodnych i wywodzących się z nich grup, oraz na łatwości rozszerzenia tego sposobu na nomenklaturę związków łań-

Tabela 7.1. Pierwiastki tworzące macierzyste wodorki

| Grupa 13 | Grupa 14 | Grupa 15 | Grupa 16 | Grupa 17 | Grupa 18 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| B        | C        | N        | O        | F        | Ne       |
| Al       | Si       | P        | S        | Cl       | Ar       |
| Ga       | Ge       | As       | Se       | Br       | Kr       |
| In       | Sn       | Sb       | Te       | I        | Xe       |
| Tl       | Pb       | Bi       | Po       | At       | Rn       |

Tabela 7.2. Jednordzeniowe wodorki macierzyste

|                  |          |                  |                     |                  |                      |
|------------------|----------|------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| BH <sub>3</sub>  | boran    | NH <sub>3</sub>  | azan <sup>a</sup>   | OH <sub>2</sub>  | oksydan <sup>a</sup> |
| SiH <sub>4</sub> | silan    | PH <sub>3</sub>  | fosfan <sup>a</sup> | SH <sub>2</sub>  | sulfan <sup>a</sup>  |
| GeH <sub>4</sub> | germanan | AsH <sub>3</sub> | arsan <sup>a</sup>  | SeH <sub>2</sub> | selan                |
| SnH <sub>4</sub> | stannan  | SbH <sub>3</sub> | stiban <sup>a</sup> | TeH <sub>2</sub> | tellan               |
| PbH <sub>4</sub> | plumban  | BiH <sub>3</sub> | bizmutan            | PoH <sub>2</sub> | polan                |

<sup>a</sup> Nazwy fosfina, arsyna i stibina mogą być nadal stosowane w wypadku nie podstawionych jednordzeniowych wodorków i do wyprowadzenia nazw ligandów oraz niektórych pochodnych grup, lecz nie są zalecane do nazywania podstawionych pochodnych. Nazwami systematycznymi w nomenklaturze podstawnikowej dla amoniaku i wody są odpowiednio azan i oksydan, nie są one jednak powszechnie używane. Sulfan, jeżeli nie jest podstawiony, zwykle jest nazywany siarkowodorem. W tab. 7.2 wzory H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>Se, H<sub>2</sub>Te i H<sub>2</sub>Po są odwrócone, aby ułatwić porównanie.

cuchowych i pierścieniowych. Organiczne pochodne H<sub>2</sub>S i H<sub>2</sub>Se są nazywane zazwyczaj sulfidami lub tiolami oraz selenkami lub selenolami zgodnie z terminologią związków organicznych (por. reguły C-514 i C-701 w [36]), podczas gdy pochodne NH<sub>3</sub> zwane są zwykle aminami, amidami, nitylami itp., również zgodnie z regułami tej terminologii (por. reguły C-811 do C-815 i C-821 do C-843 w [36]).

*Przykłady:*

- |   |  |
|---|--|
| 3. C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> | sulfid difenyłowy lub difenylosulfan             |
| 4. CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SeH                          | etanosenol lub etyloselan                        |
| 5. (BrCH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> N                          | tris(bromometylo)amina lub tris(bromometylo)azan |

### 7.2.2.2. Nazwy oligonuklearynych wodorków zawierających pierwiastki o standardowej wiązalności

Nazwy takie tworzy się z nazw odpowiednich wodorków jednordzeniowych (tab. 7.2) zakończonych końcówką -an przez dodanie zwielokrotniającego przedrostka (di-, tri-, tetra- itd.) odpowiadającego liczbie atomów w łańcuchu.

*Przykłady:*

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 1. $H_2PPH_2$             | difosfan   |
| 2. $H_3SnSnH_3$           | distannan  |
| 3. $HSeSeSeH$             | triselan   |
| 4. $SiH_3SiH_2SiH_2SiH_3$ | tetrasilan |

Nazwy azan (dla  $NH_3$  zwyczajowo zwanego amoniakiem, ale modyfikowanego do „aminy” w nomenklaturze podstawnikowej), diazan (dla  $N_2H_4$  znanego powszechnie jako hydrazyna), diazen (dla  $NH=NH$ ) (<sup>7c</sup>), triazan (dla  $NH_2NHNH_2$ ) itd. stosują się do tej reguły. Triazan i tetraazan nie są znane w stanie wolnym, jednakże znane są ich podstawione pochodne (por. przykład 5 w 7.2.3.3). Nazwy związków zawierających ugrupowanie  $>N-N<$  są w sposób pełniejszy objęte regułami organicznymi (por. reguły C-921.1 do C-932.5 w [36]), które stosują nazwę „hydrazyna” jako macierzystą do tworzenia nazw podstawionych pochodnych. Sposób ten jest alternatywny do użycia nazwy „diazan” (<sup>7d</sup>).

Nazwy związków nienasyconych mogą być wyprowadzone w sposób analogiczny, przez rozszerzenie odpowiednich reguł organicznych (por. także 7.2.3.6).

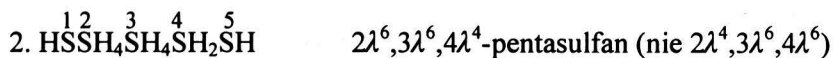
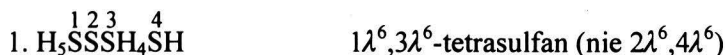
### 7.2.2.3. Nazwy oligonuklearynych wodorków zawierających pierwiastki o niestandardowej wiązalności (<sup>7e</sup>)

W wypadku gdy atomy szkieletowe łańcucha w wodorku są takie same, lecz jeden lub kilka z nich wykazuje wiązalność różną od wartości podanych w 7.2.2.1, nazwę wodorku tworzy się tak, jakby wszystkie atomy wykazywały standardowe wiązalności, lecz nazwa ta jest poprzedzona przez lokanty, po jednym dla każdego atomu o nienormalnej wiązalności, przy czym lokant jest umieszczany bez odstępów przed symbolem  $\lambda^n$ , gdzie  $n$  jest odpowiednią liczbą wiązań. Dokładny sposób postępowania jest przedstawiony w przykładach i omówiony w nomenklaturze związków organicznych [21]. Sposób przypisania lokantów jest przedstawiony dalej (<sup>7f</sup>).

Numerowania macierzystych wodorków zawierających heteroatomy o niestandardowych wiązalnościach dokonuje się zgodnie z regułami podanymi w nomenklaturze związków organicznych (zob. części B i C w [2] i [35]). W wodorkach homogenicznych, zawierających atomy szkieletowe o różnej wiązalności, mniejszy lokant przypisuje się atomowi o wiązalności niestandardowej. Jeżeli konieczny jest

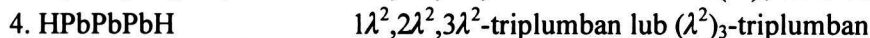
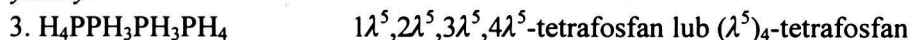
dalszy wybór pomiędzy takimi samymi atomami szkieletowymi, wykazującymi różne niestandardowe wiązalności, to lokanty z desygnatorami  $\lambda^n$  umieszcza się w kolejności zmniejszającej się wiązalności, tj. lokant z  $\lambda^6$  podaje się przed lokantem z  $\lambda^4$ .

*Przykłady:*



Wodorki nazywane w ten sposób mogą być hipotetyczne, lecz często znane są ich podstawione pochodne. Gdy wszystkie atomy występujące w szkielecie macierzystego wodorku wykazują tę samą niestandardową wiązalność, można uniknąć powtarzania symboli  $\lambda$  w sposób przedstawiony w przykładach 3 i 4.

*Przykłady:*



### 7.2.3. Nazwy podstawionych pochodnych wodorków

#### 7.2.3.1. Stosowanie przedrostków

Przy tworzeniu nazw grup podstawnikowych zastępujących atomy wodoru zachowana jest analogia z organiczną nomenklaturą podstawnikową. Nazwy te tworzy się przy użyciu przedrostków będących nazwami grup (amino, acetoksy, nitrozo etc.), a nie w postaci nazwy liganda (octano). Gdy występuje więcej niż jeden rodzaj podstawnika, przedrostki wymienia się w porządku alfabetycznym przed nazwą macierzystego wodorku, przy czym dla uniknięcia niejasności można zastosować nawiasy. Przedrostki zwielokrotniające wskazują na obecność dwu lub więcej identycznych grup, a gdy grupy podstawnikowe same są podstawione, stosuje się przedrostki bis-, tris-, tetrakis- itd. (por. tab. III).

#### 7.2.3.2. Podstawione wodorki mononuklearne

Następujące nazwy stanowią przykłady zasad przedstawionych w 7.2.3.1.

*Przykłady:*



- |   |   |
|---|---|
| 3. $\text{Sb}(\text{CH}=\text{CH}_2)_3$                       | triwinylostiban                               |
| 4. $\text{AsBr}(\text{OCH}_3)(\text{CH}_3)$                   | bromo(metoksy)(metylo)arsan ( <sup>7b</sup> ) |
| 5. $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{Cl}_3$ | trichloro(propoksy)silan ( <sup>7b</sup> )    |
| 6. $\text{GeH}(\text{SCH}_3)_3$                               | tris(metylotio)germanan                       |
| 7. $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$                     | tetraetoksylan                                |

Przykład 7 może być traktowany jako pochodna kwasu ortokrzemowego  $\text{Si}(\text{OH})_4$ , a przykład 4 jako ester kwasu arsenowego(III). Nazwy pochodnych kwasów tlenowych omówiono bardziej szczegółowo w rozdz. 9.

Jeżeli w związku występuje więcej niż jeden pierwiastek, który może być uważany za atom centralny (por. tab. 7.1), nazwę tworzy się z nazwy macierzystego jednordzeniowego wodorku dowolnego pierwiastka występującego w szkielecie. Zasady tej nie można stosować do łańcuchów, które nie mogą być uważane za pochodne wodorku jednordzeniowego.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 8. $\text{H}_3\text{CPHSiH}_3$                                 | (metylofosfanylo)silan lub metylo(sililo)fosfan lub (sililofosfanylo)metan ( <sup>7h</sup> ) |
| 9. $\text{Ge}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{Cl}_2(\text{SiCl}_3)$ | dichloro(fenylo)(trichlorosililo)germanan lub trichloro[dichloro(fenylo)germanylo]silan      |

Jeżeli atom centralny wodorku uważanego za macierzysty jest również jednym z atomów grupy funkcyjnej zdefiniowanej zgodnie z nomenklaturą organiczną (np. atom O w  $-\text{OH}$ , C w  $-\text{COOH}$  lub S w  $-\text{SO}_2\text{OH}$ ), nazwę można utworzyć przy użyciu nazwy odpowiedniej grupy funkcyjnej według zasad zawartych w regułach organicznych. Inne grupy obecne w związku są następnie wymieniane w postaci przedrostków (<sup>7i</sup>).

*Przykłady:*

- |   |  |
|---|--|
| 10. $\text{H}_2\text{As}(\text{CH}_2)_4\text{SO}_2\text{Cl}$                        | chlerek 4-arsanylobutano-1-sulfonylu               |
| 11. $\text{Cl}_3\text{Si}\overset{\text{CH}_2}{\text{SCH}}\text{CHPO}(\text{OH})_2$ | kwas 2-[(trichlorosililo)tio]cyklopropylofosfonowy |

### 7.2.3.3. Jednorodne, nierozgałęzione łańcuchy o wiązaniach pojedynczych

Dla celów nomenklatury podstawionych pochodnych łańcuch jest numerowany kolejno od jednego końca do drugiego, a nazwy grup są wymieniane w porządku alfabetycznym przed nazwą odpowiedniego wodorku podaną w 7.2.2.1 i poprzedzoną odpowiednim przedrostkiem zwielokrotniającym (lecz z ominięciem mono-). Kierunek numerowania wynika z kryteriów omówionych w 7.2.2.3. Jeżeli nie ma desy-

gnatorów  $\lambda$ , to kierunek numeracji jest określony koniecznością przypisania podstawnikom najmniejszych lokantów, traktowanych jako zbiór. Jeżeli po zastosowaniu tych kryteriów pozostaje możliwość wyboru, to najmniejsze lokanty przypisuje się podstawnikom wymienionym w nazwie jako pierwsze.

*Przykłady:*

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. $(C_2H_5)_3PbPb(C_2H_5)_3$      | heksaetylodiplumban                         |
| 2. $ClSiH_2SiHClSiH_2SiH_2SiH_2Cl$ | 1,2,5-trichloropentasilan                   |
| 3. $(F_3C)HPP(CF_3)P(CF_3)H$       | 1,2,3-tris(trifluorometylo)trifosfan        |
| 4. $H_3GeGeGeH_2GeBr_3$            | 4,4,4-tribromo-2 $\lambda^2$ -tetragermanan |

W przykładzie 4 kolejność numerowania jest określona przez desygator  $\lambda$ .

*Przykłady:*

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 5. $CH_3NHNHNHC_3H_7$         | 1-metylo-3-propylotriazan                |
| 6. $C_3H_7SnH_2SnCl_2SnH_2Br$ | 1-bromo-2,2-dichloro-3-propylotristannan |

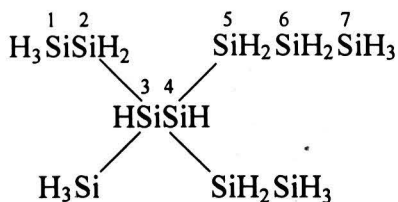
W przykładzie 6 zestaw lokantów (1,2,2,3) jest jednakowy, niezależnie od którego końca rozpoczęlibyśmy numerację, lecz 1-bromo jest preferowane w stosunku do 3-bromo.

#### 7.2.3.4. Jednorodne, rozgałęzione łańcuchy o wiązaniach pojedynczych

Nazwa jest oparta na najdłuższym nierozgałęzionym łańcuchu, który przyjmuje się za wodorek macierzysty, a nazwy krótszych łańcuchów, stanowiących podstawniki, są wymieniane w odpowiednim porządku. Po wyborze najdłuższego łańcucha jest on numerowany tak, aby podstawnikom traktowanym jako zbiór przypisać jak najmniejsze lokanty (<sup>7j</sup>).

*Przykłady:*

1.



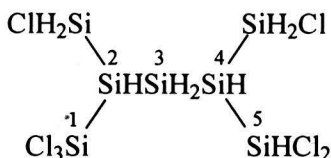
4-disilanylo-3-sililoheptasilan

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 2. $CH_3Pb[Pb(CH_3)_3]_3$ | 1,1,1,2,3,3,3-heptametylo-2-(trimetyloplumbylo)triplumban |
|---------------------------|---|

Jeżeli w podany sposób nie można wybrać głównego łańcucha, to preferowany jest ten łańcuch, który ma najwięcej grup podstawiających (por. reguła C-13.11(h)–(k) w [37]).

*Przykład:*

3.



1,1,1,5,5-pentachloro-2,4-bis(chlorosililo)pentasilan

### 7.2.3.5. Łańcuchy zawierające powtarzające się jednostki

Łańcuchy składające się z powtarzających się na przemian dwóch pierwiastków ab, jak np. w  $ab(ab)_n a$ , można nazywać przez podanie kolejno następujących elementów nazwy:

1) przedrostka zwielokrotniającego (tab. III), oznaczającego liczbę atomów pierwiastka tworzącego łańcuch (a lub b) wymienionego na dalszym miejscu w tab. IV,

2) członów nomenklatury zamiennej „a” odpowiadających pierwiastkom a i b wymienianym w powyższej kolejności [opuszczając końcówkę -a przed literami a lub o (zob. tab. VI)],

3) końcówki -an.

Pierwiastek występujący na dalszym miejscu w tab. IV jest uważany za kończący łańcuch z obu stron, a inne dołączone jednostki są cytowane przed wymienionymi w punktach 1) – 3) w postaci przedrostków, poprzedzonych przez odpowiednie lokanty. Łańcuch numeruje się kolejno od jednego końca do drugiego, tak jak w punkcie 7.2.2.3. Gdy zawiera on grupy podstawnikowe i możliwe są jeszcze inne sposoby ponumerowania, punkt początkowy i kierunek numerowania są dobierane tak, aby uzyskać jak najmniejszy zbiór lokantów w pierwszym punkcie, w którym te sposoby się różnią.

*Przykłady:*

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1. $H_3SnOSnH_2OSnH_2OSnH_3$                 | tetrastannoksan                |
| 2. $H_3SnCl_2OSnH_2OSnH_2OSnH_2Cl$           | 1,1,7-trichlorotetrastannoksan |
| 3. $H_3SiGeH_2SiH_2GeH_3$                    | 1-sililodigermasilan           |
| 4. $H_3SiSSiH_2SSiH_2SSiH_3$                 | tetrasilatian                  |
| 5. $(CH_3)SiH_2SSi(CH_3)HSSiH_2SSiH_2(CH_3)$ | 1,3,7-trimetylotetrasilatian   |
| 6. $H_2NPHNHPHNHPHNH_2$                      | 1,5-diaminotrifosfazan         |

### 7.2.3.6. Łańcuchy zawierające wiązania wielokrotne

Związki zawierające wiązania wielokrotne mogą być opisane przy użyciu podstawnikowej metody nomenklatury, podobnie jak organiczne alkeny i alkiny, tzn. w nazwie odpowiedniego nasyconego wodoru łańcuchowego następuje zamiana przyrostka -an na -en w wypadku wiązania podwójnego lub na -yn (-in) w wypadku wiązania potrójnego. Jeżeli występuje jedno wielokrotne wiązanie, stosuje się przyrostek -en lub -yn (-in) z odpowiednimi lokantami; -dien jest używany, gdy występują dwa wiązania podwójne itd. W każdym wypadku lokalizacja wiązania wielokrotnego jest zaznaczona za pomocą liczbowego lokanta poprzedzającego bezpośrednio przyrostek. W bardziej złożonych przypadkach, jak np. w układach rozgałęzionych z wiązaniami wielokrotnymi, należy stosować kryteria starszeństwa łańcucha zawarte w odpowiednich zbiorach reguł (C-13.11 w [37]).

*Przykłady:*

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1. $\text{H}_2\text{NNHN}=\text{NNH}_2$  | pentaaz-2-en                  |
| 2. $(\text{C}_6\text{H}_5)\text{NHN}=\text{NN}=\text{NNH}(\text{C}_6\text{H}_5)$ | 1,6-difenyloheksaaza-2,4-dien |
| 3. $\text{CH}_3\text{NHN}=\text{NCH}_3$  | 1,3-dimetylotriazen           |
| 4. $\text{CH}_3\text{N}=\text{CHN}=\text{CH}_2$                                  | trikarbaza-1,3-dien           |
| 5. $\text{H}_2\text{PNHPHNHP}=\text{NPH}_2$                                      | tetrafosfaz-2-en              |

Należy zwrócić uwagę, że w przykładzie 3 lokant wskazujący położenie wiązania podwójnego jest zbędny.

### 7.2.3.7. Łańcuchy niejednorodne

Związki z łańcuchami niejednorodnymi zostaną omówione dokładniej w innym miejscu, lecz już teraz można powiedzieć, że gdy obecne są atomy węgla, stosuje się metody organicznej nomenklatury zamiennnej (por. reguła C-61 w [37]). W metodzie tej łańcuch jest nazywany tak, jakby składał się wyłącznie z atomów węgla i atomy kończące łańcuch muszą być istotnie atomami węgla. Heteroatomy leżące między tymi końcowymi atomami są oznaczane za pomocą członów zamiennych „a” zestawionych w tab. VI, wymienionych w porządku tam podanym, przy czym każdy człon „a” poprzedzony jest odpowiednim lokantem. Łańcuchy niejednorodne zaczyna się numerować od tego końca, który daje mniejsze lokanty dla zbioru heteroatomów, a jeżeli są jednakowe, to od tego końca, który daje najmniejszy lokant dla pierwszego wymienionego terminu zamiennego. Gdy wciąż jeszcze pozostaje możliwość wyboru, wówczas mniejsze lokanty przypisuje się elementom nienasyconym. Heteroatomy dołączone poza końcowymi atomami węgla oznaczają się przedrostkami podawanymi na początku nazwy.

Jeżeli łańcuch zawiera grupy funkcyjne (por. reguła C-10.3 w [37]), numeruje się go od tego końca, który pozwala przypisać najniższe liczby grupom głównym traktowanym jako zbiór. Grupy te są wymieniane jako przyrostki na końcu nazwy.

*Przykłady:*

- $$\overset{11}{\text{H}_3\text{Si}}\overset{10}{\text{NH}}\overset{9}{\text{CH}_2}\overset{8}{\text{ONH}}\overset{7}{\text{CH}_2}\overset{6}{\text{SSi}}\overset{5}{\text{H}_2}\overset{4}{\text{NH}}\overset{3}{\text{OSi}}\overset{2}{\text{H}_2}\overset{1}{\text{OCH}_3}$$
 11-(siloamino)-2,4,10-trioksa-7-tia-5,9-diaza-3,6-disilaundekane  
 (kolejność lokantów 2,3,4,5 itd. dla członów „a” z tab. VI jest preferowana w stosunku do kolejności 2,3,5,6 itd.)
- $$\text{NCH}=\text{CHCH}_2\text{OCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$$

$$\parallel$$

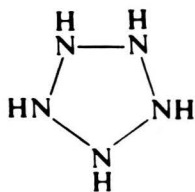
$$\text{NCH}=\text{CHCH}_2\text{SCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$$
 4-oksa-13-tia-8,9-diazaheksadeka-1,6,8,10,15-pentaen  
 (4-oksa preferowany jest w stosunku do 13-oksa, chociaż sekwencja lokantów dla członów zamiennych z tab. VI jest: 4,8,9,13, bez względu na to, od którego końca rozpoczyna się numerację)
- $$\text{HSCH}=\text{NOCH}_2\text{SeCH}_2\text{ONHCH}_3$$
 3,7-dioksa-5-selena-2,8-diazanon-1-en-1-tiol

### 7.2.3.8. Związki jednopierścieniowe

Nazwę jednorodnego pierścienia otrzymuje się przez dodanie przedrostka cyklo- do utworzonej jak opisano w 7.2.3.3 nazwy nierozgałęzionego, niepodstawionego łańcucha zawierającego tę samą liczbę identycznych atomów.

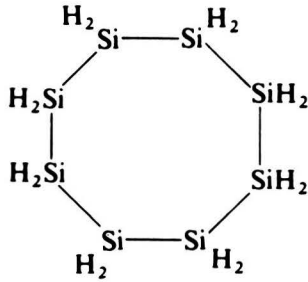
*Przykłady:*

1.



cyklopentaazan

2.

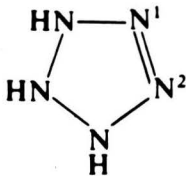


cyklooktasilan

Obecność wiązań podwójnych lub potrójnych zaznacza się w nazwie przez zmianę końcówki -an odpowiednio na -en, -yn (-in), dien lub -enyn itp. Jedno wiązanie wielokrotne ma przypisane lokanty: 1, 2, a gdy występują dwa lub więcej takich wiązań, zestaw lokantów powinien być jak najmniejszy spośród zgodnych z położeniem wiązań wielokrotnych w pierścieniu.

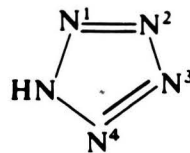
Przykłady:

3.



cyklopentaazen

4.



cyklopentaazadien

W wypadku pierścieni z powtarzającymi się jednostkami dwóch atomów występujących na przemian w szkielecie, po przedrostku cyklo- następują człony zamienne z tab. VI, wymieniane w porządku odwrotnym do kolejności występowania w tej tabeli.

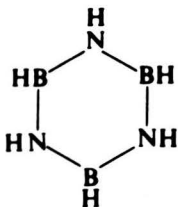
Należy zauważyć, że wiele omawianych tutaj związków jednopierścieniowych ma nazwy zwyczajowe, z których część jest nadal dozwolona.

Przykłady:

Dozwolona nazwa zwyczajowa

Nazwa systematyczna

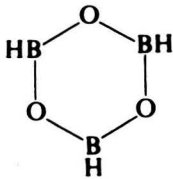
5.



borazyna

cyklotriborazan

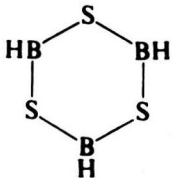
6.



boroksyn

cyklotriboroksan

7.



borotiin

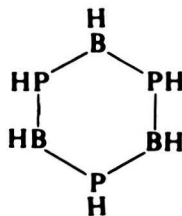
cyklotriboratian

Dla wymienionych związków nie powinno się stosować nazw borazol, boroksol i borotiol, gdyż nazwy te, według systemu Hantzsch–Widmana (por. dalej), sugerują obecność pierścieni pięciocłonowych.

Nazwy kończą się *-an*, jeżeli powtarzająca się jednostka jest nasycona. Podwójne wiązania są zaznaczane przez zamianę końcówki *-an* na *-en*, *-dien*, *-trien* itp., poprzedzone przez odpowiedni lokant lub zestaw lokantów.

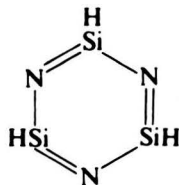
*Przykłady:*

8.



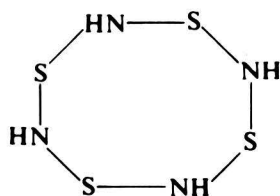
cyklotriborafosfan

9.



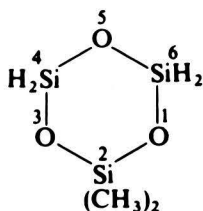
cyklotrisilaza-1,3,5-trien

10.



cyklotetraazatian

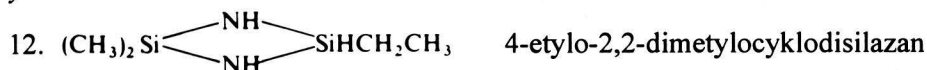
11.



2,2-dimetylocyklotrisiloksan (pozycje 1 i 3 są tu równoważne)

Numerowanie zaczyna się na atomie wymienionym w pierwszej kolejności w tab. IV i postępuje wokół pierścienia w kierunku dającym mniejsze lokanty atomom występującym wcześniej w tej tabeli. W razie możliwości wyboru najmniejsze lokanty przypisuje się najpierw wiązaniom nienasyconym, a następnie przedrostkom związanym z podstawnikami traktowanymi jako zbiór.

Przykład:



Gdy atomy pierścienia wykazują niestandardowe wiązalności (por. 7.2.2.1), faktyczna wiązalność jest podawana jako wskaźnik górny, wyrażony liczbą arabską, przy greckiej literze lambda występującej bezpośrednio po odpowiednim lokancie.

Przykład:

13.

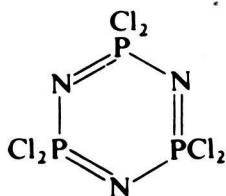
2,2,4,4,6,6-heksachloro-2λ<sup>5</sup>,4λ<sup>5</sup>,6λ<sup>5</sup>-cyklotrifosfaza-1,3,5-trien

Tabela 7.3. Przyrostki stosowane w poszerzonym systemie Hantzscha–Widmana

| Liczba atomów<br>w pierścieniu | Związek nienasycony | Związek nasycony                                   |
|--------------------------------|---------------------|--|
| 5                              | -ol                 | -olan<br>(-olidyna dla pierścieni zawierających N) |
| 6(A) <sup>a</sup>              | -in (-yn)           | -an  |
| 6(B)                           | -in (-yn)           | -inan (-ynan)                                      |
| 6(C)                           | -inin (-ynin)       | -inan (-ynan)                                      |
| 7                              | -epin               | -epan  |
| 8                              | -ocyn               | -okan  |

<sup>a</sup> 6(A) stosuje się do O, S, Se, Te, Bi, Hg; 6(B) dotyczy N, Si, Ge, Sn, Pb; 6(C) stosuje się do F, Cl, Br, I, B, P, As, Sb

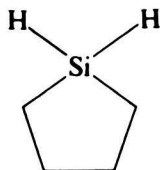
Alternatywą dla tych metod jest poszerzony system Hantzscha–Widmana (por. [38]), który może również służyć do nazywania pierścieni niejednorodnych nie dających się nazwać opisaną dotychczas metodą. W tej klasie związków nazwy tworzy się przez podanie rozmiaru pierścienia i stopnia uwodornienia (związek nasycony lub nienasycony) za pomocą charakterystycznego przyrostka. Najważniejsze przykłady podane są w tab. 7.3.

Gdy pozycje w pierścieniu są zajęte przez różne atomy, ten z nich, który jest podany na dalszej pozycji w tab. IV, decyduje o rodzaju przyrostka. Jest on poprzedzany przez odpowiednie człony zamienne „a” wymieniane w kolejności podanej w tab. VI.

Zbiorowi heteroatomów przypisywane są najmniejsze liczbowe lokanty zgodne z numeracją pierścienia; są one oddzielane od siebie przecinkami, po nich zaś następuje łącznik poprzedzający nazwę. W razie możliwości wyboru atomy występujące wcześniej w tab. IV powinny uzyskać niższą numerację.

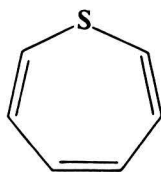
Przykłady:

14.



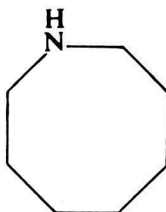
silolan

15.



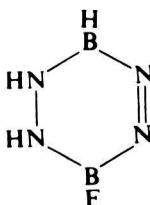
tiefin

16.



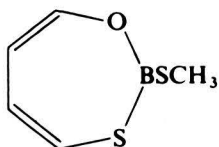
azokan

17.



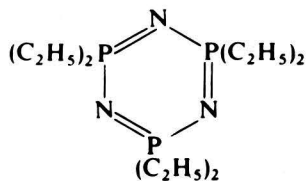
3-fluoro-1,2,6-trihydro-1,2,4,5,3,6-tetraazadiborinin

18.



2-(metylotio)-1,3,2-oksatiaborepin

19.

2,2,4,4,6,6-heksaetylo-1,3,5,2λ<sup>5</sup>,4λ<sup>5</sup>,6λ<sup>5</sup>-triazatrifosfinin

### 7.2.3.9. Związki dwu- i wielopierścieniowe

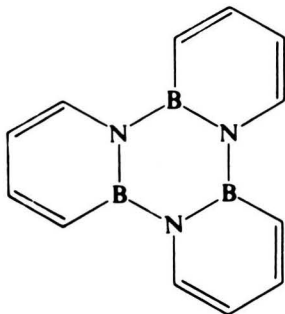
Metody podane w 7.2.3.8 można zastosować do innych układów cyklicznych, które zostaną opisane dokładniej w innym miejscu. Obecny krótki przegląd ogranicza się do następujących procedur:

- Ia. Wyprowadzania nazw przy użyciu nomenklatury zamiennej,
- Ib. Tworzenia nazw opartych na wymienianiu powtarzających się jednostek,
- IIa. Stosowania metody opisu skondensowanych pierścieni,
- IIb. Rozszerzenia procedury numeracyjnej Hantzsch–Widmana na przypadek dwupierścieniowych układów heterocyklicznych zawierających skondensowane pierścienie benzenowe.

**Ia. Nomenklatura zamienna.** Przy zastosowaniu tej nomenklatury nazwy są wprowadzane z nazw pierścieniowych związków węgla opisanych w nomenklaturze związków organicznych [2, 21, 35]. W razie stosowania nazw zwyczajowych nazwy te są poprzedzane członami zamiennymi podanymi w tab. VI wraz z odpowiednimi lokantami.

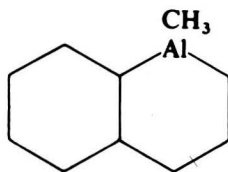
Przykłady:

1.



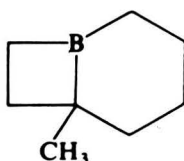
4a,8a,12a-triaza-4b,8b,12b-triboratriphenylen

2.



dekahydro-1-metylo-1-aluminaftalen

3.

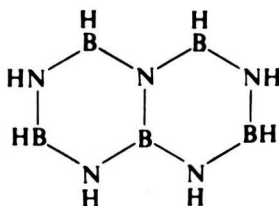


6-metylo-1-borabicyklo[4.2.0]oktan

**Ib. Jednostki powtarzające się.** Nazwa zaczyna się odpowiednim terminem von Baeyera (por. reguły A-31 i A-32 w [39]) oznaczającym stopień cykliczności struktury molekularnej. Następnie podaje się odpowiedni przedrostek zwielokrotniający i zbiór członów „a” z tab. VI, opisujący powtarzającą się jednostkę. Gdy istnieje możliwość wyboru, wówczas należy rozpoczynać od nazwy podanej na dalszej pozycji w tabeli.

*Przykład:*

4.



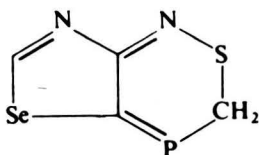
bicyklo[4.4.0]pentaborazan

Metoda ta nie ma ogólnego zastosowania. Przy użyciu ogólniejszej metody zamiennej nazwa związku w przykładzie 4 brzmiałaby 1,3,5,7,9-pentaaza-2,4,6,8,10-pentaborabicyklo[4.4.0]dekan lub, zgodnie z procedurą Ia, dekahydro-1,3,4a,6,8-pentaaza-2,4,5,7,8a-pentaboranaftalen.

**IIa. Pierścienie skondensowane.** Zasady nazywania struktur pierścieniowych, uważanych za złożone z różnych skondensowanych heterocyklicznych organicznych układów pierścieniowych, są przedstawione szczegółowo w nomenklaturze związków organicznych (por. reguła B-3 w [40]). W tego typu nazwach przyjmuje się, że zarówno składniki, jak i cały układ skondensowany zachowują maksymalną liczbę nieskumulowanych wiązań podwójnych.

Przykład:

5.

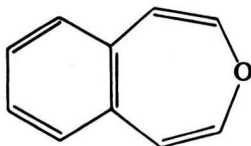


3*H*-[1,3]selenazolo[4,5-*c*][1,2,5]tiazafosfinin

**IIb.** Dwupierścieniowe układy zawierające benzen i pojedynczy pierścień heterocykliczny. Jeżeli jeden z pierścieni skondensowanej dwupierścieniowej struktury jest pierścieniem benzenowym, można zastosować zalecenia nomenklatury związków organicznych (reguła B-3.5 w [40]). Nazwa zaczyna się wówczas od lokantów przypisanych zbiorowi heteroatomów, po których następuje wyraz „benzo”, a następnie nazwa składnika heterocyklicznego utworzona zgodnie z rozszerzonym systemem Hantzsch–Widmana opisanym w 7.2.3.8. W razie możliwości wyboru zestawowi heteroatomów są przypisywane jak najmniejsze lokanty. Jeżeli nie rozwiązuje to problemu, najmniejsze lokanty przypisuje się pierwiastkom występującym wcześniej w tab. IV.

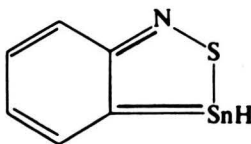
Przykłady:

6.



3-benzoksepin

7.



2,1,3-benzotiazastannol

Procedura wyprowadzania nazw grup lub rodników pochodzących od związków opisanych powyżej jest dyskutowana w rozdz. 8, który omawia także jony pierścieniowe. Przy numerowaniu rodników w celu nazwania ich pochodnych, porządek preferencji wynikający z zasady najmniejszych lokantów powoduje, że wolną wartościowość umieszcza się bezpośrednio przed fragmentem nienasyconym (por. reguła C-0.15 w [37]).

## 7.3. Nomenklatura koordynacyjna

### 7.3.1. Wprowadzenie

Nomenklatura koordynacyjna przeznaczona początkowo dla cząsteczek, w których pierwiastek centralny jest atomem metalu, została następnie rozszerzona na przypadki, w których pierwiastek centralny jest niemetalem lub nawet pierwiastkiem grupy 18. Użycie nazwy takiej, jak pentachlorofosfor dla  $[\text{PCl}_5]$  pozwala na uniknięcie sugestii związanej z nazwą binarną, że związek ma charakter zbliżony do soli (jak np. w wypadku heksafluorku wolframu). Natomiast, gdy ligand związany z atomem centralnym jest uważany raczej za jon, nazwa koordynacyjna, taka jak dichlorowapń dla  $\text{CaCl}_2$ , może wydawać się sztuczna lub myląca w porównaniu z chlorkiem wapnia.

„Ligand” i inne określenia stosowane w nomenklaturze koordynacyjnej są zdefiniowane w rozdz. 10.

### 7.3.2. Jednordzeniowe związki koordynacyjne

Nazwy cząsteczek z pojedynczym atomem centralnym tworzy się przez podawanie nazw ligandów w porządku alfabetycznym przed nazwą centralnego atomu. Ligandy występujące wielokrotnie wymieniane są w nazwie z odpowiednim przedrostkiem zwielokrotniającym di-, tri-, tetra- itd. w wypadku prostych ligandów, takich jak chloro, benzylo, akwa, amina i hydrokso, natomiast z przedrostkiem bis-, tris-, tetrakis- itd. w wypadku ligandów złożonych lub podstawionych, takich jak 2,3,4,5,6-pentachlorobenzyl czy tryfenylofosfina. Te ostatnie przedrostki są również stosowane dla uniknięcia niejasności, które mogą towarzyszyć użyciu przedrostków di-, tri- itd. Przedrostki zwielokrotniające, które nie stanowią nierozłącznej części nazwy liganda, nie wpływają na kolejność alfabetyczną.

*Przykłady:*

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1. $[\text{WF}_5\{\text{N}(\text{CH}_3)_2\}]$                   | (dimetyloamido)pentafluorowolfram  |
| 2. $[\text{GeF}_4\{\text{N}(\text{CH}_3)_3\}]$                  | tetrafluoro(trimetyloamina)german  |
| 3. $[\text{NiCl}_2\{\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\}_2]$      | dichlorobis(trifenylfosfina)nikiel |
| 4. $[\text{B}(\text{OCH}_3)_3]$                                 | trimetoksobor                      |
| 5. $[\text{Ga}(\text{SO}_2\text{CH}_3)_3]$                      | tris(metanosulfiniango)gal         |
| 6. $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$                                   | pentakarbonylżelazo                |
| 7. $[\text{Ti}\{\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3\}_4]$        | tetraneopentylotytan               |
| 8. $[\text{Mn}(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2)(\text{CO})_5]$ | allilopentakarbonylmangan          |

W wypadku gdy miejsce przyłączenia danej grupy mogłoby zostać błędnie zinterpretowane, jednoznaczna nazwę można utworzyć przy użyciu nawiasów z zachowaniem alfabetycznego porządku ligandów.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 9. $[\text{Hg}(\text{C}_6\text{H}_5)(\text{CHCl}_2)]$              | (dichlorometylo)(fenylo)rtęć              |
| 10. $[\text{Te}(\text{CH}_3)(\text{C}_5\text{H}_9)(\text{NCO})_2]$ | cyklopentylodiiizocyjaniano(metylo)tellur |

### 7.3.3. Dwurdzeniowe związki koordynacyjne

#### 7.3.3.1. Symetryczne dwurdzeniowe związki koordynacyjne

W wypadku omawianych związków każdy z atomów centralnych jest tego samego rodzaju i koordynuje w sposób identyczny. Dostępne są dwa sposoby nazywania:

1) Elementy nazwy podaje się bez odstępów lub znaków przestankowych w następującej kolejności: odpowiedni przedrostek zwielokrotniający dla powtarzających się ligandów, nazwa liganda, przyrostek di- i w końcu nazwa atomu centralnego. Symbole dwóch atomów centralnych pisane kursywą, oddzielone długą kreską i ujęte w nawias dodaje się wówczas, gdy chce się zaznaczyć obecność wiązania między tymi atomami.

*Przykłady:*

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. $[(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PbPb}(\text{C}_2\text{H}_5)_3]$ | heksaetylodiłow( <i>Pb—Pb</i> )      |
| 2. $[(\text{CO})_5\text{MnMn}(\text{CO})_5]$                       | dekakarbonyldimangan( <i>Mn—Mn</i> ) |

2) Związek można też nazwać, zaczynając od słowa „bis”, a następnie podając w nawiasie nazwę połowy cząsteczki, utworzoną w sposób opisany w 7.3.2.

Przy zastosowaniu metody 2 przykłady 1 i 2 podane powyżej przechodzą odpowiednio w 3 i 4.

*Przykłady:*

- |   |
|---|
| 3. bis(trietylołow)( <i>Pb—Pb</i> )         |
| 4. bis(pentakarbonylmangan)( <i>Mn—Mn</i> ) |

Długa kreska jest najprostszym z symboli opisujących klastery metaliczne. Przykłady klasterów zawierających trzy atomy centralne są krótko omówione w 7.3.4.3. Dokładniejsze omówienie zawiera rozdz. 10, lecz w pełni zadowalająca nomenklatura klasterów metalicznych nie została jeszcze opracowana.

### 7.3.3.2. Niesymetryczne dwurdzeniowe związki koordynacyjne

Rozróżnia się dwa typy tych związków: (1) związki z identycznymi atomami centralnymi, ale o różnych sferach koordynacyjnych i (2) związki o różnych atomach centralnych. W obu wypadkach nazwy są tworzone przy użyciu procedury opisanej w 10.8.3.2 (<sup>7k</sup>), która dotyczy również grup mostkowych.

Kolejność atomów centralnych ustala się w następujący sposób. Dla przypadków typu (1) atom centralny koordynujący większą liczbę ligandów ma numer 1, drugi z nich numer 2. Jeżeli każdy atom ma tę samą liczbę ligandów, ten, który zawiera większą liczbę ligandów preferowanych ze względu na porządek alfabetyczny, zyskuje numer 1. Dla przypadków typu (2) numer 1 jest przypisany bardziej metalicznemu atomowi centralnemu zgodnie z tab. IV, bez względu na rozkład ligandów.

W obu typach związków nazwy tworzy się przez podanie kolejno: nazwy liganda, łącznika, liczby przypisanej do centralnego atomu, greckiej litery  $\kappa$  („kappa”) ze wskaźnikiem górnym oznaczającym liczbę ligandów danego rodzaju (pomija się 1 dla pojedynczego liganda) oraz napisanego kursywą symbolu tego atomu liganda, który łączy się z atomem centralnym. Taki deskryptor charakteryzuje precyzyjnie ligandy i sposób ich wiązania. Deskryptory są podawane w kolejności alfabetycznej, a końcówki nazw tworzy się następująco: dla typu (1) po „di-” następuje nazwa atomu centralnego; dla typu (2) podaje się nazwy atomów centralnych w kolejności alfabetycznej, a ich symbole pisane kursywą (również w porządku alfabetycznym) dodaje się w nawiasie i oddziela od siebie długą kreską dla zaznaczenia wiązania metal–metal.

Przykłady:

1.  $[\text{Cl}^2\text{Ge}(\text{NHC}_6\text{H}_5)_2\text{Ge}^1\text{Cl}_3]$  tetrachloro- $1\kappa^3\text{Cl}, 2\kappa\text{Cl}$ -bis(fenylamido- $2\kappa\text{N}$ )-digerman( $\text{Ge—Ge}$ )
2.  $[\text{Co}^2(\text{CO})_4\text{Re}^1(\text{CO})_5]$  nonakarbonyl- $1\kappa^5\text{C}, 2\kappa^4\text{C}$ -kobaltren( $\text{Co—Re}$ )
3.  $[\text{Li}^1\{(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Pb}^2\}]$  trifenyl- $2\kappa^3\text{C}$ -litołów ( $\text{Li—Pb}$ )

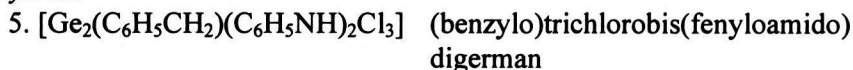
Gdy nie jest dokładnie określone miejsce koordynacji, wówczas należy stosować metodę podaną w 7.3.3.1.

Przykład:

4.  $[\text{Pb}_2(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)_2\text{F}_4]$  dibenzylotetrafluorodiołów

Przykład 1 zawiera izomery położeniowe, które można traktować wspólnie, jak to pokazano w przykładzie 5.

*Przykład:*



Tego typu związki są omawiane bardziej szczegółowo w rozdz. 10, w którym również podano dalsze możliwości związane z ligandami mostkowymi.

### 7.3.4. Inne związki oligonuklearne

#### 7.3.4.1. Wprowadzenie

Atomy metalu mogą łączyć się, tworząc homonuklearne i heteronuklearne klastery, które spełniają rolę załączków w tworzeniu kompleksów; niektóre z nich są jonowe. Przypadki bardziej złożone opisane są w rozdz. 10, podczas gdy poniżej omówione przykłady dotyczą tylko kilku prostych układów molekularnych.

#### 7.3.4.2. Związki koordynacyjne zawierające łańcuchy atomów centralnych

Metody omówione w 7.3.2 i 7.3.3 mogą być zastosowane do powyższych układów, lecz na ogół dogodniejsze jest stosowanie metod z podrozdz. 7.2. Nazwy koordynacyjne są oparte na zasadzie, że atomami o najwyższym priorytecie są te, które znajdują się najbliżej środka łańcucha. Dołączone ligandy są wymieniane w nazwie zgodnie z zasadami podanymi w 7.3.2.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $\text{Cl}_3\text{SiSiCl}_2\text{SiCl}_3$                                   | dichlorobis(trichlorosililo)krzem ( <sup>71</sup> )<br>lub oktachlorotrikrzem(2 Si—Si)                                  |
| 2. $\text{F}(\text{CH}_3)_2\text{SiSi}(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ | (fluorodimetylosililo)dimetylo-<br>(trimetylosililo)krzem ( <sup>71</sup> )<br>lub 1-fluoroheptametylotrikrzem(2 Si—Si) |

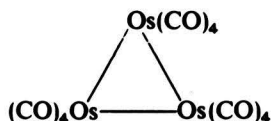
W bardziej złożonych przypadkach druga metoda zastosowana w przykładach 1 i 2 daje nazwy prostsze i bardziej jednoznaczne niż uzyskane przy traktowaniu wszystkich grup jako dołączonych do pojedynczego centralnego atomu.

#### 7.3.4.3. Związki koordynacyjne zawierające pierścienie i klastery atomów centralnych

Trzy jednakowe atomy centralne mogą utworzyć krótki łańcuch lub pierścień albo mogą występować w układzie tetraedrycznym, np. z N jako czwartym atomem. Mogą także tworzyć układy bardziej złożone, opisane w rozdz. 10. Tutaj omówiono tylko jeden prosty przypadek.

Przykład:

1.



dodekakarbonyltriosm  
 lub *cyklo*-tris(tetrakarbonylosm)  
 lub tris(tetrakarbonylosm)(3 Os—Os)  
 lub dodekakarbonyl-*triangulo*-triosm

Pierwsza nazwa nie dostarcza informacji o strukturze. Pozostałe trzy nazwy stosuje się wtedy, gdy sposób podstawienia jest taki sam dla każdego atomu centralnego. Druga nazwa ilustruje zastosowanie przedrostka *cyklo* celem pokazania, że atomy centralne są połączone w pierścień, trzecia wykorzystuje symbolikę (3 Os—Os) dla wskazania, że ugrupowanie centralne atomów osmu zawiera trzy wiązania Os—Os (7m).

## 7.4. Uwagi końcowe

Każdy z typów związków omówionych powyżej może utworzyć jony lub rodniki, które w nomenklaturze podstawnikowej mogą być traktowane jako grupy atomów dołączone do struktury danego związku. Zagadnienie to jest dyskutowane w rozdziałach 8 i 10. Przy wyborze sposobu tworzenia nazwy powinno się unikać mieszania nomenklatury podstawnikowej i koordynacyjnej. Tak więc nazwy ligandów, takie jak disulfido-, azotano- lub arseniano-, nie powinny występować w nazwach wywodzących się z wodorków o końcówce -an, a nazw rodników (i grup podstawnikowych), takich jak fosfanyl, acetyl czy boryl nie powinno się stosować jako nazw ligandów anionowych, gdy są one włączone w nazwę koordynacyjną. Jednakże powszechnie przyjęło się, że ligandy wywodzące się z wodorków pierwiastków grupy 14 są zwykle nazywane jak rodniki, tj. etyl, benzyl, silil, germyl (w języku polskim z dodatkiem na końcu łącznikowego -o).

Reguły tworzenia nazw układów z długimi łańcuchami zawierających powtarzające się jednostki i układów pierścieniowych różnego rodzaju są podane w nomenklaturze związków organicznych (zob. reguły D-4, D-5, D-6 i D-7 w [2, 21]).

Klasterzy złożone z czterech lub więcej centralnych atomów stwarzają specjalne problemy, które nie są tutaj omawiane. Przypadki dotyczące wiązań wielocentrowych, takich jak w tetramerze lit-metyl, są częściowo omówione w rozdz. 10.

## Przypisy

<sup>(7a)</sup> Koncepcja ta nie obejmuje klasterów wodorków poliboru (zob. rozdz. 11), chociaż końcówka -an jest stosowana tam w podobny sposób.

- (<sup>7b</sup>) Konwencja lambda jest opisana szczegółowo w [36], por. także 7.2.2.3.
- (<sup>7c</sup>) Dla HN=NH stosowane są również nazwy „diimid” i „diimina”, ale nie są one zalecane [15].
- (<sup>7d</sup>) Celem zapoznania się z szerszym omówieniem wodorków azotu por. [15].
- (<sup>7e</sup>) Wodorki boru są omawiane w rozdz. 11.
- (<sup>7f</sup>) Dla dalszej dyskusji konwencji lambda por. [36].
- (<sup>7g</sup>) Przykłady pokazują, jak stosować nawiasy, aby uniknąć nieporozumień. W przykładzie 4 nawias zamykający grupę metylową oznacza, że nie jest ona podstawiona przez grupy poprzedzające ją w nazwie.
- (<sup>7h</sup>) Nazwy fosfanyli:  $\text{H}_2\text{P}-$ , fosfánodiyl:  $\text{HP}<$ , fosfanyliiden:  $\text{HP}=\text{}$  i fosfanotriyl:  $-\text{P}<$  są logicznie wyprowadzone z fosfanu:  $\text{PH}_3$ . Stosowanie nazwy fosfina dla  $\text{PH}_3$  prowadzi odpowiednio do: fosfinyli, fosfinodiylu i fosfinotriylu. Jest to sprzeczne z powszechnie przyjętą nazwą „fosfynyl” dla grupy podstawnikowej  $\text{H}_2\text{P}(=\text{O})-$ , która jest również zwana często „fosfinoilem” przez analogię do acylowych grup organicznych. Dlatego też zaleca się stosowanie nazw opartych na fosfanie, gdyż pozwalają one na uniknięcie tej niejasności.
- (<sup>7i</sup>) Wyprowadzone z wodorków macierzystych grupy podstawnikowe lub rodniki nazywa się przez zmianę końcówki -an na -anyl (lub -yl w wypadku grup pochodzących od wodorków pierwiastków grupy 14), gdy są jednowartościowe, a -anodiyl, gdy są dwuwartościowe. Jednakże nazwy rodników składających się z jednego tylko pierwiastka mogą być utworzone przez dodanie końcówki -io do rdzenia polskiej lub łacińskiej nazwy pierwiastka, np. merkurio, ferrio, cynkio. Formy te są używane do wskazania wiązania bez sugerowania liczby wiązań, choć wynika ona często z kontekstu. W sprawie dyskusji na temat rodników i grup podstawnikowych por. również rozdział 8.
- (<sup>7j</sup>) Nie zaleca się nazywania wodorków grupy 14 o ogólnym wzorze  $\text{E}(\text{EH}_3)_4$  przy użyciu przedrostka neo- [jak w neopentanie,  $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ ], np. neopentagermanan dla  $\text{Ge}(\text{GeH}_3)_4$ .
- (<sup>7k</sup>) W ten sposób zastępuje się procedurę stosowaną w dawnej nomenklaturze związków nieorganicznych (por. punkt 7.711 w [2, 12]), zgodnie z którą atom centralny wraz z dołączonymi ligandami był traktowany jako złożony ligand innego centralnego atomu. Tworzyło to terminologię mieszaną, która wykorzystywała metody podstawnikowe przy stosowaniu nomenklatury koordynacyjnej do atomów centralnych. Metoda ta jednak nie przekazywała informacji strukturalnej. Rozwój konwencji kappa pozwala obecnie na użycie czysto koordynacyjnych nazw z podaniem dokładnej lokalizacji wszystkich dołączonych grup i wspólne nazwanie identycznych ligandów dzięki użyciu odpowiednich przedrostków zwielokrotniających (zob. przykład 2 w 7.3.3.2).
- (<sup>7l</sup>) Użycie terminu silil jako nazwy grupy (użytej jako przedrostek), wyprowadzonej z nomenklatury podstawnikowej, nie wydaje się właściwe w przypadku nazwy koordynacyjnej. Jednakże jego użycie jest usankcjonowane szerokim stosowaniem. Na temat przedrostków -io zob. 8.4.2.5. W takich wypadkach można również stosować konwencję lambda (por. [36]).
- (<sup>7m</sup>) Pełna nazwa strukturalna tego związku jest podana w przykładzie 10, w punkcie 10.8.3.5.

---

# 8. NAZWY JONÓW, GRUP PODSTAWNIKOWYCH, RODNIKÓW I SOLI

---

## SPIS TREŚCI

### 8.1. Wprowadzenie

### 8.2. Kationy

#### 8.2.1. Definicja i uwagi ogólne

#### 8.2.2. Nazwy kationów jednoatomowych

#### 8.2.3. Nazwy kationów wieloatomowych

##### 8.2.3.1. Uwagi ogólne

##### 8.2.3.2. Kationy homopoliatomowe

##### 8.2.3.3. Kationy utworzone formalnie przez przyłączenie hydronów do binarnych wodorków

##### 8.2.3.4. Alternatywne nazwy kationów utworzonych formalnie przez przyłączenie hydronów do jednordzeniowych binarnych wodorków

##### 8.2.3.5. Kationy utworzone formalnie przez przyłączenie hydronów do kwasów tlenowych i kwasów organicznych

##### 8.2.3.6. Kationy utworzone formalnie przez przyłączenie hydronów do różnych cząsteczek organicznych

##### 8.2.3.7. Kationy utworzone formalnie przez odłączenie jonu wodorkowego od obojętnej cząsteczki

##### 8.2.3.8. Kationy koordynacyjne

##### 8.2.3.9. Kationy podstawione

#### 8.2.4. Przypadki szczególne

### 8.3. Aniony

#### 8.3.1. Definicja i uwagi ogólne

#### 8.3.2. Nazwy anionów jednoatomowych

#### 8.3.3. Nazwy anionów poliatomowych

##### 8.3.3.1. Uwagi ogólne

##### 8.3.3.2. Aniony homopoliatomowe

##### 8.3.3.3. Przypadki szczególne i nazwy zwyczajowe

##### 8.3.3.4. Aniony utworzone z obojętnych cząsteczek przez utratę jednego lub więcej hydronów

##### 8.3.3.5. Aniony utworzone przez przyłączenie jonu wodorkowego do jednordzeniowego wodorku

- 8.3.3.6. Nomenklatura koordynacyjna anionów heteropoliatomowych
- 8.3.3.7. Aniony podstawione
- 8.3.3.8. Aniony kwasów tlenowych
- 8.4. Grupy podstawnikowe i rodniki
  - 8.4.1. Definicje
  - 8.4.2. Nazwy systematyczne grup podstawnikowych i rodników
    - 8.4.2.1. Nazwy ogólne
    - 8.4.2.2. Rodniki i grupy o nazwach specjalnych
    - 8.4.2.3. Rodniki lub grupy utworzone formalnie z wodoru molekularnego przez usunięcie atomu wodoru
    - 8.4.2.4. Grupy podstawnikowe i rodniki pochodzące od hydroksyzwiązków lub aldehydów
    - 8.4.2.5. Stosowanie nazw nieorganicznych i organicznych grup podstawnikowych jako przedrostków
  - 8.4.3. Rodniki i grupy podstawnikowe obdarzone ładunkiem
    - 8.4.3.1. Uwagi ogólne
    - 8.4.3.2. Grupy kationowe
    - 8.4.3.3. Grupy anionowe
  - 8.4.4. Przypadki szczególne
- 8.5. Sole
  - 8.5.1. Definicja soli
  - 8.5.2. Sole zawierające wodór kwasowy
  - 8.5.3. Sole podwójne, potrójne itp.
    - 8.5.3.1. Zalecenia podstawowe
    - 8.5.3.2. Kationy
    - 8.5.3.3. Aniony
  - 8.5.4. Sole tlenowe i wodorotlenowe
  - 8.5.5. Podwójne tlenki i wodorotlenki
- 8.6. Uwagi końcowe

## 8.1. Wprowadzenie

W niniejszym rozdziale jest omawiana nomenklatura jonów, grup podstawnikowych, rodników oraz soli. Choć istnieją systematyczne reguły stosujące się do wszystkich omawianych poniżej przypadków, niektóre, np. reguły nomenklatury związków koordynacyjnych podane w rozdz. 10, obejmują tylko pewne grupy związków. Istnieją również nazwy zwyczajowe, szczególnie dla oksoanionów azotu, siarki i fosforu. W konsekwencji, zalecenia zawarte w niniejszym rozdziale stanowią mieszaninę nomenklatury systematycznej i zwyczajowej. Jest również wiele

uzupełniających metod systematycznych, które dostarczają sformułowań alternatywnych. Na przykład ładunek jonu może być zaznaczony za pomocą liczby ładunku (rozdz. 2) lub liczby utlenienia, z której można wnioskować o ładunku. W razie potrzeby w tekście są podane sformułowania alternatywne.

## 8.2. Kationy

### 8.2.1. Definicja i uwagi ogólne

Kation jest jednoatomową lub wieloatomową cząstką mającą jeden lub więcej dodatnich ładunków elementarnych. W cząstkach wieloatomowych ładunek może być zlokalizowany na jednym z atomów lub zdelokalizowany. Ładunek kationu można zaznaczyć w nazwie i we wzorze przez podanie liczby ładunku lub liczby utlenienia (por. 4.4).

Przed nazwą jonu (kationu) można dodać słowo „jon” lub „kation”, jeżeli służy to większej precyzji określenia nazwy.

*Przykład:*

1.  $\text{Cr}^{3+}$  lub jon  $\text{Cr}^{\text{III}}$ , jon chromu(3+), lub kation chromu(III)  
(zob. przypisy 8a i 8b).

Dokładne znaczenie nazwy często zależy od kontekstu. Jon  $\text{Cr}^{3+}$  w roztworach wodnych może być uważany za kation chromu(3+), z pominięciem koordynowanej wody, pomimo że w tych roztworach występuje on jako kation heksaakwachromu(3+). W fazie gazowej natomiast „chrom(3+)” jest pełną nazwą ściśle określonego indywiduum. Liczba utlenienia nie określa bezpośrednio ładunku.

### 8.2.2. Nazwy kationów jednoatomowych

Nazwy kationów jednoatomowych tworzy się przez dodanie w nawiasie, po nazwie pierwiastka, odpowiedniej liczby ładunku i znaku plus. Alternatywnie można użyć liczby utlenienia podanej w nawiasie po nazwie pierwiastka, a przed tą nazwą dodać słowo „kation” lub „jon”.

*Przykłady:*

1.  $\text{Na}^+$  jon sodu(1+), kation sodu(I) (<sup>8a</sup>)
2.  $\text{Cr}^{3+}$  jon chromu(3+) (<sup>8b</sup>), kation chromu(III)

3.  $\text{Cu}^+$  jon miedzi(1+), kation miedzi(I)
4.  $\text{Cu}^{2+}$  jon miedzi(2+), kation miedzi(II)
5.  $\text{U}^{6+}$  jon uranu(6+), kation uranu(VI)
6.  $\text{I}^+$  jon jodu(1+), kation jodu(I) (<sup>8c</sup>)
7.  $\text{V}^{5+}$  jon wanadu(5+), kation wanadu(V) (<sup>8c</sup>)
8.  $\text{H}^+$  jon wodoru(1+), kation wodoru(I), hydron (<sup>8d</sup>)

### 8.2.3. Nazwy kationów wieloatomowych

#### 8.2.3.1. Uwagi ogólne

Nazwy kationów wieloatomowych tworzy się przy użyciu reguł podanych w 8.2.2 we wszystkich wypadkach, gdy tylko można wyprowadzić systematyczne nazwy odpowiednich obojętnych cząstek wieloatomowych. Sposoby tworzenia takich nazw opisane są w rozdz. 7 i 10. Szczegółowe zalecenia i wyjątki są omawiane poniżej.

#### 8.2.3.2. Kationy homopoliatomowe

Nazwę kationu homopoliatomowego otrzymuje się przez dodanie liczby ładunku do nazwy cząstki obojętnej, jak to opisano w 8.2.2. Można również, w razie potrzeby, podać liczbę utlenienia. Niekiedy wskazane jest użycie nawiasów (por. 5.3.4).

*Przykłady:*

1.  $(\text{O}_2)^+$  jon ditlenu(1+)
2.  $(\text{S}_4)^{2+}$  jon tetrasiarki(2+)
3.  $(\text{Hg}_2)^{2+}$  jon dirtęci(2+) lub kation dirtęci(I)
4.  $(\text{Bi}_5)^{4+}$  jon pentabizmutu(4+)
5.  $(\text{H}_3)^+$  jon triwodoru(1+)

#### 8.2.3.3. Kationy utworzone formalnie przez przyłączenie hydronów do binarnych wodorków (<sup>8d</sup>)

Nazwę jonu powstałego z binarnego wodorku przez przyłączenie hydronu można utworzyć przez dodanie końcówki -ium do nazwy wodorku macierzystego. Dla polikationów są stosowane końcówki -dium, -trium itp. Istnieją też sformułowania alternatywne, podane w poniższych przykładach.

*Przykłady:*

1.  $\text{NH}_4^+$  azanium, jon amonu lub jon amonowy
2.  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  diazanium, hydrazynium lub jon hydrazyniowy

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 3. $\text{H}_3\text{O}_2^+$    | dioksydanium  |
| 4. $\text{P}_2\text{H}_5^+$    | difosfanium   |
| 5. $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ | diazanodiium lub hydrazynium(2+) lub hydrazynodiium |

#### 8.2.3.4. Alternatywne nazwy kationów utworzonych formalnie przez przyłączenie hydronów do jednordzeniowych binarnych wodorków

Nazwy prostych kationów mogą być wyprowadzone w sposób opisany uprzednio (8.2.3.3). Kationy te mogą być również nazwane przez dodanie końcówki -onium do rdzenia nazwy pierwiastka. W języku polskim często stosuje się w tych wypadkach końcówkę -oniowy. Metoda ta jest dozwolona dla wszystkich omówionych niżej przypadków i ich podstawionych pochodnych, a preferuje się ją w wypadku przykładów 1 i 5 (por. także 8.2.3.9).

Nazwa oksonium (jon oksoniowy) jest zalecana dla  $\text{H}_3\text{O}^+$  wtedy, gdy jon ten występuje w takich związkach, jak np.  $\text{H}_3\text{O}^+\text{ClO}_4^-$  (chlora(VI) oksonium). Nazwy „jon hydroniowy” nie należy stosować. Jeżeli nie jest znany stopień uwodnienia jonu  $\text{H}^+$  lub gdy nie ma to szczególnego znaczenia, można stosować proste nazwy, takie jak hydron (<sup>8d</sup>) lub jon wodorowy. Nazwą koordynacyjną dla  $[\text{H}(\text{H}_2\text{O})_2]^+$  jest „diakwawodór (1+)”.

*Przykłady:*

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. $\text{NH}_4^+$          | amonium, azanium, jon amonu lub jon amonowy |
| 2. $\text{PH}_4^+$          | fosfonium lub jon fosfoniowy                |
| 3. $\text{AsH}_4^+$         | arsonium lub jon arsoniowy                  |
| 4. $\text{SbH}_4^+$         | stibonium lub jon stiboniowy                |
| 5. $\text{H}_3\text{O}^+$   | oksonium lub jon oksoniowy                  |
| 6. $\text{H}_3\text{S}^+$   | sulfonium lub jon sulfoniowy                |
| 7. $\text{H}_3\text{Se}^+$  | selenonium lub jon selenoniowy              |
| 8. $\text{H}_2\text{F}^+$   | fluoronium lub jon fluoroniowy              |
| 9. $\text{H}_2\text{Cl}^+$  | chloronium lub jon chloroniowy              |
| 10. $\text{H}_2\text{Br}^+$ | bromonium lub jon bromoniowy                |
| 11. $\text{H}_2\text{I}^+$  | jodonium lub jon jodoniowy                  |

#### 8.2.3.5. Kationy utworzone formalnie przez przyłączenie hydronów do kwasów tlenowych i kwasów organicznych

Nazwy tych jonów mogą być utworzone przy użyciu różnych reguł. Preferowana metoda nomenklatury zależy tu od rodzaju kwasu, do którego przyłączony jest hydron. Istnieją trzy metody ogólne, przedstawione poniżej.

(a) Dodanie słowa „acidium” do przymiotnikowej nazwy anionu; jest to zalecane przez nomenklaturę związków organicznych (reguła C-82 w [37]), a powinno być

stosowane (jeżeli w ogóle) tylko w odniesieniu do kwasów organicznych. Procedura ta może jednak stwarzać problemy w językach innych niż angielski, a wyprowadzona nazwa jest niekoniecznie specyficzna dla danego związku.

(b) Traktowanie kwasu jako wyniku podstawienia jonu oksoniowego.

(c) Stosowanie nomenklatury koordynacyjnej (zob. rozdz. 9).

*Przykłady:*

- |   |  |
|---|--|
| 1. $(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2)^+$   | acidium etanowe lub<br>acidium octanowe (metoda a)<br>etanoilooksonium, acetylooksonium<br>lub jon acetylooksoniowy (metoda b) <sup>(8e)</sup> |
| 2. $(\text{H}_2\text{NO}_3)^+$  | kation dihydroksooksoazotu(V) (metoda c)   |
| 3. $(\text{H}_4\text{PO}_4)^+$  | kation tetrahydroksofosforu(V) (metoda c)  |
| 4. $(\text{H}_4\text{SO}_4)^{2+}$   | kation tetrahydroksoosiarki(VI) (metoda c)   |
| 5. $(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_2)(\text{ClO}_4)$                                 | chloran(VII) acidium octanowego<br>(metoda a), chloran(VII) acetylooksonium<br>(metoda b)  |
| 6. $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)(\text{CH}_3)\text{P}(\text{NH})(\text{OH}_2)^+$ | jon akwabenzyl(imido)metylofosforu(1+) (metoda c)  |

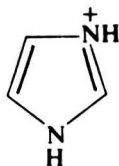
Stosowanie nawiasów (jak w powyższych przykładach) może być użyteczne w wypadku długich wzorów.

### 8.2.3.6. Kationy utworzone formalnie przez przyłączenie hydronów do różnych cząsteczek organicznych

Kation utworzony przez formalną addycję hydronu do obojętnego związku organicznego jest nazywany przez dodanie do nazwy macierzystej przyrostka -ium, -dium (lub końcówki -iowy, -diowy) itp. Jeżeli jest to potrzebne, podawane są lokanty (w sprawie szczegółów zob. reguła C-82 w [37]).

*Przykłady:*

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. $\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+$ | pirydynium lub jon pirydyniowy          |
| 2. $(\text{CH}_3)_2\text{COH}^+$     | acetonium lub propan-2-ylidenoooksonium |
| 3.                                   | imidazolium                             |



### 8.2.3.7. Kationy utworzone formalnie przez odłączenie jonu wodorkowego od obojętnej cząsteczki

Kation utworzony przez formalne usunięcie jonu wodorkowego ze związku obojęt- nego może być nazwany przez dodanie przyrostka -ylium (-ilium) do nazwy macie- rzystej (por. reguła C-83 w [37]). W wypadku nazw obojętnych, nasyconych, acyklicznych lub jednopierscieniowych węglowodorów i jednordzeniowych po- chodnych silanu, germananu, stannanu, plumbanu i boranu końcówka -an jest zastę- powana końcówką -ylium. Nazwy kationów powstałych w wyniku formalnego odłączenia jonu hydroksylowego od cząsteczki kwasu organicznego są tworzone przez dodanie przyrostka -ium (bądź końcówki -owy lub -u) do nazwy odpowie- dniej grupy acylowej. Niezbędne lokanty są umieszczane bezpośrednio przed przed- rostkiem. Akceptowalne są również nazwy wyprowadzone przez umieszczenie słowa kation przed nazwą odpowiedniego rodnika.

*Przykłady:*

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. $\text{CH}_3^+$                  | kation metylowy lub metylium                      |
| 2. $\text{CH}_3\text{CH}_2^+$       | kation etylowy lub etylium                        |
| 3. $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}^+$ | kation acetylowy lub acetylium, lub 1-oksoetylium |
| 4. $\text{PH}_2^+$                  | fosfanylium                                       |
| 5. $\text{SiH}_3^+$                 | sililium  |
| 6. $\text{Si}_2\text{H}_5^+$        | disilanylium                                      |
| 7. $\text{BH}_2^+$                  | borylium  |

### 8.2.3.8. Kationy koordynacyjne

Nazwy złożonych kationów wyprowadza się w najprostszy sposób, stosując nazwy koordynacyjne (zob. rozdz. 7 i 10). Należy tak postępować zawsze, gdy mogą po- wstać niejasności.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 1. $[\text{ICl}_2]^+$                                | dichlorojod(1+)                                      |
| 2. $[\text{VF}_4]^+$                                 | tetrafluorowanad(1+) lub kation tetrafluorowanadu(V) |
| 3. $[\text{Al}(\text{POCl}_3)_6]^{3+}$               | heksakis(trichlorofosforyl)glin(3+)                  |
| 4. $[\text{Al}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$                 | kation heksaakwaglinu                                |
| 5. $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]^{2+}$               | jon pentaaminachlorokobaltu(2+)                      |
| 6. $[\text{H}(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})_2]^+$    | jon bis(pirydyna)wodoru(1+)                          |
| 7. $[\text{H}(\text{H}_2\text{O})_2]^+$              | jon diakwawodoru(1+)                                 |
| 8. $[\text{BH}_2(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})_2]^+$ | dihydrobis(pirydyna)bor(1+)                          |

### 8.2.3.9. Kationy podstawione

Nazwy kationów podstawionych można utworzyć z nazw macierzystych przez zastosowanie przedrostków podstawnikowych. Jeżeli można określić atom centralny, preferowana jest nomenklatura koordynacyjna. W przykładach podanych poniżej zastosowano oba systemy.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]^+$   | jon (lub kation) tetrametyloamoniowy, tetrametyloamonium                                |
| 2. $[\text{PCl}_4]^+$  | jon tetrachlorofosfoniowy lub tetrachlorofosfor(1+), lub jon tetrachlorofosfaniowy      |
| 3. $[\text{NF}_4]^+$   | jon tetrafluoroamoniowy   |
| 4. $[\text{CH}_3\text{NC}_5\text{H}_5]^+$                                  | 1-metylopirydinium lub jon 1-metylopirydyniowy  |
| 5. $[\text{S}(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)(\text{C}_6\text{H}_5)]^+$ | etylofenylo(metylo)sulfonium lub jon etylofenylo(metylo)sulfoniowy                      |
| 6. $[\text{SCl}_3]^+$  | trichlorosulfonium, trichlorosulfanium, jon trichlorosulfoniowy lub trichlorosiarka(1+) |
| 7. $[\text{NH}_3(\text{OH})]^+$  | hydroksyamonium lub jon hydroksyloaminowy   |
| 8. $[\text{CH}_3\text{OH}_2]^+$  | metylooksonium, jon metylooksoniowy lub metylooksydanium ( <sup>8f</sup> )              |

### 8.2.4. Przypadki szczególne

Istnieje kilka przypadków, w których zwyczajowe, niesystematyczne lub częściowo systematyczne nazwy są nadal dozwolone. Pewne szczególne przykłady przedstawiono poniżej:

*Przykłady:*

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. $\text{NO}^+$      | kation nitrozyłu  |
| 2. $\text{NO}_2^+$    | kation nitroilu   |
| 3. $\text{UO}_2^{2+}$ | kation uranylu(2+) lub dioksouranu(2+)                  |
| 4. $\text{OH}^+$      | hydroksylium, kation hydroksylu lub kation hydroksylowy |

## 8.3. Aniony

### 8.3.1. Definicja i uwagi ogólne

Anion jest jednoatomową lub wieloatomową cząstką mającą jeden lub więcej elementarnych ładunków ujemnych. W grupie wieloatomowej ładunek ujemny może być zlokalizowany na jednym z atomów lub zdelokalizowany. Ładunek może być zaznaczony w nazwie i we wzorze przy użyciu liczby ładunku lub liczby utlenienia. W nazwach anionów można stosować terminy opisowe „jon” lub „anion”, lecz końcówka nazwy zawsze powinna wskazywać obecność ładunku ujemnego. Końcówkami są: -ek lub -ik (cząstki jednoatomowe lub wieloatomowe), -an (-ian) (nomenklatura koordynacyjna, cząstki heteropoliatomowe) oraz -yn (-in) (których stosowanie w nomenklaturze nieorganicznej nie jest zalecane przez Komisję PTChem).

*Przykłady:*

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. $\text{Cl}^-$                   | chlerek (anion chlorkowy)                                      |
| 2. $\text{S}^{2-}$                 | siarczek   |
| 3. $[\text{CoCl}_4]^{2-}$          | tetrachlorokobaltan(2-)  |
| 4. $[\text{Fe}(\text{CO})_4]^{2-}$ | tetrakarbonylżelazian(2-)                                      |
| 5. $\text{NO}_2^-$                 | azotan(III) lub dioksoazotan(1-)<br>(nazwa zwyczajowa: azotyn) |

### 8.3.2. Nazwy anionów jednoatomowych

Aniony jednoatomowe na ogół określa się przez zamianę końcówki -io w nazwie grupowej pierwiastka na -ek (-ik) (zob. 5.3.3). Często stosowane są skróty lub inne modyfikacje rdzenia nazwy, zgodnie z podanymi poniżej przykładami.

*Przykłady:*

|                     |                           |                      |           |
|---------------------|---------------------------|----------------------|-----------|
| 1. $\text{H}^-$     | woderek ( <sup>8g</sup> ) | 12. $\text{I}^-$     | jodek     |
| 2. $\text{O}^{2-}$  | tlenek                    | 13. $\text{Br}^-$    | bromek    |
| 3. $^1\text{H}^-$   | protek                    | 14. $\text{Cl}^-$    | chlerek   |
| 4. $^2\text{H}^-$   | deuterek                  | 15. $\text{F}^-$     | fluorek   |
| 5. $\text{S}^{2-}$  | siarczek                  | 16. $\text{P}^{3-}$  | fosforek  |
| 6. $\text{Se}^{2-}$ | selenek                   | 17. $\text{As}^{3-}$ | arsenek   |
| 7. $\text{Te}^{2-}$ | tellurek                  | 18. $\text{Sb}^{3-}$ | antymonek |
| 8. $\text{Na}^-$    | sodek                     | 19. $\text{C}^{4-}$  | węglik    |
| 9. $\text{Au}^-$    | złotek                    | 20. $\text{Si}^{4-}$ | krzemek   |
| 10. $\text{K}^-$    | potasek                   | 21. $\text{B}^{3-}$  | borek     |
| 11. $\text{N}^{3-}$ | azotek                    | 22. $\text{Ge}^{4-}$ | germanek  |

### 8.3.3. Nazwy anionów poliatomowych

#### 8.3.3.1. Uwagi ogólne

Nazwy anionów poliatomowych podano poniżej. Ładunek można zaznaczyć w nawiasie po nazwie (zob. rozdz. 3 i 5) lub wskazać za pomocą liczby utlenienia.

#### 8.3.3.2. Aniony homopoliatomowe

Nazwę anionu homopoliatomowego tworzy się przez dodanie liczbowego przedrostka, jak np. di-, tri-, tetra- (tab. III) i odpowiedniej liczby ładunku do nazwy anionu jednoatomowego. Należy dokonać rozróżnienia między wielokrotnymi anionami jednoatomowymi i anionami wieloatomowymi. Pewne dopuszczalne alternatywne nazwy podano w poniższych przykładach.

*Przykłady:*

|                | <i>Nazwy systematyczne</i> | <i>Nazwy alternatywne</i> |
|----------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. $O_2^-$     | ditlenek(1-)               | ponadtlenek               |
| 2. $O_2^{2-}$  | ditlenek(2-)               | nadtlenek                 |
| 3. $O_3^-$     | tritlenek(1-)              | ozonek                    |
| 4. $I_3^-$     | trijodek                   |                           |
| 5. $C_2^{2-}$  | diwęglík(2-)               | acetylenek                |
| 6. $N_3^-$     | triazotek(1-)              | azydek                    |
| 7. $S_2^{2-}$  | disiarczek(2-)             |                           |
| 8. $Sn_5^{2-}$ | pentacynek(2-)             |                           |
| 9. $Pb_9^{4-}$ | nonałowek(4-)              |                           |

#### 8.3.3.3. Przypadki szczególne i nazwy zwyczajowe

Istnieje szereg anionów, dla których nie zaleca się już używania nazw stosowanych w przeszłości. Wiele anionów ma jednak nazwy zwyczajowe, które wciąż są dopuszczalne. Poniżej podano wybrane przykłady:

*Przykłady:*

|                |  |
|----------------|--|
| 1. $OH^-$      | wodorotlenek (nie jon hydroksylowy)                              |
| 2. $HS^-$      | siarczek wodoru(1-) lub wodorosiarczek                           |
| 3. $NH_2^{2-}$ | imidek lub azanodiid   |
| 4. $NH_2^-$    | amidek lub azanid  |
| 5. $HO_2^-$    | ditlenek wodoru (1-) lub wodoronadtlenek                         |
| 6. $CN^-$      | cyjanek  |
| 7. $NHOH^-$    | hydroksyamidek lub hydroksyloamidek<br>(por. 5.3.5, przykład 10) |

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 8. $\text{N}_2\text{H}_3^-$ | hydrazydek lub diazanid       |
| 9. $\text{NCS}^-$           | tiocyjanian ( <sup>8h</sup> ) |
| 10. $\text{NCO}^-$          | cyjanian ( <sup>8h</sup> )    |

#### 8.3.3.4. Aniony utworzone z obojętnych cząsteczek przez utratę jednego lub więcej hydronów

Anion otrzymany formalnie przez usunięcie jednego lub więcej hydronów z węglowodoru nazywa się przez dodanie końcówki: -id, -diid, -triid itd. do nazwy związku macierzystego. Nazwę tak utworzonej grupy można poprzedzić słowem „anion”.

*Przykłady:*

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. $\text{H}_3\text{C}^-$       | metanid lub anion metylowy |
| 2. $(\text{CH}_3)_2\text{CH}^-$ | propan-2-id                |
| 3. $\text{C}_6\text{H}_5^-$     | benzenid                   |
| 4. $\text{C}_5\text{H}_5^-$     | cyklopentadienid           |

Nazwy anionów powstałych przez utratę wszystkich hydronów z grup funkcyjnych, takich jak kwasowe grupy hydroksylowe, tworzy się przez zastąpienie końcówki kwasu -owy końcówką -an (-ian).

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 5. $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$          | etanian lub octan                              |
| 6. $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3^-$ | benzenosulfonian                               |
| 7. $\text{NO}_3^-$                     | azotan, trioksoazotan(V) lub trioksoazotan(1-) |
| 8. $\text{SO}_4^{2-}$                  | siarczan lub tetraoksosiarczan(2-)             |
| 9. $\text{PO}_4^{3-}$                  | fosforan lub tetraoksofosforan(3-)             |

Jeżeli kwas utracił tylko niektóre hydrony, nazwy są tworzone przez dodanie przedrostka „wodoro”, „diwodoro” itp., wskazującego liczbę hydronów, które są wciąż obecne i które mogą ulec dalszej jonizacji.

*Przykłady:*

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 10. $\text{HCO}_3^-$          | wodorowęglan(1-)                                   |
| 11. $\text{HSO}_4^-$          | wodorosiarczan(1-) lub wodorotetraoksosiarczan(VI) |
| 12. $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | diwodorofosforan(1-) ( <sup>8i</sup> )             |

Nazwy anionów powstałych przez formalną utratę jednego lub więcej hydronów z grup hydroksylowych alkoholi, fenoli i ich tlenowcowych analogów (charakteryzujących się takimi przyrostkami, jak -ol i -tiol) tworzy się przez dodanie końcówki -an do odpowiedniej nazwy.

*Przykłady:*

13.  $\text{CH}_3\text{O}^-$  metanolan lub metoksylan (por. reguła C-206.1 w [37]);  
jako ligand jon ten jest nazywany „metokso”
14.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{S}^-$  benzenotiolan

Nazwy anionów powstałych przez formalną utratę jednego lub więcej hydronów przez dany atom (inny niż węgiel lub tlen) tworzy się w sposób opisany dla węglowodorów, przez dodanie końcówki -id (lub -diid itp.) do nazwy macierzystego wodorku. Inne dozwolone nazwy znajdują się w nawiasach zawartych w poniższych przykładach.

*Przykłady:*

15.  $\text{NH}_2^-$  azanid (amidek)
16.  $\text{HP}^{2-}$  fosfanodiid lub wodorofosforek(2-)
17.  $\text{SiH}_3^-$  silanid
18.  $\text{GeH}_3^-$  germananid
19.  $\text{SnH}_3^-$  stannanid
20.  $\text{N}_2\text{H}_3^-$  diazanid lub hydrazydek

### 8.3.3.5. Aniony utworzone przez przyłączenie jonu wodorkowego do jednordzeniowego wodorku

Aniony utworzone formalnie przez dołączenie jonu wodorkowego do jednordzeniowego wodorku są nazywane przy zastosowaniu nomenklatury koordynacyjnej (zob. rozdz. 7 i 10), nawet gdy atom centralny nie jest metalem.

*Przykłady:*

1.  $\text{BH}_4^-$  tetrahydroboran(1-)<sup>(8j)</sup>
2.  $\text{CH}_5^-$  pentahydrydowęglan(1-)
3.  $\text{PH}_6^-$  heksahydrydofosforan(1-)

### 8.3.3.6. Nomenklatura koordynacyjna anionów heteropoliatomowych

Nazwy anionów wieloatomowych, które nie należą do wymienionych powyżej klas związków, wyprowadza się z nazwy atomu centralnego z dodaniem końcówki -an (-ian). Również grupy (w tym jednoatomowe) dołączone do atomu centralnego są w nomenklaturze koordynacyjnej traktowane jak ligandy.

*Przykłady:*

1.  $[\text{PF}_6]^-$  heksafluorofosforan(V) lub heksafluorofosforan(1-)
2.  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  tetrahydroksocynkan(2-)
3.  $[\text{Sb}(\text{OH})_6]^-$  heksahydroksoantymonian(V)

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 4. $[\text{SO}_4]^{2-}$         | tetraoksosiarczan(VI) lub tetraoksosiarczan(2-) |
| 5. $[\text{HF}_2]^-$            | difluorowodoran(1-) lub wodorodifluorek(1-)     |
| 6. $[\text{BH}_2\text{Cl}_2]^-$ | dichlorodihydroboran(1-)                        |

Metoda ta może być zastosowana nawet wówczas, gdy nie jest znany dokładny skład związku. Liczbę ligandów można wówczas pominąć, pisząc np. hydroksocynkan lub cynkan (przykład 2).

### 8.3.3.7. Aniony podstawione

Nazwy podstawionych pochodnych anionów wyprowadza się formalnie z nazwy związku macierzystego przy użyciu jako przedrostków nazw podstawników z podaniem ich liczby. Gdy można wskazać atom centralny, wówczas preferuje się stosowanie nomenklatury koordynacyjnej (patrz powyżej).

*Przykłady:*

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 1. $[\text{B}_{10}\text{Cl}_{10}]^{2-}$  | dekachlorodekaboran(2-)          |
| 2. $\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)_3^-$  | trifenylometanid(1-)             |
| 3. $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{CH}^-$ | 2,4-dioksopentan-3-id(1-)        |
| 4. $\text{Cl}_3\text{C}^-$               | trichlorometanid(1-)             |
| 5. $\text{PbCl}_3^-$                     | trichloroołowian(1-)             |
| 6. $\text{CH}_3\text{CO}^-$              | 1-oksoetanid lub anion acetylowy |

### 8.3.3.8. Aniony kwasów tlenowych

Chociaż dogodnie jest traktować tlen w ten sam sposób co zwykle ligandy i stosować w tworzeniu nazw anionów nomenklaturę koordynacyjną, w użyciu są jeszcze pewne nazwy zwyczajowe mające końcówkę -yn lub -in (wskazującą niższy niż maksymalny stopień utlenienia), lecz nie są one zalecane przez Komisję PTCh.

*Przykłady:*

- |                        |          |                                |            |
|------------------------|----------|--------------------------------|------------|
| 1. $\text{NO}_2^-$     | azotyn   | 4. $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ | ditionin   |
| 2. $\text{AsO}_3^{3-}$ | arsenin  | 5. $\text{ClO}_2^-$            | chloryn    |
| 3. $\text{SO}_3^{2-}$  | siarczyn | 6. $\text{ClO}^-$              | podchloryn |

Pełna lista dozwolonych alternatywnych nazw kwasów tlenowych i pochodzących od nich anionów znajduje się w rozdz. 9.

## 8.4. Grupy podstawnikowe i rodniki

### 8.4.1. Definicje

Termin „rodnik” jest użyty w niniejszym podrozdziale w znaczeniu atomu lub grupy atomów mających jeden lub więcej niesparowanych elektronów. Rodniki mogą być obojętne ( $\text{CH}_3$ ,  $\text{NO}$ ), mogą wykazywać ładunek ujemny ( $\text{O}_2^-$ ) lub dodatni ( $\text{UO}_2^+$ ). Rodniki obdarzone ładunkiem są omawiane w 8.4.3, a rodniki obojętne i grupy podstawnikowe w 8.4.2 (<sup>8k</sup>). Wybór nazw rodników podany jest w tab. VIII. Nie zaleca się stosowania nazwy rodnik w znaczeniu grupy podstawnikowej [23].

### 8.4.2. Nazwy systematyczne grup podstawnikowych i rodników

#### 8.4.2.1. Nazwy ogólne

Nazwy grup, które mogą być uważane za podstawniki w związkach organicznych lub za ligandy metali, są często takie same jak nazwy odpowiednich rodników. Aby podkreślić rodzaj opisywanych cząstek można zastosować słowo „grupa”. Z wyjątkiem pewnych nazw zwyczajowych, nazwy grup podstawnikowych i rodników nie mających ładunku kończą się zwykle na -yl (-il). „Karbonyl” jest dozwoloną, zwyczajową nazwą liganda CO. Wskaźnik górny w postaci kropki we wzorze jest stosowany tylko dla rodników. Należy zwrócić uwagę, że w nomenklaturze ciała stałego (rozdz. 6) wskaźnik górny w postaci kropki może oznaczać ładunek (zob. również 4.4.3).

*Przykłady:*

- |                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| 1. $(\text{CH}_3)^\bullet$  | metyl                |
| 2. $(\text{NO})^\bullet$    | nitrozyl             |
| 3. $(\text{NH})^{2\bullet}$ | nitren lub azanodiyl |

#### 8.4.2.2. Rodniki i grupy o nazwach specjalnych

Niektóre obojętne i kationowe rodniki zawierające tlen (lub tlenowce) mają, bez względu na ładunek, nazwy kończące się na -yl lub -il. Przedrostki tio-, seleno- i telluro- wskazują zastąpienie tlenu odpowiednio przez siarkę, selen lub tellur.

*Przykłady:*

- |       |           |
|-------|-----------|
| 1. HO | hydroksyl |
| 2. CO | karbonyl  |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 3. NO                            | nitrozył                                       |
| 4. NO <sub>2</sub>               | nitroil ( <sup>8l</sup> )                      |
| 5. PO                            | fosforył                                       |
| 6. SO                            | sulfinyl lub tionyl ( <sup>8m</sup> )          |
| 7. SO <sub>2</sub>               | sulfonył lub sulfurył ( <sup>8m</sup> )        |
| 8. S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | disulfurył                                     |
| 9. SeO                           | seleninyl                                      |
| 10. SeO <sub>2</sub>             | selenonył                                      |
| 11. HOO                          | wodroperoksyl, perhydroksyl lub hydrodioksyl   |
| 12. CrO <sub>2</sub>             | chromyl  |
| 13. UO <sub>2</sub>              | uranyl   |
| 14. NpO <sub>2</sub>             | neptunyl                                       |
| 15. PuO <sub>2</sub>             | plutonył (i podobnie dla innych aktynowców)    |
| 16. ClO                          | chlorozyl                                      |
| 17. ClO <sub>2</sub>             | chlorył  |
| 18. ClO <sub>3</sub>             | chlorył(VI) (i podobnie dla innych fluorowców) |

Nazwy te mogą być użyte również do utworzenia nazw bardziej złożonych cząsteczek lub jonów.

*Przykłady:*

|  |   |
|--|---|
| 19. COCl <sub>2</sub>                              | dichlorek karbonyłu   |
| 20. PSCl <sub>3</sub>                              | trichlorek tiofosforyłu                                     |
| 21. S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ClF              | chlerek fluorek disulfuryłu                                 |
| 22. SO <sub>2</sub> (N <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | diazydek sulfonyłu lub diazydek sulfuryłu ( <sup>8m</sup> ) |
| 23. SO <sub>2</sub> NH                             | imidek sulfonyłu lub imidek sulfuryłu ( <sup>8m</sup> )     |
| 24. IO <sub>2</sub> F                              | fluorek jodyłu  |
| 25. NOCl   | chlerek nitrozyłu   |

#### 8.4.2.3. Rodniki lub grupy utworzone formalnie z wodoru molekularnego przez usunięcie atomu wodoru

Rodniki lub grupy utworzone formalnie przez usunięcie jednego atomu wodoru z jakiegokolwiek pozycji macierzystego wodoru są nazywane przez dodanie do nazwy wodoru przyrostka -yl (-il). Dla rodników wyprowadzonych z obojętnych, nasyconych, acyklicznych i monocyklicznych węglowodorów oraz z boranu, silanu, germananu, stannanu i plumbanu końcówka -yl (-il) zastępuje końcówkę -an (por. 8.4.3.2). Nazwy metyl i silyl są więc preferowane w stosunku do metanyłu i silanyłu. Chociaż skróty takie nie są zgodne z nazwami systematycznymi, są one szeroko stosowane i dlatego dozwolone.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 1. (SiH <sub>3</sub> ) <sup>•</sup>                  | silil  |
| 2. (Si <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sup>•</sup>    | disilanyl  |
| 3. (SnCl <sub>3</sub> ) <sup>•</sup>                 | trichlorostannył   |
| 4. (PPh <sub>4</sub> ) <sup>•</sup>                  | tetrafenylofosforanyl lub tetrafenylo-λ <sup>5</sup> -fosfanyl ( <sup>8n</sup> ) |
| 5. (NH <sub>2</sub> NH) <sup>•</sup>                 | diazanyl lub hydrazyl  |
| 6. (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH) <sup>•</sup>   | fenyloazanyl lub benzenoaminył   |
| 7. (CH <sub>3</sub> ) <sup>•</sup>                   | metyl  |
| 8. (HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sup>•</sup> | 2-hydroksyetyl   |
| 9. (HC≡CCH <sub>2</sub> ) <sup>•</sup>               | prop-2-yn-1-yl   |
| 10. (BH <sub>2</sub> ) <sup>•</sup>                  | borył  |

Rodniki lub grupy utworzone przez usunięcie dwóch lub więcej atomów wodoru z jednej lub więcej pozycji molekularnego wodoru (lub jego podstawionej pochodnej) nazywa się przez dodanie do nazwy macierzystego związku przyrostków -diyl, -triył itp.

Nazwy „karben”, „nitren” i „silen” były stosowane dla dwurodników (CH<sub>2</sub>)<sup>2•</sup>, (NH)<sup>2•</sup> i (SiH<sub>2</sub>)<sup>2•</sup> i dla podstawionych pochodnych, a nawet dla kompleksów. Zgodnie z obecnie obowiązującymi regułami nazwy te nie są zalecane w wypadku dwurodników. Mogą być one jednak użyteczne do wskazania obecności takich grup w strukturach złożonych.

*Przykłady:*

- |   |   |
|---|---|
| 11. <sup>•</sup> OO <sup>•</sup>                              | dioksydano-1,2-diyl ( <sup>8o</sup> )                         |
| 12. <sup>•</sup> HNNH <sup>•</sup>                            | diazano-1,2-diyl ( <sup>8o</sup> )                            |
| 13. <sup>•</sup> H <sub>2</sub> CCH <sub>2</sub> <sup>•</sup> | etano-1,2-diyl ( <sup>8o</sup> )                              |
| 14. (CH <sub>2</sub> ) <sup>2•</sup>                          | karben lub metanodiyl lub metylen lub metyliden               |
| 15. (NH) <sup>2•</sup>  | azanodiyl lub azanyliden                                      |
| 16. (BH) <sup>2•</sup>  | boranodiyl lub boranyliden lub boryliden                      |
| 17. (H <sub>2</sub> BH <sub>2</sub> B) <sup>2•</sup>          | diborano(6)-1,1-diyl lub diboran(6)yliden                     |
| 18. (CH <sub>3</sub> N) <sup>2•</sup>                         | metylonitren lub metyloazanodiyl lub metyloazanyliden         |
| 19. (PH) <sup>2•</sup>  | fosfanodiyl lub fosfanyliden<br>(nazwa zwyczajowa fosfiniden) |
| 20. (H <sub>3</sub> CC) <sup>3•</sup>                         | etano-1,1,1-triył lub etylidył                                |

W tych dwu- i wielorodnikach położenie centrów rodnikowych można wskazać przez zaznaczenie kropek we wzorze strukturalnym. Gdy lokalizacja centrów rodnikowych nie jest znana, powinno się stosować takie wzory, jak (O<sub>2</sub>)<sup>2•</sup>, (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sup>2•</sup> i (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>)<sup>3•</sup> (por. 4.4.3).

#### 8.4.2.4. Grupy podstawnikowe i rodniki pochodzące od hydroksyzwiązków lub aldehydów

Nazwy rodników pochodzących od hydroksyzwiązków, takich jak alkohole, kwasy i fenole, lub od wodoronadtlenków tworzy się przez połączenie nazwy grupy podstawnikowej jako przedrostka z określeniem „oksyl”, „peroksyl” lub „dioksyl”.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $(\text{CH}_3\text{O})^*$                       | metyloksyl (zwykle skręcany do „metoksyłu”)   |
| 2. $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})^*$              | fenyloksyl (zwykle skręcany do „fenoksyłu”)   |
| 3. $(\text{CH}_3\text{CO}_2)^*$                    | acetyloksyl (zwykle skręcany do „acetoksyłu”) |
| 4. $[\text{CH}_3\text{CO}(\text{OO})]^*$           | acetyloperoksyl lub acetylo-dioksyl           |
| 5. $(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})^*$ | 2-aminoetoksyl                                |

Nazwy rodników lub grup podstawnikowych pochodzących formalnie od aldehydów można utworzyć z nazwy tlenowej pochodnej węglowodoru. Stosowane są też nazwy pochodzące od kwasu (zob. reguła C-403 w [37]).

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 6. $(\text{CH}_3\text{CO})^*$          | acetyl lub 1-oksoetanyl lub 1-oksoetyl |
| 7. $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO})^*$ | benzoil lub fenylokarbonyl             |

#### 8.4.2.5. Stosowanie nazw nieorganicznych i organicznych grup podstawnikowych jako przedrostków

Nazwy grup, które mogą być uważane za podstawniki w związkach organicznych lub za ligandy metali, są często takie same jak nazwy odpowiednich rodników. Dotyczy to zwłaszcza nazw rodników organicznych kończących się na -yl (-il), -yliden (-iliden) itp. Rodniki nie pochodzące od wodorków są nazywane inaczej (odnośnie do szczegółów por. [2, 21, 35]).

Nazwy grupowe pierwiastka tworzy się przez dodanie końcówki -io do odpowiedniego rdzenia pierwiastka (tab. VII). Dla Cl, Br i I nazwy z końcówką -io powinny być używane jedynie wtedy, gdy wartościowość tych pierwiastków w rodniku lub grupie jest większa niż -1. Gdy wartościowość jest równa -1, stosowane są odpowiednio postaci „chloro”, „bromo” i „jodo”. Na ogół jednak użycie takich nazw grupowych nie ma na celu przekazania informacji o rzędach wiązania. W nomenklaturze nieorganicznej użycie afiksu „tio” ogranicza się do przypadku zastąpienia =O przez =S. Nazwy z końcówką -io z tab. VII są stosowane wyłącznie w nomenklaturze podstawnikowej (<sup>8p</sup>) i nie są one konieczne w nomenklaturze koordynacyjnej (por. rozdz. 10).

*Przykłady:*

|        |          |        |         |
|--------|----------|--------|---------|
| 1. Cl- | chlorio  | 4. Ti- | titanio |
| 2. Br- | bromio   | 5. Fe- | ferrio  |
| 3. S-  | sulfurio | 6. Er- | erbio   |

Wieloatomowe grupy niekoniecznie są nazywane systematycznie, lecz końcówka -o jest również stosowana dla ich nazw grupowych.

*Przykłady:*

|                      |                     |                           |                        |
|----------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|
| 7. ClS-              | chlorotio           | 11. OCN-                  | cyjaniano- <i>N</i>    |
| 8. Cl <sub>2</sub> I | dichlorojodio       | 12. CH <sub>3</sub> N(H)- | metyloamino            |
| 9. NC-               | cyjano              | 13. NCS-                  | tiocyjaniano- <i>S</i> |
| 10. NCO-             | cyjaniano- <i>O</i> | 14. SCN-                  | tiocyjaniano- <i>N</i> |

Rodniki lub grupy zawierające atom centralny (z ligandem lub bez) mają nazwy z końcówką „io”, jak w tab. VII. Nazwy te tworzy się zgodnie z zasadami nomenklatury koordynacyjnej (zob. rozdz. 10).

*Przykłady:*

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 15. Na-                               | sodio                                   |
| 16. ClHg-                             | chloromerkurio                          |
| 17. F <sub>5</sub> S <sup>-</sup>     | pentafluorosulfurio ( <sup>8r</sup> )   |
| 18. OI <sup>-</sup>                   | oksojodio lub jodozyl ( <sup>8r</sup> ) |
| 19. (OC) <sub>4</sub> Co <sup>-</sup> | tetrakarbonylkobaltio                   |

### 8.4.3. Rodniki i grupy podstawnikowe obdarzone ładunkiem

#### 8.4.3.1. Uwagi ogólne

Jeżeli w danym związku występuje więcej niż jedno centrum obdarzone ładunkiem oraz gdy niemożliwe jest wyprowadzenie nazwy na zasadach podanych dla kationów (8.2) i anionów (8.3), to nazwy te tworzy się po przyjęciu za podstawę jednego tylko centrum (najlepiej anionowego). Centrum to jest następnie traktowane jako macierzyste i nazywane zgodnie z zasadami podanymi w 8.2 lub 8.3. Nazwy innych centrów w danym związku zostają następnie uwzględnione w postaci przedrostków.

*Przykład:*

|  |   |
|--|---|
| 1. [(ClHg)C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> N <sup>+</sup> ]COO <sup>-</sup> | [4-(chloromerkurio)-1-pirydynio]mrówczan lub 4-(chloromerkurio)pirydynium-1-karboksylan |
|--|---|

### 8.4.3.2. Grupy kationowe

Nazwy rodników lub grup kationowych są wyprowadzane przez dodanie przyrostków, takich jak -yl, -yliden i -diyl (z odpowiednimi lokantami), po końcówce -ium nazwy kationu wyprowadzonej zgodnie z regułami podanymi w 8.3. Końcówka jednowartościowego kationu, -onium, może też zostać zmieniona na -onio. Nazwy centrów jednokationowych, utworzonych formalnie z wielordzeniowych jednostek strukturalnych przez usunięcie atomu wodoru z pozycji kationowej, otrzymuje się przez zmianę końcówki kationu z -ium na -io.

*Przykłady:*

1.  $\text{H}_3\text{N}^+$ – amoniumyl, azaniumyl lub amonio
2.  $(\text{CH}_3)_2\text{S}^+$ – dimetylosulfoniumyl, dimetylosulfaniumyl lub dimetylosulfonio
3.  $\text{CH}_3\text{CH}_2^+$ – etan-1-ium-1-yl
4.  $\text{N}\equiv\text{N}^+$ – diazyn-1-ium-1-yl lub diazonio
5.  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}^+$ – pirydyn-1-ium-1-yl lub pirydynio
6.  $\text{H}_3\text{As}^+$ – arsonio lub arsaniumyl
7.  $\text{HBr}^+$ – bromonio lub bromoniumyl
8.  $\text{F}_3\text{N}^+$ – trifluoroamonio, trifluoroazaniumyl lub trifluoroamoniumyl

### 8.4.3.3. Grupy anionowe

Nazwy rodników anionowych utworzonych formalnie przez utratę hydronów z macierzystych wodorków są wyprowadzane przez dodanie przyrostków, takich jak -yl (-il), -yliden (-iliden), i -diyl (-diil) z odpowiednimi lokantami do nazwy anionu otrzymanej zgodnie z 8.3.

*Przykłady:*

1.  $\text{H}_2\text{C}^-$ – metanidyl
2.  $\text{HN}^-$ – azanidyl lub amidyl
3.  $\text{N}^-$ = azanidylden
4.  $\text{N}^{2-}$ – azanodiidyl

Nazwy centrów anionowych otrzymanych formalnie przez usunięcie hydronów z kwasów tlenowców otrzymuje się przez zmianę końcówki -owy lub -an na -ano. Nazwy zakończone na -ido (-ydo) powstały przez dodanie końcówki -o do końcówki anionu -id (-yd).

*Przykłady:*

5.  $-\text{CO}(\text{O})^-$  karboksylano

|                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 6. $-\text{SO}(\text{O})_2^-$    | sulfoniano                    |
| 7. $-\text{PO}_2(\text{O})^{2-}$ | fosfoniano                    |
| 8. $\text{O}^-$                  | oksydo                        |
| 9. $\text{S}^-$                  | sulfido                       |
| 10. $(\text{SS})^-$              | disulfido                     |
| 11. $(\text{OSe})^-$             | selenidoksy lub selenidyloksy |

#### 8.4.4. Przypadki szczególne

Należy zauważyć, że ta sama grupa może mieć różne nazwy w nomenklaturze nieorganicznej i organicznej. Nazwy związków czysto organicznych, z których wiele ma duże znaczenie w chemii koordynacyjnej, powinny być wyprowadzane zgodnie z nomenklaturą związków organicznych [2, 21, 35].

### 8.5. Sole

#### 8.5.1. Definicja soli

Sól jest związkiem chemicznym będącym połączeniem kationów i anionów. Jednakże, jeżeli obecny jest kation  $\text{H}_3\text{O}^+$ , to związek jest opisywany jako kwas. Omawiane związki mogą mieć charakter zarówno soli, jak i kwasu. Gdy obecny jest tylko jeden rodzaj kationu i jeden rodzaj anionu, związek jest nazywany jak połączenie binarne (zgodnie ze wskazówkami zawartymi w rozdz. 5, dotyczącymi nazw stechiometrycznych nie zawierających informacji strukturalnych). Jony są nazywane zgodnie z zasadami podanymi w 8.2 i 8.3. Gdy związek zawiera więcej niż jeden rodzaj kationu i (lub) anionu, jest on wciąż uważany za sól i można go nazywać zgodnie ze wskazówkami podanymi poniżej.

Gdy nazwy kationu i anionu łączy się, aby utworzyć nazwę soli, powinno się pominąć ładunek i słowa „jon”, „anion” i „kation”. Na przykład nazwą soli  $\text{NaCl}$  jest „chlerek sodu”, a nie „kation sodu anion chlorkowy”. W wypadku kationów i anionów wieloatomowych dla uniknięcia nieporozumień należy stosować nawiasy. I tak,  $\text{Tl}^{\text{I}}(\text{I}_3)$  jest (trijodkiem) talu, a  $\text{Tl}^{\text{III}}\text{I}_3$  trijodkiem talu. Alternatywnie, wystarczy nazwa trijodek talu(I) i trijodek talu(III).

## 8.5.2. Sole zawierające wodór kwasowy

Sole zawierające hydron dający się podstawić i jeden lub więcej kationów metali są zwane potocznie „solami kwaśnymi”. Ich nazwy są tworzone przez dodanie przedrostka „wodoro” z liczbowym przedrostkiem, gdy jest on niezbędny, do nazwy anionu, aby zaznaczyć wodór, który może być w soli podstawiony. Niekiedy aniony nieorganiczne zawierają atom wodoru, który nie jest łatwo podstawić. Gdy jest on związany z tlenem i ma stopień utlenienia I, nadal jest określany słowem „wodoro”, choć sole zawierające takie aniony nie mogą być nazywane solami kwaśnymi.

*Przykłady:*

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. $\text{NaHCO}_3$          | wodorowęglan sodu  |
| 2. $\text{LiH}_2\text{PO}_4$ | diwodorofosforan litu  |
| 3. $\text{K}_2\text{HPO}_4$  | wodorofosforan dipotasu  |
| 4. $\text{CsHSO}_4$          | wodorosiarczan cezu lub<br>wodorotetraoksosiarczan(VI) cezu,<br>lub wodorotetraoksosiarczan(1-) cezu |

## 8.5.3. Sole podwójne, potrójne itp.

### 8.5.3.1. Zalecenia podstawowe

W języku polskim nazwy anionów poprzedzają nazwy kationów.

### 8.5.3.2. Kationy

Nazwy kationów innych niż wodorowy są podawane w porządku alfabetycznym (zob. rozdz. 4). Powoduje to, że mogą występować różnice w kolejności wymieniań składowych we wzorze i w nazwie oraz między nazwami w różnych językach. Wodór wymienia się zawsze jako ostatni z kationów. Jeżeli jest pożądanе wskazanie, że wodór stanowi część anionu, jego nazwę łączy się z nazwą anionu i całość podaje wraz z innymi anionami w porządku alfabetycznym. Gdy nie jest znany sposób wiązania wodoru, powinno się stosować nazwę stechiometryczną, traktując wodór jako kation. Często obecność uwodnionych kationów, które w rzeczywistości są jonami kompleksowymi, mogłaby zakłócać porządek alfabetyczny, lecz na ogół nie uwzględnia się uwodnienia i kolejność kationów nie jest zmieniona. Jeżeli jednak należy zwrócić uwagę na obecność szczególnego uwodnionego kationu, jego nazwę tworzy się stosując reguły przyjęte dla jonów kompleksowych. Nazwę tego kationu wymienia się w całkowitej nazwie związku zgodnie z kolejnością alfabetyczną.

*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 1. $\text{KMgF}_3$   | fluorek magnezu potasu   |
| 2. $\text{NaTl}(\text{NO}_3)_2$  | azotan sodu talu(I) lub diazotan sodu talu   |
| 3. $\text{KNaCO}_3$  | węglan potasu sodu   |
| 4. $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$                                | siarczan glinu potasu—woda (1/12),<br>bis(siacrczan) glinu potasu—woda (1/12)<br>lub heksahydrat bis(siacrczanu) |
| 5. $\text{Na}(\text{UO}_2)_3[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{CH}_3\text{CO}_2)_9$ | heksaakwaglinu potasu<br>nonaoctan heksaakwacyнку sodu<br>triuranylu(VI)   |
| 6. $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                                 | tetrahydrat wodorofosforanu amonu sodu   |
| 7. $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                  | heksahydrat fosforanu amonu magnezu  |

**8.5.3.3. Aniony**

Nazwy anionów podaje się w porządku alfabetycznym. Jeżeli jest to konieczne, można podać wzór stechiometryczny dla zaznaczenia proporcji między składnikami.

*Przykłady:*

- |   |   |
|---|---|
| 1. $\text{NaCl} \cdot \text{NaF} \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{Na}_6\text{ClF}(\text{SO}_4)_2$ | chlorek fluorek bis(siacrczan) heksasodu          |
| 2. $\text{NaCl} \cdot \text{NaF} \cdot 2\text{NaHSO}_4, \text{Na}_4\text{ClF}(\text{HSO}_4)_2$        | chlorek fluorek bis(wodorosiacrczan)<br>tetrasodu |
| 3. $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$   | fluorek tris(fosforan) pentawapnia                |
| 4. $\text{KCl} \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{KNa}_4\text{Cl}(\text{SO}_4)_2$                   | chlorek bis(siacrczan) potasu tetrasodu           |

Do tworzenia nazw powyższych anionów stosuje się przedrostki zwielokrotniające bis-, tris- itd., ponieważ di-, tri-, tetra- itd. zostały zarezerwowane dla anionów skondensowanych (patrz rozdz. 9 i tab. III).

**8.5.4. Sole tlenowe i wodorotlenowe**

Niniejszy rozdział traktuje o tzw. solach „zasadowych”, które zwyczajowo zwane są także okso- albo hydroksysolami. Dla celów nomenklaturowych są one uważane za sole podwójne zawierające aniony  $\text{O}^{2-}$  i  $\text{OH}^-$ , dlatego można do nich stosować zasady podane w 8.5.3.

Zalecane jest pełne cytowanie wszystkich nazw poszczególnych anionów (np. chlorek tlenek miedzi), aby wykluczyć, gdzie to jest tylko możliwe, formę okso (typu oksochlorek miedzi).

*Przykłady:*

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1. $\text{MgCl}(\text{OH})$   | chlorek wodorotlenek magnezu          |
| 2. $\text{BiCl}(\text{O})$  | chlorek tlenek bizmutu                |
| 3. $\text{VO}(\text{SO}_4)$   | siarczan tlenek wanadu(IV)            |
| 4. $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ | chlorek triwodorotlenek dimiedzi      |
| 5. $\text{ZrCl}_2(\text{O}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                              | oktahydrat dichloru tlenku cyrkonu    |
| 6. $\text{ZnI}(\text{OH})$  | jodek wodorotlenek cynku              |
| 7. $\text{CoO} \cdot \text{NiBr}_2$   | dibromek tlenek kobaltu(II) niklu(II) |

### 8.5.5. Podwójne tlenki i wodorotlenki

Istnieje wielka różnorodność podwójnych, potrójnych itd. tlenków i wodorotlenków. W opisie tych związków terminy „tlenki mieszane” i „mieszane wodorotlenki” nie są zalecane.

Wiele podwójnych tlenków i wodorotlenków można zakwalifikować do jednej z kilku grup, z których każda ma charakterystyczny typ struktury, nazywany czasem tak samo jak dobrze znany minerał należący do tej grupy (np. ilmenit, perowskit, spinel i granat). Gdy porównuje się związki mające analogiczne struktury, można odejść od porządku alfabetycznego kationów, jak np. w  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{UAlO}_3$  i  $\text{LaGaO}_3$ . Czasem nazwy mogą sugerować określoną strukturę (np. glinian uranu) i lepiej jest nazywać takie związki podobnie jak podwójne tlenki lub podwójne wodorotlenki, chyba że istnieje dowód, iż w strukturze występują dobrze zdefiniowane kationy i aniony tlenowe lub wodorotlenowe. Gdy jest stosowana nazwa systematyczna, wtedy można dodać w nawiasie po nazwie związku typ struktury.

*Przykłady:*

- |   |  |
|---|--|
| 1. $\text{Al}_2\text{Ca}_4\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | hydrat heptatlenku diglinu tetrawapnia                             |
| 2. $\text{AlCa}_2(\text{OH})_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$       | hydrat heptawodorotlenku glinu diwapnia                            |
| 3. $\text{Ca}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]_2$                      | bis(heksahydroksoglinian) triwapnia                                |
| 4. $\text{AlLiMn}^{\text{IV}}_2\text{O}_4(\text{OH})_4$         | tetratlenek tetrawodorotlenek glinu litu dimanganu(IV)             |
| 5. $\text{MgTiO}_3$   | tritlenek magnezu tytanu (typ <i>ilmenitu</i> )                    |
| 6. $\text{NaNbO}_3$   | tritlenek niobu sodu (typ <i>perowskitu</i> ) ( <sup>8s</sup> )    |
| 7. $\text{LaAlO}_3$   | tritlenek glinu lantanu (typ <i>perowskitu</i> ) ( <sup>8s</sup> ) |
| 8. $\text{Fe}_2\text{NiO}_4$                                    | tetratlenek niklu(II) diżelaza(III)(typ <i>spinelu</i> )           |

## 8.6. Uwagi końcowe

W niniejszym rozdziale podano sposób postępowania przy tworzeniu nazw kationów, anionów, rodników i soli. Przykłady były jak najprostsze i na ogół dotyczyły związków omawianych w rozdziałach poprzednich. Zasady podane w tym rozdziale mogą być jednak zastosowane również do wyprowadzenia nazw bardziej złożonych jonów i rodników.

Podano także przykłady ugrupowań organicznych, występujących często w związkach nieorganicznych, na przykład jako ligandy. Nazwy tych jonów, grup i rodników są na ogół wyprowadzane według zaleceń podanych w nomenklaturze związków organicznych.

## Przypisy

(<sup>8a</sup>) Jeżeli dla danego kationu nie ma wątpliwości co do jego ładunku, to można ładunek ominąć, np. stosując nazwę „jon glinu” zamiast „jon glinu(3+)” lub „jon sodu” zamiast „jon sodu(1+)”.

(<sup>8b</sup>) Dawniej używane nazwy, takie jak „jon chromawy” dla chromu(II), „miedziowy” dla Cu(II) i „rtęciowy” dla rtęci(II) nie są zalecane.

(<sup>8c</sup>) Aby uniknąć dwuznaczności, dozwolone są dwuliterowe symbole dla jodu i wanadu, np. Id<sup>I</sup> lub Va<sup>V</sup>.

(<sup>8d</sup>) Nazwa „hydron” jest nazwą ogólną dla protonu, deuteronu lub trytonu. Jest ona stosowana dla każdej izotopowej mieszaniny tych kationów. Nazwa „proton” jest zastrzeżona dla kationu pochodzącego wyłącznie od izotopu <sup>1</sup>H. Izotop <sup>2</sup>H daje deuteron, a izotop <sup>3</sup>H tryton. Żaden inny pierwiastek nie ma specjalnych nazw dla poszczególnych izotopów (zob. rozdz. 3 oraz [41]).

(<sup>8e</sup>) Alternatywne pary nazw pochodzące od metody a) i metody b) nie zawsze są równoważne. Np. nazwa „acidium etanowe” nie określa miejsca przyłączenia wodoru, podczas gdy w nazwie „etanoilooksonium” jest ono określone.

(<sup>8f</sup>) Nazwa „oksydanium” dla H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, choć wyprowadzona systematycznie z nazwy oksydan dla wody, nie jest preferowana w porównaniu z „oksonium”.

(<sup>8g</sup>) Nazwa „wodorek” powinna być używana tylko dla naturalnej mieszaniny izotopów albo jako ogólne określenie dla <sup>1</sup>H<sup>-</sup>, <sup>2</sup>H<sup>-</sup> i <sup>3</sup>H<sup>-</sup>.

(<sup>8h</sup>) W wypadku koordynacji w jednordzeniowych kompleksach jony te wiążą się albo przez N, albo przez O (lub S). Doprowadziło to do stosowania takich nazw, jak cyjanian i izocyjanian w celu rozróżnienia donora. Obecnie zamiast tych nazw zaleca się stosowanie symboli donora zapisanych kursywą, np. cyjaniano-*O* lub cyjaniano-*N*.

- (<sup>8i</sup>) W nomenklaturze nieorganicznej wodór występuje jako kation w nazwie kwasów, chyba że chce się wykazać, iż jest on związany z anionem, jak w przykładach 10, 11 i 12.
- (<sup>8j</sup>) W nomenklaturze związków boru (patrz rozdz. 11) dla wodoru przyjmuje się nazwę „hydro”, lecz nie należy jej używać w innych związkach.
- (<sup>8k</sup>) Należy zauważyć, że związki metali przejściowych, takie jak  $VCl_4$ ,  $CrCl_3$  i  $CoBr_2$ , można uważać za wolne rodniki. Jednak na ogół nie są one tak traktowane i nie są rozpatrywane jako rodniki w niniejszym rozdziale.
- (<sup>8l</sup>) Nie powinno się stosować nazwy nitroksyl dla tej grupy związków ze względu na zwyczajową nazwę kwasu nitroksylogowego dla  $H_2NO_2$ . Zalecaną nazwą dla rodnika  $NO_2$  jest nitroil.
- (<sup>8m</sup>) Preferuje się nazwy podane jako pierwsze, natomiast pozostałe są dozwolone. Która z nich zostanie użyta, zależy od okoliczności. I tak, sulfuryl jest używany w nieorganicznej nomenklaturze rodnikowej, a sulfonyl w organicznej nomenklaturze podstawnikowej (zob. reguła C-0.1 w [37]).
- (<sup>8n</sup>) Fosforan i  $\lambda^5$ -fosfan są nazwami alternatywnymi dla  $PH_3$  (patrz [21, 36]).
- (<sup>8o</sup>) Nie należy mylić z ditlenem, diazanem i etenem w stanie podstawowym.
- (<sup>8p</sup>) W organicznej nomenklaturze podstawnikowej nieorganiczne grupy z końcówką „-io” tworzą jedno lub więcej pojedynczych wiązań, z których każde zastępuje jeden atom wodoru w związku macierzystym. Końcówki -yliden i -ylidyn w nomenklaturze podstawnikowej oznaczają, że rodnik jest związany, odpowiednio, podwójnym i potrójnym wiązaniem.
- (<sup>8r</sup>) Alternatywnymi nazwami dla przykładów 17 i 18 są odpowiednio pentafluoro- $\lambda^6$ -sulfanyl i okso- $\lambda^3$ -jodanyl (por. [36]).
- (<sup>8s</sup>) Odstępstwa od porządku alfabetycznego są dozwolone, gdy porównywane są związki o analogicznych strukturach.



---

# 9. KWASY TLENOWE I ICH ANIONY

---

## SPIS TREŚCI

- 9.1. Wprowadzenie
- 9.2. Definicja kwasu tlenowego
- 9.3. Wzory
- 9.4. Nazwy zwyczajowe
  - 9.4.1. Rys historyczny
  - 9.4.2. Zwyczajowe nazwy kwasów i ich anionów
- 9.5 Nomenklatura wodorowa
  - 9.5.1. Tworzenie nazwy
  - 9.5.2. Pochodne uzyskane formalnie przez podstawienie atomów tlenu
    - 9.5.2.1. Kwasy nadtlenowe
    - 9.5.2.2. Tiokwasy
    - 9.5.2.3. Zastąpienie tlenu innymi grupami
  - 9.5.3. Pochodne kwasów zawierające grupy funkcyjne
    - 9.5.3.1. Podstawy stosowanej nomenklatury
    - 9.5.3.2. Halogenki kwasowe
    - 9.5.3.3. Bezwodniki kwasowe
    - 9.5.3.4. Estry
    - 9.5.3.5. Amidy
- 9.6. Nomenklatura kwasowa
- 9.7. Kwasy wielordzeniowe
  - 9.7.1. Kwasy wielordzeniowe nie zawierające bezpośrednich wiązań między atomami centralnymi
  - 9.7.2. Kwasy wielordzeniowe zawierające bezpośrednie wiązania między atomami centralnymi
  - 9.7.3. Izopolikwasy (homopolikwasy)
  - 9.7.4. Heteropolikwasy
- 9.8. Jony pochodzące od kwasów tlenowych
  - 9.8.1. Aniony
  - 9.8.2. Kationy
- 9.9. Szczególny przypadek jednordzeniowych kwasów tlenowych fosforu i arsenu
  - 9.9.1. Uwagi ogólne
  - 9.9.2. Nomenklatura podstawnikowa

- 9.9.3. Nomenklatura zamienna oparta na stosowaniu wrostków i przedrostków
- 9.9.4. Nomenklatura koordynacyjna
- 9.10. Nazwy kwasów tlenowych fosforu lub arsenu i ich pochodnych
  - 9.10.1. Związki z liczbą koordynacyjną 3, które mogą być uważane za kwasy tlenowe lub ich pochodne
  - 9.10.2. Kwasy tlenowe pięciwartościowego fosforu (lub arsenu) zawierające węgiel bezpośrednio związany z fosforem
  - 9.10.3. Pochodne kwasów tlenowych zawierające pięciwartościowy fosfor lub arsen
- 9.11. Uwagi końcowe

## 9.1. Wprowadzenie

Wiele związków, których zwyczajowe nazwy zawierają słowo „kwas”, nie jest kwasami w znaczeniu klasycznym. Nomenklatura chemii nieorganicznej zmienia się w taki sposób, że usuwa się nazwy oparte na właściwościach chemicznych, a wprowadza nazwy związane ze składem i strukturą. Właściwości chemiczne, takie jak kwasowość, zależą od środowiska reakcji, a związek zwany kwasem może w pewnych warunkach działać jak zasada. Ponadto, nie ma powodu do wyróżniania dla celów nomenklatury kwasowości spośród innych właściwości chemicznych, gdyż wszystkie są jednakowo ważne.

Nomenklatura kwasów ma długą tradycję i byłoby nierealne usystematyzowanie wszystkich nazw kwasów i wprowadzenie nagłej zmiany powszechnie stosowanych nazw ważnych i dobrze znanych substancji. Nie ma również powodu, aby wprowadzać dla nowo otrzymanych związków nieorganicznych kolejne nazwy zwyczajowe.

W niniejszym rozdziale podano systematyczną metodę nomenklatury związków nieorganicznych, wykazujących właściwości chemiczne określane terminem „kwas”. Preferowanymi regułami stosowanymi w tym wypadku są zasady nomenklatury związków koordynacyjnych (rozd. 10), których nazwy tworzy się tak, aby jasno przedstawić skład i strukturę związku. Może to spowodować powstanie nazw dłuższych niż te, które wciąż jeszcze są dozwolone dla niektórych ważnych i ogólnie znanych związków chemicznych, takich jak kwas siarkowy i azotowy, lecz zalety nowego systemu rekompensują z nawiązką jego niedostatki.

Tak więc dopuszcza się stosowanie najbardziej użytecznych spośród nazw zwyczajowych oraz wprowadza się systematyczną, prostą i racjonalną metodę tworzenia nazw nowych związków.

## 9.2. Definicja kwasu tlenowego

Kwas tlenowy (oksokwas) jest związkami, który zawiera tlen, co najmniej jeden inny pierwiastek oraz co najmniej jeden atom wodoru związany z tlenem. Związek taki tworzy sprzężoną zasadę przez utratę kationu (lub kationów) wodoru (hydronu). Zakres, jaki obejmuje ta klasa związków określa raczej praktyka niż reguły (<sup>9a</sup>).

Kwasy tlenowe są od dawna szeroko stosowane i badane, dlatego wiele z nich ma nazwy utrwalone wieloletnią praktyką. Najstarsze nazwy, takie jak „olej witriolowy”, dziś już niewiele mówią. Stopniowo były one wypierane przez nazwy zawierające informację chemiczną, w tym wypadku podkreślające właściwości kwasowe (np. dla kwasu siarkowego). Z tych macierzystych nazw powstawały nazwy różnych związków pochodnych. Taki półsystematyczny sposób tworzenia nazw ma jednak ograniczenia i prowadzi do niejasności i niekonsekwencji.

## 9.3. Wzory

We wzorze podaje się najpierw atomy wodoru, które nadają właściwości kwasowe, a następnie atom centralny i w końcu atomy lub grupy atomów otaczające atom centralny. Te ostatnie wymienia się w następującej kolejności: najpierw atomy tlenu związane tylko z atomem centralnym, a po nich inne atomy lub grupy atomów uporządkowane zgodnie z regułami nomenklatury związków koordynacyjnych, tzn. najpierw ligandy jonowe, a dopiero po nich obojętne. W obrębie każdej klasy obowiązuje porządek alfabetyczny symboli chemicznych koordynujących atomów.

*Przykłady:*

1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
2.  $\text{H}_2\text{SO}_3$
3.  $\text{H}_2\text{SO}_5$
4.  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$  lub  $(\text{HO})_2\text{OPPO}(\text{OH})_2$
5.  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  lub  $(\text{HO})_2\text{OPOPO}(\text{OH})_2$
6.  $\text{HSO}_3\text{Cl}$

Wyjątki mogą wystąpić w razie stosowania wzorów liniowych lub półstrukturalnych (por. rozdz. 4), jak np. w związkach wielordzeniowych lub w organicznych pochodnych kwasów tlenowych (por. [21]).

*Przykłady:*

7.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$
8.  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{PO}_2\text{H}$  lub  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{PO}(\text{OH})$

## 9.4. Nazwy zwyczajowe

### 9.4.1. Rys historyczny

Niektóre nazwy zwyczajowe (przykłady w tab. 9.1) zostały wprowadzone przez Lavoisiera. W jego systemie nazwa kwasu tlenowego składała się z dwóch słów, pierwszym z nich był „kwas”. Tworząc drugie słowo, do rdzenia nazwy dodawano końcówkę -owy lub -awy, w celu określenia zawartości tlenu, co – jak dziś wiadomo – jest związane ze stopniem utlenienia atomu centralnego. Niestety, końcówki te nie oznaczają tych samych stopni utlenienia w kwasach pochodzących od różnych pierwiastków. I tak np. kwas siarkawy i siarkowy zawierają siarkę na stopniu utlenienia, odpowiednio, IV i VI, podczas gdy nazwy kwasu chlorawego i chlorowego odnoszą się do III i V stopnia utlenienia chloru.

Poszerzenie tego systemu stało się konieczne, gdy poznano więcej kwasów o analogicznym składzie. Wprowadzono przedrostki pod- (dla bardzo niskich stopni utlenienia) i nad- (dla bardzo wysokich stopni utlenienia). Przedrostka nad- należy mylić z sylabą „nad” w nazwie liganda nadtleno-. Ponadto, stało się niezbędne stosowanie innych przedrostków, takich jak orto-, piro- i meta-, w celu nazywania kwasów różniących się „zawartością wody”.

Nazwy zwyczajowe nie podają szczegółowej informacji o liczbie atomów tlenu lub liczbie atomów wodoru (zarówno kwasowych, jak i niekwasowych). Użycie przedrostków nie zawsze jest konsekwentne, np. pod- jest łączony zarówno z końcówką -awy (kwas podazotawy), jak i z końcówką -owy (kwas podfosforowy). W wypadku kwasów siarki występują dwie klasy kwasów, jedna z rdzeniem „siark” i druga z rdzeniem „tio”. Ponadto, w nomenklaturze podstawnikowej stosuje się jeszcze inne nazwy, jak np. kwas sulfonowy –  $S^{VI}O_3H$  i kwas sulfinowy –  $S^{IV}O_2H$ , wbrew ograniczeniu końcówki „-owy” do wyższych stopni utlenienia.

Jak wspomniano, ważną chemicznie właściwość, jaką jest kwasowość, zależy w znacznym stopniu od rozpuszczalnika, ale nomenklatura zwyczajowa nie uwzględnia tej zależności, stale używając słowa „kwas”. Celem systematycznej nomenklatury koordynacyjnej, przedstawionej w niniejszym rozdziale, jest opis składu i struktury, a nie właściwości chemicznych. W konsekwencji, słowo takie jak „kwas” nie mieści się w tym systemie. Nie ma go więc w omawianej w 9.5 nomenklaturze wodorowej. Uwzględniając jednak powszechną praktykę, zachowano jako alternatywną nomenklaturę kwasową przedstawioną w 9.6. Jest ona tylko częściowo systematyczna. Ponadto, ponieważ jednordzeniowe kwasy tlenowe fosforu i arsenu są bardzo liczne i wykazują wielką różnorodność półsystematycznych nazw,

z których wiele jest wciąż w użyciu, uznano za konieczne ich oddzielne omówienie w 9.9 i 9.10.

## 9.4.2. Zwyczajowe nazwy kwasów i ich anionów

Zaleca się, aby nazwy zwyczajowe ograniczyć do bardzo znanych związków, których nazwy są w użyciu od dawna. We wszystkich pozostałych wypadkach należy stosować nazwy systematyczne. Listę nazw zwyczajowych będących jeszcze w użyciu podano w tab. 9.1. Stosowanie końcówki -awy oraz przedrostków nad-, pod-, orto- i meta- nie jest zalecane przez Komisję PTChem. Podobnie należy unikać nazw anionów pochodzących od tych kwasów.

## 9.5. Nomenklatura wodorowa

### 9.5.1. Tworzenie nazwy

Nazwy systematyczne wyprowadza się, traktując kwasy jako sole (por. rozdz. 8), a ich kwasowe atomy wodoru jako kationy tych soli. Stosuje się nomenklaturę koordynacyjną (rozdz. 10), przy czym nazwy składają się z dwóch słów.

Pierwsze słowo zawiera nazwę anionu utworzoną z czterech części. W pierwszej części zawarte są nazwy wszystkich ligandów, tj. niekwasowych atomów wodoru i ligandów dołączonych do atomu centralnego; są one wymieniane w porządku alfabetycznym. Jeżeli występuje kilka atomów lub grup atomowych tego samego rodzaju, stosuje się przedrostki zwielokrotniające: di-, tri-, tetra-, penta-, hekso- itd. (tab. III). Drugą część stanowi rdzeń pierwiastka będącego atomem centralnym (rdzenie są podane w drugiej kolumnie tab. 9.2)\*. Trzecią część stanowi końcówka -an (-ian) dołączona do rdzenia nazwy atomu centralnego (tab. 9.2, kolumna 3). Część czwartą, podawaną zawsze w nawiasie, stanowi liczba ładunku lub liczba utlenienia. Liczby te są *de facto* zbędne, gdyż przedrostek zwielokrotniający określa liczbę kationów wodorowych i w prostych przypadkach można je pominąć.

Drugie słowo określa kwasowe atomy wodoru, tzn. jest to słowo „wodór” użyte w dopełniaczu i zaopatrzone, jeżeli jest to niezbędne, w przedrostek zwielokrot-

---

\* W języku polskim w niektórych wypadkach rdzeń ulega modyfikacji, np. srebrzan, siarczan (tab. 9.2).

Tabela 9.1. Nazwy popularnych kwasów tlenowych i ich anionów<sup>a</sup>

| <i>Wzór</i>           | <i>Zwyczajowa nazwa kwasu</i>  | <i>Zwyczajowa nazwa anionu</i> | <i>Nomenklatura wodorowa</i>                          | <i>Nomenklatura kwasowa</i>                         |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|---|
| $H_3BO_3$             | kwas borowy                    | boran                          | trioksoboran triwodoru                                | kwas trioksoborowy                                  |
| $(HBO_2)_n$           | kwas metaborowy <sup>b</sup>   | metaboran <sup>b</sup>         | poli[dioksoboran(1–) wodoru]                          | kwas polidioksoborowy                               |
| $H_2B_2(O_2)_2(OH)_4$ | kwas nadborowy <sup>b</sup>    | nadboran <sup>b</sup>          | tetrahydrokso-di- $\mu$ -perokso-diboran(2–) diwodoru | kwas tetrahydrokso-di-( $\mu$ -perokso)diborowy(2–) |
| $H_4SiO_4$            | kwas ortokrzemowy <sup>b</sup> | ortokrzemian <sup>b</sup>      | tetraoksokrzemian tetrawodoru                         | kwas tetraoksokrzemowy                              |
| $(H_2SiO_3)_n$        | kwas metakrzemowy <sup>b</sup> | metakrzemian <sup>b</sup>      | poli(trioksokrzemian diwodoru)                        | kwas politrioksokrzemowy                            |
| $H_2CO_3$             | kwas węglowy                   | węglan                         | trioksowęglan diwodoru                                | kwas trioksowęglowy                                 |
| HOCN                  | kwas cyjanowy <sup>c</sup>     | cyjanian                       | nitrydooksowęglan wodoru                              | kwas nitrydooksowęglowy                             |
| HONC                  | kwas piorunowy                 | piorunian                      | karbidooksoazotan(1–) wodoru                          | kwas karbidooksoazotowy(1–)                         |
| $HNO_3$               | kwas azotowy                   | azotan                         | trioksoazotan(1–) wodoru                              | kwas trioksoazotowy(V)                              |
| $HNO_2$               | kwas azotawy <sup>b</sup>      | azotyn <sup>b</sup>            | dioksoazotan(1–) wodoru                               | kwas dioksoazotowy(III)                             |
| $HPH_2O_2$            | kwas fosfinowy <sup>d</sup>    | fosfinian <sup>d</sup>         | dihydrydodioksofosforan(1–) wodoru                    | kwas dihydrydodioksofosforowy(1–)                   |
| $H_3PO_3$             | kwas fosforawy <sup>b</sup>    | fosforyn <sup>b</sup>          | trioksofosforan(3–) triwodoru                         | kwas trihydrydotrioksofosforowy(2–)                 |
| $(H_2PHO_3)$          | kwas fosfonowy <sup>d</sup>    | fosfonian <sup>d</sup>         | hydrydotrioksofosforan(2–) diwodoru                   | kwas hydrydotrioksofosforowy(2–)                    |

|                           |   |                                       |  |  |
|---------------------------|---|---------------------------------------|--|--|
| $H_3PO_4$                 | kwasy fosforowy<br>kwasy ortofosforowy <sup>b</sup> | fosforan<br>ortofosforan <sup>b</sup> | tetraoksofosforan(3-)<br>triwodoru                 | kwasy tetraoksofosforowy                   |
| $H_4P_2O_7$               | kwasy difosforowy                                   | difosforan <sup>b</sup>               | $\mu$ -okso-heksaokso-difosforan<br>tetrawodoru    | kwasy $\mu$ -okso-heksaokso-difosforowy    |
| $(HPO_3)_n$               | kwasy metafosforowy <sup>b</sup>                    | metafosforan                          | poli[trioksosofosforan(1-)<br>wodoru]              | kwasy politrioksosofosforowy               |
| $(OH)_2OPPO-$<br>$(OH)_2$ | kwasy podfosforowy <sup>b</sup>                     | podfosforan <sup>b</sup>              | heksaokso-difosforan( <i>P—P</i> )(4-) tetrawodoru | kwasy heksaokso-difosforowy                |
| $H_3AsO_4$                | kwasy arsenowy                                      | arsenian                              | tetraoksoarsenian triwodoru                        | kwasy tetraoksoarsenowy                    |
| $H_3AsO_3$                | kwasy arsenawy <sup>b</sup>                         | arsenin <sup>b</sup>                  | trioksarsenian(3-) triwodoru                       | kwasy trioksarsenowy(III)                  |
| $H_2SO_4$                 | kwasy siarkowy                                      | siarczan                              | tetraokso-siarczan diwodoru                        | kwasy tetraokso-siarkowy                   |
| $H_2S_2O_7$               | kwasy disiarkowy                                    | disiarczan                            | $\mu$ -okso-heksaokso-disiarczan<br>diwodoru       | kwasy $\mu$ -okso-heksaokso-disiarkowy(VI) |
| $H_2S_2O_3$               | kwasy tiosiarkowy                                   | tiosiarczan                           | trioksotiosiarczan(2-)<br>diwodoru                 | kwasy trioksotiosiarkowy(2-)               |
| $H_2S_2O_6$               | kwasy ditionowy                                     | ditionian                             | heksaokso-disiarczan( <i>S—S</i> )(2-) diwodoru    | kwasy heksaokso-disiarkowy(2-)             |
| $H_2S_2O_4$               | kwasy ditionawy <sup>b</sup>                        | ditionin <sup>b</sup>                 | tetraokso-disiarczan( <i>S—S</i> )(2-) diwodoru    | kwasy tetraokso-disiarkowy(2-)             |
| $H_2SO_3$                 | kwasy siarkawy <sup>b</sup>                         | siarczyn <sup>b</sup>                 | trioksosiaraczan diwodoru                          | kwasy trioksosiarakowy(IV)                 |
| $H_2CrO_4$                | kwasy chromowy                                      | chromian                              |  | kwasy tetraoksochromowy(VI)                |
| $H_2Cr_2O_7$              | kwasy dichromowy                                    | dichromian                            |  | kwasy $\mu$ -okso-heksaokso-dichromowy(VI) |
| $HClO_4$                  | kwasy nadchlorowy <sup>b</sup>                      | nadchloran <sup>b</sup>               | tetraoksochloran wodoru                            | kwasy tetraoksochlorowy(VII)               |

cd. tab. 9.1

|                          |                                    |                           |                                   |                              |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| $\text{HClO}_3$          | kwask chlorowy                     | chloran                   | trioksochloran wodoru             | kwask trioksochlorowy(V)     |
| $\text{HClO}_2$          | kwask chlorawy <sup>b</sup>        | chloryn <sup>b</sup>      | dioksochloran wodoru              | kwask dioksochlorowy(III)    |
| $\text{HClO}$            | kwask podchlorawy <sup>b</sup>     | podchloryn <sup>b</sup>   | oksochloran(1-) wodoru            | kwask oksochlorowy(I)        |
| $\text{HIO}_4$           | kwask nadjodowy <sup>b</sup>       | nadjodan <sup>b</sup>     | tetraoksojodan wodoru             | kwask tetraoksojodowy(VII)   |
| $\text{HIO}_3$           | kwask jodowy                       | jodan                     | trioksojodan wodoru               | kwask trioksojodowy(V)       |
| $\text{H}_5\text{IO}_6$  | kwask ortojodowy <sup>b</sup>      | ortojodan <sup>b</sup>    | heksaoksojodan(5-)<br>pentawodoru | kwask heksaoksojodowy(5-)    |
| $\text{HMnO}_4$          | kwask nadmanganianowy <sup>b</sup> | nadmanganian <sup>b</sup> |                                   | kwask tetraoksomanganowy(1-) |
| $\text{H}_2\text{MnO}_4$ | kwask manganowy                    | manganian                 |                                   | kwask tetraoksomanganowy(2-) |

<sup>a</sup> Występowanie nazwy „kwask” w powyższym zestawieniu niekoniecznie oznacza, że dany związek został wyizolowany. Na przykład kwask nadborowy nie został dotąd otrzymany, lecz nadborowy są dobrze znane. Zarówno kwask nadborowy, jak i nadborowy wymieniono dla zilustrowania metody nomenklatury.

<sup>b</sup> Nazwa nie zalecana przez Komisję PTChem (por. 9.4.1 i 9.4.2).

<sup>c</sup> Kwask izocyjanowy ma wzór  $\text{HNCO}$ ; nie jest on kwasem tlenowym, ponieważ wodór nie jest w nim związany bezpośrednio z atomem tlenu.

<sup>d</sup> Nazwa stosowana głównie w chemii organicznej.

niający. W wypadku kwasów tlenowych wywodzących się z metali przejściowych nie stosuje się nazw „wodorowych” (tab. 9.1).

Tabela 9.2. Nazwy anionów kwasów tlenowych

| <i>Nazwa pierwiastka</i> | <i>Rdzeń</i> | <i>Nazwa anionu</i> |
|--------------------------|--------------|---------------------|
| aktyn                    | aktyn-       | aktynian            |
| antymon                  | antymon-     | antymonian          |
| arsen                    | arsen-       | arsenian            |
| azot                     | azot-        | azotan              |
| beryl                    | beryl-       | berylan             |
| bizmut                   | bizmut-      | bizmutan            |
| bor                      | bor-         | boran               |
| brom                     | brom-        | bromian             |
| cer                      | cer-         | ceran               |
| chlor                    | chlor-       | chloran             |
| chrom                    | chrom-       | chromian            |
| cyna                     | cyn-         | cynian              |
| cynk                     | cynk-        | cynkan              |
| cyrkon                   | cyrkon-      | cyrkonian           |
| fosfor                   | fosfor-      | fosforan            |
| gal                      | gal-         | galan               |
| german                   | german-      | germanian           |
| glin                     | glin-        | glinian             |
| hafn                     | hafn-        | hafnian             |
| ind                      | ind-         | indan               |
| iryd                     | iryd-        | irydan              |
| jod                      | jod-         | jodan               |
| kadm                     | kadm-        | kadmian             |
| kobalt                   | kobalt-      | kobaltan            |
| krzem                    | krzem-       | krzemian            |
| ksenon                   | ksenon-      | ksenonian           |
| mangan                   | mangan-      | manganian           |
| miedź                    | miedz-       | miedzian            |
| molibden                 | molibden-    | molibdenian         |
| nikiel                   | nikl-        | niklan              |
| niob                     | niob-        | nioban              |
| ołów                     | ołow-        | ołowian             |
| osm                      | osm-         | osmian              |
| pallad                   | pallad-      | palladan            |
| platyna                  | platyn-      | platynian           |
| rad                      | rad-         | radan               |

cd. tab. 9.2

| <i>Nazwa pierwiastka</i> | <i>Rdzeń</i> | <i>Nazwa anionu</i> |
|--------------------------|--------------|---------------------|
| ren                      | ren-         | renian              |
| rod                      | rod-         | rodan               |
| rtęć                     | rtęc-        | rtęcian             |
| ruten                    | ruten-       | rutenian            |
| selen                    | selen-       | selenian            |
| siarka                   | siarcz-      | siarczan            |
| skand                    | skand-       | skandan             |
| srebro                   | srebrz-      | srebrzan            |
| tal                      | tal-         | talan               |
| tantal                   | tantal-      | tantalan            |
| technet                  | technet-     | technetan           |
| tellur                   | tellur-      | telluran            |
| tor                      | tor-         | toran               |
| tytan                    | tytan-       | tytanian            |
| uran                     | uran-        | urania              |
| wanad                    | wanad-       | wanadan             |
| węgiel                   | węgl-        | węglan              |
| wolfram                  | wolfram-     | wolframian          |
| złoto                    | złoc-        | złocian             |
| żelazo                   | żelaz-       | żelazian            |

W ten sposób można utworzyć kilka poprawnych nazw, tak jak w przykładzie 1. W dalszych przykładach podano tylko jedną nazwę.

*Przykłady:*

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. $\text{H}_2\text{SO}_4$ | tetraoksosiarczan(2-) wodoru<br>lub tetraoksosiarczan(VI) wodoru,<br>lub tetraoksosiarczan diwodoru |
| 2. $\text{H}_2\text{SO}_3$ | trioksosiarczan diwodoru  |
| 3. $\text{HClO}_4$         | tetraoksochloran(1-) wodoru   |
| 4. $\text{HClO}_3$         | trioksochloran(V) wodoru  |
| 5. $\text{HClO}_2$         | dioksochloran(1-) wodoru  |
| 6. $\text{HClO}$           | monooksochloran wodoru ( <sup>9b</sup> )  |
| 7. $\text{H}_5\text{IO}_6$ | heksaoksojodan(5-) pentawodoru  |
| 8. $\text{H}_2\text{SO}_2$ | dioksosiarczan diwodoru   |

## 9.5.2. Pochodne uzyskane formalnie przez podstawienie atomów tlenu

### 9.5.2.1. Kwasy nadtlenowe

W związkach tych grupa  $-OO-$  zastępuje atom tlenu. Może ona być mostkiem lub końcowym ligandem i nosi nazwę „perokso”.

*Przykłady:*

- |              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| 1. $HNO_4$   | dioksoperoksoazotan(1-) wodoru    |
| 2. $H_2SO_5$ | trioksoperoksosiarczan(2-) wodoru |
| 3. $H_3PO_5$ | trioksoperoksofosforan(3-) wodoru |

### 9.5.2.2. Tiokwasy

Kwasy wywodzące się z kwasów tlenowych przez zastąpienie atomów tlenu atomami siarki zwane są tiokwasami. W związkach tych siarkę nazywa się „tio”.

*Przykłady:*

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. $H_2SO_3S$ | trioksotiosiarczan(2-) wodoru<br>zwykle zapisywany jako $(H_2S_2O_3)$ |
| 2. $H_3AsS_3$ | tritioarsenian(3-) wodoru   |
| 3. $H_3AsS_4$ | tetratioarsenian(3-) wodoru   |
| 4. $H_2CS_3$  | tritiowęglan diwodoru   |

### 9.5.2.3. Zastąpienie tlenu innymi grupami

Kwasy otrzymane przez całkowite zastąpienie wszystkich atomów tlenu mają nazwy utworzone zgodnie z zasadami podanymi w rozdz. 10.

*Przykłady:*

- |                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1. $H[PF_6]$        | heksafluorofosforan(1-) wodoru      |
| 2. $H[AuCl_4]$      | tetrachlorozłocian(1-) wodoru       |
| 3. $H_2[PtCl_4]$    | tetrachloroplatynian(2-) diwodoru   |
| 4. $H_4[Fe(CN)_6]$  | heksacyjanożelazian(4-) tetrawodoru |
| 5. $H[B(C_6H_5)_4]$ | tetrafenyloboran(1-) wodoru         |

## 9.5.3. Pochodne kwasów zawierające grupy funkcyjne

### 9.5.3.1. Podstawy stosowanej nomenklatury

Pochodne kwasów otrzymuje się przez formalne zastąpienie grupy OH inną grupą. Nazwy tworzy się zgodnie z nomenklaturą koordynacyjną.

### 9.5.3.2. Halogenki kwasowe

Jeżeli związek zawiera kwasowy atom wodoru, to fluorowec i pozostałe atomy tlenu nazywa się tak jak ligandy i stosuje się nomenklaturę typową dla kwasów.

*Przykład:*

1.  $\text{HSO}_3\text{Cl}$  chlorotrioksosiarczan wodoru

Jeżeli brak jest kwasowych atomów wodoru, związek nie jest kwasem i nazwę można utworzyć przy użyciu nomenklatury koordynacyjnej. Może być też użyta nazwa zwyczajowa, wykorzystująca grupy rodnikowe macierzystego kwasu, takie jak fosforyl (PO), sulfuryl ( $\text{SO}_2$ ) i tionyl (SO). Omówienie nazw tych grup podano w 8.4.2.2. Z dwóch powyższych procedur, preferowana jest nomenklatura koordynacyjna.

*Przykłady:*

1.  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  dichlorodioksosiarka lub dichlorek sulfurylu
2.  $\text{POCl}_3$  trichlorooksofosfor lub trichlorek fosforylu

Jeżeli związek wywodzi się z metalu przejściowego, a nie zawiera kwasowych atomów wodoru, można go nazwać jak tlenohalogenek (zob. 8.5.4). Również i wtedy preferowana jest nazwa koordynacyjna.

*Przykład:*

4.  $\text{MoCl}_2\text{O}_2$  dichlorodioksomolibden lub dichlorek ditlenek molibdenu

### 9.5.3.3. Bezwodniki kwasowe

Bezwodnikom całkowicie odwodnionych kwasów nieorganicznych nadaje się nazwy tlenków, a nazwy „bezwodnik” nie powinno się stosować.

*Przykład:*

1.  $\text{N}_2\text{O}_5$  pentatlenek diazotu (a nie bezwodnik azotowy lub bezwodnik kwasu azotowego)

### 9.5.3.4. Estry

Nomenklatura estrów nie jest w pełni zgodna z zasadami podanymi powyżej, ponieważ uważa się je za związki organiczne, do których stosuje się odpowiednie zalecenia zawarte w [21]. Należy zwrócić szczególną uwagę na kolejność podawania nazw (organiczne grupy podstawnikowe występują na końcu nazwy), zachowanie odstępów pomiędzy nazwą anionu i nazwą grupową oraz brak odstępów pomiędzy słowem „wodoro” i nazwą anionu. W przykładach podanych poniżej w pierwszej

kolejności wymieniane są nazwy koordynacyjne. Nazwy zgodne z nomenklaturą organiczną są podawane jako ostatnie.

*Przykłady:*

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. $\text{SO}_2(\text{OCH}_3)_2$ | dimetoksodioksosiarka, siarczan dimetylu   |
| 2. $\text{P}(\text{OCH}_3)_3$    | trimetoksofosfor, trioksofosforan trimetylu<br>lub fosforan(III) trimetylu                     |
| 3. $\text{HOSO}_2\text{OCH}_3$   | metoksotrioksosiarczan wodoru,<br>tetraoksowodorosiarczan metylu<br>lub siarczan metylu wodoru |

### 9.5.3.5. Amidy

Nazwy tych związków tworzy się przy użyciu zasad nomenklatury koordynacyjnej. Anion  $\text{NH}_2^-$  występujący jako ligand zwany jest „amido”.

*Przykład:*

- |                               |                             |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. $\text{HOSO}_2\text{NH}_2$ | amidotrioksosiarczan wodoru |
|-------------------------------|-----------------------------|

Nazwę tę przedkłada się nad takie nazwy, jak kwas sulfamidowy (patrz reguła C-661 w [37]). Nie zaleca się stosowania nazw skróconych, takich jak sulfamid, chociaż ich znaczenie dla chemii leków jest dobrze znane. Jeżeli związek nie zawiera kwasowego atomu wodoru, słowo „kwas” w nazwie zwyczajowej jest zastępowane słowem „amid”. Istnieją również nazwy oparte na rodnikach, analogiczne do tych, które stosuje się do halogenków (9.5.3.2). Również i wtedy preferuje się nazwę koordynacyjną.

*Przykład:*

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 2. $\text{SO}_2(\text{NH}_2)_2$ | diamidodioksosiarka, diamid kwasu siarkowego(VI)<br>lub diamid sulfurylu |
|---------------------------------|--|

## 9.6. Nomenklatura kwasowa

System nomenklatury podany poniżej powinno się stosować tylko do kwasów tlenowych wymienionych w kolumnie „nomenklatura kwasowa” tab. 9.1. Nazwy w tym systemie składają się z dwóch słów, z których pierwszym jest „kwas”. Drugie słowo ma cztery składniki: pierwszy z nich opisuje ligandy dołączone do atomu centralnego przy założeniu, że kwasowy atom wodoru jest całkowicie zjonizowany, drugi jest rdzeniem nazwy pierwiastka będącego atomem centralnym (tab. 9.2,

kolumna 2); trzecim jest końcówka -owy; a czwarty, który nie zawsze jest potrzebny i czasem trudny do zdefiniowania, stanowi liczba utlenienia.

*Przykłady:*

1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kwas tetraksoosiarkowy
2.  $\text{HClO}_3$  kwas trioksochlorowy(V)
3.  $\text{HClO}_4$  kwas tetraksochlorowy(VII)
4.  $\text{HMnO}_4$  kwas tetrakso manganowy(VII)
5.  $\text{H}_2\text{MnO}_4$  kwas tetrakso manganowy(VI)

System ten nie wskazuje liczby kwasowych atomów wodoru i powinien być ograniczony do przykładów podanych w tab. 9.1. Poza tymi przykładami, dopuszczonymi ze względu na ich powszechne stosowanie, kwasy tlenowe wywodzące się z metali przejściowych powinny być nazywane jako związki hydroksookso metalu.

*Przykład:*

6.  $[\text{HReO}_4]$  hydroksotrioksoren(VII)

Nazwy anionów wyprowadza się łatwo z nomenklatury koordynacyjnej.

*Przykład:*

7.  $[\text{ReO}_4]^-$  tetraksorenian(VII)

## 9.7. Kwasy wielordzeniowe

### 9.7.1. Kwasy wielordzeniowe nie zawierające bezpośrednich wiązań między atomami centralnymi

Kwasy wielordzeniowe powinno się nazywać przy użyciu reguł stosowanych dla związków koordynacyjnych. Wyjątki od tej zasady, wyszczególnione poniżej, są dozwolone jedynie ze względu na ustaloną tradycyjną praktykę.

Liczba atomów centralnych jest oznaczana za pomocą przedrostków di-, tri- itd. (tab. III) dotyczących nazw zestawionych w tab. 9.2. Gdy cząsteczka zawiera więcej niż jedną dużą jednostkę danego rodzaju, zastosowanie przedrostków bis-, tris- itd. (tab. III) pozwala utworzyć prostszą nazwę. Ze względu na złożoność opisywanych kwasów, konieczne jest podanie liczby kwasowych atomów wodoru. Ligandy anionowe wymienia się alfabetycznie. Mostki utworzone z atomów lub grup atomowych między dwoma atomami centralnymi wymienia się jak inne ligandy w porządku alfabetycznym. Gdy mostek i zwykły ligand mają tę samą nazwę, wówczas

najpierw wymienia się ligand mostkowy. Nazwy mostków są poprzedzone przez deskryptor  $\mu$  i oddzielone od reszty nazwy łącznikiem. Dwie lub więcej identycznych grup mostkowych oznacza się di- $\mu$ -, tri- $\mu$ - itd. (por. rozdz. 2 i 10).

*Przykłady:*

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. $H_4P_2O_7$                   | $\mu$ -okso-heksaoksodifosforan(4-)<br>tetrawodoru lub<br>$\mu$ -okso-bis(trioksofosforan)(4-)<br>tetrawodoru  |
| 2. $H_2S_2O_8$                   | $\mu$ -perokso-heksaoksodisiarczan(2-)<br>diwodoru lub<br>$\mu$ -perokso-bis(trioksosiaraczan)(2-)<br>diwodoru |
| 3. $H_2S_4O_6$                   | $\mu$ -disulfido-bis(trioksosiaraczan)(2-)<br>diwodoru   |
| 4. $H_2[(O_2)_2OCrOOCrO(O_2)_2]$ | $\mu$ -perokso-bis(oksodiperoksochromian)(2-) diwodoru   |

### 9.7.2. Kwasy wielordzeniowe zawierające bezpośrednie wiązania między atomami centralnymi

Gdy dwa atomy centralne są związane bezpośrednio, obecność tego wiązania można zaznaczyć na końcu nazwy, przed formalnym ładunkiem jonowym podając w nawiasie kursywą symbole dwu atomów centralnych oddzielone długą kreską (porównaj związki koordynacyjne z wiązaniem metal – metal).

*Przykłady:*

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. $H_2S_2O_6$        | heksaoksodisiarczan( <i>S—S</i> )(2-) diwodoru    |
| 2. $(HO)_2OPPO(OH)_2$ | heksaoksodifosforan( <i>P—P</i> )(4-) tetrawodoru |

### 9.7.3. Izopolikwasy (homopolikwasy)

Związki te są na ogół klasyfikowane w literaturze jako izopolikwasy, lecz właściwsza jest nazwa homopolikwasy, gdyż grecki rdzeń „homo” oznacza „ten sam” (będąc przeciwieństwem „hetero”, co oznacza „różny”), podczas gdy rdzeń „izo” oznacza „równy”. Szczegółowe zasady nomenklatury tych związków zostały opublikowane gdzie indziej [27]. Poniżej omówiono tylko proste przypadki. Nazwy

stechiometryczne można łatwo utworzyć przy zastosowaniu nomenklatury wodorowej (9.5).

*Przykład:*

1.  $H_2Mo_6O_{19}$  nonadekaoksoheksamolibdenian(2–) diwodoru

Dopuszcza się nadawanie skróconych nazw polioksokwasom otrzymanym formalnie przez kondensację (z wydzieleniem wody) jednordzeniowego kwasu tlenowego, o ile atom centralny wyjściowego kwasu jest na najwyższym stopniu utlenienia, np. VI dla siarki. Nazwy tworzy się przez wskazanie liczby atomów pierwiastka centralnego za pomocą przedrostków zwielokrotniających. Liczby atomów tlenu nie trzeba podawać.

*Przykłady:*

2.  $H_2S_2O_7$  kwas disiarkowy lub disiarczan diwodoru  
 3.  $H_2Mo_6O_{19}$  heksamolibdenian diwodoru  
 4.  $H_6Mo_7O_{24}$  heptamolibdenian heksawodoru

Struktury pierścieniowe i łańcuchowe można rozróżniać za pomocą przedrostków *cyklo-* i *katena-* napisanych kursywą, chociaż ten ostatni z przedrostków zwykle się pomija (jak w przykładzie 5).

*Przykłady:*

5.  $H_5P_3O_{10}$  trifosforan pentawodoru  
 6.  $H_3P_3O_9$  *cyklo*-trifosforan triwodoru  
 7.  $H_3B_3O_6$  *cyklo*-tri- $\mu$ -okso-tris(oksoboran) triwodoru

Aby nazwać proste liniowe izopolikwasy (homopolikwasy), w których atom tlenu jest zastąpiony innym ligandem, konieczne jest użycie lokantów. Atomy centralne numeruje się poczynając od jednego końca łańcucha w taki sposób, aby atomy związane z podstawnikami uzyskały możliwie najmniejsze lokanty. Taka zasada jest od dawna przyjęta w nomenklaturze organicznej.

*Przykłady:*

8.  $H_5P_3O_9S$  di- $\mu$ -okso-heptaokso-1-tiotrifosforan(5–) pentawodoru  
 9.  $H_5P_3O_8S_2$  di- $\mu$ -okso-heksaokso-1,2-diotrifosforan(5–) pentawodoru  
 10.  $H_4P_3O_9NH_2$  1-amido-di- $\mu$ -okso-heptaoksotrifosforan(4–) tetrawodoru  
 11.  $H_6P_4O_{12}(NH)$  1,2- $\mu$ -imido-di- $\mu$ -okso-dekaoksotetrafosforan(6–) heksawodoru

Przykłady bardziej złożonych struktur są omówione w [27].

#### 9.7.4. Heteropolikwasy

Szczegółowe zasady nomenklatury tych związków zostały opublikowane gdzie indziej [27]. Poniższe omówienie dotyczy tylko prostych przypadków. Nazwy są tworzone przy użyciu nomenklatury koordynacyjnej (rozdz. 10). Tak więc nazwy atomów centralnych z końcówką -an (-ian) i z ewentualną zmianą rdzenia (por. tab. 9.2) podaje się w formie anionowej w nawiasach, bez spacji, w porządku alfabetycznym, traktując anion pierwszy w kolejności jako ligand drugiego anionu.

*Przykład:*



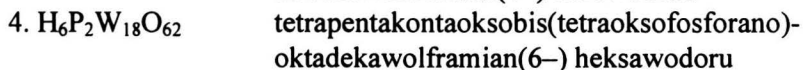
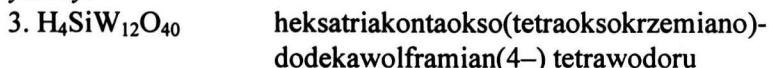
Gdy jeden z atomów centralnych jest atomem metalu przejściowego, a drugi nim nie jest, wówczas ten ostatni jest traktowany jako ligand pierwszego.

*Przykład:*



W bardziej złożonych heteropolikwasach, zawierających wiele atomów centralnych, heteroatomy te są otoczone tetraedrycznie lub oktaedrycznie przez atomy tlenu. Gdy nie jest znana struktura, a heteroatom jest pierwiastkiem grupy głównej układu okresowego, to heteroatom i jego sfera koordynacyjna utworzona z atomów tlenu są traktowane jak ligand, tak jak w podanym powyżej przykładzie 2 dotyczącym kwasu dwurdzeniowego.

*Przykłady:*



Pewnych nazw półsystematycznych używa się nadal ze względu na ustaloną tradycję. Dotyczy to przypadku, gdy wszystkie atomy centralne są takie same, ligandami są tylko atomy tlenu, występuje tylko jeden rodzaj heteroatomu, a atomy centralne wykazują najwyższy stopień utlenienia wynikający z ich położenia w układzie okresowym. Tak utworzone nazwy dla atomów grup głównych stosowane w heteropolikwasach przedstawiono poniżej.

|   |         |    |        |    |         |
|---|---------|----|--------|----|---------|
| B | boro    | Si | krzemo | Ge | germano |
| P | fosforo | As | arseno |    |         |

*Przykłady:*

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| 5. $H_4SiW_{12}O_{40}$  | krzemododekawolframian tetrawodoru      |
| 6. $H_6P_2W_{18}O_{62}$ | difosforooktadekawolframian heksawodoru |

## 9.8. Jony pochodzące od kwasów tlenowych

### 9.8.1. Aniony

Opisane uprzednio nazwy wyprowadzone według nomenklatury wodorowej (9.5) składają się z dwóch części, z których pierwsza jest nazwą anionu (tab. 9.2). Można ją stosować oddzielnie do przedstawienia samego anionu.

*Przykłady:*

- |                 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| 1. $H_2SO_4$    | tetraoksosiarczan(2-) diwodoru |
| $SO_4^{2-}$     | tetraoksosiarczan(2-)          |
| 2. $H_2[OsO_4]$ | tetraoksoosmian(2-) diwodoru   |
| $[OsO_4]^{2-}$  | tetraoksoosmian(2-)            |

Jeżeli nie wszystkie kwasowe atomy wodoru zostają usunięte, jak ma to miejsce w solach „kwaśnych”, to słowo „wodoro”, wraz z niezbędnym przedrostkiem wielokrotniającym, zostaje dołączone do nazwy anionu i odpowiednio zostaje zmieniona liczba ładunku.

*Przykład:*

- |              |  |
|--------------|--|
| 3. $HSO_4^-$ | wodorotetraoksosiarczan(1-) lub<br>monowodorotetraoksosiarczan |
|--------------|--|

Nazwy zwyczajowe zestawiono w tab. 9.1. W nazwach anionów zalecanych przez Komisję PTCh końcówka -owy w nazwie kwasu zmienia się na -an (-ian) w nazwie anionu.

*Przykłady:*

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 4. $H_2SO_4$ | kwas siarkowy(VI) |
| $SO_4^{2-}$  | siarczan(VI)      |
| 5. $H_2SO_3$ | kwas siarkowy(IV) |
| $SO_3^{2-}$  | siarczan(IV)      |

- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 6. $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$ | kwas heksaoksodisiarkowy( $S-S$ )(2-) |
| $\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$         | heksaoksodisiarczan( $S-S$ )(2-)      |
| 7. $\text{HIO}_3$                   | kwas jodowy(V)                        |
| $\text{IO}_3^-$                     | jodan(V)                              |

Dalszy ciąg omówienia znajduje się w 8.3.3.8.

## 9.8.2. Kationy

Omawiane kationy otrzymuje się formalnie przez dodanie jednego lub więcej kationów wodorowych (hydronów) do obojętnej cząsteczki kwasu (por. 8.2.3.5).

*Przykłady:*

1.  $(\text{H}_3\text{SO}_4)^+$  kation trihydroksooksosiarki(VI)
2.  $(\text{H}_2\text{NO}_3)^+$  kation dihydroksooksoazotu(V)

Nie zaleca się szerszego stosowania nazw wywodzących się z nomenklatury związków organicznych, opartych na słowie „acidium”, np. „acidium etanowe” dla  $(\text{CH}_3\text{COH}_2)^+$  (por. reguła C-82 w [37]), ze względu na mogące pojawić się trudności w przekładzie tych nazw na języki inne niż angielski.

## 9.9. Szczególny przypadek jednordzeniowych kwasów tlenowych fosforu i arsenu

### 9.9.1. Uwagi ogólne

Tlenowe kwasy fosforu mają wiele pochodnych, które często są zaliczane do związków organicznych. Choć systemy nomenklatury tych związków opisano szczegółowo w [37], niniejszy rozdział, traktujący o nomenklaturze nieorganicznych kwasów tlenowych, nie byłby kompletny bez opisu podstawowych zasad tworzenia nazw takich kwasów. Obecnie stosuje się w tym celu nomenklaturę podstawnikową, nomenklaturę zamienną wykorzystującą wrostki i przedrostki oraz nomenklaturę koordynacyjną. Zostaną one opisane pokrótce dalej.

### 9.9.2. Nomenklatura podstawnikowa

Nomenklatura podstawnikowa jest podstawowym systemem stosowanym w chemii organicznej i jest opisana szczegółowo w [21, 37]. Przy tworzeniu nazwy tą metodą związek traktuje się tak, jakby był on otrzymany przez podstawienie atomów wodoru związku macierzystego, na ogół wodoru, innymi grupami (podstawnikami). W chemii organicznej macierzyste wodorki są zwykle węglowodorami lub związkami heterocyklicznymi. Macierzystymi związkami fosforu i arsenu są ich wodorki, a jednordzeniowymi macierzystymi kwasami są kwasy fosforowe i arsenowe zawierające P i As na III i I stopniu utlenienia, nazywane w nomenklaturze organicznej: kwas fosfonowy  $\text{HPO}(\text{OH})_2$ , kwas fosfinowy  $\text{H}_2\text{PO}(\text{OH})$ , kwas arsonowy  $\text{HAsO}(\text{OH})_2$  i kwas arsenowy  $\text{H}_2\text{AsO}(\text{OH})$ . Podobne nazwy są stosowane dla kwasów arsenu(III) i fosforu(III) (9.10.1). Grupy lub atomy elektroujemne, takie jak Cl, formalnie zastępują raczej OH niż H i dlatego  $\text{HPO}(\text{Cl})(\text{OH})$  jest uważany za pochodną kwasu fosfonowego, a nie kwasu fosfinowego. Związki te omówiono szerzej w rozdziałach D-5.5 i D-5.6 w [21].

*Przykłady:*

1.  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{PO}(\text{OH})$  kwas difenylofosfinowy
2.  $(\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4)\text{AsO}(\text{OH})_2$  kwas (aminofenyl)arsonowy

### 9.9.3. Nomenklatura zamienna oparta na stosowaniu wrostków i przedrostków

Ten system nomenklatury może być zastosowany do jednordzeniowych kwasów tlenowych fosforu i arsenu oraz ich anionów, w których zastąpiono tlen lub grupę hydroksylową. Niektóre ze stosowanych wrostków zestawiono poniżej (zob. również [21]).

| <i>Wrostek</i> | <i>Atom lub grupa zastępująca</i> | <i>Atom lub grupa zastępowana</i> |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| -perokso-      | $-\text{OO}-$                     | $-\text{O}-$                      |
| -tio-          | $=\text{S}, -\text{S}-$           | $=\text{O}, -\text{O}-$           |
| -seleno-       | $=\text{Se}, -\text{Se}-$         | $=\text{O}, -\text{O}-$           |
| -telluro-      | $=\text{Te}, -\text{Te}-$         | $=\text{O}, -\text{O}-$           |
| -amido-        | $-\text{NH}_2$                    | $-\text{OH}$                      |
| -imido-        | $=\text{NH}$                      | $=\text{O}$                       |
| -nitydo-       | $\equiv\text{N}$                  | $=\text{O}$ i $-\text{OH}$        |
| -fluorido-     | $-\text{F}$                       | $-\text{OH}$                      |

|            |                 |     |
|------------|-----------------|-----|
| -chlorido- | -Cl             | -OH |
| -bromido-  | -Br             | -OH |
| -azydo-    | -N <sub>3</sub> | -OH |
| -jodido-   | -I              | -OH |
| -cyjanido- | -CN             | -OH |

Odpowiedni wrostek wstawiany jest przed przyrostkiem -owy w nazwie macierzystego kwasu lub -an (-ian) w nazwie macierzystego anionu, a nazwa macierzystego kwasu jest modyfikowana jak podano dalej. Gdy konieczne jest użycie więcej niż jednego wrostka, podaje się je w kolejności alfabetycznej, przy czym obecność przedrostków zwielokrotniających nie ma wpływu na to uporządkowanie.

|                |                                |          |
|----------------|--------------------------------|----------|
| kwas fosfinowy | H <sub>2</sub> PO(OH)          | fosfino- |
| kwas fosfonowy | HPO(OH) <sub>2</sub>           | fosfono- |
| kwas fosforowy | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | fosforo- |

Podobnie tworzy się wrostki z nazw kwasów arsenu.

*Przykład:*

1. (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>PS(SH) kwas dietylofosfinoditiowy

Używając przedrostków można również zaznaczyć zastąpienie atomu tlenu lub grupy hydroksylowej w kwasie tlenowym fosforu(V) lub arsenu(V).

| <i>Wrostek</i> | <i>Atom lub grupa zastępująca</i> | <i>Atom lub grupa zastępowana</i> |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| tio-           | =S                                | =O                                |
| amido-         | -NH <sub>2</sub>                  | -OH                               |
| fluoro-        | -F                                | -OH                               |
| chloro-        | -Cl                               | -OH                               |
| bromo-         | -Br                               | -OH                               |
| jodo-          | -I                                | -OH                               |
| imido-         | =NH                               | =O                                |

Przy kilku przedrostkach lub wrostkach stosuje się porządek alfabetyczny.

*Przykłady:*

- H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>S kwas tiofosforowy
- (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>P(NH)(OH) kwas difenylimidofosfinowy

Alternatywne podejście do nazewnictwa tych związków stanowi użycie konwencji λ [36].

### 9.9.4. Nomenklatura koordynacyjna

Wszystkie omawiane związki można nazywać zgodnie z nomenklaturą koordynacyjną, traktując fosfor i arsen (a także antymon i bizmut) jako atomy centralne.

*Przykłady:*

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1. $\text{H}[\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{S}_2]$ | dietyloditiofosforan(V) wodoru |
| 2. $[\text{PO}(\text{OCH}_3)_3]$                          | trimetoksooksofosfor           |

## 9.10. Nazwy kwasów tlenowych fosforu lub arsenu i ich pochodnych

### 9.10.1. Związki z liczbą koordynacyjną 3, które mogą być uważane za kwasy tlenowe lub ich pochodne

Związki z liczbą koordynacyjną 3 można nazwać na trzy sposoby. Można stosować nomenklaturę koordynacyjną przy założeniu, że fosfor, arsen, antymon lub bizmut są atomami centralnymi (a). Alternatywnie mogą być one traktowane jako pochodne macierzystych kwasów, których nazwy zgodne z nomenklaturą organiczną zestawiono poniżej (b).

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| $\text{H}_2\text{P}(\text{OH})$  | kwas fosfinawy |
| $\text{HP}(\text{OH})_2$         | kwas fosfonawy |
| $\text{P}(\text{OH})_3$          | kwas fosforawy |
| $\text{H}_2\text{As}(\text{OH})$ | kwas arsynawy  |
| $\text{HAs}(\text{OH})_2$        | kwas arsonawy  |
| $\text{As}(\text{OH})_3$         | kwas arsenawy  |

Można je również uważać za wynik podstawienia wodorków  $\text{MH}_3$  ( $\text{M} = \text{P}, \text{As}, \text{Sb}$  lub  $\text{Bi}$ ) (c).

Przykłady 1–3 ilustrują podane trzy sposoby tworzenia nazw.

*Przykłady:*

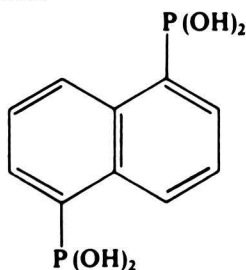
- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1. $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}(\text{OCH}_3)$ | a | difenylometoksofosfor(III)                |
|   | b | difenylfosfinin metylu                    |
|   | c | difenylometoksyfosfan ( <sup>9c</sup> )   |
| 2. $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}(\text{OH})_2$  | a | fenyloldihydroksofosfor(III)              |
|   | b | kwas fenylofosfonawy                      |
|   | c | fenyloldihydroksyfosfan ( <sup>9c</sup> ) |

3.  $P(OCH_3)_3$
- a trimetoksofosfor(III)
  - b fosforyn trimetylu
  - c trimetoksyfosfan (<sup>9c</sup>)

Związki organiczne zawierające jako grupę główną więcej niż jedną grupę kwasową z atomem fosforu(III) lub arsenu(III) można nazywać jak pochodne macierzystego kwasu podstawionego grupą wielowartościową (b). Warianty (a) i (c) w przykładzie 4 stosują nomenklaturę koordynacyjną i podstawnikową, jak opisano wyżej. Pochodne tych kwasów są nazywane przy stosowaniu tych samych zasad.

Przykład:

4.



- a  $\mu$ -1,5-naftylenobis[dihydroksofosfor(III)]
- b 1,5-naftylenobis(kwas fosfonawy)
- c  $P,P,P',P'$ -tetrahydrokso-1,5-naftylenobis(fosfan) (<sup>9c</sup>)

### 9.10.2. Kwasy tlenowe pięciowartościowego fosforu (lub arsenu) zawierające węgiel bezpośrednio związany z fosforem

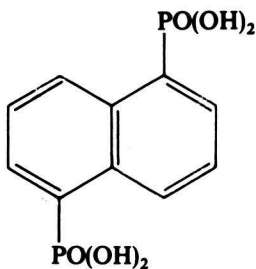
Związki takie nazywa się tak jak podstawione pochodne następujących kwasów macierzystych, które zgodnie z nomenklaturą organiczną noszą nazwy:

|              |                |
|--------------|----------------|
| $HPO(OH)_2$  | kwas fosfonowy |
| $H_2PO(OH)$  | kwas fosfinowy |
| $HAsO(OH)_2$ | kwas arsonowy  |
| $H_2AsO(OH)$ | kwas arsynowy  |

Przykłady:

1.  $(C_6H_5)_2PO(OH)$  kwas difenylofosfinowy

2.



1,5-naftylenobis(kwas fosfonowy)

Reguły pierwszeństwa w nomenklaturze organicznej (reguła C-0.2 w [37]) mogą stwarzać konieczność traktowania kwasu tlenowego jako podstawnika w cząsteczce organicznej. Jest on wtedy oznaczany za pomocą jednego z następujących przedrostków.

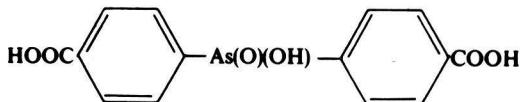
|                           |            |
|---------------------------|------------|
| $-\text{PO}(\text{OH})_2$ | fosfeno    |
| $=\text{PO}(\text{OH})$   | fosfino    |
| $-\text{PO}_3^{2-}$       | fosfoniano |
| $=\text{PO}_2^-$          | fosfiniano |

Nazwy analogicznych związków arsenu są podobne.

*Przykłady:*

3.  $(\text{HO})_2\text{OPCH}_2\text{COOH}$  kwas fosfonoctowy

4.



kwas 4,4'-arsynobis(benzoesowy)

5.  $[\text{O}_3\text{P}(\text{C}_6\text{H}_4\text{COO})]^{3-}$  2-fosfonianobenzoesan

Pochodne kwasów zestawionych na początku 9.10.2, w których atomy tlenu i/lub grupy hydroksylowe są zastąpione innymi grupami, można nazywać na jeden z następujących sposobów:

- stosując nomenklaturę koordynacyjną,
- uznając je za pochodne podstawionych kwasów nazywanych zgodnie z nomenklaturą podstawnikową (9.5),
- stosując nomenklaturę zamienną wykorzystującą wrostki i przedrostki (por. 9.9.3).



### 9.10.3. Pochodne kwasów tlenowych zawierające pięciowartościowy fosfor lub arsen

We wszystkich podanych poniżej przypadkach zaznaczono ogólny sposób nazywania związków. Litery a, b i c dotyczą nazw otrzymanych metodami przedstawionymi w 9.10.2.

**Estry.** Końcówka -owy w nazwie kwasu jest zamieniana na -an i nazwę estru uzupełnia się przez podanie nazw zawartych w nim grup organicznych.

*Przykłady:*

- |   |     |                                     |
|---|-----|-------------------------------------|
| 1. $\text{PO}(\text{OCH}_3)_3$  | a   | trimetoksooksofosfor(V)             |
|   | b   | fosforan trimetylu                  |
| 2. $\text{C}_6\text{H}_5\text{PH}(\text{S})(\text{OCH}_3)$                  | a   | fenylohydrydometoksotiofosfor(V)    |
|   | b   | fenylofosfinotian <i>O</i> -metylu  |
|   | c   | fenylotiofosfinian <i>O</i> -metylu |
| 3. $\text{C}_2\text{H}_5\text{P}(\text{O})(\text{OC}_2\text{H}_5)\text{OH}$ | a   | etoksoetylohydroksooksofosfor(V)    |
|   | b,c | etylofosfonian etylu wodoru         |

**Amidy.** W nazwie kwasu słowo „kwas” jest zamieniane na „amid”.

*Przykład:*

- |  |   |                                       |
|--|---|---------------------------------------|
| 4. $(\text{CH}_3)_2\text{P}(\text{O})[\text{NH}(\text{CH}_3)]$ | a | dimetylo(metyloamido)oksofosfor       |
|  | c | amid <i>N,P,P</i> -trimetylofosfinowy |

Dla dwu lub więcej grup amidowych stosuje się odpowiedni przedrostek zwielokrotniający.

**Halogenki kwasowe.** W nazwie kwasu słowo „kwas” zastępuje się nazwą odpowiedniego fluorowca.

*Przykład:*

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 5. $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{PCl}(\text{NC}_6\text{H}_5)$ | a | chloro(dietylo)(fenyloimido)fosfor   |
|  | c | chlerek <i>P,P</i> -dietylo- <i>N</i> -fenylofosfinoimidowy<br>lub chlerek dietylo(fenyloimido)fosfinowy |

**Bezwodniki mieszane.** Dla utworzenia nazwy bezwodnika mieszanego według nomenklatury związków organicznych (zob. reguła C-391.3 w [37]) słowo „kwas” zastępuje się słowem „bezwodnik”, a po nim następują w kolejności alfabetycznej nazwy poszczególnych kwasów. Ilustruje to przykład 6, który podaje również nazwę koordynacyjną.



## Przypisy

(<sup>9a</sup>) W chemii organicznej termin „kwas tlenowy” ma inne znaczenie (por. reguła C-4.1 w [37]).

(<sup>9b</sup>) Przedrostek mono- na ogół pomija się i stosuje tylko wtedy, gdy jest to niezbędne dla uniknięcia nieporozumień.

(<sup>9c</sup>) Fosfan jest nazwą zalecaną dla  $\text{PH}_3$ . Nazwę „fosfina” stosuje się jedynie w szczególnych przypadkach (rozd. 7).

---

# 10. ZWIĄZKI KOORDYNACYJNE

---

## SPIS TREŚCI

- 10.1. Wstęp
- 10.2. Pojęcia i definicje
  - 10.2.1. Jednostka koordynacyjna (kompleks)
  - 10.2.2. Atom centralny
  - 10.2.3. Ligandy
  - 10.2.4. Wielościan koordynacyjny
  - 10.2.5. Liczba koordynacji
  - 10.2.6. Chelatacja
  - 10.2.7. Stopień utlenienia
  - 10.2.8. Nomenklatura koordynacyjna, nomenklatura addycyjna
  - 10.2.9. Ligandy mostkowe
  - 10.2.10. Wiązania metal – metal
- 10.3. Wzory jednordzeniowych związków koordynacyjnych z jednokleszczowymi ligandami
  - 10.3.1. Kolejność symboli we wzorze kompleksu
  - 10.3.2. Stosowanie nawiasów
  - 10.3.3. Ładunki jonów i stopnie utlenienia
- 10.4. Nazwy jednordzeniowych związków koordynacyjnych z jednokleszczowymi ligandami
  - 10.4.1. Kolejność nazw atomów centralnych i ligandów
  - 10.4.2. Liczba ligandów w kompleksie
  - 10.4.3. Końcówki w nazwach kompleksów
  - 10.4.4. Liczby ładunku, liczby utlenienia i stosunki stechiometryczne jonów
  - 10.4.5. Nazwy ligandów
    - 10.4.5.1. Informacje ogólne
    - 10.4.5.2. Wodór jako ligand
    - 10.4.5.3. Ligandy zawierające fluorowce (pierwiastki grupy 17)
    - 10.4.5.4. Ligandy zawierające tlenowce (pierwiastki grupy 16)
    - 10.4.5.5. Ligandy azotowców (pierwiastków grupy 15)
    - 10.4.5.6. Ligandy organiczne
    - 10.4.5.7. Stosowanie skrótów
- 10.5. Deskrytory stereochemiczne

- 10.5.1. Informacje ogólne
- 10.5.2. Symbol wielościanu
- 10.5.3. Wskaźnik konfiguracyjny
  - 10.5.3.1. Definicja wskaźnika i przypisanie atomom donorowym liczb starszeństwa
  - 10.5.3.2. Rozróżnianie pomiędzy atomami donorowymi o identycznej liczbie pierwszeństwa
  - 10.5.3.3. Maksymalna różnica liczb pierwszeństwa w pozycjach *trans* (dla liczb koordynacji 4, 5 i 6)
- 10.5.4. Indeksy konfiguracyjne dla poszczególnych geometrii
  - 10.5.4.1. Układy koordynacyjne kwadratowe (*SP-4*)
  - 10.5.4.2. Oktaedryczne układy koordynacyjne (*OC-6*)
  - 10.5.4.3. Układy koordynacyjne o geometrii piramidy kwadratowej (*SPY-5*)
  - 10.5.4.4. Układy koordynacyjne o geometrii bipiramidy (*TBPY-5*, *PBPY-7*, *HBPY-8* i *HBPY-9*)
- 10.6. Wzory i nazwy kompleksów chelatowych
  - 10.6.1. Informacje ogólne
  - 10.6.2. Określenie atomów donorowych w ligandzie wielokleszczowym
    - 10.6.2.1. Symbol atomu donorowego jako wskaźnik
    - 10.6.2.2. Konwencja *kappa*
  - 10.6.3. Deskryptory stereochemiczne kompleksów chelatowych
    - 10.6.3.1. Informacje ogólne
    - 10.6.3.2. Konwencja stosowania znaków prim ('), bis (") itd.
- 10.7. Symbole chiralności
  - 10.7.1. Symbole *R* i *S*
  - 10.7.2. Konwencja skośnych prostych dla kompleksów oktaedrycznych
    - 10.7.2.1. Informacje ogólne
    - 10.7.2.2. Podstawowa zasada konwencji
    - 10.7.2.3. Zastosowanie konwencji do tris(didentnych) kompleksów oktaedrycznych
    - 10.7.2.4. Zastosowanie konwencji do bis(didentnych) kompleksów oktaedrycznych
    - 10.7.2.5. Zastosowanie konwencji do konformacji pierścieni chelatowych
  - 10.7.3. Symbole chiralności na podstawie kolejności pierwszeństwa
    - 10.7.3.1. Informacje ogólne
    - 10.7.3.2. Symbole chiralności dla struktur bipiramidy trygonalnej
    - 10.7.3.3. Symbole chiralności dla struktur piramidy tetragonalnej
    - 10.7.3.4. Symbole chiralności dla kompleksów oktaedrycznych

10.7.3.5. Symbole chiralności dla struktur pryzmatu trygonalnego

10.7.3.6. Symbole chiralności dla innych struktur bipiramidalnych

## 10.8. Kompleksy wielordzeniowe

10.8.1. Informacje ogólne

10.8.2. Nomenklatura stechiometryczna

10.8.3. Nomenklatura strukturalna

10.8.3.1. Kompleksy dwurdzeniowe

10.8.3.2. Niesymetryczne jednostki dwurdzeniowe

10.8.3.3. Struktury trójrzeniowe i większe

10.8.3.4. Symetryczne jednostki centralne

10.8.3.5. Niesymetryczne jednostki centralne

10.8.4. Jednożyłowe polimery koordynacyjne

## 10.9. Związki metaloorganiczne

10.9.1. Informacje ogólne

10.9.2. Kompleksy zawierające nienasycone cząsteczki lub grupy

10.9.3. Metaloceny – kompleksy bis( $\eta^5$ -cyklopentadienylowe)

## 10.10. Uwagi końcowe

# 10.1. Wstęp

W rozdziale tym przedstawiono podstawowe definicje niezbędne do formułowania wzorów i nazw związków koordynacyjnych, łącznie z wyjaśnieniem ich pochodzenia i zasad tworzenia. Przedstawiono w nim definicję jednostki koordynacyjnej (kompleksu), atomu centralnego, liganda, wielościanu koordynacyjnego, liczby koordynacji, chelatacji i liganda mostkowego oraz wyjaśniono rolę stopnia utlenienia i nomenklatury addytywnej. Pojęcia te zastosowano do tworzenia wzorów i nazw jednordzeniowych związków koordynacyjnych z ligandami jednokleszczowymi (monodentnymi). Aby rozróżnić struktury diastereoizomeryczne licznych wielościanów koordynacyjnych, wprowadzono deskryptory stereochemiczne. Następnie opisano reguły nazewnictwa pochodnych ligandów wielokleszczowych (polidentnych) i deskryptory chiralności. Na zakończenie opisano krótko związki metaloorganiczne, struktury mostkowe i klastery metali.

# 10.2. Pojęcia i definicje

W wypadku związków koordynacyjnych definicje oparte są na historycznie ważnych pojęciach wartościowości głównej i pobocznej. Wartościowości główne w sposób oczywisty wywodzą się ze stechiometrii związków prostych, takich jak  $\text{SO}_2$ ,

$\text{NiCl}_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  i  $\text{PtCl}_2$ . Nazewnictwo związków koordynacyjnych opiera się na znajomości faktu, że związki te tworzą nowe substancje przez addycję innych trwałych związków, takich jak  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  i  $\text{KCl}$ . Zjawisko to obserwowano często wśród związków pierwiastków metalicznych, np.  $\text{NiCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{NH}_3$  lub  $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{KCl}$ . Połączenia takie uznano za charakterystyczne dla niektórych z tych pierwiastków i nazwano związkami kompleksowymi, podkreślając w ten sposób ich złożony charakter. Każdy związek koordynacyjny albo jest kompleksem, albo zawiera jednostkę koordynacyjną (kompleks), której skład, struktura i właściwości chemiczne odzwierciedlają to, co zdefiniowano jako wartościowość poboczną pierwiastka metalicznego. Chociaż przedstawione tu pojęcia zastosowano do związków metali, okazały się one również przydatne do opisu innych związków.

### 10.2.1. Jednostka koordynacyjna (kompleks)

*Jednostka koordynacyjna (kompleks)* składa się z atomu centralnego, zazwyczaj atomu metalu, do którego dołączone są inne atomy lub grupy atomów, zwane ligandami. Według klasycznej definicji ligand może wysycać zarówno poboczną, jak i główną wartościowość atomu centralnego, a liczbę ligandów nazwano liczbą koordynacji (zob. dalej). We wzorze jednostkę koordynacyjną ujmuje się w nawias kwadratowy, niezależnie od tego, czy kompleks jest jonem, czy cząsteczką obojętną.

*Przykłady:*

1.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
2.  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$
3.  $[\text{Fe}_3(\text{CO})_{12}]$

### 10.2.2. Atom centralny

*Atom centralny* jest tym atomem jednostki koordynacyjnej, który wiąże inne atomy lub grupy atomów (ligandy), zajmując pozycję centralną w kompleksie. Atomami centralnymi w  $[\text{NiCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  i  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  są odpowiednio atomy niklu, kobaltu i platyny.

### 10.2.3. Ligandy

*Ligandy* są to atomy lub grupy atomów związane z atomem centralnym. Termin ten jest w języku angielskim często podstawą tworzenia innych form, takich jak czaso-

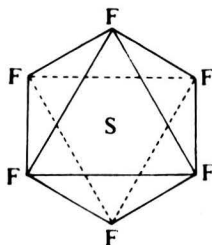
wnik *ligate* (wiązać się jako ligand) lub imiesłowy *ligating* i *ligated* (wiążący się lub związany koordynacyjnie).

### 10.2.4. Wielościan koordynacyjny

Ogólnie przyjmuje się, że atomy liganda bezpośrednio dołączone do atomu centralnego określają *wielościan (wielobok) koordynacyjny* wokół tego atomu. Tak więc,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  jest jodem oktaedrycznym, a  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  jest jodem płaskim, kwadratowym. W tych przypadkach liczba koordynacji jest równa liczbie wierzchołków w wielościanie koordynacyjnym. Wyjątki od tej reguły spotyka się często wśród związków metaloorganicznych (por. 10.9).

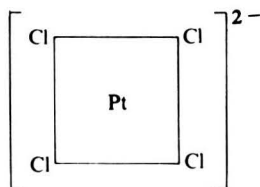
Przykłady:

1.



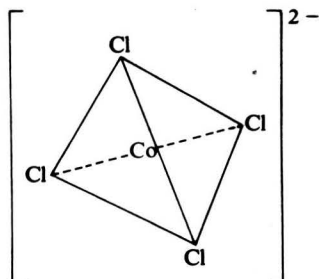
oktaedryczny wielościan koordynacyjny

2.



płaski, kwadratowy wielokąt koordynacyjny

3.



tetraedryczny wielościan koordynacyjny

Pojęcia i nomenklatura związków koordynacyjnych były przez długi czas jednoznaczne; dopiero niedawno pojawiły się komplikacje. Zgodnie z tradycją, każdy atom lub grupę atomów wiązane koordynacyjnie uważano za donory pary elektronowej do atomu centralnego w kompleksie. To uwspólnienie pary elektronowej liganda stało się synonimem słowa „koordynować”. Ponadto, zgodnie z normalnym dla związków chemicznych bilansem elektronowym każdy ligand był formalnie usuwany z kompleksu wraz z parą elektronową. Przy zastosowaniu takiego procesu myślowego można łatwo zdefiniować liczbę koordynacji.

### 10.2.5. Liczba koordynacji

Dla typowego związku koordynacyjnego definiuje się *liczbę koordynacji* (*koordynacyjną*) jako równą liczbie wiązań  $\sigma$  między ligandami a jodem centralnym. Wiązania typu  $\pi$  nie są rozważane przy określaniu liczby koordynacji, chociaż nawet proste ligandy, takie jak  $\text{CN}^-$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$  i  $\text{P}(\text{CH}_3)_3$  mogą tworzyć zarówno wiązania  $\sigma$ , jak i wiązania  $\pi$  między atomem donorowym liganda a atomem centralnym (<sup>10a</sup>).

Pary elektronowe tworzące wiązanie sigma w przytoczonych przykładach wskazano za pomocą dwukropka umieszczonego przed wzorem liganda.

Przykłady:

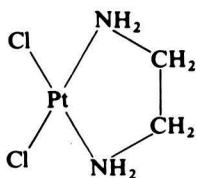
| <i>Kompleks</i>                                    | <i>Liczba koordynacji</i> |
|--|---------------------------|
| 1. $[\text{Co}(\text{:NH}_3)_6]^{3+}$              | 6                         |
| 2. $[\text{Fe}(\text{:CN})_6]^{3-}$                | 6                         |
| 3. $[\text{Ru}(\text{:NH}_3)_5(\text{:N}_2)]^{2+}$ | 6                         |
| 4. $[\text{Ni}(\text{:CO})_4]$                     | 4                         |
| 5. $[\text{Cr}(\text{:CO})_5]$                     | 5                         |
| 6. $[\text{Co}(\text{:Cl})_4]^{2-}$                | 4                         |

### 10.2.6. Chelatacja

*Chelatacja* (*chelatowanie*) obejmuje koordynację tego samego liganda do jednego jonu centralnego przez więcej niż jedną grupę będącą donorem pary elektronowej typu sigma. Liczbę takich koordynujących grup wskazuje się za pomocą przymiotników (<sup>10b</sup>): dwukleszczowy (didentny), trójkleszczowy (tridentny), czterokleszczowy (tetradentny), pięciokleszczowy (pentadentny) itd. (por. tab. III z listą przedrostków liczbowych).

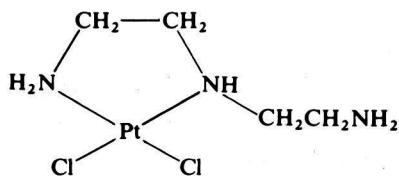
Przykłady:

1.



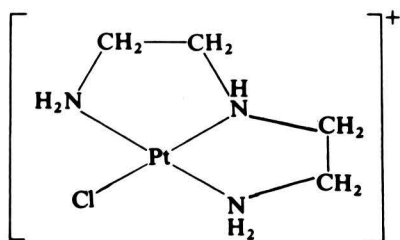
chelatacja dwukleszczowa (didentna)

2.



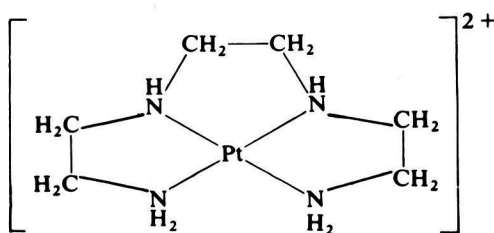
chelatacja dwukleszczowa (didentna)

3.



chelatacja trójkleszczowa (tridentna)

4.



chelatacja czterokleszczowa (tetradentna)

W chemii koordynacyjnej od dawna było wiadomo, że liczne wielofunkcyjne cząsteczki i jony są zdolne do równoczesnego użycia więcej niż jednego atomu przy tworzeniu wiązania z atomami centralnymi (np. etano-1,2-diamina, *N*-(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina, *N,N'*-bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina, jon szczawianowy i glicynianowy). Etano-1,2-diamina jest cząsteczką dwuwiązącą, podczas gdy np. *N,N'*-bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina jest czterowiązącą. Wszystkie grupy wiążące każdej z tych cząsteczek lub jonów mogą być użyte równocześnie do koordynacji z pojedynczym atomem metalu. Jeśli to nastąpi, tworzą się cykliczne struktury zwane pierścieniami chelatowymi, a proces nazywa się chelatowaniem.

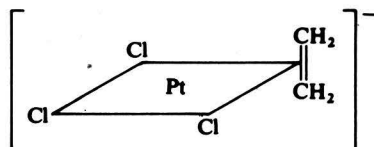
Liczba miejsc koordynacji cząsteczki wielowiążącej z pojedynczym jonem metalu określona jest przez przymiotnik zawierający końcówkę -kleszczowy (-dentny). Etano-1,2-diamina może chelatować w sposób dwukleszczowy (didentny), podczas gdy *N,N'*-bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina może działać jako czterokleszczowy (tetradentny) czynnik chelatujący. Stosuje się przedrostki podane w tabeli III: di-, tri-, tetra-, penta-, hekso-, hepta-, okta-, nona-, deka-, undeka- itd., a w końcu poli-. Cząsteczka etano-1,2-diaminy, która jest koordynowana do dwóch jonów metali, nie tworzy chelatu, ale *jest koordynowana jednokleszczowo (monodentnie)* z każdym jonem metalu, tworząc ogniwo łańcucha lub mostek. Cząsteczki olefin, związków aromatycznych i innych związków nienasyconych łączą się z atomem centralnym poprzez jeden lub wszystkie atomy objęte wiązaniem wielokrot-

nym. Kompleksy tego rodzaju różnią się zdecydowanie od klasycznych związków koordynacyjnych (por. 10.9).

*Przykłady:*

1.  $[(\text{NH}_3)_5\text{Co}-\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2-\text{Co}(\text{NH}_3)_5]^{6+}$   
koordynacja *bis*-jednokleszczowa przez etano-1,2-diaminę (brak chelatowania)

2.



Przykład koordynacji monodentnej z udziałem wiązania typu dihapto (por. 10.9).

### 10.2.7. Stopień utlenienia

Stopień utlenienia atomu centralnego w kompleksie jest zdefiniowany jako ładunek, jaki miałyby ten atom, gdyby usunąć wszystkie ligandy wraz z parami elektro-nowymi, które są wspólne z atomem centralnym. W zapisie stopnia utlenienia stosuje się cyfry rzymskie.

Takie określenie stopnia utlenienia jest następstwem stosowania klasycznej definicji liczby koordynacji. Warto podkreślić, że stopień utlenienia jest wskaźnikiem wyprowadzonym z prostego i czysto formalnego zbioru reguł (por. 5.5.2.2) i nie wskazuje on wprost rozkładu elektronów. W niektórych wypadkach ten formalizm nie prowadzi do uzyskania stopni utlenienia atomu centralnego, które byłyby możliwe do przyjęcia. W takich niejednoznacznych sytuacjach jako podstawę nomenklatury przyjmuje się najczęściej ładunek kompleksu. W przytoczonych poniżej przykładach zilustrowano stopnie utlenienia i liczby koordynacji związków kompleksowych.

*Przykłady:*

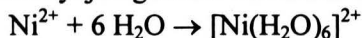
| <i>Kompleks</i>   | <i>Ligandy</i>   | <i>Stopień utlenienia atomu centralnego</i> |
|---|--|---|
| 1. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$                    | 6 $\text{NH}_3$  | III   |
| 2. $[\text{CoCl}_4]^{2-}$                               | 4 $\text{Cl}^-$  | II  |
| 3. $[\text{MnO}_4]^-$                                   | 4 $\text{O}^{2-}$  | VII   |
| 4. $[\text{MnFO}_3]$                                    | 1 $\text{F}^-$ + 3 $\text{O}^{2-}$                       | VII   |
| 5. $[\text{Co}(\text{CN})_5\text{H}]^{3-}$              | 5 $\text{CN}^-$ + 1 $\text{H}^-$                         | III   |
| 6. $[\text{Fe}(\text{CO})_4]^{2-}$                      | 4 $\text{CO}$  | -II   |
| 7. $[\text{PtCl}_2(\text{C}_2\text{H}_4)(\text{NH}_3)]$ | 2 $\text{Cl}^-$ + $\text{C}_2\text{H}_4$ + $\text{NH}_3$ | II  |

### 10.2.8. Nomenklatura koordynacyjna, nomenklatura addycyjna

Zgodnie z historycznym formalizmem, który traktuje związki koordynacyjne jako otrzymane w reakcjach addycji, zostały one nazwane na podstawie zasady addytywności. Nazwa jest budowana wokół nazwy atomu centralnego, tak jak wokół atomu centralnego buduje się jednostkę koordynacyjną.

*Przykład:*

1. Addycja ligandów do atomu centralnego:



Addycja nazwy ligandów do nazwy atomu centralnego:

jon heksaakwaniklu(II)

Nomenklatura ta staje się bardziej skomplikowana, gdy atomy centralne łączą się, tworząc ze związków jednordzeniowych (mononuklearnych) formy dwurdzeniowe (dinuklearne), trójrdzeniowe (trinuklearne) lub nawet wielordzeniowe (polinuklearne). Zachowanie centralnej pozycji atomu centralnego jest podkreślone przez zasadniczą część nazwy -rdzeniowy (-nuklearny).

### 10.2.9. Ligandy mostkowe

W substancjach wielordzeniowych (polinuklearnych) konieczne jest jeszcze wyróżnienie innej roli liganda, a mianowicie działania liganda jako grupy mostkowej.

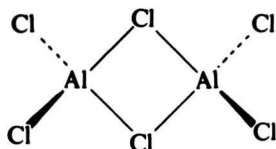
*Ligand mostkowy* jest związany równocześnie z dwoma lub więcej atomami centralnymi. Tak więc, ligandy mostkowe wiążą atomy centralne ze sobą, tworząc jednostki koordynacyjne mające więcej niż jeden atom centralny. Liczbę atomów centralnych połączonych w jeden kompleks poprzez ligandy mostkowe lub wiązania metal – metal wskazuje się przez przymiotniki: dwurdzeniowy (dinuklearny), trójrdzeniowy (trinuklearny), czterordzeniowy (tetranuklearny) itd.

*Krotność mostka* jest liczbą atomów centralnych połączonych przez dany ligand mostkowy (por. 10.8.2). Ligand może tworzyć mostek przez jeden atom lub przez dłuższy układ atomów.

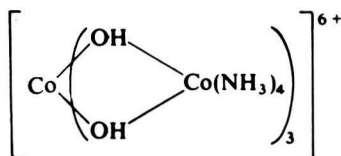
*Przykłady:*



2.



3.



### 10.2.10. Wiązania metal – metal

Wiązania dwu atomów metali w prostych strukturach można łatwo włączyć do nomenklatury koordynacyjnej, ale gdy rozważa się struktury obejmujące trzy lub więcej atomów centralnych, mogą powstać komplikacje. Klaster atomów centralnych w takich związkach są omawiane w dalszej części tego rozdziału (10.8.3.3).

*Przykłady:*

1.  $[\text{Br}_4\text{Re}-\text{ReBr}_4]^{2+}$
2.  $[(\text{CO})_5\text{Re}-\text{Co}(\text{CO})_4]$

## 10.3. Wzory jednordzeniowych związków koordynacyjnych z jednokleszczowymi ligandami

### 10.3.1. Kolejność symboli we wzorze kompleksu

Atom centralny wymienia się jako pierwszy. Następnie podaje się ligandy formalnie anionowe ułożone w porządku alfabetycznym według pierwszych symboli ich wzorów, zgodnie ze wskazaniem podanym uprzednio (4.6.7). Następnie wpisuje się ligandy obojętne, także w porządku alfabetycznym, według tej samej zasady. Ligandy wielokleszczowe umieszcza się w tej samej kolejności alfabetycznej co ligandy jednokleszczowe (zgodnie z 4.6.1.3).

Poszczególne zastosowania wymagają często znacznej elastyczności w pisaniu wzorów. Na przykład, sposób pisania wzorów ligandów sugerowany uprzednio (4.6.7) jest konieczny tylko do określenia miejsca liganda we wzorze kompleksu. Istnieje godny uwagi zwyczaj przedstawiania wzoru liganda tak, aby jego atom donorowy był najbliżej jonu centralnego. Czasem należy podać wzory strukturalne ligandów. Skomplikowane ligandy organiczne mogą być oznaczone we wzorach skrótami (por. 10.4.5.7). Podane dalej przykłady (10.3.2) ilustrują najważniejszy sposób postępowania.

### 10.3.2. Stosowanie nawiasów

Wzór całego kompleksu, niezależnie od tego, czy kompleks jest jonem, czy cząsteczką obojętną, zamyka się w kwadratowych klamrach. Jeżeli ligandy są wieloatomowe, ich wzory (lub skróty) zamyka się w nawiasach okrągłych. W szczególnych przypadkach stosuje się gniazdowy system nawiasów, jak podano uprzednio (2.2 i 4.6.7). We wzorze koordynacyjnym nie powinno być odstępów pomiędzy symbolami lub wzorami poszczególnych jonów.

*Przykłady:*

1.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$
2.  $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$
3.  $[\text{CoCl}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
4.  $[\text{PtCl}(\text{NH}_2\text{CH}_3)(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$
5.  $[\text{CuCl}_2\{\text{O}=\text{C}(\text{NH}_2)_2\}_2]$
6.  $\text{K}_2[\text{PdCl}_4]$
7.  $\text{K}_2[\text{OsCl}_5\text{N}]$
8.  $\text{Na}[\text{PtBrCl}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)]$
9.  $[\text{Co}(\text{en})_3]\text{Cl}_3$

### 10.3.3. Ładunki jonów i stopnie utlenienia

Jeżeli podaje się wzór jonu kompleksowego bez towarzyszącego mu przeciwjonu, to ładunek jonu pisze się na zewnątrz klamry kwadratowej jako prawy górny wskaźnik, z liczbą przed znakiem. Stopień utlenienia atomu centralnego można wskazać za pomocą liczby, napisanej cyframi rzymskimi jako prawy górny wskaźnik przy symbolu pierwiastka.

*Przykłady:*

1.  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$
2.  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
3.  $[\text{Cr}^{\text{III}}(\text{NCS})_4(\text{NH}_3)_2]^-$
4.  $[\text{Cr}^{\text{III}}\text{Cl}_3(\text{H}_2\text{O})_3]$
5.  $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CO})_4]^{2-}$

## 10.4. Nazwy jednordzeniowych związków koordynacyjnych z jednokleszczowymi ligandami

### 10.4.1. Kolejność nazw atomów centralnych i ligandów

Ligandy wymienia się przed nazwą atomu centralnego, w porządku alfabetycznym według pierwszych liter ich nazw, bez względu na ładunek liganda. Przy określaniu tej kolejności nie uwzględnia się przedrostków liczbowych wskazujących liczbę ligandów (por. 5.5.1).

*Przykład:*

1. dichloro(*d*ifenylfosfino)(*t*iomocznik)platyna(II).

### 10.4.2. Liczba ligandów w kompleksie

Do wskazania liczby ligandów danego rodzaju w nazwie kompleksu stosuje się dwa rodzaje przedrostków (por. tab. III). Ogólnie zaleca się proste przedrostki di-, tri-, itp., wywodzące się z liczebników głównych. Przedrostki bis-, tris-, tetrakis- itd., wywodzące się z liczebników porządkowych, stosuje się przy wyrażeniach złożonych i wówczas, gdy trzeba uniknąć dwuznaczności; na przykład można by użyć nazwy diamina, ale nazwa bis(metyloamina) jest bardziej precyzyjna i pozwala na odróżnienie tego związku od dimetyloaminy. Kiedy stosuje się przedrostki zwielokrotniające, typu bis-, tris- itd., to nazwę, która ma być mnożona, umieszcza się w nawiasie. Nawiasy nie są konieczne przy prostych przedrostkach di-, tri- itd. Układ nawiasów powinien być taki, jak opisano w rozdz. 2. W takich nazwach, jak tetraamina nie stosuje się elizji samogłosek ani łącznika.

### 10.4.3. Końcówki w nazwach kompleksów

Wszystkie kompleksy anionowe przybierają końcówkę -an lub -ian, natomiast dla kompleksów kationowych lub obojętnych nie stosuje się żadnych wyróżniających końcówek. W języku polskim nazwy kompleksów obojętnych występują w mianowniku (por. przykłady 6, 11, 13), a kompleksów kationowych – w dopełniaczu (przykłady 2–5, 10, 12, 16).

#### 10.4.4. Liczby ładunku, liczby utlenienia i stosunki stechiometryczne jonów

Jeżeli stopień utlenienia atomu centralnego można jednoznacznie zdefiniować, to wskazuje się go przez dołączenie do nazwy atomu centralnego liczby utlenienia pisanej cyframi rzymskimi [10]. Liczbę tę umieszcza się w nawiasie po tej części nazwy, która odnosi się do atomu centralnego. Znak plus pomija się, a znak minus umieszcza się przed liczbą. Arabska cyfra zero wskazuje na zerowy stopień utlenienia. Nie zostawia się odstępów pomiędzy liczbą a resztą nazwy.

Alternatywnie można podać ładunek kompleksu, pisany cyframi arabskimi w kolejności najpierw liczba, a potem jej znak, zamknięte w nawiasie. Liczbę tę umieszcza się na końcu nazwy atomu centralnego bez odstępów [13].

Stosunki stechiometryczne kationu i anionu można podać stosując, w miarę potrzeby, przedrostki stechiometryczne dla obu jonów.

*Przykłady:*

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1. $K_4[Fe(CN)_6]$              | heksacyjanożelazian(II) potasu<br>heksacyjanożelazian(4-) potasu<br>heksacyjanożelazian tetrapotasu |
| 2. $[Co(NH_3)_6]Cl_3$           | chlorek heksaaminakobaltu(III)  |
| 3. $[CoCl(NH_3)_5]Cl_2$         | chlorek pentaaminachlorokobaltu(2+)   |
| 4. $[CoCl(NO_2)(NH_3)_4]Cl$     | chlorek tetraaminaazotano(III)- <i>N</i> -chloro-<br>kobaltu(III)                                   |
| 5. $[PtCl(NH_2CH_3)(NH_3)_2]Cl$ | chlorek diaminachloro(metyloamina)platyny(II)   |
| 6. $[CuCl_2\{O=C(NH_2)_2\}_2]$  | dichlorobis(mocznik)miedź(II)   |
| 7. $K_2[PdCl_4]$                | tetrachloropalladan(II) potasu  |
| 8. $K_2[OsCl_5N]$               | pentachloronitrydoosmian(2-) potasu   |
| 9. $Na[PtBrCl(NO_2)(NH_3)]$     | aminaazotano(III)- <i>N</i> -bromochloroplatynian(1-) sodu  |
| 10. $[Fe(CNCH_3)_6]Br_2$        | bromek heksakis(izocyjanek metylu)żelaza(II)  |
| 11. $[Ru(HSO_3)_2(NH_3)_4]$     | tetraaminabis[wodorotrioksosiarczano(IV)]ruten(II)  |
| 12. $[Co(H_2O)_2(NH_3)_4]Cl_3$  | chlorek diakwatetraaminakobaltu(III)  |
| 13. $[PtCl_2(C_5H_5N)(NH_3)]$   | aminadichloro(pirydyna)platyna(II)  |
| 14. $Ba[BrF_4]_2$               | [tetrafluorobromian(III)] baru  |
| 15. $K[CrF_4O]$                 | tetrafluorooksochromian(V) potasu   |
| 16. $[Ni(H_2O)_2(NH_3)_4]SO_4$  | siarczan diakwatetraaminaniklu(II)  |

## 10.4.5. Nazwy ligandów

### 10.4.5.1. Informacje ogólne

Nazwy ligandów anionowych, zarówno nieorganicznych, jak i organicznych, kończą się na -o. Na ogół, jeśli nazwa anionu kończy się na -ek, to nazwę liganda tworzy się przez zastąpienie końcówki -ek końcówką -o; gdy nazwa anionu kończy się na -id (-yd) lub -an (-ian), nazwę liganda tworzy się przez dodanie -o, w wyniku czego otrzymuje się odpowiednio końcówki: -ido (-ydo) lub -ano (-iano). Nawiasy stosuje się w wypadku anionów nieorganicznych, których nazwy zawierają przedrostki liczbowe, jak np. (trifosforano), a także dla tio-, seleno- i telluroanalogów oksoanionów, zawierających więcej niż jeden atom tlenu, jak np. (tiosiarczano). W podobny sposób tworzy się nazwy ligandów wywodzących się z anionów organicznych. Nazwy ligandów obojętnych lub kationowych stosuje się bez zmiany i umieszcza w nawiasach. Wyjątek stanowią ligandy: akwa, amina, karbonyl i nitrozył. Wszystkie nazwy systematyczne wymienione w tabelach od 10.1 do 10.5 są oparte na nazwach angielskich zatwierdzonych przez IUPAC i dostosowane do polskiego nazewnictwa chemicznego przez Komisję PTChem.

*Przykłady:*

- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1. $\text{CH}_3\text{COO}^-$   | octano lub etaniano        |
| 2. $\text{CH}_3\text{OSOO}^-$  | metylosiarczano(IV)        |
| 3. $(\text{CH}_3)_2\text{N}^-$ | dimetyloamido              |
| 4. $\text{CH}_3\text{CONH}^-$  | acetamido lub acetyloamido |

### 10.4.5.2. Wodór jako ligand

W kompleksach wodór jest zazwyczaj traktowany jak anion. Nazwy innych izotopów wodoru są opisane w [17]. Dla skoordynowanego anionu wodoru zaleca się nazwę „hydrydo”, nie zaleca się natomiast nazw „wodoro” lub „hydro” (tę ostatnią nazwę stosuje się w zasadzie tylko w nomenklaturze związków boru (por. rozdz. 11)).

*Przykłady:*

- |                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| 1. $\text{H}^-$ | hydrydo                       |
| 2. $\text{D}^-$ | $[\text{}^2\text{H}]$ hydrydo |

### 10.4.5.3. Ligandy zawierające fluorowce (pierwiastki grupy 17)

Poprzednio opisano nazwy prostych anionów halogenowych (8.3.2) i różne możliwości dopuszczalne w nomenklaturze koordynacyjnej (8.4.2.5). W tab. 10.1 przed-

Tabela 10.1. Nazwy niektórych ligandów zawierających halogeny<sup>a</sup>

| <i>Wzór</i>                                    | <i>Nazwa systematyczna</i>    | <i>Nazwa alternatywna</i>   |
|--|-------------------------------|---|
| Br <sub>2</sub>                                | (dibrom)                      |   |
| F <sup>-</sup>                                 |                               | fluoro  |
| Cl <sup>-</sup>                                |                               | chloro  |
| (I <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>                 |                               | [trijodo(1-)]   |
| [ClF <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>               | [difluorochlorano(1-)]        |   |
| [IF <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>                | [tetrafluorojodano(1-)]       |   |
| [IF <sub>6</sub> ] <sup>-</sup>                | [heksafluorojodano(1-)]       |   |
| (ClO) <sup>-</sup>                             | [oksochlorano(1-)]            | chlorano(I) <sup>b</sup> , podchloryno <sup>c</sup>                                 |
| (ClO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>               | [dioksochlorano(1-)]          | chlorano(III) <sup>b</sup> , chloryno <sup>c</sup>                                  |
| (ClO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>               | [trioksochlorano(1-)]         | chlorano(V) <sup>b</sup> , chlorano <sup>c</sup>                                    |
| (ClO <sub>4</sub> ) <sup>-</sup>               | [tetraoksochlorano(1-)]       | chlorano(VII) <sup>b</sup> , nadchlorano <sup>c</sup>                               |
| (IO <sub>5</sub> ) <sup>3-</sup>               | [pentaoksojodano(3-)]         | [pentaoksojodano(V)],<br>mezonadjodano <sup>c</sup>                                 |
| (IO <sub>6</sub> ) <sup>5-</sup>               | [heksaoksojodano(5-)]         | [heksaoksojodano(VII)]<br>ortojodano(VII) <sup>b</sup> , ortonadjodano <sup>c</sup> |
| (I <sub>2</sub> O <sub>9</sub> ) <sup>4-</sup> | [μ-okso-oktaoksodijodano(4-)] | [μ-okso-oktaoksodijodano(VII)],<br>(dimezonadjodano) <sup>c</sup>                   |

<sup>a</sup> Zastosowanie nawiasów w tych tabelach jest w pewnym stopniu dowolne. Na przykład, [IF<sub>4</sub>]<sup>-</sup> jest uważany za związek koordynacyjny, stąd zastosowanie nawiasów kwadratowych; (ClO)<sup>-</sup> jest uważany za prosty anion (8.3.3), stąd nawias okrągły. Klamry, zawierające nazwy systematyczne, są konieczne wówczas, gdy występują w nazwach kompleksów. Dla anionów organicznych kolejność nawiasów zgadza się z normalną praktyką w chemii organicznej, różnej od kolejności stosowanej w nomenklaturze koordynacyjnej. W tabelach od 10.1 do 10.4 nawiasy zawierają nazwy ligandów tak, jak należałoby je użyć w nazwach kompleksów (por. 2.2.1).

<sup>b</sup> Nazwy alternatywne dopuszczone przez Komisję PTChem.

<sup>c</sup> Te nazwy tradycyjne nie są zalecane (por. rozdz. 9).

stawiono listę nazw ligandów halogenowych spotykanych w chemii koordynacyjnej.

#### 10.4.5.4. Ligandy zawierające tlenowce (pierwiastki grupy 16)

Tabela pochodnych tlenowców (tab. 10.2) zawiera pewne aniony, którym nadano nazwy różne od nazw wyprowadzonych na podstawie prostych reguł zawartych w tym rozdziale (10.4.5.1). Nazwy zaakceptowane przez Komisję IUPAC oznaczono \*, a nazwy stosowane w Chemical Abstracts od czasu wprowadzenia *9th Collective Index of Chemical Abstract* oznaczono †. Alternatywne nazwy dopuszczone przez IUPAC, zaznaczone ††, są preferowane w nomenklaturze organicznej (por. również przypisy do tab. 10.1).

Tabela 10.2. Nazwy ligandów zawierające tlenowce <sup>a,d</sup>

| <i>Wzór</i>                                    | <i>Nazwa systematyczna</i>                     | <i>Nazwa alternatywna</i>   |
|--|--|---|
| O <sub>2</sub>                                 | (ditlen)                                       | tlen <sup>b</sup>   |
| S <sub>8</sub>                                 | (oktasiarka)                                   |   |
| O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>                   | oksydo   | okso <sup>*,†,b</sup>   |
| S <sup>2-</sup>                                | sulfido  | tio <sup>*,b</sup> , tiokso <sup>†</sup>  |
| Se <sup>2-</sup>                               | selenido                                       | seleno <sup>b</sup> , selenokso <sup>†</sup>  |
| Te <sup>2-</sup>                               | tellurido                                      | telluro <sup>b</sup> , tellurokso <sup>†</sup>  |
| (O <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>                | [dioksydo(2-)]                                 | perokso <sup>*,b</sup> , peroksy <sup>†</sup>   |
| (O <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>                 | [dioksydo(1-)]                                 | hiperokso <sup>*,b</sup> , superoksydo <sup>*,†</sup>                                       |
| (O <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>                 | [trioksydo(1-)]                                | ozonido <sup>*,b</sup>  |
| (S <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>                | [disulfido(2-)]                                | (ditio) <sup>†</sup>  |
| (S <sub>5</sub> ) <sup>2-</sup>                | [pentasulfido(2-)],<br>[pentasulfan-1,5-diido] |   |
| (Se <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>               | [diselenido(2-)]                               | (diseleno) <sup>†,b</sup>   |
| (Te <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>               | [ditellurido(2-)]                              | (ditelluro) <sup>†,b</sup>  |
| H <sub>2</sub> O                               |  | akwa <sup>*,†,b</sup>   |
| H <sub>2</sub> S                               | (sulfan)                                       | (siarczek wodoru) <sup>*,b</sup> ,<br>(siarkowodór) <sup>b</sup>                            |
| H <sub>2</sub> Se                              | (selan)  | (selenek wodoru) <sup>*,b</sup> ,<br>(selenowodór) <sup>b</sup>                             |
| H <sub>2</sub> Te                              | (tellan)                                       | (tellurek wodoru) <sup>*,b</sup> ,<br>(tellurowodór) <sup>b</sup>                           |
| (OH) <sup>-</sup>                              |  | hydrokso <sup>*,b</sup> , hydrokso <sup>†</sup>   |
| (SH) <sup>-</sup>                              | sulfanido (wodorosulfido)                      | merkaptob, hydrosulfidob  |
| (SeH) <sup>-</sup>                             | selanido (wodoroselenido)                      | selenyl <sup>†</sup> , hydroselenidob   |
| (TeH) <sup>-</sup>                             | tellanido (wodorotellurido)                    | telluryl <sup>†</sup> , hydrotelluridob   |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                  |  | (nadtlenek wodoru)  |
| H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>                  | (disulfan)                                     | (disiarczek wodoru)   |
| H <sub>2</sub> Se <sub>2</sub>                 | (diselan)                                      | (diselenek wodoru)  |
| H <sub>2</sub> S <sub>5</sub>                  | (pentasulfan)                                  | (pentasiarczek wodoru)  |
| (HO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>                |  | (wodoroperokso) <sup>*</sup> , (hydroperokso) <sup>†</sup> ,<br>(hydroperokso) <sup>b</sup> |
| (HS <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>                | (disulfanido)                                  | (wodorodisulfido), (hydrodisulfido)   |
| (HS <sub>5</sub> ) <sup>-</sup>                | (pentasulfanido)                               | (wodoropentasulfido)  |
| (CH <sub>3</sub> O) <sup>-</sup>               | (metanolano)                                   | metokso <sup>*</sup> , metokso <sup>†</sup>   |
| (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sup>-</sup> | (etanolano)                                    | etokso <sup>*</sup> , etokso <sup>†</sup>   |
| (C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O) <sup>-</sup> | (1-propanolano)                                | propoksydo <sup>*</sup> , propokso <sup>†</sup>   |
| (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> O) <sup>-</sup> | (1-butanolano)                                 | butoksydo <sup>*</sup> , butokso <sup>†</sup>   |

| <i>Wzór</i>  | <i>Nazwa systematyczna</i>                                      | <i>Nazwa alternatywna</i>   |
|--|---|---|
| $(C_5H_{11}O)^-$<br>$(C_{12}H_{25}O)^-$                                | (1-pentanolano)<br>(1-dodekanolano)                             | (pentyloksydo)*, pentoksy <sup>†</sup><br>(dodecyloksydo)*, (dodecyloksy) <sup>††</sup>   |
| $(CH_3S)^-$<br>$(C_2H_5S)^-$<br>$(C_2H_4ClO)^-$                        | (metanotiolano)<br>(etanotiolano)<br>(2-chloroetanolano)        | (metylotio)*  |
| $(C_6H_5O)^-$<br>$(C_6H_5S)^-$<br>$[C_6H_4(NO_2)O]^-$                  | (fenolano)<br>(benzenotiolano)<br>(4-nitrofenolano)             | fenoksydo*, fenoksy <sup>†</sup><br>(fenylotio)*  |
| CO<br>CS   | (tlenek węgla)<br>(siarczek węgla)                              | karbonyl* <sup>†, b</sup><br>(tiokarbonyl)* <sup>†, b</sup> , (karbonotioyl) <sup>†</sup>   |
| $(C_2O_4)^{2-}$<br>$(HCO_2)^-$<br>$(CH_3CO_2)^-$<br>$(CH_3CH_2CO_2)^-$ | (etanodiano)<br>(metaniano)<br>(etaniano)<br>(propaniano)       | (szczawiano) <sup>††, b</sup><br>(mrówczano) <sup>††, b</sup><br>(octano) <sup>††, b</sup><br>(propioniano) <sup>††, b</sup>          |
| $(SO_2)^{2-}$  | [dioksosiarczano(2-)]   | [siarczano(II)] <sup>b</sup> ,<br>[sulfoksylano(2-)] <sup>††</sup>  |
| $(SO_3)^{2-}$<br>$(HSO_3)^-$   | [trioksosiarczano(2-)]<br>[wodorotrioksosiarczano(1-)]          | [siarczano(IV)] <sup>b</sup> , [siarczyno(2-)] <sup>c</sup><br>[wodorosiarczano(IV)] <sup>b</sup> ,<br>(wodorosiarczyno) <sup>c</sup> |
| $(SeO_2)^{2-}$   | [diokso-seleniano(2-)]  | [seleniano(II)] <sup>b</sup> ,<br>[selenoksylano(2-)] <sup>c</sup>  |
| $(S_2O_2)^{2-}$  | [dioksotiosiarczano(2-)]  | [tiosiarczano(IV)] <sup>b</sup> ,<br>[tiosiarczyno(2-)] <sup>††, c</sup>  |
| $(S_2O_3)^{2-}$  | [trioksotiosiarczano(2-)]                                       | [tiosiarczano(VI)] <sup>b</sup> ,<br>[tiosiarczano(2-)] <sup>b</sup>  |
| $(SO_4)^{2-}$<br>$(S_2O_6)^{2-}$                                       | [tetraoksosiarczano(2-)]<br>[heksaoksodisiarczano<br>(S—S)(2-)] | [siarczano(VI)] <sup>b</sup> , [siarczano(2-)] <sup>b</sup><br>[ditioniano(V)] <sup>b</sup> , [ditioniano(2-)] <sup>b</sup>           |
| $(S_2O_7)^{2-}$  | [μ-okso-heksaoksodisiarczano(2-)]                               | [disiarczano(VI)] <sup>b</sup> ,<br>[disiarczano(2-)] <sup>b</sup>  |
| $(TeO_6)^{6-}$   | [heksaokso-tellurano(6-)]                                       | [ortotellurano(VI)] <sup>b</sup> , ortotellurano <sup>c</sup>   |

<sup>a</sup> objaśnienia znaków „b” i „c” podano w odnośniku do tab. 10.1.

<sup>d</sup> Definicje znaków \*, †, †† znajdują się w tekście.

## 10.4.5.5. Ligandy azotowców (pierwiastków grupy 15)

Ligandy pierwiastków 15 grupy układu okresowego (por. 3.8.1 i tab. 3.2) są często trudne do nazwania. Zwłaszcza ligandy zawierające wodór mogą tworzyć pochodne pozbawione jednego lub więcej atomów wodoru. Konwencje zastosowane w tab. 10.3 są takie same jak opisano poprzednio (10.4.5.4. i tab. 10.1). Ligandy takie jak  $\text{NCS}^-$ , które mogą wiązać przez jeden z dwu lub przez oba atomy, nazwano *ambidentnymi*, a ich izomerię wiązaniową opisano w dalszej części tego rozdziału (10.6.2.1 i 10.6.2.2).

Tabela 10.3. Nazwy ligandów pierwiastków grupy 15<sup>a</sup>

| <i>Wzór</i>         | <i>Nazwa systematyczna</i> | <i>Nazwa alternatywna</i>                              |
|---------------------|----------------------------|--|
| $\text{N}_2$        | (diazot)                   |  |
| $\text{P}_4$        | (tetrafosfor)              |  |
| $\text{As}_4$       | (tetraarsen)               |  |
| $\text{N}^{3-}$     | nitrydo                    |  |
| $\text{P}^{3-}$     | fosfido                    |  |
| $\text{As}^{3-}$    | arsenido                   |  |
| $(\text{N}_2)^{2-}$ | [dinitrydo(2-)]            |  |
| $(\text{N}_2)^{4-}$ | [dinitrydo(4-)]            | [hydrazydo(4-)]  |
| $(\text{N}_3)^-$    | (trinitrydo)               | azydo* <sup>a, b</sup>                                 |
| $(\text{P}_2)^{2-}$ | [difosfido(2-)]            |  |
| $(\text{CN})^-$     | cyjano                     |  |
| $(\text{NCO})^-$    | (cyjaniano)                |  |
| $(\text{NCS})^-$    | (tiocyjaniano)             |  |
| $(\text{NCSe})^-$   | (selenocyjaniano)          |  |
| $(\text{NCN})^{2-}$ | [karbodiimidano(2-)]       |  |
| $\text{NF}_3$       | (trifluoroazan)            | (trifluorek azotu)                                     |
| $\text{NH}_3$       | (azan)                     | amina* <sup>a, f, b</sup>                              |
| $\text{PH}_3$       | (fosfan)                   | (fosfina) <sup>b</sup>                                 |
| $\text{AsH}_3$      | (arsan)                    | (arsyna)   |
| $\text{SbH}_3$      | (stiban)                   | (stibina)  |
| $(\text{NH})^{2-}$  | azanodiido                 | imido* <sup>a, f, b</sup>                              |
| $(\text{NH}_2)^-$   | azanido                    | amido* <sup>a, f, b</sup>                              |
| $(\text{PH})^{2-}$  | fosfanodiido               | wodorofosfido <sup>b</sup> , fosfinideno <sup>†</sup>  |
| $(\text{PH}_2)^-$   | fosfanido                  | diwodorofosfido <sup>b</sup> , fosfino <sup>†</sup>    |
| $(\text{SbH})^{2-}$ | stibanodiido               | wodoroantymonido <sup>b</sup> , stibileno <sup>†</sup> |
| $(\text{SbH}_2)^-$  | stibanido                  | diwodoroantymonido <sup>b</sup> , stibino <sup>†</sup> |
| $(\text{AsH})^{2-}$ | arsanodiido                | wodoroarsenido <sup>b</sup> , arsynideno <sup>†</sup>  |
| $(\text{AsH}_2)^-$  | arsanido                   | diwodoroarsenido <sup>b</sup> , arsyno <sup>†</sup>    |
| $(\text{FN})^{2-}$  | (fluoroazanodiido)         | (fluoroimido)  |

| <i>Wzór</i>                                      | <i>Nazwa systematyczna</i>         | <i>Nazwa alternatywna</i>   |
|--|------------------------------------|---|
| (ClHN) <sup>-</sup>                              | (chloroazanido)                    | (chloramido)  |
| (Cl <sub>2</sub> N) <sup>-</sup>                 | (dichloroazanido)                  | (dichloramido)  |
| (FP) <sup>2-</sup>                               | (fluorofosfanodiido)               |   |
| (F <sub>2</sub> P) <sup>-</sup>                  | (difluorofosfanido)                | (difluorofosfido) <sup>b</sup>  |
| CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>                  | (metanoamina)                      | (metyloamina) <sup>†, b</sup>   |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> HN               | ( <i>N</i> -metylometanoamina)     | (dimetyloamina) <sup>††, b</sup>  |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N                | ( <i>N,N</i> -dimetylometanoamina) | (trimetyloamina) <sup>††, b</sup>   |
| CH <sub>3</sub> PH <sub>2</sub>                  | (metylofosfan)                     | (metylofosfina) <sup>b</sup>  |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> PH               | (dimetylofosfan)                   | (dimetylofosfina) <sup>b</sup>  |
| (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> P                | (trimetylofosfan)                  | (trimetylofosfina) <sup>b</sup>   |
| (CH <sub>3</sub> N) <sup>2-</sup>                | [metanoaminiano(2-)]               | (metyloimido) <sup>b</sup>  |
| (CH <sub>3</sub> NH) <sup>-</sup>                | [metanoaminiano(1-)]               | (metyloamido) <sup>b</sup>  |
| [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> N] <sup>-</sup> | ( <i>N</i> -metylometanoaminiano)  | (dimetyloamido) <sup>b</sup>  |
| [(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> P] <sup>-</sup> | (dimetylofosfanido)                | (dimetylofosfino)   |
| (CH <sub>3</sub> P) <sup>2-</sup>                | (metylofosfanodiido)               | (metylofosfinidyno) <sup>†</sup>  |
| (CH <sub>3</sub> PH) <sup>-</sup>                | (metylofosfanido)                  | (metylofosfino)   |
| HN=NH  | (diazen)                           | (diimid), (diimina)   |
| H <sub>2</sub> NNH <sub>2</sub>                  | (diazan)                           | (hydrazyna) <sup>b</sup>  |
| HN <sub>3</sub>                                  | (trinitrydek wodoru)               | (azydek wodoru) <sup>*, b</sup>   |
| (HN=N) <sup>-</sup>                              | (diazenido)                        | (diiminido)   |
| (HNN) <sup>3-</sup>                              | (diazanotriido)                    | [hydrazydo(3-)] <sup>b</sup>  |
| (H <sub>2</sub> NN) <sup>2-</sup>                | (diazano-1,1-diido)                | [hydrazydo(2-)- <i>N,N</i> ]  |
| (HN-NH) <sup>2-</sup>                            | (diazano-1,2-diido)                | [hydrazydo(2-)- <i>N,N'</i> ]   |
| (H <sub>2</sub> N-NH) <sup>-</sup>               | (diazanido)                        | (hydrazydo) <sup>b</sup>  |
| HP=PH  | (difosfen)                         |   |
| H <sub>2</sub> P-PH <sub>2</sub>                 | (difosfan)                         |   |
| (HP=P) <sup>-</sup>                              | (difosfenido)                      |   |
| (H <sub>2</sub> P-P) <sup>2-</sup>               | (difosfano-1,1-diido)              |   |
| (HP-PH) <sup>2-</sup>                            | (difosfano-1,2-diido)              |   |
| (H <sub>2</sub> PPH) <sup>-</sup>                | (difosfanido)                      |   |
| HAs=AsH  | (diarsen)                          |   |
| H <sub>2</sub> AsAsH <sub>2</sub>                | (diarsan)                          |   |
| (HAsAs) <sup>3-</sup>                            | (diarsanotriido)                   |   |
| (H <sub>2</sub> AsAs) <sup>2-</sup>              | (diarsano-1,1-diido)               |   |
| (CH <sub>3</sub> AsH) <sup>-</sup>               | (metyloarsanido)                   | (metyloarsyno) <sup>†</sup>   |
| (CH <sub>3</sub> As) <sup>2-</sup>               | (metyloarsanodiido)                | (metyloarsynideno) <sup>†</sup>   |
| H <sub>2</sub> NOH                               | (hydroksoazan)                     | (hydroksyloamina) <sup>b</sup>  |
| (HNOH) <sup>-</sup>                              | (hydroksyloaminiano-κ <i>N</i> )   | (hydroksyloamido) <sup>d</sup> ,<br>(hydroksylamido- <i>N</i> ) <sup>b</sup>  |
| (H <sub>2</sub> NO) <sup>-</sup>                 | (hydroksyloaminiano-κ <i>O</i> )   | (hydroksyloamido) <sup>d</sup> ,<br>(hydroksyloamido- <i>O</i> ) <sup>b</sup> |

cd. tab. 10.3

| <i>Wzór</i>  | <i>Nazwa systematyczna</i>         | <i>Nazwa alternatywna</i>   |
|--|------------------------------------|---|
| (HNO) <sup>2-</sup>  | [hydroksyloaminiano(2-)]           | (hydroksyloimido) <sup>d</sup> ,<br>(hydroksoimido) <sup>b</sup>                |
| (PO <sub>3</sub> ) <sup>3-</sup>                             | [trioksofosforano(3-)]             | [fosforano(III)] <sup>b</sup> ,<br>[fosforyno(3-)] <sup>c</sup>                 |
| (HPO <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>                            | [wodorodioksofosforano(2-)]        | [wodorofosforano(I)] <sup>b</sup> ,<br>[fosfinino(2-)]                          |
| (H <sub>2</sub> PO) <sup>-</sup>                             | [diwodorooksofosforano(1-)]        | [diwodorofosforano(-I)] <sup>b</sup> ,<br>fosfinino,                            |
| (AsO <sub>3</sub> ) <sup>3-</sup>                            | [trioksoarseniano(3-)]             | [arseniano(III)] <sup>b</sup> ,<br>[arsenino(3-)] <sup>c</sup> ,                |
| (HAsO <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>                           | [wodorodioksoarseniano(2-)]        | [wodoroarseniano(I)] <sup>b</sup> ,<br>[arsenino(2-)] <sup>c</sup>              |
| (H <sub>2</sub> AsO) <sup>-</sup>                            | [diwodorooksoarseniano(1-)]        | [diwodoroarseniano(-I)] <sup>b</sup> ,<br>(arsynino) <sup>c</sup>               |
| (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>                             | [tetraoksofosforano(3-)]           | [fosforano(3-)] <sup>b</sup>  |
| (HPO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>                            | [wodorotrioksofosforano(2-)]       | [wodorofosforano(III)] <sup>b</sup> ,<br>[fosfoniano(2-)]                       |
| (H <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>               | [diwodorodioksofosforano(1-)]      | [diwodorofosforano(I)] <sup>b</sup> ,<br>(fosfiniano)                           |
| (AsO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>                            | [tetraoksoarseniano(3-)]           | [arseniano(3-)] <sup>b</sup>  |
| (HAsO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>                           | [wodorotrioksoarseniano(2-)]       | [wodoroarseniano(III)] <sup>b</sup> ,<br>[arsoniano(2-)],                       |
| (H <sub>2</sub> AsO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>              | [diwodorodioksoarseniano(1-)]      | [diwodoroarseniano(I)] <sup>b</sup> ,<br>(arsyniano)                            |
| (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sup>4-</sup>               | [μ-okso-heksaokso-difosforano(4-)] | [difosforano(4-)] <sup>b</sup>  |
| (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N <sub>2</sub> ) <sup>-</sup> | (fenyldiazenido)                   | (fenyloazo) <sup>††</sup>   |
| (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>                              | [dioksoazotano(1-)]                | azotano(III)-O <sup>b</sup><br>azotano(III)-N <sup>b</sup> , nitro <sup>c</sup> |
| (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>                              | [trioksoazotano(1-)]               | azotano <sup>b</sup>  |
| NO   | (mono)tlenek azotu                 | nitrozyl <sup>b</sup>   |
| NS   | (mono)siarczek azotu               | (tionitrozyl) <sup>b</sup>  |
| N <sub>2</sub> O   | (mono)tlenek diazotu               |   |
| (N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) <sup>2-</sup>               | (dioksodiazotano(N-N)(2-)]         | dioksodiazotano(I), podazoty <sup>c</sup>                                       |

<sup>a</sup> Definicje znaków „b”, „c”, \*, † i †† podano w tekście i przypisie do tab. 10.1 i 10.2.

<sup>d</sup> Jest to powszechnie stosowana nazwa zwyczajowa, która w nomenklaturze substytucyjnej powinna być zmieniona na hydroksyamido. Ani tradycyjna nazwa liganda, ani nazwa systematyczna, (hydroksylamido) i (hydroksylimido), nie wskazują na specyficzne położenie ładunku, nie implikują też w nazwie związku izomerii wiązaniowej.

#### 10.4.5.6. Ligandy organiczne

Nazwy ligandów wywodzących się z obojętnych związków organicznych stosuje się bez zmian. Nazwy te powinny być utworzone zgodnie z nomenklaturą związków organicznych zalecaną przez Podkomisję Nomenklatury Organicznej PTChem [2, 3]. Często w powszechnym użyciu są starsze formy nazw ligandów, a niektóre z nich wymieniono w tab. 10.4. Należy podkreślić, że nazwy zalecane przez Komisję IUPAC są zawsze preferowane w stosunku do nazw zwyczajowych, które przekazują mało informacji i które często używane są w różny sposób przez różnych autorów. Zastosowane tu konwencje przedstawiono w poprzedniej części tego rozdziału (10.4.5.1) i w tab. 10.4.

Nazwy ligandów powstałych z obojętnych związków organicznych przez formalne oderwanie hydronów (inne niż wymienione w 10.4.5.1 i 8.3) tworzy się, dodając końcówkę -ano. Aby wyodrębnić nazwy wszystkich takich ligandów organicznych, stosuje się nawiasy, niezależnie od tego, czy są cząsteczkami obojętnymi, czy jonami, czy są podstawione, czy niepodstawione, np. (benzaldehyd), (benzoesano), (*p*-chlorofenolano), [2-(chlorometylo)-1-naftolano]. Nazwa koordynowanego kationu nie jest modyfikowana. Ligandy wiążące się z metalami poprzez atomy węgla opisane są w rozdziale dotyczącym związków metaloorganicznych (por. 10.9.). Ligandom tym nadaje się nazwy grup podstawnikowych (zob. przykłady w 7.3.3). Zwyczajowe nazwy podstawnikowe węglowodorów nie muszą być umieszczone w nawiasach (por. 10.9).

#### 10.4.5.7. Stosowanie skrótów

W literaturze chemicznej powszechnie stosuje się skróty. Lista skrótów ligandów podana jest w tab. 10.5. Przy stosowaniu skrótów należy postępować według następujących wskazówek. Powinno się przyjąć, że czytelnik nie zna skrótów i należy je objaśnić. Skróty powinny być jak najkrótsze i nie powinny być wieloznaczne. Na przykład, skróty powszechnie stosowane do grup organicznych (Me, metyl; Et, etyl; Ph, fenyl itd.) nie powinny być używane w żadnym innym znaczeniu. Najbardziej użytecznymi skrótami są takie, które jednoznacznie określają ligand, o który chodzi. Wynikać to może z oczywistego związku skrótu z nazwą lub, dla nazwy systematycznej, ze strukturą. Ważne są tendencje do standaryzacji skrótów stosowanych w danej dziedzinie. Nie poleca się stosowania zwyczajowych nazw lokalnych. Kolejność skrótów ligandów we wzorach powinna być zgodna z zaleceniami rozdz. 4. Do tworzenia wszystkich skrótów zaleca się stosowanie małych liter, z wyjątkiem skrótów niektórych rodników węglowodorów. We wzorach skrót liganda powinien być umieszczony w nawiasach, jak np. w  $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$ . W tab. 10.5. te atomy wodoru, które można zastąpić przez atom metalu, są zazna-

Tabela 10.4. Przykłady nazw ligandów organicznych<sup>a</sup>

| <i>Nazwa systematyczna</i>  | <i>Nazwa alternatywna</i>  |
|---|--|
| (etano-1,2-diamina)   | (etylenodiamina) <sup>††</sup>   |
| (propano-1,2-diamina)   | (propylenodiamina) <sup>††</sup>   |
| (propano-1,3-diamina)   | (trimylenodiamina) <sup>††</sup>   |
| [ <i>N</i> -(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina]  | (dietylenotriamina) <sup>††</sup>  |
| [ <i>N,N'</i> -bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina]  | (trietylenotetraamina) <sup>††</sup>   |
| [ <i>N,N</i> -bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina]   | [tris(2-aminoetylo)amina] <sup>††</sup>  |
| [ <i>N,N</i> -bis(2-dimetyloamino)etylo]- <i>N'</i> , <i>N'</i> -dimetyloetano-1,2-diamina] | tris[2-(dimetyloamino)etylo]amina <sup>††</sup>  |
| (2-aminoetanol)   | (etanoloamina)   |
| (2,2',2''-nitrylotrietanol)   | (trietanoloamina)  |
| (2,2'-bipirydyna)   |  |
| (2,2': 6',2''-terpirydyna)  |  |
| (2,4-pentanodioniano)   | (acetyloacetoniano)*   |
| (dioksymian 2,3-butanodionu)  | (dimetyloglioksymiano)   |
| (8-chinolinolano)   | (8-hydroksychinoliniano)   |
| (2-hydroksybenzaldehydano)  | (salicyloaldehydano)*  |
| (1,5-difenyloitiokarbazonianio)   | (ditizoniano)  |
| <i>N</i> -nitrozo- <i>N</i> -fenylohydroksyloaminian amonu                                  | kupferon   |
| [etano-1,2-diylobis(dimetylofosfina)]   | [1,2-bis(dimetylofosfino)etan]   |
| [iminodioctano(2-)]   | [ <i>N</i> -(karboksymetylo)glicyniano(2-)]*   |
| [nitrylotrioctano(3-)]  | [ <i>N,N'</i> -bis(karboksymetylo)glicyniano(3-)]*   |
| [(etano-1,2-diylo(dinitrylo)-tetraoctano(4-)]   | [etylenodiaminotetraoctano(4-)]*   |
| [2,2'-[etano-1,2-diylobis(nitrylometylideno)]-difenolano(2-)]                               | [ <i>N,N'</i> -etylenobis(salicylidenoiminiano)(2-)]*,<br>[bis(salicylalo)etylenodiaminiano(2-)] |
| (1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan)  |  |
| (1,4,7,10,13,16-heksaoksacyklooktadekan)  |  |
| ( <i>N,N</i> -dietylokarbamoditiolano)  | (dietylotiokarbaminiano)*  |
| (karbonoditiolan <i>O</i> -etylu)   | (ditiokarbonian <i>O</i> -etylu)*,<br>(ksantogenian etylu)                                       |
| [3,7,12,17-tetrametylo-8,13-diwinylowo-porfiryno-2,18-dipropioniano(2-)]                    | [protoporfirynoIXano(2-)]  |

<sup>a</sup> Definicję znaków \*, † i †† podano w tekście.

czone w skrócie przez symbol H. Tak więc, cząsteczka Hacac tworzy ligand anionowy, którego skrótem jest acac.

Tabela 10.5. Skróty ligandów i związków tworzących ligandy

| <i>Skrót</i>         | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                               | <i>Nazwa systematyczna</i>                            |
|----------------------|---|---|
| <i>Diketony</i>      |   |   |
| Hacac                | acetyloaceton   | pentano-2,4-dion                                      |
| Hhfa                 | heksafluoroacetyloaceton                              | 1,1,1,5,5,5-heksafluoropentano-2,4-dion               |
| Hba                  | benzoiloaceton  | 1-fenylbutano-1,3-dion                                |
| Hfod                 | 1,1,1,2,2,3,3-heptafluoro-7,7-dimetylooktano-4,6-dion | 6,6,7,7,8,8,8-heptafluoro-2,2-dimetylooktano-3,5-dion |
| Hfta                 | trifluoroacetyloaceton                                | 1,1,1-trifluoropentano-2,4-dion                       |
| Hdbm                 | dibenzoilometan                                       | 1,3-difenylpropano-1,3-dion                           |
| Hdpm                 | dipiwaloilometan                                      | 2,2,6,6-tetrametyloheptano-3,5-dion                   |
| <i>Aminoalkohole</i> |   |   |
| Hea                  | etanoloamina  | 2-aminoetanol   |
| H <sub>3</sub> tea   | trietanoloamina                                       | 2,2',2''-nitrylotrietanol                             |
| H <sub>2</sub> dea   | dietanoloamina  | 2,2'-iminodietanol                                    |
| <i>Węglowodory</i>   |   |   |
| cod                  | cyklooktadien   | cyklookta-1,5-dien                                    |
| cot                  | cyklooktatetraen                                      | cyklookta-1,3,5,7-tetraen                             |
| Cp                   | cyklopentadienyl                                      | cyklopentadienyl                                      |
| Cy                   | cykloheksyl   | cykloheksyl   |
| Ac                   | acetyl  | acetyl  |
| Bu                   | butyl   | butyl   |
| Bzl                  | benzyl  | benzyl  |
| Et                   | etyl  | etyl  |
| Me                   | metyl   | metyl   |
| nbd                  | norbornadien  | bicyklo[2.2.1]hepta-2,5-dien                          |

cd. tab. 10.5

| <i>Skrót</i>                      | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                                       | <i>Nazwa systematyczna</i>   |
|-----------------------------------|---|--|
| Ph                                | fenyl   | fenyl  |
| Pr                                | propyl  | propyl   |
| <i>Związki heterocykliczne</i>    |   |  |
| py                                | pirydyna  | pirydyna   |
| thf                               | tetrahydrofuran   | tetrahydrofuran  |
| Hpz                               | pirazol   | 1 <i>H</i> -pirazol  |
| Him                               | imidazol  | 1 <i>H</i> -imidazol   |
| terpy                             | 2,2',2''-terpirydyna  | 2,2': 6',2''-terpirydyna   |
| picolina                          | $\alpha$ -pikolina  | 2-metylopirydyna   |
| Hbpz <sub>4</sub>                 | tetra(1-pirazolilo)boran(1-)<br>wodoru                        | tetrakis(1 <i>H</i> -pirazolano- <i>N</i> -<br>boran(1-) wodoru                |
| isn                               | izonikotynamid  | 4-pirydynokarboksyamid   |
| nia                               | nikotynamid   | 3-pirydynokarboksyamid   |
| pip                               | piperydyna  | piperydyna   |
| lut                               | lutydyna  | 2,6-dimetylopirydyna   |
| Hbim                              | benzimidazol  | 1 <i>H</i> -benzomidazol   |
| <i>Ligandy chelatujące i inne</i> |   |  |
| H <sub>4</sub> edta               | kwasy etylenodiaminotetraoctowy                               | kwasy(etano-1,2-diylo-dinitrylo)tetraoctowy                                    |
| H <sub>5</sub> dtpa               | kwasy <i>N,N,N',N'',N''</i> -<br>dietylenotriaminopentaoctowy | kwasy<br>[[ <i>(</i> karboksymetylo)imino]bis-<br>(etylenonitrylo)tetraoctowy] |
| H <sub>3</sub> nta                | kwasy nitrylotrioctowy  |  |
| H <sub>4</sub> cdta               | kwasy <i>trans</i> -1,2-<br>cykloheksanodiaminotetraoctowy    | kwasy <i>trans</i> (cykloheksano-<br>1,2-diylo-dinitrylo) tetraoctowy          |
| H <sub>2</sub> ida                | kwasy iminodioctowy   |  |
| dien                              | dietylenotriamina   | <i>N</i> -(2-aminoetylo)etano-1,2-<br>diamina                                  |
| en                                | etylenodiamina  | etano-1,2-diamina  |
| pn                                | propylenodiamina  | propano-1,2-diamina  |

| <i>Skrót</i>         | <i>Nazwa zwyczajowa</i>   | <i>Nazwa systematyczna</i>  |
|----------------------|---|---|
| tmen                 | <i>N,N,N',N'</i> -<br>tetrametyloetylenodiamina                                     | <i>N,N,N',N'</i> -tetrametyloetano-1,2-<br>diamina                                  |
| tn                   | trimetylenodiamina  | propano-1,3-diamina   |
| tren                 | tris(2-aminoetylo)amina   | tris(2-aminoetylo)amina   |
| trien                | trietylenotetraamina  | <i>N,N'</i> -bis(2-aminoetylo)etano-1,2-<br>diamina                                 |
| chxn                 | 1,2-diaminocykloheksan  | cykloheksano-1,2-diamina  |
| hmta                 | heksametylenotetraamina   | 1,3,5,7-<br>tetraazatricyklo[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> ]dekan                          |
| Hthsc                | tiosemikarbazyd   | hydrazynokarbotioamid   |
| depe                 | 1,2-bis(dietylofosfino)etan   | etano-1,2-diylobis(dietylofosfina)  |
| diars                | <i>o</i> -fenylenobis(dimetyloarsyna)   | fenyleno-1,2-bis(dimetyloarsyna)  |
| dpepe                | 1,2-bis(difenylofosfino)etan  | etano-1,2-diylobis(difenylofosfina)   |
| diop                 | 2,3- <i>O</i> -izopropylideno-2,3-di-<br>hydroksy-1,4-<br>bis(difenylofosfino)butan | 3,4-bis[(difenylofosfinylo)metylo]-<br>2,2-dimetylo-1,3-dioksolan                   |
| triphos              |   | 2-[(difenylofosfino)metylo]-2-me-<br>tylopropano-1,3-<br>diylo]bis(difenylofosfina) |
| hmpa                 | triamid heksametylofosforowy  | triamid heksametylofosforowy  |
| bpy                  | 2,2'-bipirydyna   | 2,2'-bipirydyna   |
| H <sub>2</sub> dmg   | dimetyloglioksym  | dioksym butano-2,3-dionu  |
| dmso                 | sulfotlenek dimetylowy,<br>dimetylosulfotlenek                                      | sulfinylodimetan  |
| phen                 | 1,10-fenantrolina   | 1,10-fenantrolina   |
| tu                   | tiomocznik  | tiomocznik  |
| Hbig                 | biguanidyna   | diamid imidodikarboimidowy  |
| HEt <sub>2</sub> dct | kwas dietyloditiokarbaminowy  | kwas dietylokarbamoditiowy  |
| H <sub>2</sub> mnt   | maleonitryloditiol  | 2,3-dimerkapto-2-butenodinitryl   |
| tcne                 | tetracyjanoetylen   | etylenotetrakarbonitryl   |
| tcnq                 | tetracyjanochinodimetan   | 2,2'-(cykloheksa-2,5-dieno-1,4-<br>diylideno)bis(propano-1,3-dinitryl)              |

cd. tab. 10.5

| <i>Skrót</i>                  | <i>Nazwa zwyczajowa</i>  | <i>Nazwa systematyczna</i>  |
|-------------------------------|--|---|
| dabco                         | trietylenodiamina  | 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktan  |
| 2,3,2-tet                     | 1,4,8,11-tetraazaundekan   | <i>N,N'</i> -bis(2-aminoetylo)-<br>propano-1,3-diamina                        |
| 3,3,3-tet                     | 1,5,9,13-tetraazatridekan  | <i>N,N'</i> -bis(3-aminopropylo)-<br>propano-1,3-diamina                      |
| ur                            | mocznik  | mocznik   |
| dmf                           | dimetyloformamid   | <i>N,N</i> -dimetyloformamid  |
| <i>Zasady Schiffa</i>         |  |   |
| H <sub>2</sub> salen          | bis(salicylideno)etylenodiamina                                  | 2,2'-[etano-1,2-diylobis-<br>(nitrylometylideno)difenol                       |
| H <sub>2</sub> acacen         | bis(acetyloaceton)-<br>etylenodiamina                            | 4,4'-(etano-1,2-<br>diylodinitrylo)bis(pentan-2-on)                           |
| H <sub>2</sub> salgly         | salicylidenoglicyna  | <i>N</i> -[(2-hydroksyfenylo)-<br>metyleno]glicyna                            |
| H <sub>2</sub> saltn          | bis(salicydeno)-1,3-<br>diaminopropan                            | 2,2'-[propano-1,3-<br>diylobis(nitrylometylideno)]<br>difenol                 |
| H <sub>2</sub> saldien        | bis(salicylideno)-<br>dietylenotriamina                          | 2,2'-[iminobis(etano-1,2-<br>diylonitrylometylideno)]difenol                  |
| H <sub>2</sub> tsalen         | bis(2-merkaptobenzyl-<br>lideno)etyleno diamina                  | 2,2'-[etano-1,2-diylobis(nitrylo-<br>metylideno) dibenzenotiol                |
| <i>Związki makrocykliczne</i> |  |   |
| 18-crown-6                    | 1,4,7,10,13,16-<br>heksaoksacyklooktadekan                       | 1,4,7,10,13,16-<br>heksaoksacyklooktadekan                                    |
| benzo-15-<br>crown-5          | 2,3-benzo-1,4,7,10,13-<br>pentaoksacyklopentadec-2-en            | 2,3,5,6,8,9,11,12-oktahydro-<br>1,4,7,10,13-<br>benzopentaoksacyklopentadecen |
| cryptand 222                  | 4,7,13,16,21,24-heksaoksa-1,10-<br>diazabicyklo[8.8.8]heksakozan | 4,7,13,16,21,24-heksaoksa-1,10-<br>diazabicyklo[8.8.8]heksakozan              |
| cryptand 211                  | 4,7,13,18-tetraoksa-1,10-<br>diazabicyklo[8.5.5]ikozan           | 4,7,13,18-tetraoksa-1,10-<br>diazabicyklo[8.5.5]ikozan                        |

| <i>Skrót</i>                          | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                                   | <i>Nazwa systematyczna</i>  |
|---------------------------------------|---|---|
| [12]aneS <sub>4</sub>                 | 1,4,7,10-tetratiacyklododekan                             | 1,4,7,10-tetratiacyklododekan   |
| H <sub>2</sub> pc                     | flalocyjanina   | flalocyjanina   |
| H <sub>2</sub> tp                     | tetrafenyloporfiryne                                      | 5,10,15,20-tetrafenyloporfiryne   |
| H <sub>2</sub> oep                    | oktaetyloporfiryne  | 2,3,7,8,12,13,17,18-<br>oktaetyloporfiryne                                  |
| ppIX                                  | protoporfiryne IX   | kwas 3,7,12,17-tetrametylo-8,13-<br>diwinyloporfiryne-2,18-<br>dipropionowy |
| [18]aneP <sub>4</sub> O <sub>2</sub>  | 1,10-dioksa-4,7,13,16-<br>tetrafosfacyklooktadekan        | 1,10-dioksa-4,7,13,16-<br>tetrafosfacyklooktadekan                          |
| [14]aneN <sub>4</sub>                 | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan                          | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan  |
| [14]1,3-dieneN <sub>4</sub>           | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradeka-<br>1,3-dien              | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradeka-<br>1,3-dien                                |
| Me <sub>4</sub> [14]aneN <sub>4</sub> | 2,3,9,10-tetrametylo-1,4,8,11-<br>tetraazacyklotetradekan | 2,3,9,10-tetrametylo-1,4,8,11-<br>tetraazacyklotetradekan                   |
| cyklam                                |   | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan  |

## 10.5. Deskrytory stereochemiczne

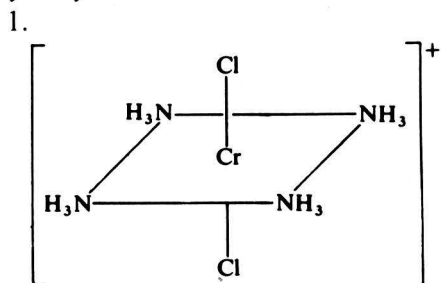
### 10.5.1. Informacje ogólne

Dla wszystkich liczb koordynacji większych od jeden są możliwe różne geometryczne ułożenia atomów dołączonych do atomu centralnego. Tak więc, kompleksy o liczbie koordynacji 2 obejmują zarówno liniowe, jak i kątowe układy ligandów i atomu centralnego. Podobnie, związki o l.k. 3 mogą mieć geometrię płaską, trójkątną lub o kształcie piramidy trygonalnej, a związki o l.k. 4 mogą być kwadratowe (płaskie lub o kształcie piramidy tetragonalnej) albo tetraedryczne. Rodzaj wielościanu koordynacyjnego (lub wielokąta dla płaskich cząsteczek) można określić w nazwie kompleksu za pomocą przedrostka, zwanego *symbolem wielościanu*. Deskryptor ten odróżnia izomery o odmiennej geometrii wielościanów koordynacyjnych.

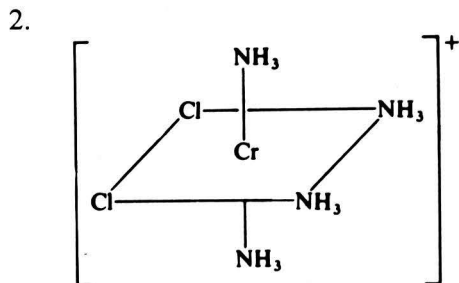
Przy takich samych wielościanach koordynacyjnych, a różnych ligandach może występować *diastereoizomeria*, jak np. izomeria *cis* i *trans* tetraaminadichlorochromu(III), diaminadichloroplatyny(II) i bis(2-aminoetanotiolano)niklu(II) (przykłady 1–6). Próby utworzenia ogólnych deskryptorów podobnych do *cis* i *trans* dla kompleksów bardziej skomplikowanych stereochemicznie zawiodły i nie zaleca się stosowania symboli w rodzaju *fac* i *mer*. Tym niemniej można wskazać strukturę diastereoizomeryczną dowolnego wielościanu, stosując *wskaznik konfiguracyjny* jako przedrostek w nazwie lub wzorze.

Wreszcie, można wskazać chiralność struktur enancjomerycznych stosując *symbole chiralności*. Dwa pierwsze wskaźniki są omawiane w tym punkcie, natomiast chiralność jest dyskutowana w dalszej części tego rozdziału (10.7).

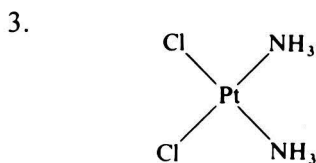
Przykłady:



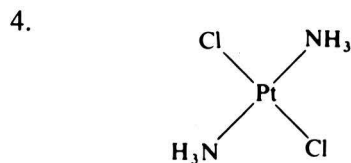
izomer *trans*



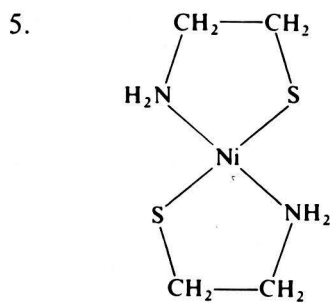
izomer *cis*



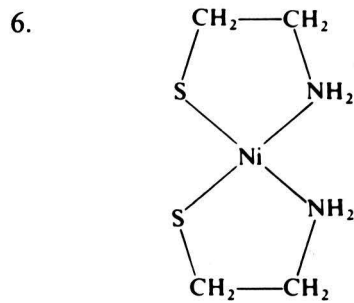
izomer *cis*



izomer *trans*



izomer *trans*



izomer *cis*

## 10.5.2. Symbol wielościanu

Symbol wielościanu wskazuje geometryczne ułożenie atomów koordynowanych przez atom centralny. Symbol ten należy wyznaczyć przed rozważaniem jakichkolwiek innych cech stereochemicznych. Składa się on z jednej lub kilku dużych liter pisanych kursywą (wywodzących się z popularnych nazw angielskich określających wyidealizowaną geometrię ligandów wokół centrum koordynacyjnego) i z licznika napisanego cyfrą arabską, wskazującego na liczbę koordynacji atomu centralnego. Symbol wielościanu jest używany jako przedrostek, zawarty w nawiasach i oddzielony od nazwy łącznikiem. Symbole wielościanów dla najczęściej spotykanych geometrii koordynacyjnych o liczbach koordynacji od 2 do 9 (włącznie) podano w tab. 10.6, a odpowiadające im struktury przedstawiono w tab. 10.7.

Zazwyczaj występują odkształcenia od wyidealizowanej geometrii, jednak w praktyce struktury molekularne odnosi się do wyidealizowanych modeli. Deskryptory stosowane do rzeczywistych cząsteczek powinny się opierać na najbliższej idealnej geometrii. Nie poleca się żadnych specjalnych kryteriów wyboru, toteż w kilku wyjątkowych przypadkach jednoznaczne przypisanie deskryptorów może nie być możliwe.

## 10.5.3. Wskaźnik konfiguracyjny

### 10.5.3.1. Definicja wskaźnika i przypisanie atomom donorowym liczb starszeństwa

Po wprowadzeniu deskryptorów opisujących geometrię związków koordynacyjnych konieczne jest określenie poszczególnych pozycji koordynacyjnych. *Wskaźnik konfiguracyjny* jest ciągiem cyfr identyfikujących położenie atomów donorowych na wierzchołkach wielościanu koordynacyjnego. Wskaźniki konfiguracyjne pozwalają rozróżniać diastereoizomery. Cyfry wskaźnika konfiguracyjnego wprowadza się zgodnie z kolejnością starszeństwa (pierwszeństwa) atomów donorowych. Wskaźnik konfiguracyjny ujmuje się w nawias kwadratowy za symbolem wielościanu, od którego oddzielony jest łącznikiem (zob. przykłady podane w następnym ustępie tego rozdziału, 10.5.4).

Procedura przypisania liczb pierwszeństwa atomom donorowym w jednordzeniowym związku koordynacyjnym opiera się na standardowych regułach kolejności utworzonych dla enancjomerycznych związków węgla przez Cahn, Ingolda i Preloga [42, 43]. Reguły te, od pierwszych liter nazwisk twórców, zwane są regułami CIP, a ich ważniejsze sformułowania zacytowane są dalej.

Tabela 10.6. Lista symboli wielościanów<sup>a</sup>

| <i>Wielościan<br/>koordynacyjny</i>                                | <i>Liczba<br/>koordynacji</i> | <i>Symbol<br/>wielościanu</i> |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| liniowy  | 2                             | <i>L-2</i>                    |
| kątowy   | 2                             | <i>A-2</i>                    |
| trójkąt  | 3                             | <i>TP-3</i>                   |
| piramida trygonalna  | 3                             | <i>TPY-3</i>                  |
| tetraedr   | 4                             | <i>T-4</i>                    |
| kwadrat  | 4                             | <i>SP-4</i>                   |
| piramida tetragonalna  | 4                             | <i>SPY-4</i>                  |
| bipiramida trygonalna  | 5                             | <i>TBPY-5</i>                 |
| piramida tetragonalna  | 5                             | <i>SPY-5</i>                  |
| oktaedr  | 6                             | <i>OC-6</i>                   |
| pryzmat trygonalny   | 6                             | <i>TPR-6</i>                  |
| bipiramida pentagonalna  | 7                             | <i>PBPY-7</i>                 |
| oktaedr z pojedynczym daszkiem                                     | 7                             | <i>OCF-7</i>                  |
| pryzmat trygonalny z pojedynczym<br>daszkiem nad ścianą kwadratową | 7                             | <i>TPRS-7</i>                 |
| sześcian   | 8                             | <i>CU-8</i>                   |
| antypryzmat kwadratowy   | 8                             | <i>SAPR-8</i>                 |
| dodekaedr  | 8                             | <i>DD-8</i>                   |
| bipiramida heksagonalna  | 8                             | <i>HBPY-8</i>                 |
| oktaedr z dwoma daszkami w pozycjach <i>trans</i>                  | 8                             | <i>OCT-8</i>                  |
| pryzmat trygonalny z dwoma daszkami<br>nad ścianami trójkątnymi    | 8                             | <i>TPRT-8</i>                 |
| pryzmat trygonalny z dwoma daszkami<br>nad ścianami kwadratowymi   | 8                             | <i>TPRS-8</i>                 |
| pryzmat trygonalny z trzema daszkami<br>nad ścianami kwadratowymi  | 9                             | <i>TPRS-9</i>                 |
| bipiramida heptagonalna  | 9                             | <i>HBPY-9</i>                 |

<sup>a</sup> W rzeczywistości nie wszystkie geometrie mogą być reprezentowane przez wielościany.

Tabela 10.7 Symbole wielościanów a struktury geometryczne

*Wielościany dla l.k.4*

tetraedr



T-4

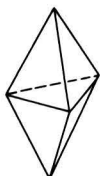
kwadrat



SP-4

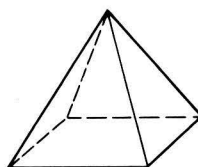
*Wielościany dla l.k.5*

bipiramida trygonalna



TBPY-5

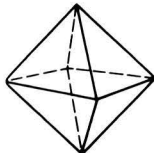
piramida tetragonalna



SPY-5

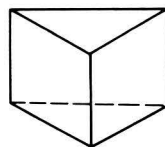
*Wielościany dla l.k.6*

oktaedr

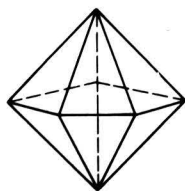


OC-6

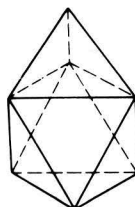
pryzmat trygonalny



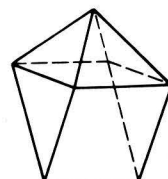
TPR-6

*Wielościany o l.k. 7*bipiramida  
pentagonalna

PBPY-7

oktaedr z pojedynczym  
daszkiem

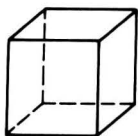
OCF-7

pryzmat trygonalny z  
pojedynczym daszkiem  
nad ścianą kwadratową

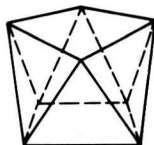
TPRS-7

*Wielościany o l.k. 8*

sześcián

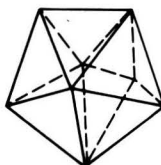


CU-8

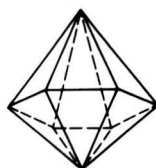
antypryzmat  
kwadratowy

SAPR-8

dodekaedr



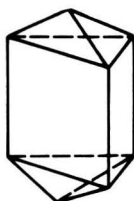
DD-8

bipiramida  
heksagonalna

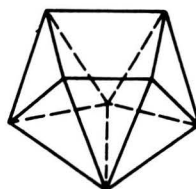
HBPY-8

oktaedr z dwoma dasz-  
kami w pozycjach *trans*

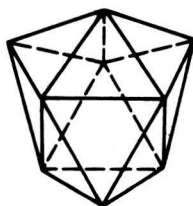
OCT-8

pryzmat trygonalny  
z dwoma daszkami  
nad ścianami trójkątnymi

TPRT-8

pryzmat trygonalny z  
dwoma daszkami nad  
ścianami kwadratowymi

TPRS-8

*Wielościany o l.k. 9*pryzmat trygonalny z trzema daszkami nad  
ścianami kwadratowymi

TPRS-9

bipiramida heptagonalna



HBPY-9

„Ligandy połączone z centrum chiralnym porządkuje się przez porównywanie ich w każdym etapie badania kolejnych wiązań począwszy od centrum wzdłuż kolejnych wiązań każdego liganda. Gdy ligand rozgałęzia się, kontynuuje się postępowanie najpierw wzdłuż tych gałęzi, które zawierają ligandy leżące wyżej w hierarchii starszeństwa, przy zastosowaniu następujących reguł:

(1) Większa liczba atomowa poprzedza mniejszą.

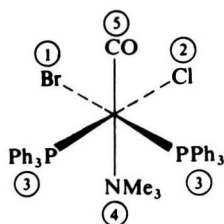
(2) Większa liczba masowa poprzedza mniejszą.”

Znana jest też reguła (0) określająca, że pierwszeństwo mają atomy znajdujące się bliżej końca odcinka osi prostopadłej do płaszczyzny lub bliżej boku ściany, jednak reguła ta nie ma zastosowania dla jednordzeniowych jednostek koordynacyjnych. Dla kompleksów wielordzeniowych istnieją jeszcze dalsze reguły CIP, ale te przypadki nie są rozważane w tym rozdziale.

Atom donorowy o najwyższym priorytecie oznacza się liczbą pierwszeństwa 1; atom donorowy o następnym priorytecie – liczbą 2 i tak dalej.

Przykłady:

1.



Reguła następstwa (1)

Większa liczba atomowa poprzedza mniejszą

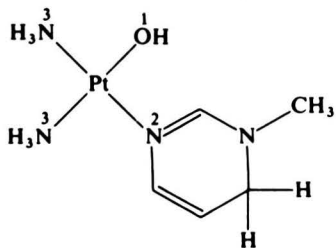
Kolejność pierwszeństwa:

$\text{Br} > \text{Cl} > \text{PPh}_3 > \text{NMe}_3 > \text{CO}$

Kolejność liczb pierwszeństwa:

$1 > 2 > 3, 3 > 4 > 5$

2.



Reguła następstwa (1)

Wyższa liczba atomowa poprzedza niższą, badanie struktury liganda

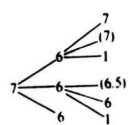
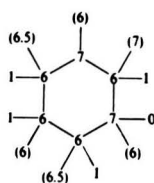
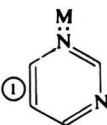
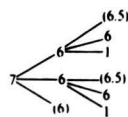
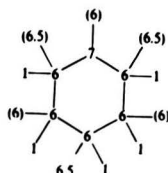
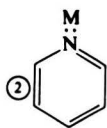
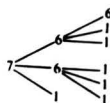
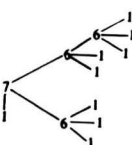
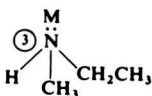
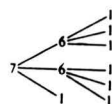
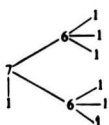
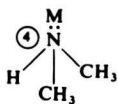
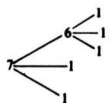
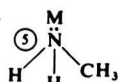
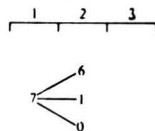
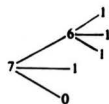
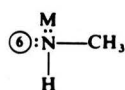
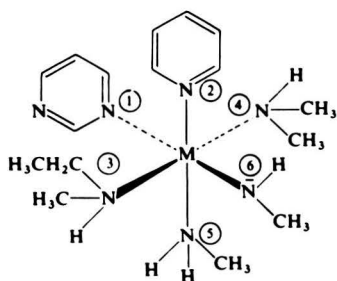
W przykładzie 3 wszystkie atomy donorowe są atomami azotu. Przykład ilustruje, jak postępując wzdłuż gałęzi podstawników liganda oznacza się ich pierwszeństwo. Liczby podane w kolumnie 3 i po prawej stronie kolumny 2 są liczbami atomowymi atomów w danych strukturach. Techniki uśredniania stosowane w wypadku struktur rezonansowych (dwa ostatnie ligandy na liście), są podane w cytowanych już odnośnikach literaturowych [42, 43].

Przykład:

3.

KOLEJNOŚĆ  
PIERWSZEŃSTWA

## ETAPY



## 10.5.3.2. Rozróżnianie pomiędzy atomami donorowymi o identycznej liczbie pierwszeństwa

Stosując regułę kolejności przedstawioną w rozdz. 10.5.3.1, liczby pierwszeństwa przypisuje się atomom donorowym na podstawie różnic w składzie chemicznym. Dlatego często się zdarza, że kilka atomów donorowych w jednorodnym kompleksie ma tę samą liczbę pierwszeństwa. Aby umożliwić dokładny opis takich

układów koordynacyjnych za pomocą liczb pierwszeństwa, stosuje się zasadę zwaną „maksymalną różnicą liczb pierwszeństwa w pozycjach *trans*”.

### 10.5.3.3. Maksymalna różnica liczb pierwszeństwa w pozycjach *trans* (dla liczb koordynacji 4, 5 i 6)

Kiedy trzeba rozróżnić atomy donorowe o identycznych liczbach pierwszeństwa, wybiera się atom donorowy znajdujący się w pozycji *trans* lub naprzeciw (na osi strukturalnej) atomu donorowego o najwyższym pierwszeństwie. Ta reguła i „zasada primowania” dla ligandów chelatowych (opisana w dalszej części tego rozdziału, 10.6.3.2) prowadzą do wskaźników konfiguracyjnych, które dla liczb koordynacji 4, 5 i 6 mają nie więcej niż trzy cyfry.

## 10.5.4. Indeksy konfiguracyjne dla poszczególnych geometrii

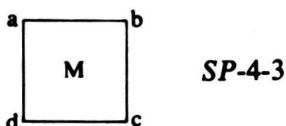
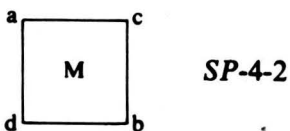
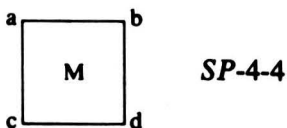
### 10.5.4.1. Układy koordynacyjne kwadratowe (*SP-4*)

Wskaźnik konfiguracyjny jest pojedynczą cyfrą, która określa liczbę pierwszeństwa atomu donorowego będącego w pozycji *trans* do atomu donorowego o liczbie pierwszeństwa 1, to jest atomu donorowego o najwyższym starszeństwie (<sup>10c</sup>)

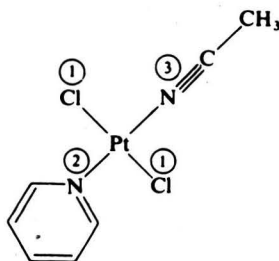
Przykłady:

Kolejność pierwszeństwa:  $a > b > c > d$   
Kolejność liczb pierwszeństwa:  $1 < 2 < 3 < 4$

1.

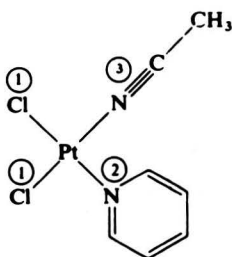


2.



[SP-4-1]-(acetonitril)dichloro(pirydyna)platyna(II)

3.



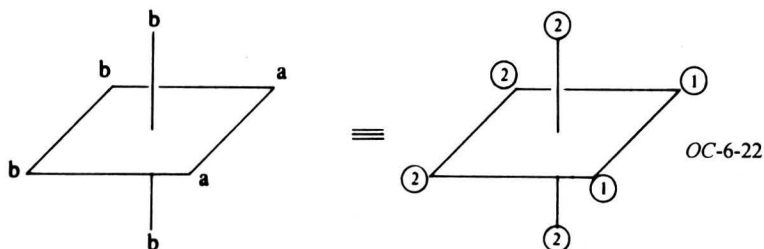
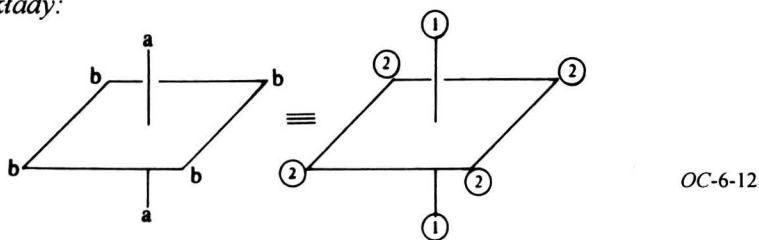
[SP-4-3]-(acetonitril)dichloro(pirydyna)platyna(II)

#### 10.5.4.2. Oktaedryczne układy koordynacyjne (OC-6)

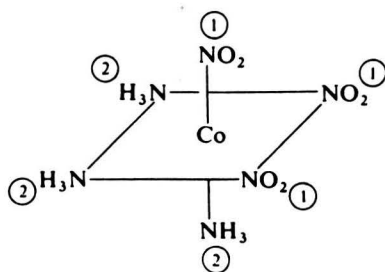
Wskaźnik konfiguracyjny takich układów składa się z dwu cyfr. Pierwsza z nich jest liczbą pierwszeństwa atomu donorowego w pozycji *trans* do atomu donorowego o liczbie pierwszeństwa 1, tj. do atomu o najwyższym starszeństwie. Te dwa ligandy określają oś odniesienia oktaedru. Druga cyfra wskaźnika konfiguracyjnego jest liczbą pierwszeństwa atomu donorowego w pozycji *trans* do atomu donorowego o najniższej liczbie pierwszeństwa na płaszczyźnie prostopadłej do osi odniesienia (reguła maksymalnej różnicy liczb pierwszeństwa w pozycjach *trans*, zob. 10.5.3.3).

Przykłady:

1.

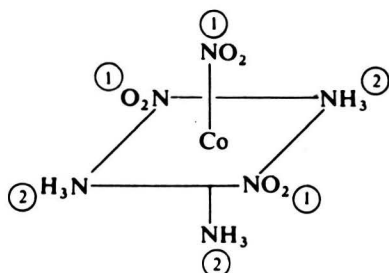


2a.



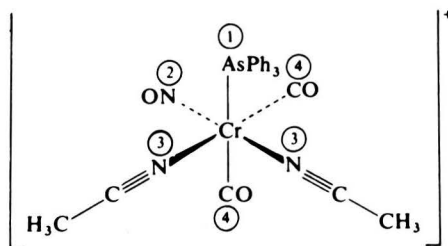
(OC-6-22)-triaminatri(azotano(III)-*N*)kobalt(III) dawniej zwany izomerem *fac* (<sup>10d</sup>)

2b.



(OC-6-21)-triaminatri(azotano(III)-*N*)kobalt(III) dawniej zwany izomerem *mer* (<sup>10d</sup>)

3.



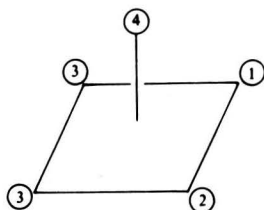
jon (OC-6-43)-bis(acetonitryl)dikarbonylnitrozyl(trifenylloarsyna)chromu(1+)

### 10.5.4.3. Układy koordynacyjne o geometrii piramidy kwadratowej (SPY-5)

Wskaźnik konfiguracyjny składa się z dwu cyfr. Pierwsza z nich jest liczbą pierwszeństwa atomu donorowego położonego na osi symetrii  $C_4$  idealnej piramidy. Druga cyfra jest liczbą pierwszeństwa atomu donorowego w pozycji *trans* do wyróżnionego atomu donorowego (tj. atomu o najniższej liczbie pierwszeństwa) na płaszczyźnie prostopadłej do osi symetrii  $C_4$ .

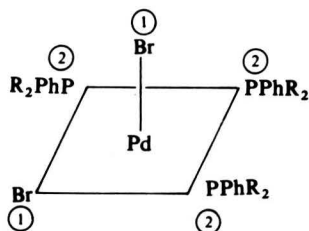
Przykłady:

1.



SPY-5-43

2.



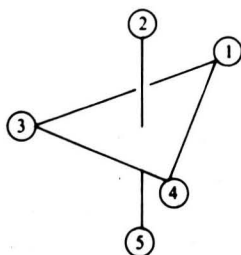
(SPY-5-12)-dibromotris[di(*tert*-butylo)fenylofosfina]pallad

#### 10.5.4.4. Układy koordynacyjne o geometrii bipiramidy (*TBPY-5*, *PBPY-7*, *HBPY-8* i *HBPY-9*)

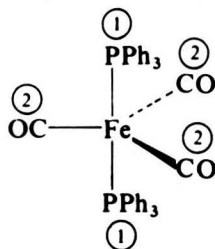
Wskaźnik konfiguracyjny układów koordynacyjnych o geometrii bipiramidalnej składa się z dwu części oddzielonych łącznikiem. Pierwsza część zawiera dwie cyfry, określające liczby pierwszeństwa atomów donorowych położonych na osi symetrii o najwyższej krotności, będącej osią odniesienia. Niższą liczbę podaje się jako pierwszą. Druga część składa się z liczb pierwszeństwa atomów donorowych położonych na płaszczyźnie prostopadłej do osi odniesienia. Pierwsza cyfra określa liczbę pierwszeństwa preferowanego atomu donorowego, to jest atomu o najniższej liczbie pierwszeństwa na płaszczyźnie. Następnie wymienia się liczby pierwszeństwa kolejnych atomów donorowych położonych zgodnie albo przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, zależnie od tego, który kierunek daje niższą liczbowo kolejność. Niższą liczbowo kolejność (niższy zestaw lokantów) określa się porównując zestawy lokantów dla obu kierunków: preferowana kolejność ma mniejszą liczbę na pierwszej pozycji różniącej oba zestawy (por. przykład 2). Dla bipiramidy trygonalnej druga część wskaźnika konfiguracyjnego nie jest konieczna i dlatego się ją pomija.

Przykłady:

##### 1. Bipiramida trygonalna (*TBPY-5*)

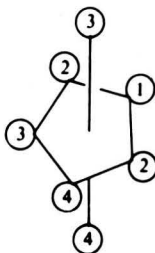


*TBPY-5-25*



(*TBPY-5-11*)-trikarbonylbis-  
(trifenylfosfina)żelazo

##### 2. Bipiramida pentagonalna (*PBPY-7*)



*PBPY-7-34-12342* (<sup>10e</sup>)

Następne struktury i dalsze przykłady stosowania powyższych reguł znajdują się w dalszej części tego rozdziału (10.6) dotyczącej stereochemii chelatowych kompleksów metali.

## 10.6. Wzory i nazwy kompleksów chelatowych

### 10.6.1. Informacje ogólne

Ligandy chelatowe są traktowane podobnie jak ligandy jednokleszczowe, ale z pewnymi dodatkowymi i koniecznymi wyjaśnieniami. W szczególności, we wzorze koordynacyjnym stosuje się tę samą kolejność symboli i te same konwencje dotyczące nawiasów, ładunków jonów i stopni utlenienia. Trzeba jednakże uważać przy stosowaniu nawiasów w obrębie wzorów i nazw ligandów organicznych, ponieważ muszą one stosować się do kolejności opisanej uprzednio w ustępie 2.2.1. Ligandy chelatowe stwarzają dodatkowe problemy związane z wyborem właściwych atomów donorowych i stereochemią.

### 10.6.2. Określenie atomów donorowych w ligandzie wielokleszczowym

#### 10.6.2.1. Symbol atomu donorowego jako wskaźnik

Ligand wielokleszczowy ma dwa lub więcej atomów donorowych i wszystkie one, lub ich część, mogą brać udział w koordynacji. Od dawna różne atomy donorowe liganda oznacza się przez dodanie na końcu nazwy liganda pisanych kursywą symboli atomów, przez które następuje dołączenie liganda do metalu. Tak więc, anion ditioszczawianowy może być traktowany jako ligand dołączony przez atomy S lub O, co zaznacza się odpowiednio jako ditioszczawiano-*S,S'* lub ditioszczawiano-*O,O'*. Ten system wskazywania atomów donorowych zaleca się dla prostych przypadków.

Dla ligandów o atomach donorowych ułożonych liniowo wzdłuż łańcucha powinno się podawać symbole kolejno, zaczynając od jednego z końców. Jeżeli atomy donorowe są różne, to wybór końca podyktowany jest porządkiem alfabetycznym, np. cysteiniano-*N,S* lub cysteiniano-*N,O*. Jeśli nie można dokonać takiego prostego rozróżnienia, to preferuje się atom donorowy w położeniu o najniższym lokancie, zgodnie z praktyką stosowaną w chemii organicznej.

Przykłady:

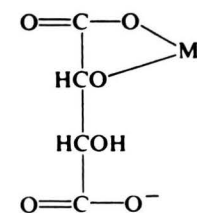
1.  $(CF_3COCHCOCH_3)^-$  1,1,1-trifluoropentano-2,4-dioniano  
( $CF_3CO$  jest bardziej preferowane niż  $CH_3CO$ )
2.  $H_2NCH(CH_3)CH_2NH_2$  propano-1,2-diamina ( $NH_2CH_2$   
jest bardziej preferowane niż  $NH_2CH(CH_3)$ )

Jeżeli atomy tego samego pierwiastka zajmują różne położenia, wtedy górnym wskaźnikiem określa się miejsce w łańcuchu lub pierścieniu, do którego jest dołączony atom centralny. Górne wskaźniki liczbowe mogą być również konieczne tam, gdzie brak jest wskaźników liczbowych, określonych za pomocą normalnej podstawnikowej nomenklatury organicznej.

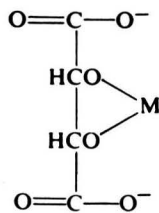
Przykłady

3.  $(CH_3COCHCOCH_3)^-$  pentano-2,4-dioniano- $C^3$

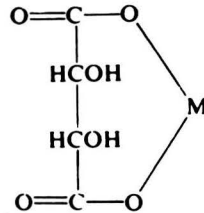
4.



winiano(3-)- $O^1, O^2$



winiano(4-)- $O^2, O^3$



winiano(2-)- $O^1, O^4$

### 10.6.2.2. Konwencja *kappa*

Przy bardziej złożonej nazwie liganda potrzebny jest ogólniejszy system wskazywania atomów donorowych. W nomenklaturze kompleksów chelatowych z ligandami wielokleszczowymi donorowe atomy liganda wskazuje się za pomocą symbolu pierwiastka, pisanego kursywą, poprzedzonego grecką literą *kappa*,  $\kappa$ .

Jednokleszczowe ligandy ambidentne stanowią tu dobry przykład, chociaż w ich wypadku konwencja *kappa* nie jest bardziej użyteczna niż konwencja „symbolu atomu donorowego” (por. 10.6.2.1). Ligand NCS wiązany przez atom azotu zaznacza się jako tiocyjaniano- $\kappa N$ , a wiązany przez atom siarki jako tiocyjaniano- $\kappa S$ . Azotan(III) wiązany przez atom azotu nazywa się azotano(III)- $\kappa N$ , a wiązany przez atom tlenu: azotano(III)- $\kappa O$ , np.  $[ONOCo(NH_3)_5]^{2+}$  nazywa się jonom pentaamina-azotano(III)- $\kappa O$ -kobaltu(III). W wypadku obecności dwu lub więcej takich samych grup donorowych ich liczbę określa się poprzez górny wskaźnik przy  $\kappa$ .

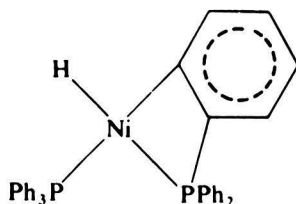
Przykład:

1.  $[Ni\{(CH_3)_2PCH_2CH_2P(CH_3)_2\}Br_2]$   
dibromobis[etano-1,2-diylobis(dimetylofosfina)- $\kappa^2 P$ ]nikiel(II)

Jeśli nazwy ligandów są bardziej skomplikowane, wtedy lokant liganda umieszcza się po tej części nazwy liganda, która oznacza daną grupę funkcyjną, pierścień, łańcuch lub grupę podstawnikową, w której znajduje się atom donorowy. Atomy donorowe występujące w grupie funkcyjnej, pierścieniu, łańcuchu lub grupie podstawnikowej, zawierających inne potencjalne atomy donorowe wyjątkowo oznacza się wskaźnikiem górnym umieszczonym przy symbolu pierwiastka. Wskaźnik ten może być liczbą, literą lub znakiem „prim” i oznacza położenie atomu donorowego w grupie funkcyjnej, pierścieniu, łańcuchu lub grupie podstawnikowej. Następnym przykładem jest insercja atomu niklu do wiązania C – H. Lokant atomu węgla wskazano przez górny wskaźnik liczbowy po prawej stronie symbolu atomu donorowego (napisanego kursywą).

Przykład:

2.

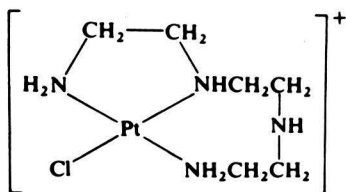


[2(difenylofosfino- $\kappa P$ )-fenylo- $\kappa C^1$ ]hydrido(trifenylofosfina- $\kappa P$ )nikiel(II)

Dla ligandów wielokleszczowych, do symbolu  $\kappa$  dodaje się górny wskaźnik liczbowy po prawej stronie symbolu atomu donorowego celem wskazania liczby identycznie związanych atomów donorowych w ligandach *fleksyidentnych* (<sup>10f</sup>). Przyjmuje się, że przedrostki zwielokrotniające, takie jak bis-, stosują się również do wskaźnika lokacyjnego  $\kappa$ . Tak więc w przytoczonym poniżej przykładzie 3 fragment nazwy brzmi „...bis(2-amino- $\kappa N$ -etylo)...”, a NIE „...bis(2-amino- $\kappa^2 N$ -etylo)...”. Dla ilustracji tych reguł podano przykłady 3 i 4, które dotyczą trójkleszczowego chelatowania przez liniowy ligand tetraaminowy (*N,N'*-bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina).

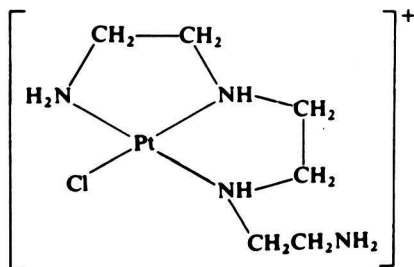
Przykłady:

3.



jon [*N,N'*-bis(2-amino- $\kappa N$ -etylo)etano-1,2-diamina- $\kappa N$ ]chloroplatyny(II)

4.



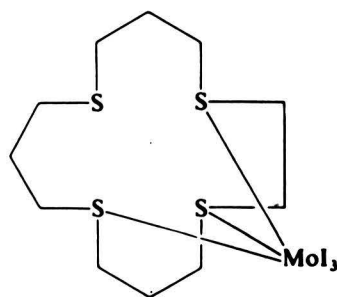
jon  $[N-(2\text{-amino-}\kappa N\text{-etylo})\text{-}N'(2\text{-aminoetylo})\text{etano-}1,2\text{-diamina-}\kappa^2 N,N']$   
chloroplatyny(II)

W przykładzie 3 koordynacja liganda przez dwie końcowe grupy aminy pierwszorzędowej jest wskazana przez umieszczenie wskaźnika po nazwie przedrostka grupy podstawnikowej (2-amino- $\kappa N$ -etylo), a podwojenie wskazuje się za pomocą przedrostka podwajającego bis-, który poprzedza to wyrażenie. Pojawienie się pojedynczego wskaźnika  $\kappa N$  po słowie etanodiamina wyraźnie wskazuje na wiązanie przez tylko jeden z dwu równoważnych atomów azotu aminy drugorzędowej. W przykładzie 4 koordynowana jest tylko jedna z pierwszorzędowych amin, co uwidocznione jest brakiem przedrostka bis- i dwukrotnym zapisem (2-aminoetylo), przy czym wskaźnik  $\kappa$  wprowadza się tylko do pierwszego zapisu, tj. (2-amino- $\kappa N$ -etylo). Udział w wiązaniu chelatowym obydwu atomów azotu drugorzędowej etanodiaminy wskazuje się za pomocą indeksu  $\kappa^2 N,N'$ .

Trójkleszczowe chelatowanie przez czterofunkcyjny związek makrocykliczny przedstawia się jednoznacznie za pomocą wskaźnika następującego po nazwie. W tym wypadku konieczne są lokanty.

Przykład:

5.



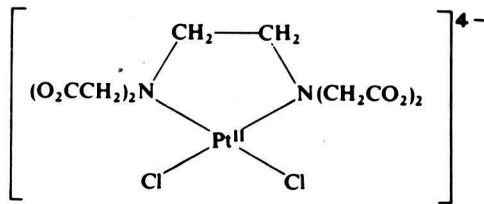
trijodo(1,4,8,12-tetratiacyklopentadekan- $\kappa^3 S^{1,4,8}$ )molibden ( $^{10g}$ )

Na przykładach 6–9 pokazano dobrze znane sposoby chelatowania (etano-1,2-diylo-dinitrylo)tetraoctanu, który może być ligandem dwukleszczowym, cztero-

kleszczowym i pięciokleszczowym. Podane poniżej przykłady dotyczą anionów kompleksowych, toteż kompletna nazwa związku wymaga podania kationu.

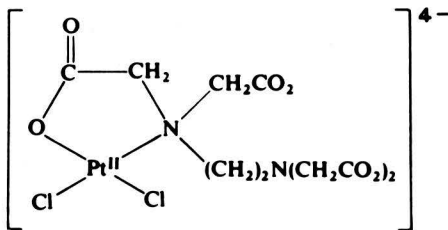
Przykłady:

6.



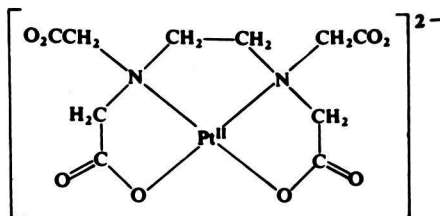
dichloro[(etano-1,2-diylo-dinitrylo- $\kappa^2 N, N'$ )tetraoctano]platynian(4-)

7.



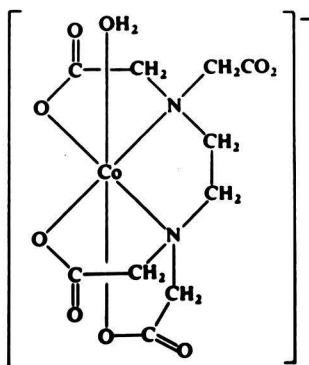
dichloro[(etano-1,2-diylo-dinitrylo- $\kappa N$ )tetraoctano- $\kappa O$ ]platynian(II)

8.



[(etano-1,2-diylo-dinitrylo- $\kappa^2 N, N'$ )tetraoctano- $\kappa^2 O, O''$ ]platynian(2-)

9.



akwa[(etano-1,2-diyłodinitrylo- $\kappa^2N,N'$ )(tetraoctano- $\kappa^3O,O'',O''''$ )]kobaltan(1-)

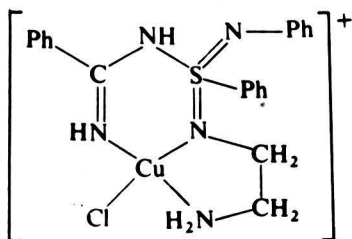
Nieznany fleksydeny izomer powyższego liganda (nie pokazany w przykładach 6–9), w którym tylko jedna grupa aminowa i wszystkie cztery grupy octanowe są związane z tym samym atomem metalu, nosiłby nazwę (etano-1,2-diyłodinitrylo- $\kappa N$ )tetraoctano- $\kappa^4O,O'',O''''$ .

Mieszany siarkowo-tlenowy cykliczny polieter, 1,7,13-trioksa-4,10,16-tritiacyklooktadekan, może tworzyć chelaty z metalami alkalicznymi tylko przez atomy tlenu, a z atomami pierwiastków drugiego szeregu przejściowego tylko przez atomy siarki. Odpowiednie wskaźniki kappa są wówczas następujące:  $\kappa^3O^1, O^7, O^{13}$  i  $\kappa^3S^4, S^{10}, S^{16}$ .

Zamieszczone poniżej przykłady 10, 11 i 12 ilustrują trzy sposoby chelatowania liganda [N-[N-(2-aminoetylo)-N',S-difenylosulfonodiimidoilo]benzamidyna]. Obecność licznych heteroatomów w strukturze tego liganda sprawia, że szczególnie użyteczne jest zastosowanie specjalnych wskaźników przy wskazaniu atomów koordynujących.

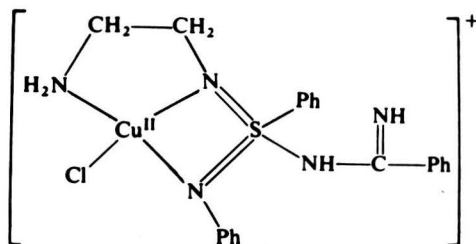
Przykłady:

10.



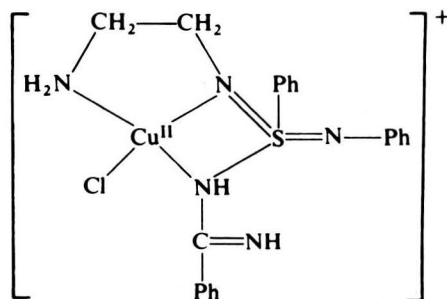
jon {[N-[N-(2-amino- $\kappa N$ -etylo)-N',S-difenylosulfonodiimidoilo- $\kappa N$ ]benzamidyna- $\kappa N'$ ] chloromiedzi(II)}

11.



jon  $\{N-[N-(2\text{-amino-}\kappa N\text{-etylo})-N',S\text{-difenilosulfonodiimidoilo-}\kappa^2 N,N']\text{benzamidyna}\}$ chloromiedzi(II)

12.



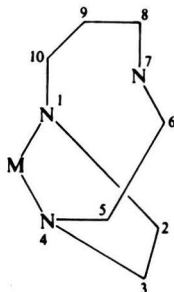
jon  $\{N-[N-(2\text{-amino-}\kappa N\text{-etylo})-N',S\text{-difenilosulfonodiimidoilo-}\kappa N]\text{benzamidyna-}\kappa N\}$ chloromiedzi(II)

Rozróżnienie nazw izomerów 10 i 12 opiera się na umownym oznaczaniu znakiem „prim” drugiego atomu azotu w benzamidynowej grupie funkcyjnej. Znak ten przypisuje się temu atomowi azotu grupy benzamidynowej, który jest bardziej oddalony od grupy 2-aminoetylowej, w tym wypadku iminowemu atomowi azotu.

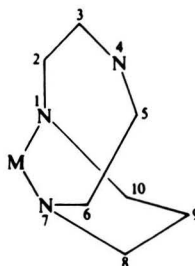
Zastosowanie lokantów atomów donorowych przy symbolach atomów celem wskazania atomów koordynujących liganda makrocyclicznego zilustrowano za pomocą dwóch izomerycznych sposobów wiązania 1,4,7-triazacyklodekanu (przykłady 13 i 14). Tworzenie pierścienia pięciocząłowego można opisać stosując wskaźnik  $\kappa^2 N^1 N^4$ , natomiast opis chelatu z pierścieniem sześciocząłowym wymaga wskaźnika  $\kappa^2 N^1 N^7$ .

Przykłady:

13.

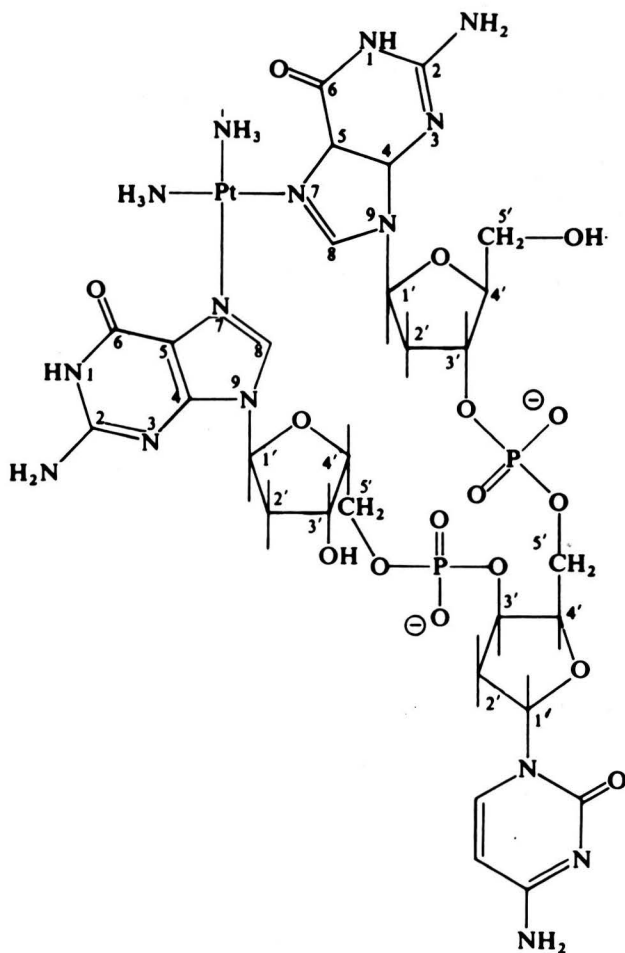


14.



Bardziej skomplikowane struktury można opisać podobnie jak w poniższym przykładzie:

15.



diamina[2'-deoksyguanylylo- $\kappa\text{N}^7$ -(3'→5')-2'-deoksytydylylo(3'→5')-2'-deoksygwanozyniano(2-)- $\kappa\text{N}^7$ ]platyna(II)

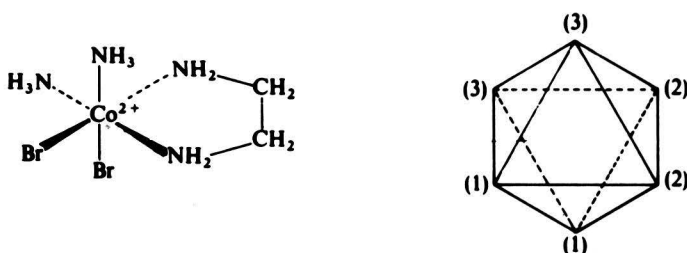
### 10.6.3. Deskryptory stereochemiczne kompleksów chelatowych

#### 10.6.3.1. Informacje ogólne

Deskryptory stereochemiczne można stosować do związków zawierających ligandy chelatowe, ale w tym wypadku uprzednio opisane (por. 10.5.1) reguły dotyczące kompleksów z ligandami jednokleszczowymi nie wystarczają i trzeba uwzględnić dodatkowe aspekty. Symbol wielościanu określa się tak samo, jak w przypadku związków z ligandami jednokleszczowymi (zob. 10.5.2). Również liczby starszeństwa przypisuje się atomom donorowym tak jak w wypadku ligandów monodentnych (10.5.3.1). Podejście w pełni systematyczne wymaga jednakże zastosowania znaków typu „prim”. Wobec tego dla diastereoizomeru  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)\text{Br}_2]^+$  symbolem wielościanu jest *OC-6*, a liczby pierwszeństwa atomów donorowych związanych z atomem centralnym pokazano poniżej.

Przykład:

1.

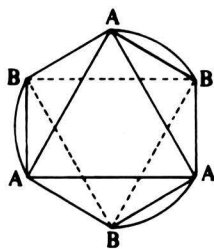


Nie ma tu dodatkowych komplikacji i wskaźnik konfiguracyjny jest określony w zwykły sposób (zob. 10.5.3) jako *OC-6-32*. Należy zwrócić uwagę na kolejność liczb wynikającą z zasady maksymalnej różnicy między ligandami w pozycji *trans*: ligand (3) jest wymieniany przed ligandem (2).

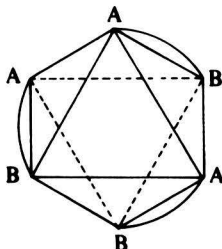
Klasycznym przypadkiem diastereoizomerii, która powstaje w związkach z ligandami chelatowymi, są kompleksy tris(didentne), w których identyczne ligandy mają dwa różne atomy donorowe. Przykładami mogą być ligandy: glicynian  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2^-$  i 2-aminoetanotiolan,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{S}^-$ . W obu przypadkach można stosować oznaczenia *facial* i *meridional*, opisane uprzednio, ale systematycznymi wskaźnikami konfiguracyjnymi są indeksy *OC-6-22* i *OC-6-21*.

Przykład:

2.



*facial*  
lub OC-6-22

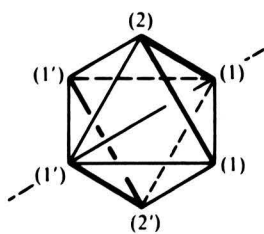


*meridional*  
lub OC-6-21

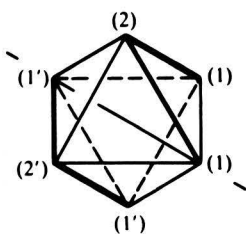
### 10.6.3.2. Konwencja stosowania znaków prim ('), bis (") itd.

Ten wskaźnik konfiguracyjny jest szczególnie użyteczny dla kompleksów bis(tridentnych) lub jeszcze bardziej skomplikowanych form. Kompleksy bis(tridentne) występują w trzech formach diastereoizomerycznych, które mogą zilustrować użyteczność konwencji stosowania znaków typu „prim”. Kompleksy te pokazano poniżej wraz z symbolami symetrii i wskaźnikami konfiguracyjnymi. W przykładach 1, 2 i 3 dwa ligandy są identyczne, a liczby pierwszeństwa skoordynowanych atomów donorowych są pokazane na rysunkach.

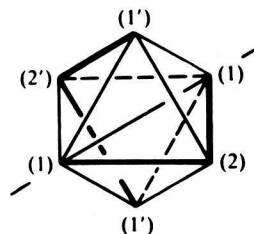
Przykłady:



1. OC-6-1'1'



2. OC-6-2'1'

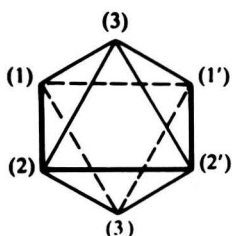


3. OC-6-11'

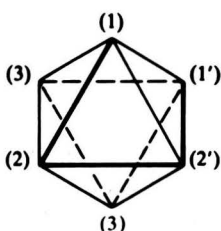
Liczby pierwszeństwa jednego z ligandów są arbitralnie oznaczane znakami „prim”. W opisywanej procedurze, liczba oznaczona znakiem „prim” ma niższy priorytet niż taka sama liczba pozbawiona tego znaku. Ma ona jednak wyższy priorytet niż kolejna, wyższa liczba bez znaku „prim”. Tak więc, 1' ma niższy priorytet niż 1, ale wyższy niż 2. Pozwala to na wyraźne rozróżnienie pomiędzy izomerami OC-6-1'1' i OC-6-11'. Takie postępowanie można stosować do takich ligandów, jak

*N*-(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina, powszechnie zwana dietylenotriaminą, lub do iminodictanu. Technika ta pozwala również rozróżnić diastereoizomery kompleksów, zawierających wyższe wielokleszczowe ligandy, w rodzaju liniowych ligandów czterokleszczowych, przedstawionych w przykładach 4, 5 i 6. W tych przypadkach połowa atomów donorowych tetradentnego liganda została oznaczona znakiem „prim”; przykładami takich ligandów mogą być: *N,N'*-bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina, potocznie zwana trietylenotetraaminą, lub 2,2'-[etano-1,2-diylobis(nitrylometylidyno)]difenol.

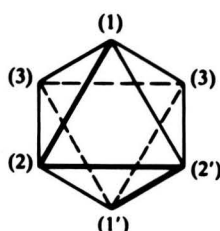
Przykłady:



4. OC-6-2'2



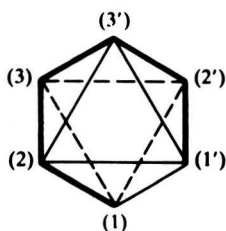
5. OC-6-32



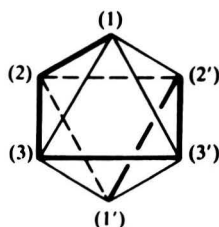
6. OC-6-1'3

Ligandy pięcio- i sześciokleszczowe można traktować podobnie, co pokazano na przykładach 7–10. Przykłady 7 i 8 ilustrują diastereoizomerię klasycznych liniowych ligandów heksadentnych, podczas gdy przykłady 9 i 10 odnoszą się do kompleksów utworzonych przez kwas [2-[(karboksymetylo)(2-hydroksyetylo)amino]etylo]imino]dicoctowy o rozgałęzionej strukturze.

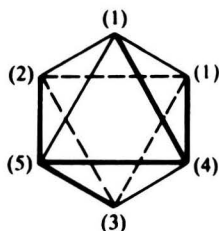
Przykłady:



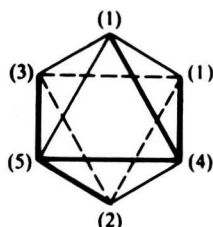
7. OC-6-3'3



8. OC-6-1'3'



9. OC-6-53



10. OC-6-52

## 10.7. Symbole chiralności

### 10.7.1. Symbole *R* i *S*

Istnieją dwa dobrze opracowane i często stosowane systemy symboli chiralności, które różnią się w sposób zasadniczy. Pierwsza konwencja, stosowana do chiralnych atomów węgla (i tetraedrycznych centrów heteroatomowych), opiera się na składzie związku chemicznego [2, 44] i stosuje kolejność starszeństwa podaną w poprzednim ustępie tego rozdziału (10.5.3.1). Chiralność *R* przypisana jest wówczas, gdy kolejność liczb pierwszeństwa określa się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zaczynając od największego starszeństwa (patrzac wzdłuż wektora skierowanego od atomu węgla do podstawnika o najmniejszym starszeństwie), tak jak to pokazuje przykład 1. Odwrotna kolejność prowadzi do symbolu *S* (przykład 2).

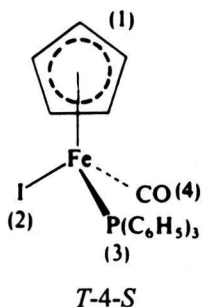
Przykłady:



System ten można zastosować również do kompleksów metali i najczęściej jest używany w przypadku chiralności liganda. Można go również stosować do centralnych atomów metalu i tak np. okazał się on użyteczny w pseudotetraedrycznych kompleksach metaloorganicznych, w których ligandy cyklopentadienylowe traktuje się jak ligandy jednokleszczowe o dużym priorytecie.

Przykład:

3.

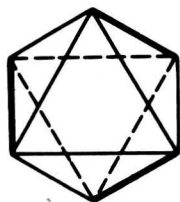


## 10.7.2. Konwencja skośnych prostych dla kompleksów oktaedrycznych

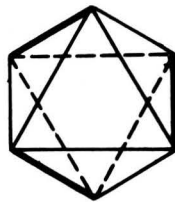
### 10.7.2.1. Informacje ogólne

Drugą konwencją jest konwencja skośnych prostych, którą stosuje się do kompleksów oktaedrycznych. Tę konwencję, opartą na orientacji skośnych prostych, wyznaczających helisę, opracowano celem jednoznacznego określenia dużej rodziny kompleksów tris(didentnych). Przykłady 1 i 2 pokazują formy *delta* i *lambda* kompleksu, takiego jak np.  $[\text{Co}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_3]^{3+}$ . Reguły definiują ponadto chiralność dwu dodatkowych rodzin: *cis*-bis(didentnych) struktur oktaedrycznych i konformacji niektórych pierścieni chelatowych. Opisany poniżej system można także zastosować do kompleksów o ligandach trój- i więcej kleszczowych, ale wówczas trzeba uwzględnić dodatkowe reguły [45].

Przykłady:



1. *delta*

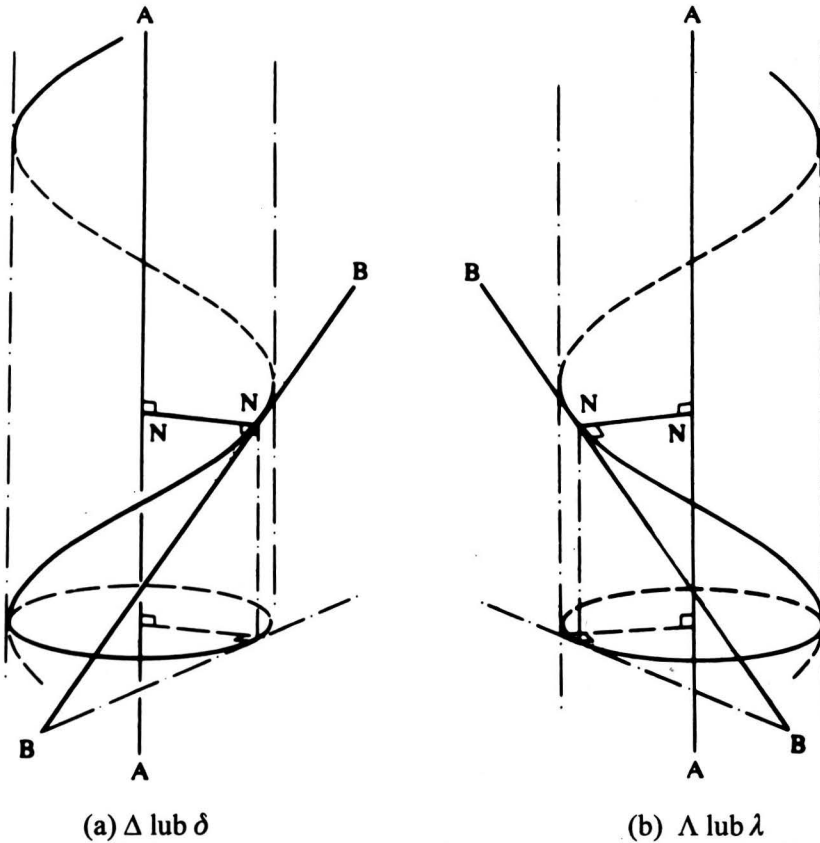


2. *lambda*

### 10.7.2.2. Podstawowa zasada konwencji

Dwie skośne proste, które nie są prostopadłe, mają jedną i tylko jedną wspólną linię normalną. Określają one układ helikalny, jak to ilustrują rys. 10.1 i 10.2. Na rys. 10.1 jedna ze skośnych linii AA wyznacza oś helisy na walcu, którego promień jest równy normalnej NN do dwu linii skośnych AA i BB. Druga z linii skośnych, BB, jest styczną do helisy w punkcie N i określa stromość helisy. Na rys. 10.2 te dwie linie skośne AA i BB są widoczne w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do ich wspólnej linii normalnej.

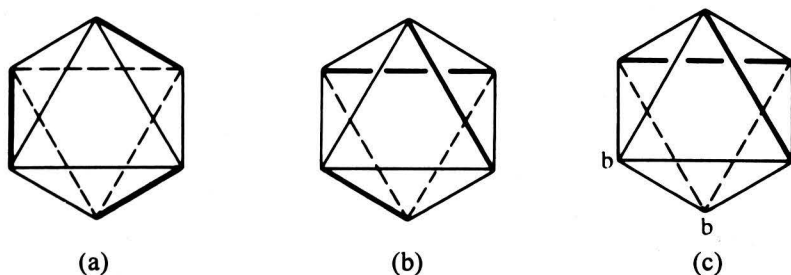
Części (a) rys. 10.1 i 10.2 ilustrują helisę prawoskrętną, oznaczoną literą grecką *delta* ( $\Delta$  odnosi się do konfiguracji,  $\delta$  do konformacji); części (b) rys. 10.1 i 10.2 pokazują helisę lewoskrętną, oznaczoną literą grecką *lambda* ( $\Lambda$  odnosi się do konfiguracji,  $\lambda$  do konformacji). Z symetrii układu wynika, że helisa, którą pierwsza linia, powiedzmy BB, wyznacza wokół drugiej linii, AA, ma tę samą chiralność co ta, którą AA określa wokół BB. W miarę jak jedna z tych linii rotuje w stosunku do dru-



Rys. 10.1. Dwie skośne proste AA i BB, które nie są prostopadłe, wyznaczają układ helisy. Na rysunku AA określa oś walca, którego promień jest wyznaczony przez wspólną normalną NN obydwu skośnych prostych. BB jest styczną do tego walca w punkcie przecięcia z NN i określa helisę na tym walcu. Rysunki (a) i (b) przedstawiają odpowiednio prawo- i lewoskrętną helisę

giej wokół NN wówczas, gdy linie są równoległe lub prostopadłe następuje inwersja (rys. 10.1).

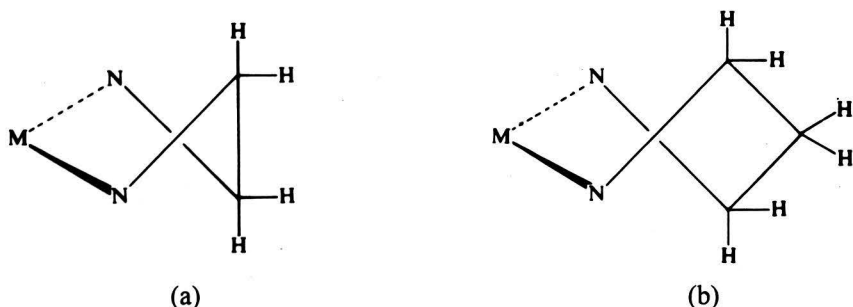




Rys. 10.3. Dwie orientacje struktury tris(didentnej) (a) i (b), pozwalające na porównanie ich chiralności z chiralnością struktury bis(didentnej) (c)

#### 10.7.2.5. Zastosowanie konwencji do konformacji pierścieni chelatowych

W celu przypisania chiralności konformacji pierścienia, prostą AA na rys. 10.2 definiuje się jako linię łączącą dwa skoordynowane atomy pierścienia chelatowego. Druga prosta, BB, jest linią łączącą te dwa atomy pierścienia, które są sąsiadami atomów donorowych. Te dwie skośne proste wyznaczają w zwykły sposób helisę. Styczna opisuje helisę prawoskrętną ( $\delta$ ) lub lewoskrętną ( $\lambda$ ) względem osi i tym samym określa konformację w sposób przedstawiony na rys. 10.1. Układy niehelikalne mogą również prowadzić do powstania chiralności, gdy uwzględni się chemiczną identyczność atomów. Na przykład, konformacje krzesłowe i łódkowe sześcioczłonowego pierścienia chelatowego nie są chiralne. Jednakże, jeżeli dwa atomy donorowe nie są identyczne, to pierścień chelatowy jest chiralny. Oczywiście, zasady podane w poprzednim punkcie tego rozdziału (10.7.2.1) nie stosują się do takich przypadków. Różnica między konwencją przedstawioną na rys. 10.2 a zwykłym sposobem przedstawiania konformacji pierścienia chelatowego jest widoczna przy porównaniu rys. 10.2 i 10.4.



Rys. 10.4. Konformacja  $\delta$  pierścieni chelatowych: (a) pięcioczłonowego i (b) sześcioczłonowego

### 10.7.3. Symbole chiralności na podstawie kolejności pierwszeństwa

#### 10.7.3.1. Informacje ogólne

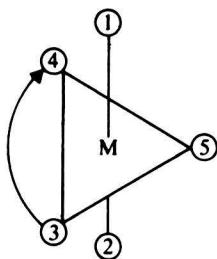
Kolejność pierwszeństwa stosowaną do opisu chiralności atomów centralnych węgla podano w poprzednim ustępie tego rozdziału (10.7.1). Te same zasady mogą być łatwo zastosowane do geometrii innych niż tetraedryczna [46]. Nie ma potrzeby zmiany zasad przy rozważaniu tetraedrycznych kompleksów metali. Jednakże, aby uniknąć pomyłki i aby podkreślić specyficzne aspekty systemu kolejności starszeństwa w zastosowaniu do wielościanów koordynacyjnych, symbole *R* i *S* zastępują się przy innych wielościanach symbolami *C* i *A*. Dla kompleksów chelatowych, w których konwencja skośnych prostych jest całkowicie jednoznaczna, nie ma potrzeby wprowadzania innych oznaczeń.

Procedurę określenia starszeństwa atomów donorowych opisano szczegółowo uprzednio (10.5.3.1).

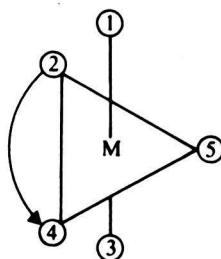
#### 10.7.3.2. Symbole chiralności dla struktur bipiramidy trygonalnej

Dla bipiramidy trygonalnej stosuje się taką samą procedurę jak dla tetraedru, zmodyfikowaną jednak przez obecność wyróżnionej osi głównej. Strukturę ustawia się tak, aby widz patrzył wzdłuż osi głównej, mając bliżej ligand o wyższym pierwszeństwie. Stosownie do tego, ligand osiowy o niższym starszeństwie leży za atomem centralnym. Stosując taką orientację, bada się kolejność starszeństwa trzech atomów donorowych leżących na płaszczyźnie trójkąta. Jeżeli kolejność od najwyższego do najniższego starszeństwa następuje zgodnie z ruchem wskazówek zegara, wtedy chiralność oznacza się symbolem *C*. Odwrotnie, jeżeli kolejność od najwyższego do najniższego priorytetu (od najniższego do najwyższego wskaźnika liczbowego) jest przeciwna do ruchu wskazówek zegara, chiralność oznacza się symbolem *A*.

*Przykłady:*



1. Symbol chiralności = *C*

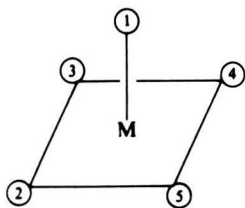


2. Symbol chiralności = *A*

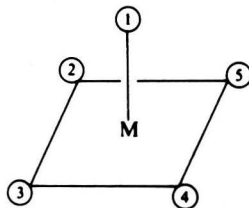
### 10.7.3.3. Symbole chiralności dla struktur piramidy tetragonalnej

Dla struktur piramidy tetragonalnej stosuje się procedurę podobną do opisanej w poprzednim punkcie tego rozdziału (10.7.3.2). Wielościan orientuje się tak, aby widz patrzył wzdłuż osi  $C_4$ , od liganda osiowego w stronę atomu centralnego. Zmniejszanie się starszeństwa wzrostu wskaźników liczbowych zgodnie z ruchem wskazówek zegara określa chiralność  $C$ .

Przykłady:



1. Symbol chiralności =  $C$

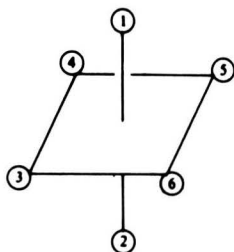


2. Symbol chiralności =  $A$

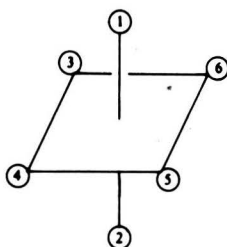
### 10.7.3.4. Symbole chiralności dla kompleksów oktaedrycznych

System oparty na kolejności starszeństwa jest bardziej użyteczny wtedy, gdy trudno zastosować konwencję skośnych prostych. Wskaźniki konfiguracyjne (por. 10.5.3) stwarzają podstawę do utworzenia kolejności priorytetowej dla każdego kompleksu oktaedrycznego, a system oznaczeń  $A/C$  ma zastosowanie ogólne. Symbole chiralności wyprowadza się tak samo jak dla piramidy tetragonalnej, z wyjątkiem tego, że oś główna zawiera atom donorowy o starszeństwie CIP 1 i że atomy koordynowane na płaszczyźnie do niej prostopadłej rozpatruje się począwszy od liganda mającego najwyższe starszeństwo CIP. Symbole chiralności  $C$  i  $A$  wyprowadza się następnie tak samo jak dla układu tetragonalnego (por. 10.7.3.3).

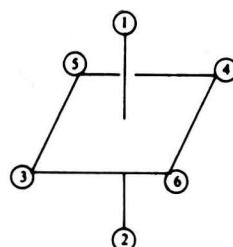
Przykłady:



1. Symbol chiralności =  $C$



2. Symbol chiralności =  $A$

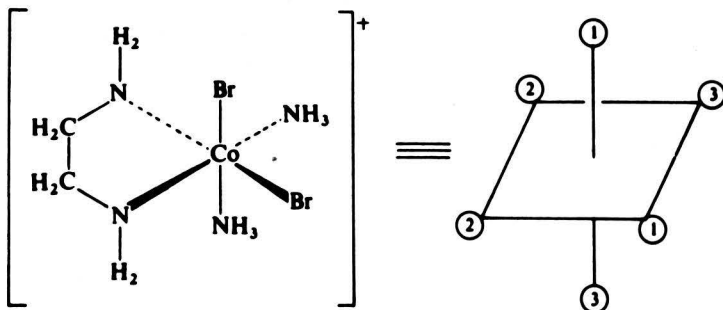


3. Symbol chiralności =  $C$

Przykład 4 pokazuje związek  $[\text{CoBr}_2(\text{NH}_3)_2(\text{en})]^+$ , który ma symbol wielościanu OC-6, a wskaźnik konfiguracyjny 32. Symbolem chiralności jest C.

Przykład:

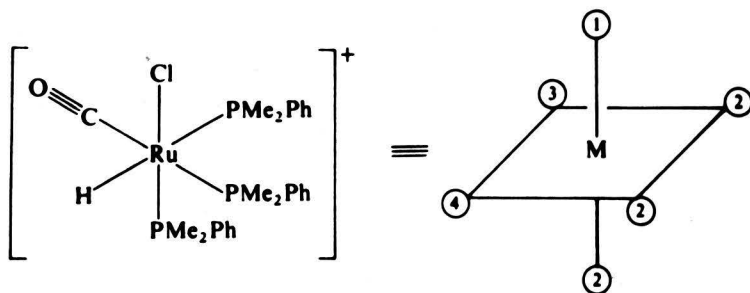
4.



Przykład 5 pokazuje kompleks  $[\text{RuCl}(\text{CO})\text{H}(\text{PMe}_2\text{Ph})_3]^{2+}$ , któremu odpowiada deskryptor stereochemiczny OC-6-24-A. Ligand Cl ma starszeństwo 1.

Przykład:

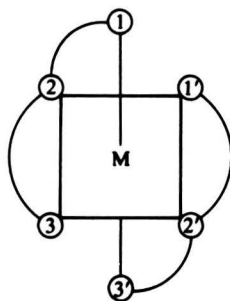
5.



Określenie chiralności dla ligandów wielokleszczowych zilustrowano na przykładzie 6. W tym wypadku stosuje się konwencję znaków „prim”, opisaną w poprzednim ustępie tego rozdziału (10.6.3.2).

Przykład:

6.

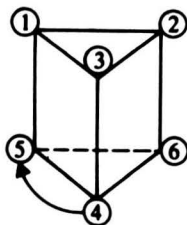


Symbol chiralności =  $A$

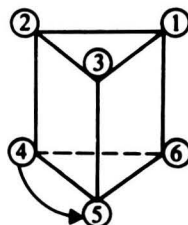
### 10.7.3.5. Symbole chiralności dla struktur pryzmatu trygonalnego

Dla układu pryzmatu trygonalnego wskaźnik konfiguracyjny wyprowadza się z liczb CIP atomów donorowych, leżących naprzeciw tej ściany trójkątnej, która zawiera więcej atomów o najwyższym starszeństwie CIP. Symbol chiralności określa się, patrząc na pryzmat trygonalny od strony wyróżnionej ściany trójkątnej oraz uwzględniając kierunek kolejności starszeństwa na mniej uprzywilejowanej ścianie trójkątnej.

Przykłady:



1. Symbol chiralności =  $C$

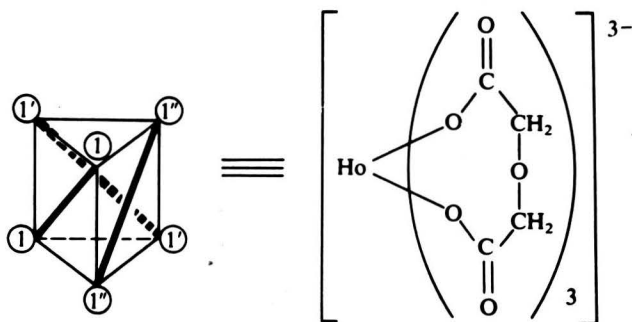


2. Symbol chiralności =  $A$

Przykład 3 ilustruje stosowanie konwencji stosowania znaków „prim” dla struktury nieoktaedrycznej. Oznaczenie chiralności opiera się na systemie przypisania ligandom znaków „prim”. W metodzie tej stosuje się odpowiednik zasady największej różnicy *trans* (patrz poprzedni ustęp tego rozdziału, 10.5.3.3). W szczególności symbol 1 na ścianie górnej umieszcza się nad symbolem 1'' na ścianie dolnej. Prowadzi to do kolejności pokazanej na przykładzie 3 i symbolu chiralności  $C$ . Deskryptorem stereochemicznym jest  $TPR-6-1''11'-C$ .

Przykład:

3.

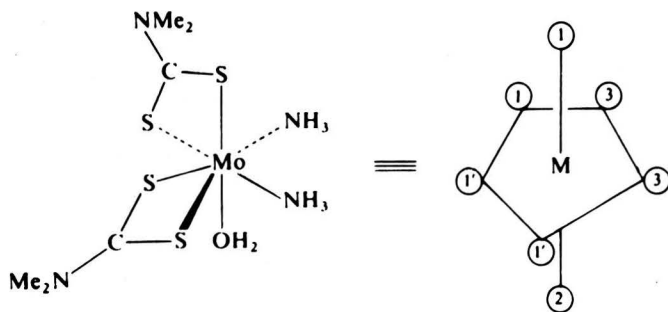


### 10.7.3.6. Symbole chiralności dla innych struktur bipiramidalnych

Procedura zastosowana do bipiramidy trygonalnej nadaje się również do innych struktur o geometrii bipiramidalnej, ale dodatkową komplikacją jest konieczność określenia najniższej kolejności lokantów na płaszczyźnie prostopadłej do osi. Taką kolejność uzyskuje się przez porównywanie zestawów lokantów, przechodząc kolejno cyfry z jednego lub drugiego końca (porównaj wcześniejszy ustęp tego rozdziału, 10.5.4.4). Związek przedstawiony w przykładzie 1 ma deskryptor stereochemiczny *PBPY-7-12-11'1'33-A*.

Przykład:

1.



## 10.8. Kompleksy wielordzeniowe

### 10.8.1. Informacje ogólne

Wielordzeniowe (polinuklearne) związki nieorganiczne występują w różnorodnych typach strukturalnych, takich jak jonowe ciała stałe, polimery molekularne, duże

ugrupowania oksoanionów (zarówno metali, jak i niemetalu), łańcuchy i pierścienie niemetalu, kompleksy metali połączone mostkami (kompleksy mostkowe) oraz homo- i heterojądrowe klastery. Poniższy rozdział obejmuje głównie mostkowe kompleksy metali oraz homo- i heterojądrowe klastery. Kompleksy polinuklearne mogą mieć struktury tak rozbudowane, że racjonalna nomenklatura oparta na strukturze staje się niepraktyczna. Struktury tych związków mogą być nieznane lub niedokładnie poznane. W takich wypadkach najbardziej odpowiednia jest nomenklatura stechiometryczna (por. 1.3.3.2).

### 10.8.2. Nomenklatura stechiometryczna

W nomenklaturze stechiometrycznej nazwy dostarczają niewiele informacji strukturalnych, a ich główną funkcją jest informowanie o ilościowych stosunkach składników. Ligandy wymienia się w zwykłym porządku alfabetycznym z odpowiednimi przedrostkami liczbowymi. Ligandy tworzące mostki, jeżeli można je określić, wskazuje się grecką literą  $\mu$ , która pojawia się przed nazwą liganda, oddzielona łącznikiem. Całe wyrażenie, np.  $\mu$ -chloro, jest oddzielone od reszty nazwy łącznikami, jak np. amina- $\mu$ -chloro-chloro itd., lub, w przypadku obecności bardziej skomplikowanych ligandów, nawiasami. Jeżeli ligand mostkowy występuje więcej razy, to stosuje się przedrostki zwielokrotniające, jak np. tri- $\mu$ -chloro-chloro, itd., lub dla bardziej złożonych ligandów bis( $\mu$ -difenylfosfido) itd. Krotność mostka ( $n$ ), tj. liczba centrów koordynacyjnych połączonych przez dany ligand mostkowy, podana jest po prawej stronie u dołu symbolu  $\mu$ ,  $\mu_n$ , gdzie  $n \geq 2$ . Krotność mostka 2 na ogół jest pomijana. Ligandy mostkowe wymienia się w porządku alfabetycznym wraz z innymi ligandami, ale dany ligand mostkowy podaje się przed jego odpowiednikiem niemostkowym, np. di- $\mu$ -chloro-tetrachloro. Wielokrotnie mostki wymienia się w kolejności malejącej złożoności, jak np.  $\mu_3$ -okso-di- $\mu$ -okso-triokso. W wypadku ligandów wymagających stosowania nawiasów, znak  $\mu$  jest zawarty wewnątrz tych nawiasów (<sup>10h</sup>). Atomy centralne wymienia się w porządku alfabetycznym po ligandach (przykład 2). Liczbę atomów centralnych danego rodzaju, jeżeli jest większa niż jeden, wskazuje przedrostek liczbowy (przykład 1). Dla substancji anionowych przyrostek -an (-ian) i liczbę wskazującą ładunek jonu dodaje się po nazwach atomów centralnych, które wówczas zamknięte są w nawiasach (przykład 3).

*Przykłady:*



trihydroheksakis[trimetylofosforano(III)]trirod

2.  $[[\text{CoCu}_2\text{Sn}(\text{CH}_3)]\{\mu\text{-(C}_2\text{H}_3\text{O}_2)\}_2(\text{C}_5\text{H}_5)]$  (cyklopentadienyl)(metylo)-bis-( $\mu$ -octano)cynakobaltdimiedź
3.  $[\text{Fe}_2\text{Mo}_2\text{S}_4(\text{C}_6\text{H}_5\text{S})_4]^{2-}$  tetrakis(benzenotiolano)tetratio(dimolibden-dielazo)an(2-)

### 10.8.3. Nomenklatura strukturalna

#### 10.8.3.1. Kompleksy dwurdzeniowe

Ligandy mostkowe wskazuje się tak samo jak w nomenklaturze stechiometrycznej, chyba że symetria kompleksu pozwala utworzyć prostszą nazwę przez zastosowanie przedrostków zwielokrotniających do symetrycznych części nazwy.

Przykłady:

1.  $[\{\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\}_2(\mu\text{-OH})]\text{Cl}_5$  pentachlorek  $\mu$ -hydrokso-bis(pentaminachromu)(5+)
2.  $[\{\text{PtCl}\{\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\}\}_2(\mu\text{-Cl})_2]$  di- $\mu$ -chloro-bis[chloro(trifenylfosfina)platyna]
3.  $[\{\text{Fe}(\text{NO})_2\}_2\{\mu\text{-P}(\text{C}_6\text{H}_5)_2\}_2]$  bis( $\mu$ -difenylfosfido)bis(dinitrozyłżelazo)

Wiązanie metal – metal można wskazać za pomocą symboli odpowiednich atomów, pisanych kursywą i połączonych długą kreską. Zapis ten ujmuje się w nawiasy i umieszcza po nazwach atomów centralnych, a przed ładunkiem jonu.

Przykłady:

4.  $[\text{Br}_4\text{ReReBr}_4]^{2-}$  bis(tetrabromorenian)(*Re—Re*)(2-)
5.  $[\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}]$  bis(pentakarbonylmangan)(*Mn—Mn*)  
lub dekarbonyldimangan(*Mn—Mn*)

#### 10.8.3.2. Niesymetryczne jednostki dwurdzeniowe

Kompleksy dwurdzeniowe mogą być niesymetryczne albo z powodu obecności atomów różnych metali, albo z powodu różnego otoczenia koordynacyjnego takich samych atomów metali, albo z obydwu tych powodów. Jednostki heterodwurdzeniowe numeruje się według starszeństwa atomów centralnych, podanego w tab. IV, przy czym atom centralny o wyższym starszeństwie (starszeństwo wzrasta od strony prawej do lewej w tab. IV) otrzymuje numer 1, chociaż atomy centralne wymienia się nadal w porządku alfabetycznym ich nazw. Niesymetryczne kompleksy homodwurdzeniowe numeruje się następująco: starszeństwo otrzymuje ten atom

centralny, który daje najniższy zestaw lokantów (tj. taki, który ma najniższy lokant na pierwszej pozycji, gdzie występuje różnica); dla prostych przypadków odpowiada to atomowi centralnemu z większą liczbą ligandów. Jeśli to zawodzi, pierwszeństwo wyznacza alfabetyczny porządek ligandów: ten atom centralny, który ma więcej ligandów o pierwszych literach z początku alfabetu, otrzymuje numer 1.

W razie potrzeby, celem wskazania atomów związanych koordynacyjnie i ich układu stosuje się symbol  $\kappa$  z symbolami atomów donorowych pisanymi kursywą. Ligandy mostkowe i niesymetryczne rozmieszczenie ligandów wskazuje się za pomocą liczbowych lokantów atomu centralnego, do którego jest dołączony dany ligand. Liczbowy lokant atomu centralnego umieszcza się przed symbolem  $\kappa$ . Tak więc (benzenotiolano- $1\kappa S$ ) oznacza, że atom siarki jest związany z atomem centralnym numer 1. Aby zaznaczyć liczbę równoważnych atomów koordynowanych przez określony atom centralny, stosuje się liczbowe wskaźniki pisane po prawej stronie u góry.

Przykład:



Wiązanie mostkowe oznacza się za pomocą przedrostka  $\mu$ , a jeżeli tworzą je różne atomy tej samej grupy, to lokanty atomów donorowych i ich symbole oddziela się dwukropkiem, np.  $-\mu$ -azotano(III)- $1\kappa N:2\kappa O$ -. Hierarchia znaków jest na ogół następująca  $, < : < ;$  ale w tym kontekście dwukropek stosuje się tylko do wskazania tworzenia mostka. Tak więc, w zamieszczonym poniżej przykładzie 6 występują zarówno przecinek, jak i średnik, ponieważ hierarchia znaków musi być zachowana tam, gdzie nie tworzy się mostek.

Przykłady:

2.  $[[\overset{1}{\text{Ir}}\text{Cl}_2(\text{CO})\{\overset{2}{\text{P}}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\}_2](\overset{2}{\text{Hg}}\text{Cl})]$   
trichloro- $1\kappa^2Cl,2\kappa Cl$ -karbonyl- $1\kappa C$ -bis(trifenylfosfina- $1\kappa P$ )  
irydrtęć( $Hg-Ir$ )
3.  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5(\mu\text{-OH})\text{Cr}(\text{NH}_3)_4(\text{NH}_2\text{CH}_3)]\text{Cl}_5$   
pentachlorek nonaamina- $\mu$ -hydrokso-(metanoamina)di-  
chromu(5+)
4.  $[\{\text{Co}(\text{NH}_3)_3\}_2(\mu\text{-OH})_2(\mu\text{-NO}_2)]\text{Br}_3$   
tribromek  $\mu$ -azotano(III)- $\kappa N:\kappa O$ -di- $\mu$ -hydrokso-bis(tri-  
aminakobaltu)(3+)

5. [ $\overset{1}{\text{Co}}(\text{NH}_3)_3\{\mu\text{-OH}\}_2\{\mu\text{-NO}_2\}\{\overset{2}{\text{Co}}(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})(\text{NH}_3)_2\}$ ] $\text{Br}_3$   
tribromek pentaamina- $1\kappa^3\text{N}, 2\text{-}\kappa^2\text{N}$ - $\mu$ -azotano(III)- $1\kappa\text{N}: 2\kappa\text{O}$ - $\text{di-}\mu$ -hydrokso-(pirydyna- $2\kappa\text{N}$ )dikobaltu(3+)
6. [ $\overset{1}{\text{Cu}}(2,2'\text{-bpy})(\text{H}_2\text{O})(\mu\text{-OH})_2\overset{2}{\text{Cu}}(2,2'\text{-bpy})(\text{SO}_4)$ ]  
akwa- $1\kappa\text{O}$ -bis(2,2'-bipirydyna)- $1\kappa^2\text{N}^1, \text{N}^1; 2\kappa^2\text{N}^1, \text{N}^1$ - $\text{di-}\mu$ -hydrokso-[siarczano(2-)- $2\kappa\text{O}$ ]dimiedź(II)
7. [ $\{\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})\}_2(\mu\text{-C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_4$ ]  
tetrakis( $\mu$ -octano- $\kappa\text{O}:\kappa\text{O}'$ )bis-(pirydyna)miedź(II)
8. [ $\overset{1}{\text{Ni}}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}\{\mu\text{-}(\text{C}_2\text{H}_3\text{OS})\}\overset{2}{\text{Ni}}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_2$ ]  
heptaamina- $1\kappa^4\text{N}, 2\kappa^3\text{N}$ -trichloro- $1\kappa\text{Cl}, 2\kappa^2\text{Cl}$ -( $\mu$ -tiooctano- $2\kappa\text{O}: 1\kappa\text{S}$ )dinikiel
9. Izomer kompleksu z przykładu 8 z inaczej związanym tiooctanem  
heptaamina- $1\kappa^4\text{N}, 2\kappa^3\text{N}$ -trichloro- $1\kappa\text{Cl}, 2\kappa^2\text{Cl}$ -( $\mu$ -tiooctano- $1\kappa\text{O}: 2\kappa\text{S}$ )dinikiel

### 10.8.3.3. Struktury trójdzeniowe i większe

Nomenklatura strukturalna bardziej złożonych kompleksów wielordzeniowych opiera się na opisie centralnej lub podstawowej jednostki strukturalnej i na logicznej procedurze numerowania atomów. Numeruje się tylko atomy metali. W wypadku klasterów nieliniowych do opisu centralnych jednostek strukturalnych (CSU) stosuje się tradycyjnie deskryptory, takie jak *tetraedro* i *dodekaedro*. Jednakże w związku z rozwojem syntezy chemicznej deskryptory CSU nadają się do stosowania tylko w prostych przypadkach (zob. dalej).

Obszerny system deskryptorów CSU i system numerowania opracowany został dla związków boru przez Caseya, Evansa i Powella i nazwany od pierwszych liter ich nazwisk systemem CEP [47]. Deskryptory CEP są systematycznymi alternatywami deskryptorów tradycyjnych dla wielościanów o wszystkich ścianach trójkątnych (deltaedrycznych) i wymienione są w tab. 10.8.

Numerowanie CSU opiera się na określeniu osi odniesienia i prostopadłych do tej osi płaszczyzn atomów. Osią odniesienia jest oś obrotu o najwyższej symetrii. Jako pierwszą numeruje się płaszczyznę prostopadłą do osi z pojedynczym atomem (lub najmniejszą liczbą atomów). Orientuje się CSU tak, aby pierwszy lokant, na płaszczyźnie zawierającej więcej niż jeden atom, był ustawiony w położeniu godziny 12 zegara. Następnie przypisuje się lokanty liczbowe pozycji osiowej lub każdej pozycji na pierwszej płaszczyźnie, poczynając od położenia na godzinie 12 i poruszając się zgodnie lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Z pierwszej płasz-

Tabela 10.8. Deskrytory strukturalne

| <i>Liczba atomów w CSU</i> | <i>Deskryptor</i>    | <i>Grupa punktowa</i> | <i>Deskryptor CEP</i>                    |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|--|
| 3                          | triangolo            | $D_{3h}$              |  |
| 4                          | kwadro               | $D_{4h}$              |  |
| 4                          | tetraedro            | $T_d$                 | $[T_d-(13)-\Delta^4\text{-klosso}]$      |
| 5                          |                      | $D_{3h}$              | $[D_{3h}-(131)-\Delta^6\text{-klosso}]$  |
| 6                          | oktaedro             | $O_h$                 | $[O_h-(141)-\Delta^8\text{-klosso}]$     |
| 6                          | tripryzmo            | $D_{3h}$              |  |
| 8                          | antypryzmo           | $S_6$                 |  |
| 8                          | dodekaedro           | $D_{2d}$              | $[D_{2d}-(2222)-\Delta^8\text{-klosso}]$ |
| 8                          | heksaedro (sześcián) | $O_h$                 |  |
| 12                         | ikozaedro            | $I_h$                 | $[I_h-(1551)-\Delta^{20}\text{-klosso}]$ |

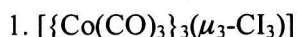
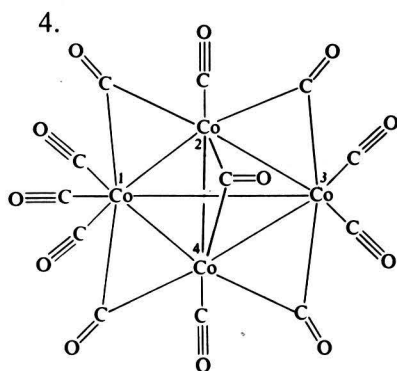
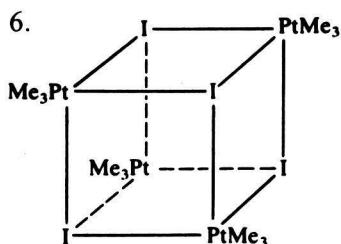
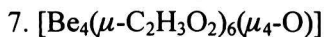
czyzny przesuwa się do następnej i kontynuuje numerowanie w tym samym kierunku (zgodnie lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara), powracając zawsze do pozycji godziny dwunastej lub pozycji najbliższej do niej. Numerowanie kontynuuje się w ten sposób tak długo, aż wszystkie pozycje zostaną ponumerowane. Pełna dyskusja numerowania deltaedrów znajduje się w cytowanej poprzednio literaturze. Kompletny deskryptor dla CSU powinien być umieszczony tuż przed listą atomów centralnych. Tam, gdzie jest to ważne ze względów strukturalnych, należy wskazać wiązania metal – metal (por. 10.8.3.1).

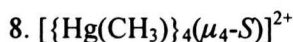
#### 10.8.3.4. Symetryczne jednostki centralne

Centralne jednostki strukturalne można zidentyfikować i ponumerować dla celów nomenklaturowych zgodnie z opisem w poprzednim punkcie tego rozdziału (10.8.3.3). Jednakże wiele symetrycznych CSU nie wymaga pełnego zestawu lokantów w swojej nazwie, ponieważ wywodzące się z nich związki nie wykazują izomerii.

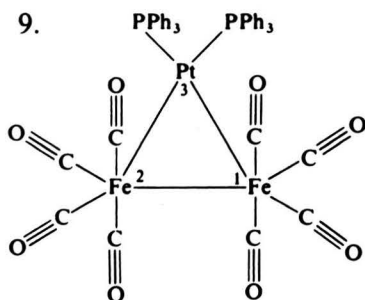
Lokanty ligandów mostkowych wymienia się tak samo jak dla kompleksów dwurdzeniowych. W bardziej skomplikowanych związkach wielordzeniowych konieczne są czasami złożone lokanty dla mostków jednoatomowych. Dla tych substancji lokanty podaje się przed wskaźnikiem liganda  $\kappa$  i oddziela dwukropkiem, np.  $\text{tri-}\mu\text{-chloro-1:2}\kappa^2\text{Cl};1:3\kappa^2\text{Cl};2:3\kappa^2\text{Cl}$ . Należy zauważyć, że ze względu na użycie dwukropka zbiory mostkowych lokantów oddzielone są średnikiem. Taki sposób postępowania wynika z hierarchii znaków przestankowych opisanej w poprzednim punkcie tego rozdziału (10.8.3.2).

## Przykłady:

 $(\mu_3\text{-jodometylideno})\text{-nonakarbonyl-}$   
*triangulo-trikobalt(3 Co—Co)*dodekachloro-*triangulo-trirenian*  
(3 *Re—Re*)(3–) cezutetra- $\mu_3$ -jodo-tetrakis(trietylofosfina)-  
*tetraedro-tetra-miedź* lub  
tetra- $\mu_3$ -jodo-tetrakis(trietylofos-  
fina)[ $T_d(13)\text{-}\Delta^4\text{-klosso}$ ]tetramiedźpenta- $\mu$ -karbonyl-  
1:2 $\kappa^2\text{C}$ ; 1:4 $\kappa^2\text{C}$ ; 2:3 $\kappa^2\text{C}$ ; 2:4 $\kappa^2\text{C}$ ; 3:4 $\kappa^2\text{C}$ -hepta-  
karbonyl-1 $\kappa^3\text{C}$ , 2 $\kappa\text{C}$ , 3 $\kappa^2\text{C}$ , 4 $\kappa\text{C}$ -*tetraedro-te-*  
trakobalt(4 *Co—Co*) lubpenta- $\mu$ -karbonyl-  
1:2 $\kappa^2\text{C}$ ; 1:4 $\kappa^2\text{C}$ ; 2:3 $\kappa^2\text{C}$ ; 2:4 $\kappa^2\text{C}$ ; 3:4 $\kappa^2\text{C}$ -hepta-  
karbonyl-1 $\kappa^3\text{C}$ , 2 $\kappa\text{C}$ , 3 $\kappa^2\text{C}$ , 4 $\kappa\text{C}$ -[ $T_d(13)\text{-}\Delta^4\text{-}$   
*klosso*]-tetrakobalt(4 *Co—Co*)okta- $\mu_3$ -tio-*oktaedro-heksamolibdenian(2–)*  
lub okta- $\mu_3$ -tio-[ $O_h(141)\text{-}\Delta^8\text{-klosso}$ ]heksa-  
molibdenian(2–)tetra- $\mu$ -jodo-tetrakis[trimetyloplatyna(IV)]  
lub tetra- $\mu$ -jodo-dodekametylo-  
1 $\kappa^3\text{C}$ , 2 $\kappa^3\text{C}$ , 3 $\kappa^3\text{C}$ , 4 $\kappa^3\text{C}$ -*tetraedro-tetra*platyna(IV) lub tetra- $\mu$ -jodo-dodekametylo-  
1 $\kappa^3\text{C}$ , 2 $\kappa^3\text{C}$ , 3 $\kappa^3\text{C}$ , 4 $\kappa^3\text{C}$ -[ $T_d(13)\text{-}\Delta^4\text{-klosso}$ ]  
tetraplatyna(IV).heksakis( $\mu$ -oktano- $\kappa\text{O}:\kappa\text{O}'$ )- $\mu_4$ -okso-*tetra-*  
*edro-tetraberyl* lub heksakis( $\mu$ -oktano-  
 $\kappa\text{O}:\kappa\text{O}'$ )- $\mu_4$ -okso-[ $T_d(13)\text{-}\Delta^4\text{-klosso}$ ]tetra-  
beryl



jon  $\mu_4$ -tio-tetrakis(metylorłęci)(2+) lub jon tetrametylo- $1\kappa\text{C}, 2\kappa\text{C}, 3\kappa\text{C}, 4\kappa\text{C}$ - $\mu_4$ -tio-tetraedro-tetrartęci(2+) lub jon tetrametylo- $1\kappa\text{C}, 2\kappa\text{C}, 3\kappa\text{C}, 4\kappa\text{C}$ - $\mu_4$ -tio- $[\text{T}_d(13)-\Delta^4$ -klosso]tetrartęci(2+)

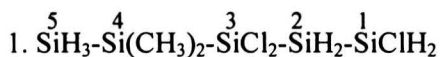


oktakarbonyl- $1\kappa^4\text{C}, 2\kappa^4\text{C}$ -bis(trifenylfosfina- $3\kappa\text{P}$ )-triangulo-platynadizelazo( $\text{Fe}-\text{Fe}$ ) (2  $\text{Fe}-\text{Pt}$ )

### 10.8.3.5. Niesymetryczne jednostki centralne

Atomy centralne w wielordzeniowych strukturach łańcuchowych (prostyach lub rozgałęzionych) i pierścieniowych numeruje się kolejno od jednego końca związku wzdłuż ścieżki zawierającej największą liczbę atomów centralnych. Miejsce, z którego rozpoczyna się numerowanie, wybiera się zgodnie z kolejnością starszeństwa podaną w tab. IV. Jeśli to kryterium jest niewystarczające, numerację rozpoczyna się od tego miejsca, które prowadzi do najmniejszego zestawu lokantów dla ligandów (najniższy lokant na pierwszej pozycji, na której występuje różnica). Jeżeli i to zawodzi, priorytet określa porządek alfabetyczny ligandów. Wybrany skrajny atom centralny uzyskuje numer 1. Lokant, jeśli jest potrzebny, poprzedza nazwę atomu w spisie atomów centralnych (zob. przykład 3). Jeśli to konieczne, położenie atomów donorowych liganda wskazuje się za pomocą wskaźnika liganda kappą,  $\kappa$ , z lokantem atomu centralnego i symbolem atomu pisanym kursywą.

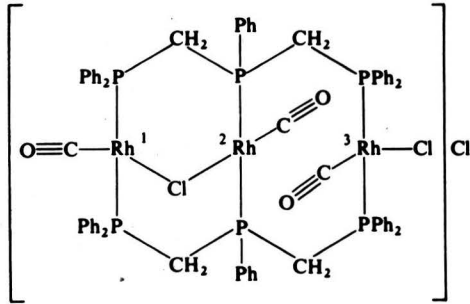
Przykłady:



trichloro- $1\kappa\text{Cl}, 3\kappa^2\text{Cl}$ -heptahydrydodimetylo- $4\kappa^2\text{C}$ -pentakrzem ( $^{10i}$ )  
dodekakarboxyl- $1\kappa^4\text{C}, 2\kappa^4\text{C}, 3\kappa^4\text{C}$ -bis(trichlorosililo)- $1\kappa\text{Si}, 3\kappa\text{Si}$ -triosm(2  $\text{Os}-\text{Os}$ )

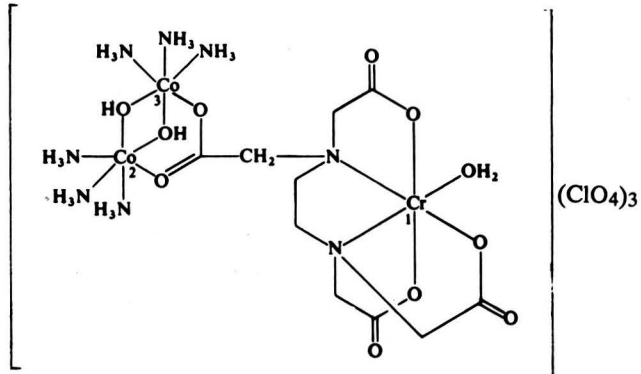


3.



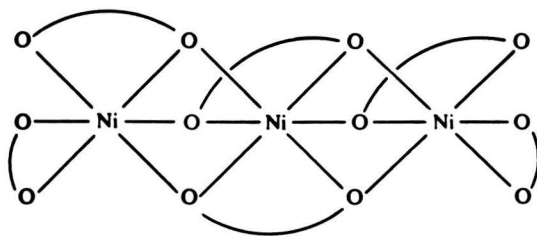
chlorek  $\mu$ -chloro-1:2 $\kappa^2$ Cl-chloro-3 $\kappa$ Cl-bis{ $\mu_3$ -bis[(difenylfosfino)-1 $\kappa$ P':3 $\kappa$ P''-metylo]fenylofosfina-2 $\kappa$ P}-trikarbonyl-1 $\kappa$ C,2 $\kappa$ C,3 $\kappa$ C-trirodu(1+)

4.



trichloran(VII) akwa-1 $\kappa$ O-heksaamina-2 $\kappa^3$ N,3 $\kappa^3$ N-[ $\mu_3$ -(etano-1,2-diylodinitrylo-1 $\kappa^2$ N,N')-tetraoctano-1 $\kappa^3$ O<sup>1</sup>,O<sup>2</sup>,O<sup>3</sup>:2 $\kappa$ O<sup>4</sup>:3 $\kappa$ O<sup>4</sup>]-di- $\mu$ -hydrokso-2:3 $\kappa^4$ O-1-chromu-2,3-dikobaltu(3+)

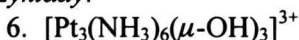
5.



bis( $\mu_3$ -pentano-2,4-dioniano-1:2 $\kappa^2O^2$ ;2:3 $\kappa^2O^4$ )bis( $\mu$ -pentano-2,4-dioniano)-1 $\kappa O^2$ ,1:2 $\kappa^2O^4$ ;3 $\kappa O^4$ ,2:3 $\kappa^2O^2$ -bis(pentano-2,4-dioniano)-1 $\kappa^2O^2$ , $O^4$ ;3 $\kappa^2O^2$ , $O^4$ -trinikiel

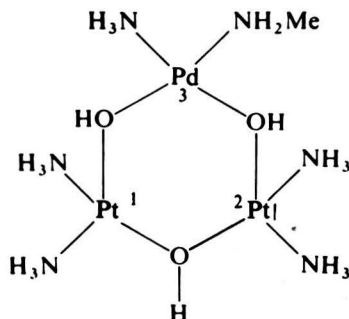
Atomy centralne w pierścieniowych strukturach mostkowych numeruje się zgodnie z tab. IV. Jeśli to nie wystarczy, pierwszeństwo przypisuje się mniejszemu zbiorowi lokantów dla ligandów związanych z danym atomem centralnym. Jeżeli i to zawodzi, priorytet ustala alfabetyczny porządek ligandów. Najwyższe starszeństwo ma ten atom centralny, który ma najwięcej ligandów preferowanych alfabetycznie. Do związków monocyklicznych można stosować przedrostek *cyklo-*; jest on pisany kursywą i wymieniany przed wszystkimi ligandami.

Przykłady:



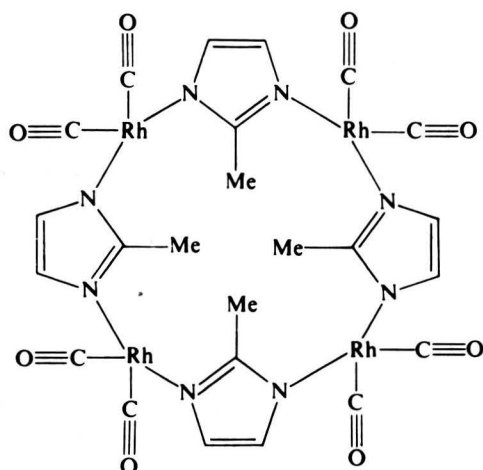
jon *cyklo-tri- $\mu$ -hydrokso-tris(diamina-platyny)(3+)* lub  
jon heksaaminatri- $\mu$ -hydrokso-*trian-gulo-triplatyny(3+)*

7.



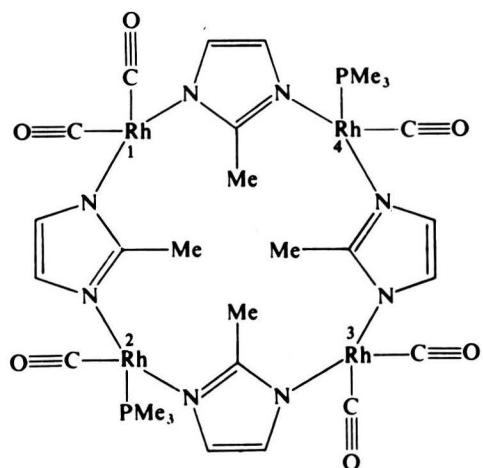
jon *cyklo-pentaamina-1 $\kappa^2N$ ,2 $\kappa^2N$ ,3 $\kappa N$ -tri- $\mu$ -hydrokso-1:2 $\kappa^2O$ ;1:3 $\kappa^2O$ ;2:3 $\kappa^2O$ -(metyloamina-3 $\kappa N$ )palladudiplatyny(3+)*

8.



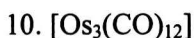
*cyklo-tetrakis(μ-2-metyloimidazolo-κN<sup>1</sup>:κN<sup>3</sup>)tetrakis(dikarbonylrod)*

9.



*cyklo-heksakarbonyl-1κ<sup>2</sup>C,2κC,3κ<sup>2</sup>C,4κC-tetrakis(μ-2-metyloimidazolo)-1:2κ<sup>2</sup>N<sup>1</sup>:N<sup>3</sup>;1:4κ<sup>2</sup>N<sup>1</sup>:N<sup>3</sup>;2:3κ<sup>2</sup>N<sup>1</sup>:N<sup>3</sup>;3:4κ<sup>2</sup>N<sup>1</sup>:N<sup>3</sup>-bis(trimetylofosfina)-2κP,4κP-tetrarod*

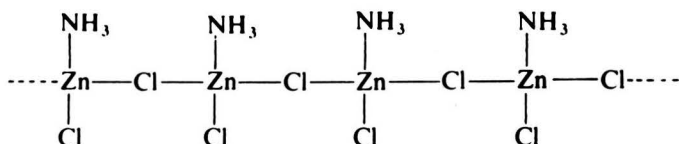
Kiedy w nazwach kompleksów z wiązaniami metal – metal stosuje się przedrostek *cyklo-*, konieczne stają się symbole wskazujące na obecność tych wiązań (przykład 10).



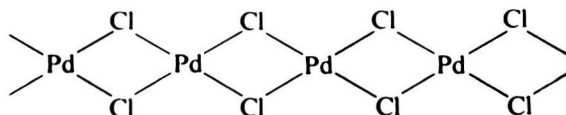
*cyklo-dodekakarbonyl-1κ<sup>4</sup>C,2κ<sup>4</sup>C,3κ<sup>4</sup>C-tri-osm(3 Os—Os)*

### 10.8.4. Jednożyłowe polimery koordynacyjne

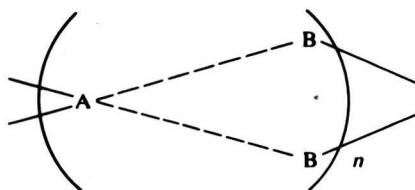
Jeśli tworzenie mostków powoduje rozciągnięcie struktury w nieskończoność, podstawę nazwy stanowi powtarzająca się jednostka. I tak, związek o składzie  $\text{ZnCl}_2 \cdot \text{NH}_3$  ma strukturę pokazaną poniżej i powinno się go nazywać tak jak polimer.



$\text{PdCl}_2$  charakteryzuje się strukturą polimeryczną z podwójnym mostkiem. Obydwa te związki należą do polimerów jednożyłowych.



Regularne polimery jednożyłowe charakteryzują się *powtarzalną jednostką konstytucyjną* (w skrócie CRU z angielskiego *constitutional repeating unit*), która jest łączona przez pojedyncze atomy na obu końcach,  $-(A-B)_n-$ . W  $\text{ZnCl}_2 \cdot \text{NH}_3$  atomami A i B są odpowiednio Zn i Cl. Szczegóły praktyki nomenklaturowej tych substancji opisano uprzednio [18, 19]. Podobnie można określić polimery quasi-jednożyłowe, w których tylko jeden koniec jest łączony poprzez pojedynczy atom z następną identyczną CRU. W  $\text{PdCl}_2$  atomami A i B są odpowiednio Pd i Cl. Zasady nomenklaturowe, definiujące CRU i określające polimer za pomocą CRU, nie są w pełni zgodne z regułami podanymi powyżej dla kompleksów wielordzeniowych. Tutaj podano tylko podstawowe wyjaśnienia.



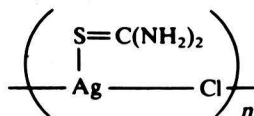
Nazwa pierwszego z polimerów podanych powyżej,  $\text{ZnCl}_2 \cdot \text{NH}_3$ , to *katenapoli*[(aminachlorocynk)- $\mu$ -chloro]. Podobnie chlorek palladu(II) to *katena-poli*[pallad(II)- $\mu$ -dichloro]. Jak widać, kolejność składników w tych nazwach jest odwrotna do kolejności stosowanej w normalnej praktyce chemii nieorganicznej.

Zasadnicze elementy nomenklatury jednożyłowych polimerycznych związków koordynacyjnych zawierają: wybór powtarzalnej jednostki konstytucyjnej (CRU);

jej orientację taką, aby atom centralny o najwyższym priorytecie (tab. IV) był wymieniony jako pierwszy; nazwanie tej części CRU, która nie zawiera ligandów mostkowych, zgodnie z praktyką nomenklatury nieorganicznej; i w końcu nazwanie ligandów mostkowych, oddzielonych wskaźnikiem mostkowania,  $\mu$  (<sup>10j</sup>).

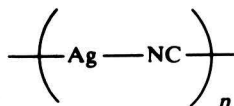
Przykłady:

1.



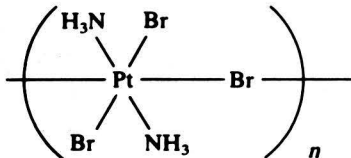
*katena-poli*[[*(tiomocznik-S)*srebro]- $\mu$ -chloro]

2.



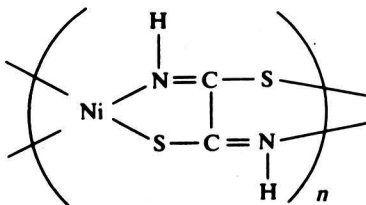
*katena-poli*[srebro- $\mu$ -(cyjano-*N:C*)] (<sup>10k</sup>)

3.



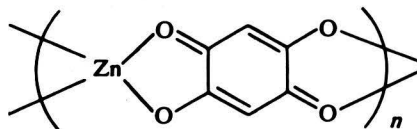
*katena-poli*[(*diaminadibromoplatyna*)- $\mu$ -bromo]

4.



*katena-poli*[nikiel- $\mu$ -[*ditioooksamidano(2-)*]- $\kappa N, \kappa S: \kappa N', \kappa S'$ ]

5.



*katena-poli*[cynk- $\mu$ -[*2,5dihydroksy-p-benzochinoniano(2-)*]- $O^1, O^2: O^4, O^5$ ]

## 10.9. Związki metaloorganiczne

### 10.9.1. Informacje ogólne

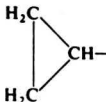
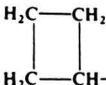
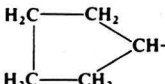
Związkami metaloorganicznymi nazywa się zazwyczaj substancje chemiczne, zawierające wiązanie węgiel – metal. Do najprostszych należą związki zawierające grupy alkilowe jako ligandy, takie jak np. dietylocynk. Na ogół ligandy związane z metalami przez pojedynczy atom węgla są nazywane tradycyjnymi nazwami grup podstawnikowych, chociaż ligandy te muszą być traktowane jako aniony, celem obliczenia stopni utlenienia. W tych wypadkach tworzenie nazwy ma charakter umowny. Ligandy, które zazwyczaj traktuje się, jak tworzące podwójne wiązania metal – donor (alkilideny) lub potrójne wiązania (alkilidyny), uzyskują również nazwy grup podstawnikowych.

*Przykłady:*

- |  |   |
|--|---|
| 1. $[\text{Hg}(\text{CH}_3)_2]$  | dimetylortec  |
| 2. $\text{MgBr}[\text{CH}(\text{CH}_3)_2]$   | bromo(izopropyl)magnez  |
| 3. $[\text{Ti}(\text{CN})(\text{C}_6\text{H}_5)_2]$  | cyjanodifenylołal   |
| 4. $[\text{Fe}(\text{CH}_3\text{CO})\text{I}(\text{CO})_2\{\text{P}(\text{CH}_3)_3\}_2]$   | acetylojododikarbonylbis(tri-<br>metylofosfina)żelazo   |
| 5. $[\text{W}\{\text{CC}_6\text{H}_5(\text{CH}_3\text{O})\}(\text{CO})_4(\text{NCCH}_3)]$  | (acetonitryl)tetrakarbonyl( $\alpha$ -me-<br>toksybenzylideno)wolfram                                   |
| 6. $[\text{W}(\text{SeC}_6\text{H}_5)(\text{CO})_4[\text{C}\{\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\}]]$   | (benzenoselenolano)[(dietylo-<br>amino)metylidyno]tetrakarbonyl-<br>wolfram                             |
| 7. $[\text{Pt}\{\overline{\text{C}(\text{O})\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)}\}\{\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3\}_2]$ | (1-okso-2,3-difenylotrimetyleno)-<br>$\kappa\text{C}^1, \kappa\text{C}^3$ -bis(trifenylofosfina)platyna |
| 8. $[\text{Co}\{\text{Si}(\text{CH}_3)_3\}\{\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\}(\text{CO})_3]$  | trikarbonyl(trietylofosfina)(tri-<br>metylosililo)kobalt  |

Tabela 10.9. Nazwy grup organicznych stosowane w nomenklaturze koordynacyjnej

| <i>Wzór grupy</i>                    | <i>Nazwa systematyczna</i> | <i>Nazwa alternatywna<sup>a</sup></i> |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| $\text{CH}_3-$                       | metyl                      |                                       |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2-$            | etyl                       |                                       |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$ | propyl                     |                                       |

| <i>Wzór grupy</i>   | <i>Nazwa systematyczna</i>             | <i>Nazwa alternatywna<sup>a</sup></i> |
|---|--|---------------------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}- \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$     | 1-metyloetyl                           | izopropyl                             |
| $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$  | propen-2-yl                            | allil                                 |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$   | butyl                                  |                                       |
| $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CHCH}_2- \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$ | 2-metylopropyl                         | izobutyl                              |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}- \end{array}$                               | 1-metylopropyl                         | sec-butyl                             |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                       | 1,1-dimetyloetyl                       | tert-butyl                            |
|                                  | cyklopropyl                            |                                       |
|                                  | cyklobutyl                             |                                       |
|                                 | cyklopentyl                            |                                       |
| $\text{C}_5\text{H}_5-$   | cyklopentadienyl                       |                                       |
| $\text{C}_6\text{H}_5-$   | fenyl                                  |                                       |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2-$  | benzyl                                 |                                       |
| $\text{C}_{10}\text{H}_7-$  | naftalen-(1 lub 2)-yl                  | 1- lub 2-naftyl                       |
| $\text{C}_9\text{H}_7-$   | 1 <i>H</i> -indenyl                    | indenyl                               |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{17}-$   | 1,7,7-trimetylobicyklo[2.2.1]hept-2-yl | 2-bornyl                              |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{C}- \end{array}$   | acetyl                                 |                                       |
| $\text{SiH}_3$  | silil                                  |                                       |
| $\text{SnH}_3$  | stannyl                                |                                       |

| <i>Wzór grupy</i>  | <i>Nazwa systematyczna</i>   | <i>Nazwa alternatywna<sup>a</sup></i> |
|--|------------------------------|---------------------------------------|
| $\text{GeH}_3$   | germanył                     |                                       |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CCH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                      | 2,2-dimetylopropyl           | neopentyl                             |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$   | propionyl                    |                                       |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$  | butyrył                      |                                       |
| $\text{CH}_2=$   | metylen                      |                                       |
| $\text{CH}_3\text{CH}=\text{}$   | etyliden                     |                                       |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{}$  | propyliden                   |                                       |
| $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{}$  | propen-2-yliden              | alliliden                             |
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$               | 1-metyloetyliden             |                                       |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \end{array}$ | cyklopropyliden              |                                       |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{C}=\text{C} \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}$   | cyklobutyliden               |                                       |
| $\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH} \\   \quad   \\ \text{CH}=\text{CH}-\text{C}=\text{C} \end{array}$             | cyklopenta-2,4-dien-1-yliden |                                       |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{}$  | benzyliden                   |                                       |
| $\text{CH}\equiv$  | metylidyn                    |                                       |
| $\text{CH}_3\text{C}\equiv$  | etylidyn                     |                                       |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv$   | propylidyn                   |                                       |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}\equiv$   | benzylidyn                   |                                       |
| $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$   | etano-1,2-diyl               | etylen                                |
| $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$  | propano-1,3-diyl             | trimetylen                            |
| $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$   | butano-1,4-diyl              | tetrametylen                          |
| $\text{CH}_2=\text{CH}-$   | etenyl                       | winył                                 |

| <i>Wzór grupy</i>   | <i>Nazwa systematyczna</i> | <i>Nazwa alternatywna<sup>a</sup></i> |
|---|----------------------------|---------------------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{-CHCH}_2\text{-} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | 1-metyloetano-1,2-diył     | propylen                              |
| CH≡C-   | etynył                     |                                       |

<sup>a</sup> Nazwy alternatywne są zazwyczaj preferowane.

Ligandy tworzące z metalami chelaty przez obojętny heteroatom i atom węgla są nazywane tradycyjnymi nazwami podstawnikowymi, a heteroatom związany z atomem metalu wskazuje się przez napisanie jego symbolu kursywą lub za pomocą notacji  $\kappa$ .

*Przykłady:*

9.  $[\text{Pd}\{\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2\}\text{Cl}_2]^-$  dichloro{2-[(dimetyloamino)metylo]fenylo- $C^1, N$ }palladan(II) lub dichloro{2-(dimetyloamino- $\kappa N$ )metylo]fenylo- $\kappa C^1$ }palladan(II)
10.  $[\text{Mn}\{\text{C}_6\text{H}_4\text{NN}(\text{C}_6\text{H}_5)\}_2(\text{CO})_4]$  [2-(fenylazo)fenylo- $C^1 N^2$ ]tetrakarbonylmangan lub [2-(fenylazo- $\kappa N^2$ )fenylo- $\kappa C^1$ ]tetrakarbonylmangan

Nazwy ligandów związanych z metalem poprzez atom węgla i anionowy heteroatom uzyskują końcówkę -an (-ian), a formalny ładunek anionu podany jest za pomocą odpowiedniej liczby. Atomy donorowe zaznacza się za pomocą ich symboli lub stosuje się notację  $\kappa$ .

*Przykłady:*

11.  $[\text{Ni}\{\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{O}\}_2\{(C_6H_5)_2\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{P}(C_6H_5)_2\}]$   
[etano-1,2-diylobis(difenylofosfina- $P$ )]propaniano(2-)- $C^3, O$ ]nikiel(II) lub [etano-1,2-diylobis(difenylofosfina- $\kappa P$ )]propaniano(2-)- $\kappa C^3, \kappa O$ ]nikiel(II)
12.  $[\text{Ni}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{NCH}_3)_2\{(C_6H_5)_2\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{P}(C_6H_5)_2\}]$   
[etano-1,2-diylobis(difenylofosfina- $P$ )]- $[N$ -metylopropanoamidano(2-)- $C^3, N$ ]-nikiel(II) lub [etano-1,2-diylobis(difenylofosfina- $\kappa P$ )]- $[N$ -metylopropanoamidano(2-)- $\kappa C^3, \kappa N$ ]-nikiel(II)

### 10.9.2. Kompleksy zawierające nienasycone cząsteczki lub grupy

Od czasu pierwszego doniesienia o syntezie ferrocenu liczba i różnorodność związków metaloorganicznych z nienasyconymi ligandami organicznymi niezmiernie wzrosła. Pojawiły się jednak dodatkowe komplikacje, ponieważ alkeny, alkiny, imidy, diazeny i inne ligandy zawierające układy nienasycone, takie jak cyklopentadienyl,  $C_5H_5^-$ , 1,3-butadien,  $C_4H_6$ , i cykloheptatrienylium,  $C_7H_7^+$ , mogą formalnie być anionowe, obojętne lub kationowe. Niekiedy struktury i wiązania mogą być skomplikowane lub słabo określone. Wtedy wygodne jest stosowanie nazw, które w zwykły sposób wskazują skład stechiometryczny. Nazwy ligandów układa się alfabetycznie, a po nich wymienia się nazwy atomów centralnych, również ułożone alfabetycznie. Nie stosuje się notacji do określenia wiązań.

*Przykłady:*

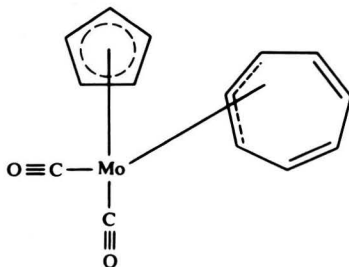
- |  |  |
|--|--|
| 1. $[PtCl_2(C_2H_4)(NH_3)]$                      | aminadichloro(eten)platyna   |
| 2. $[Hg(C_5H_5)_2]$                              | bis(cyklopentadienyl)rtęć  |
| 3. $[Fe_4Cu_4(C_5H_5)_4\{[(CH_3)_2N]C_5H_4\}_4]$ | tetrakis(cyklopentadienyl)-<br>tetrakis[(dimetyloamino)-<br>cyklopentadienyl]tetramieź-<br>tetrażelazo |

Specyficzna natura wiązania węglowodorów i innych układów  $\pi$ -elektronowych z atomami metalu i złożone struktury utworzonych związków sprawiają, że dotychczasowa nomenklatura jest niewystarczająca. Aby rozwiązać problemy wynikające z wiązania i struktury, wprowadzono symbol nomenklaturowy hapto [48]. Symbol hapto,  $\eta$  (grecka litera eta), z liczbowym wskaźnikiem u góry, zapewnia topologiczny opis przez wskazanie liczby połączeń pomiędzy ligandem a atomem centralnym.

Symbol  $\eta$  umieszcza się przed nazwą liganda lub tą jej częścią, która jest odpowiedzialna za połączenie, jak np. ( $\eta^2$ -etenylcyklopentadien) i (etenyl- $\eta^5$ -cyklopentadienyl). Wskaźnik liczbowy, zapisany u góry po prawej stronie symbolu  $\eta$ , wskazuje liczbę atomów w ligandzie, które tworzą wiązanie z danym atomem metalu (przykłady 4 do 10). W związkach, w których wskaźnik ten nie wystarcza do określenia struktury, przed symbolem  $\eta$  umieszcza się lokanty atomów liganda związanych z metalem i wraz z symbolem  $\eta$  umieszcza się je w nawiasach, jak np. (1,2,3- $\eta$ )- (przykłady 10, 11, 13). W takim wypadku pomija się, jako zbędny, wskaźnik liczbowy pisany po prawej stronie u góry. W kompleksach wielordzeniowych liczbowe lokanty atomów centralnych zapisuje się przed symbolem  $\eta$ , który wówczas jest zawsze umieszczony w nawiasach, jak np. 1( $\eta^5$ )- lub 2(1,2,3- $\eta$ )-. Przykłady 13 do 17 ilustrują te zasady.

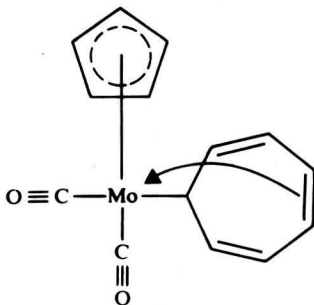
## Przykłady:

4.  $[\text{Fe}(\text{CO})_3(\text{C}_4\text{H}_6\text{SO})]$  ( $\eta^2$ -2,5-dihydrotiofeno-1-okso- $\kappa\text{O}$ )trikarbonylżelazo
5.  $[\text{Cr}(\text{C}_3\text{H}_5)_3]$  tris( $\eta^3$ -allilo)chrom
6.  $[\text{Cr}(\text{CO})_4(\text{C}_4\text{H}_6)]$  tetrakarbonyl( $\eta^4$ -2-metylenopropano-1,3-diylo)chrom
7.  $[\text{PtCl}_2(\text{C}_2\text{H}_4)(\text{NH}_3)]$  aminadichloro( $\eta^2$ -eten)platyna
8.  $[\text{Fe}(\text{CO})_3(\text{C}_7\text{H}_8)]$  ( $\eta^4$ -bicyklo[2.2.1]hepta-2,5-dien)trikarbonylżelazo
9.  $[\text{U}(\text{C}_8\text{H}_8)_2]$  bis( $\eta^8$ -cyklookta-1,3,5,7-tetraen)uran
- 10.



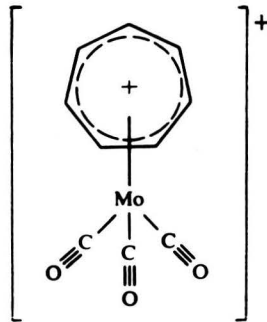
$[(1,2,3-\eta)\text{-cyklohepta-2,4,6-trienylo}](\eta^5\text{-cyklopentadienylo})\text{dikarbonylmolibden}$

11.



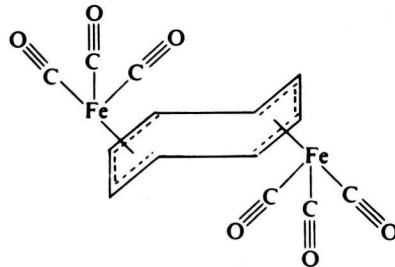
$(\eta^5\text{-cyklopentadienylo})[(4,5-\eta,\kappa\text{C}^1)\text{-cyklohepta-2,4,6-trienylo}]\text{dikarbonylmolibden} (^{101})$

12.

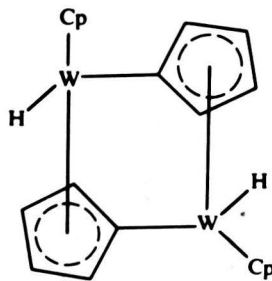
jon ( $\eta^7$ -cykloheptatrienylum)trikarbonylmolibdenu(1+)

W przykładzie 13 zastosowano dwukropek, tak jak w innych strukturach mostkowych (por. 10.8.3.2).

13.

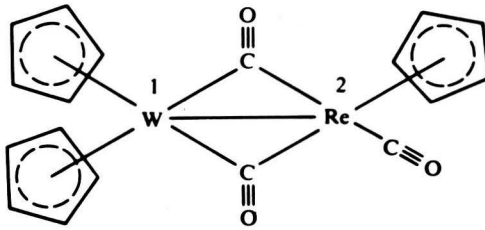
[ $\mu$ -(1,2,3,4- $\eta$ :5,6,7,8- $\eta$ )-cyklookta-1,3,5,7-tetraen]bis(trikarbonylżelazo)

14.



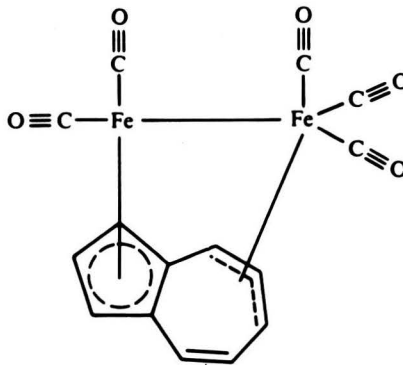
[ $\mu$ -1 $\kappa$ C:2( $\eta^5$ )-cyklopentadienylideno][ $\mu$ -2 $\kappa$ C:1( $\eta^5$ )cyklopentadienylideno]bis[( $\eta^5$ -cyklopentadienyl)hydrowolfram] ( $^{10m}$ )

15.



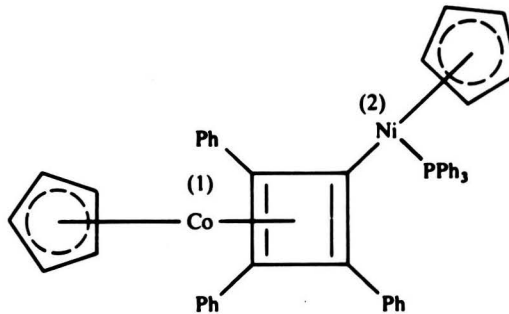
2κC-tris[1,1,2(η<sup>5</sup>)cyklopentadienyl]di-μ-karbonyl-karbonylrenwolfram (Re—W)

16.



[μ-(1,2,3,3a,8a-η:4,5,6)azulen]pentakarbonyldizelazo (Fe—Fe)

17.



bis[1,2(η<sup>5</sup>)-cyklopentadienyl][μ-2,3,4-trifenylo-2κC<sup>1</sup>:1(η<sup>4</sup>)-cyklobutadienyl](trifenylfosfina-2κP)kobaltnikiel

### 10.9.3. Metaloceny – kompleksy bis( $\eta^5$ -cyklopentadienylowe)

Kompleksy metali z ligandem bis( $\eta^5$ -cyklopentadienylowym) noszą tradycyjne nazwy, takie jak ferrocen, manganocen, rutenocen, niklocen itp. Nazwy te powinny ograniczać się tylko do związków bis( $\eta^5$ -cyklopentadienylowych) i nie należy ich rozciągać na pochodne  $\eta^6$ -benzenu,  $\eta^8$ -cyklooktateenu albo na inne analogi.

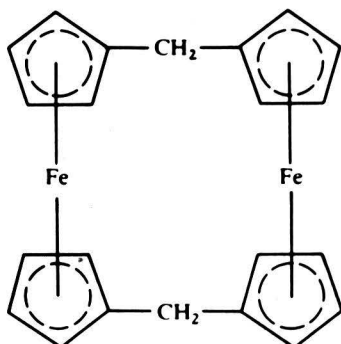
Pochodne metalocenów można nazywać stosując albo typową nomenklaturę organiczną z użyciem przyrostków funkcyjnych, albo nomenklaturę przedrostków. Organiczne przedrostki funkcyjne są opisane w podręcznikach nomenklatury organicznej [2, 3, 21, 35, 37].

Podstawnikom w równoważnych pierścieniach związku metalocenowego przypisuje się najniższe numery lokantów w zwykły sposób. Pierwszy pierścień numeruje się od 1 do 5, a drugi pierścień od 1' do 5'. W kompleksach zawierających więcej grup cyklopentadienylowych pierścienie numeruje się kolejno 1'' do 5'', 1''' do 5''' itd. Dla grup podstawnikowych stosuje się nazwy o końcówkach -ocenyl, -ocenodiył, ocenotriyl itd.

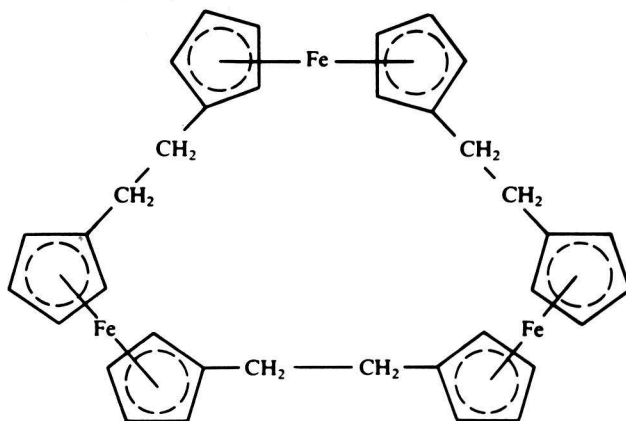
*Przykłady:*

- |  |  |
|--|--|
| 1. $[\text{Fe}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$  | ferrocen   |
| 2. $[\text{Os}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$  | osmocen  |
| 3. $[\text{Ni}(\text{CH}_3\text{-}\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4)_2]$   | 1,1'-dimetyloniklocen  |
| 4. $[\text{Os}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{-}\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4)]$   | 2-osmocenyloetanol lub<br>(2-hydroksyetylo)osmocen               |
| 5. $[\text{Os}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)(\text{CH}_3\text{CO-}\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4)]$  | metyloosmocenyloketon lub<br>acetyloosmocen                      |
| 6. $[\text{Fe}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4)]$                                  | 1,3-(ferroceno-1,1'-diylo)propan lub<br>1,1'-trimetylenoferrocen |
| 7. $[\text{Fe}_2(\mu\text{-}\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4)(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_4)_2]$ | 1,1''-(etano-1,2-diylo)diferrocen                                |
| 8. $[\text{Fe}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)\{\eta^5\text{C}_5\text{H}_4\text{As}(\text{C}_6\text{H}_5)_2\}]$                                       | ferrocenylo-difenyloarsyna lub<br>(difenyloarsyno)ferrocen       |
| 9. $[\text{Fe}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)_2][\text{BF}_4]$   | tetrafluoroboran(1-) ferro-<br>cenium( $^{10n}$ )                |
| 10. $[\text{Fe}\{(\text{CH}_3)_5\text{-}\eta^5\text{-C}_5\}_2]\text{Cl}_2$   | chlerek dekametyloferro-<br>cenium(2+)( $^{10n}$ )               |

11.

[1.1]ferrocenofan (<sup>100</sup>)

12.

[2.2.2]ferrocenofan (<sup>100</sup>)

## 10.10. Uwagi końcowe

Chociaż w rozdz. 10 przedstawiono szczegółowe sposoby postępowania przy tworzeniu nazw związków koordynacyjnych, a zasadnicze problemy poddano dyskusji, to różnorodność rozważanych substancji sprawia, że przewiduje się dalszy rozwój tej dziedziny. Przedmiotem dalszych prac jest zwłaszcza nomenklatura metaloorganiczna. Obejmuje to między innymi określanie liczby diastereoizomerów, matematyczne modele diastereoizomerii we wszystkich strukturach wielościennych (zarówno mono-, jak i polirdzeniowych), uogólnianie reguł przypisywania chiralności. Problem dostosowania nomenklatury ligandów do sposobu tworzenia nazw

związków koordynacyjnych staje się coraz trudniejszy w miarę wzrostu złożoności ligandów i konieczny jest dalszy postęp prac w tej dziedzinie.

## Przypisy

- <sup>(10a)</sup> Definicję tę stosuje się do związków koordynacyjnych, ale niekoniecznie jest ona przydatna w innych dziedzinach, jak np. w krytalografii.
- <sup>(10b)</sup> W poprzedniej wersji *Nomenklatury związków nieorganicznych* [1, 12] dla zgodności językowej stosowano przymiotnik *bidentny* zamiast *didentny*. W tym wydaniu stosuje się jednolity zbiór przedrostków, które zestawiono w tab. III.
- <sup>(10c)</sup> Terminologia *cis-trans* sama nie pozwala na rozróżnienie pomiędzy trzema izomerami płaskich kompleksów kwadratowych [Mabcd].
- <sup>(10d)</sup> Desygnatory *fac* i *mer* mogą być użyteczne w ogólnych dyskusjach o izomerach, ale nie są one polecane do celów nomenklaturowych.
- <sup>(10e)</sup> Zestaw 12342 jest leksykograficznie niższy niż 12432.
- <sup>(10f)</sup> Nazwą *fleksidentny* określa się ligand zdolny do wiązania atomu centralnego za pomocą więcej niż jednego zbioru atomów donorowych [49].
- <sup>(10g)</sup> Opis dokładny przedstawia się następująco:  $\kappa^3 S^1, S^4, S^8$ , ale można też stosować formę skróconą  $\kappa^3 S^{1,4,8}$ .
- <sup>(10h)</sup> Położenie wskaźnika mostkowania  $\mu$  i umieszczenie go wewnątrz nawiasów zawierających ligand mostkowy jest różne niż w opisie stosowanym dla jednożyłowych polimerów koordynacyjnych, podanym w ustępie 10.8.4.
- <sup>(10i)</sup> 1,3,3,4,4 jest mniejszym zbiorem lokantów niż 2,2,3,3,5.
- <sup>(10j)</sup> Położenie wskaźnika mostkowania  $\mu$ , w nazwie polimeru koordynacyjnego i umieszczenie go na zewnątrz nawiasu, obejmującego ligand, jest różne od sposobu zalecanego dla kompleksów wielordzeniowych w ustępie 10.8.2.
- <sup>(10k)</sup> Nie stosuje się nazwy *katena*-poli[srebro- $\mu$ -(cyjano-C:N)]; szczegółowe informacje dotyczące związków makromolekularnych można znaleźć w pracy [18, 19].
- <sup>(10l)</sup> Niektórzy stosują w podobnych przykładach symbol  $\eta^1$  przy desygnatorze  $\kappa C$ . Dla pojedynczych wiązań węgiel – metal bardziej odpowiednie jest stosowanie  $\kappa C$ .
- <sup>(10m)</sup> To nietypowe umiejscowienie symbolu  $\kappa$  umożliwia zastosowanie uproszczonej notacji mostkowej.
- <sup>(10n)</sup> Ferrocenium jest zwyczajową nazwą kationów wywodzących się z ferrocenu przez stratę jednego lub dwu elektronów. W związku z tym końcówka -ium nie ma tutaj takiego znaczenia jak w nomenklaturze podstawnikowej, czyli nie oznacza dodania jonu wodorowego (hydronu) do obojętnego związku wyjściowego. Aby uniknąć tej nieprawidłowości, stosuje się nazwy bis( $\eta^5$ -cyklopentadienylo)żelazo(1+) i bis( $\eta^5$ -cyklopentadienylo)żelazo(2+).
- <sup>(10o)</sup> Nazwy zakończone na „-fan” pochodzą z propozycji podanej w pracy [50].



---

# 11. WODORKI BORU I ZWIĄZKI POKREWNE

---

## SPIS TREŚCI

- 11.1. Wprowadzenie
- 11.2. Nomenklatura wodorków boru
  - 11.2.1. Szczególne cechy budowy wodorków boru
  - 11.2.2. Podstawy nomenklatury wodorków boru
- 11.3. Wielościenne klasterki wodorków poliboru
  - 11.3.1. Klasyfikacja i nazwy klas
    - 11.3.1.1. Zależności strukturalne w prostszych klastrach wodorków poliboru
    - 11.3.1.2. Klasy związków o bardziej złożonej strukturze
  - 11.3.2. Sposób nazywania poszczególnych wodorków boru
    - 11.3.2.1. Nazwy stechiometryczne
    - 11.3.2.2. Nazwy deskryptorów strukturalnych
    - 11.3.2.3. Systematyczny sposób numerowania klastrów wielościennych
    - 11.3.2.4. Nomenklatura systematyczna podająca rozmieszczenie atomów wodoru
    - 11.3.2.5. Stereodeskryptory *endo* i *egzo*
    - 11.3.2.6. Izomery strukturalne
    - 11.3.2.7. Metoda „debor” w nomenklaturze otwartych klastrów wodorków poliboru
- 11.4. Podstawienie i wymiana w klastrach boru
  - 11.4.1. Podstawienie wodoru
  - 11.4.2. Tworzenie adduktów
  - 11.4.3. Wymiana atomów w szkieletach
    - 11.4.3.1. Uwagi ogólne
    - 11.4.3.2. Karbaborany
    - 11.4.3.3. Metaloborany i metalokarbaborany
    - 11.4.3.4. Związki boroorganiczne
- 11.5. Nazwy jonów
  - 11.5.1. Aniony
  - 11.5.2. Kationy
  - 11.5.3. Struktury zawierające zarówno centra kationowe, jak i anionowe (jony obojętne)
- 11.6. Nazwy rodników i grup podstawnikowych
- 11.7. Uwagi końcowe

## 11.1. Wprowadzenie

Wśród związków boru, nazywanych czasem związkami elektronodeficytowymi, występują struktury, których nie można prosto wyjaśnić przy użyciu klasycznych pojęć i metod nomenklatury organicznej lub nieorganicznej, opartych na koncepcji zlokalizowanych elektronów wiążących. Oprócz „elektronodeficytowych” są również inne związki boru, o normalnej liczbie elektronów. Ponieważ jednak obie te klasy związków mają zawsze całkowicie wypełnione wiążące orbitale molekularne, zaleca się zastąpienie tej nazwy przez właściwszą nazwę „klasterowe związki boru” lub „wodorki poliboru”.

Nomenklatura wielościennych wodorków boru i ich pochodnych stwarza wiele problemów, ze względu na obserwowaną różnorodność wiązań oraz sposobów podstawienia i łączenia się wielościannów. Zrozumienie natury tych klasterów pozwoliło uporządkować chemię wielu otrzymanych ostatnio klasterów nieorganicznych i metaloorganicznych, w tym także klasterów metali przejściowych, chociaż jak dotąd nie ma jeszcze powszechnie przyjętej nomenklatury w tych dziedzinach chemii. Prezentowana w tym rozdziale nomenklatura ogranicza się do układów prostszych, o względnie wysokiej symetrii.

Nomenklaturę oksokwasów boru, borków metali i związków koordynacyjnych boru przedstawiono odpowiednio w rozdz. 9, 5 i 10.

## 11.2. Nomenklatura wodorków boru

### 11.2.1. Szczególne cechy budowy wodorków boru

Następujące, przedstawione poniżej cechy struktury wodorków poliboru komplikują nomenklaturę tych połączeń.

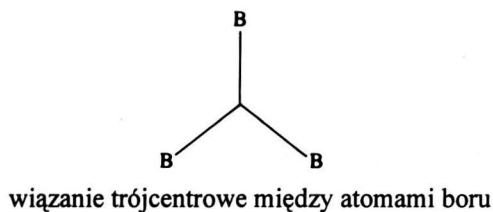
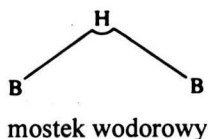
1) Sposób powiązania atomów boru. W przypadku wielu pierwiastków niemetalicznych, wiązania z atomami najbliższych sąsiadów można tłumaczyć na podstawie wiążących par elektronowych. Tymczasem w klasterach wodorków poliboru każdy atom boru oddaje najbliższym sąsiadom, których liczba może wynosić 5, 6 lub czasem 7, co najwyżej 3 elektrony. Dlatego właśnie atomy boru nie mogą łączyć się za pomocą zwykłego wiązania dwuelektronowego, a struktury wielu związków boru nie da się przedstawić wprowadzając pomiędzy atomami kreski, symbolizujące pary elektronowe, nawet jeśli wiązania mają silnie kierunkowy charakter.

2) Łączenie się atomów boru w trójkąt. W wielu strukturach borowodorów obserwuje się tworzenie klastrów złożonych z trójkątów, połączonych w wielościany z trójkątnymi ścianami. Ikozaedr (dwudziestościan foremny), mający praktycznie najwyższą obserwowaną symetrię, składa się z 20 równobocznych, trójkątnych ścian, 12 naroży i 30 krawędzi, łączących atomy wierzchołkowe. Prawie wszystkie struktury mają szkielety złożone z atomów boru, które można uważać za fragmenty ikozaedru lub innego wielościanu złożonego z trójkątów.

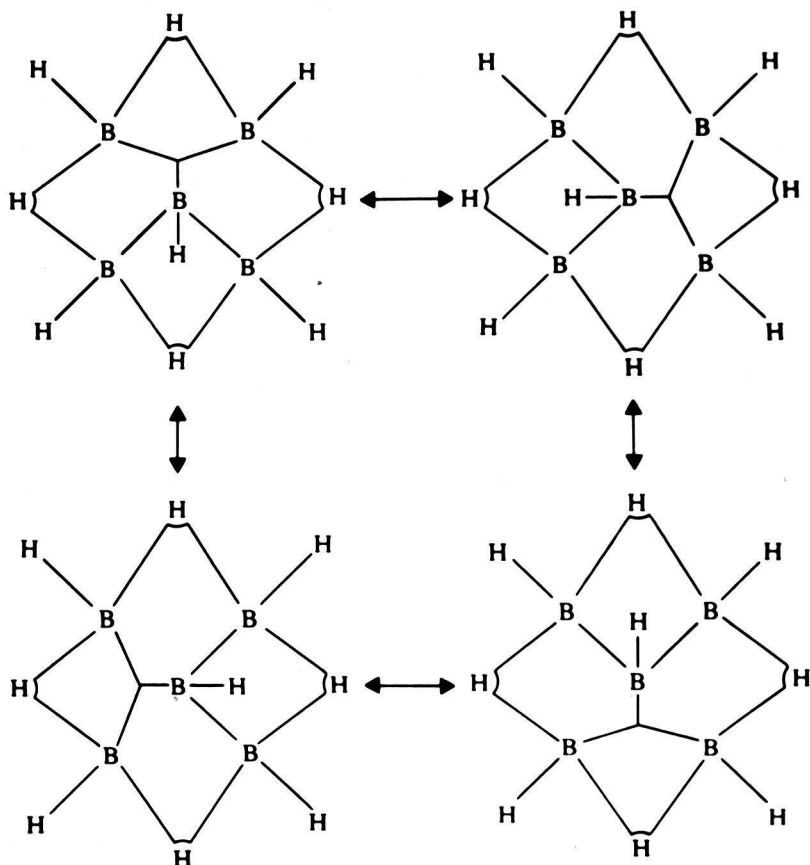
3) Mostki wodorowe. W strukturach wielościennych, będących częściami większych wielościanów, występują często pary atomów boru połączone mostkami wodorowymi za pomocą wiązania trójcentrowego, dwuelektronowego.

4) Wiązania trójcentrowe atomów boru. Wiązania w strukturach wielościennych z równobocznymi trójkątnymi ścianami można opisać, wprowadzając wiązania trójcentrowe, dwuelektronowe między atomami boru.

Powszechnie stosowany sposób przedstawienia wiązań omówionych w punktach (3) i (4) pokazano poniżej.



Prawie dla wszystkich wodorków poliboru, z wyjątkiem tylko najprostszych, można podać kilka form kanonicznych, co świadczy o delokalizacji wiązania (podobnie jak np. w benzenie). Na przykład, wiązanie w związku  $B_5H_9$  (por. 11.3.2.2, przykład 9) można przedstawić na płaszczyźnie w postaci następujących czterech form kanonicznych.



(5) Łączenie się jednostkowych wielościanów. Może się ono dokonywać za pomocą wiązania między atomami boru lub poprzez wspólne naroże, krawędź lub ścianę (albo układ ścian). Klastery wodorków poliboru wykazujące takie właśnie cechy nazywane są „*konjunkto-boranami*” [51].

(6) Wymiana szkieletowa. Atomy boru (razem z dołączonymi do nich atomami wodoru) występujące w szkielecie wielościanu mogą być zastępowane wieloma innymi pierwiastkami, w tym również atomami metalu, które mogą być dodatkowo połączone z ligandami.

## 11.2.2. Podstawy nomenklatury wodorków boru

Wodorki boru stanowią grupę liczniejszą niż wodorki innych pierwiastków (z wyjątkiem węgla) i do ich nazywania można podejść z różnych punktów widzenia. Niektóre z nich przedstawimy poniżej.

1) Nomenklatura stechiometryczna, która opiera się na tych samych zasadach, co stosowana do węglowodorów i związków koordynacyjnych. Główna różnica pomiędzy systemem stosowanym do związków boru a nomenklaturą węglowodorów polega na tym, że należy określić liczbę atomów wodoru. Liczba ta bowiem nie wynika z prostych rozważań nad wiązaniami.

2) Nomenklatura oparta na deskryptorach strukturalnych, którą można podzielić na: (a) półsystematyczną, w której zróżnicowanie osiąga się za pomocą charakterystycznych przedrostków strukturalnych (*kłoso*, *arachno* itp.), i na (b) subtraktywną, opartą na formalnym usuwaniu atomów szkieletowych z takiego klastra atomów boru, który zawiera tylko trójkątne ściany. Jako nazwy macierzyste stosuje się nazwy klastrów obojętnych, podobnie jak w nomenklaturze organicznej. Dla form jonowych nazwy wyprowadza się zgodnie z nomenklaturą koordynacyjną. Metody te zostaną omówione na prostych przykładach w 11.3.2. Podobnie jak silany i fosfany (opisane w rozdz. 7) mogą tworzyć podstawione pochodne macierzystych wodorków, tak i zbiory obojętnych, jonowych, a nawet hipotetycznych wodorków boru mogą stanowić podstawę tworzenia nazw dużej liczby pochodnych podstawionych.

Chemia boru obejmuje ugrupowania molekularne znacznie bardziej złożone od dotychczas omówionych i ich nomenklatura pozostaje jeszcze ciągle na etapie dyskusji (<sup>11a</sup>).

## 11.3. Wielościenne klasterki wodorków poliboru

### 11.3.1. Klasyfikacja i nazwy klas

#### 11.3.1.1. Zależności strukturalne w prostszych klastrach wodorków poliboru

Liczne związki opisane w tym rozdziale są związkami termodynamicznie trwałymi, ale niektóre z nich znane są tylko w roztworze, inne zaś mogą być nawet związkami hipotetycznymi lub otrzymanymi tylko w postaci pochodnych podstawionych. Wszystkie one powinny mieć jednak swoje nazwy i przedstawione w tym rozdziale

rozważanie konkretnych struktur molekularnych nie musi oznaczać, że dany związek rzeczywiście istnieje.

Wygodnie jest oprzeć nomenklaturę prostszych wielościennej klastrowo-wodorków poliboru na zamkniętych, złożonych z trójkątów wielościanach (delta-edrach), w których atomy boru zajmują wszystkie naroża, a każdy atom boru związany jest z atomem wodoru. Strukturę wybranych zamkniętych wielościanów  $(B_nH_n)^{2-}$  przedstawiono w pierwszej kolumnie tab. 11.1. Struktury te znane są jako struktury *kloso* (ang. *closo* od zniekształconego słowa „clovo”, pochodzącego z łacińskiego *clovis* – klatka; greckie *κλωβος*).

Wiele obojętnych wodorków boru można uważać za związki strukturalnie związane z grupą *kloso*-dianionów  $(B_nH_n)^{2-}$ , z których powstały przez formalne usunięcie z jednego naroża grupy BH, o największej liczbie połączeń (zdefiniowanych w 11.2.1) oraz dodanie dwóch hydronów (por. 3.5.2) i dwóch atomów wodoru. W ten sposób powstaje szereg obojętnych wodorków poliboru o ogólnym wzorze  $B_nH_{n+4}$ , w których niektóre atomy wodoru są związane z pojedynczym atomem boru, inne zaś atomy wodoru zajmują pozycje mostkowe pomiędzy dwoma sąsiednimi atomami boru. Omawiany szereg nosi nazwę *nido*-boranów od łacińskiej nazwy *nidus* oznaczającej gniazdo (por. 11.3.2.2, przykład 9) <sup>(11b)</sup>. Obojętne *nido*-borany mogą utracić hydron tworząc monoaniony, przedstawione również w tab. 11.1. Zastąpienie szkieletowych atomów boru atomami węgla wraz z odpowiednim dopasowaniem liczby atomów wodoru daje szereg karbaboranów o ogólnych wzorach podanych w 11.4.3.2, przykład 3.

Następny szereg obojętnych wodorków boru jest również strukturalnie spokrewniony z anionami *kloso*, dzięki formalnemu usunięciu z naroża grupy BH o największej liczbie połączeń i sąsiedniego naroża BH. Dodanie dwóch hydronów i czterech atomów wodoru daje szereg obojętnych wodorków poliboru o ogólnym wzorze  $B_nH_{n+6}$ . Poszczególne związki tego szeregu zwane są *arachno*-boranami (greckie *αραχνη*, pajęczyna) (tab. 11.1, patrz również 11.4.3.2, przykład 10).

Kontynuowanie takiego procesu odejmowania daje *hifo*-borany (greckie *υφειν*, wzór tkacki) o ogólnym wzorze  $B_nH_{n+8}$ , w których atomy boru zajmują *n* naroży macierzystego wielościanu *kloso* o *n*+3 narożach, oraz *klado*-borany (greckie *κλαδος* – gałąź) o ogólnym wzorze  $B_nH_{n+10}$ , w których zajęte jest *n* naroży wielościanu *kloso* o *n*+4 narożach. Poszczególne człony szeregu *hifo* i *klado* znane są, jak dotąd, tylko w postaci pochodnych.

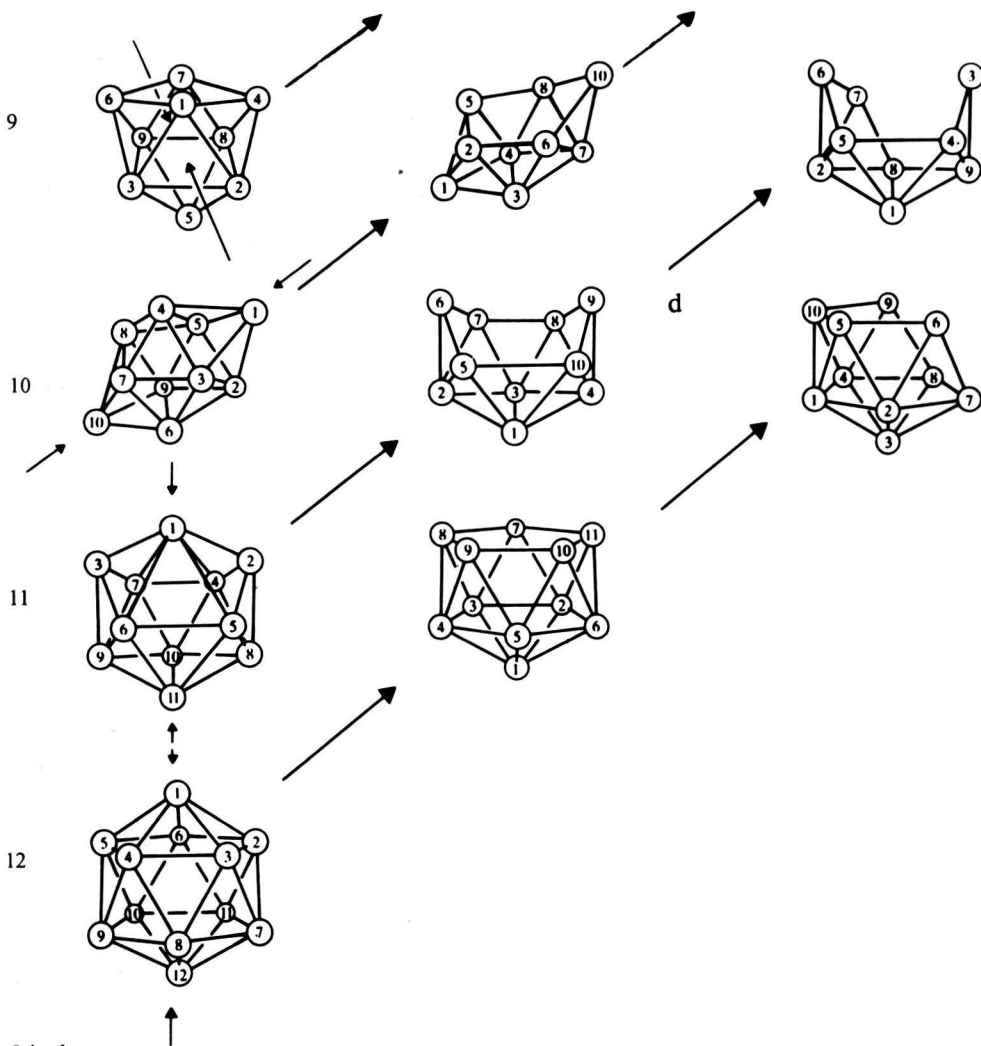
Strukturalne zależności w obrębie wszystkich klas wspomnianych powyżej podsumowano w tab. 11.2. We wszystkich tych klasach ogólne wzory podlegają następującemu ograniczeniu: liczba atomów wodoru/liczba atomów boru  $\leq 3$ .

Tabela 11.1. Typy struktur wielościennych wodorków poliboru w powiązaniu z ich stechiometrią i liczbą elektronów szkieletowych. Strzałki wskazują główne osie rotacji<sup>a</sup>

| Liczba naroży<br>$n$ | Kloto<br>(zamknięta)<br>$(B_nH_n)^{2-}$ | Nido<br>(typu gniazdo)<br>$B_nH_{n+4} (B_nH_{n+3})^-$ | Arachno<br>(typu pajęczyna)<br>$B_nH_{n+6} (B_nH_{n+5})^-$ |
|----------------------|---|---|--|
| 4                    |   |   |  |
| 5                    |   |   |  |
| 6                    |   |   |  |
| 7                    |   |   |  |
| 8                    |   |   |  |

cd. tab. 11.1

| Liczba naroży<br>$n$ | Kloso<br>(zamknięta)<br>$(B_nH_n)^{2-}$ | Nido<br>(typu gniazdo)<br>$B_nH_{n+4} (B_nH_{n+3})^-$ | Arachno<br>(typu pajęczyna)<br>$B_nH_{n+6} (B_nH_{n+5})^-$ |
|----------------------|---|---|--|
|----------------------|---|---|--|



Liczba szkieletowych par elektronowych

 $n + 1$  $n + 2$  $n + 3$ 

Liczba naroży w macierzystym wielościanie typu kloso

 $n$  $n + 1$  $n + 2$ 

Stechiometria

 $C_mB_nH_{n+2}$  $C_mB_nH_{n+4}$  $C_mB_nH_{n+6}$

<sup>a</sup> Przedstawione tu dane opierają się na pracy Williamsa [52] i tabeli wziętej z publikacji [53]. Dla jasności pominięto wszystkie atomy wodoru. Linie diagonalne pomiędzy kolumnami wskazują szeregi spokrewnionych struktur typu *kloso*, *nido* i *arachno*. Usunięcie grupy o największej liczbie połączeń z naroża szkieletu typu *kloso* daje pokrewny szkielet typu *nido*. Podobnie szkielet typu *arachno* powstaje przez usunięcie grupy o największej liczbie połączeń (lub jednej z kilku takich grup, jeżeli jest ich więcej) z otwartej ściany pokrewnego szkieletu typu *nido*.

Zidentyfikowano większość przedstawionych tu struktur. Jednak niektóre struktury nie są jeszcze znane, inne zaś stanowią formę wyidealizowaną. Na przykład rzeczywista struktura  $B_8H_{12}$  nie jest zgodna z zasadą transformacji typu *kloso-nido-arachno*, lecz jest bardziej otwarta (określana jako typ arachnoidu).  $B_9H_{15}$  występuje w dwóch izomerycznych formach, z których tylko jedna zgodna jest z powyższą zasadą transformacji. Inne odstępstwa zaobserwowano np. w metaloboranach, które mają struktury wywodzące się z usunięcia innych (nie o największej liczbie połączeń) grup BH.

<sup>b</sup> Numerowanie jest tradycyjne, a nie systematyczne.

<sup>c</sup> Podana powyżej struktura *nido*- $B_6H_{12}$  różni się od struktury rzeczywistej, która jest bardziej otwarta (por. 11.3.2.2 i przypis 11e), i ma numerowanie tradycyjne w układzie *arachno*.

<sup>d</sup> Przedstawione tutaj zwyczajowe numerowanie *nido*- $B_{10}H_{14}$  wyprowadza się z układu *arachno* (por. 11.3.2.3 i przypis 11e).

Tabela 11.2. Zestawienie różnych typów struktur wielościennych wodorków poliboru, w powiązaniu z ich stechiometrią i liczbą elektronów szkieletowych<sup>e</sup>

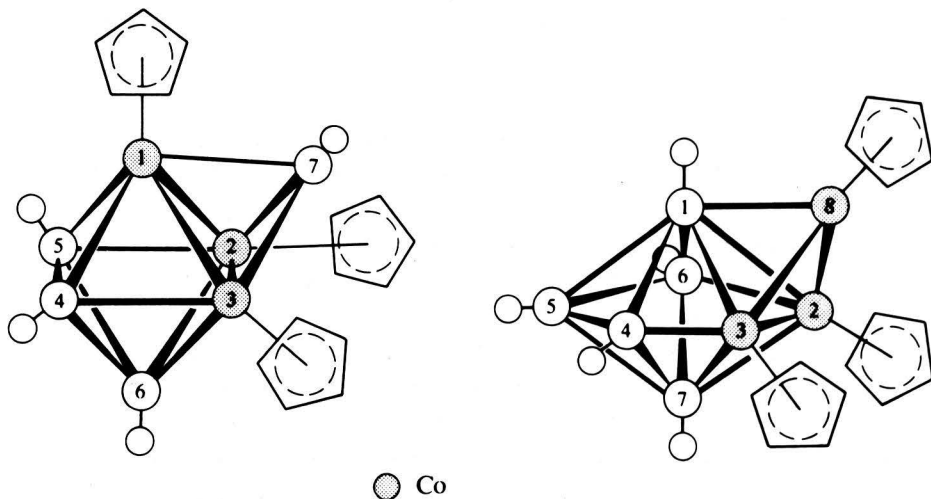
|                |  |
|----------------|--|
| <i>kloso</i>   | Zamknięta struktura wielościenna, o wszystkich ścianach trójkątnych; znana tylko dla anionów o wzorze cząsteczkowym $(B_nH_n)^{2-}$ ; dla wielościanu $n$ -atomowego liczba szkieletowych par elektronowych wynosi $(n+1)$ . |
| <i>nido</i>    | Podobna do gniazda, nie zamknięta struktura wielościenna; wzór cząsteczkowy $B_nH_{n+4}$ ; $(n+2)$ szkieletowych par elektronowych; zajętych jest $n$ naroży macierzystego wielościanu <i>kloso</i> o $(n+1)$ narożach.      |
| <i>arachno</i> | Podobna do pajęczyny, nie zamknięta struktura wielościenna; wzór cząsteczkowy $B_nH_{n+6}$ ; $(n+3)$ szkieletowych par elektronowych; zajętych jest $n$ naroży macierzystego wielościanu <i>kloso</i> o $n+2$ narożach.      |
| <i>hifo</i>    | Podobna do sieci, nie zamknięta struktura wielościenna; wzór cząsteczkowy $B_nH_{n+8}$ ; $n+4$ szkieletowych par elektronowych; zajętych jest $n$ naroży macierzystego wielościanu <i>kloso</i> o $n+3$ narożach.            |
| <i>klado</i>   | Podobna do gałęzi, otwarta struktura wielościenna; wzór cząsteczkowy $B_nH_{n+10}$ ; $n+5$ szkieletowych par elektronowych; zajętych jest $n$ naroży macierzystego wielościanu <i>kloso</i> o $n+4$ narożach.                |

<sup>e</sup> Niektóre zamknięte struktury wielościenne można uznać za powstałe przez nałożenie daszka na otwartą ścianę struktury *nido* lub *arachno*. Nie spełniają one powszechnie przyjętej reguły obliczania liczby elektronów i nie wykazują zależności strukturalnych [52, 54–57], co przypuszczalnie wynika z udziału w wielościennym klastrze orbitali i elektronów pochodzących od atomu daszka. Dla tych wypadków sugerowano określenia *izo-kloso*, *pre-kloso* i *hiper-kloso*. Co więcej, niektóre klastery wykazują strukturalną niezgodność z zasadą kolejnego usuwania grupy BH o największej liczbie wiązań. W takich wypadkach stosowano określenia *izo-nido*, *izo-arachno* itp. [58–60].

### 11.3.1.2. Klasy związków o bardziej złożonej strukturze

Wodorki poliboru mogą występować nie tylko w postaci struktur opisanych uprzednio. Na przykład, na każdej trójkątnej ścianie wielościennego klastra wodorku poliboru można umieścić daszek, co oznacza, że dodatkowy szkieletowy atom umieszcza się tak, aby łączył się bezpośrednio ze wszystkimi trzema atomami zewnętrznej ściany, tworząc dodatkowe naroże. Dzieje się tak często w klastrach wodorków metaloboru. Podane poniżej przykłady 1 i 2 ilustrują topografię tej klasy związków, ale w tym rozdziale nie rozpatruje się ich nomenklatury.

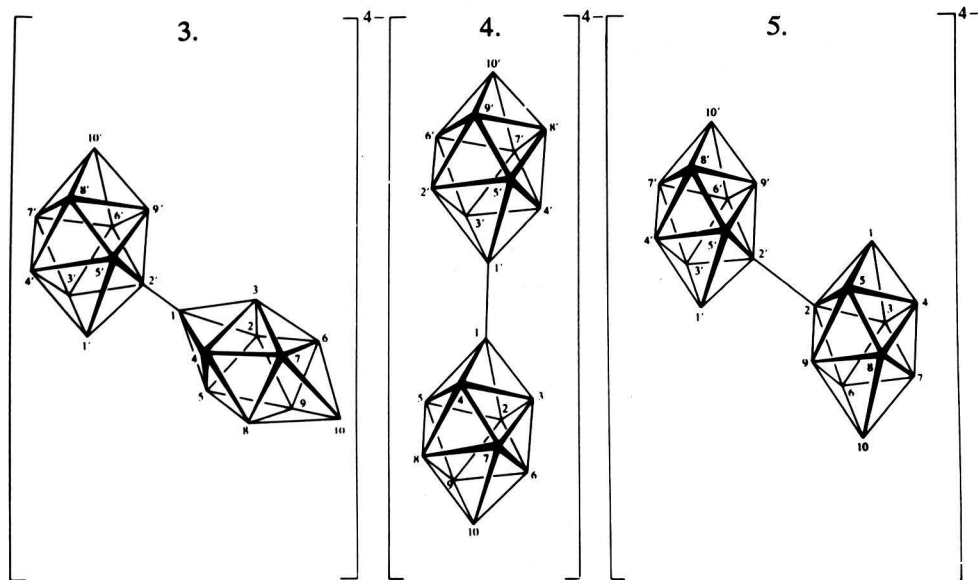
Przykłady:



Łączenie się wielościennej klastrów wodorków poliboru prowadzi do powstania związków zwanych „*konjunktoboranami*“. Typy rozpatrywanych tu sposobów łączenia się wielościanów należą do kilku ogólnych klas.

(a) Tworzenie bezpośredniego dwucentrowego wiązania bor – bor między różnymi klastrami (typu *kloso* lub innego typu) z odpowiednim oderwaniem atomu wodoru od każdego z nich, jak to pokazano na przykładach 3, 4 i 5, gdzie przedstawiono trzy różne możliwe izomery  $(B_{20}H_{18})^{4-}$ , powstałe z asocjacji dwóch jonów  $(B_{10}H_{10})^{2-}$ .

Przykłady:



wiązanie 1,2'

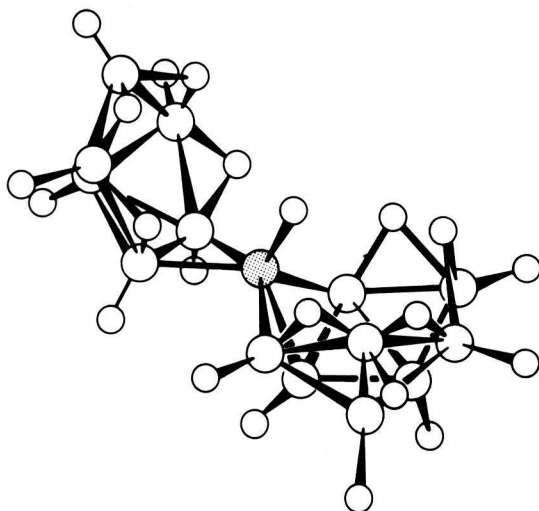
wiązanie 1,1'

wiązanie 2,2'

(b) Tworzenie wiązania przez uwspólnienie jednego naroża, zwanego narożem *komo*, w sposób podany w przykładzie 6, który przedstawia strukturę z atomem boru (zacięzione kółko) wspólnym dla klastrow B<sub>7</sub> i B<sub>9</sub>.

Przykład:

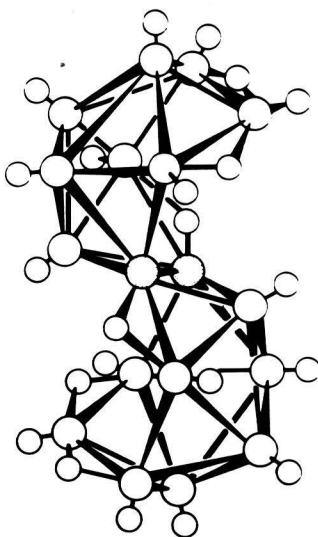
6. B<sub>15</sub>H<sub>23</sub>



● wspólny atom B (*komo*)

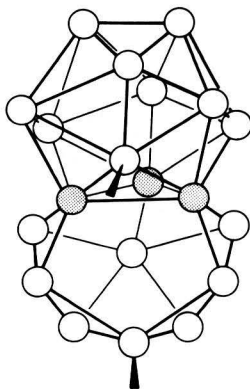
(c) Tworzenie wiązania przez uwspólnienie krawędzi wielościanu, łączącej dwa naroża. W przykładzie 7 pokazano dwa klastery  $B_{10}$  połączone wspólną krawędzią poprzez dwa atomy boru (zaciemnione kółka), co utworzyło centrosymetryczny, obojętny wodorek *anti*- $B_{18}H_{22}$  ( $^{11}c$ ).

Przykład:



(d) Tworzenie wiązania przez uwspólnienie trójkątnej ściany. Przykład 8 pokazuje klastery  $B_{11}$  i  $B_{12}$ , w których trzy zaciemnione atomy boru są wspólne. Powstaje w ten sposób  $B_{20}H_{18}$ , znany tylko w postaci związków pochodnych. Atomy wodoru zostały pominięte.

Przykład:

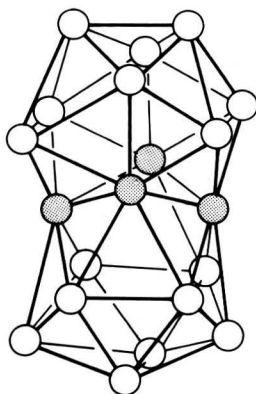


Każda niewysyciona wartościowość (zaznaczona na rysunku) jest miejscem dołączenia obojętnego liganda organicznego w znanych przykładach.

(e) Więcej niż trzy wspólne atomy boru pomiędzy klasterami. Chociaż dla *kloso*-boranu pokazanego w przykładzie 9 można utworzyć nazwę taką, jak dla struktur wielościennych o wszystkich ścianach trójkątnych, można również przyjąć, że związek ten zawiera cztery wspólne (zaciemnione) atomy boru między dwoma klasterami  $B_{12}$ . Dla przejrzystości pominięto atomy wodoru przy grupach BH na nie zaciemnionych atomach boru.

Przykład:

9. *kloso*- $B_{20}H_{16}$



### 11.3.2. Sposób nazywania poszczególnych wodorków boru

#### 11.3.2.1. Nazwy stechiometryczne

Obojętne wodorki poliboru nazywane są boranami, a najprostszej możliwej strukturze macierzystej,  $BH_3$ , nadano nazwę „boran”.

W przypadku wyższych boranów liczbę atomów boru w cząsteczce podaje się za pomocą odpowiedniego przedrostka zwielokrotniającego, di-, tri-, tetra-, penta- itp., dodanego do „boran”. W celu upodobnienia do nomenklatury węglowodorów, preferuje się łacińskie nona- i undeka- zamiast greckiego ennea- i hendeka- (patrz *Nomenklatura związków organicznych* [2, 3]).

Liczbę atomów wodoru w cząsteczce podaje się za pomocą odpowiedniej liczby pisanej cyframi arabskimi, umieszczonej w nawiasie okrągłym bezpośrednio za nazwą. Stąd  $B_2H_6$  nazywa się diboranem(6),  $B_6H_{10}$  – heksaboranem(10), a  $B_{10}H_{14}$  można nazwać dekaboranem(14).

Nazwy takie oznaczają, że klaster zawierający  $x$  atomów boru połączony jest z  $y$  atomami wodoru, ale nie dają one bezpośredniej informacji o strukturze.

### 11.3.2.2. Nazwy deskryptorów strukturalnych

Poniżej podano zwyczajowe nazwy najprostszych obojętnych wodorków boru wraz z odnośnikami do ich wzorów strukturalnych.

|                    |                                | Numer przykładu<br>w 11.3.2.2 |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| (a) $B_4H_{10}$    | <i>arachno</i> -tetraboran(10) | 8                             |
| (b) $B_5H_9$       | <i>nido</i> -pentaboran(9)     | 9                             |
| (c) $B_5H_{11}$    | <i>arachno</i> -pentaboran(11) | 10                            |
| (d) $B_6H_{10}$    | <i>nido</i> -heksaboran(10)    | 11                            |
| (e) $B_{10}H_{14}$ | <i>nido</i> -dekaboran(14)     | 12                            |

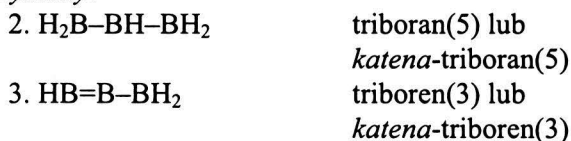
Tak więc nazwa *nido*-heksaboran(10) (przykład 11) pozwala określić rozmieszczenie szkieletowych atomów boru, które otrzymuje się formalnie przez usunięcie jednej z dwóch grup BH o największej liczbie wiązań z anionu *kloso*-( $B_7H_7$ )<sup>2-</sup> (zob. tab. 11.1). Należy zauważyć, że w wypadku najprostszych boranów (przykłady 1 i 7) nie stosuje się przedrostków *nido*, *arachno* itp. Dla nich bowiem formalne pochodzenie od macierzystej struktury typu *kloso* przez kolejne odejmowanie (jak opisano) wydaje się zbyt sztuczne.

*Przykład:*

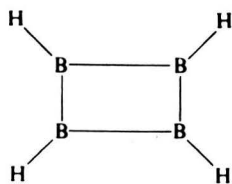


Do otrzymania nazw prostych macierzystych wodorków boru – zarówno łańcuchowych, jak i pierścieniowych – można zaadaptować sposób postępowania z nomenklatury węglowodorów, opierając np. nazwy rozgałęzionych łańcuchów na nazwie preferowanego, prostego łańcucha atomów boru, dodając (w nawiasie) liczbę określającą liczbę atomów wodoru w tym łańcuchu i stosując przyrostek -en dla oznaczenia wiązania podwójnego. W wypadku związków pierścieniowych można zastosować przedrostek *cyklo*- lub rozszerzony system nomenklatury Hantzsch-Widmana.

*Przykłady:*

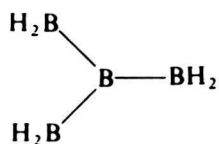


4.



cyklo-tetraboran(4) lub tetraboretan (nazwa Hantzscha–Widmana)

5.

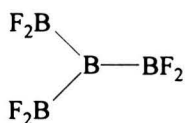


2-borylotriboran(5)

W przykładzie 5 przyjęto za podstawę nomenklaturę alkanów, która opiera nazwę rozgałęzionych acyklicznych związków na najdłuższym nierozgałęzionym łańcuchu, a liczba w nawiasie podaje liczbę atomów wodoru w nie podstawionym macierzystym łańcuchu. Związek przedstawiony w przykładzie 6 przyjmuje więc nazwę pochodnej triboranu(5).

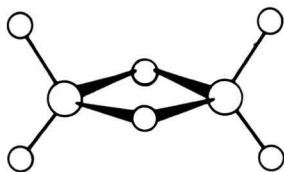
*Przykłady:*

6.

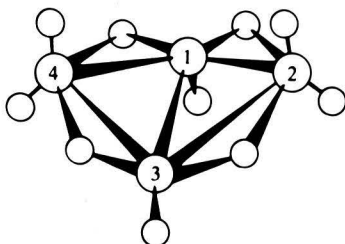


2-(difluoroborylo)-1,1,3,3-tetrafluorotriboran(5)

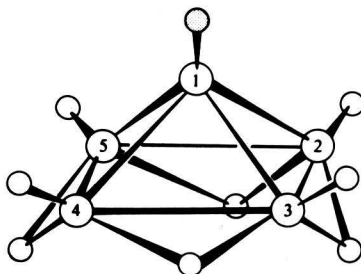
7.

diboran(6), B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

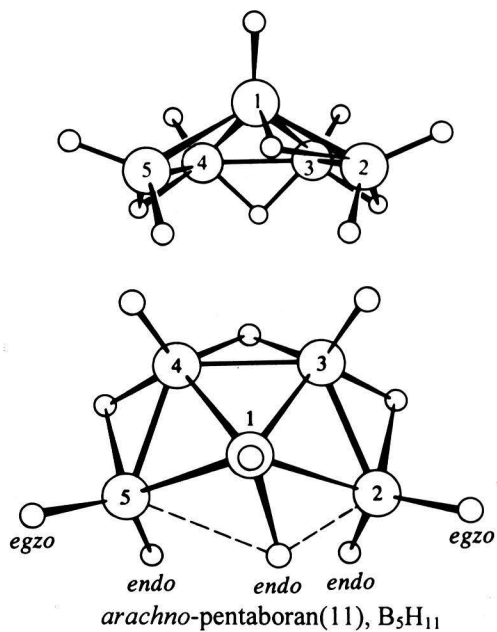
8.

*arachno-tetraboran(10)*,  $B_4H_{10}$ 

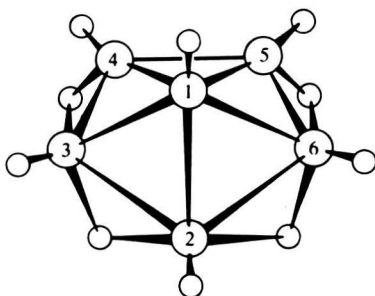
9.

*nido-pentaboran(9)*,  $B_5H_9$ 

10.

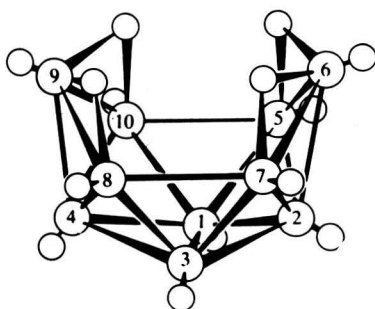
*arachno-pentaboran(11)*,  $B_5H_{11}$

11.

*nido*-heksaboran(10),  $B_6H_{10}$ 

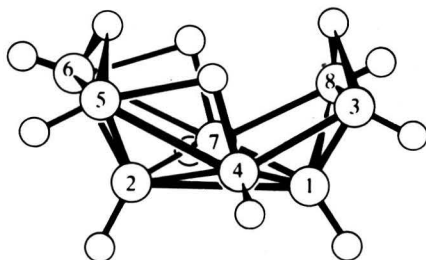
Przedstawiony tutaj tradycyjny schemat numerowania nie przypisuje mostkowym atomom wodoru najniższego zbioru lokantów.

12.

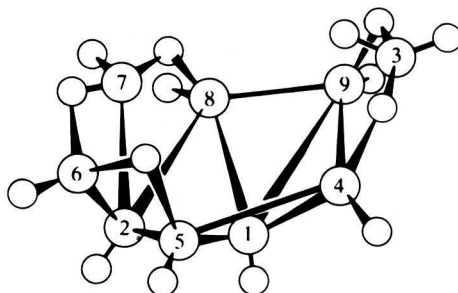
*nido*-dekaboran(14),  $B_{10}H_{14}$ 

Niestandardowe numerowanie atomów boru w tej cząsteczce zostanie omówione w 11.3.2.3 i w przypisie 11g.

13.

*nido*-oktaboran(12),  $B_8H_{12}$  (<sup>11d</sup>)

14.

*arachno*-nonaboran(15),  $B_9H_{15}$ 

Stechiometryczne nazwy wielościennech boranów i ich pochodnych modyfikuje się często, dodając opisowe przedrostki *kloso*, *nido* itp., dyskutowane w 11.3.1.1, w zależności od tego, czy wielościenne klastery wodorku poliboru składa się wyłącznie z trójkątów (zamknięty wielościan), czy też zawiera naroża nie obsadzone (jedno lub więcej). Systematyczne zależności między (a) otwartymi typami strukturalnymi, reprezentowanymi przez przedrostki *nido*, *arachno* itp., (b) szeregiem wielościanów *kloso* a (c) regułą obliczania elektronów szkieletowych zostały dobrze poznane (patrz [47–52, 54–63]). Jednak nawet dla prostych boranów znane są wyjątki od tych reguł (np.  $B_8H_{12}$ , przykład 13 w 11.3.2.2), a szczególnie odstępstwa występują w przypadku bardziej skomplikowanych struktur, zawierających daszki nad ścianami wielościanu. Z tego powodu przedrostki te należy traktować nieobowiązkowo i stosować je tylko do określania: (1) struktur opartych na wielościanach, które można łatwo zinterpretować dzięki ich powiązaniu z szeregiem zamkniętych wielościanów; (2) wzoru cząsteczkowego, jak pokazano w tab. 11.2, oraz (3) sumy elektronów, otrzymanej przy zastosowaniu reguł obliczania elektronów szkieletowych.

Struktury *kloso* z tab. 11.1, zawierające 6 i 12 naroży, wykazują taką symetrię, że ich naroża są wszystkie identyczne i niezależnie od tego, które naroże (lub dwa naroża) zostanie usunięte, powstaje ta sama struktura otwarta *nido* lub *arachno*. W wypadku innych pokazanych struktur przedrostki *nido* i *arachno* nie są jednak wystarczająco precyzyjne, aby jednoznacznie określić strukturę, jeżeli nie przyjmie się, że przedrostek *nido* wskazuje, iż usunięto naroże z grupą BH o największej liczbie wiązań, a przedrostek *arachno*, że usunięto drugie takie naroże z otwartej ściany struktury *nido*, jak podano poprzednio. Aby jednak otrzymać struktury *arachno*- $B_7$  i - $B_8$  (przedstawione w tab. 11.1), trzeba dokonać dalszego wyboru z kilku naroży, zawierających jednakową liczbę wiązanych atomów w odpowiedniej strukturze *nido*. Podstawą wyboru usuwanych naroży jest większa trwałość uzyskanej struktury

ry, która zawiera mniejszą liczbę dwukoordynacyjnych szkieletowych naroży, które określono też jako „odchodzące grupy BH<sub>3</sub>” [52, 56].

### 11.3.2.3. Systematyczny sposób numerowania klasterów wielościennych

Celem nadania jednoznacznych nazw pochodnym podstawionym konieczne jest wprowadzenie w każdym klastrze systematycznej numeracji szkieletowych atomów boru. Przyjmuje się zatem, że atomy boru struktury *kloso* zajmują kolejne płaszczyzny umieszczone prostopadle do osi symetrii o najwyższej krotności (jeśli są takie dwie osie, wybiera się tę z nich, która przecina większą liczbę prostopadłych płaszczyzn). Numerowanie zaczyna się od najbliższego atomu boru, patrząc na klastr wzdłuż tej osi. Z kolei postępuje się dalej albo zgodnie, albo niezgodnie z ruchem wskazówek zegara (<sup>11e</sup>), przy czym najpierw numeruje się atomy szkieletowe w pierwszej napotkanej płaszczyźnie. Następnie kontynuuje się proces, postępując w ten sam sposób z atomami szkieletowymi następnej płaszczyzny, zaczynając od atomu boru najbliższego atomowi boru o najniższym numerze, na poprzedniej płaszczyźnie i tak kolejno, aż do osiągnięcia końcowego atomu boru lub krawędzi (por. np. sposób numerowania struktury (B<sub>10</sub>H<sub>10</sub>)<sup>2-</sup> w tab. 11.1).

Ze względu na symetrię mogą wystąpić trudności w określeniu pierwszego naroża, od którego rozpoczyna się numerowanie. I tak, w klastarach *kloso*-B<sub>6</sub> i *kloso*-B<sub>12</sub> podanych w tab. 11.1, kolumna 1, każde położenie można oznaczyć numerem 1. Podobnie w wielościanie *kloso*-B<sub>7</sub> można oznaczyć numerem 1 najwyższą lub najniższą pozycję (jak przedstawiono na rysunku). Jednak dalsze numerowanie postępuje już zgodnie z opisanym sposobem.

Numerowanie klastera *nido* wywodzi się z odpowiedniej struktury *kloso*. Należy zwrócić uwagę na fakt, że atom boru usuwany formalnie z klastera *kloso* w celu otrzymania struktury *nido* traktujemy jako atom o największej liczbie wiązań oraz o najwyższym numerze. Numer ten może nie być najwyższym lokantem w strukturze *kloso* (por. np. B<sub>7</sub>H<sub>11</sub> i B<sub>9</sub>H<sub>13</sub> w tab. 11.1) (<sup>11f</sup>).

W przypadku *arachno* i innych jeszcze bardziej otwartych klasterów ustawia się strukturę otwartą stroną w kierunku obserwatora i rzutuje się na płaszczyznę znajdującą się z przeciwnej strony. Atomy numeruje się kolejno w strefach, zaczynając od centralnego atomu boru o największej liczbie wiązań i postępując zgodnie lub niezgodnie z ruchem wskazówek zegara tak długo, aż utworzy się najbardziej wewnętrzną strefę w stosunku do położenia na godzinie 12. Tak samo czyni się z kolejnymi strefami, aż zostanie zakończona strefa najbardziej zewnętrzna (<sup>11g</sup>). Jeśli można dokonać wyboru, wówczas cząsteczkę ustawia się tak, aby ustalić położenie zegara na godzinie 12, stosując kolejno następujące kryteria:

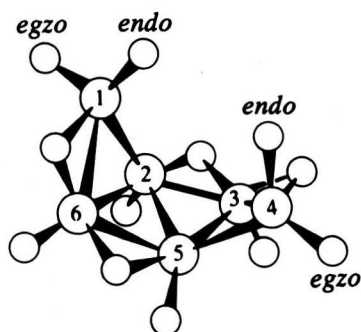
(a) Położenie na godzinie 12 leży w płaszczyźnie symetrii, która zawiera możliwie mało atomów boru.

(b) Położenie na godzinie 12 leży w tej części płaszczyzny symetrii, która zawiera największą liczbę atomów szkieletowych (np.  $B_5H_{11}$ , przykład 10 w 11.3.2.2).

(c) Położenie na godzinie 12 leży naprzeciw największej liczby mostkowych atomów (np.  $B_9H_{15}$ , przykład 14 w 11.3.2.2). Kryteria (a)–(c) mogą czasem zawodzić, a gdy brakuje płaszczyzny symetrii, wcale nie można ich stosować. Wtedy stosuje się numerowanie tradycyjne (przykład 1).

Przykład:

1.



arachno-heksaboran(12),  $B_6H_{12}$

Numerowanie dwóch połączonych klasterów następuje według tych samych zasad co w przypadku poszczególnych składowych, z tym że liczby dla mniejszego klastera są oznaczone znakami prim, a miejsca złączenia mają najniższe liczbowe lokanty, zgodne z regułami numerowania wielościanów.

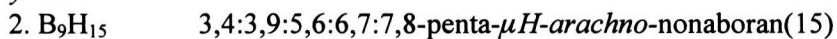
W razie pojawienia się wiązania *komo* każdy klaster numeruje się oddzielnie. Mniejszy klaster wyróżnia się przy numerowaniu znakami prim. W konsekwencji, każdy atom *komo* otrzymuje dwa numery – jeden z większego, a drugi z mniejszego klastera.

Jeżeli dwa połączone klaster są identyczne, to przypisanie statusu większy/mniejszy będzie zależeć od rodzaju zamiany atomów, a jeśli wybór jest nadal niejasny, wtedy od sposobu podstawienia. A więc (przykłady 3, 4 i 5 w 11.3.1.2), jeśli najwyższe naroże górnego z dwóch klasterów zajmie atom węgla, ten właśnie klaster uzyska status klastera większego. Podstawiony wielościan, który różni się tylko podstawnikami, otrzymuje pierwszeństwo w stosunku do wielościanu nie podstawionego.

### 11.3.2.4. Nomenklatura systematyczna podająca rozmieszczenie atomów wodoru

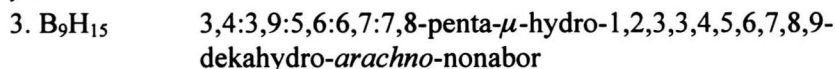
Jeśli przypisano już numerację atomom szkieletowym, możliwe staje się ustalenie nazw podających dokładne wskazanie atomów wodoru. W otwartych boranach przyjmuje się, że każdy atom boru łączy się przynajmniej z jednym atomem wodoru jak w macierzystym związku *kloso*, ale nadal trzeba wskazać położenia mostkowych atomów wodoru. Można to osiągnąć, przyjmując znany sposób oznaczania atomów wodoru (por. reguła A-21.6 w [39]) i stosując symbol  $\mu$  (por. rozdz. 10), poprzedzony lokantami, podającymi w malejącej kolejności położenia atomów mostkowych w szkielecie. Należy zwrócić uwagę, że dla atomu wodoru stosuje się dezygnator *H*, a nie nazwę „hydro”, którą stosuje się do wskazania obecności atomów wodoru. Ten sposób zapisu należy porównać ze sposobem postępowania podanym w rozdz. 10.

Przykład:



Nazwa ta nie oddaje położenia dodatkowego atomu wodoru przy atomie boru (3) w  $B_9H_{15}$ , którą to strukturę przedstawiono w 11.3.2.2 (przykład 14). Jeśli rozkład mostkowych atomów wodoru nie budzi wątpliwości (dla niektórych boranów typu *nido* i *arachno* teoria przewiduje jedną tylko strukturę), to deskryptory i lokanty można pominąć. Alternatywną nazwą koordynacyjną, która podaje pełne rozmieszczenie atomów wodoru, przedstawiono poniżej (przykład 3) (<sup>11h</sup>).

Przykład:



### 11.3.2.5. Stereodeskryptory *endo* i *egzo*

Atomy boru w otwartych klasterach (*arachno* itp.) mogą zawierać dwa końcowe atomy wodoru, jeden odpowiadający skierowanemu na zewnątrz wiązaniu B–H w wielościanie *kloso* i drugi skierowany stycznie ku otwartemu zagłębieniu klastera. Jeśli tak jest, pierwszy rodzaj atomów wodoru można odróżnić za pomocą deskryptora *egzo*, drugi zaś – *endo*.

Atomy wodoru *endo* pokazano w 11.4.2 (przykład 1), gdzie pozostałe atomy wodoru przy  $B_3$  i  $B_4$  są oczywiście atomami wodoru typu *egzo* (zob. również 11.3.2.2, przykład 10, i 11.3.2.3, przykład 1). W ten sposób można również nazwać związki zawierające w położeniu *endo* inne grupy niż atomy wodoru.

### 11.3.2.6. Izomery strukturalne

W wypadku wodorków boru nie ma prostych, a jednocześnie ogólnych metod różnicowania izomerów strukturalnych. Przedstawione uprzednio zasady pozwalają jednak na przypisanie każdemu z izomerów określonej nazwy. Do rozróżnienia izomerów strukturalnych bywają stosowane przedrostki *izo* i *neo*, lecz ich użycie należy ograniczyć do izomerów, których struktury nie zostały jeszcze określone. Przedrostki te bowiem nie mają znaczenia strukturalnego. Znana jest jednak metoda, która pozwala opisywać wszystkie znane izomeryczne wielościany (por. odnośniki w przypisie 11a).

### 11.3.2.7. Metoda „debor” w nomenklaturze otwartych klasterów wodorków poliboru

Inna metoda nomenklatury stosowana do tego typu struktur polega na usystematyzowaniu sposobu stosowania przedrostków *nido* i *arachno* przez precyzyjne wskazanie (za pomocą liczbowych lokantów) miejsc usuwania atomów z macierzystej struktury *kloso*. Takie podejście, oparte na odejmowaniu, zostało uogólnione w tak zwanej metodzie „debor”. W tego typu nazwach każde naroże BH usuwane z odpowiedniej macierzystej struktury *kloso* oznacza się za pomocą przedrostka *debor*, połączonego z lokantem liczbowym (patrz poniżej) usuniętego naroża. Znaczenie *debor* jest tutaj analogiczne do *nor* w organicznej nomenklaturze subtraktywnej, gdzie oznacza odjęcie grupy  $\text{CH}_2$  z nazywanej struktury (zob. reguły C-42 i 43 w [37]). Usunięcie więcej niż jednego naroża podaje się w nazwie za pomocą *didebor*, *tridebor* itp. (porównaj: *dinor*, *trinor*). Następnie podaje się nazwę macierzystego związku typu *kloso*.

Lokant *debor* powinien być najwyższą możliwą liczbą, zgodną jednak z ustaloną numeracją macierzystego zamkniętego wielościanu. Liczbę atomów wodoru w otwartym wodorku podaje się przez dodanie odpowiedniej liczby (pisanej cyframi arabskimi) w nawiasie na końcu nazwy.

*Przykład:*

1. *nido*-heksaboran(10),  $\text{B}_6\text{H}_{10}$ , czyli 7-*debor-kloso*-heptaboran(10)

Tego typu nazwy nie podają automatycznie rozmieszczenia mostkowych atomów; w przypadkach wątpliwych można ten problem rozwiązać tak jak w 11.3.2, stosując  $\mu H$  z odpowiednimi lokantami.

*Przykład:*

2. *nido*-heksaboran(10) można również nazwać 2,3:2,6:3,4:5,6-tetra- $\mu H$ -7-*debor-kloso*-heptaboran(10)

Bez względu na stosowaną metodę, liczby w nawiasie na końcu nazwy przedstawiają liczby atomów wodoru w nazywanym wodorku, a nie w macierzystej strukturze *kłoso*.

Przedstawione metody przynoszą pewne korzyści w określonych przypadkach, a wybór danej metody zależy od wymagań użytkownika.

## 11.4. Podstawienie i wymiana w klastrach boru

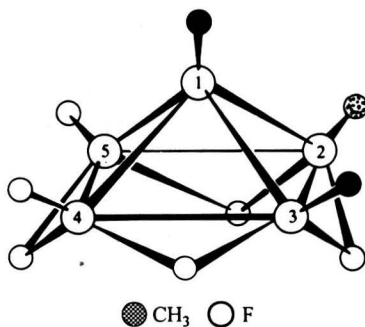
### 11.4.1. Podstawienie wodoru

Związki zawierające pojedynczy atom boru nazywa się jak pochodne boranu,  $BH_3$ . Nazwy podstawionych pochodnych obojętnych wodorków boru opiera się na organicznej nomenklaturze podstawnikowej (zob. 7.2.3). Liczbę atomów wodoru macierzystego wodorku określa się przez podanie odpowiedniej nazwy wodorku (zakończony na -an), łącznie z odpowiednimi deskryptorami wodoru. Podstawienie zaznacza się, wymieniając nazwy podstawiających grup w porządku alfabetycznym, dodając (w razie potrzeby) przedrostki zwielfokrotniające di, tri itp. oraz przypisując każdej grupie liczbowy lokant, wskazujący jej położenie. Liczby w nawiasach na końcu nazwy wskazują liczbę atomów wodoru obecną przed podstawieniem.

*Przykłady:*

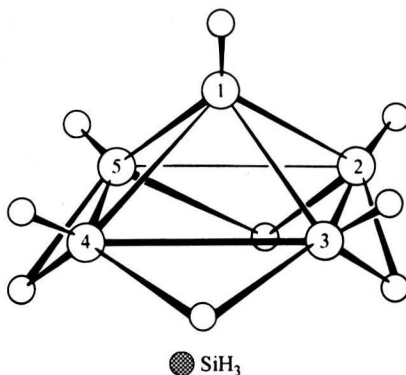
- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1. $HBCl_2$               | dichloroboran  |
| 2. $BBr_2F$               | dibromofluoroboran   |
| 3. $B(OH)_3$              | trihydroksyboran<br>[zwany także kwasem borowym (zob. tab. 9.1)] |
| 4. $BCl(OCH_3)_2$         | chlorodimetoksyboran   |
| 5. $B(OC_2H_5)_3$         | trietoksyboran<br>lub oksoboran trietylu (por. rozdz. 9)         |
| 6. $B(CH_3)(SCH_2CH_3)_2$ | bis(etylotio)(metylo)boran ( <sup>11i</sup> )                    |
| 7. $BCl(OCHCl_2)_2$       | chlorobis(dichlorometoksy)boran ( <sup>11i</sup> )               |
| 8. $B[NHN(CH_3)_2]_3$     | tris(2,2-dimetylohydrazyno)boran                                 |
| 9. $B(OMe)Me_2$           | metoksydimetyloboran ( <sup>11i</sup> )                          |
| 10. $BMe(OH)_2$           | dihydroksy(metylo)boran ( <sup>11i</sup> )                       |
| 11. $Br_2BBBr_2$          | tetrabromodiboran(4)   |

12.



2-fluoro-1,3-dimetylopentaboran(9)

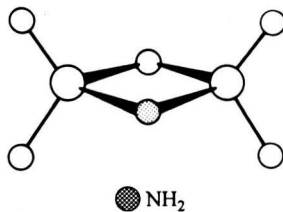
13.

1-sililo-2,3:2,5:3,4:4,5-tetra- $\mu$ H-pentaboran(9)

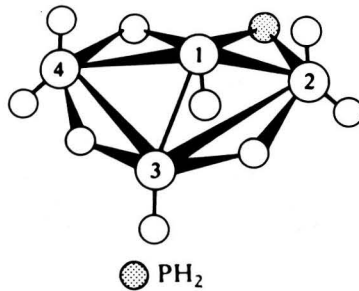
Podstawniki grup mostkowych zaznacza się w nazwach za pomocą przedrostka  $\mu$  umieszczonego przed nazwą grupy podstawiającej. Przy wyborze lokanta preferuje się najniższe lokanty.

Przykłady:

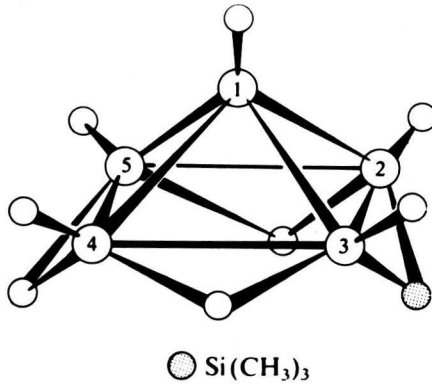
14.

 $\mu$ -amino-diboran(6)

15.

1,2- $\mu$ -fosfino-*arachno*-tetraboran(10)

16.

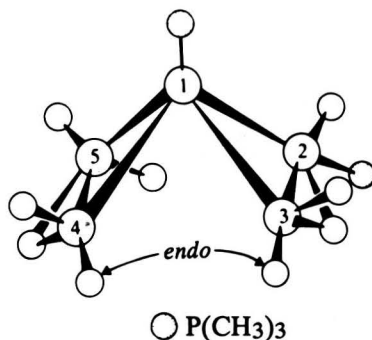
2,3- $\mu$ -trimetylosililo-2,5:3,4:4,5-tri- $\mu$ H-*nido*-pentaboran(9)

### 11.4.2. Tworzenie adduktów

Porównanie dowolnej struktury w środkowej kolumnie tab. 11.1 ze strukturą podaną bezpośrednio na prawo wskazuje na przesunięcie w kierunku bardziej otwartej struktury, której towarzyszy dodanie dodatkowych dwóch atomów wodoru, a tym samym dwóch dalszych elektronów. Tworzenie adduktów przez obojętne ligandy, takie jak trifenylfosfina, wywołuje na ogół analogiczny skutek jak wprowadzenie dodatkowych elektronów do klastra, powodując przegrupowanie struktury do bardziej otwartej, ale zawierającej tę samą liczbę atomów wodoru. I tak utworzenie adduktu z *nido*-pentaboranem(9) daje klastery typu *hifo* (przykład 1). Związek taki obecnie nazywa się jak związek quasi-addycyjny.

Przykład:

1.



(trimetylofosfina)—*hifo*-pentaboran(9)(2/1), [B<sub>5</sub>H<sub>9</sub>(PMe<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]

W przykładzie tym wodory *endo* skierowane są ku dołowi i w kierunku czytelnika.

### 11.4.3. Wymiana atomów w szkielecie

#### 11.4.3.1. Uwagi ogólne

W związkach pochodnych można zachować podstawową strukturę szkieletową klastrów boru, w której jeden lub więcej atomów boru ulega wymianie na inne atomy (BH<sub>2</sub>, BH<sup>-</sup> i CH są izoelektronowe). Nazwy takich związków, jak karbaborany, azaborany, fosfaborany, tiaborany itp., tworzy się przez adaptację organicznej nomenklatury zamiennej.

W heteroboranych liczba najbliższych sąsiadów heteroatomu jest zmienna i może wynosić 5, 6, 7 itp., dlatego, adaptując organiczną nomenklaturę zamienną do poliboranów, zastąpienie atomów boru innymi atomami wyraża się w nazwie, podając równocześnie liczbę atomów wodoru w strukturze powstającego wielościanu. Stosuje się jak poprzednio przedrostki *kłoso*, *nido*, *arachno* itp. Położenie wbudowanych heteroatomów w wielościennej sieci przestrzennej podaje się za pomocą lokantów, które tworzą możliwie najniższy zbiór liczb, zgodny z numeracją macierzystego poliboranu. Jeśli możliwy jest wybór przypisania lokantów w obrębie danego zbioru, wówczas pierwszeństwo niskiej numeracji przypisuje się temu pierwiastkowi, który występuje wcześniej w sekwencji przedstawionej w tab. IV.

### 11.4.3.2. Karbaborany (<sup>11j</sup>)

Tę ważną klasę związków przedstawia się ogólnym wzorem  $[(CH)_a(BH)_mH_b]^c$ , gdzie  $c$  może być liczbą dodatnią, ujemną lub równą zero. Grupy CH zajmują naroża wielościanu, a pozostałe atomy wodoru stanowią albo mostki ( $\mu H$ ), albo atomy końcowe *endo*. Nazwy karbaboranów opierają się na odpowiednim szkielecie macierzystego wodoru poliboru; przedrostki *kloso*, *nido* i *arachno* zachowują swoje znaczenie. Przyjmuje się możliwie niskie lokanty zastępujących atomów, zgodne z ustaloną numeracją wielościanów.

Liczbę atomów wodoru w danym związku (a nie w związku macierzystym, zawierającym w szkielecie wyłącznie atomy boru) podaje się za pomocą cyfr arabskich w nawiasie na końcu nazwy. Liczbę tę zachowuje się w nazwie pochodnych tych związków, utworzonych przez podstawienie atomów wodoru. We wszystkich rysunkach zamieszczonych w tym punkcie czarne kółka oznaczają atomy węgla, a białe kółka – atomy boru.

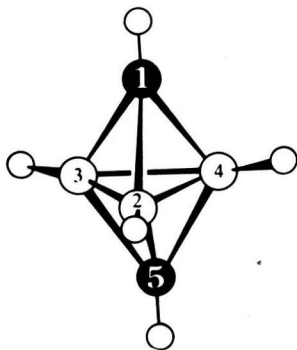
*Przykład:*



Związek ten jest izoelektronowy z dodekahydro-*kloso*-dodekaboranem(2-). Ma on trzy izomery położeniowe: 1,2-, 1,7- i 1,12- (nie zaleca się stosowania dla tych izomerów określeń *orto*, *meta* i *para*). Podobnie 1,6-dikarba-*kloso*-heksaboran(6) jest izoelektronowy z heksahydro-*kloso*-boranem(2-).

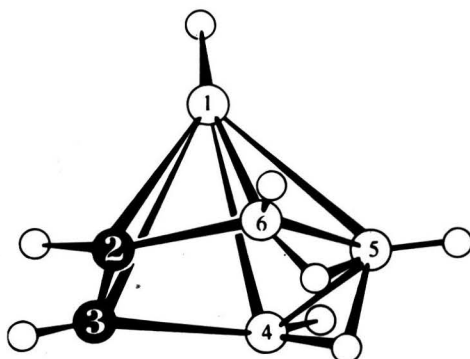
*Przykłady:*

2.



$C_2B_3H_5$ , 1,5-dikarba-*kloso*-pentaboran(5)

3.

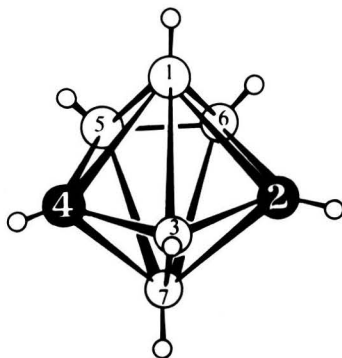


$C_2B_4H_8$ , 4,5:5,6-di- $\mu H$ -2,3-dikarba-*nido*-heksaboran(8)

Należy zwrócić uwagę, że lokanty związane z wymianą szkieletową mają pierwszeństwo przed lokantami mostkowych atomów wodoru. Liczba atomów mostkowych w heteroboranach jest zazwyczaj różna w porównaniu z ich macierzystymi boranami, ale przy numerowaniu rozważa się tylko symetrię macierzystego szkieletu boru.

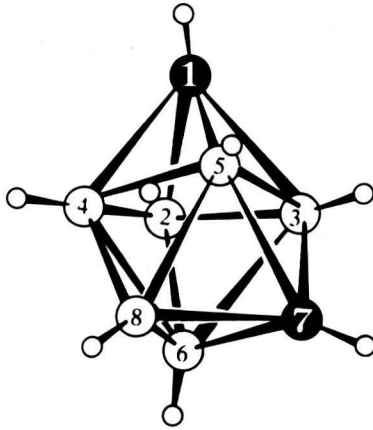
Przykłady:

4.

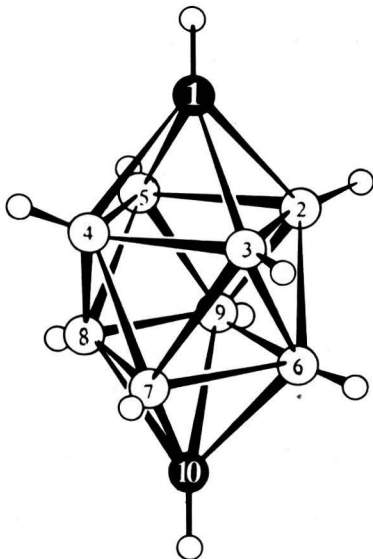


$C_2B_5H_7$ , 2,4-dikarba-*kloso*-heptaboran(7)

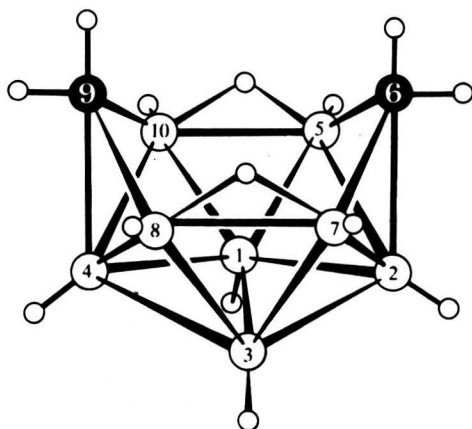
5.

 $C_2B_6H_8$ , 1,7-dikarba-*klosa*-oktaboran(8)

6.

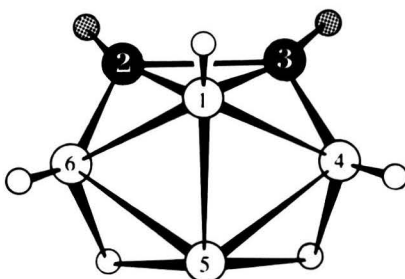
 $C_2B_8H_{10}$ , 1,10-dikarba-*klosa*-dekaboran(10)

7.



$C_2B_8H_{14}$ , 6,9-dikarba-*arachno*-dekaboran(14)

8.



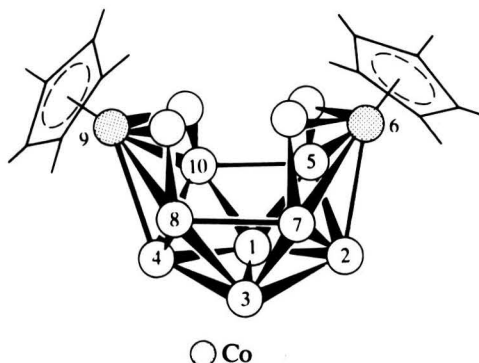
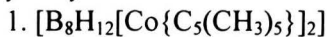
$C_6H_{17}B_4Cl_2Si_2$ , 2,3-bis(chlorodimetylosililo)-4,5:5,6-di- $\mu H$ -2,3-dikarba-*nido*-heksaboran(8)

### 11.4.3.3. Metaloborany i metalokarbaborany

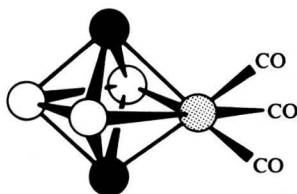
W rozdziale tym podano tylko kilka przykładów celem pokazania, w jaki sposób można zachować podstawową morfologię wielościennych klasterów wodorku poliboru przy zamianie jednego lub kilku atomów boru na atom metalu. Klaster metaloboranów mogą być obojętne lub jonowe.

Do tworzenia nazw takich związków adaptuje się nomenklaturę zamienną, stosując odpowiednie przedrostki z tab. VI (por. także *Nomenklatura związków organicznych* [2, 3]). Najniższe lokanty przypisuje się zgodnie z ustaloną numeracją wielościanu, a gdy jest możliwość wyboru, najniższe lokanty przypisuje się pierwiastkom w kolejności zgodnej z kierunkiem strzałki w sekwencji pierwiastków przedstawionej w tab. IV (zob. także 11.4.3.1).

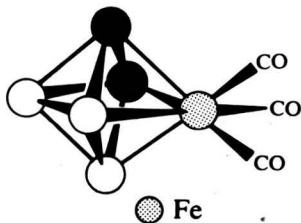
Przykłady:



6,9-bis( $\eta^5$ -pentametylocyklopentadienilo)-5,6:6,7:8,9:9,10-tetra- $\mu$ H-6,9-dikobaltanido-dekaboran(12) (<sup>11k</sup>)



2,2,2-trikarbonyl-1,6-dikarba-2-ferra-koso-heksaboran(5) (a nie 2,4-dikarba-1-ferra-)



3,3,3-trikarbonyl-1,2-dikarba-3-ferra-koso-heksaboran(5) (a nie 1,3-dikarba-2-ferra-)

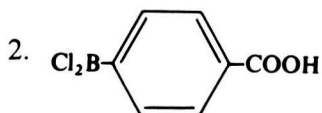
#### 11.4.3.4. Związki boroorganiczne

Na ogół w związkach z dwucentrowymi wiązaniami kowalencyjnymi, które oprócz boru i wodoru zawierają inne niemetalne, nazwy tworzy się na podstawie związków boru (nazwa jonu, wodorku lub klastra). Jednak związki boroorganiczne można także nazywać zgodnie z regułami nomenklatury organicznej.

Przykłady:



triacetoksyboran (nazwa oparta na macierzystym wodorku boru,  $BH_3$ ) lub tris(octano)bor (nomenklatura koordynacyjna)



dichloro(4-karboksyfenylo)boran lub kwas 4-(dichloroborylo)benzoesowy

## 11.5. Nazwy jonów

### 11.5.1. Aniony

Przykłady anionów występują we wszystkich klasach strukturalnych opisanych uprzednio związków. Ich nazwy tworzy się, stosując te same przedrostki zwielokrotniające i strukturalne co przy obojętnych wodorkach. W języku polskim nazwa anionu „boran” jest taka sama jak nazwa wodorku boru, a odróżnić ją można od borowodoru przez podanie ładunku anionu w nawiasie na końcu nazwy. Rozmieszczenie atomów wodoru wskazuje się za pomocą odpowiednich przedrostków liczbowych połączonych z „hydro”. Tak więc struktury podane w tab. 11.1 mają w nazwie wszystkie atomy wodoru: pentahydro-*kloso*-heptaboran(2-), heksahydro-*kso*-*kloso*-heksaboran(2-), heptahydro-*kloso*-heptaboran(2-) itd.; związki z przykładów 3, 4, 5 podane w 11.3.1.2 noszą nazwy oktadekahydro-1,1'-(lub 1,2'-lub 2,2'-) bi-*kloso*-dekaboran(4-). Dla struktur otwartych może zaistnieć potrzeba rozszerzenia nomenklatury (tak jak opisano w 11.3.2.3 i 11.3.2.4), aby przypisać lokanty atomom wodoru.

Przykłady:

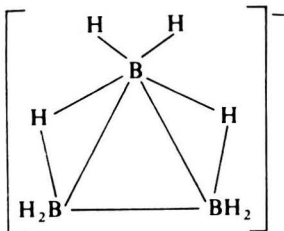


tetrahydroboran(1-)

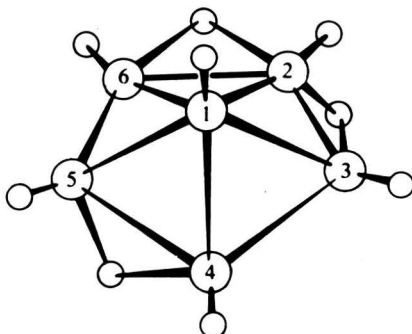


heptahydrodiboran(1-) lub

$\mu$ -hydro-heksahydrodiboran(1-)



oktadekahydro-*cyklo*-triboran(1-) lub 1,2:1,3-di- $\mu$ -hydro-heksahydro-*cyklo*-triboran(1-)

4.  $[\text{B}_6\text{H}_9]^-$ 

nonahydroheksaboran(1-) lub 2,3:2,6:4,5-tri- $\mu$ -hydro-heksahydro-*nido*-heksaboran(1-)

W wypadku soli tych metali, które charakteryzują się jednoznacznym stopniem utlenienia, można w nazwie pominąć ładunek jonu.

*Przykłady:*

- |   |  |
|---|--|
| 5. $\text{Na}[\text{BF}_4]$                             | tetrafluoroboran sodu  |
| 6. $\text{NH}_4[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4]$      | tetrafenyloboran amonu   |
| 7. $\text{Na}_2[\text{H}_3\text{BC}(\text{O})\text{O}]$ | karboksylanotrihydroboran(2-) sodu lub<br>karboksylanotrihydroboran disodu |

### 11.5.2. Kationy

Nazwy kationów nie mają specyficznych zakończeń; nazwa jonu kończy się na „boru”. Wszystkie dołączone atomy i grupy są traktowane jak ligandy.

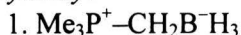
*Przykłady:*

- |   |  |
|---|--|
| 1. $[\text{BH}_2(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$              | chlerek diaminadihydroboru(1+)                       |
| 2. $[\text{BH}_2(\text{py})_2]^+$                       | jon dihydrobis(pirydyna)boru(1+)                     |
| 3. $[\text{B}_{10}\text{H}_7(\text{NH}_3)_3]^+$         | jon triaminaheptahydro- <i>kłoso</i> -dekaboru(1+)   |
| 4. $[\text{BH}_2(\text{NH}_3)_2][\text{B}_3\text{H}_8]$ | oktahydro- <i>cykło</i> -triboran diaminadihydroboru |

### 11.5.3. Struktury zawierające zarówno centra kationowe, jak i anionowe (jony obojnacze)

Związki takie nazywa się tak jak aniony, a przedrostki, które podaje się w porządku alfabetycznym, obejmują również odpowiednie przedrostki kationowe.

Przykłady:



2.



trihydro(trimetylofosfoniometylo)boran  
trichloro[4-(trichlorofosfonio)fenylo]boran

Gdy dwa centra obdarzone ładunkiem sąsiadują ze sobą, wówczas takie struktury można nazywać tak jak związki addycyjne (por. rozdz. 5).

## 11.6. Nazwy rodników i grup podstawnikowych

Grupa  $\text{H}_2\text{B}-$  ma nazwę „boryl”, a jej pochodne mają nazwy zgodne z nomenklaturą podstawnikową.

Przykłady:

1.  $\text{Cl}_2\text{B}-$       dichloroboryl
2.  $(\text{OH})_2\text{B}-$     dihydroksyboryl
3.  $\text{O}=\text{B}-$       oksoboryl
4.  $\text{S}=\text{B}-$       tiooksoboryl

Wielowartościowe ugrupowania mają nazwy:  $\text{HB}<$  boranodiyl i  $-\text{B}<$  boranotriyl, a „diboryl” oznacza dwie grupy  $\text{H}_2\text{B}-$ .

Przykład:

5.  $\text{BrB}<$       bromoboranodiyl

Jeśli dla rodników lub grup nie wyszczególniono liczby wiązań, to można stosować nazwę „borio”.

Przykłady:

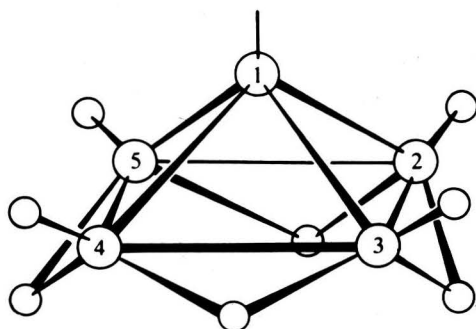
6.  $\text{Cl}_2\text{B}-$       dichloroborio
7.  $\text{HB}<$       hydroborio
8.  $\text{HOB}<$       hydroksoborio
9.  $-\text{B}<$       borio

W wypadku rodników i grup wyprowadzonych z poliboranów macierzysta nazwa wodoru, uzupełniona w nawiasie o liczbę atomów wodoru, jest modyfikowana w sposób przedstawiony poniżej. Dla grup jednowartościowych do nie zmienionej nazwy boranu dodaje się końcówkę -yl. W grupach wielowartościowych przed liczbą atomów wodoru dodaje się eufoniczne „o” (przed spółgłoską).

Lokanty określające wolną wartościowość (lub wolne wartościowości), oddzielone w razie ich większej liczby przecinkami i poprzedzane myślnikami, umieszcza się przed przyrostkami -yl, -diyl, -triyl itp. Jeśli można dokonać wyboru numeracji, to najniższe lokanty otrzymują miejsca z wolną wartościowością, zgodnie z numeracją ustaloną po przypisaniu wszystkich zamienionych pozycji (zob. 11.4.3).

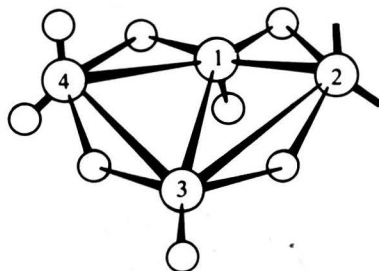
Przykłady:

- |                  |                                  |
|------------------|----------------------------------|
| 10. $H_2BH_2BH-$ | diboran(6)-1-yl                  |
| 11. $-HBH_2BH-$  | <i>cis</i> -diborano(6)-1,2-diyl |
| 12. $H_2BH_2B<$  | diborano(6)-1,1-diyl             |
| 13. $-HBBH-$     | diborano(4)-1,2-diyl             |
| 14.              |                                  |



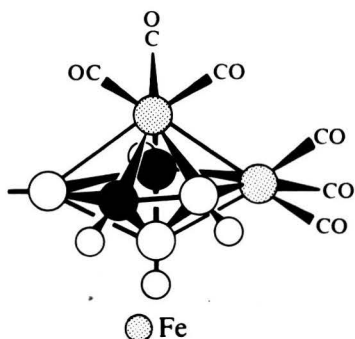
*nido*-pentaboran(9)-1-yl

15.



*arachno*-tetraborano(10)-2,2-diyl

16.

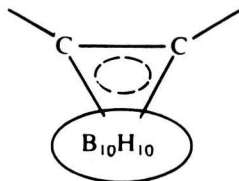


1,1,1,3,3,3-heksakarbonylo-2,5-dikarba-1,3-diferra-*kloso*-heptaboran-6-yl

Rodniki lub grupy utworzone przez usunięcie mostkowych atomów wodoru określa się przez podanie numerów atomów, do których dołączony był mostek, przedzielonych przecinkami i zamkniętych w nawiasach.

Przykłady:

17.

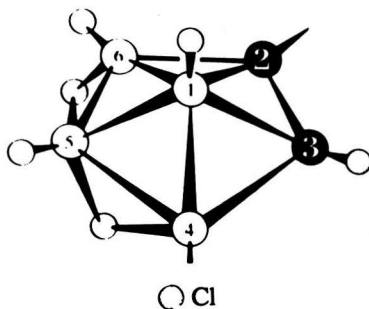


1,2-dikarba-*kloso*-dodekaborano(12)-1,2-diyl

Regularny szkielet dodekaedryczny związku pokazanego w przykładzie 17 można określić skrótem B<sub>10</sub>C<sub>2</sub> (por. także strukturę przedstawioną w wierszu 12 tab. 11.1).

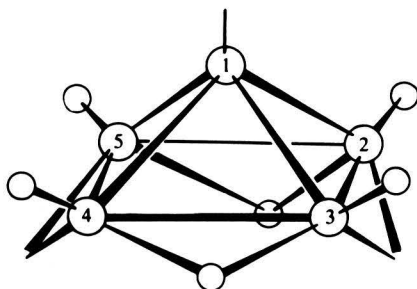
Przykłady:

18.



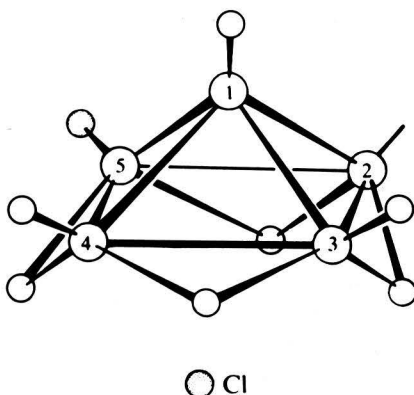
3-chloro-2,3-dikarba-*nido*-heksaborano(8)-2,4-diyl

19.



*nido-pentaborano(9)-1,(2,3- $\mu$ )(4,5- $\mu$ )-triył*

20.



5-chloro-*nido-pentaboran(9)-2-yl*

## 11.7. Uwagi końcowe

W niniejszym rozdziale rozważano regularne struktury typu *kłoso*, zawierające do 12 atomów boru. Jednak teoria i doświadczenie pokazują, że trwałe są również większe wielościany, a także inne zamknięte wielościany mające ściany o liczbie naroży większej niż trzy. Te i inne, bardziej złożone struktury boru stwarzają wiele problemów nomenklaturowych.

Strukturalną różnorodność i złożoność, poruszoną w tym rozdziale, stwierdzono również w borkach metali, lecz do związków tych najlepiej stosować nazwy stechiometryczne (rozd. 5).

Borki międzywęzłowe i addycyjne związki boru omówiono w rozdz. 5, niektóre pierścieniowe związki boru opisano w rozdz. 7 (por. reguła D-7.5 w [21]), oksoaniony boru zaś przedyskutowano w rozdz. 9.

## Przypisy

<sup>(11a)</sup> Propozycja Adamsa [61] oparcia nomenklatury nieorganicznych klastrów boru na opisie deltaedrycznym wielościennego szkieletu, zwanego *kłoso*, nie spotkała się z powszechnym poparciem i ostatnio pojawiły się dalsze propozycje podejścia strukturalnego do tej dziedziny nomenklatury [47, 62, 63].

<sup>(11b)</sup> Nazwę *nido* stosowano także w odniesieniu do innych wodorków poliboru o otwartej strukturze (nie zawierających trójkątnych ścian), ale nie jest to zalecane.

<sup>(11c)</sup> Odnośnie do definicji *anti* i *syn* patrz [64].

<sup>(11d)</sup> Dany klaster nie zawsze można jednoznacznie zakwalifikować do danej klasy. Czasem klaster, który przyjmuje otwartą strukturę *nido*, można również zaliczyć do struktur *arachno*.

<sup>(11e)</sup> Jeżeli te dwa kierunki dają różne zbiory lokantów dla wymienianych atomów lub podstawników, to wybiera się niższy lokant na pierwszej pozycji, gdzie występuje różnica.

<sup>(11f)</sup> Jedynym wyjątkiem jest *nido*-B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>, który ze względów zwyczajowych ma numerację opartą na systemie *arachno*.

<sup>(11g)</sup> Postępowanie to oznacza, że numerowanie macierzystego związku *kłoso* nie da się przenieść na odpowiedni związek *arachno*.

<sup>(11h)</sup> W związkach boru dla wodoru jako liganda wyjątkowo preferuje się nazwę „hydro” zamiast ogólnie stosowanego „hydrido”.

<sup>(11i)</sup> Nazwy tych związków wyprowadzano również z kwasu borynowego (R<sub>2</sub>BOH) i boronowego [RB(OH)<sub>2</sub>], ale komisja IUPAC nie zaleca stosowania takich nazw.

<sup>(11j)</sup> Dla tej klasy związków przyjmuje się również skróconą nazwę „karborany”.

<sup>(11k)</sup> Dla jasności opuszczono atomy wodoru związane pojedynczo z każdym atomem boru. Dyskusję nad nazwami ligandów, dołączonych do jonów metali zawarto w rozdz. 10. Przy określeniu liczby atomów wodoru, którą umieszcza się w nawiasie, na ogół nie uwzględnia się, że dołączone związki metalu mogą zawierać atomy wodoru. Należy wymienić wszystkie tego rodzaju atomy wodoru.

---

## Literatura

---

- [1] *Nomenklatura związków nieorganicznych*, PTChem, Ossolineum, Wrocław 1988.
- [2] *Nomenklatura związków organicznych*, Części A, B, C, D i E, PTChem, Warszawa 1992.
- [3] *Przewodnik do nomenklatury związków organicznych. Zalecenia 1993*, PTChem, Warszawa 1994.
- [4] L. B. Guyton de Morveau, *J. Phys.*, **19**, 310 (1782); *Ann. Chim. Phys.*, **1**, 24 (1798).
- [5] L. B. Guyton de Morveau, A. L. Lavoisier, C. L. Berthollet, A. F. de Fourcoy, *Méthode de Nomenclature Chimique*, Paris 1787.
- [6] A. L. Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, wyd. trzecie, Deterville, Paris 1801, tom I, s. 70–81, i tom II.
- [7] J. J. Berzelius, *J. Phys.*, **73**, 248 (1811).
- [8] A. Werner, *Neuere Anschauungen auf den Gebieten der Anorganischen Chemie*, wyd. trzecie, Vieweg, Braunschweig 1913, s. 92–95.
- [9] W. P. Jorisson, H. Bassett, A. Damens, F. Fichter, H. Remy, *Ber. Dtsch. Chem. Ges. A*, **73**, 53 (1940); *J. Chem. Soc.*, 1404 (1940); *J. Am. Chem. Soc.*, **63**, 889 (1941).
- [10] A. Stock, *Angew. Chem.*, **32**, 273 (1919); *ibid.*, **33**, 78 (1920).
- [11] *Nomenclature of Inorganic Chemistry, 1957 Report of CNIC, IUPAC*, Butterworths, London 1959; *J. Am. Chem. Soc.*, **82**, 5523 (1960).
- [12] *Nomenclature of Inorganic Chemistry*, wyd. drugie, Butterworths, London 1971, tłumaczenie polskie [1].
- [13] R. V. G. Ewens, H. Bassett, *Chem. Ind. (London)*, **27**, 131 (1949).
- [14] *Nomenclature of Inorganic Boron Compounds*, *Pure Appl. Chem.*, **30**, 683 (1972).
- [15] *Nomenclature of Hydrides of Nitrogen and Derived Cations, Anions, and Ligands*, *Pure Appl. Chem.*, **54**, 2545 (1982).
- [16] *Naming of Elements of Atomic Number Greater than 100*, *Pure Appl. Chem.*, **51**, 381 (1979).
- [17] *Isotopically Modified Compounds*, *Pure Appl. Chem.*, **53**, 1887 (1981).
- [18] *Nomenclature of Regular Single-strand and Quasi Single-strand Inorganic and Coordination Polymers*, *Pure Appl. Chem.*, **57**, 149 (1985), polskie tłumaczenie [19].
- [19] *Kompendium nomenklatury makromolekularnej*, PTChem, Warszawa 1995.
- [20] *How to Name an Inorganic Substance. A Guide to the Use of "Nomenclature of Inorganic Chemistry"*, Pergamon Press, Oxford 1977, polskie tłumaczenie [1].
- [21] *Nomenclature of Organic Chemistry*, Pergamon Press, Oxford 1979, Section D, polskie tłumaczenie poprzedniego wydania (1973) *Nomenklatura związków organicznych*, Część D, PTChem, PWN, Warszawa – Łódź 1981, również zawarte w [2].
- [22] *Compendium of Analytical Nomenclature, Definitive Rules*, wyd. drugie, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1987.

- [23] *Compendium of Chemical Terminology, IUPAC Recommendations*, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1987.
- [24] *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1988.; polskie tłumaczenie poprzedniego wydania: *Symbole i terminologia wielkości i jednostek stosowanych w chemii fizycznej*, Ossolineum, Wrocław 1990.
- [25] W. H. Powell, *The Designation of Non-standard Classical Valence Bonding in Organic Nomenclature*, *Pure Appl. Chem.*, **54**, 217 (1982).
- [26] N. Lozac'h, *Extension of Rules A-1.1 and A-2.5 Concerning Numerical Terms Used in Organic Chemical Nomenclature*, *Pure Appl. Chem.*, **55**, 1463 (1983).
- [27] *Nomenclature of Polyoxoanions*, *Pure Appl. Chem.*, **59**, 1529 (1987).
- [28] W.B. Pearson *Lattice Spacings and Structure of Metals*, Vol 2., Pergamon Press, Oxford 1967, 1, 2 i 79 – 91.
- [29] R. Bau, Th. F. Koetzle, *Neutron Diffraction Studies on Transition Metal Hydride Complexes*, *Pure Appl. Chem.*, **50**, 56 (1978).
- [30] *Chemical Nomenclature and Formation of Compositions of Synthetic and Natural Zeolites*, *Pure Appl. Chem.*, **51**, 1091 (1979).
- [31] F. A. Kröger, H. J. Vink, *Solid State Phys.*, **3**, 307 (1956).
- [32] *Nomenclature for Crystal Families, Bravais-Lattice Types and Arithmetic Classes. Report of the International Union of Crystallography Ad Hoc Committee on the Nomenclature of Symmetry*, *Acta Cryst.*, **A41**, 278 (1985).
- [33] J. S. Anderson, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.*, 1107 (1973).
- [34] *Notation for States and Processes, Significance of the Word Standard in Chemical Thermodynamics, and Remarks on Commonly Tabulated Forms of Thermodynamic Functions*, *Pure Appl. Chem.*, **54**, 1239 (1983).
- [35] *Nomenclature of Organic Chemistry*, 1979, Sections A, B and C, tłumaczenia polskie poprzednich wydań [2].
- [36] *The Treatment of Variable Valency in Organic Compounds (Lambda Convention). Recommendations 1983*, *Pure Appl. Chem.*, **56**, 769 (1984).
- [37] a) *Nomenclature of Organic Chemistry*, 1979, Section C; polskie tłumaczenie poprzedniego wydania: *Nomenklatura związków organicznych*, część C, PTChem, PWN, Warszawa – Łódź 1979, również zawarte w [2]; b) *Revised Nomenclature for Radicals, Ions, Radical Ions and Related Species*, *Pure Appl. Chem.*, **65**, 1357 (1993).
- [38] *Revisions of the Extended Hantzsch–Widman System of Nomenclature for Heterocycles*, *Pure Appl. Chem.*, **55**, 409 (1983).
- [39] *Nomenclature of Organic Chemistry*, 1979, Section A; polskie tłumaczenie poprzedniego wydania (1971): *Nomenklatura Związków Organicznych*, części A i B, PTChem, PWN, Warszawa – Łódź 1979, również zawarte w [2].
- [40] *Nomenclature of Organic Chemistry*, 1979, Section B; polskie tłumaczenie por. [39].
- [41] J. F. Bunnett, R. A. Y. Jones, *Names for Hydrogen Atoms, Ions, and Groups, and for Reactions Involving Them*, *Pure Appl. Chem.*, **60**, 1115 (1988).
- [42] R.S. Cahn, C. Ingold, V. Prelog, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **5**, 385 (1966).

- [43] V. Prelog, G. Helmchen, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **21**, 567 (1982).
- [44] *Nomenclature of Organic Chemistry*, 1979, Section E; polskie tłumaczenie poprzedniego wydania (1974): *Nomenklatura związków organicznych*, część E, *Stereochemia*, PTChem, PWN, Warszawa – Łódź 1979, również zawarte w [2].
- [45] M. Brorson, T. Damhus, C. E. Schaeffer, *Inorg. Chem.*, **22**, 1569 (1983).
- [46] M. F. Brown, B.R. Cook, T. E. Sloan, *Inorg. Chem.*, **7**, 1563 (1968).
- [47] J. B. Casey, W. J. Evans, W. H. Powell, *Inorg. Chem.*, **20**, 1333 (1981).
- [48] F. A. Cotton, *J. Am. Chem. Soc.*, **90**, 6230 (1968).
- [49] W. J. Stratton, D.H. Busch, *J. Am. Chem. Soc.*, **80**, 3191 (1958).
- [50] F. Vögtle, P. Neumann, *Tetrahedron*, **26**, 5847 (1970).
- [51] K. S. Boocock, N. N. Greenwood, D. J. Kennedy, W. S. McDonald, J. Staves, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 790 (1980).
- [52] R. E. Williams, *Inorg. Chem.*, **10**, 210 (1971).
- [53] R. V. Rudolf, W. R. Pretzer, *Inorg. Chem.*, **11**, 1974 (1972).
- [54] K. Wade, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 791 (1972).
- [55] K. Wade, *Adv. Inorg. Chem. Radiochem.*, **18**, 1 (1976).
- [56] R. E. Williams, *Adv. Inorg. Chem. Radiochem.*, **18**, 67 (1976).
- [57] D. M. P. Mingos, *Acc. Chem. Res.*, **17**, 311 (1984).
- [58] R. T. Baker, *Inorg. Chem.*, **25**, 109 (1986).
- [59] J. D. Kennedy, *Inorg. Chem.*, **25**, 111 (1986).
- [60] R. L. Johnson, D. M. P. Mingos, *Inorg. Chem.*, **25**, 3321 (1986).
- [61] R. M. Adams, praca prezentowana na *IMEBORON IV Meeting*, Salt Lake City, Utah, USA, czerwiec 1979.
- [62] J. B. Casey, W.J. Ewans, W.M. Powell, *Inorg. Chem.*, **20**, 3556 (1981); **22**, 2228 (1982); **22**, 2236 (1982); **23**, 4132 (1984).
- [63] R. W. Rudolf, *Acc. Chem. Res.*, **9**, 446 (1974).
- [64] Y. M. Cheek, N. N. Greenwood, D. J. Kennedy, W. S. McDonald, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 80 (1982).
- [65] W. C. Fernelius, W. H. Powell, *J. Chem. Ed.*, **59**, 504 (1982).
- [66] E. Fluck, *Pure Appl. Chem.*, **60**, 431 (1988).
- [67] W. C. Fernelius, *J. Chem. Ed.*, **63**, 263 (1986).
- [68] J. Emsley, *New Scientist*, 7 marca 1985, s. 33.



---

# Tabele

---

Tabela I. Nazwy, symbole i liczby atomowe pierwiastków

| <i>Nazwa</i> | <i>Symbol</i> | <i>Liczba atomowa</i> | <i>Nazwa</i> | <i>Symbol</i> | <i>Liczba atomowa</i> |
|--------------|---------------|-----------------------|--------------|---------------|-----------------------|
| Aktyln       | Ac            | 89                    | Ind          | In            | 49                    |
| Ameryk       | Am            | 95                    | Iryd         | Ir            | 77                    |
| Antymon      | Sb            | 51                    | Iterb        | Yb            | 70                    |
| Argon        | Ar            | 18                    | Itr          | Y             | 39                    |
| Arsen        | As            | 33                    | Jod          | I             | 53                    |
| Astat        | At            | 85                    | Kadm         | Cd            | 48                    |
| Azot         | N             | 7                     | Kaliforn     | Cf            | 98                    |
| Bar          | Ba            | 56                    | Kiur         | Cm            | 96                    |
| Berkel       | Bk            | 97                    | Kobalt       | Co            | 27                    |
| Beryl        | Be            | 4                     | Krypton      | Kr            | 36                    |
| Bizmut       | Bi            | 83                    | Krzem        | Si            | 14                    |
| Bohr**       | Bh            | 107                   | Ksenon       | Xe            | 54                    |
| Bor          | B             | 5                     | Lantan       | La            | 57                    |
| Brom         | Br            | 35                    | Lit          | Li            | 3                     |
| Cer          | Ce            | 58                    | Lorens       | Lr            | 103                   |
| Cez          | Cs            | 55                    | Lutet        | Lu            | 71                    |
| Chlor        | Cl            | 17                    | Magnez       | Mg            | 12                    |
| Chrom        | Cr            | 24                    | Mangan       | Mn            | 25                    |
| Cyna         | Sn            | 50                    | Meitner**    | Mt            | 109                   |
| Cynk         | Zn            | 30                    | Mendelew     | Md            | 101                   |
| Cyrkon       | Zr            | 40                    | Miedź        | Cu            | 29                    |
| Dubn**       | Db            | 105                   | Molibden     | Mo            | 42                    |
| Dysproz      | Dy            | 66                    | Neodym       | Nd            | 60                    |
| Einstein     | Es            | 99                    | Neon         | Ne            | 10                    |
| Erb          | Er            | 68                    | Neptun       | Np            | 93                    |
| Europ        | Eu            | 63                    | Nikiel       | Ni            | 28                    |
| Ferm         | Fm            | 100                   | Niob         | Nb            | 41                    |
| Fluor        | F             | 9                     | Nobel        | No            | 102                   |
| Fosfor       | P             | 15                    | Ołów         | Pb            | 82                    |
| Frans        | Fr            | 87                    | Osm          | Os            | 76                    |
| Gadolin      | Gd            | 64                    | Pallad       | Pd            | 46                    |
| Gal          | Ga            | 31                    | Platyna      | Pt            | 78                    |
| German       | Ge            | 32                    | Pluton       | Pu            | 94                    |
| Glin         | Al            | 13                    | Polon        | Po            | 84                    |
| Hafn         | Hf            | 72                    | Potas        | K             | 19                    |
| Has**        | Hs            | 108                   | Prazeodym    | Pr            | 59                    |
| Hel          | He            | 2                     | Promet       | Pm            | 61                    |
| Holm         | Ho            | 67                    | Protaktyn    | Pa            | 91                    |

| <i>Nazwa</i> | <i>Symbol</i> | <i>Liczba atomowa</i> | <i>Nazwa</i> | <i>Symbol</i> | <i>Liczba atomowa</i> |
|--------------|---------------|-----------------------|--------------|---------------|-----------------------|
| Rad          | Ra            | 88                    | Tantal       | Ta            | 73                    |
| Radon        | Rn            | 86                    | Technet      | Tc            | 43                    |
| Ren          | Re            | 75                    | Tellur       | Te            | 52                    |
| Rod          | Rh            | 45                    | Terb         | Tb            | 65                    |
| Rtęć         | Hg            | 80                    | Tlen         | O             | 8                     |
| Rubid        | Rb            | 37                    | Tor          | Th            | 90                    |
| Ruten        | Ru            | 44                    | Tul          | Tm            | 69                    |
| Rutherford** | Rf            | 104                   | Tytan        | Ti            | 22                    |
| Samar        | Sm            | 62                    | Uran         | U             | 92                    |
| Seaborg**    | Sg            | 106                   | Wanad        | V             | 23                    |
| Selen        | Se            | 34                    | Wapń         | Ca            | 20                    |
| Siarka       | S             | 16                    | Węgiel       | C             | 6                     |
| Skand        | Sc            | 21                    | Wodór*       | H             | 1                     |
| Sód          | Na            | 11                    | Wolfram      | W             | 74                    |
| Srebro       | Ag            | 47                    | Złoto        | Au            | 79                    |
| Stront       | Sr            | 38                    | Żelazo       | Fe            | 26                    |
| Tal          | Tl            | 81                    |              |               |                       |

\* Izotopy wodoru  $^2\text{H}$  i  $^3\text{H}$  noszą nazwy deuter i tryt; można dla nich stosować symbole D i T, ale preferuje się zapis  $^2\text{H}$  i  $^3\text{H}$  (por. 3.5.2 i przypis 8d).

\*\* Nazwy tych pierwiastków zostały wprowadzone przez IUPAC w sierpniu 1997 r. i ich polskie odpowiedniki nie zostały jeszcze ostatecznie zatwierdzone.

Tabela II. Nazwy pierwiastków o liczbach atomowych większych od 100

| <i>Liczba atomowa</i> | <i>Nazwa</i>           | <i>Symbol</i> |
|-----------------------|------------------------|---------------|
| 101                   | Mendelew (Unnilun)     | Md*           |
| 102                   | Nobel (Unnilbi)        | No*           |
| 103                   | Lorens (Unniltri)      | Lr*           |
| 104                   | Rutherford (Unnilkwad) | Rf*           |
| 105                   | Dubn (Unnilpent)       | Db*           |
| 106                   | Seaborg (Unnilheks)    | Sg*           |
| 107                   | Bohr (Unnilsept)       | Bh*           |
| 108                   | Has (Unnilokt)         | Hs*           |
| 109                   | Meitner (Unnilenn)     | Mt*           |
| 110                   | Ununnil                | Uun           |
| 111                   | Ununun                 | Uuu           |
| 112                   | Ununbi                 | Uub           |
| 113                   | Ununtri                | Uut           |
| 114                   | Ununkwad               | Uuq           |
| 115                   | Ununpent               | Uup           |
| 116                   | Ununheks               | Uuh           |
| 117                   | Ununsept               | Uus           |
| 118                   | Ununokt                | Uuo           |
| 119                   | Ununenn                | Uue           |
| 120                   | Unbinil                | Ubn           |
| 121                   | Unbiun                 | Ubu           |
| 130                   | Untrinil               | Utn           |
| 140                   | Unkwadnil              | Uqn           |
| 150                   | Unpentnil              | Upn           |
| 160                   | Unheksnil              | Uhn           |
| 170                   | Unseptnil              | Usn           |
| 180                   | Unoktnil               | Uon           |
| 190                   | Unennil                | Uen           |
| 200                   | Binilnil               | Bnn           |
| 201                   | Binilun                | Bnu           |

---

| <i>Liczba atomowa</i> | <i>Nazwa</i> | <i>Symbol</i> |
|-----------------------|--------------|---------------|
| 202                   | Binilbi      | Bnb           |
| 300                   | Trinilnil    | Tnn           |
| 400                   | Kwadnilnil   | Qnn           |
| 500                   | Pentnilnil   | Pnn           |
| 900                   | Ennilnil     | Enn           |

---

\* Systematyczne nazwy i symbole Unu, Unb, Unt, Unq, Unp, Unh, Uns, Uno, Une nie są zalecane dla pierwiastków, których nazwy zostały już zatwierdzone przez Komisję IUPAC; patrz też uwaga druga w tab. I.

Tabela III. Przedrostki liczbowe

---

|    |                      |     |                |
|----|----------------------|-----|----------------|
| 1  | mono                 | 19  | nonadeka       |
| 2  | di (bis)             | 20  | ikoza          |
| 3  | tri (tris)           | 21  | henikoza       |
| 4  | tetra (tetrakis)     | 22  | dokoza         |
| 5  | penta (pentakis)     | 23  | trikoza        |
| 6  | heksa (heksakis)     | 30  | triakonta      |
| 7  | hepta (heptakis)     | 31  | hentriakonta   |
| 8  | okta (oktakis)       | 35  | pentatriakonta |
| 9  | nona (nonakis)       | 40  | tetrakonta     |
| 10 | deka (dekakis), itd. | 48  | oktatetrakonta |
| 11 | undeka               | 50  | pentakonta     |
| 12 | dodeka               | 52  | dopentakonta   |
| 13 | trideka              | 60  | heksakonta     |
| 14 | tetradeka            | 70  | heptakonta     |
| 15 | pentadeka            | 80  | oktakonta      |
| 16 | heksadeka            | 90  | nonakonta      |
| 17 | heptadeka            | 100 | hekta          |
| 18 | oktadeka             |     |                |

---

Tabela IV. Kolejność pierwiastków

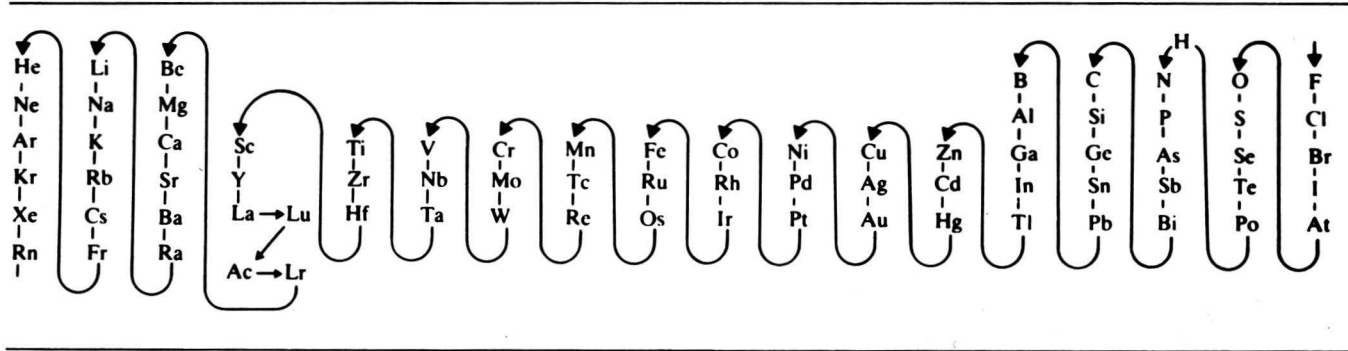


Tabela V. Przedrostki strukturalne stosowane w nomenklaturze nieorganicznej

---

Przedrostki te pisane są kursywą i oddzielone od reszty nazwy łącznikiem

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>antypryzmo</i>  | osiem atomów tworzących prostokątny antypryzmat   |
| <i>arachno</i>     | struktura związków boru pośrednia (pod względem stopnia obsadzenia naroży) między <i>nido</i> i <i>hifo</i>   |
| <i>asym</i>        | asymetryczny  |
| <i>cis</i>         | dwie grupy zajmujące sąsiadujące pozycje; w nomenklaturze systematycznej nazwa nie zalecana   |
| <i>cyklo</i>       | struktura pierścieniowa; przedrostek ten w tym wypadku jest modyfikatorem wskazującym strukturę i tylko dlatego pisany jest kursywą. W nomenklaturze organicznej „cyklo” uważa się za część macierzystej nazwy: „cyklo” oznacza wtedy zmianę wzoru cząsteczkowego i dlatego nie stosuje się kursywy |
| <i>dodekaedro</i>  | osiem atomów tworzących dodekaedr (dwunastościan) o ścianach trójkątnych  |
| <i>fac</i>         | trzy grupy zajmujące naroża tej samej ściany oktaedru; przedrostek nie zalecany w nomenklaturze systematycznej  |
| <i>heksaedro</i>   | osiem atomów tworzących heksaedr (np. sześcian)   |
| <i>heksapryzmo</i> | dwanaście atomów tworzących pryzmat heksagonalny  |
| <i>hifo</i>        | struktura otwarta; nazwa dotycząca w szczególności związków boru; oznacza strukturę bardziej zamkniętą niż struktura <i>klado</i> , lecz bardziej otwartą niż struktura <i>arachno</i>  |
| <i>ikozaedro</i>   | dwanaście atomów tworzących <i>ikozaedr</i> (dwudziestościan)   |
| <i>klado</i>       | bardzo otwarta struktura polizwiązków boru  |
| <i>kloso</i>       | struktura klatkowa lub zamknięta; w szczególności nazwę stosuje się do złożonego z atomów boru wielościanu, mającego wszystkie ściany trójkątne   |
| <i>kwadro</i>      | cztery atomy połączone w czworokąt, np. w kwadrat   |
| <i>mer</i>         | południkowy (ang. <i>meridional</i> ); trzy grupy zajmujące naroża oktaedru w taki sposób, że jedna jest w pozycji <i>cis</i> do dwóch innych, które względem siebie są w pozycji <i>trans</i> ; nazwa nie zalecana w nomenklaturze systematycznej  |
| <i>nido</i>        | struktura przypominająca gniazdo; nazwa dotycząca w szczególności związków boru, których szkielet jest niecałkowicie zamknięty  |
| <i>oktaedro</i>    | sześć atomów połączonych w oktaeder (ośmiościan)  |

---

---

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <i>pentapryzmo</i>           | dziesięć atomów połączonych w pryzmat pentagonalny   |
| <i>sym</i>                   | symetryczny  |
| <i>tetraedro</i>             | cztery atomy połączone w tetraedr (czworościan foremny)  |
| <i>trans</i>                 | dwie grupy naprzeciw siebie po obu stronach atomu centralnego, to znaczy w położeniach biegunowych na kuli; obecnie nazwa nie zalecana w nomenklaturze systematycznej  |
| <i>triangulo</i>             | trzy atomy połączone w trójkąt   |
| <i>tripryzmo</i>             | sześć atomów połączonych w pryzmat trygonalny  |
| $\mu$ ( <i>mi</i> )          | wskazuje, że grupa tak zaznaczona tworzy mostek łączący dwa (lub więcej) centra koordynacji  |
| $\lambda$ ( <i>lambda</i> )* | tym symbolem wraz z górnym wskaźnikiem oznacza się niestandardową liczbę wiązań w macierzystych wodorkach i ich pochodnych, to znaczy sumę liczby wiązań szkieletowych i liczby atomów wodoru połączonych z danym atomem |

---

\* Inne znaczenie symbolu  $\lambda$  (lambda) oraz objaśnienie greckich przedrostków, takich jak  $\Lambda$  (lambda),  $\delta$ ,  $\Delta$  (delta) i  $\kappa$  (kappa) patrz 2.10 i rozdz. 10.

Tabela VI. Człony „a” stosowane w nomenklaturze zamiennej uszeregowane zgodnie z malejącym porządkiem pierwszeństwa

| <i>Pierwiastek</i> | <i>Człon „a”</i> | <i>Pierwiastek</i> | <i>Człon „a”</i> |
|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| F                  | fluora           | Ru                 | rutena           |
| Cl                 | chlora           | Os                 | osma             |
| Br                 | broma            | Mn                 | mangana          |
| I                  | joda             | Tc                 | techneta         |
| At                 | astata           | Re                 | rena             |
| O                  | oksa             | Cr                 | chroma           |
| S                  | tia              | Mo                 | molibda          |
| Se                 | selena           | W                  | wolframa         |
| Te                 | tellura          | V                  | wanada           |
| Po                 | polona           | Nb                 | nioba            |
| N                  | aza              | Ta                 | tantala          |
| P                  | fosfa            | Ti                 | tytana           |
| As                 | arsa             | Zr                 | cyrkona          |
| Sb                 | stiba            | Hf                 | hafna            |
| Bi                 | bizmuta          | Sc                 | skanda           |
| C                  | karba            | Y                  | itra             |
| Si                 | sila             | La                 | lantana          |
| Ge                 | germa            | Ce                 | cera             |
| Sn                 | stanna           | Pr                 | prazeodyma       |
| Pb                 | plumba           | Nd                 | neodyma          |
| B                  | bora             | Pm                 | prometa          |
| Al                 | alumina          | Sm                 | samara           |
| Ga                 | galla            | Eu                 | europa           |
| In                 | inda             | Gd                 | gadolina         |
| Tl                 | talla            | Tb                 | terba            |
| Zn                 | cynka            | Dy                 | dysproza         |
| Cd                 | kadma            | Ho                 | holma            |
| Hg                 | merkura          | Er                 | erba             |
| Cu                 | kupra            | Tm                 | tula             |
| Ag                 | argenta          | Yb                 | iterba           |
| Au                 | aura             | Lu                 | luteta           |
| Ni                 | nikla            | Ac                 | aktyna           |
| Pd                 | pallada          | Th                 | tora             |
| Pt                 | platyna          | Pa                 | protaktyna       |
| Co                 | kobalta          | U                  | urana            |
| Rh                 | roda             | Np                 | neptuna          |
| Ir                 | iryda            | Pu                 | plutona          |
| Fe                 | ferra            | Am                 | ameryka          |

---

|    |           |    |         |
|----|-----------|----|---------|
| Cm | kiura     | Lr | lorensa |
| Bk | berkela   | Be | beryla  |
| Cf | kaliforna | Mg | magneza |
| Es | einsteina | Ca | kalca   |
| Fm | ferma     | Sr | stronta |
| Md | mendelewa | Ba | bara    |
| No | nobela    | Ra | rada    |

---

Tabela VII. Nazwy grup podstawnikowych pierwiastków<sup>a</sup>

| <i>Nazwa pierwiastka</i> | <i>Nazwa grupowa</i> | <i>Nazwa pierwiastka</i> | <i>Nazwa grupowa</i> |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| aktyn                    | aktynio              | hel                      | helio                |
| ameryk                   | amerykio             | holm                     | holmio               |
| antymon                  | antymonio            | ind                      | indio                |
| argon                    | argonio              | iryd                     | irydio               |
| arsen                    | arsenio              | iterb                    | iterbio              |
| astat                    | astatio              | itr                      | itrio                |
| azot                     | —                    | jod                      | jodio                |
| bar                      | bario                | kadm                     | kadmio               |
| berkel                   | berkelio             | kaliforn                 | kalifornio           |
| beryl                    | beryljo              | kiur                     | kiurio               |
| bizmut                   | bizmutio             | kobalt                   | kobaltio             |
| bor                      | borio                | krypton                  | kryptonio            |
| bohr*                    | bohrio               | krzem                    | silicjo              |
| brom                     | bromio               | ksenon                   | ksenonio             |
| cer                      | cerio                | lantan                   | lantanio             |
| cez                      | cezjo                | lit                      | litio                |
| chlor                    | chlorio              | lorens                   | lorensjo             |
| chrom                    | chromio              | lutet                    | lutetio              |
| cyna                     | stannio              | magnez                   | magnezjo             |
| cynk                     | cynkio               | mangan                   | manganio             |
| cyrkon                   | cyrkonio             | meitner*                 | meitnerio            |
| deuter                   | deuterio             | mendelew                 | mendelewio           |
| dubn*                    | dubnio               | miedź                    | kuprio               |
| dysproz                  | dysprozjo            | molibden                 | molibdenio           |
| einstein                 | einsteinio           | neodym                   | neodymio             |
| erb                      | erbio                | neon                     | neonio               |
| europ                    | europio              | neptun                   | neptunio             |
| ferm                     | fermio               | nikiel                   | niklio (nikelio)     |
| fluor                    | fluorio              | niob                     | niobio               |
| fosfor                   | fosforio             | nobel                    | nobelio              |
| frans                    | fransjo              | ołów                     | plumbio              |
| gadolin                  | gadolinio            | osm                      | osmio                |
| gal                      | galio                | pallad                   | palladio             |
| german                   | germanio             | platyna                  | platynio             |
| glin                     | aluminio             | pluton                   | plutonio             |
| hafn                     | hafnio               | polon                    | polonio              |
| has*                     | hasjo                | potas                    | kalio                |

| <i>Nazwa pierwiastka</i> | <i>Nazwa grupowa</i> | <i>Nazwa pierwiastka</i> | <i>Nazwa grupowa</i> |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| prazeodym                | prazeodymio          | stront                   | strontio             |
| promet                   | prometio             | tal                      | talio                |
| protaktyn                | protaktynio          | tantal                   | tantalo              |
| rad                      | radio                | technet                  | technetio            |
| radon                    | radonio              | tellur                   | tellurio             |
| ren                      | renio                | terb                     | terbio               |
| rod                      | rodio                | tlen                     | —                    |
| rtęć                     | merkurio             | tor                      | torio                |
| rubid                    | rubidio              | tryt                     | trytio               |
| ruten                    | rutenio              | tul                      | tulio                |
| rutherford*              | rutherfordio         | tytan                    | tytanio              |
| samar                    | samaro               | uran                     | uranio               |
| seaborg*                 | seaborgio            | wanad                    | wanadio              |
| selen                    | selenio              | wapń                     | kalcjo               |
| siarka                   | sulfurio             | węgiel                   | —                    |
| skand                    | skandio              | wodór                    | —                    |
| sód                      | sodio (natrio)       | wolfram                  | wolframio            |
| srebro                   | argentio             | złoto                    | aurio                |

<sup>a</sup> Nazwy te stosuje się w organicznej nomenklaturze podstawnikowej w sytuacjach, w których grupa podstawnikowa łączy się z macierzystym szkieletem za pomocą pojedynczego wiązania pierwiastek-węgiel.

\* Por. uwagę drugą w tab. I.

Tabela VIII. Nazwy jonów i grup

W tabeli tej znajduje się pięć kolumn, z których pierwsza zawiera symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy. Druga kolumna zawiera odpowiednią nazwę. W trzeciej kolumnie znajdują się nazwy odpowiadające symbolowi lub wzorowi odpowiedniego kationu. Nomenklatura nieorganiczna zezwala, aby ładunek podawać w postaci liczby ładunku lub aby o nim wnioskować na podstawie liczby utlenienia. Obie metody są przedstawione w trzeciej i w następnych kolumnach. W przypadkach, w których mogłyby wystąpić niejasności, podano wzory jonów. Czwarta kolumna zawiera nazwę odpowiedniego anionu. Wreszcie w piątej kolumnie umieszczono nazwę wzoru lub symbolu odpowiedniego liganda (zazwyczaj przyjmuje się, że jest on anionem, rzadziej jest cząsteczką obojętną).

Symbole i wzory zestawione są w porządku alfabetycznym zgodnie z zasadami podanymi w 4.6.1.3. Ponieważ końcówki -awy i -owy nie są już zalecane w przypadku nazw kationów metali, nie zostały podane. Pominięto również tradycyjne, nie zalecane przez komisję PTChem nazwy anionów, w rodzaju azotyn, nadmanganian czy podchloryn. Podano natomiast te wszystkie zwyczajowe nazwy, które wciąż są dozwolone. Nie zamieszczono jednak nazw cząsteczek i jonów występujących rzadko; tak więc w kolumnach niektóre miejsca są puste.

Dla danego wzoru podano nazwę tylko jednej określonej struktury, pomimo że niekiedy danemu wzorowi mogą odpowiadać także inne struktury.

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i> | <i>Nazwa liganda</i> |
|---|---|---|---------------------|----------------------|
| 1   | 2   | 3   | 4                   | 5                    |
| Ac  | aktyn   | aktyn                                     | aktynek             |                      |
| Ag  | srebro  | srebro                                    | srebek              |                      |
| Al  | glin  | glin                                      | glinek              |                      |
| Am  | ameryk  | ameryk                                    | amerykek            |                      |

|                  |       |  |  |   |
|------------------|-------|--|--|---|
| Ar               | argon | argon  | argonek  |   |
| As               | arsen | arsen  | arsenek  | arseno  |
| AsH <sub>4</sub> |       | AsH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>arsonium  |  |   |
| AsO <sub>3</sub> |       |  | AsO <sub>3</sub> <sup>3-</sup><br>arsenian(III)<br>trioksoarsenian(3-)<br>trioksoarsenian(III) | arseniano(III)<br>trioksoarseniano(3-)<br>trioksoarseniano(III) |
| AsO <sub>4</sub> |       |  | AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup><br>arsenian(V)<br>tetraoksoarsenian(3-)<br>tetraoksoarsenian(V) | arseniano(V)<br>tetraoksoarseniano(3-)<br>tetraoksoarseniano(V) |
| AsS <sub>4</sub> |       |  | AsS <sub>4</sub> <sup>3-</sup><br>tetratioarsenian(3-)<br>tetratioarsenian(V)                  | tetratioarseniano(3-)<br>tetratioarseniano(V)                   |
| At               | astat | astat  | astatek  |   |
| Au               | złoto | Au <sup>+</sup><br>złoto(1+)<br>złoto (I)<br>Au <sup>3+</sup><br>złoto(3+)<br>złoto(III) | złotek   |   |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>  |
|---|---|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
| B   | bor   | bor                                       | borek<br>(BO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) <sub>n</sub><br>metaboran<br>poli[dioksoboran(1-)]<br>poli[dioksoboran(III)]<br>BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup><br>boran<br>trioksoboran(3-)<br>trioksoboran(III) | borydo<br><br>metaborano<br><br><br>borano<br>trioksoborano(3-)<br>trioksoborano(III) |
| Ba  | bar   | bar                                       | barek  |   |
| Be  | beryl   | beryl                                     | berylek  |   |
| Bh  | bohr <sup>a</sup>                                   | bohr                                      | bohrek   |   |
| Bi  | bizmut  | bizmut                                    | bizmutek   | bizmutydo   |
| Bk  | berkel  | berkel                                    | berkelek   |   |
| Br  | brom  | brom                                      | bromek   | bromo   |

|                  |                       |   |   |   |
|------------------|-----------------------|---|---|---|
| BrO              | monotlenek<br>bromu   | bromozyl<br>oksobrom(1+)                        | BrO<br>oksobromian(1-)<br>oksobromian(I)  | oksobromiano(1-)<br>oksobromiano(I)                 |
| BrO <sub>2</sub> | ditlenek<br>bromu     | bromyl(V)<br>dioksobrom(1+)                     | BrO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>dioksobromian(1-)<br>dioksobromian(III)          | dioksobromiano(1-)<br>dioksobromiano(III)           |
| BrO <sub>3</sub> | tritlenek<br>bromu    | bromyl(VII)<br>trioksobromyl<br>trioksobrom(1+) | BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>trioksobromian(1-)<br>trioksobromian(V)          | trioksobromiano(1-)<br>trioksobromiano(V)           |
| BrO <sub>4</sub> | tetratlenek<br>bromu  |   | BrO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>tetraoksobromian(1-)<br>tetraoksobromian(VII)    | tetraoksobromiano(1-)<br>tetraoksobromiano(VII)     |
| Br <sub>3</sub>  | tribrom               |   | tribromek(1-)   | tribromo(1-)  |
| C                | węgiel                |   | węglik  | karbido-  |
| CN               |                       |   | cyjanek   | cyjano  |
| CO               | tlenek węgla          | karbonyl  |   | karbonyl<br>tlenek węgla                            |
| CO <sub>3</sub>  |                       |   | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>węglan<br>trioksowęglan(2-)<br>trioksowęglan(IV) | węglano<br>trioksowęglano(2-)<br>trioksowęglano(IV) |
| CS               | monosiarczek<br>węgla | tiokarbonyl                                     |   | tiokarbonyl<br>monosiarczek węgla                   |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>                                    | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>                                |
|---|---|--|--|---|
| 1   | 2   | 3  | 4  | 5   |
| CS <sub>3</sub>                                   |   |  | CS <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>tritiowęglan(2-)<br>tritiowęglan(IV)              | tritiowęglano(2-)<br>tritiowęglano(IV)              |
| C <sub>2</sub>                                    | diwęgiel  |  | C <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>acetylenek<br>diwęglik(2-)                         | dikarbido   |
| Ca  | wapń  | wapń   | wapniak  |   |
| Cd  | kadm  | kadm   | kadmek   |   |
| Ce  | cer   | cer  | cerek  |   |
| Cf  | kaliforn  | kaliforn   | kalifornek   |   |
| Cl  | chlor   | chlor  | chlorek  | chloro  |
| ClF <sub>4</sub>                                  | tetrafluorek chloru                                 | ClF <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>tetrafluorochlor(1+)<br>tetrafluorochlor(V) | ClF <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>tetrafluorochloran(1-)<br>tetrafluorochloran(III) | tetrafluorochlorano(1-)<br>tetrafluorochlorano(III) |
| ClO   | monotlenek chloru                                   | chlorozyl  | ClO <sup>-</sup><br>chloran(I)<br>oksochloran(1-)<br>oksochloran(I)                | chlorano(I)<br>oksochlorano(1-)<br>oksochlorano(I)  |

|                  |                                      |   |   |  |
|------------------|--------------------------------------|---|---|--|
| ClO <sub>2</sub> | ditlenek<br>chloru                   | chloryl(V)<br>dioksochlor(1+)   | ClO <sub>2</sub><br>chloran(III)<br>dioksochloran(1-)<br>dioksochloran(III)       | chlorano(III)<br>dioksochlorano(1-)<br>dioksochlorano(III)       |
| ClO <sub>3</sub> | tritolenek<br>chloru<br>trioksochlor | chloryl(VII)<br>trioksochloryl<br>trioksochlor(1+)  | ClO <sub>3</sub><br>chloran(V)<br>trioksochloran(1-)<br>trioksochloran(V)         | chlorano(V)<br>trioksochlorano(1-)<br>trioksochlorano(V)         |
| ClO <sub>4</sub> | tetratlenek<br>chloru                |   | ClO <sub>4</sub><br>chloran(VII)<br>tetraoksochloran(1-)<br>tetraoksochloran(VII) | chlorano(VII)<br>tetraoksochlorano(1-)<br>tetraoksochlorano(VII) |
| Cm               | kiur                                 | kiur  | kiurek  |  |
| Co               | kobalt                               | Co <sup>2+</sup><br>kobalt(2+)<br>kobalt(II)<br>Co <sup>3+</sup><br>kobalt(3+)<br>kobalt(III) | kobaltek  |  |
| Cr               | chrom                                | Cr <sup>2+</sup><br>chrom(2+)<br>chrom(II)<br>Cr <sup>3+</sup><br>chrom(3+)<br>chrom(III)     | chromek   |  |
| CrO <sub>2</sub> | ditlenek<br>chromu                   | chromyl<br>dioksochrom(2+)  |   |  |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>  | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>  |
|---|---|--|--|---|
| 1   | 2   | 3  | 4  | 5   |
| CrO <sub>4</sub>                                  |   |  | CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>chromian<br>tetraoksochromian(2-)<br>tetraoksochromian(VI)                                       | chromiano<br>tetraoksochromiano(2-)<br>tetraoksochromiano(VI)                         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                    |   |  | Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup><br>dichromian(2-)<br>μ-okso-heksaoksodichromian(2-)<br>μ-okso-heksaoksodichromian(VI) | dichromiano(2-)<br>μ-okso-heksaoksodichromiano(2-)<br>μ-okso-heksaoksodichromiano(VI) |
| Cs  | cez   | cez  | cez  |   |
| Cu  | miedź   | Cu <sup>+</sup><br>miedź(1+)<br>miedź(I)<br>Cu <sup>2+</sup><br>miedź(2+)<br>miedź(II) | miedziek   |   |
| Db  | dubn <sup>a</sup>                                   | dubn   | dubnek   |   |
| Dy  | dysproz   | dysproz  | dysprozek  |   |

|    |          |   |            |                                       |
|----|----------|---|------------|---------------------------------------|
| Er | erb      | erb   | erbek      |                                       |
| Es | einstein | einstein  | einsteinek |                                       |
| Eu | europ    | europ   | europpek   |                                       |
| F  | fluor    | fluor   | fluorek    | fluoro                                |
| Fe | żelazo   | Fe <sup>2+</sup><br>żelazo(2+)<br>żelazo(II)<br>Fe <sup>3+</sup><br>żelazo(3+)<br>żelazo(III) | żelazek    |                                       |
| Fm | ferm     | ferm  | fermek     |                                       |
| Fr | frans    | frans   | fransek    |                                       |
| Ga | gal      | gal   | galek      |                                       |
| Gd | gadolin  | gadolin   | gadolinek  |                                       |
| Ge | german   | Ge <sup>2+</sup><br>german(2+)<br>german(II)<br>Ge <sup>4+</sup><br>german(4+)<br>german(IV)  | germanek   |                                       |
| H  | wodór    | wodór<br>hydron   | wodorek    | hydrido, wodoro<br>hydro <sup>b</sup> |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>         | <i>Nazwa anionu</i>   | <i>Nazwa liganda</i>   |
|---|---|---|---|--|
| 1   | 2   | 3   | 4   | 5  |
| HCO <sub>3</sub>                                  |   |   | HCO <sub>3</sub><br>wodorowęglan(1-)<br>wodorotriksowęglan(1-)<br>wodorotriksowęglan(IV)                          | wodorowęglano(1-)<br>wodorotriksowęglano(1-)<br>wodorotriksowęglano(IV)            |
| HO  | HO<br>hydroksyl                                     | HO <sup>+</sup><br>hydroksylium<br>wodorotlen(1+) | OH<br>wodorotlenek  | hydrokso   |
| HO <sub>2</sub>                                   | ditlenek<br>wodoru                                  | perhydroksyl<br>hydroperoksyl<br>wodoroditlen(1+) | HO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>wodoronadtlenek(1-)<br>wodoroditlenek(1-)   | hydroperokso<br>wodoroperokso<br>wodorodiokso                                      |
| HPO <sub>4</sub>                                  |   |   | HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>wodorofosforan(2-)<br>wodorotetraoksofosforan(2-)<br>wodorotetraoksofosforan(V) | wodorofosforano(2-)<br>wodorotetraoksofosforano(2-)<br>wodorotetraoksofosforano(V) |
| HS  |   |   | HS<br>wodorosiarczek(1-)  | merkpto(1-)<br>wodorosulfido<br>sulfanido <sup>c</sup>                             |

|                   |  |   |   |
|-------------------|--|---|---|
| HSO <sub>3</sub>  |  | HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>wodorosiarczan(IV)<br>wodorotrioksosiaraczan(1-)<br>wodorotrioksosiaraczan(IV)     | wodorosiarczano(IV)<br>wodorotrioksosiarczano(1-)<br>wodorotrioksosiarczano(IV)     |
| HSO <sub>4</sub>  |  | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>wodorosiarczan(VI)<br>wodorotetraoksosiaraczan(1-)<br>wodorotetraoksosiaraczan(VI) | wodorosiarczano(VI)<br>wodorotetraoksosiarczano(1-)<br>wodorotetraoksosiarczano(VI) |
| HSe               |  | HSe <sup>-</sup><br>wodoroselenek(1-)   | wodoroselenido(1-)<br>selanido <sup>c</sup>   |
| HSeO <sub>3</sub> |  | HSeO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>wodorotrioksoselenian (1-)<br>wodorotrioksoselenian (IV)                          |   |
| HTe               |  | HTe <sup>-</sup><br>wodorotellurek(1-)  | wodorotellurido<br>tellanido  |
| H <sub>2</sub> Br | H <sub>2</sub> Br <sup>+</sup><br>bromonium  |   |   |
| H <sub>2</sub> Cl | H <sub>2</sub> Cl <sup>+</sup><br>chloronium |   |   |
| H <sub>2</sub> F  | H <sub>2</sub> F <sup>+</sup><br>fluoronium  |   |   |
| H <sub>2</sub> I  | H <sub>2</sub> I <sup>+</sup><br>jodonium    |   |   |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i>   | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>   |
|---|---|---|--|--|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5  |
| H <sub>2</sub> NO<br>patrz<br>NHOH  |   |   |  |  |
| H <sub>2</sub> O  | woda<br>oksydan <sup>c</sup><br>tlenek<br>diwodoru  |   |  | akwa   |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> P<br>patrz<br>PH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                            |   |   |  |  |
| H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> P <sub>2</sub><br>patrz<br>P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |   |   |  |  |
| H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>  |   |   | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>diwodorofosforan(1-)<br>diwodorotetraoksofosforan(1-)<br>diwodorotetraoksofosforan(V) | diwodorofosforano(1-)<br>diwodorotetraoksofosforano(1-)<br>diwodorotetraoksofosforano(V) |

|                   |                       |  |         |      |
|-------------------|-----------------------|--|---------|------|
| H <sub>3</sub> O  | tlenek<br>triwodoru   | H <sub>3</sub> O <sup>+</sup><br>oksonium<br>triwodorotlen(1+)                                       |         |      |
| H <sub>3</sub> S  | siarczek<br>triwodoru | H <sub>3</sub> S <sup>+</sup><br>sulfonium<br>triwodorosiarka(1+)                                    |         |      |
| H <sub>3</sub> Se | selenek<br>triwodoru  | H <sub>3</sub> Se <sup>+</sup><br>selenonium<br>triwodoroselen(1+)                                   |         |      |
| H <sub>3</sub> Te | tellurek<br>triwodoru | H <sub>3</sub> Te <sup>+</sup><br>telluronium<br>triwodorotellur(1+)                                 |         |      |
| He                | hel                   | hel  | helek   |      |
| Hf                | hafn                  | hafn   | hafnek  |      |
| Hg                | rtęć                  | Hg <sup>2+</sup><br>rtęć(2+)<br>rtęć(II)<br>Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup><br>dirteć(2+)<br>dirteć(I) | rtęciek |      |
| Ho                | holm                  | holm   | holmek  |      |
| Hs                | has <sup>a</sup>      | has  | hasek   |      |
| I                 | jod                   | jod  | jodek   | jodo |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>                             | <i>Nazwa anionu</i>   | <i>Nazwa liganda</i>                                       |
|---|---|---|---|--|
| 1   | 2   | 3   | 4   | 5  |
| IF <sub>4</sub>                                   | tetrafluorek jodu                                   | IF <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>tetrafluorjod(1+)<br>tetrafluorjod(V) | IF <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>tetrafluorjodan(1-)<br>tetrafluorjodan(III)             | tetrafluorjodano(1-)<br>tetrafluorjodano(III)              |
| IO  | monotlenek jodu                                     | jodozyl<br>oksojod(1+)  | IO <sup>-</sup><br>oksojodan(1-)<br>oksojodan(I)  | oksojodano(1-)<br>oksojodano(I)                            |
| IO <sub>2</sub>                                   | ditlenek jodu                                       | jodyl(V)<br>dioksojod(1+)   | IO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>dioksojodan(1-)<br>dioksojodan(III)                     | dioksojodano(1-)<br>dioksojodano(III)                      |
| IO <sub>3</sub>                                   | tritlenek jodu                                      | jodyl(V)<br>trioksojod(1+)  | IO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>jodan(V)<br>trioksojodan(1-)<br>trioksojodan(V)         | jodano(V)<br>trioksojodano(1-)<br>trioksojodano(V)         |
| IO <sub>4</sub>                                   | tetratlenek jodu                                    |   | IO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>jodan(VII)<br>tetraoksojodan(1-)<br>tetraoksojodan(VII) | jodano(VII)<br>tetraoksojodano(1-)<br>tetraoksojodano(VII) |
| IO <sub>6</sub>                                   |   |   | IO <sub>6</sub> <sup>5-</sup><br>heksaoksojodan(5-)<br>heksaoksojodan(VII)              | heksaoksojodano(5-)<br>heksaoksojodano(VII)                |

|                  |          |   |   |  |
|------------------|----------|---|---|--|
| I <sub>3</sub>   | trijod   |   | trijodek(1-)  | trijodo(1-)  |
| In               | ind      | ind   | indek   |  |
| Ir               | iryd     | iryd  | irydek  |  |
| K                | potas    | potas   | potasek   |  |
| Kr               | krypton  | krypton   | kryptonek   |  |
| La               | lantani  | lantani   | lantaneke   |  |
| Li               | lit      | lit   | litek   |  |
| Lr               | lorens   | lorens  | lorensek  |  |
| Lu               | lutet    | lutet   | lutetek   |  |
| Md               | mendelew | mendelew  | mendelewek  |  |
| Mg               | magnez   | magnez  | magnezek  |  |
| Mn               | mangan   | Mn <sup>2+</sup><br>mangan(2+)<br>mangan(II)<br>Mn <sup>3+</sup><br>mangan(3+)<br>mangan(III) | manganek  |  |
| MnO <sub>4</sub> |          |   | MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>manganian(VII)<br>tetraoksomanganian(1-)<br>tetraoksomanganian(VII)<br>MnO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>manganian(VI)<br>tetraoksomanganian(2-)<br>tetraoksomanganian(VI) | manganiano(VII)<br>tetraoksomanganiano(1-)<br>tetraoksomanganiano(VII)<br>manganiano(VI)<br>tetraoksomanganiano(2-)<br>tetraoksomanganiano(VI) |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>   | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>             |
|---|---|---|--|----------------------------------|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5                                |
| Mo  | molibden  | molibden  | molibdenek   |                                  |
| Mt  | meitner <sup>b</sup>                                | meitner   | meitnerek  |                                  |
| N   | azot  | azot  | azotek   | nitrydo                          |
| NCO patrz<br>OCN                                  |   |   |  |                                  |
| NF <sub>4</sub>                                   |   | NF <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>tetrafluoroamonium<br>tetrafluoroazot(1+)<br>tetrafluoroazot(V) |  |                                  |
| NH  |   |   | NH <sup>2</sup><br>imidek<br>azanodiid <sup>c</sup><br>azanid(2-) <sup>c</sup> | imido<br>azanodiido <sup>c</sup> |
| NHOH  |   |   | NHOH<br>hydroksyamidek   | hydroksyamido                    |
| NH <sub>2</sub>                                   |   |   | NH <sub>2</sub><br>amidek<br>azanid <sup>c</sup>                               | amido<br>azanido <sup>c</sup>    |

|                 |                 |  |   |   |
|-----------------|-----------------|--|---|---|
| NH <sub>3</sub> | azan<br>amoniak | NH <sub>3</sub> <sup>+</sup><br>amoniumyl<br>azaniumyl |   | amina<br>azan   |
| NH <sub>4</sub> |                 | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>amon<br>azanium        |   |   |
| NO              | tlenek azotu    | nitrozyl   | NO <sup>-</sup><br>oksoazotan(1-)<br>oksoazotan(I)  | nitrozyl<br>tlenek azotu  |
| NO <sub>2</sub> | ditlenek azotu  | nitroil  | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>azotan(III)<br>dioksoazotan(1-)<br>dioksoazotan(III)  | azotano(III)-O<br>azotano(III)-N<br>dioksoazotano(1-)<br>dioksoazotano(III)<br>nitro <sup>c</sup> |
|                 |                 |  | NO <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>dioksoazotan(2-)<br>dioksoazotan(II)   | dioksoazotano(2-)<br>dioksoazotano(II)  |
| NO <sub>3</sub> | tritlenek azotu |  | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>azotan(V)<br>trioksoazotan(1-)<br>trioksoazotan(V)<br>NO(O <sub>2</sub> ) <sup>-</sup><br>oksoperoksoazotan(1-)<br>oksoperoksoazotan(III) | azotano(V)<br>trioksoazotano(1-)<br>trioksoazotano(V)   |
| NO <sub>4</sub> |                 |  | NO <sub>2</sub> (O <sub>2</sub> ) <sup>-</sup><br>dioksoperoksoazotan(1-)<br>dioksoperoksoazotan(V)   |   |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>                                     | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>                              |
|---|---|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
| NS  | monosiarczek azotu                                  | tionitrozyl   |  | tionitrozyl<br>siarczek azotu                     |
| N <sub>2</sub> H                                  |   | N <sub>2</sub> H <sup>+</sup><br>diazynium                                    | N <sub>2</sub> H <sup>-</sup><br>diazenid <sup>c</sup>   | diazenido <sup>c</sup><br>diazeno <sup>c</sup>    |
|   |   |   | N <sub>2</sub> H <sup>3-</sup><br>diazanotriid <sup>c</sup><br>diazanid(3-) <sup>c</sup><br>hydrazydek(3-)             | diazanotriido <sup>c</sup><br>hydrazydo(3-)       |
| N <sub>2</sub> H <sub>2</sub>                     | diazen diimid                                       | N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> <sup>2+</sup><br>diazynodiylum<br>diazynium(2+) | N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>diazanodiid <sup>c</sup><br>hydrazydek(2-)<br>diazanid(2-) <sup>c</sup> | diazanodiido <sup>c</sup><br>hydrazydo(2-)        |
|   |   |   |  | N <sub>2</sub> H <sub>2</sub><br>diazen<br>diimid |
| NHNH <sub>2</sub>                                 |   | N <sub>2</sub> H <sub>3</sub> <sup>+</sup><br>diazanium                       | N <sub>2</sub> H <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>hydrazydek(1-)<br>diazanid <sup>c</sup>                                  | hydrazydo(1-)<br>diazanido <sup>c</sup>           |

|          |                     |   |  |   |
|----------|---------------------|---|--|---|
| $N_2H_4$ | diazan<br>hydrazyna | $N_2H_4^{2+}$<br>diazanodiylium <sup>c</sup><br>diazanium(2+) <sup>c</sup><br>hydrazyniumyl   |  | hydrazyna<br>diazan   |
| $N_2H_5$ |                     | $N_2H_5^+$<br>hydrazynium(1+)<br>diazanium <sup>c</sup>                                       |  | hydrazynium   |
| $N_2H_6$ |                     | $N_2H_6^{2+}$<br>hydrazynium(2+)<br>diazanodiylium <sup>c</sup><br>diazanium(2+) <sup>c</sup> |  |   |
| $N_2O_2$ | ditlenek<br>diazotu |   | $N_2O_2^{2-}$<br>dioksodiazotan( <i>N—N</i> )(2-)<br>dioksodiazotan( <i>N—N</i> )(I) | dioksodiazotano( <i>N—N</i> )(2-)<br>dioksodiazotano( <i>N—N</i> )(I) |
| $N_3$    | triazot             | triazot   | azydek<br>triazotek(1-)  | azydo<br>trinitydo(1-)  |
| Na       | sód                 | sód   | sodek  |   |
| Nb       | niob                | niob  | niobek   |   |
| Nd       | neodym              | neodym  | neodymek   |   |
| Ne       | neon                | neon  | neonek   |   |
| Ni       | nikiel              | $Ni^{2+}$<br>nikiel(2+)<br>nikiel(II)<br>$Ni^{3+}$<br>nikiel(3+)<br>nikiel(III)               | niklek   |   |

cd. tab. VIII

| <i>Symbol lub wzór obojętnej grupy</i> | <i>Nazwa obojętnej cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>  |
|--|---|---|--|---|
| 1                                      | 2   | 3   | 4  | 5   |
| No                                     | nobel                                       | nobel                                     | nobelek  |   |
| Np                                     | neptun                                      | neptun                                    | neptunek   |   |
| NpO <sub>2</sub>                       | ditlenek neptunu                            | neptunyl                                  |  |   |
| O                                      | tlen  | tlen                                      | tlenek   | okso  |
| OCN                                    |   |   | cyjanian   | cyjaniano<br>cyjaniano- <i>O</i><br>cyjaniano- <i>N</i>                             |
|  |   |   | nitrydooksowęglan(1-) <sup>c</sup><br>nitrydooksowęglan(IV) <sup>c</sup>         | nitrydooksowęglano(1-) <sup>c</sup><br>nitrydooksowęglano(IV) <sup>c</sup>          |
| OH patrz<br>HO                         |   |   |  |   |
| ONC                                    |   |   | piorunian<br>karbooksoazotan(1-) <sup>c</sup><br>karbooksoazotan(V) <sup>c</sup> | pioruniano<br>karbooksoazotano(1-) <sup>c</sup><br>karbooksoazotano(V) <sup>c</sup> |

|                  |                         |   |   |  |
|------------------|-------------------------|---|---|--|
| O <sub>2</sub>   | ditlen                  | O <sub>2</sub> <sup>+</sup><br>ditlen(1+)   | O <sub>2</sub> <sup>2</sup><br>nadtlenek<br>ditlenek(2-)<br>O <sub>2</sub><br>ponadtlenek<br>ditlenek(1-)               | perokso<br>dioksydo(2-) <sup>c</sup><br><br>hiperokso<br>dioksydo(1-) <sup>c</sup><br>O <sub>2</sub><br>ditlen |
| O <sub>3</sub>   | tritlen<br>ozon         |   | O <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>ozonek<br>tritlenek(1-)  | ozonido<br>trioksydo(1-) <sup>c</sup>  |
| Os               | osm                     | osm   | osmek   |  |
| P                | fosfor                  | fosfor  | P <sup>3-</sup><br>fosforek   | fosfido  |
| PCl <sub>4</sub> | tetrachlorek<br>fosforu | PCl <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>tetrachlorofosfonium<br>tetrachlorofosfonium(V)<br>tetrachlorofosfor(1+)<br>tetrachlorofosfor(V)<br>tetrachlorofosfanium(1+) | PCl <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>tetrachlorofosforan(1-)<br>tetrachlorofosforan(III)                                    | tetrachlorofosforano(1-)<br>tetrachlorofosforano(III)  |
| PHO <sub>3</sub> |                         |   | PHO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>fosfonian(2-) <sup>c</sup><br>hydriotrioksofosforan(2-)<br>hydriotrioksofosforan(III) | fosfoniano(2-) <sup>c</sup><br>hydriotrioksofosforano(2-)<br>hydriotrioksofosforanid(III)                      |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>   |
|---|---|---|--|--|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5  |
| PH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                    |   |   | PH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>fosfinian(1-) <sup>c</sup><br>dihydrydodioksofosforan(1-)<br>dihydrydodioksofosforan(I)   | fosfiniano(1-) <sup>c</sup><br>dihydrydodioksofosforano(1-)<br>dihydrydodioksofosforano(I) |
| PH <sub>4</sub>                                   |   | PH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>fosfonium |  |  |
| PO  | monotlenek fosforu                                  | fosforyl                                  |  |  |
| PO <sub>2</sub>                                   | ditlenek fosforu                                    |   | PO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>dioksofosforan(1-)<br>dioksofosforan(III)  |  |
| PO <sub>3</sub>                                   |   |   | PO <sub>3</sub> <sup>3-</sup><br>fosforan(III)<br>trioksofosforan(3-)<br>trioksofosforan(III)<br><br>(PO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) <sub>n</sub><br>metafosforan(V) <sup>d</sup><br>poli[trioksofosforan(1-)]<br>poli[trioksofosforan(V)] | fosforano(III)<br>trioksofosforano(3-)<br>trioksofosforano(III)                            |

|  |                         |             |   |   |
|--|-------------------------|-------------|---|---|
| PO <sub>4</sub>  |                         |             | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup><br>fosforan(3-)<br>ortofosforan(V) <sup>d</sup><br>tetraoksofosforan(3-)<br>tetraoksofosforan(V)  | fosforano(3-)<br>ortofosforano(V) <sup>d</sup><br>tetraoksofosforano(3-)<br>tetraoksofosforano(V) |
| PO <sub>5</sub>  |                         |             | PO <sub>5</sub> <sup>3-</sup><br>trioksoperoksofosforan(3-)<br>trioksoperoksofosforan(V)  |   |
| PS   | monosiarczek<br>fosforu | tiofosforyl |   |   |
| PS <sub>4</sub>  |                         |             | PS <sub>4</sub> <sup>3-</sup><br>tetratiofosforan(3-)<br>tetratiofosforan(V)  |   |
| P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                         |                         |             | P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2-</sup><br>difosfonian <sup>c</sup><br>dihydrodo-μ-oksotetraokso-<br>difosforan(2-)<br>dihydrodo-μ-oksotetraokso-<br>difosforan(III) |   |
| P <sub>2</sub> O <sub>6</sub><br>(O <sub>3</sub> P-PO <sub>3</sub> ) |                         |             | P <sub>2</sub> O <sub>6</sub> <sup>4-</sup><br>heksaokso-<br>difosforan(P-P)(4-)<br>heksaokso-<br>difosforan(P-P)(IV)   |   |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>  | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>   |
|---|---|--|--|--|
| 1   | 2   | 3  | 4  | 5  |
| P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                     | heptatlenek difosforu                               |  | P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>4-</sup><br>difosforan(4-)<br><i>μ</i> -okso-heksaoksodifosforan(4-)<br><i>μ</i> -okso-heksaoksodifosforan(V) | difosforano(4-)<br><i>μ</i> -okso-heksaoksodifosforano(4-)<br><i>μ</i> -okso-heksaoksodifosforano(V) |
| P <sub>2</sub> O <sub>8</sub>                     |   |  | P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>4-</sup><br>heksaokso- <i>μ</i> -peroksodifosforan(4-)<br>heksaokso- <i>μ</i> -peroksodifosforan(V)           |  |
| Pa  | protaktyn   | protaktyn  | protaktynek  |  |
| Pb  | ołów  | Pb <sup>2+</sup><br>ołów(2+)<br>ołów(II)<br>Pb <sup>4+</sup><br>ołów(4+)<br>ołów(IV) | ołówek   |  |

|                  |                     |  |             |
|------------------|---------------------|--|-------------|
| Pd               | pallad              | Pd <sup>2+</sup><br>pallad(2+)<br>pallad(II)<br>Pd <sup>4+</sup><br>pallad(4+)<br>pallad(IV)     | palladek    |
| Pm               | promet              | promet   | prometek    |
| Po               | polon               | polon  | polonek     |
| Pr               | prazeodym           | prazeodym  | prazeodymek |
| Pt               | platyna             | Pt <sup>2+</sup><br>platyna(2+)<br>platyna(II)<br>Pt <sup>4+</sup><br>platyna(4+)<br>platyna(IV) |             |
| Pu               | pluton              | pluton   | plutonek    |
| PuO <sub>2</sub> | ditlenek<br>plutonu | plutonyl   |             |
| Ra               | rad                 | rad  | radek       |
| Rb               | rubid               | rubid  | rubidek     |
| Re               | ren                 | ren  | renek       |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i>         | <i>Nazwa anionu</i>   | <i>Nazwa liganda</i>   |
|---|---|---|---|--|
| 1   | 2   | 3   | 4   | 5  |
| ReO <sub>4</sub>                                  |   |   | ReO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>tetraoksorenian(1-)<br>tetraoksorenian(VII)              | tetraoksoreniano(1-)<br>tetraoksoreniano(VII)  |
|   |   |   | ReO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>tetraoksorenian(2-)<br>tetraoksorenian(VI)              | tetraoksoreniano(2-)<br>tetraoksoreniano(VI)   |
| Rf  | rutherford <sup>a</sup>                             | rutherford  | rutherfordek  |  |
| Rh  | rod   | rod   | rodek   |  |
| Rn  | radon   | radon   | radonek   |  |
| Ru  | ruten   | ruten   | rutenek   |  |
| S   | siarka  | siarka  | siarczek  | sulfido<br>tio   |
| SCN   |   |   | tiocyjanian<br><br>nitrydotiowęglan(1-) <sup>c</sup><br>nitrydotiowęglan(IV) <sup>c</sup> | tiocyjaniano- <i>N</i><br>tiocyjaniano- <i>S</i><br>nitrydotiowęglano(1-) <sup>c</sup><br>nitrydotiowęglano(IV) <sup>c</sup> |
| SO  | monotlenek siarki                                   | sulfinyl <sup>c</sup><br>tionyl<br>oksosiarka(2+) |   | tlenek siarki  |

|                               |                    |  |  |  |
|-------------------------------|--------------------|--|--|--|
| SO <sub>2</sub>               | ditlenek siarki    | sulfonyl<br>sulfuryl <sup>c</sup><br>diokso siarka(2+) | SO <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>diokso siarczan(2-)<br>diokso siarczan(II)                                      | diokso siarczano(2-)<br>diokso siarczano(II)<br>SO <sub>2</sub><br>ditlenek siarki |
| SO <sub>3</sub>               | tritlenek siarki   |  | SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>siarczan(IV)<br>triokso siarczan(2-)<br>triokso siarczan(IV)                    | siarczano(IV)<br>triokso siarczano(2-)<br>triokso siarczano(IV)                    |
| SO <sub>4</sub>               | tetratlenek siarki |  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>siarczan(VI)<br>tetraokso siarczan(2-)<br>tetraokso siarczan(VI)                | siarczano(VI)<br>tetraokso siarczano(2-)<br>tetraokso siarczano(VI)                |
| SO <sub>5</sub>               |                    |  | SO <sub>5</sub> <sup>2-</sup><br>triokso perokso siarczan(2-)<br>triokso perokso siarczan(VI)                    |  |
| S <sub>2</sub>                | disiarka           |  | S <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>disiarczek(2-)   | disulfido(2-)  |
| S <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |                    |  | S <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <sup>2-</sup><br>diokso tiosiarczan(2-)<br>diokso tiosiarczan(IV)                  | diokso tiosiarczano(2-)<br>diokso tiosiarczano(IV)                                 |
| S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | tritlenek disiarki |  | S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>tiosiarczan<br>triokso tiosiarczan(2-)<br>triokso tiosiarczan(VI) | tiosiarczano<br>triokso tiosiarczano(2-)<br>triokso tiosiarczano(VI)               |

| <i>Symbol<br/>lub wzór<br/>obojętne-<br/>go atomu<br/>lub grupy</i> | <i>Nazwa obojęt-<br/>nego atomu,<br/>cząsteczki lub<br/>grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy<br/>kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>  |
|---|---|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
| $S_2O_4$  |   |   | $S_2O_4^{2-}$<br>ditionian(III)<br>tetraoksodisiarczan( <i>S—S</i> )(2-)<br>tetraoksodisiarczan( <i>S—S</i> )(III) | ditioniano(III)<br>tetraoksodisiarczano( <i>S—S</i> )(2-)<br>tetraoksodisiarczano( <i>S—S</i> )(III)      |
| $S_2O_5$  | pentatlenek<br>disiarki   | disulfuryl                                    | $S_2O_5^{2-}$<br>$\mu$ -okso-tetraoksodisiarczan(2-)<br>$\mu$ -okso-tetraoksodisiarczan(IV)                        |   |
| $S_2O_6$  |   |   | $S_2O_6^{2-}$<br>ditionian(V)<br>heksaoksodisiarczan( <i>S—S</i> )(2-)<br>heksaoksodisiarczan( <i>S—S</i> )(V)     | ditioniano(V)<br>heksaoksodisiarcza-<br>no( <i>S—S</i> )(2-)<br>heksaoksodisiarczano( <i>S—S</i> )(V)     |
| $S_2O_7$  |   |   | $S_2O_7^{2-}$<br>disiarczan(2-)<br>$\mu$ -okso-heksaoksodisiarczan(2-)<br>$\mu$ -okso-heksaoksodisiarczan(VI)      | disiarczano(2-)<br>$\mu$ -okso-heksaoksodisiarcza-<br>no(2-)<br>$\mu$ -okso-heksaoksodisiarcza-<br>no(VI) |

|          |                     |   |   |   |
|----------|---------------------|---|---|---|
| $S_2O_8$ |                     |   | $S_2O_8^{2-}$<br>$\mu$ -perokso-heksaoksodisiar-<br>czan(2-)<br>$\mu$ -perokso-heksaoksodisiar-<br>czan(VI) |   |
| $S_4$    | tetrasiarka         | $S_4^{2+}$<br>tetrasiarka(2+)             | tetrasiarczek(2-)   | tetrasulfido(2-)  |
| Sb       | antymon             | antymon                                   | antymonek   | antymonido  |
| $SbH_4$  |                     | $SbH_4^+$<br>stibonium                    |   |   |
| Sc       | skand               | skand                                     | skandek   |   |
| Se       | selen               | selen                                     | selenek   | seleno, selenido <sup>c</sup>   |
| SeCN     |                     |   | selenocyjanian<br>nitrydoselenowęglan(1-) <sup>c</sup><br>nitrydoselenowęglan(IV) <sup>c</sup>              | selenocyjaniano<br>nitrydoselenowęglano(1-) <sup>c</sup><br>nitrydoselenowęglano(IV) <sup>c</sup> |
| SeO      | tlenek selenu       | seleninyl <sup>c</sup><br>oksoselen(1+)   |   | tlenek selenu   |
| $SeO_2$  | ditlenek<br>selenu  | selenonyl <sup>c</sup><br>dioksoselen(1+) | $SeO_2^{2-}$<br>dioksoselenian(2-)<br>dioksoselenian(II)  | dioksoseleniano(2-)<br>dioksoseleniano(II)  |
| $SeO_3$  | tritlenek<br>selenu |   | $SeO_3^{2-}$<br>trioksoselenian(2-)<br>trioksoselenian(IV)  | trioksoseleniano(2-)<br>trioksoseleniano(IV)  |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>   | <i>Nazwa liganda</i>                         |
|---|---|---|---|--|
| 1   | 2   | 3   | 4   | 5  |
| SeO <sub>4</sub>                                  |   |   | SeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>tetraoksoselenian(2-)<br>tetraoksoselenian(VI)  | tetraoksoseleniano<br>tetraoksoseleniano(VI) |
| Sg  | seaborg <sup>a</sup>                                | seaborg                                   | seaborgek   |  |
| Si  | krzem   | krzem                                     | krzemek   | krzemo<br>silicido <sup>c</sup>              |
| SiO <sub>3</sub>                                  |   |   | (SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) <sub>n</sub><br>metakrzemian <sup>d</sup><br>poli[trioksokrzemian(2-)]<br>poli[trioksokrzemian(IV)] |  |
| SiO <sub>4</sub>                                  |   |   | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup><br>ortokrzemian <sup>d</sup><br>tetraoksokrzemian(4-)<br>tetraoksokrzemian(IV)                         |  |
| Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                    |   |   | Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>6-</sup><br>μ-okso-heksaoksodikrzemian(6-)<br>μ-okso- heksaoksodikrzemian(IV)                     |  |
| Sm  | samar   | samar                                     | samarek   |  |

|                  |         |  |  |         |
|------------------|---------|--|--|---------|
| Sn               | cyna    | Sn <sup>2+</sup><br>cyna(2+)<br>cyna(II)<br>Sn <sup>4+</sup><br>cyna(4+)<br>cyna(IV) | cynek  |         |
| Sr               | stront  | stront   | strontek   |         |
| Ta               | tantal  | tantal   | tantalek   |         |
| Tb               | terb    | terb   | terbek   |         |
| Tc               | technet | technet  | technetek  |         |
| TcO <sub>4</sub> |         |  | TcO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>tetraoksotechnetian(1-)<br>tetraoksotechnetian(VII)<br>TeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>tetraoksotechnetian(2-)<br>tetraoksotechnetian(VI) |         |
| Te               | tellur  | tellur   | tellurek   | telluro |
| TeO <sub>3</sub> |         |  | TeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>trioksotelluran(2-)<br>trioksotelluran(IV)   |         |
| TeO <sub>4</sub> |         |  | TeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>tetraoksotelluran(2-)<br>tetraoksotelluran(VI)   |         |

| <i>Symbol lub wzór obojętnego atomu lub grupy</i> | <i>Nazwa obojętnego atomu, cząsteczki lub grupy</i> | <i>Nazwa kationu lub grupy kationowej</i> | <i>Nazwa anionu</i>  | <i>Nazwa liganda</i>                             |
|---|---|---|--|--|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5  |
| TeO <sub>6</sub>                                  |   |   | TeO <sub>6</sub> <sup>6-</sup><br>heksaoksotelluran(6-)<br>heksaoksotelluran(VI) | heksaoksotellurano(6-)<br>heksaoksotellurano(VI) |
| Th  | tor   | tor                                       | torek  |  |
| Ti  | tytan   | tytan                                     | tytanek  |  |
| TiO   | monotlenek tytanu                                   | oksotytan(IV)<br>oksotytan(2+)            |  |  |
| Tl  | tal   | tal                                       | talek  |  |
| Tm  | tul   | tul                                       | tulek  |  |
| U   | uran  | uran                                      | uranek   |  |

|                 |                       |   |           |
|-----------------|-----------------------|---|-----------|
| UO <sub>2</sub> | ditlenek uranu        | UO <sub>2</sub> <sup>+</sup><br>uranyl(1+)<br>uranyl(V)<br>dioksouran(1+)<br>dioksouran(V)<br>UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup><br>uranyl(2+)<br>uranyl(VI)<br>dioksouran(2+)<br>dioksouran(VI) |           |
| V               | wanad                 | wanad   | wanadek   |
| VO              | tlenek wanadu         | oksowanad(IV)<br>oksowanad(2+)  |           |
| W               | wolfram               | wolfram   | wolframek |
| Xe              | ksenon                | ksenon  | ksenonek  |
| Y               | itr                   | itr   | itrek     |
| Yb              | iterb                 | iterb   | iterbek   |
| Zn              | cynk                  | cynk  | cynke     |
| Zr              | cyrkon                | cyrkon  | cyrkonek  |
| ZrO             | monotlenek<br>cyrkonu | oksocyrkon(IV)<br>oksocyrkon(2+)  |           |

<sup>a</sup> Polska nazwa pierwiastka nie jest ostatecznie zatwierdzona.

<sup>b</sup> Nazwa stosowana głównie w związkach boru.

<sup>c</sup> Nazwy stosowane głównie w chemii organicznej.

<sup>d</sup> Nazwy nie zalecane przez Komisję PTChem.

Tabela IX. Przyrostki stosowane w nomenklaturze nieorganicznej i organicznej

**1. Przyrostki proste**

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>-a*</b>        | Samogłoska końcowa w nomenklaturze zamiennej. W nomenklaturze Hantzscha–Widmana np.: -oksa, -aza.<br>W nomenklaturze związków boru dla heteroatomów np.: -karba, -tia.  |
| <b>-an*</b>       | Końcówka nazw obojętnych nasyconych wodorków boru i pierwiastków grup 14, 15 i 16, np. difosfan.<br>Końcówka Hantzscha–Widmana dla nazw wszystkich nasyconych <i>n</i> -członowych pierścieni węglowych.  |
| <b>-an (-ian)</b> | Podstawowy przyrostek dla licznych wieloatomowych anionów w nomenklaturze nieorganicznej (łącznie z nomenklaturą koordynacyjną) i organicznej, np. azotan, octan, heksacyjanożelazian.  |
| <b>-ek, -ik</b>   | Końcówka nazw większości jednoatomowych anionów, np. chlorek, siarczek, węglík.<br>Końcówka nazw bardziej elektroujemnych składników w związkach typu binarnego, np. dichlorek disiarki.<br>Końcówka w nazwach homopoliatomowych anionów (np. trijodek) i w nazwach niektórych heteropoliatomowych anionów (np. cyjanek). |
| <b>-en*</b>       | Końcówka nazw nienasyconych węglowodorów, np. penten, cykloheksen.<br>Końcówka nazw nienasyconych homo- i heterogenicznych związków łańcuchowych i pierścieniowych, np. triazen.  |
| <b>-id, -yd*</b>  | W nazwach anionów utworzonych przez usunięcie jednego lub więcej hydronów z molekularnego wodorku lub z jego organicznej pochodnej, np. metanid, sulfid.  |
| <b>-in, -yn*</b>  | Zakończenie wskazujące na obecność potrójnego wiązania między dwoma atomami.  |
| <b>-ina, -yna</b> | Końcówka zwyczajowych nazw niektórych wodorków, takich jak N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> i PH <sub>3</sub> (hydrazyna, fosfina), zakończenie nazw w systemie Hantzscha–Widmana.<br>Końcówka wielu zwyczajowych nazw związków heterocyklicznych, np. pirydyna, piperidyna.   |
| <b>-inawy*</b>    | Końcówka wskazująca kwas o niższym stopniu utlenienia niemetalu niż w wypadku końcówki -inowy, np. kwas fosfinawy.  |

---

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>-inian</b> *          | Zakończenie nazw anionów lub estrów wywodzących się od $RP(OH)_2$ lub podobnych związków ( $R=H$ lub alkil).  |
| <b>-ino</b> *            | Zakończenie przedrostków wskazujących kwas tlenowy z końcówką -inowy, np. sulfino-.   |
| <b>-inoil (-ynoil)</b> * | Zakończenie przedrostków wskazujących rodnik typu $H_2X(O)$ , np. fosfinoil, nitroil.   |
| <b>-inowo (-ynowo)</b> * | Zakończenie przedrostków pochodzących od kwasów tlenowych kończących się na -inowy (-ynowy), np. arsynowo-.   |
| <b>-io</b> *             | Podstawowa końcówka dla rodników i grup podstawnikowych zawierających atom centralny metalu, poprzez który zachodzi wiązanie z resztą cząsteczki. Takie grupy mogą być albo jednostkami koordynacyjnymi, albo organometalicznymi, np. kuprio-, metylomerkurio-, tetrakarbonylkobaltio-.<br>Końcówka przedrostków wskazujących na obecność centrum kationowego: -onium staje się -onio, jak np. w amonio-; -ynium staje się -ynio, jak w pirydynio-. |
| <b>-ium</b>              | Zakończenie wskazujące na addycję jednego jonu wodoru (lub dodatniej grupy alkilowej) do molekularnego wodorku lub produktu ich podstawienia, np. amonium, fosfanium.<br>Końcówka nazw kationów utworzonych z metallocenów, np. ferrocenium.  |
| <b>-o</b>                | Końcówka wskazująca ujemnie naładowany ligand, np. bromo-. Zakończenie nazw wielu nieorganicznych i organicznych rodników, jak np. chloro-, piperydino-.  |
| <b>-o</b> *              | Zakończenie stosowane w nomenklaturze wrostków do wskazania zastąpienia atomów tlenu i/lub grup hydroksylowych, np. tio-, nitrydo-.<br>W polskiej nomenklaturze organicznej umieszcza się samogłoskę „o” pomiędzy spółgłoskami dla eufonii.   |
| <b>-ocen</b>             | Przyrostek stosowany w zwyczajowych nazwach bis(cyklopentadienyl)owych związków metali i ich pochodnych, np. ferrocen.  |
| <b>-onawy</b> *          | Zakończenie nazw kwasów typu $RP(OH)_2$ , np. kwas fosfonawy ( $R=H$ lub alkil).  |
| <b>-onian</b> *          | Zakończenie nazwy anionu pochodzącego od kwasu z końcówką -onowy, np. fosfonian (kwas fosfonowy).   |

---

## cd. tab. IX

---

|           |  |
|-----------|--|
| -ono*     | Zakończenie przedrostków wskazujących kwas tlenowy o wiązalności 4, zawierający jeden H lub grupę alkilową dołączoną do atomu centralnego, np. -fosfono. |
| -onoil*   | Zakończenie przedrostków wskazujących rodnik typu $HX(O) < (X=P \text{ lub } As)$ : fosfonoil.   |
| -onowy*   | Zakończenie nazw kwasów typu $RSO_2OH$ lub $RPO(OH)_2$ , jak np. kwas sulfonowy, kwas fosfonowy (R = H, alkil lub aryl).                                 |
| -owy      | Podstawowa końcówka nazw kwasów zarówno nieorganicznych, jak i organicznych, np. kwas siarkowy, kwas benzoesowy.   |
| -oryl     | Zakończenie przedrostka wskazującego grupę typu $X(O)$ , np. fosforyl (X = P).   |
| -y*       | Zakończenie nazw niektórych rodników zawierających tlen, np. hydroksy, karboksy.   |
| -yl (-il) | Zakończenie nazw rodników, np. metyl, fosfanyl. Zakończenie zwyczajowych nazw wielu kationów zawierających tlen, np. uranyl.                             |
| -ylen*    | Zakończenie nazw dwuwartościowych rodników pochodzących od węgla, np. metylen.   |
| -yliden*  | Zakończenie nazwy rodnika utworzonego przez oderwanie dwóch atomów wodoru od danego atomu w łańcuchu lub pierścieniu.                                    |
| -ylidyn*  | Zakończenie nazwy rodnika utworzonego przez oderwanie trzech atomów wodoru od danego atomu, zwykle z utworzeniem potrójnego wiązania z partnerem.        |

**2. Przyrostki złożone**

|             |  |
|-------------|--|
| -anium*     | Zakończenie nazw kationów utworzonych przez dodanie hydronu do molekularnego wodorku o nazwie typu -an (-ian), np. fosfanium.                          |
| -ano, -iano | Zakończenie nazwy organicznego lub nieorganicznego jonu będącego ligandem: siarczano, acetyloacetoniano.   |
| -diyl*      | Zakończenie wskazujące na utratę dwóch atomów wodoru przez atom, który może następnie tworzyć dwa wiązania pojedyncze, np. fosfanodiyl, $HP<$ .        |
| -ido, -ydo  | Zakończenie nazw niektórych ligandów wywodzących się od anionu o nazwie kończącej się na -ek (ang. -ido), np. disulfido (siarczek), dioksydo (tlenek). |

---

---

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>-iniano</b> * | Modyfikacja nazwy anionu o końcówce -inian, gdy służy on jako ligand.  |
| <b>-oniano</b> * | Modyfikacja nazwy anionu kończącego się na -onian, gdy jest on ligandem, np. fosfoniano.   |
| <b>-onium</b>    | Zakończenie nazwy kationu utworzonego przez addycję kationu wodorowego do molekularnego wodoru, np. fosfonium.   |
| <b>-triyl</b> *  | Zakończenie wskazujące na utratę trzech atomów wodoru przez atom, który jest następnie zdolny utworzyć trzy pojedyncze wiązania, np. fosfanotriyl, $-P<$ . |

---

\* Przyrostki stosowane głównie w nomenklaturze organicznej.

Tabela X. Skróty ligandów i związków tworzących ligandy

| <i>Skrót</i>         | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                               | <i>Nazwa systematyczna</i>                            |
|----------------------|---|---|
| <i>Diketony</i>      |   |   |
| Hacac                | acetyloaceton   | pentano-2,4-dion                                      |
| Hhfa                 | heksafluoroacetyloaceton                              | 1,1,1,5,5,5-heksafluoropentano-2,4-dion               |
| Hba                  | benzoiloaceton  | 1-fenylbutano-1,3-dion                                |
| Hfod                 | 1,1,1,2,2,3,3-heptafluoro-7,7-dimetylooktano-4,6-dion | 6,6,7,7,8,8,8-heptafluoro-2,2-dimetylooktano-3,5-dion |
| Hfta                 | trifluoroacetyloaceton                                | 1,1,1-trifluoropentano-2,4-dion                       |
| Hdbm                 | dibenzoilometan                                       | 1,3-difenylpropano-1,3-dion                           |
| Hdpm                 | dipiwaloilometan                                      | 2,2,6,6-tetrametyloheptano-3,5-dion                   |
| <i>Aminoalkohole</i> |   |   |
| Hea                  | etanoloamina  | 2-aminoetanol   |
| H <sub>3</sub> tea   | trietanoloamina                                       | 2,2',2''-nitrylotrietanol                             |
| H <sub>2</sub> dea   | dietanoloamina  | 2,2'-iminodietanol                                    |
| <i>Węglowodory</i>   |   |   |
| cod                  | cyklooktadien   | cyklookta-1,5-dien                                    |
| cot                  | cyklooktatetraen                                      | cyklookta-1,3,5,7-tetraen                             |
| Cp                   | cyklopentadienyl                                      | cyklopentadienyl                                      |
| Cy                   | cykloheksyl   | cykloheksyl   |
| Ac                   | acetyl  | acetyl  |
| Bu                   | butyl   | butyl   |
| Bzl                  | benzyl  | benzyl  |
| Et                   | etyl  | etyl  |
| Me                   | metyl   | metyl   |
| nbd                  | norbornadien  | bicyklo[2.2.1]hepta-2,5-dien                          |
| Ph                   | fenyl   | fenyl   |
| Pr                   | propyl  | propyl  |

| <i>Skrót</i>                      | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                                      | <i>Nazwa systematyczna</i>  |
|-----------------------------------|--|---|
| <i>Związki heterocykliczne</i>    |  |   |
| py                                | pirydyna   | pirydyna  |
| thf                               | tetrahydrofuran  | tetrahydrofuran   |
| Hpz                               | pirazol  | 1 <i>H</i> -pirazol   |
| Him                               | imidazol   | 1 <i>H</i> -imidazol  |
| terpy                             | 2,2',2''-terpirydyna   | 2,2':6',2''-terpirydyna   |
| picolina                          | $\alpha$ -pikolina   | 2-metylopirydyna  |
| Hbpz <sub>4</sub>                 | tetra(1-pirazolilo)boran(1-)<br>wodoru                       | tetrakis(1 <i>H</i> -pirazolano- <i>N</i> -)<br>boran(1-) wodoru              |
| isn                               | izonikotynamid   | 4-pirydynokarboksyamid  |
| nia                               | nikotynamid  | 3-pirydynokarboksyamid  |
| pip                               | piperydyna   | piperydyna  |
| lut                               | lutydyna   | 2,6-dimetylopirydyna  |
| Hbim                              | benzimidazol   | 1 <i>H</i> -benzomidazol  |
| <i>Ligandy chelatujące i inne</i> |  |   |
| H <sub>4</sub> edta               | kwas etylenodiaminotetraoctowy                               | kwas(etano-1,2-diylodinitry-<br>lo)tetraoctowy                                |
| H <sub>5</sub> dtpa               | kwas <i>N,N,N',N'',N''</i> -<br>dietylenotriaminopentaoctowy | kwas<br>[[ <i>(karboksymetylo)imino</i> ]bis-<br>(etylenonitrylo)tetraoctowy] |
| H <sub>3</sub> nta                | kwas nitrylotrioctowy  |   |
| H <sub>4</sub> cdta               | kwas <i>trans</i> -1,2-<br>cykloheksanodiaminotetraoctowy    | kwas <i>trans</i> (cykloheksano-<br>1,2-diylodinitrylo) tetraoctowy           |
| H <sub>2</sub> ida                | kwas iminodioctowy   |   |
| dien                              | dietylenotriamina  | <i>N</i> -(2-aminoetylo)etano-1,2-<br>diamina                                 |
| en                                | etylenodiamina   | etano-1,2-diamina   |
| pn                                | propylenodiamina   | propano-1,2-diamina   |
| tmen                              | <i>N,N,N',N'</i> -<br>tetrametyloetylenodiamina              | <i>N,N,N',N'</i> -tetrametyloetano-1,2-<br>diamina                            |

cd. tab. X

| <i>Skrót</i>         | <i>Nazwa zwyczajowa</i>  | <i>Nazwa systematyczna</i>  |
|----------------------|--|---|
| tn                   | trimetylenodiamina   | propano-1,3-diamina   |
| tren                 | tris(2-aminoetylo)amina  | tris(2-aminoetylo)amina   |
| trien                | trietylenotetraamina   | <i>N,N'</i> -bis(2-aminoetylo)etano-1,2-diamina                             |
| chxn                 | 1,2-diaminocykloheksan   | cykloheksano-1,2-diamina  |
| hmta                 | heksametylenotetraamina  | 1,3,5,7-tetraazatricyklo[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> ]dekan                      |
| Hthsc                | tiosemikarbazyd  | hydrazynokarbotioamid   |
| depe                 | 1,2-bis(dietylofosfino)etan  | etano-1,2-diylobis(dietylofosfina)  |
| diars                | <i>o</i> -fenylenobis(dimetyloarsyna)  | fenyleno-1,2-bis(dimetyloarsyna)  |
| dppe                 | 1,2-bis(difenylofosfino)etan   | etano-1,2-diylobis(difenylofosfina)   |
| diop                 | 2,3- <i>O</i> -izopropylideno-<br>2,3-dihydroksy-<br>1,4-bis(difenylofosfino)butan | 3,4-bis[(difenylofosfinylo)metylo]-<br>2,2-dimetylo-1,3-dioksolan           |
| triphos              |  | [2-[(difenylofosfino)metylo]-2-metylopropano-1,3-diylo]bis(difenylofosfina) |
| hmpa                 | triamid heksametylofosforowy   | triamid heksametylofosforowy  |
| bpy                  | 2,2'-bipirydyna  | 2,2'-bipirydyna   |
| H <sub>2</sub> dmg   | dimetylogliksym  | dioksym butano-2,3-dionu  |
| dmsc                 | sulfotlenek dimetylowy,<br>dimetylosulfotlenek                                     | sulfinyldimetan   |
| phen                 | 1,10-fenantrolina  | 1,10-fenantrolina   |
| tu                   | tiomocznik   | tiomocznik  |
| Hbig                 | biguanidyna  | diamid imidodikarboimidowy  |
| HEt <sub>2</sub> dct | kwasy dietylotiokarbaminowy  | kwasy dietylokarbamoditiowy   |
| H <sub>2</sub> mnt   | maleonitryloditiol   | 2,3-dimerkпто-2-butenodinitryl  |
| tcne                 | tetracyjanoetylen  | etylenotetrakarbonitryl   |
| tcnq                 | tetracyjanochinodimetan  | 2,2'-(cykloheksa-2,5-dieno-1,4-diylideno)bis(propano-1,3-dinitryl)          |
| dabco                | trietylenodiamina  | 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktan  |

| <i>Skrót</i>                  | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                                       | <i>Nazwa systematyczna</i>   |
|-------------------------------|---|--|
| 2,3,2-tet                     | 1,4,8,11-tetraazaundekan                                      | <i>N,N'</i> -bis(2-aminoetylo)-propano-1,3-diamina                     |
| 3,3,3-tet                     | 1,5,9,13-tetraazatridekan                                     | <i>N,N'</i> -bis(3-aminopropilo)-propano-1,3-diamina                   |
| ur                            | mocznik   | mocznik  |
| dmf                           | dimetyloformamid  | <i>N,N</i> -dimetyloformamid   |
| <i>Zasady Schiffa</i>         |   |  |
| H <sub>2</sub> salen          | bis(salicylideno)etylenodiamina                               | 2,2'-[etano-1,2-diylobis-(nitrylometylideno)]difenol                   |
| H <sub>2</sub> acacen         | bis(acetyloacetono)-etylenodiamina                            | 4,4'-(etano-1,2-diylo-dinitrylo)bis(pentan-2-on)                       |
| H <sub>2</sub> salgly         | salicylidenoglicyna   | <i>N</i> -[(2-hydroksyfenilo)-metyleno]glicyna                         |
| H <sub>2</sub> saltn          | bis(salicydeno)-1,3-diaminopropan                             | 2,2'-[propano-1,3-diylobis(nitrylometylideno)]difenol                  |
| H <sub>2</sub> saldien        | bis(salicylideno)-dietylenotriamina                           | 2,2'-[iminobis(etano-1,2-diylo-nitrylometylideno)]difenol              |
| H <sub>2</sub> tsalen         | bis(2-merkaptobenzylideno)etylenodiamina                      | 2,2'-[etano-1,2-diylobis(nitrylometylideno)]dibenzenotiol              |
| <i>Związki makrocycliczne</i> |   |  |
| 18-crown-6                    | 1,4,7,10,13,16-heksaoksacyklo-oktadekan                       | 1,4,7,10,13,16-heksaoksacyklo-oktadekan                                |
| benzo-15-crown-5              | 2,3-benzo-1,4,7,10,13-penta-oksacyklopentadec-2-en            | 2,3,5,6,8,9,11,12-oktahydro-1,4,7,10,13-benzopenta-oksacyklopentadecen |
| cryptand 222                  | 4,7,13,16,21,24-heksa-oksa-1,10-diazabicyklo[8.8.8]heksakozan | 4,7,13,16,21,24-heksa-oksa-1,10-diazabicyklo[8.8.8]heksakozan          |
| cryptand 211                  | 4,7,13,18-tetra-oksa-1,10-diazabicyklo[8.5.5]jikożan          | 4,7,13,18-tetra-oksa-1,10-diazabicyklo[8.5.5]jikożan                   |
| [12]aneS <sub>4</sub>         | 1,4,7,10-tetratiacyklododekan                                 | 1,4,7,10-tetratiacyklododekan  |

cd. tab. IX

| <i>Skrót</i>                          | <i>Nazwa zwyczajowa</i>                               | <i>Nazwa systematyczna</i>  |
|---------------------------------------|---|---|
| H <sub>2</sub> pc                     | flalocyjanina   | flalocyjanina   |
| H <sub>2</sub> tpp                    | tetrafenyloporfiryna                                  | 5,10,15,20-tetrafenyloporfiryna                                       |
| H <sub>2</sub> oep                    | oktaetyloporfiryna                                    | 2,3,7,8,12,13,17,18-oktaetyloporfiryna                                |
| ppIX                                  | protoporfiryna IX                                     | kwask 3,7,12,17-tetrametylo-8,13-diwinylporfiryryno-2,18-dipropionowy |
| [18]aneP <sub>4</sub> O <sub>2</sub>  | 1,10-dioksa-4,7,13,16-tetrafosfacyklooktadekan        | 1,10-dioksa-4,7,13,16-tetrafosfacyklooktadekan                        |
| [14]aneN <sub>4</sub>                 | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan                      | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan                                      |
| [14]1,3-dieneN <sub>4</sub>           | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradeka-1,3-dien              | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradeka-1,3-dien                              |
| Me <sub>4</sub> [14]aneN <sub>4</sub> | 2,3,9,10-tetrametylo-1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan | 2,3,9,10-tetrametylo-1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan                 |
| cyklam                                |   | 1,4,8,11-tetraazacyklotetradekan                                      |

---

## Załącznik

---

W dalszej części przedstawiono najczęściej spotykane formy układu okresowego, tj. jego formę krótką, zawierającą 8 grup, i dwie formy długie, zawierające 18 i 32 grupy. Te formy, jak i wiele innych sposobów przedstawiania układu okresowego, ukazują różne aspekty struktury elektronowej oraz właściwości chemicznych i fizycznych pierwiastków. Komisja IUPAC nie zamierza deprecjonować żadnej z tych form, ponieważ chemik może uznać każdą z nich za najlepsze narzędzie do interpretacji aspektów chemicznych, fizycznych lub kulturowych podstawowej wiedzy chemicznej. Prawdą jest jednak, że przeważająca część dydaktyków chemii i badaczy uważa formę długą, zawierającą 18 grup, za najlepiej sprawdzającą się w praktyce.

W poprzednich latach panował chaos w oznaczaniu grup czy rodzin układu okresowego. W poprzednim opracowaniu nomenklatury nieorganicznej, *Nomenclature of Inorganic Chemistry. Definitive Rules 1970* [1, 12], stosowano litery A i B do odróżnienia rodzin z lewej i prawej strony układu okresowego. Takie oznaczenia stosowano w dużej części świata; jednak w innej, równie dużej części świata stosowano oznaczenia A i B do rozróżnienia pierwiastków grup głównych i pierwiastków grup przejściowych. Oprócz tych systemów i układu zawierającego 18 grup, proponowano jeszcze wiele innych układów, tworzonych dla specyficznych potrzeb społeczności lokalnych [65–68].

Chociaż arbitralne ustanowienie formy układu okresowego, którą należy stosować na całym świecie, nie jest celem ani zadaniem Komisji Chemii Nieorganicznej IUPAC, to obowiązkiem tej Komisji jest zaproponowanie takiego rozwiązania, które dobrze służyłoby celom systematycznej nomenklatury nieorganicznej. Po wielu dyskusjach w obrębie Komisji i z szerszą społecznością chemiczną, Komisja IUPAC doszła do wniosku, że stosowanie formy długiej z osiemnastoma grupami, numerowanymi od 1 do 18, prowadzi do uporządkowania oznaczania grup pierwiastków w nowej wersji nomenklatury nieorganicznej. Członkowie Komisji uznali również, że numerowanie kolumn od 1 do 18 jest alternatywą, która nie tylko unika niejasności, związanych z oznakowaniem grup literami A i B, ale również zaspokaja potrzebę jednoznacznego i precyzyjnego porozumiewania się.

Komisja IUPAC zdecydowała się na zaproponowanie tej formy układu okresowego i sposobu numerowania grup, chociaż wiadomo, że powszechna akceptacja tej propozycji wymaga dłuższego czasu, a ostateczna jej rekomendacja zależy od re-

akcji szerokiej społeczności chemicznej. Dlatego też Komisja zwraca się z prośbą do wszystkich społeczności lokalnych o podawanie ich opinii w tej kwestii do wiadomości Komisji Nomenklatury Chemii Nieorganicznej IUPAC. Komisja Nomenklatury Chemii Nieorganicznej PTChem z tą samą prośbą zwraca się do polskiej społeczności chemicznej.

Tabela A-I. Krótka forma układu okresowego

| I               |                 | II              |                 | III               |                 | IV               |                 | V                |                 | VI               |                 | VII              |                 | VIII             |                  | 0               |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| A               | B               | A               | B               | A                 | B               | A                | B               | A                | B               | A                | B               | A                | B               |                  |                  |                 |
|                 | 1<br><b>H</b>   |                 |                 |                   |                 |                  |                 |                  |                 |                  |                 |                  |                 |                  |                  | 2<br><b>He</b>  |
|                 | 3<br><b>Li</b>  |                 | 4<br><b>Be</b>  |                   | 5<br><b>B</b>   |                  | 6<br><b>C</b>   |                  | 7<br><b>N</b>   |                  | 8<br><b>O</b>   |                  | 9<br><b>F</b>   |                  |                  | 10<br><b>Ne</b> |
|                 | 11<br><b>Na</b> |                 | 12<br><b>Mg</b> |                   | 13<br><b>Al</b> |                  | 14<br><b>Si</b> |                  | 15<br><b>P</b>  |                  | 16<br><b>S</b>  |                  | 17<br><b>Cl</b> |                  |                  | 18<br><b>Ar</b> |
| 19<br><b>K</b>  |                 | 20<br><b>Ca</b> |                 | 21<br><b>Sc</b>   |                 | 22<br><b>Ti</b>  |                 | 23<br><b>V</b>   |                 | 24<br><b>Cr</b>  |                 | 25<br><b>Mn</b>  |                 | 26<br><b>Fe</b>  | 27<br><b>Co</b>  | 28<br><b>Ni</b> |
|                 | 29<br><b>Cu</b> |                 | 30<br><b>Zn</b> |                   | 31<br><b>Ga</b> |                  | 32<br><b>Ge</b> |                  | 33<br><b>As</b> |                  | 34<br><b>Se</b> |                  | 35<br><b>Br</b> |                  |                  | 36<br><b>Kr</b> |
| 37<br><b>Rb</b> |                 | 38<br><b>Sr</b> |                 | 39<br><b>Y</b>    |                 | 40<br><b>Zr</b>  |                 | 41<br><b>Nb</b>  |                 | 42<br><b>Mo</b>  |                 | 43<br><b>Tc</b>  |                 | 44<br><b>Ru</b>  | 45<br><b>Rh</b>  | 46<br><b>Pd</b> |
|                 | 47<br><b>Ag</b> |                 | 48<br><b>Cd</b> |                   | 49<br><b>In</b> |                  | 50<br><b>Sn</b> |                  | 51<br><b>Sb</b> |                  | 52<br><b>Te</b> |                  | 53<br><b>I</b>  |                  |                  | 54<br><b>Xe</b> |
| 55<br><b>Cs</b> |                 | 56<br><b>Ba</b> |                 | 57<br><b>La*</b>  |                 | 72<br><b>Hf</b>  |                 | 73<br><b>Ta</b>  |                 | 74<br><b>W</b>   |                 | 75<br><b>Re</b>  |                 | 76<br><b>Os</b>  | 77<br><b>Ir</b>  | 78<br><b>Pt</b> |
|                 | 79<br><b>Au</b> |                 | 80<br><b>Hg</b> |                   | 81<br><b>Tl</b> |                  | 82<br><b>Pb</b> |                  | 83<br><b>Bi</b> |                  | 84<br><b>Po</b> |                  | 85<br><b>At</b> |                  |                  | 86<br><b>Rn</b> |
| 87<br><b>Fr</b> |                 | 88<br><b>Ra</b> |                 | 89<br><b>Ac**</b> |                 | 104<br><b>Rf</b> |                 | 105<br><b>Db</b> |                 | 106<br><b>Sg</b> |                 | 107<br><b>Bh</b> |                 | 108<br><b>Hs</b> | 109<br><b>Mt</b> |                 |

\* Włączając lantanowce (57–71).

\*\* Włączając aktynowce (89–103).

Tabela A-II. Długa forma układu okresowego (18 kolumn)

| 1         | 2         | 3            | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        | IUPAC 1988  |
|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| IA        | IIA       | IIIA         | IVA       | VA        | VIA       | VIIA      |           | VIIIA     |           | IB        | IIB       | IIIB      | IVB       | VB        | VIB       | VIIB      | VIIIB     | IUPAC 1970  |
| IA        | IIA       | IIIA         | IVB       | VB        | VIB       | VIIB      |           | VIIB      |           | IB        | IIB       | IIIA      | IVA       | VA        | VIA       | VIIA      | VIIA      | Deming 1923 |
| 1         |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| <b>H</b>  |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | <b>He</b>   |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| 3         | 4         |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        |             |
| <b>Li</b> | <b>Be</b> |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           | <b>B</b>  | <b>C</b>  | <b>N</b>  | <b>O</b>  | <b>F</b>  | <b>Ne</b> |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| 11        | 12        |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 13        | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        |             |
| <b>Na</b> | <b>Mg</b> |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           | <b>Al</b> | <b>Si</b> | <b>P</b>  | <b>S</b>  | <b>Cl</b> | <b>Ar</b> |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| 19        | 20        | 21           | 22        | 23        | 24        | 25        | 26        | 27        | 28        | 29        | 30        | 31        | 32        | 33        | 34        | 35        | 36        |             |
| <b>K</b>  | <b>Ca</b> | <b>Sc</b>    | <b>Ti</b> | <b>V</b>  | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Fe</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Ga</b> | <b>Ge</b> | <b>As</b> | <b>Se</b> | <b>Br</b> | <b>Kr</b> |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| 37        | 38        | 39           | 40        | 41        | 42        | 43        | 44        | 45        | 46        | 47        | 48        | 49        | 50        | 51        | 52        | 53        | 54        |             |
| <b>Rb</b> | <b>Sr</b> | <b>Y</b>     | <b>Zr</b> | <b>Nb</b> | <b>Mo</b> | <b>Tc</b> | <b>Ru</b> | <b>Rh</b> | <b>Pd</b> | <b>Ag</b> | <b>Cd</b> | <b>In</b> | <b>Sn</b> | <b>Sb</b> | <b>Te</b> | <b>I</b>  | <b>Xe</b> |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| 55        | 56        | 57-71        | 72        | 73        | 74        | 75        | 76        | 77        | 78        | 79        | 80        | 81        | 82        | 83        | 84        | 85        | 86        |             |
| <b>Cs</b> | <b>Ba</b> | <b>La-Lu</b> | <b>Hf</b> | <b>Ta</b> | <b>W</b>  | <b>Re</b> | <b>Os</b> | <b>Ir</b> | <b>Pt</b> | <b>Au</b> | <b>Hg</b> | <b>Tl</b> | <b>Pb</b> | <b>Bi</b> | <b>Po</b> | <b>At</b> | <b>Rn</b> |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| 87        | 88        | 89-103       | 104       | 105       | 106       | 107       | 108       | 109       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
| <b>Fr</b> | <b>Ra</b> | <b>Ac-Lr</b> | <b>Rf</b> | <b>Db</b> | <b>Sg</b> | <b>Bh</b> | <b>Hs</b> | <b>Mt</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
|           |           |              | 57        | 58        | 59        | 60        | 61        | 62        | 63        | 64        | 65        | 66        | 67        | 68        | 69        | 70        | 71        |             |
|           |           |              | <b>La</b> | <b>Ce</b> | <b>Pr</b> | <b>Nd</b> | <b>Pm</b> | <b>Sm</b> | <b>Eu</b> | <b>Gd</b> | <b>Tb</b> | <b>Dy</b> | <b>Ho</b> | <b>Er</b> | <b>Tm</b> | <b>Yb</b> | <b>Lu</b> |             |
|           |           |              |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |
|           |           |              | 89        | 90        | 91        | 92        | 93        | 94        | 95        | 96        | 97        | 98        | 99        | 100       | 101       | 102       | 103       |             |
|           |           |              | <b>Ac</b> | <b>Th</b> | <b>Pa</b> | <b>U</b>  | <b>Np</b> | <b>Pu</b> | <b>Am</b> | <b>Cm</b> | <b>Bk</b> | <b>Cf</b> | <b>Es</b> | <b>Fm</b> | <b>Md</b> | <b>No</b> | <b>Lr</b> |             |





---

# Skorowidz

---

- acidium 135, 136  
addycyjne związki (addukty) 70, 71, 85, 86, 291, 292  
afiksy 1, 41, 356–359  
aktynowce 55  
alotropowe odmiany 45, 50–52  
    krystaliczne 52, 53  
    amorficzne 53  
amidy 169, 181  
aniony 139–143, 324–355  
    borowodorów 326, 300–311  
    jednoatomowe 139  
    koordynacyjne 195  
    kwasów tlenowych 143, 161–166, 174  
    podstawione 143  
    poliatomowe 140–143, 149, 150  
*arachno*-borany 276–279, 273–275, 290, 291  
atom 44, 46–48, 312, 313  
    centralny 128, 129, 188, 196  
    donorowy liganda 224, 225  
    wyznaczenie w ligandach wielokleszczowych 224–231  
    liczby pierwszeństwa 213–218  
atomowa liczba 45, 48, 312, 313  
atomowy symbol 46–48, 312, 313  
  
bertolidy 104  
bezwodniki kwasowe 168, 182  
binarna nomenklatura 6  
binarne związki 4, 5, 67  
borany (borowodory) 86, 269–309  
    jony 300–309  
    klastery 27, 289  
    nomenklatura 270–273  
    rodniki 302–305  
  
centralna jednostka strukturalna (CSU) 248, 249  
    symetryczna 249–251  
    niesymetryczna 251–254  
CEP *zob.* system CEP  
chalkogeny 55, 199–201  
chelatacja (chelatowanie) 190–192  
    atomy donorowe 224–231  
    deskryptory stereochemiczne 232–234  
chiralne kompleksy 235–244  
chiralność 35–44  
    symbole 213, 235–244  
ciała stałe 89–104  
    amorficzne układy i szkliwa 103  
    defekty punktowe 93–97  
    fazy 90, 91  
    nomenklatura 97, 98  
    polimorfizm 102, 103  
    skład chemiczny 91, 92  
    struktura 60  
CIP *zob.* reguły CIP  
*cis* 211, 212, 267  
CRU *zob.* jednostka konstrukcyjna  
cyfry 28–31  
    arabskie 28–30  
    rzymskie 30, 31  
*cyklo* 253, 254  
cyklopentadienylowe kompleksy 261–265  
  
„debor” *zob.* metoda „debor”  
defekty  
    punktowe 93  
    Wadsleya 98  
deskryptory  
    CEP 248, 249  
    CSU 248, 249  
    geometryczne 248, 249

- stereochemiczne 40, 211–223, 232–234
- sferyczne w boranach 289
- strukturalne 14, 64, 318
- kleszczowość 190–192
- diastereoizomer 212
- diastereoizomeria 212
- dihapto 192
- dwukropek 25
- dwurdzeniowe związki
  - koordynacyjne 126–128
  - nomenklatura koordynacyjna 126
  - nomenklatura strukturalna 246
- egzo-* 289
- elektrodatnie składniki 76, 77
- elektroujemności kryterium 37
- elektroujemne składniki 77–80
- elizje 27
- Ewensa-Bassetta liczba 14, 15, 83, 197
- facial 232, 233
- fazy 90, 91, 97, 98
  - niestechiometryczne 90, 98–102
  - o zmiennym składzie 92, 93
  - stałe 90, 91
  - stechiometryczne 90
  - zbliżnione 101
- ferrocen 264–266
- gazy szlachetne 55
- granica antyfazowa 100
- grecki alfabet 32
- grupy pierwiastków 45, 53–57, 60, 68
- grupy podstawnikowe
  - boranów 302–305
  - jonowe 148–150
  - nazwy 322, 323
  - obojętne 144–150
- gwiazdki 33
- halogeny 55
  - ligandy 198, 199
  - kwasy 167, 182
- Hantzsch–Widmana system 116–124
- hapto *zob.* symbol hapto
- haptyczność 261–264
- helisa 236–239
- heteropolikwasy 173, 174
- hifo*-borany 274, 277
- homopolikwasy 173, 174
- hydraty 85, 86
- hydroksosole 153
- hydron 134–138
- indeksy (wskaźniki) 9, 10
  - konfiguracyjne 211–223
- infiksy 176, 177
- interkalaty 102
- izo-* (w związkach boru) 290
- izomeria 219–223
- izomery 212, 267
- izopolikwasy 171, 172
- izotopowo modyfikowane związki 71, 72
- izotopy 40, 45, 48
- jednokleszczowe ligandy 194–211
- jednordzeniowe związki
  - koordynacyjne 125, 194–211
- jednostka konstytucyjna
  - powtarzalna CRU 114, 122, 255
- jednostka koordynacyjna (kompleks) 188, 196
- jony obojętne 301
- jony *zob. też* aniony, kationy 68, 197, 324–355
- karbaborany 295–298
- kationy 133–138
  - borowodorów 301
  - jednoatomowe 133
  - koordynacyjne 137, 195
  - oksokwasów 135, 136, 175
  - podstawione 138
  - poliatomowe 134–138
- klado*-borany 273, 277

- klastery  
atomów centralnych 128, 129  
boru 273–290  
defektów 96  
kleszczowość 190–192  
kloso-borany 273–277  
kolejność wymieniania ligandów 194, 196  
komórka elementarna 60  
kompleksy 188  
chelatowe 190–192  
oktaedryczne 214, 220–222  
konformacje pierścieni chelatowych 239  
konjunkt-borany 273–278  
konwencja  
kappa ( $\kappa$ ) 124, 225–231  
lambda ( $\lambda$ ) 108–110  
skośnych prostych 236–239  
znaków „prim” 33  
w związkach koordynacyjnych 233, 234  
końcówki 356–359  
-a 320, 321  
-an (-ian) 174, 140–143, 165, 166  
-ek 139, 140  
-id 141, 142  
-li (-yl) 144–148  
-io 147, 148, 322, 323  
-o 198–204  
-owy 169, 162–164  
-ium 134–136  
koordynacja 187, 188  
koordynacyjna liczba (liczba koordynacji) 190  
nomenklatura 7, 125–128, 142, 143, 177, 187, 188, 193  
koordynacyjny wielościan 189  
koordynacyjny związek 69, 70, 185–267  
chelatowy 190–192  
dwurdzeniowy 125–128, 246–248  
jednordzeniowy 124, 194–211  
oligonuklearny 248, 249, 128, 129  
organometaliczny 257–266  
wielordzeniowy 244–257  
kreska długa 23  
kreska ukośna 24  
kropka 25  
krotność mostka 245, 246, 193, 194  
Krögera-Vinka notacja 92–96  
krystalograficzne  
pozycje 93, 94  
struktury ścinania 100, 101  
układy 60, 102  
kursywa 31  
kwasowa nomenklatura 169, 172–174  
kwasy tlenowe (oksokwasy) 8, 9, 155–183  
lantanowce 55  
liczba  
atomowa 45, 48, 210–213  
Ewensa-Bassetta (liczba ładunku) 14, 15, 48, 210–213  
koordynacji 14, 15, 83–85, 197  
masowa 45, 47  
utlenienia (liczba Stocka) *zob. też* stopień utlenienia 14, 15, 83–85  
liczbowe (z wielokrotniające) przedrostki 14, 15, 33, 34, 81–83, 314  
ligandy 188, 189  
ambidentne 205  
anionowe 198–204  
chelatowe 190–192, 224–234  
fleksidentne 226, 267  
kationowe 198  
kolejność wymieniania 40, 194, 196, 245, 246  
mostkowe 193, 194, 244–257  
nazwy 198–211  
obojętne 198–204  
organiczne 205, 206  
skrótów nazw 205, 207–211, 360–364

- pierwiastków grupy 15 202–204  
  grupy 16 199–201  
  grupy 17 198, 199  
polidentne 224–234  
skrótów nazw 70, 205, 207–211,  
  360–364  
wielokleszczowe 224–234  
wodór jako ligand 198  
lokanty 35, 36  
  w wodorkach 107–111  
  w związkach koordynacyjnych  
  211–223  
ładunek jonu *zob. też* liczba ładunku 14,  
  15, 83–85, 197  
łącznik 21  
  
masa atomowa 45, 48  
meridional 232  
metale 55  
  alkaliczne 55  
  ziem alkalicznych 55  
  ziem rzadkich 55  
metaloborany 298, 299  
metalokarbaborany 298, 299  
metalloceny 264–266  
metaloorganiczne związki 257–266  
metoda „debor“ 290, 291  
minerały 90  
mieszane tlenki 154  
  wodorotlenki 154  
modyfikator strukturalny 245, 246  
  
naroże *komo* 279  
nawiasy  
  klamrowe 21  
  kwadratowe 16–18  
  okrągłe 18–21  
nazwa  
  addycyjna 8, 9, 193  
  podstawnikowa 8, 9, 107–124, 175,  
  176  
  strukturalna 14, 15, 246–254  
  systematyczna 273, 287–289, 322–355  
  zwyczajowa 160–166  
  *nido*-borany 271–275  
nomenklatura  
  addycyjna 8, 9, 193  
  binarna 6  
  koordynacyjna 7, 125–129, 177, 193  
  kwasowa 162–164, 169  
  podstawnikowa 7, 107–124, 175, 176  
  stechiometryczna 75–87, 246–254,  
  281, 282  
  strukturalna 271–279, 282–287, 318,  
  319  
  systematyczna 47, 48  
    pierwiastków 49–56  
    grup podstawnikowych  
    i rodników 144–150  
  wodorowa 161–169  
  zamienna 8, 9, 176, 177  
notacja  
  Krögera–Vinka 92–96  
  Pearsona 52, 53, 60, 96  
nuklid 45  
  
odmiany  
  alotropowe 45, 50–53  
  polimorficzne 60, 102, 103  
oligonuklearne związki  
  koordynacyjne 128, 129  
optycznie czynne związki 64  
organiczne ligandy 205, 206  
  skrótów nazw 207–211, 360–364  
organiczne rodniki 257–260  
oksokwasy 155–183  
  jony 143, 174, 175  
  o liczbie koordynacji 3 178–182  
  pochodne 166–169  
  wielordzeniowe 170–173  
  wzory 159  
oksonium 135  
Pearsona notacja 52, 53, 60, 96

- pierwiastki 44, 49, 312–315  
grupy 45, 53–55  
nazwy grupowe 55  
odmiany alotropowe 50–53  
przejściowe 55  
szereg starszeństwa 39, 40, 317, 320, 321
- pierwszeństwo (starszeństwo) 14, 15, 37–41  
kryterium elektroujemności 37  
szeregi starszeństwa  
atomów donorowych 40, 213–217  
organiczne 40  
pierwiastków 39, 40, 317, 320, 321  
stereochemiczne 40  
symboli chiralności 240–244  
znaków przestankowych 41  
w nazwach i wzorach soli 40  
w związkach koordynacyjnych 40, 194  
we wzorach 65–71
- płaszczyzna ścinania 100, 101  
pochodne podstawione 111–124, 143, 166–169, 181, 182, 294–300  
podstawienie szkieletowe 291–300  
podwójne sole 151, 152  
polianiony 68, 162–164  
poliboru wodoru *zob.* borany  
polimery koordynacyjne 255–257  
polimorfizm 60, 102, 103  
polinuklearne związki  
kwasy 162–164, 170–173  
kompleksy 244–257  
nomenklatura stechiometryczna 245, 246  
nomenklatura strukturalna 245, 246  
polimery jednożyłowe 246–254
- półpauza 23  
prefiksy (przedrostki) 255–257  
liczbowe 14, 15, 41, 111  
strukturalne 14, 15  
subtraktywne 14, 15, 34, 35, 81–83, 316
- zwielokrotniające 14, 15, 34, 35, 81–83, 316
- primy 33  
przecinek 26  
przechłodzone ciecze 103  
przyrostki 14, 15, 41, 356–359
- reakcje jądrowe 48
- reguły  
CIP 213–218  
maksymalnej różnicy *trans* 219  
pierwszeństwa (starszeństwa) 14, 15, 37–41, 65–67, 194, 213–219, 240–244, 317, 320, 321
- rodniki 62, 63, 144–150  
boranów 302–305  
jonorodniki 62, 63, 148–150  
nazwy systematyczne 144–148  
organiczne 144–150, 257–260
- sieci Bravais'go 52, 53  
skład stechiometryczny 60, 61, 245, 246  
zmienny 92, 93  
skrótów nazw ligandów 70, 205–211, 360–364
- sole 150–153  
podwójne, potrójne itd. 151, 152  
zawierające wodór kwasowy 151
- spacja 27  
spinel 91, 92, 95  
stany wzbudzone 64  
starszeństwo *zob.* pierwszeństwo
- stereodeskryptory  
*endo* i *egzo* 289  
w związkach koordynacyjnych 211–223
- Stocka liczba *zob.* liczba utlenienia  
stopień (liczba) utlenienia 14, 15, 83–85, 192, 195, 197
- struktury  
bipiramidy 222, 223, 240, 244  
częściowo współmierne 99

- dostosowywalne do składu chemicznego 101
- enantjomeryczne 212, 213
- kwadratowe 219, 220
- modulowane 98, 99
- niedopasowywalne 99
- niewspółmierne 98
- oktaedryczne 220–222, 236–239
- piramida trygonalna 222, 241
- pryzmatu trygonalnego 243, 244
- ścinania 100, 101
- trinuklearne 249–251
- Verniera 99
- współmierne 98
- substancja pierwiastkowa 44, 49
- sufiksy (przyrostki) 14, 15, 41, 356
- symbol
  - atomu 44, 53–55, 312–315, 367–369
  - hapto ( $\eta$ ) 261–264
  - lambda ( $\lambda$ ) 32, 319
  - R 235
  - S 235
  - wielościanu 213
  - chiralności 212, 235–244
  - Pearsona 52, 53, 60, 95, 96
- system CEP 248, 249
- szereg starszeństwa pierwiastków 14, 15, 37–41, 65–71, 213–218, 240–244, 317, 320, 321
- szeregi homologiczne 100
- szkliwa 103
- średnik 27
  
- tlenki 152, 153
- trans* 211, 212, 267
  
- układ okresowy pierwiastków 53–55, 367–369
- układy
  - amorficzne 53, 103
  - krystalograficzne 60, 61
- wakancje 92–99
  - kationowe 96
  - wektor ścinania 100, 101
- wiązalność 108–111
- wiązania metal–metal 194
- wielokleszczowe ligandy 190–192, 224–234, 267
- wielordzeniowe związki 170–173, 244–257
- wielościan koordynacyjny 189–190, 213
- wodorki 7, 8, 108–111
  - jednordzeniowe 108, 109
  - oligonuklearne 110, 111
  - podstawione pochodne 111–124
    - cykliczne 116–121
    - jednordzeniowe 111, 112
    - łańcuchowe 112–116
  - poliboru *zob.* borany
- wodór
  - izotopy 49
  - kwasowy 151, 169, 134
  - jako ligand 198
  - podstawienie w boranach 291–293
- wrostki 41, 176, 177
- wskaźnik
  - konfiguracyjny 213–219, 244, 245
  - mostka 32, 193, 194, 244–257, 319
  - wiązania 24
- wzory 58–60
  - cząsteczkowe 59
  - empiryczne 58
  - stechiometryczne 58
  - strukturalne 59
  
- zasada starszeństwa *zob.* pierwszeństwo
- zbliżniaczenie
  - chemiczne 101
  - komórki elementarnej 101
- znaki
  - plus i minus 22
  - przestankowe 25–27
  - pierwszeństwa 41
- związek interkalowany 102
- związki
  - addycyjne 70, 85, 86, 293, 294

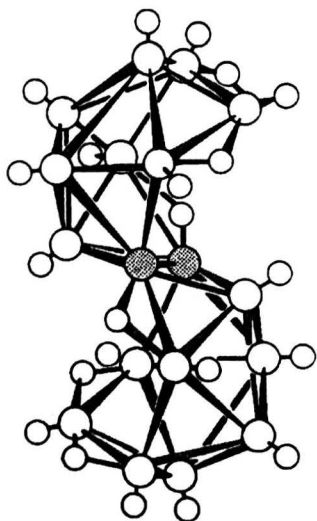
- binarne 6, 67  
boru *zob.* borany  
chiralne 235–244  
cykliczne 115–124  
elektronodeficytowe 267–303  
koordynacyjne 69, 70, 187–267  
koordynacyjne wielordzeniowe  
244–257  
łańcuchowe 67, 68, 113–116, 128,  
244–257
- międzymetaliczne 69  
metaloorganiczne 257–266  
optycznie czynne 64  
podstawione izotopowo 71  
znaczone izotopowo 72  
znaczone selektywnie 72  
znaczone specyficznie 72

**BIBLIOTEKA**  
**Institutu Chemii Ogólnej**  
**i Ekologicznej P.L.**  
nr kaw. .... 12522

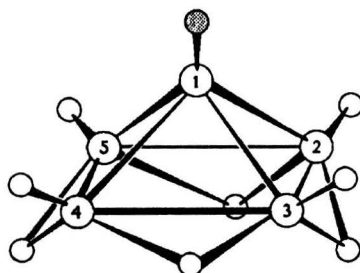
ERRATA

| Strona, wiersz     | Jest  | Powinno być                                       |
|--------------------|---|---|
| 181 <sub>7,6</sub> | etylohydroksooko(wodoro-selenido)fosfor(V)          | etylohydroksooko(wodoro-seleno)fosfor(V)          |
| 250 <sup>2</sup>   | $[\{\text{Co}(\text{CO})_3\}_3(\mu_3\text{-Cl}_3)]$ | $[\{\text{Co}(\text{CO})_3\}_3(\mu_3\text{-Cl})]$ |
| 292, przykład 12   | ⊗ CH <sub>3</sub> ○ F                               | ● CH <sub>3</sub> ⊗ F                             |
| 302 <sub>17</sub>  | tioksoboryl   | tioksoboryl                                       |

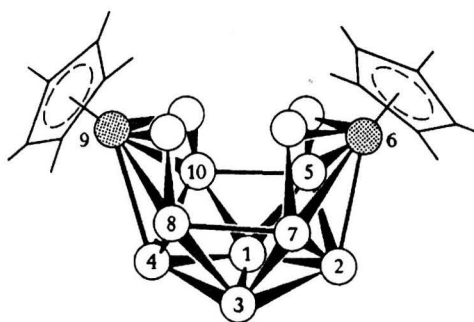
Na następujących rysunkach może być niezbyt czytelne w druku zacinienie atomów. Przedstawiamy poprawną postać wzorów:



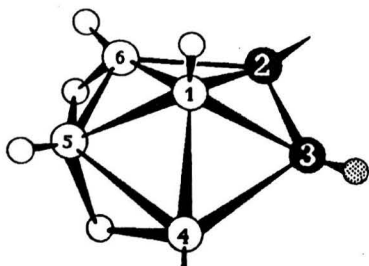
Przykład 7, s. 280



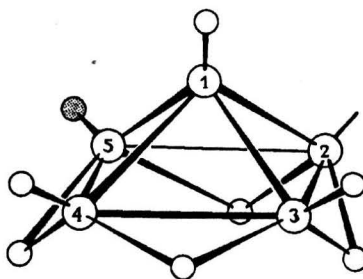
Przykład 13, s. 292



Przykład 1, s. 299



Przykład 18, s. 304



Przykład 20, s. 305

Publikacje Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego Sp. z o.o  
są do nabycia w Księgarni Uniwersyteckiej we Wrocławiu,  
50-137 Wrocław, pl. Uniwersytecki 9/13, tel. 402-923.

Sprzedaż wysyłkową prowadzi Dział Marketingu  
Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego Sp. z o.o.,  
50-137 Wrocław, pl. Uniwersytecki 9/13,  
tel. 402-823, tel./fax 402-735.



ISBN 83-229-1873-9