

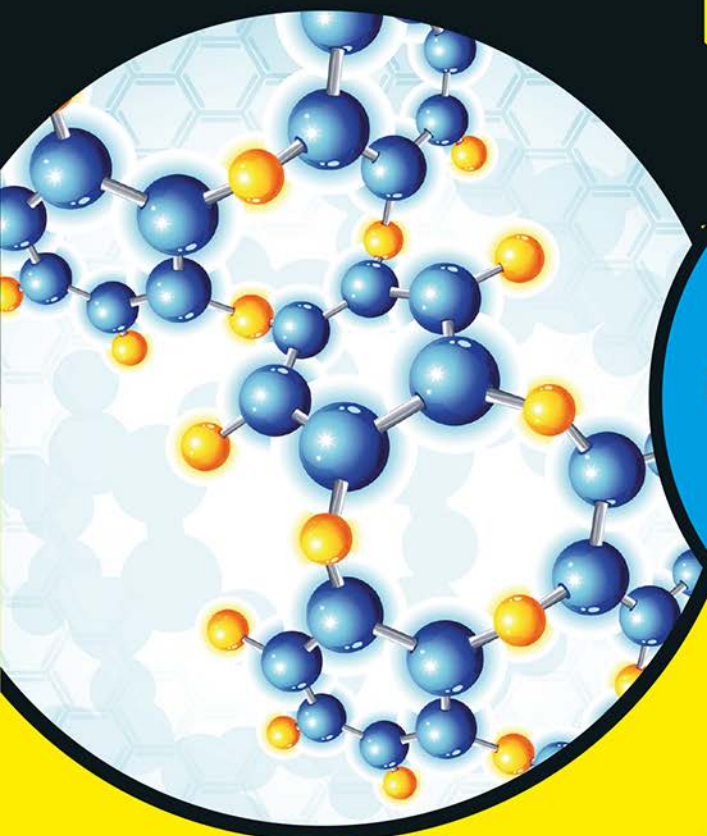
W PROSTOCIE TKWI SIŁA



wydanie II

# Chemia

dla  
**bystrzaków**



Poznaj podstawowe  
reguły chemiczne

Przyswój definicje materii  
i energii, atomu i cząsteczki,  
kwasu i zasady

Znajdź rozwiązania  
problemów, na które  
możesz się natknąć

**septem**  
septem.pl

**John T. Moore**

doktor pedagogiki i współautor  
książki *Biochemistry For Dummies*

Tytuł oryginału: Chemistry For Dummies®, 2 edition

Tłumaczenie: Joanna Sugiero

ISBN: 978-83-283-6508-7

Original English language edition Copyright © 2011 by Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.  
All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.  
This translation published by arrangement with Wiley Publishing, Inc.

Oryginalne angielskie wydanie © 2011 by Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.  
Wszelkie prawa, włączając prawo do reprodukcji całości lub części w jakiegokolwiek formie, zarezerwowane.  
Tłumaczenie opublikowane na mocy porozumienia z Wiley Publishing, Inc.

Translation copyright © 2015 by Helion SA

Wiley, the Wiley Publishing logo, For Dummies, the Dummies Man logo, A Reference for the Rest of Us!, The Dummies Way, Dummies Daily, The Fun and Easy Way, Dummies.com, Making Everything Easier and related trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley and Sons, Inc. and/or its affiliates in the United States and/or other countries. Used under license.

Wiley, the Wiley Publishing logo, For Dummies, the Dummies Man logo, A Reference for the Rest of Us!, The Dummies Way, Dummies Daily, The Fun and Easy Way, Dummies.com, Making Everything Easier i związana z tym szata graficzna są markami handlowymi John Wiley and Sons, Inc. i/lub firm stowarzyszonych w Stanach Zjednoczonych i/lub innych krajach. Wykorzystywane na podstawie licencji.

Polish language edition published by Helion SA  
Copyright © 2015, 2020.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Helion SA dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [dlabystrzakow@dlabystrzakow.pl](mailto:dlabystrzakow@dlabystrzakow.pl)  
WWW: <http://dlabystrzakow.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!  
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres  
<http://dlabystrzakow.pl/user/opinie/chem2v>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzje.

Printed in Poland.

- Kup książkę
- Poleć książkę
- Oceń książkę

- Księgarnia internetowa
- Lubię to! » Nasza społeczność

# Spis treści

.....

|   |           |
|---|-----------|
| <b>O autorze .....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>Podziękowania od autora .....</b>                      | <b>17</b> |
| <b>Wstęp .....</b>  | <b>19</b> |
| O książce .....   | 20        |
| Naiwne założenia .....                                    | 20        |
| Czego nie czytać .....                                    | 21        |
| Jak podzielona jest książka .....                         | 21        |
| Część I. Podstawowe pojęcia chemiczne .....               | 21        |
| Część II. Obfitość koncepcji chemicznych .....            | 22        |
| Część III. Cudowna moc wiązań.....                        | 22        |
| Część IV. Chemia środowiskowa — korzyści i problemy ..... | 23        |
| Część V. Dekalogi .....                                   | 23        |
| Ikony użyte w książce .....                               | 23        |
| Co dalej .....  | 24        |

## ***Część I: Podstawowe pojęcia chemiczne .....*** 25

### **Rozdział 1: Czym jest chemia i dlaczego trzeba ją poznać? .....** 27

|   |    |
|---|----|
| Czym jest chemia? .....   | 27 |
| Rozróżnienie między nauką a technologią .....                               | 28 |
| Odszyfrowanie metody naukowej .....   | 29 |
| Jak działa metoda naukowa? .....  | 29 |
| Jak stosować metodę naukową? .....  | 31 |
| Krótki opis dyscyplin chemicznych .....                                     | 32 |
| Podejście makroskopowe kontra mikroskopowe .....                            | 34 |
| Chemia czysta kontra chemia stosowana .....                                 | 34 |
| Krótki rzut oka na to, czego będziesz się uczyć na zajęciach z chemii ..... | 35 |

### **Rozdział 2: Rozważania na temat obliczeń chemicznych .....** 37

|  |    |
|--|----|
| Układ jednostek miar SI .....          | 37 |
| Podstawowe przedrostki układu SI ..... | 38 |
| Jednostki długości .....               | 38 |
| Jednostki masy .....                   | 39 |
| Jednostki objętości .....              | 39 |

## 6 Chemia dla bystrzaków

---

|   |    |
|---|----|
| Jednostki temperatury .....   | 39 |
| Jednostki ciśnienia .....   | 40 |
| Jednostki energii .....   | 40 |
| Jak sobie radzić z bardzo dużymi i bardzo małymi liczbami? .....      | 40 |
| Postać wykładnicza i notacja naukowa .....                            | 41 |
| Dodawanie i odejmowanie .....   | 41 |
| Mnożenie i dzielenie .....  | 42 |
| Podnoszenie liczby do potęgi .....                                    | 42 |
| Korzystanie z kalkulatora .....                                       | 42 |
| Różnica między dokładnością a precyzją .....                          | 43 |
| Wykorzystywanie metody zamiany jednostek do rozwiązywania zadań ..... | 44 |
| Posługiwanie się cyframi znaczącymi .....                             | 47 |
| Porównywanie liczb: dokładne i liczone kontra mierzone .....          | 47 |
| Określenie liczby cyfr znaczących w liczbie pomiarowej .....          | 47 |
| Podawanie odpowiedniej liczby cyfr znaczących .....                   | 48 |
| Zaokrąglanie liczb .....  | 49 |

### **Rozdział 3: Materia i energia ..... 51**

|  |    |
|--|----|
| Fakty na temat materii .....                         | 51 |
| Ciała stałe .....                                    | 52 |
| Ciecze .....   | 52 |
| Gazy .....   | 53 |
| Skupmy się na zmianie stanu skupienia .....          | 53 |
| Topię się! Co za świat! .....                        | 53 |
| Temperatura wrzenia .....                            | 54 |
| Temperatura krzepnięcia .....                        | 54 |
| Przesublimuj to! .....                               | 55 |
| Klasyfikowanie czystych substancji i mieszanin ..... | 55 |
| Prosta sprawa z czystymi substancjami .....          | 56 |
| Zamieszane w mieszaniny .....                        | 57 |
| Masz niezłe właściwości .....                        | 57 |
| Identyfikacja substancji za pomocą gęstości .....    | 58 |
| Jak gęsty jesteś? Mierzenie gęstości .....           | 58 |
| Świat w ruchu: energia .....                         | 60 |
| Przejdźmy dalej: energia kinetyczna .....            | 60 |
| Rozsiądź się wygodnie: energia potencjalna .....     | 61 |
| Pomiar energii .....                                 | 61 |
| Rzut oka na temperaturę .....                        | 62 |
| Poczuj ten żar .....                                 | 63 |

### **Rozdział 4: Coś mniejszego niż atom? Struktura atomu ..... 65**

|  |    |
|--|----|
| Spojrzenie z bliska na atom, czyli cząstki elementarne ..... | 65 |
| Scena główna, czyli jądro .....                              | 67 |
| Umieszczenie elektronów w atomie .....                       | 71 |
| Model Bohra .....  | 71 |
| Model kwantowo-mechaniczny .....                             | 72 |

|   |                   |
|---|-------------------|
| Konfiguracja elektronowa .....  | 76                |
| Badanie diagramu poziomów energetycznych .....  | 76                |
| Rzut oka na konfiguracje elektronowe .....  | 79                |
| Życie na krawędzi, czyli elektrony walencyjne .....                                     | 79                |
| Izotopy i jony .....  | 80                |
| Izotopy .....   | 80                |
| Jony .....  | 81                |
| <b>Rozdział 5: Układ okresowy pierwiastków .....</b>                                    | <b>83</b>         |
| Powtarzanie schematów okresowości .....   | 83                |
| Rozmieszczenie pierwiastków w układzie okresowym .....                                  | 86                |
| Klasyfikacja metali, niemetali i półmetali .....  | 86                |
| Uporządkowanie pierwiastków według okresów i grup .....                                 | 89                |
| <b>Rozdział 6: Balony, opony i butle do nurkowania, czyli cudowny świat gazów .....</b> | <b>95</b>         |
| Gazy na poziomie mikroskopowym — teoria kinetyczno-molekularna .....                    | 95                |
| Czuć ciśnienie — atmosferyczne, rzecz jasna .....                                       | 98                |
| Mierzenie ciśnienia atmosferycznego za pomocą barometru .....                           | 98                |
| Mierzenie ciśnienia gazu za pomocą manometru .....                                      | 99                |
| Różne prawa gazowe .....  | 100               |
| Prawo Boyle'a-Mariotte'a .....  | 100               |
| Prawo Charles'a .....   | 102               |
| Prawo Gay-Lussaca .....   | 103               |
| Połączone prawa gazowe .....  | 105               |
| Prawo Avogadra .....  | 106               |
| Równanie stanu gazu doskonałego .....   | 107               |
| Równanie van der Waalsa .....   | 109               |
| Zastosowanie praw gazowych w stechiometrii .....  | 109               |
| Zabieramy się za prawo Daltona i prawo Grahama .....                                    | 110               |
| Prawo Daltona .....   | 110               |
| Prawo Grahama .....   | 111               |
| <br>  |                   |
| <b><i>Część II: Obfitość koncepcji chemicznych .....</i></b>                            | <b><i>113</i></b> |
| <b>Rozdział 7: Chemia od kuchni, czyli reakcje chemiczne .....</b>                      | <b>115</b>        |
| To, co masz, i to, co uzyskasz, czyli substraty i produkty .....                        | 115               |
| Jak zachodzą reakcje? Teoria zderzeń .....  | 117               |
| Przykład zderzenia prostego .....   | 117               |
| Przykład egzotermiczny .....  | 118               |
| Przykład endotermiczny .....  | 119               |
| Rozpoznawanie różnych rodzajów reakcji .....  | 120               |
| Reakcje syntezy .....   | 120               |
| Reakcje analizy .....   | 120               |
| Reakcje wymiany pojedynczej .....   | 121               |
| Reakcje wymiany podwójnej .....   | 122               |
| Reakcje spalania .....  | 123               |
| Reakcje utleniania i redukcji .....   | 124               |

|   |            |
|---|------------|
| Bilansowanie reakcji chemicznych .....  | 124        |
| Bilansowanie produkcji amoniaku .....   | 124        |
| Zapalanie zapalniczki .....   | 126        |
| <b>Rozdział 8: Mole — dasz radę się w to wgryźć? .....</b>                        | <b>129</b> |
| Liczenie przez ważenie .....  | 129        |
| Wykorzystywanie moli w obliczeniach .....   | 130        |
| Liczba Avogadra .....   | 130        |
| Wykorzystywanie moli w pracy .....  | 131        |
| Obliczanie wzorów empirycznych .....  | 132        |
| Rola moli w reakcjach chemicznych .....   | 133        |
| Wykonywanie obliczeń .....  | 133        |
| Czego potrzebujesz i co uzyskasz? Stechiometria reakcji .....                     | 135        |
| Poznaj swoją wartość, czyli wydajność reakcji chemicznej .....                    | 137        |
| Wyczerpanie zapasów i porzucanie dóbr, czyli substraty ograniczające .....        | 137        |
| <b>Rozdział 9: Zamieszanie w materii, czyli roztwory .....</b>                    | <b>139</b> |
| Podstawowe pojęcia: substancja rozpuszczona, rozpuszczalnik i roztwór .....       | 139        |
| Kilka uwag na temat rozpuszczalności: ile substancji ulegnie rozpuszczeniu? ..... | 140        |
| Badanie nasycenia .....   | 140        |
| Jednostki określające stężenie roztworu .....                                     | 141        |
| Stężenie procentowe — trzy różne proporcje .....                                  | 141        |
| Stężenie molowe — numer jeden! .....  | 144        |
| Stężenie molalne — kolejne zastosowanie mola .....                                | 146        |
| Części na milion — jednostka zanieczyszczenia .....                               | 147        |
| Właściwości koligatywne roztworów .....   | 147        |
| Niższe ciśnienie, czyli obniżenie prężności par .....                             | 148        |
| Zimowy płyn do chłodnicy w lecie, czyli ebulioskopia .....                        | 148        |
| Kręcenie lodów, czyli krioskopia .....  | 149        |
| Całe i zdrowe krwinki, czyli ciśnienie osmotyczne .....                           | 151        |
| Przejścia z koloidami .....   | 153        |
| <b>Rozdział 10: Termochemia — gorący temat .....</b>                              | <b>155</b> |
| Obserwowanie reakcji i zmian energii .....  | 155        |
| Układ i otoczenie .....   | 156        |
| Ciepło .....  | 156        |
| Jednostki energii .....   | 156        |
| Pojemność cieplna .....   | 157        |
| Kalorymetria .....  | 158        |
| Zrozumienie zmian entalpii .....  | 161        |
| Określenie ciepła reakcji .....   | 162        |
| Zrób to sam .....   | 163        |
| Korzystanie z tabel .....   | 163        |
| Zastosowanie prawa Hessa .....  | 163        |
| Używanie standardowych ciepł tworzenia .....                                      | 164        |
| Zrozumienie entalpii i przemian fazowych .....                                    | 166        |

**Rozdział 11: Kwaśne i gorzkie, czyli kwasy i zasady ..... 169**

|   |     |
|---|-----|
| Właściwości kwasów i zasad — poziom makroskopowy .....  | 169 |
| Kwasy i zasady — poziom mikroskopowy .....  | 171 |
| Teoria Arrheniusa, czyli potrzebujesz wody .....  | 171 |
| Teoria kwasów i zasad Brønsteda-Lowry'ego, czyli dawanie i przyjmowanie .....                     | 172 |
| Różnice między mocnymi a słabymi kwasami i zasadami .....   | 173 |
| Całkowita dysocjacja — mocne kwasy .....  | 173 |
| Rozpaść się na kawałki — mocne zasady .....   | 174 |
| Częściowa jonizacja — słabe kwasy .....   | 174 |
| Określenie stanu równowagi dla wody — słabe zasady .....  | 176 |
| Reakcje między kwasami a zasadami według Brønsteda-Lowry'ego, czyli rywalizowanie o protony ..... | 176 |
| Gra na dwa fronty, czyli amfoteryczna woda .....  | 177 |
| Rozpoznawanie kwasów i zasad dzięki wskaźnikom .....  | 178 |
| Papierek lakmusowy prawdę Ci powie .....  | 178 |
| Miareczkowanie fenoloftaleiną .....   | 179 |
| Kawa i inne substancje na skali pH .....  | 180 |
| Kontrolowanie pH za pomocą buforów .....  | 183 |

**Część III: Cudowna moc wiązań ..... 185****Rozdział 12: Gdzie ja położyłem ten elektron? Teoria kwantowa ..... 187**

|   |     |
|---|-----|
| Koncepcje dotyczące materii i światła ..... | 187 |
| Podstawowe pojęcia .....                    | 187 |
| Spektroskopia .....                         | 189 |
| Model atomu Bohra .....                     | 191 |
| Wkład de Broglie'a .....                    | 191 |
| Wkład Heisenberga .....                     | 192 |
| Model kwantowo-mechaniczny .....            | 192 |

**Rozdział 13: Przeciwności naprawdę się przyciągają, czyli wiązania jonowe ..... 195**

|   |     |
|---|-----|
| Magicznie związane jony, czyli sód + chlor = sól kuchenna .....         | 195 |
| Spotkanie składników .....  | 196 |
| Przebieg reakcji .....  | 197 |
| Tworzenie wiązania .....  | 198 |
| Rozpoznawanie jonów dodatnich i jonów ujemnych — kationy i aniony ..... | 199 |
| Jony wieloatomowe (złożone) .....                                       | 202 |
| Łączenie się jonów w związki jonowe .....                               | 203 |
| Połączenie magnezu z bromem .....                                       | 203 |
| Stosowanie reguły krzyżowej .....                                       | 204 |
| Nazewnictwo związków jonowych .....                                     | 205 |
| Porównanie elektrolitów i nieelektrolitów .....                         | 206 |

**Rozdział 14: Piękne współdzielenie, czyli wiązania kowalencyjne ..... 209**

|  |     |
|--|-----|
| Podstawowe informacje na temat wiązań kowalencyjnych ..... | 209 |
| Wiązania kowalencyjne na przykładzie wodoru .....          | 210 |
| Porównanie wiązań kowalencyjnych z innymi wiązaniami ..... | 211 |
| Wiązania wielokrotne .....                                 | 212 |

|  |            |
|--|------------|
| Nazewnictwo dwupierwiastkowych związków kowalencyjnych .....                 | 213        |
| Nauczenie się wielu wzorów w krótkim czasie .....                            | 214        |
| Wzór empiryczny — tylko pierwiastki .....                                    | 215        |
| Wzór rzeczywisty sumaryczny lub cząsteczkowy — wewnątrz liczb .....          | 215        |
| Wzór strukturalny — dodatkowe informacje na temat wiązań .....               | 216        |
| Uwspólnianie par elektronowych — nie zawsze po równo .....                   | 220        |
| Przyciąganie elektronów, czyli elektroujemność .....                         | 220        |
| Wiązanie kowalencyjne spolaryzowane .....                                    | 222        |
| Woda — naprawdę dziwna cząsteczka .....                                      | 223        |
| <b>Rozdział 15: Jak naprawdę wyglądają cząsteczki?</b>                       |            |
| <b>Geometria cząsteczek i hybrydyzacja .....</b>                             | <b>227</b> |
| Dlaczego kształt ma znaczenie? .....   | 228        |
| Naładowanie polarnością .....  | 228        |
| Przewidywanie polarności .....   | 229        |
| Geometria elektronów i cząsteczek (VSEPR) .....                              | 230        |
| Teoria wiązań walencyjnych (hybrydyzacji) .....                              | 233        |
| Teoria orbitali molekularnych (MO) .....                                     | 235        |
| <b>Rozdział 16: Trendy w układzie okresowym pierwiastków .....</b>           | <b>239</b> |
| Jakie znaczenie ma wielkość? .....   | 239        |
| Czym jest efektywny ładunek jądra? .....                                     | 240        |
| Zmiany w promieniu atomowym .....  | 240        |
| Śledzenie tendencji promieni jonowych .....                                  | 241        |
| Trendy w energii jonizacji .....   | 242        |
| Wzrost kolejnych energii .....   | 242        |
| Uwzględnienie stabilności .....  | 243        |
| Kilka wyjątków od reguły .....   | 244        |
| Trendy w powinowactwie elektronowym .....                                    | 244        |
| <b>Rozdział 17: Analiza powiązań między oddziaływaniem</b>                   |            |
| <b>międzycząsteczkowym a materią skondensowaną .....</b>                     | <b>247</b> |
| Rodzaje oddziaływań międzycząsteczkowych .....                               | 247        |
| Połączenie jonów z dipolami .....  | 248        |
| Wzajemne przyciąganie się dipoli .....                                       | 248        |
| Zmierzanie do wodoru .....   | 249        |
| Łączenie się przez chmurę .....  | 249        |
| Tworzenie tymczasowych wiązań przy udziale sił (dyspersyjnych) Londona ..... | 249        |
| Właściwości cieczy .....   | 249        |
| Opór przeciw powiększaniu, czyli napięcie powierzchniowe .....               | 250        |
| Opór przeciw płynięciu, czyli lepkość .....                                  | 250        |
| Wspinanie się po ścianach, czyli zjawiska kapilarne .....                    | 251        |
| Rozgrzewka, czyli pojemność cieplna .....                                    | 251        |
| Ciała stałe .....  | 252        |
| Odczytywanie wykresów fazowych .....   | 253        |



**Część IV: Chemia środowiskowa****— korzyści i problemy ..... 257****Rozdział 18: Ehe, ehe! Zanieczyszczenie powietrza .....259**

|  |     |
|--|-----|
| Wpływ cywilizacji na atmosferę .....                           | 259 |
| Blizsze spojrzenie na atmosferę Ziemi .....                    | 260 |
| Troposfera — najbliższa i najbardziej narażona .....           | 260 |
| Stratosfera — ochronna warstwa ozonowa .....                   | 260 |
| Co warto wiedzieć o warstwie ozonowej? .....                   | 261 |
| Jak warstwa ozonowa reaguje na gazy? .....                     | 261 |
| Jak freony niszczą warstwę ozonową? .....                      | 262 |
| Problem efektu cieplarnianego .....                            | 262 |
| Oddychanie brązowym powietrzem, czyli smog fotochemiczny ..... | 264 |
| Smog londyński .....   | 264 |
| Smog fotochemiczny .....                                       | 264 |
| Rozpuszczam się! Kwaśne deszcze .....                          | 266 |
| Nie pij tej wody! Z czego się składają kwaśne deszcze? .....   | 266 |
| Naładuj i wyrzuć, czyli elektrofiltry .....                    | 268 |
| Mycie wody, czyli płuczki .....                                | 268 |

**Rozdział 19: Wszystko na temat zanieczyszczenia wody .....271**

|  |     |
|--|-----|
| Skąd się bierze woda i gdzie znika? .....                      | 271 |
| Parowanie, skraplanie... I tak w kółko .....                   | 272 |
| Śledzenie wody .....   | 272 |
| Woda — najbardziej niezwykła substancja .....                  | 273 |
| Lista najczęściej występujących zanieczyszczeń wód .....       | 275 |
| Problem z ołowiem — zanieczyszczenie metalami ciężkimi .....   | 276 |
| Kwas, który spada na nas z nieba .....                         | 277 |
| Drobnoustroje chorobotwórcze .....                             | 277 |
| Wycieki ze składowisk odpadów i lotne związki organiczne ..... | 278 |
| Zanieczyszczenia z gospodarstw rolnych .....                   | 279 |
| Zanieczyszczenia termiczne .....                               | 279 |
| Zużywanie tlenu — BZT .....                                    | 280 |
| Usunięcie smrodu ze ścieków .....                              | 280 |
| Pierwszy stopień oczyszczania .....                            | 280 |
| Drugi stopień oczyszczania .....                               | 281 |
| Trzeci stopień oczyszczania .....                              | 282 |
| Oczyszczanie wody pitnej .....                                 | 282 |

**Rozdział 20: Chemia jądrowa — nauka, która sprawi, że się rozpromienisz .....285**

|   |     |
|---|-----|
| Podstawowa struktura atomowa — wszystko zaczyna się od atomu .....          | 286 |
| Promieniotwórczość i rozpad promieniotwórczy wywołany przez człowieka ..... | 286 |
| Naturalny rozpad promieniotwórczy .....                                     | 288 |
| Rozpad alfa .....   | 288 |
| Rozpad beta .....   | 289 |
| Emisja gamma .....  | 290 |
| Emisja pozytonu .....   | 290 |
| Wychwył elektronu .....   | 290 |

|   |     |
|---|-----|
| Kiedy dochodzi do rozpadu promieniotwórczego? Czas połowicznego rozpadu ..... | 291 |
| Obliczanie czasu połowicznego rozpadu .....                                   | 292 |
| Bezpieczne korzystanie z materiału promieniotwórczego .....                   | 294 |
| Datowanie izotopowe .....   | 294 |
| Inicjowanie reakcji, czyli rozszczepienie jądra .....                         | 295 |
| Obliczanie reakcji łańcuchowych i masy krytycznej .....                       | 295 |
| Reakcje kontrolowane, czyli elektrownie jądrowe .....                         | 297 |
| Wytwarzanie plutonu w reaktorach powielających .....                          | 299 |
| Reakcje termojądrowe — nasza nadzieja na energię .....                        | 300 |
| Problemy z opanowaniem energii .....  | 300 |
| Co niesie przyszłość? .....   | 301 |
| Skutki promieniowania .....   | 302 |

## **Część V: Dekalogi ..... 303**

### **Rozdział 21: Dziesięć przypadkowych odkryć chemicznych ..... 305**

|  |     |
|--|-----|
| Zmierzenie objętości .....                                 | 305 |
| Nadanie gumie trwałej formy stałej .....                   | 306 |
| Cząsteczki praworęczne i leworęczne .....                  | 306 |
| Sztuczny barwnik — droga na skróty do koloru .....         | 306 |
| Wyśnienie budowy pierścieniowej .....                      | 307 |
| Odkrycie promieniotwórczości .....                         | 307 |
| Wynalezienie niezwykle śliskiej substancji — teflonu ..... | 307 |
| Karteczki samoprzylepne .....                              | 308 |
| Odrastanie włosów .....                                    | 308 |
| Słodkie co nieco .....                                     | 308 |

### **Rozdział 22: Dziesięciu (plus jeden) wybitnych chemików ..... 309**

|  |     |
|--|-----|
| Amedeo Avogadro .....  | 309 |
| Niels Bohr .....   | 309 |
| Maria Skłodowska-Curie .....   | 310 |
| John Dalton .....  | 310 |
| Michael Faraday .....  | 310 |
| Antoine Lavoisier .....  | 310 |
| Dmitrij Mendelejew .....   | 311 |
| Linus Pauling .....  | 311 |
| Ernest Rutherford .....  | 311 |
| Glenn Seaborg .....  | 312 |
| Trzecioklasistka eksperymentująca z octem i proszkiem do pieczenia ..... | 312 |

### **Rozdział 23: Dziesięć wspianiałych porad, które pomogą Ci zdać egzamin z chemii ..... 313**

|   |     |
|---|-----|
| Ucz się systematycznie .....                                | 313 |
| Staraj się zrozumieć tekst, a nie tylko go zapamiętać ..... | 314 |
| Wyrób sobie nawyk odrabiania zadań domowych .....           | 314 |
| Szukaj wiedzy w innych źródłach .....                       | 314 |

---

|   |            |
|---|------------|
| Przed zajęciami przeczytaj nową lekcję .....  | 315        |
| Rób notatki .....   | 315        |
| Przepisz swoje notatki z lekcji albo wykładu .....                                    | 316        |
| Zadawaj pytania .....   | 316        |
| Wyśpij się dobrze przed egzaminem .....   | 316        |
| Zwracaj uwagę na szczegóły .....  | 317        |
| <b>Rozdział 24: Dziesięć najważniejszych substancji chemicznych w przemyśle .....</b> | <b>319</b> |
| Kwas siarkowy ( $H_2SO_4$ ) .....   | 319        |
| Azot ( $N_2$ ) .....  | 320        |
| Etylen ( $C_2H_4$ ) .....   | 320        |
| Tlen ( $O_2$ ) .....  | 321        |
| Propylen ( $C_3H_6$ ) .....   | 321        |
| Chlor ( $Cl_2$ ) .....  | 322        |
| 1,2-dwuchloroetylen ( $C_2H_2Cl_2$ ) .....  | 322        |
| Kwas fosforowy ( $H_3PO_4$ ) .....  | 322        |
| Amoniak ( $NH_3$ ) .....  | 323        |
| Wodorotlenek sodu ( $NaOH$ ) .....  | 323        |
| <b>Słownik .....</b>  | <b>325</b> |
| <b>Skorowidz .....</b>  | <b>337</b> |



## Rozdział 4

# Coś mniejszego niż atom? Struktura atomu

### *W tym rozdziale:*

- ▶ poznasz cząstki, które tworzą atom;
- ▶ przeanalizujesz budowę jądra;
- ▶ dowiesz się co nieco o elektronach;
- ▶ zaczniesz rozumieć konfiguracje elektronów;
- ▶ odkryjesz izotopy i jony.

**P**amiętam, jak uczyłem się w szkole podstawowej o atomach. Moi nauczyciele nazywali je elementami budulcowymi i używali klocków, żeby nam lepiej przybliżyć to zagadnienie. Pamiętam również, jak mówiono mi, że atomy są tak małe, iż nikt nigdy ich nie widział. Wyobraź sobie moje zdziwienie wiele lat później, gdy zobaczyłem pierwsze zdjęcia atomów. Nie były zbyt szczegółowe, ale sprawiły, że zacząłem się zastanawiać nad postępem nauki. Do dziś zdjęcia atomów budzą we mnie zachwyt.

W tym rozdziale opowiem Ci o atomach — najważniejszym budulcu w całym wszechświecie. Przedstawię Ci trzy podstawowe cząstki atomu — protony, neutrony i elektrony — i pokażę, gdzie się znajdują. Poświęcę także kilka stron samym elektronom, ponieważ reakcje chemiczne (te, w których dzieje się prawdziwa chemia) zależą od utraty, pozyskania lub współzłaniania elektronów.

## *Spojrzenie z bliska na atom, czyli cząstki elementarne*

*Atom* to najmniejsza część materii, która reprezentuje określony pierwiastek. Przez jakiś czas uważano, że atom jest najmniejszą cząstką materii, jaka istnieje. W drugiej połowie XIX wieku i na początku XX wieku naukowcy odkryli jednak, że atomy składają się z określonych *cząstek elementarnych*, które występują we wszystkich atomach, bez względu na pierwiastek. Jedyna różnica sprowadza się do liczby poszczególnych cząstek elementarnych.

Naukowcy wiedzą już dzisiaj, że istnieje wiele cząstek elementarnych (jest to temat, który budzi szczególne zainteresowanie fizyków). Na potrzeby chemii wystarczy jednak, że będziesz znać trzy najważniejsze cząstki elementarne:

- ✓ **protony** — cząstki elementarne o ładunku dodatnim, które znajdują się w jądrze atomowym;
- ✓ **neutrony** — cząstki elementarne nieposiadające ładunku, które znajdują się w jądrze atomowym;
- ✓ **elektrony** — cząstki elementarne o ładunku ujemnym, które znajdują się poza jądrem atomowym.

W tabeli 4.1 podsumowuję cechy tych trzech cząstek elementarnych.

**Tabela 4.1. Trzy główne cząstki elementarne**

| Nazwa    | Symbol | Ładunek | Masa (g)               | Masa (u) | Lokalizacja |
|----------|--------|---------|------------------------|----------|-------------|
| Proton   | $p^+$  | +1      | $1,673 \cdot 10^{-24}$ | 1        | Jądro       |
| Neutron  | $n^0$  | 0       | $1,675 \cdot 10^{-24}$ | 1        | Jądro       |
| Elektron | $e^-$  | -1      | $9,109 \cdot 10^{-28}$ | 0,0005   | Poza jądrem |

W tabeli 4.1 przedstawiam masy cząstek elementarnych na dwa różne sposoby: w gramach i w *unitach*, czyli *jednostkach masy atomowej*. Wyrażanie masy w unitach jest dużo łatwiejsze niż w gramach.

Jednostki masy atomowej są oparte na skali węgla  $^{12}\text{C}$ . Jest to stosowany na całym świecie standard określania wagi atomów. Zgodnie z międzynarodową umową waga atomowa jednego atomu węgla, który zawiera 6 protonów i 6 neutronów, wynosi dokładnie 12 u, a zatem 1 u to  $\frac{1}{12}$  tego atomu węgla. (Co mają z tym wszystkim wspólnego atomy węgla i liczba 12? Po prostu mi zaufaj). Ponieważ masa protonów i neutronów wyrażona w gramach jest prawie taka sama, obie te cząstki elementarne mają masę 1 u. Zauważ, że masa elektronu jest dużo mniejsza niż masa protonu lub neutronu. Potrzeba prawie 2000 elektronów, żeby osiągnąć masę równą masie pojedynczego protonu.

Tabela 4.1 przedstawia również, jaki ładunek elektryczny mają poszczególne cząstki elementarne. Materia może być elektrycznie naładowana na jeden z dwóch sposobów: dodatnio lub ujemnie. Proton ma jedną jednostkę ładunku dodatniego, elektron ma jedną jednostkę ładunku ujemnego, a neutron nie ma żadnego ładunku — jest elektrycznie obojętny.

Naukowcy odkryli dzięki obserwacji, że obiekty, które mają takie same ładunki (czy to dodatnie, czy ujemne), odpychają się, a obiekty o przeciwnych ładunkach się przyciągają.

Atom sam w sobie nie ma żadnego ładunku — jest elektrycznie obojętny. (A tak naprawdę, jak wyjaśnię w dalszej części tego rozdziału oraz później w rozdziale 13., niektóre atomy mogą pozyskiwać lub tracić elektrony, a co za tym idzie, również ładunek. Atomy obdarzone ładunkiem — dodatnim lub ujemnym — nazywamy *jonami*). Ale jak atom



może być elektrycznie obojętny, skoro zawiera dodatnio naładowane protony i ujemnie naładowane elektrony? To dobre pytanie. Otóż atom ma *równą* liczbę protonów i elektronów, a równe ładunki dodatnie i ujemne się znoszą.

Ostatnia kolumna w tabeli 4.1 mówi o lokalizacji każdej z trzech cząstek elementarnych. Protony i neutrony znajdują się w *jądrze* — zwartym rdzeniu pośrodku atomu — a elektrony są umiejscowione poza jądrem (zobacz podrozdział „Umiejscowienie elektronów w atomie” w dalszej części tego rozdziału).

## Scena główna, czyli jądro

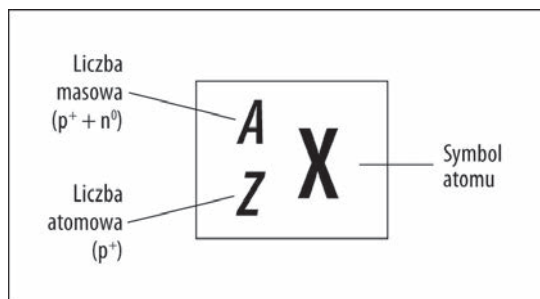
W 1911 roku Ernest Rutherford odkrył, że atomy mają *jądro* — środek — w którym znajdują się protony. Później naukowcy odkryli, że jądro zawiera również neutrony.

Jądro jest bardzo, bardzo małe i bardzo, bardzo gęste w porównaniu z resztą atomu. Przeciętna średnica atomu ma około  $10^{-10}$  metra (to bardzo mało!). Jądra mają średnicę około  $10^{-15}$  (a to *naprawdę* bardzo mało!). Gdyby powiększyć atom wodoru do wielkości Superdome w Nowym Orleanie — drugiej co do wielkości hali sportowej na świecie — to jego jądro miałyby wielkość ziarna grochu.

Protony w atomie są upchane wewnątrz jądra. Niektórzy czytelnicy mogą teraz pomyśleć: „Przecież każdy proton ma ładunek dodatni, a takie same ładunki się odpychają. Skoro więc wszystkie protony się odpychają, dlaczego jądro po prostu się nie rozleci na kawałki?”. To właśnie jest *moc*, Luke. Siły w jądrze przeciwdziałają temu odpychaniu i utrzymują jądro w całości. (Fizycy nazywają te siły *jądrowym klejem*. Czasami jednak ten klej nie jest wystarczająco mocny — wtedy jądro rozpada się na kawałki. Ten proces nazywa się *promieniotwórczością*).

Jądro nie tylko jest bardzo małe, ale również zawiera większość masy atomu. Ze względów praktycznych za masę atomu uznaje się sumę mas protonów i neutronów. (Ja też zazwyczaj pomijam masę elektronów, chyba że dokonuję bardzo, bardzo dokładnych obliczeń).

Suma protonów i neutronów w atomie to jego *liczba masowa*. Natomiast samą liczbę protonów w atomie określamy mianem *liczby atomowej*. Chemicy często stosują symbolikę przedstawioną na rysunku 4.1 do opisywania tych liczb dla konkretnych pierwiastków.



Rysunek 4.1.  
Opis  
pierwiastka

Na rysunku 4.1 litera  $X$  oznacza symbol chemiczny. Symbole chemiczne poszczególnych pierwiastków znajdziesz w układzie okresowym. (Zajrzyj do tabeli 4.2, aby poznać listę pierwiastków. Nie zawiera ona wszystkich pierwiastków, a jedynie te, które możesz omawiać na chemii). Litera  $Z$  oznacza liczbę atomową, czyli liczbę protonów w jądrze. Natomiast  $A$  oznacza liczbę masową, czyli sumę protonów i neutronów. Liczba masowa jest wyrażona w unitach.

Tabela 4.2. Pierwiastki

| Nazwa    | Symbol | Liczba atomowa | Liczba masowa |
|----------|--------|----------------|---------------|
| Aktyn    | Ac     | 89             | 227,028       |
| Ameryk   | Am     | 95             | 243           |
| Antymon  | Sb     | 51             | 121,76        |
| Argon    | Ar     | 18             | 39,948        |
| Arsen    | As     | 33             | 74,922        |
| Astat    | At     | 85             | 210           |
| Azot     | N      | 7              | 14,007        |
| Bar      | Ba     | 56             | 137,327       |
| Berkel   | Bk     | 97             | 247           |
| Beryl    | Be     | 4              | 9,012         |
| Bizmut   | Bi     | 83             | 208,980       |
| Bohr     | Bh     | 107            | 262           |
| Bor      | B      | 5              | 10,811        |
| Brom     | Br     | 35             | 79,904        |
| Cer      | Ce     | 58             | 140,115       |
| Cez      | Cs     | 55             | 132,905       |
| Chlor    | Cl     | 17             | 35,453        |
| Chrom    | Cr     | 24             | 51,996        |
| Cyna     | Sn     | 50             | 118,71        |
| Cynk     | Zn     | 30             | 65,39         |
| Cyrkon   | Zr     | 40             | 91,224        |
| Dubn     | Db     | 105            | 262           |
| Dysproz  | Dy     | 66             | 162,5         |
| Einstein | Es     | 99             | 252           |
| Erb      | Er     | 68             | 167,26        |
| Europ    | Eu     | 63             | 151,964       |
| Ferm     | Fm     | 100            | 257           |
| Fluor    | F      | 9              | 18,998        |
| Fosfor   | P      | 15             | 30,974        |
| Frans    | Fr     | 87             | 223           |
| Gadolin  | Gd     | 64             | 157,25        |
| Gal      | Ga     | 31             | 69,723        |
| German   | Ge     | 32             | 72,61         |
| Glin     | Al     | 13             | 26,982        |
| Hafn     | Hf     | 72             | 178,49        |



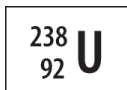
Tabela 4.2. Pierwiastki — ciąg dalszy

| Nazwa     | Symbol | Liczba atomowa | Liczba masowa |
|-----------|--------|----------------|---------------|
| Has       | Hs     | 108            | 265           |
| Hel       | He     | 2              | 4,003         |
| Holm      | Ho     | 67             | 164,93        |
| Ind       | In     | 49             | 114,82        |
| Iryd      | Ir     | 77             | 192,22        |
| Iterb     | Yb     | 70             | 173,04        |
| Itr       | Y      | 39             | 88,906        |
| Jod       | I      | 53             | 126,905       |
| Kadm      | Cd     | 48             | 112,411       |
| Kaliforn  | Cf     | 98             | 251           |
| Kiur      | Cm     | 96             | 247           |
| Kobalt    | Co     | 27             | 58,933        |
| Krypton   | Kr     | 36             | 83,8          |
| Krzem     | Si     | 14             | 28,086        |
| Ksenon    | Xe     | 54             | 131,29        |
| Lantan    | La     | 57             | 138,906       |
| Lit       | Li     | 3              | 6,941         |
| Lorens    | Lr     | 103            | 262           |
| Lutet     | Lu     | 71             | 174,967       |
| Magnez    | Mg     | 12             | 24,305        |
| Mangan    | Mn     | 25             | 54,938        |
| Meitner   | Mt     | 109            | 266           |
| Mendelew  | Md     | 101            | 258           |
| Miedź     | Cu     | 29             | 63,546        |
| Molibden  | Mo     | 42             | 95,94         |
| Neodym    | Nd     | 60             | 144,24        |
| Neon      | Ne     | 10             | 20,180        |
| Neptun    | Np     | 93             | 237,048       |
| Nikiel    | Ni     | 28             | 58,69         |
| Niob      | Nb     | 41             | 92,906        |
| Nobel     | No     | 102            | 259           |
| Ołów      | Pb     | 82             | 207,2         |
| Osm       | Os     | 76             | 190,23        |
| Pallad    | Pd     | 46             | 106,42        |
| Platyna   | Pt     | 78             | 195,08        |
| Pluton    | Pu     | 94             | 244           |
| Polon     | Po     | 84             | 209           |
| Potas     | K      | 19             | 39,098        |
| Prazeodym | Pr     | 59             | 140,908       |
| Promet    | Pm     | 61             | 145           |
| Protaktyn | Pa     | 91             | 231,036       |

Tabela 4.2. Pierwiastki — ciąg dalszy

| Nazwa      | Symbol | Liczba atomowa | Liczba masowa |
|------------|--------|----------------|---------------|
| Rad        | Ra     | 88             | 226,025       |
| Radon      | Rn     | 86             | 222           |
| Ren        | Re     | 75             | 186,207       |
| Rod        | Rh     | 45             | 102,906       |
| Rtęć       | Hg     | 80             | 200,59        |
| Rubid      | Rb     | 37             | 85,468        |
| Ruten      | Ru     | 44             | 101,07        |
| Rutherford | Rf     | 104            | 261           |
| Samar      | Sm     | 62             | 150,36        |
| Seaborg    | Sg     | 106            | 263           |
| Selen      | Se     | 34             | 78,96         |
| Siarka     | S      | 16             | 32,066        |
| Skand      | Sc     | 21             | 44,956        |
| Sód        | Na     | 11             | 22,990        |
| Srebro     | Ag     | 47             | 107,868       |
| Stront     | Sr     | 38             | 87,62         |
| Tal        | Tl     | 81             | 204,383       |
| Tantal     | Ta     | 73             | 180,948       |
| Technet    | Tc     | 43             | 98            |
| Tellur     | Te     | 52             | 127,60        |
| Terb       | Tb     | 65             | 158,925       |
| Tlen       | O      | 8              | 15,999        |
| Tor        | Th     | 90             | 242,038       |
| Tul        | Tm     | 69             | 168,934       |
| Tytan      | Ti     | 22             | 47,88         |
| Uran       | U      | 92             | 238,029       |
| Wanad      | V      | 23             | 50,942        |
| Wapń       | Ca     | 20             | 40,078        |
| Węgiel     | C      | 6              | 12,011        |
| Wodór      | H      | 1              | 1,0079        |
| Wolfram    | W      | 74             | 183,84        |
| Złoto      | Au     | 79             | 196,967       |
| Żelazo     | Fe     | 26             | 55,845        |

Przypuśćmy, że chcesz przedstawić uran. W układzie okresowym nie ma informacji na temat jego liczby masowej. Możesz tylko wyczytać średnią masę atomową albo ciężar atomowy wszystkich postaci danego pierwiastka występujących w naturze. A zatem możesz przedstawić uran tak, jak na rysunku 4.2.

Rysunek 4.2.  
Uran

Wiesz, że uran ma liczbę atomową 92 (liczbę protonów) i liczbę masową 238 (sumę protonów i neutronów). Dlatego jeśli chcesz poznać liczbę neutronów w uranie, wystarczy odjąć liczbę atomową (92 protony) od liczby masowej (238 protonów i neutronów). W rezultacie dowiesz się, że uran ma 146 neutronów.

Ile jednak ma elektronów? Ponieważ atom jest elektrycznie obojętny (nie ma ładunku elektrycznego), musi on zawierać taką samą liczbę ładunków dodatnich i ujemnych (protonów i elektronów). Wynika stąd, że atom uranu ma 92 elektrony.

## Umiejscowienie elektronów w atomie

W pierwszych modelach atomu elektrony kręciły się wokół jądra w dość przypadkowy sposób albo tak, jak planety krążą wokół Słońca. Gdy jednak naukowcy lepiej poznali budowę atomu, odkryli, że te modele nie są zbyt dokładne. Dzisiaj używa się dwóch modeli struktury atomowej: model Bohra i model kwantowo-mechaniczny. Model Bohra jest prosty i dość zrozumiały. Natomiast model kwantowo-mechaniczny jest oparty na matematyce i dużo trudniej jest go zrozumieć. Oba modele pomagają nam w zrozumieniu istoty atomu, więc przedstawię je w następnych punktach (starając się ograniczyć obliczenia matematyczne do minimum).



Model jest przydatny, ponieważ pomaga zrozumieć to, co obserwujemy w naturze. Nie ma nic niezwykłego w objaśnianiu danego tematu za pomocą więcej niż jednego modelu.

### Model Bohra

Widziałeś kiedyś kolorowe kryształy do kominka, które sprawiają, że płomień zmieniają kolor? A może zastanawiałeś się kiedyś, skąd się biorą kolory w sztucznych ogniach?

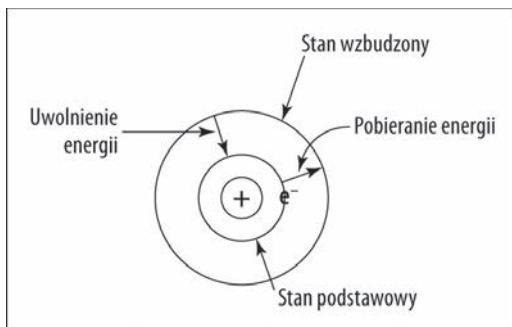
Kolory pochodzą z różnych pierwiastków. Jeżeli wrzucisz szczyptę soli kuchennej do ognia (albo dowolną inną sól zawierającą sód), to otrzymasz żółty kolor płomienia. Z kolei sole zawierające miedź barwią płomień na kolor niebieskozielony. A jeśli przyjrzesz się płomieniom przez *spektroskop* (przyrząd, który wykorzystuje pryzmat to rozszczepiania światła na jego poszczególne części), zobaczysz wiele linii różnych kolorów. Te różnokolorowe linie tworzą razem *widmo liniowe*.

Niels Bohr, duński naukowiec, wyjaśnił to widmo liniowe, gdy pracował nad modelem atomu. W modelu Bohra elektrony atomu znajdują się na orbitach wokół jądra, reprezentujących różne poziomy energii. Bohr użył pojęcia *poziomy energetyczne* (albo *powłoki elektronowe*) do opisanie tych orbit o różnej energii. Stwierdził on, że energia elektronu jest *skwantowana* — to oznacza, że elektrony mogą się znajdować na jednym poziomie energetycznym lub na innym, ale nigdy pomiędzy nimi.

Poziom energetyczny, na jakim normalnie znajduje się elektron, nosi nazwę *stanu podstawowego*. Elektron może się przenieść na wyższy, mniej stabilny poziom (lub powłokę), pobierając energię. Ten mniej stabilny stan o wyższym poziomie energetycznym nazywamy *stanem wzbudzonym*.

Elektron, który znajduje się w stanie wzbudzonym, może powrócić do stanu podstawowego, emitując energię, którą pobrał (zobacz rysunek 4.3). W tym miejscu należy dokładniej wyjaśnić, czym jest widmo liniowe. Czasami energia uwalniana przez elektrony zajmuje część *widma fal elektromagnetycznych* (jest to pewien zakres długości fali energii), które ludzkie oko odbiera jako widoczne światło. Delikatne różnice w ilości energii przekładają się na różne kolory światła.

**Rysunek 4.3.**  
Stan podstawowy i stan wzbudzony w modelu Bohra



Bohr odkrył, że im bliżej jądra znajduje się elektron, tym mniej energii on posiada — i na odwrót: im dalej jest od jądra, tym więcej ma energii. Dlatego Bohr ponumerował poziomy energetyczne elektronu. Im wyższy poziom, tym dalej elektron się znajduje od jądra — i tym większa jest jego energia.

Bohr odkrył również, że na różnych poziomach energetycznych mogą się znajdować różne liczby elektronów. Może na przykład być tak, że poziom 1 mieści dwa elektrony, a poziom 2 mieści ich aż osiem — i tak dalej.

Model Bohra świetnie się sprawdzał przy bardzo prostych atomach, takich jak wodór (który ma jeden elektron). Dużo gorzej było z bardziej złożonymi atomami. Mimo że model ten jest stosowany do dzisiaj i można go znaleźć w większości podręczników chemii, dużo częściej używa się bardziej skomplikowanego (i złożonego) modelu: modelu kwantowo-mechanicznego.

## Model kwantowo-mechaniczny

Prosty model Bohra nie był w stanie wyjaśnić zjawisk obserwowanych w bardziej złożonych atomach, dlatego konieczne było stworzenie innego, bardziej złożonego i ściśle matematycznego modelu struktury atomowej — modelu kwantowo-mechanicznego.

Model ten jest oparty na *teorii kwantowej*, która mówi, że materia ma również właściwości falowe. Zgodnie z teorią kwantową niemożliwe jest poznanie jednocześnie dokładnej pozycji elektronu i jego *pędu* (prędkości i kierunku). Ten fakt jest znany jako *zasada nieoznaczoności*. Dlatego naukowcy musieli zastąpić orbity Bohra *orbitalami* (nazywanymi czasami *chmurami elektronowymi*). Są to określone punkty przestrzeni, w których elektron *prawdopodobnie* się znajduje. Innymi słowy: pewność została zastąpiona przez prawdopodobieństwo.

Model kwantowo-mechaniczny budowy atomu wykorzystuje złożone kształty orbitali, a nie proste okrągłe orbity Bohra. Ograniczając obliczenia matematyczne do minimum (nie ma za co), pokażę Ci niektóre aspekty tego najnowszego modelu atomu.

Do opisanego właściwości elektronów i ich orbitali używa się czterech liczb nazywanych *liczbami kwantowymi*. Trudno oprzeć się wrażeniu, że ich nazwy to dzieło jajogłowych technomaniaków:

- ✓ główna liczba kwantowa  $n$ ,
- ✓ poboczna liczba kwantowa  $l$ ,
- ✓ magnetyczna liczba kwantowa  $m_l$ ,
- ✓ magnetyczna spinowa liczba kwantowa  $m_s$ .

W tabeli 4.3 podsumowuję cztery liczby kwantowe. Zestawienie wszystkich czterech liczb pozwala chemikom teoretykom na stworzenie całkiem niezłego opisu właściwości danego elektronu.

**Tabela 4.3. Podsumowanie liczb kwantowych**

| Nazwa               | Symbol | Opis             | Możliwe wartości                         |
|---------------------|--------|------------------|--|
| główna              | $n$    | energia orbitalu | liczby całkowite dodatnie (1, 2, 3 itd.) |
| poboczna            | $l$    | kształt orbitalu | liczby całkowite od 0 do $n - 1$         |
| magnetyczna         | $m_l$  | ustawienie       | liczby całkowite od $-l$ przez 0 do $+l$ |
| magnetyczna spinowa | $m_s$  | spin elektronu   | $+\frac{1}{2}$ lub $-\frac{1}{2}$        |

### Główna liczba kwantowa $n$

Główna liczba kwantowa  $n$  opisuje średnią odległość orbitalu od jądra — i energię elektronu w atomie. Jest to praktycznie to samo co poziomy energetyczne Bohra. Może ona przyjmować wartości ze zbioru dodatnich liczb całkowitych: 1, 2, 3, 4 itd. Im większa jest wartość  $n$ , tym wyższy jest poziom energii i tym większy jest orbital. Chemicy czasami nazywają orbitale *powłokami elektronowymi*.

### Poboczna liczba kwantowa $l$

Poboczna liczba kwantowa  $l$  opisuje kształt orbitalu, który jest ograniczony przez główną liczbę kwantową  $n$ . Poboczna liczba kwantowa  $l$  może przyjmować wartości całkowite od 0 do  $n - 1$ . Jeśli na przykład wartość  $n$  wynosi 3, to  $l$  może mieć jedną z trzech wartości: 0, 1 lub 2.

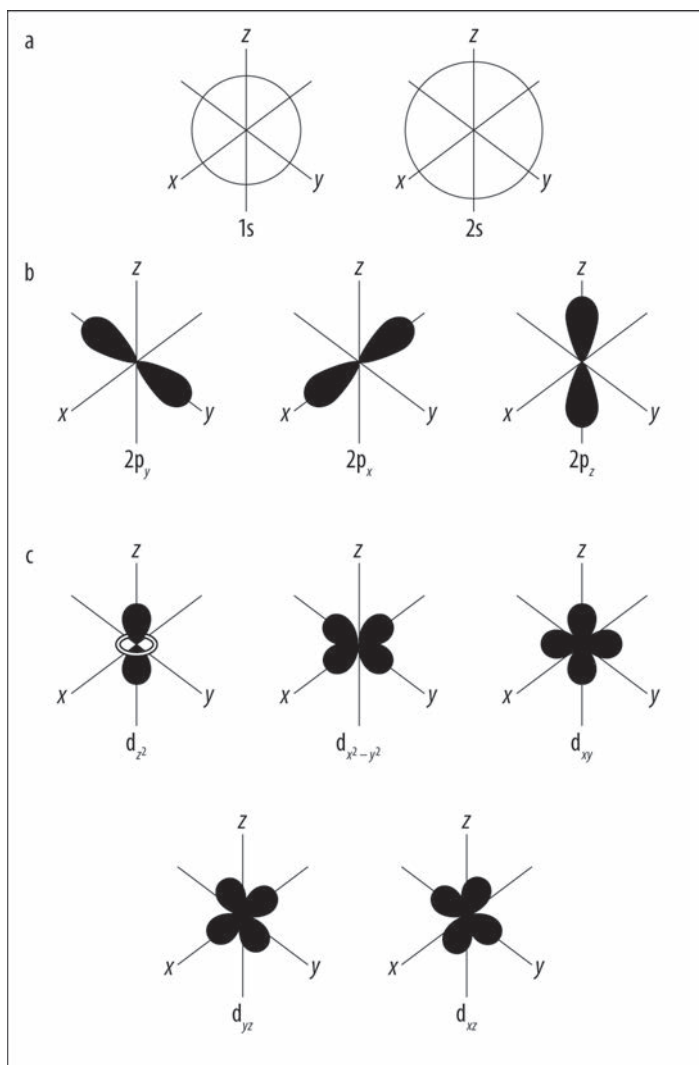
Wartość  $l$  określa kształt orbitalu, a wartość  $n$  określa jego wielkość. Orbitale, które mają tę samą wartość  $n$ , ale różne wartości  $l$ , są nazywane *podpowłokami*. Przypisuje się im różne litery, aby łatwiej było je rozróżnić. Tabela 4.4 przedstawia litery odpowiadające różnym wartościom  $l$ .

Gdy chemicy opisują jedną konkretną podpowłokę w atomie, mogą używać zarówno wartości  $n$ , jak i litery odpowiadającej danej podpowłoce — 2p, 3d itd. Zasadniczo wartość podpowłoki 4 jest największą wartością potrzebną do opisanego określonej podpowłoki. Jeżeli chemik potrzebuje większej wartości, może sam określić liczby podpowłok i przypisać im wybrane litery. Rysunek 4.4 przedstawia kształty orbitali s, p i d.



Tabela 4.4. Litery przypisane poszczególnym podpowłokom

| Wartość l (podpowłoki) | Litera |
|------------------------|--------|
| 0                      | s      |
| 1                      | p      |
| 2                      | d      |
| 3                      | f      |
| 4                      | g      |



**Rysunek 4.4.**  
Kształty orbitali  
s (a), p (b) i d (c)

Na rysunku 4.4a widać dwa orbitale s — jeden dla poziomu energetycznego 1 (1s) i drugi dla poziomu energetycznego 2 (2s). Orbitale s mają kształt kulisty, a w środku znajduje się jądro. Zauważ, że orbital 2s ma większą średnicę niż orbital 1s. W dużych atomach orbital 1s jest zagnieżdżony wewnątrz 2s, podobnie jak 2p jest zagnieżdżony wewnątrz 3p.

Rysunek 4.4b przedstawia kształty orbitali p, a rysunek 4.4c — orbitali d. Zauważ, że kształty te stają się coraz bardziej złożone.

### **Magnetyczna liczba kwantowa $m_l$**

Magnetyczna liczba kwantowa  $m_l$  opisuje orientację przestrzenną różnych orbitali. Wartość  $m_l$  zależy od wartości  $l$ . Wartości, jakie może przyjmować  $m_l$ , to liczby całkowite od  $-l$  przez 0 do  $+l$ . Jeżeli na przykład wartość  $l = 1$  (orbital p — zajrzyj do tabeli 4.4), możesz podać trzy wartości dla  $m_l$ :  $-1$ ,  $0$  i  $+1$ . To oznacza, że dla danego orbitalu istnieją trzy różne podpowłoki p. Podpowłoki mają taką samą energię, ale różni je orientacja przestrzenna.

Rysunek 4.4b przedstawia orientację przestrzenną orbitali p. Zwróć uwagę, że trzy orbitale p, które odpowiadają wartościom  $m_l -1$ ,  $0$  i  $+1$ , są ułożone wzdłuż osi  $x$ ,  $y$  i  $z$ .

### **Magnetyczna spinowa liczba kwantowa $m_s$**

Zwarta i ostatnia (wiem, że Cię to cieszy — to trochę ciężki temat, nie?) liczba kwantowa to magnetyczna spinowa liczba kwantowa  $m_s$ . Opisuje ona kierunek, w którym elektron obraca się w polu magnetycznym — albo zgodny, albo niezgodny z ruchem wskazówek zegara. Liczba  $m_s$  może przyjmować tylko dwie wartości:  $+1/2$  albo  $-1/2$ . Każda podpowłoka może mieć tylko dwa elektrony, jeden o spinie  $+1/2$ , a drugi o spinie  $-1/2$ .

### **Co otrzymasz, jak zbierzesz te wszystkie informacje razem? (Piękną tabelkę)**

Wiem, wiem. Zagadnienia związane z liczbami kwantowymi wywołują ślinotok u naukowców pasjonatów, a u normalnych ludzi — odruch ziewania. Jeśli jednak kiedyś zepsuje Ci się telewizor i nagle będziesz mieć trochę wolnego czasu, zajrzyj do tabeli 4.5. Znajdziesz w niej liczby kwantowe każdego elektronu na dwóch pierwszych poziomach energetycznych (ojej, ojej, ojej).

**Tabela 4.5. Liczby kwantowe dla dwóch pierwszych poziomów energetycznych**

| n | l | oznaczenie podpowłoki | $m_l$ | $m_s$        |
|---|---|-----------------------|-------|--------------|
| 1 | 0 | 1s                    | 0     | $+1/2, -1/2$ |
| 2 | 0 | 2s                    | 0     | $+1/2, -1/2$ |
|   | 1 | 2p                    | -1    | $+1/2, -1/2$ |
|   |   |                       | 0     | $+1/2, -1/2$ |
|   |   |                       | +1    | $+1/2, -1/2$ |

Tabela 4.5 pokazuje, że poziom energetyczny 1 ( $n = 1$ ) ma tylko jeden orbital s. Nie ma on orbitalu p, ponieważ wartość  $l$  dla 1 (orbitalu p) nie jest dozwolona. Zwróć uwagę, że orbital 1s może mieć tylko dwa elektrony (o wartości  $m_s = +\frac{1}{2}$  i  $-\frac{1}{2}$ ). To samo dotyczy wszystkich innych orbitali s, zarówno 1s, jak i 5s — każdy z nich może pomieścić maksymalnie dwa elektrony.

Gdy przejdziesz z poziomu energetycznego 1 do poziomu energetycznego 2 ( $n = 2$ ), obecne mogą być oba orbitale: s i p. Jeśli wypiszesz liczby kwantowe dla poziomu energetycznego 3, zobaczysz orbitale s, p i d. Za każdym razem, gdy będziesz przechodzić na wyższy główny poziom energetyczny, będziesz dodawać jeden typ orbitalu.

Zauważ również, że orbital 2p ma trzy podpowłoki ( $m_l$  — zobacz rysunek 4.4b) i że każda z nich mieści maksymalnie dwa elektrony. Trzy podpowłoki 2p mogą pomieścić maksymalnie sześć elektronów.

Główne poziomy energetyczne różnią się energią (poziom energetyczny 2 ma większą energię niż poziom 1). Podobnie w ramach jednego poziomu energetycznego różne orbitale mają różną energię. Na poziomie energetycznym 2 obecny jest zarówno orbital s, jak i p. Jednak 2s ma nieco mniejszą energię niż 2p. Trzy podpowłoki orbitalu 2p mają tę samą energię. I podobnie pięć podpowłok orbitali d (wróć do rysunku 4.4c) ma taką samą energię.

## Konfiguracja elektronowa

Dla chemików liczby kwantowe są przydatne podczas obserwacji reakcji chemicznych i wiązań (a są to rzeczy, które wielu chemików lubi badać). Istnieją jednak dwa inne sposoby przedstawiania elektronów, które są *łatwiejsze i przydatniejsze*.

- ✓ diagramy poziomów energetycznych,
- ✓ konfiguracje elektronowe.

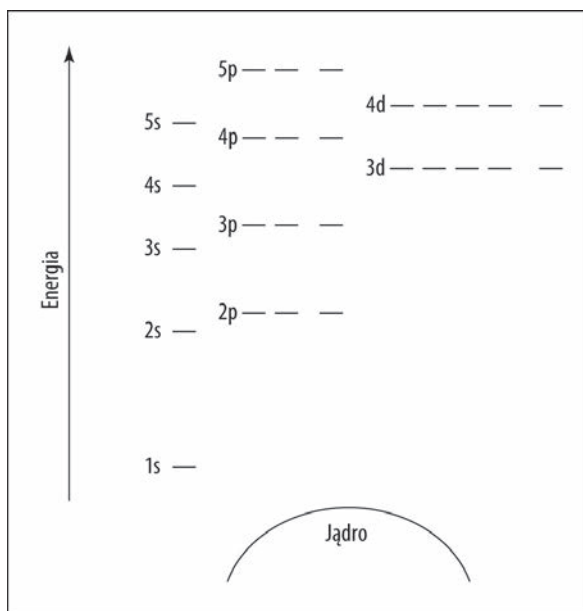
Chemicy (i studenci chemii) używają obu tych metod, aby pokazać, który poziom energetyczny, podpowłoka i orbital są zajmowane przez elektrony w danym atomie. Chemicy (i osoby uczące się chemii) odwołują się do tych informacji, gdy chcą przewidzieć, jaki rodzaj wiązania wytworzy się w danym pierwiastku i które dokładnie elektrony zostaną w nim wykorzystane. Te sposoby przedstawienia pomagają również stwierdzić, dlaczego określone pierwiastki zachowują się w podobny sposób.

W tym podrozdziale pokażę, jak używać diagramu poziomów energetycznych i jak pisać konfiguracje elektronowe.

## Badanie diagramu poziomów energetycznych

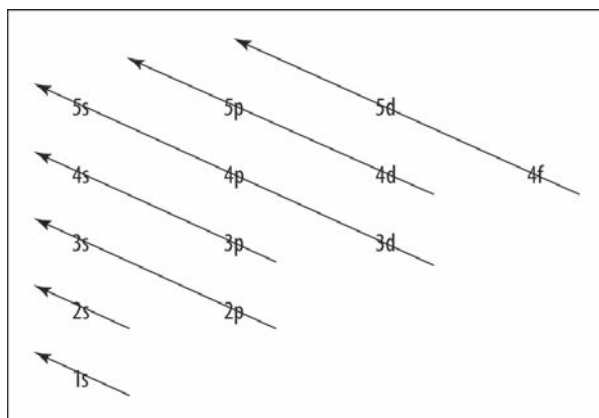
Rysunek 4.5 to pusty diagram poziomów energetycznych, którego możesz użyć do przedstawienia elektronów w dowolnym atomie. Nie widać na nim wszystkich znanych orbitali i podpowłok. Ale na tym diagramie powinieneś być w stanie zrobić wszystko, czego potrzebujesz. (Jeśli nie masz pojęcia, czym są orbitale i podpowłoki, a także co oznaczają te wszystkie liczby i litery, zajrzyj do podrozdziału „Model kwantowo-mechaniczny”. Przyjemna lektura, żaręczam).





**Rysunek 4.5.**  
Diagram  
poziomów  
energetycznych

Przedstawiłem orbitale w postaci kreski — na każdej z nich możesz umieścić maksymalnie dwa elektrony. Orbital 1s znajduje się najbliżej jądra i ma najniższy poziom energii. Jest to również jedyny orbital o poziomie energetycznym 1 (zajrzyj do tabeli 4.5). Na poziomie energetycznym 2 znajdują się orbitale s i p, przy czym 2s ma mniejszą energię niż 2p. Trzy podpowłoki 2p są przedstawione w postaci trzech kreski. Mają taki sam poziom energii. Na rysunku widać także poziomy energetyczne 3, 4 i 5. Zwróć uwagę, że 4s ma mniejszą energię niż 3d. Może to nie być zgodne z tym, co podpowiada Ci intuicja, ale to właśnie zaobserwowano w naturze. Zastanów się, dlaczego. A skoro już o tym mowa, rysunek 4.6 przedstawia *kolejność zapełniania orbitali*. Ułatwi Ci on zapamiętanie kolejności, w której orbitale wypełniają puste poziomy energetyczne.



**Rysunek 4.6.**  
Wykres  
przedstawiający  
kolejność  
zapełniania  
orbitali

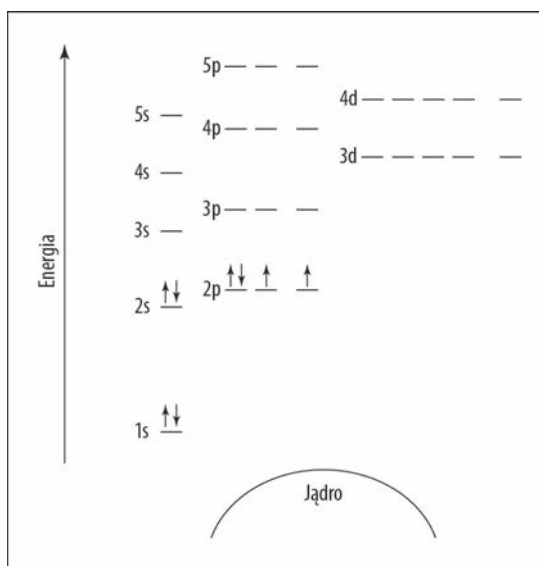


Gdy korzystasz z diagramu poziomów energetycznych (rysunek 4.5), musisz pamiętać o dwóch rzeczach:

- ✓ Elektrony najpierw wypełniają najniższe puste poziomy energetyczne.
- ✓ Gdy na danym poziomie energetycznym znajduje się więcej niż jedna podpowłoka, tak jak na poziomie 3p albo 4d (zobacz rysunek 4.5), to podpowłoki są zapełniane po jednym elektronie, aż wszystkie będą miały po jednym elektronie. Następne elektrony dołączają do tych, które już się znajdują na podpowłokach, tworząc z nimi pary. Ta reguła nosi nazwę *reguły Hunda*.

Przypuśćmy, że chcesz narysować diagram poziomów energetycznych dla tlenu. Zglądasz do układu okresowego albo do listy pierwiastków i sprawdzasz liczbę atomową tlenu: 8. Ta liczba oznacza, że tlen ma 8 protonów w jądrze i 8 elektronów, dlatego na diagramie umieszczasz 8 elektronów. Możesz je przedstawić za pomocą strzałek (zobacz rysunek 4.7). Zauważ, że gdy na jednym orbitalu znajdują się dwa elektrony, jedna strzałka jest skierowana w górę, a druga w dół. (To ustawienie nazywa się *parowaniem elektronów*. Odwołuje się do wartości  $m_s$ :  $+\frac{1}{2}$  i  $-\frac{1}{2}$  — zobacz punkt „Magnetyczna spinowa liczba kwantowa  $m_s$ ” wcześniej w tym rozdziale).

Pierwszy elektron zajmuje orbital 1s, wypełniając najniższy poziom energetyczny. Drugi paruje się z pierwszym. Elektrony 3 i 4 parują się na następnym najniższym wolnym orbitalu, 2s. Elektron 5 zajmuje jedną z podpowłok 2p (nie, nie ma znaczenia którą — wszystkie mają taką samą energię), a elektrony 6 i 7 zajmują kolejne puste orbitale 2p (zgodnie z regułą Hunda). Ostatni elektron łączy się w parę z jednym z elektronów zajmujących podpowłoki 2p (i znów bez znaczenia jest to, z którym z nich się połączy). Rysunek 4.7 pokazuje gotowy diagram poziomów energetycznych dla tlenu.



**Rysunek 4.7.**  
Diagram  
poziomów  
energetycznych  
dla tlenu

## Rzut oka na konfiguracje elektronowe

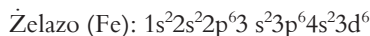
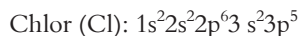
Diagramy poziomów energetycznych są przydatne, gdy chcemy lepiej zrozumieć reakcje chemiczne i wiązania, ale niewygodnie się na nich pracuje. Czy nie byłoby miło, gdyby istniał jakiś inny sposób przedstawienia, który zawierałoby dokładnie te same informacje, lecz w dużo prostszej i ściślej formie? Otóż istnieje. Nosi on nazwę *konfiguracji elektronowej*.

Konfiguracja elektronowa tlenu to  $1s^2 2s^2 2p^4$ . Porównaj ten zapis z diagramem poziomów energetycznych dla tlenu z rysunku 4.7. Czy taki opis elektronu nie zajmuje dużo mniej miejsca? Możesz opisać konfigurację elektronu, korzystając z diagramu poziomów energetycznych. Pierwsze dwa elektrony w atomie tlenu wypełniają orbital  $1s$ , co w konfiguracji elektronowej przedstawiamy jako  $1s^2$ . Liczba 1 oznacza poziom energetyczny, s reprezentuje typ orbitalu, a indeks górny 2 oznacza liczbę elektronów na tym orbitalu. Następne dwa elektrony wypełniają orbital  $2s$ , dlatego piszemy  $2s^2$ . I wreszcie cztery ostatnie elektrony na orbitalu  $2p$  zapisujemy pod postacią  $2p^4$ . Jeżeli połączymy to wszystko razem, otrzymamy  $1s^2 2s^2 2p^4$ .

Niektórzy używają rozszerzonej formy, która umożliwi pokazanie, w jaki sposób poszczególne orbitale  $p_x$ ,  $p_y$  i  $p_z$  są ułożone wzdłuż osi  $x$ ,  $y$  i  $z$ , a także podanie liczby elektronów na każdym orbitalu. (W podpunkcie „Magnetyczna liczba kwantowa  $m_l$ ” wyjaśniłem orientację orbitali w przestrzeni). Rozszerzona postać sprawdza się wtedy, gdy chcemy mieć wgląd we wszystkie szczegóły, ale w większości przypadków nie potrzebujemy ich do tego, aby przedstawić określone wiązanie, dlatego nie będę jej tutaj przedstawiał.

Suma liczb w indeksach górnych to liczba atomowa albo liczba elektronów w atomie.

Oto dwie konfiguracje elektronowe, które możesz spróbować przekształcić na diagramy poziomów energetycznych:



Wiesz już, jak używać diagramu poziomów energetycznych do przedstawiania konfiguracji elektronowych. Jeżeli trochę poćwiczysz pisanie takich konfiguracji, będziesz mógł ominąć etap rysowania diagramu poziomów energetycznych i od razu pisać konfigurację elektronową, pamiętając o liczbie elektronów i kolejności wypełniania orbitali. Zawsze warto szukać rozwiązań, które pomogą nam oszczędzić trochę czasu, prawda?

## Życie na krawędzi, czyli elektrony walencyjne

Gdy chemicy badają reakcje chemiczne, analizują przechodzenie lub uwspólnianie elektronów. Elektrony, które są słabiej przyciągane przez jądro — te na najwyższym poziomie energetycznym — są pozyskiwane, tracone lub współdzielone.

Elektrony są naładowane ujemnie, a jądro ma ładunek dodatni ze względu na obecność protonów. Protony przyciągają elektrony i utrzymują je na miejscu, ale im dalej znajdują się te elektrony, tym mniejsza jest siła przyciągania.



Elektrony znajdujące się na najwyższym poziomie energetycznym są zwykle nazywane *elektronami walencyjnymi*. Chemicy analizują zachowanie tylko tych elektronów, które znajdują się na orbitalach s i p poziomu energetycznego zapełnionego elektrami walencyjnymi. W konfiguracji elektronowej tlenu  $1s^2 2s^2 2p^4$  pierwszy poziom energetyczny jest zapełniony, na poziomie drugim zaś dwa elektrony znajdują się na orbitalu 2s, a cztery pozostałe na orbitalu 2p — i te sześć elektronów to właśnie elektrony walencyjne. To one są oddawane, przyjmowane albo współlniane.

Znajomość liczby elektronów walencyjnych w danym atomie pomaga przewidzieć, jak będzie on reagował. W rozdziale 5., który zawiera omówienie układu okresowego, pokażę Ci szybki sposób na obliczenie liczby elektronów walencyjnych bez konieczności rozpisywania konfiguracji elektronowej atomu.

## Izotopy i jony

Atomy danego pierwiastka mają identyczną liczbę protonów i elektronów, ale mogą różnić się liczbą neutronów. Jeżeli mają różną liczbę neutronów, to nazywamy je *izotopami*. Gdy elektrycznie obojętny atom przyjmuje lub oddaje elektrony, to powstały w rezultacie naładowany atom jest nazywany *jonem*. W następnych punktach omówię szerzej zagadnienia izotopów i jonów.

### Izotopy

Wodór jest pierwiastkiem powszechnie występującym na Ziemi. Jego liczba atomowa to 1, gdyż jego jądro zawiera jeden proton. Atom wodoru ma również jeden elektron. Ponieważ ma taką samą liczbę protonów i elektronów — podobnie jak wszystkie inne atomy — jest on elektrycznie obojętny (ładunek dodatni i ujemny wzajemnie się znoszą).

Większość atomów wodoru występujących na Ziemi nie zawiera żadnych neutronów. Możesz użyć symboliki z rysunku 4.2 do opisanego atomów wodoru, które nie zawierają neutronów, tak jak pokazują na rysunku 4.8a.

**Rysunek 4.8.**  
Izotopy wodoru:  
niezawierający  
neutronów (a),  
zawierający jeden  
neutron  
(b) i zawierający  
dwa neutrony (c)



Jednak średnio jeden na 6 tysięcy atomów wodoru zawiera w swoim jądrze neutron. Takie atomy nadal są atomami wodoru, mają bowiem jeden proton i jeden elektron; po prostu mają jeszcze neutron, którego większość atomów wodoru nie posiada. Te atomy są nazywane izotopami. Rysunek 4.8b przedstawia izotop wodoru, powszechnie nazywany *deuterem*, który zawiera jeden neutron. Ponieważ zawiera on jeden proton i jeden neutron, jego liczba masowa wynosi 2.

Istnieje nawet taki izotop wodoru, który zawiera dwa neutrony. Nosi on nazwę *trytu* i został przedstawiony na rysunku 4.8c. Na Ziemi występuje tylko w niewielkich ilościach, ale można go z łatwością stworzyć.

A teraz spójrz jeszcze raz na rysunek 4.8. Pod nazwą każdego symbolu znajduje się inna, alternatywna reprezentacja danego izotopu: symbol pierwiastka, łącznik, a potem liczba masowa.

Być może zastanawiasz się teraz: „Jeśli przeprowadzam obliczenia uwzględniające masę atomową wodoru, którego izotopu mam użyć?”. W takich sytuacjach bierzemy pod uwagę średnią masę wszystkich naturalnie występujących izotopów wodoru. Nie jest to jednak zwykła średnia. (Musisz uwzględnić to, że istnieje *dużo* więcej H-1 niż H-2, natomiast H-3 w ogóle nie należy brać pod uwagę, ponieważ występuje w naturze zbyt rzadko). Używamy *średniej masy atomowej (średniej ważonej)*, która uwzględnia liczebność naturalnie występujących izotopów. To dlatego masa atomowa wodoru w tabeli 4.2 nie jest liczbą całkowitą i wynosi 1,0079 u. Ta liczba pokazuje, że na świecie istnieje dużo więcej H-1 niż H-2.



Srebro istnieje w postaci dwóch izotopów. 51,830 procent całego srebra na świecie to Ag-107 o masie 106,905 u. Pozostałe 48,170 procent to Ag-109 o masie 108,905 u. Jaka będzie średnia masa atomowa?

Aby obliczyć średnią ważoną, należy pomnożyć udział procentowy (wyrażony w liczbie dziesiętnej) każdego izotopu przez jego masę, a następnie dodać do siebie oba wyniki. Oto równanie dla naszego przykładu ze srebrem:

$$(0,51830 \cdot 106,905 \text{ u}) + (0,48170 \cdot 108,905 \text{ u}) = 107,87 \text{ u}$$

Wiele pierwiastków ma kilka izotopów. Więcej na ten temat przeczytasz w rozdziale 20.

## Jony

Wielokrotnie powtarzam w tej książce, że ponieważ atom sam w sobie jest elektrycznie obojętny, liczba jego protonów i elektronów jest równa. W niektórych jednak przypadkach atom może uzyskać ładunek elektryczny. Na przykład w związku chlorku sodu (soli kuchennej) atom sodu ma ładunek dodatni, a atom chloru — ujemny. Atomy (albo ich grupy), które nie mają równej liczby protonów i elektronów, to *jony*.

Elektrycznie obojętny atom sodu ma 11 protonów i 11 elektronów, co oznacza, że ma 11 ładunków dodatnich i 11 ujemnych. Ogólnie rzecz biorąc, atom sodu jest elektrycznie obojętny, a jego symbol to Na. Ale *jon* sodu zawiera jeden ładunek dodatni więcej, niż ma ładunków ujemnych, dlatego zapisujemy go jako  $\text{Na}^+$  (znak  $^+$  oznacza jego dodatni ładunek elektryczny).

Ta nierówna liczba ładunków dodatnich i ujemnych może mieć dwie przyczyny: atom może pozyskać proton (ładunek dodatni) albo stracić elektron (ładunek ujemny). Który z tych procesów jest bardziej prawdopodobny? Cóż, najprostsza wskazówka jest taka, że zyskanie lub utracenie elektronu jest łatwe, natomiast zyskanie lub utracenie protonu jest bardzo trudne. Dlatego większość atomów staje się jonami na skutek przyjęcia lub utracenia elektronu.

Jeżeli jon powstaje na skutek utraty elektronu, to ma więcej protonów niż elektronów — czyli ma większy ładunek  *dodatni*. Jony dodatnie nazywamy *kationami*. Ich dodatni ładunek oznaczamy za pomocą małego znaku plusa w indeksie górnym za symbolem atomu (na przykład  $\text{Na}^+$ ). Jeśli atom utraci dwa elektrony zamiast jednego, to w rezultacie powstaje również kation, ale o większym ładunku dodatnim (a dokładniej — o dwukrotnie większym, niż gdyby atom utracił tylko jeden elektron). W tym przypadku *przed* znakiem plusa podajemy liczbę utraconych elektronów (na przykład  $\text{Mg}^{2+}$  dla kationu, który utracił dwa elektrony, albo  $\text{Al}^{3+}$  dla glinu, który utracił trzy elektrony).

Jeśli jon powstaje na skutek przyjęcia elektronu, liczba jego elektronów jest większa niż liczba protonów, dlatego jon ma ładunek ujemny. Jony naładowane ujemnie nazywamy *anionami* i oznaczamy je małym znakiem minusa w indeksie górnym ( $-$ ). Jeżeli atom chloru przyjmie jeden elektron, staje się on jonem chloru, ponieważ ma nierówną liczbę protonów i elektronów. A dokładnie mówiąc: staje się anionem, czyli jonem naładowanym ujemnie. Zapisujemy go jako  $\text{Cl}^-$ . (Jeśli interesuje Cię tematyka jonów, kationów i anionów, zajrzyj do rozdziału 13., w którym znajdziesz szersze omówienie tych zagadnień. To, co napisałem tutaj, to tylko zwiastun tego, co Cię czeka później).

Żeby nieco bardziej rozbudzić Twoją ciekawość, chciałbym przedstawić Ci kilka ciekawostek na temat jonów:

- ✓ Można pisać konfiguracje elektronowe i rysować diagramy poziomów energetycznych dla jonów. Elektrycznie obojętny atom sodu (11 protonów) ma następującą konfigurację elektronową:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Kation sodu jest pozbawiony jednego elektronu — elektronu walencyjnego, który znajduje się *najdalej* od jądra (w tym przypadku jest to elektron z orbitalu 3s). Konfiguracja elektronowa  $\text{Na}^+$  to  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
- ✓ Jeśli dwie cząstki chemiczne mają taką samą konfigurację elektronową, to mówimy, że są *izoelektronowe*. Na przykład konfiguracja elektronowa jonu chloru ( $\text{Cl}^-$ ),  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ , jest taka sama jak konfiguracja elektrycznie obojętnego atomu argonu. A zatem anion chloru i argon są izoelektronowe. Zrozumienie chemii przypomina czasami naukę nowego języka, prawda?
- ✓ W tym podrozdziale mówimy o jonach *jednoatomowych*. Istnieją jednak również jony *wieloatomowe*. Jon amonowy  $\text{NH}_4^+$  to jon wieloatomowy, a dokładnie mówiąc: kation wieloatomowy. Jon azotanowy,  $\text{NO}_3^-$ , także jest jonem wieloatomowym, a konkretnie anionem wieloatomowym.
- ✓ Jony występują powszechnie w klasie związków nazywanych *solami* albo *kryształami jonowymi*. Gdy sole zostaną stopione albo rozpuszczone w wodzie, powstają roztwory, które przewodzą prąd elektryczny. Substancja przewodząca prąd elektryczny po stopieniu albo rozpuszczeniu w wodzie nosi nazwę *elektrolitu*. Sole są elektrolitami, ale jak się przekonasz, czytając rozdział 11., nie wszystkie elektrolity są solami. Sól stołowa — chlorek sodu — to dobry przykład elektrolitu. Natomiast gdy cukier stołowy (sacharoza) zostanie rozpuszczony w wodzie, powstanie roztwór, który nie przewodzi prądu elektrycznego. Dlatego sacharoza jest *nielektrolitem*. To, czy dana substancja jest elektrolitem czy nieelektrolitem, pomaga w poznaniu rodzaju wiązań występujących w danym związku chemicznym. Jeśli substancja jest elektrolitem, to prawdopodobnie występują w niej *wiązania jonowe* (zobacz rozdział 13.). Jeżeli zaś jest nieelektrolitem, to prawdopodobnie występują w niej *wiązania kowalencyjne* (zobacz rozdział 14.).

# Skorowidz

---

1,2-dwuchloroetylen, 322

## A

aktywność metali, 121  
amfoteryczna woda, 177  
amoniak, 124, 133, 323  
amplituda, 188  
analiza, 120  
analiza substancji, 35  
aniony, 82, 199  
aniony jednoatomowe, 200  
aspartam, 308  
atmosfera, 259  
atom, 65, 187, 286  
Avogadro Amedeo, 309  
azot, 320

## B

badanie nasycenia, 140  
barometr, 98  
bilansowanie  
  produkcji amoniaku, 124  
  reakcji chemicznych, 124  
  reakcji jądrowej, 287  
biochemia, 33  
biochemiczne zapotrzebowanie tlenu, 281  
biotechnologia, 33  
błona półprzepuszczalna, 151  
Bohr Niels, 309  
bomba kalorymetryczna, 160  
bomby atomowe, 296  
brom, 203  
budowa pierścieniowa, 307  
bufory, 183  
BZT, 280, 281

## C

chemia, 27  
  analityczna, 33  
  czysta, 34  
  fizyczna, 33  
  jądrowa, 285  
  nieorganiczna, 33  
  organiczna, 33  
  stosowana, 34  
  środowiskowa, 257  
chlor, 196, 198, 322  
chmura, 249  
chmura elektronowa, 194  
chrom, 276  
ciała stałe, 52  
  amorficzne, 252  
  krystaliczne, 252  
ciecze, 52  
ciepło, 156  
  parowania, 275  
  reakcji, 162, 164  
  sublimacji, 167  
  tworzenia, 164  
ciśnienie, 148  
  atmosferyczne, 98  
  gazu, 99  
  osmotyczne, 151  
cyfry znaczące, 47, 48  
cykl obiegu wody, 272  
czas połowicznego rozpadu, 291, 293  
cząsteczka, 210, 213, 227  
  polarna, 229  
  wody, 216  
cząsteczki  
  leworęczne, 306  
  praworęczne, 306

cząstka  
 alfa, 288  
 beta, 290  
 cząstki  
 elementarne, 65  
 gazu, 96, 97  
 częstotliwość, 188

**D**

Dalton John, 310  
 datowanie izotopowe, 294  
 diagram  
 energetyczny, 118  
 orbitali molekularnych, 236  
 poziomów energetycznych, 76  
 dipol, 229  
 długość fali, 188  
 dodawanie, 41, 48  
 dokładność, 43  
 drobnoustroje chorobotwórcze, 277  
 drugi stopień oczyszczania, 281  
 dwupierwiastkowe związki kowalencyjne, 213  
 dwutlenek węgla, 213  
 dyfuzja, 112  
 dysocjacja, 171, 173  
 działanie metody naukowej, 29  
 dzielenie, 42, 48  
 dżul, 63, 156

**E**

ebulioskopia, 148  
 efekt  
 cieplarniany, 262  
 Tyndalla, 153  
 efektywny ładunek jądra, 240  
 elektrofiltry, 268  
 elektrolity, 206  
 elektron, 71  
 elektron walencyjny, 79, 90, 210  
 elektronujemność, 220, 221  
 elektrownie jądrowe, 297  
 elektryczność, 297  
 emisja  
 gamma, 290  
 pozytonu, 290

energia, 51, 60  
 jonizacji, 242, 244  
 jonizacji pierwiastka, 242  
 kinetyczna, 60  
 kinetyczna cząstek, 62  
 potencjalna, 61  
 promieniowania, 189  
 entalpia, 161, 166  
 molowa krzepnięcia, 166  
 molowa parowania, 166  
 etylen, 320

**F**

fale promieniowania elektromagnetycznego, 188  
 Faraday Michael, 310  
 fenoloftaleina, 179  
 freony, 262, 263  
 funkcja falowa, 193

**G**

gaz, 53, 95  
 doskonały, 97, 107  
 elektronowy, 212  
 szlachetny, 90, 197  
 gazy  
 ciśnienie a objętość, 101  
 ciśnienie a temperatura, 104  
 temperatura a objętość, 102  
 geometria  
 cząsteczek, 227, 230  
 par elektronowych, 230, 231  
 gęstość, 58, 59, 305  
 grupy, 86, 89  
 guma, 306

**H**

hemoliza, 152  
 hermetyzacja reakcji, 301  
 hipoteza de Broglie'a, 192  
 hybrydyzacja, 227, 233, 234

**I**

identyfikacja substancji, 58  
 izotopy, 80, 286



**J**

jądro, 67, 187  
jednostka  
  BTU, 157  
  ciśnienia, 40  
  długości, 38  
  energii, 40, 156  
  masy, 39  
  objętości, 39  
  stężenia, 144  
  temperatury, 39  
  zanieczyszczenia, 147  
jon hydroniowy, 173  
jonizacja, 174  
jony, 81, 195, 197, 241  
  wieloatomowe, 202  
  złożone, 202, 203

**K**

kalkulator, 42  
kaloria, 63, 156  
kalorymetr cieczowy, 159  
kalorymetria, 158  
karteczki samoprzylepne, 308  
kationy, 199  
kationy jednoatomowe, 200  
klasyfikacja materii, 56  
klasyfikowanie pierwiastków, 239  
koloidy, 153  
komórka  
  elementarna prosta, 252  
  powierzchniowo centrowana, 252  
  przestrzennie centrowana, 252  
konfiguracje elektronowe pierwiastków, 76,  
  90–92, 244  
kontrolowanie pH, 183  
konwersja jednostek, 44  
krioskopia, 149  
kryształy  
  jonowe, 253  
  kowalencyjne, 253  
  metaliczne, 253  
  molekularne, 253  
krzepnięcie, 166  
kształt, 74  
kształty cząsteczek, 228, 230, 232

kwas, 169, 170  
  fosforowy, 322  
  siarkowy, 319  
  żołądkowy, 183  
kwasowość roztworu, 180  
kwaśne deszcze, 184, 266, 277

**L**

lakmus, 178  
lepkość, 250  
liczba  
  atomowa, 79, 83, 86  
  Avogadra, 130  
  kwantowa, 73  
  główna, 73, 193  
  magnetyczna, 75, 193  
  magnetyczna spinowa, 75, 193  
  poboczna, 73, 193  
liczby  
  liczone, 47  
  pomiarowe, 47  
lotne związki organiczne, 278  
lód, 274

**M**

magnez, 203  
manometr, 99  
masa  
  atomowa, 86  
  krytyczna, 295  
materia, 51  
materia skondensowana, 247  
materiały promieniotwórcze, 294  
mechanika  
  falowa, 192  
  kwantowa, 192  
membrana, 151  
Mendelejew Dmitrij, 311  
metale, 86, 87  
metale alkaliczne, 90  
metaloidy, 88  
metoda  
  Habera i Boscha, 124  
  naukowa, 29  
  otrzymywania amoniaku, 133  
  VSEPR, 227, 230  
  wiązań walencyjnych, 227  
  zamiany jednostek, 44

miejsce aktywne, 117  
mierzenie  
  ciśnienia atmosferycznego, 98  
  ciśnienia gazu, 99  
  gęstości, 58  
mieszanki, 55  
  jednorodne, 57  
  niejednorodne, 57  
  słabych kwasów i zasad, 183  
mnożenie, 42, 48  
mocne  
  kwasy, 173, 174  
  zasady, 174  
model  
  atomu Bohra, 71, 191  
  kwantowo-mechaniczny, 72, 192  
mol, 129, 130  
mole w reakcjach chemicznych, 133  
molowa pojemność cieplna, 158  
moment dipolowy, 229

## N

napięcie powierzchniowe, 250  
nasylenie, 140  
naturalny rozpad promieniotwórczy, 288  
nauka, 28  
nazewnictwo  
  dwupierwiastkowych związków  
    kowalencyjnych, 213  
    związków jonowych, 205  
nieelektrolity, 206  
niemetale, 86, 88  
nieoznaczoność Heisenberga, 192  
normalna temperatura, 106  
normalne ciśnienie, 106  
notacja naukowa, 41

## O

objętość ciał stałych, 305  
obkurczanie krwinek, 152  
obliczanie  
  czasu połowicznego rozpadu, 292  
  reakcji łańcuchowych, 295  
  wzorów empirycznych, 132  
obliczenia chemiczne, 37  
obserwowanie reakcji, 155  
oczyszczanie, 280, 282

oczyszczanie wody pitnej, 282  
oddziaływanie  
  dipol – dipol, 224  
  międzycząsteczkowe, 223, 247, 250  
odejmowanie, 41, 48  
odkrycia chemiczne, 305  
odkrycie promieniotwórczości, 307  
odrastanie włosów, 308  
okres, 86, 89  
okresowość, 83  
określanie  
  wzoru, 203, 204  
  ciepła reakcji, 162  
ołów, 276  
opaniecie energii, 300  
orbital, 77  
  atomowy, 236  
  molekularny  
    antywiązący, 235  
    wiązący, 235

## P

papierek lakmusowy, 178  
parowanie, 272  
Pauling Linus, 311  
pH popularnych substancji, 182  
pierwiastek, 56, 67–70  
pierwszy stopień oczyszczania, 280  
pluton, 299  
płuczki, 268  
podejście  
  makroskopowe, 34  
  mikroskopowe, 34  
podnoszenie do potęgi, 42  
podpowłoki, 74, 76  
pojemność cieplna, 157, 251, 274  
  molowa, 158  
  właściwa, 158  
polarność, 228  
połączenie jonów z dipolami, 248  
połączone prawa gazowe, 105  
pomiar energii, 61  
porady, 313–317  
porównanie  
  wiązań kowalencyjnych, 211  
  liczb, 47  
postać wykładnicza liczby, 41  
powietrze, 259

powinowactwo elektronowe, 244  
 poziom pH, 178  
 poziomy energetyczne, 76  
 półmetale, 86–89  
 prawa  
   gazowe, 100  
   gazowe połączone, 105  
 prawdopodobieństwo, 193  
 prawo  
   Archimedes, 59  
   Avogadra, 106  
   Boyle'a-Mariotte'a, 100  
   Charles'a, 102  
   Daltona, 110  
   Gay-Lussaca, 103  
   Grahama, 111  
   Hessa, 163  
 precyzja, 43  
 prężność pary, 148  
 produkty, 115  
 produkty przejściowe, 118  
 promienie  
   atomowe, 240  
   jonowe, 241  
 promieniotwórczość, 67, 286, 307  
 promieniowanie, 302  
 promieniowanie elektromagnetyczne, 187  
 propylen, 321  
 próbka, 291  
 przedrostki układu SI, 38  
 przemiany fazowe, 166  
 przewidywanie  
   kształtu cząsteczki, 231  
   polarności, 229  
 przyciąganie typu dipol – dipol, 248

## R

radon, 302  
 reakcje  
   analizy, 120  
   chemiczne, 115  
   egzotermiczne, 118, 155  
   endotermiczne, 119, 155  
   Habera i Boscha, 133  
   jądrowe, 287  
   kontrolowane, 297  
   łańcuchowe, 295

  między kwasami a zasadami, 176  
   spalania, 123  
   syntezy, 120  
   termojądrowe, 300  
   utleniania i redukcji, 124  
   wymiany podwójnej, 122  
   wymiany pojedynczej, 121  
   zobojętniania, 123, 171  
 reaktory powielające, 299  
 redukcja, 124  
 reguła  
   Hunda, 78  
   krzyżowa, 204, 205  
   oktetu, 197, 215  
 rodzaje  
   lakmusu, 178  
   oddziaływań międzycząsteczkowych, 247  
   reakcji, 120  
 rozmieszczenie pierwiastków, 86  
 rozpad  
   alfa, 288  
   beta, 289  
   promieniotwórczy, 286, 288, 291  
 rozpoznawanie kwasów i zasad, 178  
 rozpuszczalnik, 139, 275  
 rozpuszczalność, 140  
 rozpuszczalność związków jonowych, 123  
 rozszczepienie jądra, 295  
 roztwory, 139  
   buforowe, 183  
   nasycone, 140  
 równania chemiczne, 116  
 równanie  
   Schrödingera, 192  
   stanu gazu doskonałego, 107, 109  
   termochemiczne, 162  
   van der Waalsa, 109  
 rtęć, 276  
 Rutherford Ernest, 311

## S

sacharyna, 308  
 Seaborg Glenn, 312  
 SI, système international, 37  
 siły  
   dyspersyjne, 224  
   Londona, 224

- skała  
   Celsjusza, 62  
   Fahrenheita, 62  
   Kelvina, 62, 97  
   pH, 181  
 Skłodowska-Curie Maria, 310  
 skraplanie, 272  
 słabe  
   kwasy, 173, 174  
   zasady, 173, 176  
 słownik, 325  
 smog  
   fotochemiczny, 264  
   londyński, 264  
 sól, 196, 197  
 sól kuchenna, 195  
 spalanie, 123  
 spalanie butanu, 126  
 spektroskopia, 187, 189  
 stabilność konfiguracji elektronowych, 243  
 stan  
   równowagi dla wody, 176  
   wzbudzony, 191  
 standardowe  
   ciepło tworzenia, 164  
   entalpie tworzenia, 164  
 stechiometria reakcji, 135  
 stężenie roztworu  
   molalne, 146  
   molowe, 144  
   procentowe, 141  
   objętościowe, 143  
   wagowe, 142  
   wagowo-objętościowe, 142  
 stopień utlenienia, 201  
 stosowanie  
   metody naukowej, 31  
   reguły krzyżowej, 204  
 stratosfera, 260  
 struktura  
   atomu, 65  
   lodu, 225, 274  
 struktury Lewisa, 228  
 sublimacja, 166  
 substancja, 55, 56  
 substancja rozpuszczona, 139  
 substraty, 115  
 substraty ograniczające, 137  
 syntetyza substancji, 35  
 synteza, 120  
 sztuczny barwnik, 306
- Ś**
- śledzenie wody, 272  
 średnia  
   energia kinetyczna, 97  
   masa atomowa, 81  
 światło widzialne, 187
- T**
- techiometria, 109  
 technologia, 28  
 teflon, 307  
 temperatura, 62, 97, 251  
   krzepnięcia, 54, 150  
   wrzenia, 54, 148, 150  
 teoria, 35  
   Arrheniusa, 171  
   Brønsteda-Lowry'ego, 172, 176  
   kinetyczno-molekularna, 95  
   kwantowa, 187  
   orbitali molekularnych, 235  
   Plancka, 189  
   VSEPR, 231  
   wiązań walencyjnych, 233  
   zderzeń, 117  
 termochemia, 155  
 tlen, 321  
 transmutacja, 287  
 troposfera, 260  
 trujące materiały, 278  
 trzeci stopień oczyszczania, 282  
 tworzenie  
   wiązań, 198  
   wiązań tymczasowych, 249
- U**
- układ  
   jednostek miar SI, 37  
   okresowy pierwiastków, 83, 239, 241  
 utlenianie, 124  
 uwspólnianie par elektronowych, 220

**V**

VSEPR, 230

**W**

wady elektrowni jądrowych, 297  
 walencyjny poziom energetyczny, 197  
 warstwa ozonowa, 261  
 wiązania  
   chemiczne, 61  
   jonowe, 195, 198, 209, 222  
   koordynacyjne, 172  
   kowalencyjne, 199, 209, 210  
     niespolaryzowane, 220  
     spolaryzowane, 220, 222  
   metaliczne, 212  
   wielokrotne, 212  
   wodorowe, 224, 249, 273  
 widna fal elektromagnetycznych, 189  
   absorpcyjne, 190  
   emisyjne, 190  
   liniowe, 190  
 właściwa pojemność cieplna, 158  
 właściwości  
   chemiczne, 57  
   cieczy, 249  
   cząsteczek, 228  
   fal, 188  
   fizyczne, 57  
   fizyczne gazów, 100  
   kolidatywne roztworów, 139, 147  
   kwasów i zasad, 169  
   substancji, 35  
   światła, 187  
   wody, 223  
 woda, 177, 223, 255, 271, 273  
 wodorotlenek sodu, 323  
 wodór, 210  
 wskaźniki, 178  
 współczynniki stechiometryczne, 116  
 wulkanizacja, 306  
 wychwyt elektronu, 290  
 wydajność  
   reakcji chemicznej, 137  
   rzeczywista, 137  
   teoretyczna, 137  
 wykorzystywanie moli, 130, 131  
 wykres fazowy, 253

wymiana  
   podwójna, 122  
   pojedyncza, 121  
 wytwarzanie plutonu, 299  
 wzór  
   chemiczny, 203  
   cząsteczkowy, 215  
   elektronowy kropkowy, 210, 218, 219  
   empiryczny, 132, 215  
   Lewisa, 218, 232  
   rzeczywisty, 215  
   strukturalny, 216, 219

**Z**

zamiana jednostek, 44  
 zanieczyszczenia  
   metalami ciężkimi, 276  
   termiczne, 279  
   z gospodarstw rolnych, 279  
 zanieczyszczenie  
   powietrza, 259  
   wody, 271  
 zaokrąglanie liczb, 49  
 zasada rozpuszczalności, 140  
 zasady, 169, 171  
 zastosowanie  
   praw gazowych, 109  
   prawa Hessa, 163  
 zderzenie proste, 117  
 zjawiska kapilarne, 251  
 zmiana  
   energii, 155  
   energii termicznej, 156  
   entalpii, 162  
   stanu skupienia, 53  
 zużywanie tlenu, 280  
 związki  
   amfoteryczne, 184  
   chemiczne, 56  
   elektrycznie obojętne, 203  
   jonowe, 203

**Ź**

źródła zanieczyszczeń wód, 275



# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

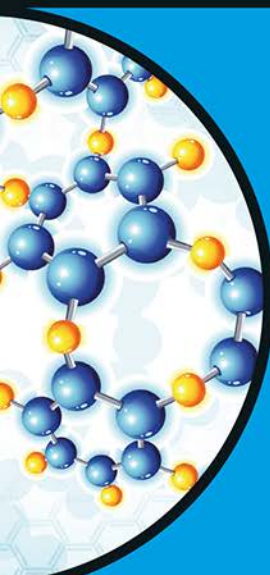
**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA  
**Helion** 

# Wprowadzenie do świata chemii

Trzymasz w ręku przystępny poradnik, który pomoże Ci opanować podstawy chemii. Jeżeli „nie czujesz chemii”, gdy mowa o związkach chemicznych, albo chcesz lepiej zrozumieć to, czego uczysz się w szkole, w *Chemii dla bystrzaków* znajdziesz najważniejsze informacje na temat materii i energii, atomów i cząsteczek, kwasów i zasad — a także wiele innych zagadnień!



## W książce:

- Rozwiązywanie zadań z chemii w szkole i na studiach
- Korzystanie z układu okresowego pierwiastków
- Metoda molowa
- Zanieczyszczenie środowiska i jak mu przeciwdziałać

**John T. Moore** jest doktorem pedagogiki. Wykłada chemię na Uniwersytecie Stephena F. Austina w Teksasie, jednocześnie kieruje tamtejszym Centrum Doskonalenia Nauczycieli. Jest współautorem książek *Biochemistry For Dummies* i *Organic Chemistry II For Dummies*.

dla  
**bystrzaków**

Zamówienia telefoniczne:



0 801 339900



0 601 339900

**septem**  
septem.pl

Sprawdź najnowsze promocje:  
• <http://dlabystrzakow.pl/promocje>  
Książki najchętniej czytane:  
• <http://dlabystrzakow.pl/bestsellery>  
Zamów informacje o nowościach:  
• <http://dlabystrzakow.pl/nowosci>

Hellon SA  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
e-mail: [rady@dlabystrzakow.pl](mailto:rady@dlabystrzakow.pl)  
<http://dlabystrzakow.pl>

Cena 44,90 zł

ISBN 978-83-283-6508-7



9 788328 365087