

REFORMA  
2017

Oznaczono  
zmiany  
i wykreślenia

E-book  
na [eduranga.pl](http://eduranga.pl)

PODSTAWA  
2024

# CHEMIA

Świat chemii

Podręcznik

7



szkoła podstawowa

Drogi WSiP,

Nigdy bym nie publikowała publicznie książek wydawnictw, które działają na uczciwych zasadach.

Wasza firma jednak promuje masowy dodruk, całkowicie niepotrzebnych książek, które mogłyby być zastąpione wersjami elektronicznymi!

Co prawda e-booki są dostępne na waszej stronie, jednak:

- W przeciwieństwie do fizycznej książki, licencja na e-book kończy się po roku. Oznacza to, że jeżeli moja córka chciałaby powtórzyć sobie całą wiedzę do matury, musiałabym jej kupić wszystkie wasze książki od nowa.
- Waszych e-booków nie da się pobrać! Wymagają one dostęp do internetu, co uniemożliwia ich użycie na naszej wsi, gdzie zasięg jest ograniczony.
- Wasze e-booki nie działają na telefonach komórkowych!
- Wasze e-booki sprzedawane są po tej samej (albo wyższej) cenie co regulame książki. Cena e-booka powinna być niższa, gdyż e-booki wymagają elektronicznego czytnika (tabletu)!

Czas rozpocząć nową erę, w której papier nie jest beczelnie marnowany dla pieniędzy.

Przedstawiam e-book, który spełnia wszystkie oczekiwania uczniów.

Dbajmy o środowisko, zróbmy to dla młodych pokoleń.

# Spis treści

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| O podręczniku .....               | 4 |
| Szkolna pracownia chemiczna ..... | 5 |

## Klasa 7

### 1. Rodzaje i przemiany materii

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1.1. Budowa materii .....         | 12 |
| 1.2. Właściwości materii .....    | 15 |
| 1.3. Przemiany materii .....      | 19 |
| 1.4. Substancje chemiczne .....   | 24 |
| 1.5. Mieszaniny substancji .....  | 31 |
| 1.6. Rozdzielanie mieszanin ..... | 35 |
| Domowe laboratorium .....         | 39 |
| Czy wiesz, że .....               | 41 |
| Podsumowanie działu .....         | 43 |
| Test do działu .....              | 45 |
| Sprawdź się .....                 | 47 |

### 2. Budowa materii

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Atom .....                                                          | 50 |
| 2.2. Budowa atomu a położenie pierwiastka w układzie okresowym .....     | 54 |
| 2.3. Właściwości pierwiastka a jego położenie w układzie okresowym ..... | 57 |
| 2.4. Izotopy i promieniotwórczość .....                                  | 61 |
| Domowe laboratorium .....                                                | 66 |
| Czy wiesz, że .....                                                      | 67 |
| Podsumowanie działu .....                                                | 69 |
| Test do działu .....                                                     | 71 |
| Sprawdź się .....                                                        | 73 |

### 3. Wiązania i reakcje chemiczne

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Wiązania jonowe .....                                 | 76  |
| 3.2. Wiązania kowalencyjne .....                           | 81  |
| 3.3. Elektryczność – cecha pierwiastka ...                 | 84  |
| 3.4. Wartościowość pierwiastka w związku chemicznym .....  | 89  |
| 3.5. Wzór związku chemicznego i jego interpretacja .....   | 93  |
| 3.6. Efekty towarzyszące reakcjom chemicznym .....         | 97  |
| 3.7. Symboliczny zapis przebiegu reakcji chemicznych ..... | 100 |
| 3.8. Prawo zachowania masy .....                           | 105 |
| Domowe laboratorium .....                                  | 108 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Czy wiesz, że .....       | 110 |
| Podsumowanie działu ..... | 111 |
| Test do działu .....      | 115 |
| Sprawdź się .....         | 117 |

### 4. Gazy

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 4.1. Powietrze – mieszanina gazów ..... | 120 |
| 4.2. Tlen .....                         | 124 |
| 4.3. Tlenki węgla .....                 | 130 |
| 4.4. Inne ważne tlenki .....            | 135 |
| 4.5. Inne składniki powietrza .....     | 140 |
| 4.6. Wodór .....                        | 144 |
| 4.7. Zanieczyszczenia powietrza .....   | 148 |
| Domowe laboratorium .....               | 151 |
| Czy wiesz, że .....                     | 152 |
| Podsumowanie działu .....               | 153 |
| Test do działu .....                    | 155 |
| Sprawdź się .....                       | 157 |

### 5. Woda i roztwory wodne

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Woda – główny składnik hydrosfery ....      | 160 |
| 5.2. Woda jako rozpuszczalnik .....              | 165 |
| 5.3. Rozpuszczalność jako cecha substancji ..... | 171 |
| 5.4. Stężenie procentowe roztworu .....          | 178 |
| 5.5. Zmiana stężenia procentowego .....          | 186 |
| Domowe laboratorium .....                        | 192 |
| Czy wiesz, że .....                              | 193 |
| Podsumowanie działu .....                        | 195 |
| Test do działu .....                             | 197 |
| Sprawdź się .....                                | 199 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Test końcowy .....            | 201 |
| Odpowiedzi .....              | 203 |
| Krzywe rozpuszczalności ..... | 204 |
| Indeks .....                  | 206 |

## Klasa 8

|                              |
|------------------------------|
| 6. Wodorotlenki i kwasy      |
| 7. Sole                      |
| 8. Węglowodory               |
| 9. Pochodne węglowodorów     |
| 10. Między chemią a biologią |
| 11. Podsumowanie wiedzy      |

# O podręczniku

**5.1 Woda – główny składnik hydrosfery**

Woda jest najważniejszą substancją w przyrodzie. Jest głównym składnikiem hydrosfery, czyli sfery wodnej. Woda występuje w trzech stanach skupienia: ciekłym, stałym i gazowym. Woda jest niezbędna do życia na Ziemi.

Woda w przyrodzie występuje w trzech stanach skupienia: ciekłym, stałym i gazowym. Woda jest niezbędna do życia na Ziemi.

Woda jest niezbędna do życia na Ziemi.

Krótkie bloki tekstowe umożliwiają łatwe przyswojenie wiedzy.

**Podsumowanie działu**

**1. Temat problem**

**2. Elementy problemu**

**3. Elementy problemu**

**4. Elementy problemu**

**5. Elementy problemu**

**6. Elementy problemu**

**7. Elementy problemu**

**8. Elementy problemu**

**9. Elementy problemu**

**10. Elementy problemu**

**11. Elementy problemu**

**12. Elementy problemu**

**13. Elementy problemu**

**14. Elementy problemu**

**15. Elementy problemu**

**16. Elementy problemu**

**17. Elementy problemu**

**18. Elementy problemu**

**19. Elementy problemu**

**20. Elementy problemu**

**21. Elementy problemu**

**22. Elementy problemu**

**23. Elementy problemu**

**24. Elementy problemu**

**25. Elementy problemu**

**26. Elementy problemu**

**27. Elementy problemu**

**28. Elementy problemu**

**29. Elementy problemu**

**30. Elementy problemu**

**31. Elementy problemu**

**32. Elementy problemu**

**33. Elementy problemu**

**34. Elementy problemu**

**35. Elementy problemu**

**36. Elementy problemu**

**37. Elementy problemu**

**38. Elementy problemu**

**39. Elementy problemu**

**40. Elementy problemu**

**41. Elementy problemu**

**42. Elementy problemu**

**43. Elementy problemu**

**44. Elementy problemu**

**45. Elementy problemu**

**46. Elementy problemu**

**47. Elementy problemu**

**48. Elementy problemu**

**49. Elementy problemu**

**50. Elementy problemu**

**51. Elementy problemu**

**52. Elementy problemu**

**53. Elementy problemu**

**54. Elementy problemu**

**55. Elementy problemu**

**56. Elementy problemu**

**57. Elementy problemu**

**58. Elementy problemu**

**59. Elementy problemu**

**60. Elementy problemu**

**61. Elementy problemu**

**62. Elementy problemu**

**63. Elementy problemu**

**64. Elementy problemu**

**65. Elementy problemu**

**66. Elementy problemu**

**67. Elementy problemu**

**68. Elementy problemu**

**69. Elementy problemu**

**70. Elementy problemu**

**71. Elementy problemu**

**72. Elementy problemu**

**73. Elementy problemu**

**74. Elementy problemu**

**75. Elementy problemu**

**76. Elementy problemu**

**77. Elementy problemu**

**78. Elementy problemu**

**79. Elementy problemu**

**80. Elementy problemu**

**81. Elementy problemu**

**82. Elementy problemu**

**83. Elementy problemu**

**84. Elementy problemu**

**85. Elementy problemu**

**86. Elementy problemu**

**87. Elementy problemu**

**88. Elementy problemu**

**89. Elementy problemu**

**90. Elementy problemu**

**91. Elementy problemu**

**92. Elementy problemu**

**93. Elementy problemu**

**94. Elementy problemu**

**95. Elementy problemu**

**96. Elementy problemu**

**97. Elementy problemu**

**98. Elementy problemu**

**99. Elementy problemu**

**100. Elementy problemu**

Podsumowania po każdym dziale porządkują wiedzę i pomagają ją utrwalić.

**Czy wiesz, że...**

**1. Czy wiesz, że...**

**2. Czy wiesz, że...**

**3. Czy wiesz, że...**

**4. Czy wiesz, że...**

**5. Czy wiesz, że...**

**6. Czy wiesz, że...**

**7. Czy wiesz, że...**

**8. Czy wiesz, że...**

**9. Czy wiesz, że...**

**10. Czy wiesz, że...**

**11. Czy wiesz, że...**

**12. Czy wiesz, że...**

**13. Czy wiesz, że...**

**14. Czy wiesz, że...**

**15. Czy wiesz, że...**

**16. Czy wiesz, że...**

**17. Czy wiesz, że...**

**18. Czy wiesz, że...**

**19. Czy wiesz, że...**

**20. Czy wiesz, że...**

**21. Czy wiesz, że...**

**22. Czy wiesz, że...**

**23. Czy wiesz, że...**

**24. Czy wiesz, że...**

**25. Czy wiesz, że...**

**26. Czy wiesz, że...**

**27. Czy wiesz, że...**

**28. Czy wiesz, że...**

**29. Czy wiesz, że...**

**30. Czy wiesz, że...**

**31. Czy wiesz, że...**

**32. Czy wiesz, że...**

**33. Czy wiesz, że...**

**34. Czy wiesz, że...**

**35. Czy wiesz, że...**

**36. Czy wiesz, że...**

**37. Czy wiesz, że...**

**38. Czy wiesz, że...**

**39. Czy wiesz, że...**

**40. Czy wiesz, że...**

**41. Czy wiesz, że...**

**42. Czy wiesz, że...**

**43. Czy wiesz, że...**

**44. Czy wiesz, że...**

**45. Czy wiesz, że...**

**46. Czy wiesz, że...**

**47. Czy wiesz, że...**

**48. Czy wiesz, że...**

**49. Czy wiesz, że...**

**50. Czy wiesz, że...**

**51. Czy wiesz, że...**

**52. Czy wiesz, że...**

**53. Czy wiesz, że...**

**54. Czy wiesz, że...**

**55. Czy wiesz, że...**

**56. Czy wiesz, że...**

**57. Czy wiesz, że...**

**58. Czy wiesz, że...**

**59. Czy wiesz, że...**

**60. Czy wiesz, że...**

**61. Czy wiesz, że...**

**62. Czy wiesz, że...**

**63. Czy wiesz, że...**

**64. Czy wiesz, że...**

**65. Czy wiesz, że...**

**66. Czy wiesz, że...**

**67. Czy wiesz, że...**

**68. Czy wiesz, że...**

**69. Czy wiesz, że...**

**70. Czy wiesz, że...**

**71. Czy wiesz, że...**

**72. Czy wiesz, że...**

**73. Czy wiesz, że...**

**74. Czy wiesz, że...**

**75. Czy wiesz, że...**

**76. Czy wiesz, że...**

**77. Czy wiesz, że...**

**78. Czy wiesz, że...**

**79. Czy wiesz, że...**

**80. Czy wiesz, że...**

**81. Czy wiesz, że...**

**82. Czy wiesz, że...**

**83. Czy wiesz, że...**

**84. Czy wiesz, że...**

**85. Czy wiesz, że...**

**86. Czy wiesz, że...**

**87. Czy wiesz, że...**

**88. Czy wiesz, że...**

**89. Czy wiesz, że...**

**90. Czy wiesz, że...**

**91. Czy wiesz, że...**

**92. Czy wiesz, że...**

**93. Czy wiesz, że...**

**94. Czy wiesz, że...**

**95. Czy wiesz, że...**

**96. Czy wiesz, że...**

**97. Czy wiesz, że...**

**98. Czy wiesz, że...**

**99. Czy wiesz, że...**

**100. Czy wiesz, że...**

Czy wiesz, że... to ciekawostki, które poszerzają wiadomości.

**Domowe laboratorium**

**1. Domowe laboratorium**

**2. Domowe laboratorium**

**3. Domowe laboratorium**

**4. Domowe laboratorium**

**5. Domowe laboratorium**

**6. Domowe laboratorium**

**7. Domowe laboratorium**

**8. Domowe laboratorium**

**9. Domowe laboratorium**

**10. Domowe laboratorium**

**11. Domowe laboratorium**

**12. Domowe laboratorium**

**13. Domowe laboratorium**

**14. Domowe laboratorium**

**15. Domowe laboratorium**

**16. Domowe laboratorium**

**17. Domowe laboratorium**

**18. Domowe laboratorium**

**19. Domowe laboratorium**

**20. Domowe laboratorium**

**21. Domowe laboratorium**

**22. Domowe laboratorium**

**23. Domowe laboratorium**

**24. Domowe laboratorium**

**25. Domowe laboratorium**

**26. Domowe laboratorium**

**27. Domowe laboratorium**

**28. Domowe laboratorium**

**29. Domowe laboratorium**

**30. Domowe laboratorium**

**31. Domowe laboratorium**

**32. Domowe laboratorium**

**33. Domowe laboratorium**

**34. Domowe laboratorium**

**35. Domowe laboratorium**

**36. Domowe laboratorium**

**37. Domowe laboratorium**

**38. Domowe laboratorium**

**39. Domowe laboratorium**

**40. Domowe laboratorium**

**41. Domowe laboratorium**

**42. Domowe laboratorium**

**43. Domowe laboratorium**

**44. Domowe laboratorium**

**45. Domowe laboratorium**

**46. Domowe laboratorium**

**47. Domowe laboratorium**

**48. Domowe laboratorium**

**49. Domowe laboratorium**

**50. Domowe laboratorium**

**51. Domowe laboratorium**

**52. Domowe laboratorium**

**53. Domowe laboratorium**

**54. Domowe laboratorium**

**55. Domowe laboratorium**

**56. Domowe laboratorium**

**57. Domowe laboratorium**

**58. Domowe laboratorium**

**59. Domowe laboratorium**

**60. Domowe laboratorium**

**61. Domowe laboratorium**

**62. Domowe laboratorium**

**63. Domowe laboratorium**

**64. Domowe laboratorium**

**65. Domowe laboratorium**

**66. Domowe laboratorium**

**67. Domowe laboratorium**

**68. Domowe laboratorium**

**69. Domowe laboratorium**

**70. Domowe laboratorium**

**71. Domowe laboratorium**

**72. Domowe laboratorium**

**73. Domowe laboratorium**

**74. Domowe laboratorium**

**75. Domowe laboratorium**

**76. Domowe laboratorium**

**77. Domowe laboratorium**

**78. Domowe laboratorium**

**79. Domowe laboratorium**

**80. Domowe laboratorium**

**81. Domowe laboratorium**

**82. Domowe laboratorium**

**83. Domowe laboratorium**

**84. Domowe laboratorium**

**85. Domowe laboratorium**

**86. Domowe laboratorium**

**87. Domowe laboratorium**

**88. Domowe laboratorium**

**89. Domowe laboratorium**

**90. Domowe laboratorium**

**91. Domowe laboratorium**

**92. Domowe laboratorium**

**93. Domowe laboratorium**

**94. Domowe laboratorium**

**95. Domowe laboratorium**

**96. Domowe laboratorium**

**97. Domowe laboratorium**

**98. Domowe laboratorium**

**99. Domowe laboratorium**

**100. Domowe laboratorium**

Domowe laboratorium zaproponowane tu doświadczenia możesz wykonać w domu – zapytaj rodziców o zgodę.

**Test do działu**

**1. Test do działu**

**2. Test do działu**

**3. Test do działu**

**4. Test do działu**

**5. Test do działu**

**6. Test do działu**

**7. Test do działu**

**8. Test do działu**

**9. Test do działu**

**10. Test do działu**

**11. Test do działu**

**12. Test do działu**

**13. Test do działu**

**14. Test do działu**

**15. Test do działu**

**16. Test do działu**

**17. Test do działu**

**18. Test do działu**

**19. Test do działu**

**20. Test do działu**

**21. Test do działu**

**22. Test do działu**

**23. Test do działu**

**24. Test do działu**

**25. Test do działu**

**26. Test do działu**

**27. Test do działu**

**28. Test do działu**

**29. Test do działu**

**30. Test do działu**

**31. Test do działu**

**32. Test do działu**

**33. Test do działu**

**34. Test do działu**

**35. Test do działu**

**36. Test do działu**

**37. Test do działu**

**38. Test do działu**

**39. Test do działu**

**40. Test do działu**

**41. Test do działu**

**42. Test do działu**

**43. Test do działu**

**44. Test do działu**

**45. Test do działu**

**46. Test do działu**

**47. Test do działu**

**48. Test do działu**

**49. Test do działu**

**50. Test do działu**

**51. Test do działu**

**52. Test do działu**

**53. Test do działu**

**54. Test do działu**

**55. Test do działu**

**56. Test do działu**

**57. Test do działu**

**58. Test do działu**

**59. Test do działu**

**60. Test do działu**

**61. Test do działu**

**62. Test do działu**

**63. Test do działu**

**64. Test do działu**

**65. Test do działu**

**66. Test do działu**

**67. Test do działu**

**68. Test do działu**

**69. Test do działu**

**70. Test do działu**

**71. Test do działu**

**72. Test do działu**

**73. Test do działu**

**74. Test do działu**

**75. Test do działu**

**76. Test do działu**

**77. Test do działu**

**78. Test do działu**

**79. Test do działu**

**80. Test do działu**

**81. Test do działu**

**82. Test do działu**

**83. Test do działu**

**84. Test do działu**

**85. Test do działu**

**86. Test do działu**

**87. Test do działu**

**88. Test do działu**

**89. Test do działu**

**90. Test do działu**

**91. Test do działu**

**92. Test do działu**

**93. Test do działu**

**94. Test do działu**

**95. Test do działu**

**96. Test do działu**

**97. Test do działu**

**98. Test do działu**

**99. Test do działu**

**100. Test do działu**

Test do działu wielokrotnego wyboru pomaga w przygotowaniu się do klasówek i sprawdzianów.

**Sprawdź się**

**1. Sprawdź się**

**2. Sprawdź się**

**3. Sprawdź się**

**4. Sprawdź się**

**5. Sprawdź się**

**6. Sprawdź się**

**7. Sprawdź się**

**8. Sprawdź się**

**9. Sprawdź się**

**10. Sprawdź się**

**11. Sprawdź się**

**12. Sprawdź się**

**13. Sprawdź się**

**14. Sprawdź się**

**15. Sprawdź się**

**16. Sprawdź się**

**17. Sprawdź się**

**18. Sprawdź się**

**19. Sprawdź się**

**20. Sprawdź się**

**21. Sprawdź się**

**22. Sprawdź się**

**23. Sprawdź się**

**24. Sprawdź się**

**25. Sprawdź się**

**26. Sprawdź się**

**27. Sprawdź się**

**28. Sprawdź się**

**29. Sprawdź się**

**30. Sprawdź się**

**31. Sprawdź się**

**32. Sprawdź się**

**33. Sprawdź się**

**34. Sprawdź się**

**35. Sprawdź się**

**36. Sprawdź się**

**37. Sprawdź się**

**38. Sprawdź się**

**39. Sprawdź się**

**40. Sprawdź się**

**41. Sprawdź się**

**42. Sprawdź się**

**43. Sprawdź się**

**44. Sprawdź się**

**45. Sprawdź się**

**46. Sprawdź się**

**47. Sprawdź się**

**48. Sprawdź się**

**49. Sprawdź się**

**50. Sprawdź się**

**51. Sprawdź się**

**52. Sprawdź się**

**53. Sprawdź się**

**54. Sprawdź się**

**55. Sprawdź się**

**56. Sprawdź się**

**57. Sprawdź się**

**58. Sprawdź się**

**59. Sprawdź się**

**60. Sprawdź się**

**61. Sprawdź się**

**62. Sprawdź się**

**63. Sprawdź się**

**64. Sprawdź się**

**65. Sprawdź się**

**66. Sprawdź się**

**67. Sprawdź się**

**68. Sprawdź się**

**69. Sprawdź się**

**70. Sprawdź się**

**71. Sprawdź się**

**72. Sprawdź się**

**73. Sprawdź się**

**74. Sprawdź się**

**75. Sprawdź się**

**76. Sprawdź się**

**77. Sprawdź się**

**78. Sprawdź się**

**79. Sprawdź się**

**80. Sprawdź się**

**81. Sprawdź się**

**82. Sprawdź się**

**83. Sprawdź się**

**84. Sprawdź się**

**85. Sprawdź się**

**86. Sprawdź się**

**87. Sprawdź się**

**88. Sprawdź się**

**89. Sprawdź się**

**90. Sprawdź się**

**91. Sprawdź się**

**92. Sprawdź się**

**93. Sprawdź się**

**94. Sprawdź się**

**95. Sprawdź się**

**96. Sprawdź się**

**97. Sprawdź się**

**98. Sprawdź się**

**99. Sprawdź się**

**100. Sprawdź się**

Sprawdź się zadania po działach pozwalają wyćwiczyć umiejętności.

Oznaczenia znajdujące się w podręczniku

**Doświadczenie, które może wykonać uczeń.**

**Doświadczenie, które wykonuje nauczyciel.**



zmiany i wykreślenia według podstawy programowej 2024

Pamiętaj, by odpowiedzi do wszystkich zadań zamieszczonych w podręczniku zapisywać w zeszyte przedmiotowym.

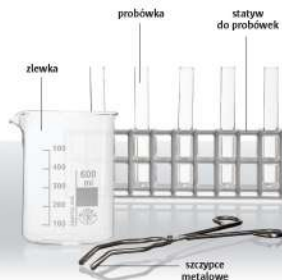
# Szkolna pracownia chemiczna

Rozpoczynasz naukę nowego, bardzo ważnego przedmiotu, który zajmuje się opisywaniem przemian zachodzących w Twoim organizmie i najbliższym otoczeniu. Z wytworami przemysłu chemicznego stykasz się na co dzień. Wyobraź sobie puste półki w kuchni, łazience, brak paliwa, samochodów, lekarstw, ubrań... – to wszystko wytwory przemysłu chemicznego. Chemia żywi, ubiera, leczy, szuka sposobów utylizacji śmieci, „zacierowania” dziury ozonowej i zmniejszenia efektu cieplarnianego.

## Co można znaleźć w pracowni chemicznej?

Najczęściej stosowane naczynia laboratoryjne to probówka i zlewka. Mogą one służyć do wykonywania prostych eksperymentów polegających na mieszaniu różnych substancji lub ich ogrzewaniu.

Probówka może być uchwycona drewnianą łapą lub metalową łapą przytwierdzoną do statywu.



Do odstawiania probówki zawierającej jakiś rodzaj badanej materii służy statyw do probówek.

Do wyciągania i przenoszenia odczynników chemicznych używa się metalowych szczypiec lub pęsety.

Do przechowywania lub ogrzewania substancji używamy kolb: okrągłodennej, płaskodennej czy też stożkowej, zwanej inaczej erlenmajerką.

Do ogrzewania cieczy stosuje się też zlewkę lub probówkę. Aby ciecz ogrzać w zlewce, należy postawić ją na ceramicznej siatce na trójnogu. W zlewce trzeba umieścić szklany pręcik, zwany inaczej bagietką, aby nie dopuścić do nagłego zagotowania się cieczy.

Probówki, w której ogrzewamy ciecz, nie wolno trzymać nieruchomo w płomieniu, gdyż może to doprowadzić do gwałtownego wrzenia i wyrzucenia jej zawartości. Probówką umieszczoną w płomieniu należy wykonywać ruchy kołiste, a jej wylot skierować na ścianę lub tam, gdzie nie ma ludzi.



Pamiętaj, że objętość ogrzewanej substancji nie może być większa od 1/2 objętości zlewki lub od 1/3 objętości probówki.

Do ogrzewania służą palnik gazowy lub palnik spirytusowy albo elektryczna czasza grzejna. W laboratorium starajmy się unikać otwartego ognia – ograniczamy jego użycie do ogrzewania roztworów wodnych.

Do precyzyjnego odmierzania objętości cieczy używamy cylindra miarowego, pipety lub zlewki z podziałką.

Dzięki tzw. pipetom Pasteura można operować pojedynczymi kroplami odczynników.

Podczas wykonywania niektórych eksperymentów stosuje się płytki ceramiczne do eksperymentów kroplowych.

Do rozdrabniania substancji stałych służy ceramiczny moździerz. Parownica, wykonana z białej ceramiki, służy do ogrzewania i odparowywania roztworu. Do takiego procesu prowadzonego powoli używa się szklanego krystalizatora lub szkiełka zegarkowego.



Oznaczenia odczynników chemicznych:



substancja łatwopalna



gaz pod ciśnieniem



substancja wybuchowa



substancja utleniająca



substancja toksyczna



substancja żrąca



substancja niebezpieczna dla środowiska



substancja działająca drażniąco, uczulająco

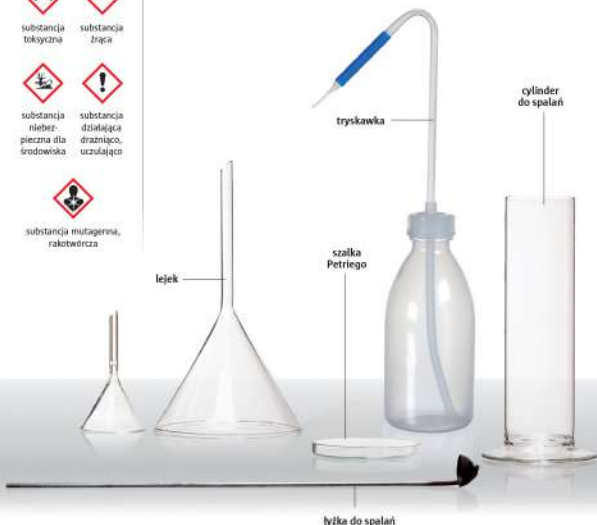


substancja mutagenna, rakotwórcza

Podobna do krystalizatora jest szalka Petriego, w której przeprowadza się pokazy doświadczeń na rzutniku pisma.

Do spalania niewielkich ilości substancji wykorzystuje się łyżki do spalań. Jeśli w wyniku spalania powstaje substancja gazowa, to taki proces przeprowadza się w cylindrze do spalań.

Do bezpiecznego przelewania cieczy używa się lejka. Wykorzystuje się go także do rozdzielania zmieszanych ze sobą substancji ciekłych i stałych. W tym celu do lejka wkłada się przygotowany z bibuły sączonek i zwilża się go wodą, np. za pomocą trykawki.



Mieszaninę substancji stałej i ciekłej przelewa się delikatnie po szklanym pręciku przez lejek z sączkiem. Tę część, która przejdzie przez sączek do zlewki, nazywamy **przesączem**. Substancja pozostała na sączku to **osad**. Do rozdzielania cieczy, które nie mieszają się ze sobą i różnią się gęstością, służy **rozdzielacz**.

Jednym z najważniejszych przyrządów w laboratorium jest waga. W chemii nie można dowolnie mieszać substancji. Podobnie jest zresztą w kuchni, gdzie niewłaściwe proporcje składników ciasta mogą spowodować, że wypiek nie będzie udany.

W laboratorium czy w fabryce chemicznej niewłaściwie dobrane proporcje reagentów mogą doprowadzić do wybuchu lub do uzyskania nieudanego produktu i zmarnowania surowców (farby, paliwa itp.). Waga pozwala uniknąć takich niespodzianek. Bardzo czułe wagi umożliwiają odważenie substancji z dokładnością do 0,0001 g. W naszych eksperymentach taka dokładność nie jest potrzebna. Wystarczy waga techniczna o dokładności 0,1 g. Pamiętajmy, że ważenie to podstawa pracy chemika.

Innym przyrządem pomiarowym jest termometr, który służy do pomiaru temperatury.

Należy dbać o czystość szkła laboratoryjnego; powinno być ono myte za pomocą specjalnych szczotek. Wskazane jest przepłukiwanie szkła wodą chemicznie czystą, tzw. wodą destylowaną.

Szkło laboratoryjne suszy się na suszarkach ściennych lub w suszarkach elektrycznych.



**Uwaga!**

W pracowni chemicznej nie badamy smaku substancji! Wąchamy bardzo ostrożnie – wachlujemy dłonią, kierując pary substancji w swoją stronę – i tylko na polecenie nauczyciela.

**Jak opisywać eksperymenty chemiczne?**

W podręczniku, oprócz opisu wykonania doświadczenia, znajdziesz schematyczny (uproszczony) rysunek oraz zdjęcia przedstawiające kolejne fazy eksperymentu. Na rysunku pomija się sprzęty, które nie są istotne z punktu widzenia obserwacji (np. statywy i łapy).

Pełny opis eksperymentu zawiera:

- temat doświadczenia,
- wykaz sprzętu laboratoryjnego i odczynników (w podręczniku nie zamieszczamy tych informacji, ponieważ można je odczytać z opisu doświadczenia i analizy schematu),
- opis doświadczenia,
- schematyczny rysunek,
- sformułowane obserwacje,
- wnioski wynikające z obserwacji.

**Doświadczenie****Ogrzewanie cukru**

Do probówki wysypujemy małą łyżeczkę cukru, a następnie probówkę ogrzewamy nad płomieniem palnika, cały czas nią ruszając (1). Obserwujemy zachodzące zmiany (2, 3, 4).

**Uwaga!** Nie przykładamy probówki do nosa! Trzymamy ją w pewnej odległości od siebie i wachlującym ruchem dłoni kierujemy wydzielającą się gazy ku nosowi.



**Obserwacje:** Białe kryształki cukru pod wpływem ogrzewania topią się i zmieniają barwę na brunatną. Wydziela się przyjemny zapach. Po pewnym czasie zawartość probówki czernieje, a na jej ściankach widać kropelki cieczy.

**Wnioski:** Cukier podczas ogrzewania ulega rozkładowi, a powstająca brunatna, gęsta ciecz o przyjemnym zapachu to karmel. Po dłuższym ogrzewaniu cukier ulega zwęgleniu.

# 1

## Rodzaje i przemiany materii

Chlor to substancja prosta, pierwiastek chemiczny

Jaki to rodzaj materii?

Jaka to przemiana?

Sól (chlorek sodu) to substancja złożona, związek chemiczny

Sód to substancja prosta, pierwiastek chemiczny

Złoto rodzime na kryształach kwarcu

**Substancja czy mieszanina?**

Co ma większą wartość – piryt czy tombak? Co jest pierwiastkiem, co – związkiem chemicznym, a co – mieszaniną?

Minerał piryt

Misa i dzban wykonane z tombaku



## 1.1

## Budowa materii

Wszystko, co nas otacza, to materia. Słowo **materia** pochodzi z języka łacińskiego i oznacza tworzywo, inaczej materiał.

Materia może być ożywiona lub nieożywiona. Materia ożywiona to rośliny, zwierzęta i ludzie. Materią nieożywioną są:

- ziemia, po której chodzimy,
- woda, bez której nie moglibyśmy istnieć,
- powietrze, którego nie widzimy, ale które jest niezbędne do życia.

Z materii nieożywionej składają się wszelkie otaczające nas przedmioty.

### Czy materia jest lita, ciągła, czy występują w niej puste przestrzenie?

Jeśli materia byłaby lita, ciągła, bez pustych przestrzeni, to różne jej rodzaje nie mogłyby się nawzajem przenikać.



#### Doświadczenie 1.1.1

#### Rozchodzenie się zapachów w powietrzu

Na stole nauczycielskim postaw naczynie z kadzidełkiem zapachowym. Zapal kadzidełko, a następnie je zgaś.

**Obserwacje:** Zapach rozchodzi się po całej klasie. Najbardziej intensywny jest przy stolikach stojących najbliżej stołu nauczyciela.

**Wniosek:** Materia w postaci gazu rozprzestrzenia się w powietrzu.

Materia nie jest ciągła, lita – występują w niej puste przestrzenie, dzięki temu możliwe jest samorzutne przenikanie stykających się ze sobą ciał. Takie zjawisko określa się mianem **dyfuzji**. Nazwa ta pochodzi od łacińskiego słowa *diffusio*, co oznacza wylanie, rozlanie. Zjawisko to potwierdza doświadczalnie fakt, że **materia jest zbudowana z niezmiernie małych ziaren**. Mówi się o nich: cząstki, indywidualne molekularne, molekuly bądź drobiny. My będziemy używać tego ostatniego określenia.

Drobiny rozprzestrzeniają się, mieszają i zderzają, ponieważ są w nieustannym chaotycznym ruchu. Mogą być obojętne (atomy, cząsteczki) lub naładowane (jony).





◀ Mieszanie się wody i soku



## Czym różnią się gazy, ciecze i ciała stałe?

Porównajmy, jak za pomocą modelu można przedstawić budowę gazów, cieczy i ciał stałych.

Gazy rozprzestrzeniają się w całej dostępnej im objętości. Odległości między ich drobinami są duże, dlatego drobinny słabo ze sobą oddziałują i poruszają się znacznie szybciej niż w cieczach.

Ciecze przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują. Odległości między drobinami w cieczy są mniejsze niż w gazach, dlatego drobinny mocniej ze sobą oddziałują i przemieszczają się względem siebie wolniej.

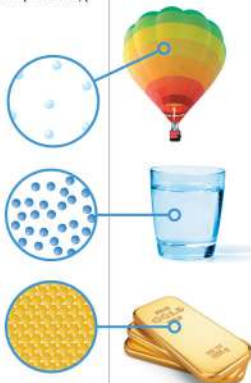
Ciała stałe mają określony kształt. Ich drobinny są gęsto upakowane (odległości między nimi są bardzo małe), dlatego silnie oddziałują ze sobą i wykonują drgania tylko wokół swojego położenia.

### Ciekawostka

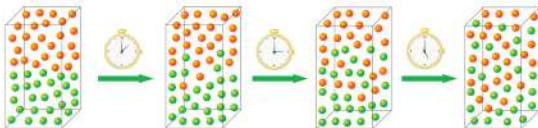
Aby sprawdzić, czy możliwe jest przenikanie się dwóch ciał stałych, przeprowadzono następujące doświadczenie: dwie dokładnie oszlifowane płyty, jedną z ołowiu, a drugą ze złota, położono na siebie i docisnięto odważnikiem. Po pięciu latach przechowywania w temperaturze pokojowej w warstwie granicznej o grubości 1 mm w płycie ołowiu stwierdzono atomy złota, a w płycie ze złota – atomy ołowiu.

▲ Rozpuszczanie i rozprzestrzenianie się ciała stałego w wodzie

▼ Porównanie budowy drobinowej gazów, cieczy i ciał stałych



▼ Modelowa ilustracja procesu dyfuzji



### Jak modelowo przedstawić proces dyfuzji?

Wyobraź sobie, że mieszane ze sobą ciała to kulki o różnych barwach. Ich przenikanie się pokazano na poniższym modelu.

### Jak stan skupienia stykających się ciał wpływa na szybkość dyfuzji?

Zjawisko dyfuzji najszybciej zachodzi w gazach, ponieważ ich drobiny poruszają się najszybciej i odległości między nimi są największe. W cieczech proces ten zachodzi znacznie wolniej. Dyfuzja na granicy dwóch ciał stałych trwa z kolei bardzo długo. Proces dyfuzji można przyspieszyć, jeśli podwyższy się temperaturę – wówczas ruch drobin jest szybszy.

Dyfuzja ma duże znaczenie w życiu ludzi i zwierząt. Umożliwia wymianę gazów przez skórę i przenikanie substancji odżywczych z układu trawienego do krwi. Ponadto sprawia, że powietrze, a przede wszystkim jego składnik – tlen – rozprzestrzenia się w wodzie.

## Podsumowanie

- 1. Dyfuzja** to proces samorzutnego mieszania się substancji stykających się ze sobą.
- Zjawisko dyfuzji jest dowodem na **ziarnistą budowę materii**.
- Materia jest zbudowana z niezmiernie małych drobin: **atomów, cząsteczek, jonów**, które są w nieustannym ruchu.

### Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Jakie znasz przykłady materii ożywionej i nieożywionej?
- Jakie są trzy podstawowe stany skupienia materii?
- Od czego zależy szybkość dyfuzji?

### Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- plazmy,
- znaczenia procesu dyfuzji dla człowieka.

# Właściwości materii

O praktycznym zastosowaniu różnych materiałów decydują charakteryzujące je właściwości. Ich znajomość pozwala projektować przedmioty użytkowe tak, by spełniały stawiane przed nimi oczekiwania. Jak dobrać materiały, z których będą wykonane przedmioty użytkowe?

## Jak opisywać materię?

Materia jest zbudowana z substancji lub z ich mieszanin. Substancje mają ściśle określony skład chemiczny oraz charakterystyczne właściwości: fizyczne i chemiczne. Pozwalają one na jej identyfikację.



### Doświadczenie 1.2.1

#### Badanie właściwości materii

Opisz właściwości wybranych rodzajów materii – octu, cukru, soli kuchennej, stali. Określ ich stan skupienia, barwę i zapach (1). Do czterech zlewek wlej po 50 cm<sup>3</sup> wody o temperaturze pokojowej, a następnie do kolejnych zlewek dodaj: około 20 cm<sup>3</sup> octu, łyżkę cukru, łyżkę soli kuchennej, kilka stalowych gwoździ. Szklanym pręcikiem zamieszaj zawartość każdej zlewki (2).

#### Obserwacje:

| Właściwości              | Badana materia      |              |              |                  |
|--------------------------|---------------------|--------------|--------------|------------------|
|                          | ocet                | cukier       | sól kuchenna | stalowy gwóźdź   |
| stan skupienia           | ciekły              | stały        | stały        | stały            |
| barwa                    | bezbarwna           | biała        | biała        | szara            |
| zapach                   | ostry, nieprzyjemny | brak         | brak         | brak             |
| rozpuszczalność w wodzie | bardzo dobra        | bardzo dobra | dobra        | nierozpuszczalny |

**Wniosek:** Badane rodzaje materii różnią się właściwościami.





▲ Płytkę stalową, której główny składnik stanowi żelazo, jest przyciągana przez magnes.



▲ Miedź nie oddziałuje z magnesem.



▲ Glin nie oddziałuje z magnesem.

Cechy opisane w tabeli z doświadczenia 1.2.1 to właściwości charakterystyczne dla badanych rodzajów materii.

Oprócz właściwości, które można zaobserwować, jest jeszcze wiele innych. Większość z nich można znaleźć w tablicach chemicznych, a niektóre – w układzie okresowym pierwiastków chemicznych zamieszczonym na końcu podręcznika.

## Które właściwości nazywamy fizycznymi?

▼ Próba zarysowania płytką miedzianą płytki wykonanej z glinu. Miedź jest twardsza od glinu.

| Właściwości fizyczne                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• stan skupienia</li> <li>• barwa</li> <li>• twardość</li> <li>• połysk</li> <li>• ciągliwość (plastyczność)</li> <li>• kowalność</li> <li>• kruchość</li> <li>• sprężystość</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• gęstość</li> <li>• rozpuszczalność</li> <li>• temperatura topnienia</li> <li>• temperatura wrzenia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• przewodnictwo ciepłe</li> <li>• przewodnictwo elektryczne</li> <li>• właściwości magnetyczne</li> </ul> |

## Co kryje się pod pojęciem gęstości?

Gęstość opisuje upakowanie drobin o określonej masie w określonej objętości. Wyraża się ją wzorem:  $d = \frac{m}{V}$ .

### ■ Przykład

Oblicz gęstość cieczy znajdującej się w kolbie miarowej. Wiadomo, że ciecz ma masę 550 g i zajmuje objętość 500 cm<sup>3</sup>.

Dane:

$$m = 550 \text{ g}$$

$$V = 500 \text{ cm}^3$$

Szukane:

$$d = ?$$

**Rozwiązanie**

Podstawiamy dane wartości do wzoru na gęstość i obliczamy:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{550 \text{ g}}{500 \text{ cm}^3} = 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

**Odpowiedź:** Gęstość cieczy wynosi  $1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

**Doświadczenie 1.2.2****Badanie właściwości fizycznych magnezu, siarki i węgla**

Zbadaj właściwości fizyczne: stan skupienia, barwę, połysk, właściwości magnetyczne oraz przewodnictwo elektryczne magnezu, siarki i węgla (grafitu). Odczytaj z tablic wartości gęstości tych substancji i je porównaj.

**Obserwacje:**

| Właściwość fizyczna       | Badana materia            |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                           | magnez                    | siarka                    | węgiel (grafit)           |
| stan skupienia            | stały                     | stały                     | stały                     |
| barwa                     | srebrzysta                | żółta                     | szaroczarna               |
| połysk                    | metaliczny                | brak                      | słaby, metaliczny         |
| właściwości magnetyczne   | nie oddziałuje z magnesem | nie oddziałuje z magnesem | nie oddziałuje z magnesem |
| przewodnictwo elektryczne | przewodzi                 | brak                      | przewodzi                 |

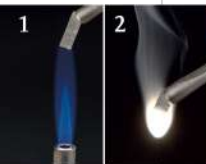
**Wniosek:** Magnez, siarka i węgiel charakteryzują się różnymi właściwościami fizycznymi. Najmniejszą gęstość ma magnez, a gęstość węgla jest nieznacznie większa od gęstości siarki.

## Które właściwości nazywamy chemicznymi?

Właściwości chemiczne dotyczą oddziaływania i reagowania substancji z innymi substancjami. Są nimi:

- palność,
- zachowanie wobec innych substancji,
- zapach, smak.

## Jak badać właściwości chemiczne?



### Doświadczenie 1.2.3

#### Badanie palności magnezu

W metalowe szczypce chwytny kawałek wstążki magnezowej i wprowadzamy ją do płomienia palnika (1). Obserwujemy zachodzące zmiany przez ciemne okulary (2).

**Obserwacje:** Magnez pali się oślepiającym płomieniem.

**Wniosek:** Magnez jest substancją palną.

## Podsumowanie

1. **Substancja (chemiczna)** to rodzaj materii o stałym składzie chemicznym. Ma ona określone właściwości, za pomocą których możemy ją rozpoznać.
2. **Właściwości fizyczne i chemiczne** to zespół cech, za pomocą których można opisywać materię.
3. **Właściwości fizyczne** to m.in. stan skupienia, barwa, rozpuszczalność, gęstość, przewodnictwo prądu i ciepła, temperatura topnienia i temperatura wrzenia.
4. **Właściwości chemiczne** to palność, zachowanie się wobec innych substancji, zapach i smak.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jakie wspólne właściwości mają sól kamienna i cukier, a co je odróżnia?
2. Które z wymienionych próbek będą oddziaływać z magnezem: srebro, stal, złoto, aluminium, żelazo?
3. Który metal ma większą gęstość niż srebro?
4. Oblicz, jaką objętość będzie miała sztabka złota o masie 1 kg, a jaką – sztabka o takiej samej masie wykonana z cynku.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) skal temperaturowych oraz zależności między nimi,
- b) plyty, nazywanego złotem głupców.

# Przemiany materii

W twoim organizmie i wokół ciebie nieustannie zachodzą różnorodne przemiany. Pokarmy, które spożywasz, są w organizmie rozdrabniane i trawione. Dostarczają ci one energii i elementów budulcowych. Zielone części roślin pobierają z powietrza dwutlenek węgla, produkują tlen i glukozę potrzebną im do wzrostu. Jakiego rodzaju są te przemiany?

## Czy materia może się zmieniać?

Sprawdźmy, czy materia ulega przemianom. Co możemy zrobić z papierem, np. kartką?



### Doświadczenie 1.3.1

#### Rozdrabnianie i spalanie papieru

Połowę przygotowanej kartki potnij na małe kawałki. Część z nich włóż do parownicy i podpal. Porównaj pozostawioną połowę kartki z pociętymi elementami (1) i z pozostałością po spaleniu (2).



**Obserwacje:** Pocięta kartka zachowała pewne właściwości: barwę, możliwość zgniatania, zmieniło się tylko jej rozdrobnienie. W wyniku spalania papieru pozostał czarny popiół, który wyglądem nie przypomina kartki.

**Wnioski:** Pocięta kartka zachowała swoje właściwości. W wyniku spalania powstał nowy rodzaj materii o zupełnie innych właściwościach. Powstała nowa substancja.

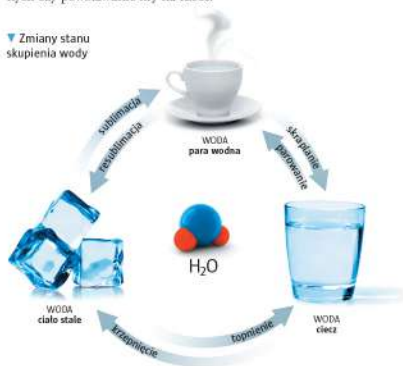
## Jakie są efekty przemiany materii?

W wyniku **przemian fizycznych** substancja zmienia swoje właściwości fizyczne (np. kształt, rozdrobnienie, stan skupienia), natomiast w **przemianach chemicznych** powstają nowe substancje o zupełnie innych właściwościach. Przemiany fizyczne są nazywane zjawiskami fizycznymi, a przemiany chemiczne to inaczej reakcje chemiczne.

## Z jakimi przemianami stykasz się na co dzień?

Przykładem przemian fizycznych zachodzących w przyrodzie są zmiany stanu skupienia wody: topnienie lodu, parowanie zbiorników wodnych czy powstawanie kry na rzece.

▼ Zmiany stanu skupienia wody



W trakcie przygotowywania posiłków i produkowania żywności często wykonuje się czynności polegające na rozdrabnianiu, wyciskaniu, miazdżeniu i mieszaniu. W każdym z tych przypadków mamy do czynienia tylko ze zmianami właściwości fizycznych materii, czyli z przemianami fizycznymi.

### PRZEMIANY FIZYCZNE



KROJENIE

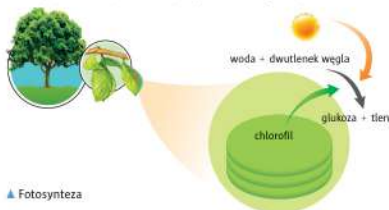


MIESZANIE



WYCISKANIE

Najważniejszą przemianą chemiczną, która pozwala nam żyć, jest fotosynteza. W wyniku kilku reakcji chemicznych dwutlenku węgla i wody w zielonych częściach roślin powstaje pod wpływem światła tlen, którym oddychamy. Produkowana jest także glukoza, z której w kolejnych reakcjach tworzy się materiał zapasowy roślin.



Pożary lasów, spalanie gazu ziemnego, benzyny, ropy naftowej to również reakcje chemiczne, w których wyniku powstają nowe substancje. W trakcie gotowania zupy, pieczenia ciasta i psucia się warzyw zachodzą przemiany chemiczne. Powstają substancje o innych właściwościach chemicznych.

## PRZEMIANY CHEMICZNE



SPALANIE



GOTOWANIE

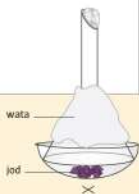
PIECZENIE

KISZENIE

## Jak przebiegają przemiany w laboratoriach chemicznych?

Przeanalizujmy, jakim przemianom może ulegać jod.

Jod jest substancją stałą, ma czarnofioletową barwę i metaliczny połysk. W postaci gazowej jest fioletowy.



### Doświadczenie 1.3.2

#### Sublimacja jodu

Do parownicy umieszczonej na siatce ceramicznej na trójnogu wysypujemy niewielką ilość jodu. Całość przykrywamy lejkiem. Nóżkę lejka zatykamy zwitkiem waty, a jego zewnętrzną część okładamy mokrą watą (1).

Całość ogrzewamy i obserwujemy zmiany (2).

Oglądamy wewnętrzne ścianki lejka (3).



**Obserwacje:** Pod lejkiem pojawia się fioletowa para, która osadza się na jego wewnętrznej powierzchni w postaci ciemnych kryształów. Po pewnym czasie jod, który był w parownicy, „znika”.

**Wnioski:** Jod pod wpływem ogrzewania przechodzi w stan pary, z pominięciem topnienia. Jest to zjawisko sublimacji. Po zetknięciu się z zimnymi ściankami lejka jod osadza się w postaci kryształków – ulega resublimacji. Zatem zmienia on swój stan skupienia z gazowego na stały, nie przyjmuje postaci ciekłej.

Sprawdźmy, co się stanie, gdy jod wymieszymy z magnezem.



### Doświadczenie 1.3.3

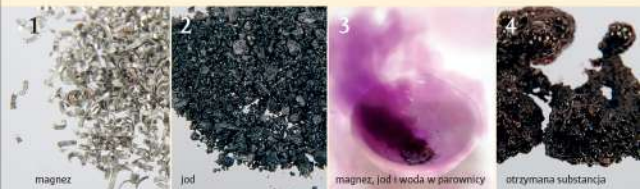
#### Reakcja magnezu z jodem

Do parownicy wysypujemy magnez (1) i jod (2). Mieszymy zawartość parownicy za pomocą pręcika szklanego. Sprawdzamy, czy zachodzą zmiany, następnie dodajemy 2–3 krople wody. Obserwujemy zachodzące zmiany (3) i porównujemy wygląd substancji przed reakcją (1, 2) i po niej (4).

**Obserwacje:** W wyniku zmieszania magnezu i jodu nie zachodzą żadne zmiany we właściwościach składników. Dopiero po dodaniu wody powstają fioletowe pary, a na dnie parownicy pozostaje ciemnobrunatna substancja.



**Wnioski:** W wyniku przemiany powstaje nowa substancja o innych właściwościach niż substancje wyjściowe: magnez (srebrzyste wiórki) i jod (czarnofioletowe kryształy). Woda inicjuje, umożliwia zajście tej reakcji chemicznej.



Woda w tej reakcji chemicznej odgrywa bardzo ważną rolę: inicjuje i przyspiesza przebieg reakcji. Woda jest **katalizatorem** reakcji magnezu z jodem.

### Podsumowanie

- 1. Zjawisko fizyczne** to przemiana polegająca na zmianie właściwości fizycznych substancji, np. jej stanu skupienia, kształtu, stopnia rozdrobnienia.
- 2. Reakcja chemiczna** to przemiana, w której wyniku powstaje nowa substancja o zupełnie innych właściwościach niż substancje ulegające przemianie.
- 3. Katalizator** to substancja, która nie zużywa się w trakcie reakcji chemicznej, ale ją umożliwia i przyspiesza jej przebieg.

### Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jakie efekty mogą towarzyszyć zjawiskom fizycznym?
2. Jaką przemianę materii zaliczysz do reakcji chemicznej?
3. Dlaczego proces smażenia mięsa zaliczamy do reakcji chemicznych?
4. Które z podanych przemian są zjawiskami fizycznymi, a które – reakcjami chemicznymi: smażenie naleśników, tworzenie się chmur, parowanie szyb samochodowych, tworzenie szronu, spalanie drewna, powstawanie kompostu, powstawanie karmelu?

### Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) zjawisk fizycznych i przemian chemicznych zachodzących w przyrodzie,
- b) roli inhibitora w reakcjach chemicznych.

## 1.4

## Substancje chemiczne

W twoim najbliższym otoczeniu – w kuchni bądź pracowni chemicznej – możesz się zetknąć z różnymi substancjami. Należą do nich np. sól, cukier, woda, tlen, dwutlenek węgla, srebro, żelazo. Jak się je klasyfikuje i zapisuje?

## Kiedy możemy mówić o substancjach?

Wiesz już, że substancja jest rodzajem materii. Charakteryzuje się ona ściśle określonym składem i zespołem właściwości, dzięki którym można ją zidentyfikować i odróżnić od innych substancji. Substancje są zbudowane z drobin, czyli z atomów, cząsteczek lub jonów.



## Co warto wiedzieć o substancjach prostych?

Substancje proste to pierwiastki chemiczne, ponieważ są zbudowane z atomów tego samego rodzaju. Atomy stanowią najmniejszą część pierwiastka reprezentującą jego właściwości fizyczne i chemiczne. Pierwiastki zostały umieszczone i uporządkowane w układzie okresowym – tablicy najważniejszej dla chemika. Jeśli chcesz się upewnić, czy substancja, której nazwę znasz, jest substancją prostą, to wystarczy sprawdzić, czy znajduje się ona w układzie okresowym.

## Jak symbolicznie i modelowo zapisuje się atomy różnych pierwiastków?

Każdy pierwiastek ma swój symbol chemiczny, aby chemicy na całym świecie posługiwali się jednym kodem oznaczeń. Symbol pierwiastka to jedna litera (np. O – symbol tlenu) lub dwie litery (np. Au – symbol złota), pochodzące od jego łacińskiej nazwy. Pierwsza litera jest zawsze wielka. Nazwy pierwiastków pochodzą między innymi od właściwości, nazwisk odkrywców, nazw geograficznych, ciał niebieskich i postaci mitologicznych.



▲ Przykładowy model pierwiastka

Atomy różnych pierwiastków w początkowym nauczaniu chemii przedstawia się modelowo za pomocą kul o zróżnicowanych średnicach i barwach. Promień kuli zależy od wielkości atomu, a kolory są umowne.

| Nazwa pierwiastka | Symbol | Nazwa łacińska     | Model atomu |
|-------------------|--------|--------------------|-------------|
| wodór             | H      | <i>Hydrogenium</i> |             |
| węgiel            | C      | <i>Carboneum</i>   |             |
| tlen              | O      | <i>Oxygenium</i>   |             |
| sód               | Na     | <i>Natrium</i>     |             |
| magnez            | Mg     | <i>Magnesium</i>   |             |
| fosfor            | P      | <i>Phosphorus</i>  |             |
| siarka            | S      | <i>Sulphur</i>     |             |
| chlor             | Cl     | <i>Chlorum</i>     |             |

Niektóre pierwiastki występują w postaci **cząsteczek**, czyli połączonych ze sobą atomów. Symboliczny zapis cząsteczki – **wzór chemiczny** – zawiera symbol i liczbę atomów budującego ją pierwiastka.

| Pierwiastek tworzący cząsteczki | Wzór cząsteczki | Model cząsteczki |
|---------------------------------|-----------------|------------------|
| wodór                           | H <sub>2</sub>  |                  |
| tlen                            | O <sub>2</sub>  |                  |
| chlor                           | Cl <sub>2</sub> |                  |
| fosfor                          | P <sub>4</sub>  |                  |
| siarka                          | S <sub>8</sub>  |                  |



Pierwiastki chemiczne podzielono na dwie grupy: metale i niemetale. Większość znanych pierwiastków to metale. Z wieloma stykasz się na co dzień, ponieważ są one powszechnie stosowane do wyrobu przedmiotów codziennego użytku.

### Jakie są typowe właściwości metali?

Metale odznaczają się wieloma wspólnymi właściwościami:

- mają metaliczny połysk;
- zwykle są srebrzyste bądź szare, wyjątek stanowią: złoto o barwie żółtej, miedź o barwie różowej i cez o barwie żółtostej;
- większość z nich można kuć, walcować, wyciągać w druty;
- zwykle są dobrymi przewodnikami prądu elektrycznego;
- wszystkie oprócz rtęci w temperaturze otoczenia ( $25^{\circ}\text{C}$ ) są ciałami stałymi;
- w większości topią się w wysokiej temperaturze;
- niektóre, np. żelazo, kobalt, nikiel, są przyciągane przez magnes.



## Jakie właściwości mają niemetale?

Niemetale mają zupełnie inne właściwości niż metale:

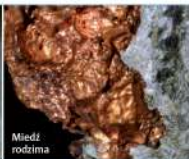
- najczęściej są gazami, rzadziej – ciałami stałymi, tylko jeden niemetal (brom) w warunkach normalnych jest cieczą;
- mają różnorodne barwy;
- zazwyczaj nie przewodzą prądu elektrycznego;
- nie można ich kuć ani walcować;
- nie są plastyczne;
- słabo przewodzą ciepło.

### niemetale





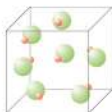
Złoto rodzime  
na kryształach  
kwarcu



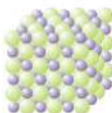
Miedź  
rodzima

### Ciekawostka

Niektóre pierwiastki występują w przyrodzie w tzw. stanie wolnym – niezwiązanym. Należą do nich metale szlachetne (np. złoto, miedź) i niemetale – gazy szlachetne (np. hel, neon).



▲ Przykładowy  
model związku  
chemicznego



▲ Sieć krystaliczna  
chlorku sodu

## Co warto wiedzieć o substancjach złożonych?

Substancje złożone to związki chemiczne, ponieważ składają się z co najmniej dwóch różnych pierwiastków. Nazw związków chemicznych nie znajdziesz w układzie okresowym. Do grupy tej zaliczają się np.:

- woda, bez której nie istniałoby życie na Ziemi;
- dwutlenek węgla, wydychany przez ludzi i zwierzęta, zużywany w procesie fotosyntezy;
- sacharoza – popularny cukier;
- metan – główny składnik gazu ziemnego.

Niektóre związki chemiczne są zbudowane z drobin zwanych cząsteczkami. Cząsteczka jest najmniejszą częścią reprezentującą właściwości związku chemicznego.

Istnieją związki chemiczne, np. chlorek sodu, nazywany popularnie solą kuchenną, które są zbudowane z jonów przyciągających się i tworzących uporządkowaną strukturę, czyli sieć krystaliczną. Takie związki nie tworzą pojedynczych cząsteczek.

Związki chemiczne mają zupełnie inne właściwości niż pierwiastki, które je tworzą. Przykładowo: sól kuchenna, czyli chlorek sodu, jest białym ciałem stałym o budowie krystalicznej i słonym smaku. Pierwiastki, z których jest utworzona, mają inne cechy: chlor jest trującym, żółtozielonym gazem, a sód – srebrzystym metalem.

### ▼ Chlorek sodu i substancje, z których powstaje



Związki chemiczne można zarówno otrzymać, jak i rozłożyć na substancje prostsze tylko i wyłącznie w wyniku reakcji chemicznych.



### Doświadczenie 1.4.1

#### Otrzymywanie związku chemicznego siarki i żelaza

Sprawdzamy oddziaływanie siarki i żelaza z magnesem. Następnie przygotowujemy mieszaninę tych substancji i przesypujemy na cegłę tak, aby uformować mały kopczyk. Za pomocą gwoźdźa rozgrzanego do czerwoności (lub palnika) zapalamy mieszaninę (3). Po ostudzeniu porównujemy wygląd substancji przed reakcją (1, 2) i po niej (4). Następnie zbliżamy magnes do otrzymanej mieszaniny.



1

siarka przed reakcją

2

żelazo przed reakcją

3

4

otrzymana substancja

**Obserwacje:** Po przyłożeniu rozgrzanego gwoźdźa mieszanina siarki i żelaza się zapala. Po zakończeniu przemiany na cegle pozostaje czarna substancja o nowych właściwościach. Różni się ona barwą od siarki i od żelaza. Nie oddziałuje z magnesem.

**Wniosek:** W wyniku reakcji chemicznej powstała nowa substancja – związek chemiczny siarki i żelaza o nazwie siarczek żelaza(II).

## Jak symbolicznie i modelowo zapisuje się związki chemiczne?

Związki chemiczne zapisuje się za pomocą wzorów. Są one złożone z symboli pierwiastków tworzących związek. Na przykład zapis  $\text{HCl}$  (wzór cząsteczki związku, którego wodny roztwór znajduje się w żołądku człowieka) oznacza, że jeden atom wodoru jest połączony z jednym atomem chloru. Wzór związku zbudowanego z jonów, np.  $\text{NaCl}$  oznacza, że na każdy jon sodu w sieci krystalicznej chlorku sodu przypada jeden jon chlorkowy.

| Nazwa związku   | Wzór chemiczny                                | Model                                                                             | Budowa                                                                                 |
|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| chlorowódor     | HCl                                           |  | 1 atom wodoru połączony z 1 atomem chloru                                              |
| woda            | H <sub>2</sub> O                              |  | 2 atomy wodoru połączone z 1 atomem tlenu                                              |
| dwutlenek węgla | CO <sub>2</sub>                               |  | 1 atom węgla połączony z 2 atomami tlenu                                               |
| metan           | CH <sub>4</sub>                               |  | 1 atom węgla połączony z 4 atomami wodoru                                              |
| glukoza         | C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> |  | 6 atomów węgla połączonych z 12 atomami wodoru, przy czym część poprzez 6 atomów tlenu |
| chlorek sodu    | NaCl                                          |  | jony sodu i jony chlorkowe                                                             |

## Podsumowanie

- Substancje są zbudowane z **drobin**: atomów, cząsteczek lub jonów.
- Substancje mogą być **proste** (pierwiotki chemiczne) lub **złożone** (związki chemiczne).
- Najmniejszą częścią pierwiastka zachowującą jego właściwości chemiczne jest **atom**.
- Wśród pierwiastków chemicznych wyróżniamy **metale** i **niemetale**.
- Związki chemiczne powstają i rozkładają się w wyniku **reakcji chemicznych**.
- Związek chemiczny** ma właściwości odmienne od właściwości składników, które go utworzyły.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Z jakich najmniejszych części są zbudowane pierwiastki chemiczne, a z jakich – związki chemiczne?
- Dlaczego symboli stali i cukru nie znajdziesz w układzie okresowym?
- Jakie właściwości mają metale? Jakle właściwości mogą je różnić?
- W jakiego rodzaju przemianie otrzymuje się związki chemiczne?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- pierwiastków występujących w stanie rodzimym,
- zastosowania metali i niemetali.

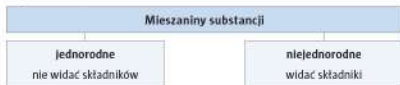
# Mieszanieiny substancji

W przyrodzie rzadko spotykamy czyste substancje, najczęściej mamy do czynienia z ich mieszaninami. Mieszaniną jest np. powietrze, którym oddychamy, ponieważ zawiera ono różne gazy, nie tylko tlen.

## Co to są mieszaniny i czy można je znaleźć w najbliższym otoczeniu?

Większość materii, która nas otacza, to różnego rodzaju mieszaniny substancji prostych i złożonych.

Mieszaniny są utworzone z kilku rodzajów substancji prostych lub złożonych. Świetnym przykładem mieszaniny jest woda wodociągowa. Stanowi ona mieszaninę wody i substancji stałych, ciekłych i gazowych, które są w niej rozpuszczone. Gołym okiem ich nie widać. Dlatego warto pamiętać, że zwyczajowo używane słowo „woda” jest wieloznaczne. Pod tą nazwą kryją się różne jej rodzaje, np. chemicznie czysta (destylowana), wodociągowa czy mineralna. Warto więc używać precyzyjnych określeń, ponieważ skład każdej z tych „wód” jest zupełnie inny.

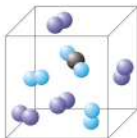


Powietrze jest jednorodną mieszaniną gazów. Nad terenami zielonymi będzie zawierało więcej tlenu niż nad ruchliwą ulicą w centrum miasta. Powietrze nad terenami uprzemysłowionymi może być mieszaniną niejednorodną, jeśli będą w nim rozproszone pyły.

Woda z solą może tworzyć zarówno mieszaninę jednorodną, jak i układ niejednorodny: roztwór – osad (gdy ilość dodanej soli jest zbyt duża i nie dochodzi do jej całkowitego rozpuszczenia). Roztwór nad osadem stanowi mieszaninę jednorodną.

## Jak otrzymuje się mieszaniny?

Mieszaniny otrzymuje się w procesie fizycznym w wyniku mechanicznego zmieszania składników. Przygotuj mieszaniny zgodnie z instrukcją w doświadczeniu 1.5.1. Zwróć uwagę na właściwości poszczególnych składników mieszanin.



▲ Przykładowy model mieszaniny gazów:

azotu

tlenu

dwutlenku węgla



## Doświadczenie 1.5.1

## Sporządzanie mieszanin

Przygotuj mieszaniny: soli i piasku, oleju i wody, wody i piasku, wody i soli. Zaobserwuj, w której mieszaninie są widoczne składniki.

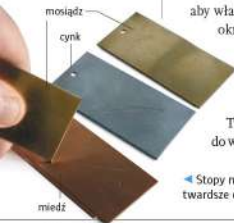


**Obserwacje:** W zlewce z solą i piaskiem można odróżnić poszczególne składniki mieszaniny. Podobnie jest w przypadku mieszaniny oleju i wody oraz wody i piasku. W ostatniej zlewce nie widać soli rozpuszczonej w wodzie.

**Wnioski:** Woda z solą tworzy mieszaninę jednorodną. Pozostałe mieszaniny są niejednorodne.

Do opisywania mieszanin nie stosuje się wzorów chemicznych.

Stopy to mieszaniny jednorodne.



## Czy skład mieszaniny wpływa na jej właściwości?

Mieszaniny mogą mieć różny skład jakościowy i ilościowy, w zależności od ich przeznaczenia.

Wiele otaczających nas przedmiotów, np. monety, sztucce, części do rowerów, samochodów i samolotów, wykonano z mieszanin metali zwanych **stopami**. Otrzymuje się je na gorąco, w wyniku wymieszania metali z innymi metalami lub niemetalami. Ich skład dobiera się tak, aby właściwości otrzymanych stopów można było wykorzystać do określonych celów. Oto kilka przykładów:

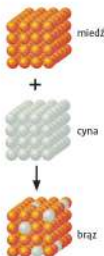
Złoto jest zbyt miękkie do wyrobu biżuterii, dlatego dodaje się do niego np. miedzi, srebra, niklu, kobaltu. Monety, o których mówi się zwyczajowo, że są „złote”, nie są wytwarzane z czystego złota, ale ze stopu złota, miedzi i srebra. Twarde stopy berylu i miedzi nie iskrzą, dlatego używa się ich do wyrobu narzędzi i sprzętu dla gazowni oraz fabryk materiałów

◀ Stopy metali charakteryzują się różnym stopniem twardości, są zwykle twardsze od ich składników. Mosiądz ma większą twardość niż miedź i cynk.

wybuchowych. Nikiel i chrom zwiększają żaroodporność stali, a chrom poprawia także jej odporność na korozję.

Niektóre właściwości składników mieszaniny są zachowane. Tlen, jako czysty pierwiastek oraz jako składnik powietrza, może rozpuszczać się w wodzie. Umożliwia to życie rybom. Każdy stop zawierający żelazo będzie – podobnie jak czyste żelazo – przyciągany przez magnes. Jednak pewne właściwości mieszaniny mogą różnić się od indywidualnych właściwości jej składników.

| Stop       | Składniki stopu                                          |
|------------|----------------------------------------------------------|
| mosiądz    | miedź (od 20% do 80%)                                    |
| brąz       | miedź, cyna (poniżej 20%)                                |
| stal       | żelazo, węgiel (poniżej 1,7%)                            |
| żeliwo     | żelazo, węgiel (od 2% do 4%)                             |
| stop Wooda | bismut (50,1%), ołów (24,9%), kadm (10,4%), cyna (14,6%) |



▲ Modelowa ilustracja otrzymywania stopów (kulki oznaczają atomy metali)

### Doświadczenie 1.5.2 Porównanie temperatury topnienia stopu Wooda i jego składników

W zlewce umieść kawałki ołowiu, cyny oraz stopu Wooda (1). Ostrożnie wlej wrzącą wodę (2).



**Obserwacje:** Stop Wooda się topi. Pozostałe metale nie ulegają stopieniu.

**Wniosek:** Stop Wooda ma znacznie niższą temperaturę topnienia niż jego składniki.

Do najważniejszych stopów należą te, których głównym składnikiem jest glin (aluminium). Ze względu na jego obecność są lekkie i stosunkowo wytrzymałe mechanicznie. Nie ulegają korozji, są plastyczne. Stosuje się je powszechnie w wielu gałęziach przemysłu. To z nich wytwarza się puszki na napoje, elementy konstrukcji rowerów, samochodów, samolotów i statków kosmicznych. W zależności od zastosowania do glinu dodaje się miedzi, magnezu, krzemu bądź żelaza. Stopy od najdawniejszych czasów były używane do różnorodnych celów, np. z brązu wyrabiano broń sieczną lub armaty, z żelaza starożytni Chińczycy odlewali elementy swoich świątyń i olbrzymie posągi.



▲ Dzwon z rzeźbami prof. X. Dunikowskiego (1938 r.)

### Ciekawostka

Skład stopu, z którego wykonuje się dzwony, ma ogromny wpływ na ich trwałość oraz jakość dźwięku. Dzwony to jedyne instrumenty muzyczne, które dzięki swej budowie podczas jednego uderzenia wydają kilka głosów jednocześnie. Odlewane są z brązu ludwisarskiego zawierającego około 78% miedzi i 22% cyny. Jest to idealny skład, który zapewnia trwałość dzwonu i dobrą jakość dźwięku. Obecność w stopie niewielkich ilości zanieczyszczeń obniża trwałość dzwonu, np. nawet mały dodatek srebra zwiększa jego kruchość, a obecność ołowiu obniża sprężystość. Zmiana ilości cyny w stopie ma znaczenie dla donośności głosu. Zawartość poniżej 18% cyny powoduje tłumienie drgań i stłumiony dźwięk. Jeśli zaś jest jej więcej niż 25%, to dzwon staje się kruchy jak szkło.

## Podsumowanie

1. Mieszaniny otrzymuje się w **procesie fizycznym**.
2. W **mieszaniu jednorodnej** gotym okiem nie można odróżnić składników.
3. Mieszanina może mieć **różny skład ilościowy i jakościowy**.
4. Niektóre właściwości mieszaniny są podobne do właściwości jej składników.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Z jakimi mieszaninami stykasz się w swoim otoczeniu?
2. Jak udowodnisz, że woda mineralna jest mieszaniną?
3. Czy skład mieszaniny można zmieniać?
4. Co się dzieje z właściwościami substancji po ich zmieszaniu ze sobą?
5. Jakle mieszaniny nazywamy stopami?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) nitinolu – stopu, który zapamiętuje kształty,
- b) pracy ludwisarza.

# Rozdzielanie mieszanin

Z rozdzielaniem mieszanin stykasz się na co dzień: odczedzanie ziemniaków, przesiewanie mąki czy zlewanie soku to czynności wykonywane w kuchni. Warto poznać też inne sposoby wykorzystywane w instytucjach naukowych, oczyszczalniach ścieków i zakładach produkcyjnych.

## Jak można rozdzielać mieszaniny niejednorodne?

Aby zaplanować rozdział mieszanin niejednorodnych, należy najpierw przeanalizować właściwości poszczególnych składników.

### ● Mieszanina siarki i żelaza

| Siarka                            | Żelazo                               |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| żółta barwa, brak połysku         | ciemnoszara barwa, metaliczny połysk |
| niemetal                          | metal                                |
| nie rozpuszcza się w wodzie       | nie rozpuszcza się w wodzie          |
| nie przewodzi prądu elektrycznego | przewodzi prąd elektryczny           |
| nie oddziałuje z magnesem         | jest przyciągane przez magnes        |

Właściwości różnicujące substancje to: barwa, przewodzenie prądu, oddziaływanie z magnesem. Do rozdziału mieszaniny siarki i żelaza można wykorzystać różnicę barwy i za pomocą pęsety oddzielić mechanicznie składniki mieszaniny. Jest to jednak bardzo pracochłonne. Aby przyspieszyć tę czynność, wygodniej zastosować **magnes**, z którym oddziałuje żelazo.

Z mieszaniny niejednorodnej substancji stałych za pomocą magnesu można oddzielić metale, które są przez niego przyciągane, np. żelazo. Trzeba jednak pamiętać, że nie wszystkie metale oddziałują z magnesem.

### Ciekawostka

Oprócz pola magnetycznego, tworzącego się wokół magnesu, do rozdzielania mieszanin można również wykorzystać pole elektryczne. Tak działają tzw. elektrofiltry w kominach elektrociepłowni. Dzięki nim duża część pyłów, która tworzy się podczas spalania węgla, nie wydostaje się do atmosfery.

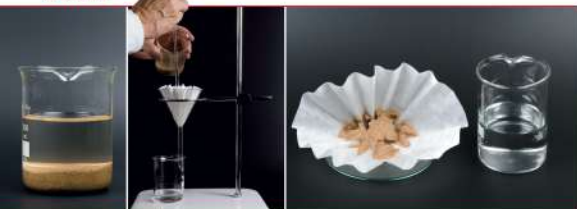


▲ Rozdzielanie mieszaniny siarki i żelaza za pomocą magnesu

### ● Mieszanina piasku i wody

Piasek nie rozpuszcza się w wodzie, tworzy z nią mieszaninę niejednorodną. Mieszaninę tę można rozdzielić dwoma sposobami.

#### SPOSÓB I



▲ Rozdzielanie mieszaniny piasku i wody w procesie **sączenia**

Sączenie służy do rozdzielania substancji stałych od ciekłych. W życiu codziennym częściej stosuje się filtrację. W sączeniu substancje stałe zatrzymuje sączeł, a w przypadku filtracji – filtr, który wylapuje z mieszaniny różne związki, zarówno stałe, ciekłe, jak i gazowe.

#### SPOSÓB II



▲ Rozdzielanie mieszaniny piasku i wody w procesie **sedymantacji i dekantacji**

Ziarna piasku pod wpływem siły ciężkości opadają na dno naczynia – ulegają **sedymantacji**. Dzięki temu można zlać wodę z nad piasku. Taki proces nazywa się **dekantacją**.

#### Ciekawostka

Często proces filtracji jest połączony z reakcjami chemicznymi, w których wyniku składniki filtra reagują z niektórymi składnikami mieszaniny (wiążą je). Wykorzystuje się to w filtrach do wody lub filtrach zakładanych w kominach.

### • Mieszanina wody i oleju

Woda i olej tworzą mieszaninę niejednorodną – woda ma większą gęstość i pozostaje na dnie naczynia, a na jej powierzchni unosi się warstwa oleju. Właściwością różnicującą składniki tej mieszaniny jest gęstość.



▲ Rozdzielanie mieszaniny wody i oleju za pomocą rozdzielacza

## Jak można rozdzielać mieszaniny jednorodne?

### • Mieszanina wody i alkoholu

Aby rozdzielić mieszaninę wzajemnie rozpuszczających się cieczy, np. wody i alkoholu, należy zastosować proces destylacji. Wykorzystuje się w nim różnicę temperatury wrzenia składników mieszaniny. Destylacja umożliwia otrzymanie wody chemicznie czystej, tzw. wody destylowanej. W wyniku destylacji ropy naftowej, która jest mieszaniną związków stałych, ciekłych i gazowych, uzyskuje się różnorodne paliwa lotne, ciekłe, oleje, smary.



▼ Rozdzielanie mieszaniny wody i alkoholu w procesie destylacji

### • Mieszanina wody i soli

Woda z solą tworzą mieszaninę jednorodną, czyli roztwór wodny soli. Najprostszym sposobem jej rozdzielenia jest **odparowanie** wody. Proces ten możesz obserwować np. w czasie przygotowywania powidel. Odparowuje się wtedy wodę z mieszaniny owoców i cukru.

► Rozdzielanie mieszaniny wody i soli w procesie odparowania



żeby uzyskać gęste, pachnące powidła. Na większą skalę odparowanie stosuje się w celu uzyskania soli z wody morskiej.



### Ciekawostka

Inną metodą stosowaną w laboratoriach do rozdzielania mieszanin i ustalania ich składników jest **chromatografia** – wykorzystuje ona różnice w prędkości przemieszczania się substancji np. po pasku bibuły wraz z przemieszczającym się rozpuszczalnikiem. Chromatografię stosuje się między innymi do wykrywania w organizmie ludzkim środków dopingujących, narkotyków, zanieczyszczeń itd. Korzyścią wynikającą z technik chromatograficznych jest to, że można pracować zarówno z dużymi, jak i z bardzo małymi ilościami substancji.

◀ Rozdzielanie mieszaniny barwników zawartych w pietruszce w procesie chromatografii

## Podsumowanie

1. Mieszaniny rozdziela się za pomocą procesów fizycznych. Wykorzystuje się w nich różnice we właściwościach fizycznych składników mieszanin, np. rozpuszczalności w wodzie, temperatury wrzenia, gęstości.
2. **Sedymentacja** to metoda oddzielania substancji stałej od cieczy, która wykorzystuje różnicę w gęstości. Substancja o większej gęstości, pod wpływem siły ciężkości, opada na dno naczynia.
3. **Dekantacja** to zlanie cieczy z nad osadu.
4. **Filtracja** to proces polegający na oddzieleniu niektórych składników mieszaniny poprzez mechaniczne lub chemiczne zatrzymanie ich na odpowiednio dobranym filtrze.
5. **Sączenie** to rodzaj filtracji, podczas której substancje stałe są oddzielone od cieczy poprzez ich zatrzymanie na sączku.
6. **Destylacja** to rozdzielanie ciekłej mieszaniny poprzez odparowanie w odpowiedniej temperaturze, a następnie skroplenie jej składników.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Z jakimi mieszaninami stykasz się w życiu codziennym i jak są one rozdzielane?
2. Jakie czynności należy wykonać, aby rozdzielić mieszaninę kredy i soli kamiennej?
3. Jaki rodzaj mieszaniny można rozdzielić za pomocą sączka, a jaki – w procesie destylacji?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat procesu flotacji.

# Domowe laboratorium

## Sączenie

Do sączenia wykorzystujemy przedmioty przedstawione na zdjęciu (filtr do kawy z wkładami, lejek z watą, lejek z plastikowej butelki czy strzykawki, do których przycinamy filtr z płatków kosmetycznych).

Plastikową butelkę o pojemności 500 cm<sup>3</sup> przetniemy nożyczkami w odległości ok. 1/4 od zakrętki. W zakrętce zrobimy kilka otworów gorącym gwoździem trzymany kleszczami (gwoździę rozgrzeję w płomieniu palnika kuchennego lub świecy). W ten sposób otrzymasz lejek. Druga część butelki może służyć jako naczynie do sączenia.



## Ogrzewanie

**Jeśli rodzice wyrażą zgodę, możesz wykonać mikropalnik spirytusowy. Pamiętaj, że denaturat jest palny i trujący!**

Plastikowy korek od szklanej fiołki po leku przepal rozgrzanym gwoździem (trzymanym w kleszczach) lub przewierć. W otwór włóż metalową końcówkę z długopisu, przez którą przeciągnij zwitek bawełnianych nici. Szklaną fiołkę napełnij denaturatem. Palnik jest gotowy do użycia. Możesz nim ogrzewać roztwory wodne w szklanych fiołkach (napełnionych do 1/3 objętości), które trzymaj przez kilkakrotnie zwiniętą taśmę z kartki w bezpiecznej odległości od płomienia.

### Uwaga!

Przed zapaleniem palnika należy bezwzględnie się upewnić, że w pobliżu nie ma żadnej łatwopalnej substancji. Nie wolno nachylać się nad zapalonym palnikiem oraz zbliżać do niego rąk, włosów ani ubrania (szczególnie luźnej odzieży).





### Rozdzielanie składników tuszu

1. Do słoika nalej około  $30 \text{ cm}^3$  octu (na pewno znajdziesz go w kuchni). Wskazaną objętość odmierz strzykawką.
2. Na bibule narysuj czarnym pisakiem kreskę w odległości około  $1,5 \text{ cm}$  od dołu.
3. Włóż bibulę do słoika. Po kilku minutach zauważysz, jak z kreski powstają kolorowe pasma barwników, z których składa się czarny tusz pisaka.



### Wyznaczanie gęstości stopów, z których są wykonane monety

1. Zatkaj plasteliną wylot strzykawki o pojemności  $20 \text{ cm}^3$ .
2. Nalej do niej  $10 \text{ cm}^3$  wody. Wrzuć 8–10 monet 1- lub 2-groszowych (wykonanych ze stopu miedzi, cynku i manganu – patrz tabela poniżej). To samo możesz zrobić z monetami o nominalach 10 i 20 groszy. Zanotuj poziom wody.
3. Nie mieszaj monet 1- i 2-groszowych z monetami 10- i 20-groszowymi, ponieważ wykonano je z różnych stopów. Różnica między poziomem wody w strzykawce bez monet a jej poziomem po wrzuceniu monet do strzykawki wskazuje na objętość stopu, z którego zrobiono monety. Gdy podziелisz masę monet przez objętość wypartej wody, otrzymasz przybliżoną gęstość stopów.



Do strzykawki należy wrzucić kilkanaście monet, ponieważ jedna nie podniesie poziomu wody na tyle, aby to było użyteczne do obliczeń.

| Moneta | 1 gr                | 2 gr   | 10 gr         | 20 gr  |
|--------|---------------------|--------|---------------|--------|
| Masa   | 1,64 g              | 2,13 g | 2,51 g        | 3,22 g |
| Stop   | miedź, cynk, mangan |        | miedź, nikiel |        |

# Czy wiesz, że...

## ■ Alchemia – prekursor chemii

Alchemia kojarzy się z ciemną komnatą wypełnioną dziwnym sprzętem, gdzie nad ogniem paleniska w tyglach prażą się tajemnicze substancje. Pośród pism siedzi zgarbiony mistrz i tłumaczy młodemu adeptowi nauk tajemnych zawłości transmutacji metali. Celem życia wielu alchemików było odkrycie metody przemiany **ołowiu w złoto** (czyli znalezienie tzw. kamienia filozoficznego), środka na wszelkie choroby (panaceum) czy eliksiru nieśmiertelności. Wielu alchemików przypłaciło to życiem. Często oszukiwali oni swoich mocodawców za pomocą mniej bądź bardziej wyszukanych trików i kończyli niekiedy na pozłacanej szubienicy. Warunki pracy były prymitywne, ale nawet wtedy udało się dokonać, w sposób zamierzony lub przypadkowy, wielu odkryć. W większości alchemicy pozostali bezimienni. Jednym z nielicznych, których nazwiska trwale zapisały się w pamięci, jest Hennig Brand. W 1669 roku uzyskał on fosfor ze zwierzęcego moczu. Inni otrzymali arsen, antymon, bizmut i cynk. Do listy ich osiągnięć należy też wynalezienie czarnego prochu i porcelany. Są przesłanki, aby sądzić, że polski alchemik, Michał Sędziwój (1566–1636), odkrył tlen wcześniej od angielskiego chemika Josepha Priestleya (1733–1804). Inne alchemiczne odkrycie to słynna *aqua regia* (woda królewska), czyli mieszanina stężonych kwasów rozpuszczająca złoto – króla metali. Alchemicy wytwarzali także różne stopy, w tym amalgamaty, leki i barwniki roślinne, substancje fosforyzujące i zapachowe. W Chinach znali też metody produkcji gazów bojowych i mieszanin pirotechnicznych. Z upływem wieków alchemia ustąpiła pola nowoczesnej chemii, której podwaliny stworzyli m.in. Robert Boyle i Antoine Lavoisier.



▲ Joseph Wright of Derby, *Alchemik w poszukiwaniu kamienia filozoficznego*, olej na płótnie, 1771

Co głosiła teoria flogistonowa i czy nadal jest ona aktualna?  
Co wspólnego ma alchemia z jatroschemią?

## ■ Język chemii

Jeszcze 200, 300 lat temu chemicy pochodzący z różnych krajów czy części świata mogliby mieć duże trudności, gdyby zebrali się na jakimś kongresie i próbowali dyskutować. Dzisiaj jest to już możliwe. Zawdzięczamy to m.in. Johnowi Daltonowi i Jönsowi Jacobowi Berzeliusowi, którzy wprowadzili symboliczny zapis pierwiastków. Dzięki temu można zapisywać w sposób bardzo uproszczony wzory związków chemicznych oraz równania reakcji chemicznych.



◀ Symbole Daltona

Czym zajmuje się Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry)?

Jakimi dziedzinami wiedzy zajmował się Tales z Miletu?

## ■ Pierwiastek chemiczny dawniej i dziś

Tales z Miletu uważał, że wszystko pochodzi od wody – prapierwiastka. Arystoteles i Platon za pierwiastki uważali cztery żywioły: ogień, ziemię, powietrze i wodę. Rozpatrywali je głównie z filozoficznego punktu widzenia. Dopiero w 1661 roku Robert Boyle podał poprawną definicję pierwiastka. Uściślił ją Antoine Lavoisier, a ostateczny kształt nadał jej John Dalton, który ogłosił hipotezę o atomistycznej budowie materii, dobrze tłumaczącej znane wtedy prawa chemiczne (prawo zachowania masy i prawo stałości składu związku chemicznego). Wkrótce ten pogląd uznano za teorię, zgodnie z którą pierwiastek definiowano jako zbiór identycznych atomów, czyli atomów o jednakowej masie i jednakowych właściwościach. Obecnie obowiązująca definicja jest jeszcze bardziej precyzyjna.



▲ Tales z Miletu

Gdzie w przyrodzie można zetknąć się ze zjawiskiem sublimacji, a kiedy mamy do czynienia z resublimacją?

## ■ Makabryczna sublimacja

Wysoko w Andach można znaleźć zwłoki ofiar składanych bogom przez dawnych mieszkańców tych ziem, Inków. Ciało zostawiano w górach, gdzie zamarzały. Dzięki niskiemu ciśnieniu i sublimacji lodu następowało ich wysuszenie. Podobny zabieg stosuje się w produkcji tzw. żywności liofilizowanej. Umieszcza się ją w komorze, w której panują niskie ciśnienie oraz niska temperatura. Lód sublimuje, a w rezultacie otrzymuje się np. susz warzywny. Inkowie zresztą też stosowali tę metodę konserwacji żywności w magazynach rozmieszczonych w ich dawnym imperium.



► Mumia z Guanajuato

# Podsumowanie działu

Materia ma budowę ziarnistą drobinową, molekularną. Drobinę to atomy, cząsteczki oraz jony.

## Rodzaje materii

| Substancje                                                                        |                                                                                   | Mieszanki substancji                                                              |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| proste<br>(pierwiastki chemiczne)                                                 | złożone<br>(związki chemiczne)                                                    | jednorodne                                                                        | niejednorodne                                                                     |
|  |  |  |  |

## Symbole, wzory, modele

| Pierwiastki chemiczne |                |                                                                                    | Związki chemiczne |                  |                                                                                    |
|-----------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| nazwa                 | symbol / wzór  | model                                                                              | nazwa             | wzór             | model                                                                              |
| magnez                | Mg             |   | woda              | H <sub>2</sub> O |   |
| siarka                | S              |   | dwutlenek węgla   | CO <sub>2</sub>  |   |
| tlen                  | O <sub>2</sub> |   | chlorek sodu      | NaCl             |  |
| wodór                 | H <sub>2</sub> |  |                   |                  |                                                                                    |

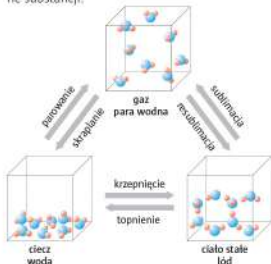
## Porównanie związków chemicznych i mieszanin

|              | Związek chemiczny                                    | Mieszanina                                            |
|--------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Skład        | stały, ściśle określony skład jakościowy i ilościowy | zmienny skład jakościowy i ilościowy                  |
| Właściwości  | inne niż właściwości substancji, z których powstał   | podobne do właściwości składników, z których powstała |
| Otrzymywanie | otrzymuje się go w wyniku reakcji chemicznej         | otrzymuje się ją w wyniku procesów fizycznych         |
| Rozkład      | można go rozłożyć w wyniku reakcji chemicznej        | można ją rozdzielić w wyniku procesów fizycznych      |

## ■ Przemiany materii

### • fizyczne

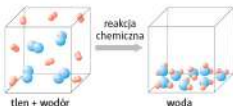
W ich wyniku zmieniają się właściwości fizyczne substancji.



### • chemiczne

W ich wyniku powstają nowe substancje.

W reakcji spalania wodoru w tlenie powstaje woda.



**Katalizator** to substancja, która umożliwia i przyspiesza przebieg reakcji chemicznej, ale się nie zużywa.

## ■ Właściwości substancji

### • fizyczne

np. gęstość, rozpuszczalność, temperatura topnienia, temperatura wrzenia, przewodnictwo cieplne i elektryczne, stan skupienia, barwa, połysk, kruchość, kowalność, właściwości magnetyczne

### • chemiczne

np. palność, aktywność chemiczna, zapach, smak

## ■ Sposoby rozdzielenia mieszanin

### • Krystalizacja

(np. woda i sól kuchenna)

Proces rozdzielenia mieszanin polegający na wydzielaniu się kryształów substancji rozpuszczonej z roztworu.

### • Rozdział za pomocą rozdzielacza

(np. woda i olej jadalny)

Rozdzielenie dwóch niemieszających się cieczy polegające na wykorzystaniu różnic w gęstości składników mieszaniny.

### • Sedymentacja

(np. woda i piasek)

Opadanie cząstek nierozpuszczalnego ciała stałego pod wpływem sił ciężkości na dno naczynia.

### • Dekantacja

(np. woda i kreda)

Zlewanie cieczy z nad osadu, który opadł na dno naczynia.

### • Filtracja

(np. woda wodociągowa)

Przepuszczanie mieszaniny przez różnorodne filtry, zatrzymujące określone składniki mieszaniny.

### • Odparowanie

(np. woda i sól kuchenna)

Odparowanie rozpuszczalnika w celu odzyskania substancji rozpuszczonej.

### • Destylacja

(np. woda i atrament)

Rozdział mieszaniny cieczy polegający na wykorzystaniu różnicy w temperaturze wrzenia składników mieszaniny.

### • Działanie magnezem

(np. siarka i żelazo)

Oddzielenie składników mieszaniny wykorzystujące różne sposoby oddziaływania magnezu na substancje.

# Test do działu

Wybierz poprawne dokończenie zdania lub poprawną odpowiedź.

1. Na butelce zawierającej pewną substancję znajduje się następujący piktogram:



Oznacza on, że zawartość butelki jest

- A. żrąca. C. szkodliwa.  
B. łatwopalna. D. toksyczna.
2. Które naczynie laboratoryjne wykorzystasz, aby zbudować zestaw do sączenia?



3. Bezbarwna ciecz o ostrym, charakterystycznym zapachu, dobrze rozpuszcza się w wodzie.

Powyższy opis dotyczy

- A. octu. C. alkoholu.  
B. soli. D. kwasu cytrynowego.
4. Żelazo i węgiel nie różnią się
- A. gęstością. C. barwą.  
B. temperaturą topnienia. D. stanem skupienia.
5. Sztabka czystego złota o objętości  $50 \text{ cm}^3$  ma masę około
- A. 0,39 g. C. 69,3 g.  
B. 2,6 g. D. 965 g.

Skorzystaj z układu okresowego pierwiastków chemicznych, w którym zamieszczono wartości gęstości pierwiastków.

**6. Reakcją chemiczną jest**

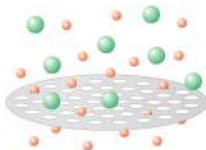
- A. topienie wosku.
- B. powstawanie szronu.
- C. spalanie drewna.
- D. parowanie wody.

**7. Spośród wymienionych poniżej pierwiastków metalami są**

- A. magnez, azot, wodór.
- B. siarka, złoto, srebro.
- C. żelazo, ołów, tlen.
- D. rtęć, miedź, glin.

**8. Mieszaniną nie jest woda**

- A. sodowa.
- B. destylowana.
- C. wodociągowa.
- D. mineralna.

**9. Rysunek przedstawia modelowy schemat rozdziału mieszaniny niejednorodnej.****Proces ten to**

- A. sedymentacja.
- B. dekantacja.
- C. filtracja.
- D. destylacja.

**10. Brąz i mosiądz to mieszaniny jednorodne, których głównym składnikiem jest**

- A. żelazo.
- B. cynk.
- C. cyna.
- D. miedź.

**11. Pierwiastki, które są niemetalami, mają symbole**

- A. H, Na, K, O.
- B. Fe, N, Cl, Cu.
- C. S, C, P, Si.
- D. Pb, Ca, Al, Mg.

**12. Dobrymi przewodnikami prądu są**

- A. miedź i żelazo.
- B. siarka i glin.
- C. fosfor i cynk.
- D. siarka i magnez.

# Sprawdź się

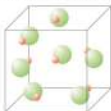
## Zadanie 1.

Spośród podanych określeń wybierz tylko te, które są charakterystyczne dla metali.

- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| A. ciała stałe           | E. kowalne                    |
| B. gazy                  | F. nie przewodzą ciepła       |
| C. bezbarwne             | G. przewodzą prąd elektryczny |
| D. barwa srebrzystoszara | H. mają połysk                |

## Zadanie 2.

Każdemu rysunkowi przyporządkuj właściwe określenie.



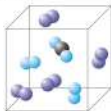
A / B / C

A. pierwiastek chemiczny



A / B / C

B. mieszanina



A / B / C

C. związek chemiczny

## Zadanie 3.

Zaprojektuj w zeszycie doświadczenie, za pomocą którego rozdzieliłś mieszaninę mąki i cukru pudru. W tym celu wykonaj poniższe polecenia.

a) Wskaż nazwy czterech sprzętów laboratoryjnych niezbędnych do wykonania tego doświadczenia.

- |                     |              |              |
|---------------------|--------------|--------------|
| A. cylinder miarowy | C. palnik    | E. zlewka    |
| B. lejek            | D. parownica | F. moździerz |

b) Spośród podanych niżej czynności wybierz poprawne i utół je według kolejności wykonywania.

- A. Dodać wody do naczynia z mąką i cukrem pudrem.
- B. Odparować wodę z roztworu cukru.
- C. Przesączyć mieszaninę wody z mąką i cukrem pudrem.
- D. Rozdrobnić cukier w moździerzu.
- E. Zamieszać zawartość naczynia aż do rozpuszczenia cukru.
- F. Zważyć naczynie z mąką i cukrem pudrem.

c) Sformułuj wniosek wynikający z przeprowadzonego doświadczenia. Wybierz właściwe określenie.

Do rozdzielenia mieszaniny mąki i cukru pudru wykorzystano (podobną / różną) rozpuszczalność obu składników w wodzie.

**Zadanie 4.**

W temperaturze pokojowej zważono próbkę czystego metalu w kształcie sześciangu o boku długości 1,5 cm. Efekt doświadczenia przedstawiono na poniższym rysunku:



Oceń poprawność poniższych stwierdzeń (P – prawda, F – fałsz).

Skorzystaj z układu okresowego pierwiastków chemicznych.

|     |                                                                                                  |       |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| I   | Gęstość tego metalu można obliczyć za pomocą wyrażenia $d = \frac{\text{masa}}{\text{objętość}}$ | P / F |
| II  | Objętość kostki metalu jest równa 4,5 cm <sup>3</sup> .                                          | P / F |
| III | Gęstość próbki metalu wynosi około 7,4 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .                          | P / F |
| IV  | Metał, z którego wykonano kostkę, to srebro o symbolu Ag.                                        | P / F |

**Zadanie 5.**

Poniżej podano nazwy przemian zachodzących w twoim otoczeniu.

- |                        |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|
| A. smażenie jajecznicy | E. trawienie pokarmu                |
| B. powstawanie szronu  | F. mielenie kawy                    |
| C. parowanie wody      | G. przyciąganie żelaza przez magnes |
| D. palenie węgla       |                                     |

**Przyporządkuj podane nazwy do odpowiedniego typu przemian.**

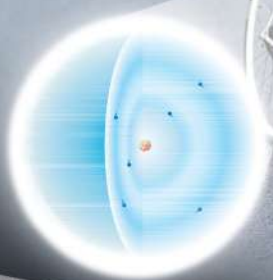
- I. Reakcje chemiczne
- II. Zjawiska fizyczne

# 2

## Budowa materii

Wszystko co nas otacza jest zbudowane z niezmiennie małych drobin: atomów, cząstek, jonów.

**Atomy węgla** wchodzą w skład organizmów oraz tworzyw wytworzonych przez człowieka.



Jak jest zbudowany atom węgla?

Układ okresowy pierwiastków chemicznych

masa atomowa

12,0107

C

symbol chemiczny

6

węgiel

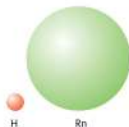
nazwa pierwiastka

liczba atomowa

## 2.1

## Atom

Niektórzy starożytni filozofowie uważali, że jest pewien kres podziału materii. Drobinę, której nie da się już podzielić, nazywano atomem. Dzisiaj wiadomo, że atom jest podzielny i składa się z wielu małych cząstek materii, które są identyczne dla wszystkich pierwiastków. Ich liczba decyduje o tym, z jakim pierwiastkiem mamy do czynienia.



▲ Atomy wodoru i radonu powiększone 100 milionów razy

## Czy atom można zobaczyć?

Atomy są niezmiernie małe. Ich średnica (przy założeniu kulistego kształtu) wynosi około jednej dziesięciomiliardowej metra.

Najmniejszy jest atom wodoru, który ma promień zbliżony do 40 pm ( $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ). Atom tlenu jest większy – jego promień wynosi około 66 pm, a radonu – 220 pm.

Trudno sobie wyobrazić tak małe obiekty. Dlatego niezbędne jest porównanie: „Gdyby 6 000 000 atomów ułożyć w szeregu, to zmieściłyby się one w kropce na końcu tego zdania”<sup>1</sup>.

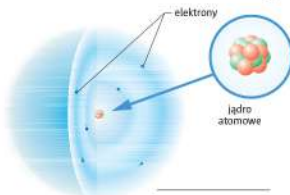
Atomy są niezmiernie lekkie. Do wyrażenia tak małej masy wprowadzono **jednostkę masy atomowej**, oznaczaną **u**.

Porównajmy ją z gramem – jednostką masy:

$$1 \text{ u} \approx 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \quad \text{lub inaczej} \quad 1 \text{ g} \approx 6,022 \cdot 10^{23} \text{ u}$$

$$1 \text{ u} \approx 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,001\,66 \text{ g}$$

Masy atomów są różne – od około 1 u dla atomu wodoru do około 207 u dla atomu ołowiu – ostatniego pierwiastka w układzie okresowym mającego trwałe odmiany.



▲ Model atomu

## Jak jest zbudowany atom?

Atom nie jest jednorodną kuleczką, jak przedstawia się to za pomocą modeli. W centrum atomu znajduje się **jądro atomowe**, a w nim – gęsto upakowane **protony** (cząstki naładowane dodatnio) i **neutrony** (cząstki elektrycznie obojętne). Protony

<sup>1</sup>Colin Ronan, *Nauka*, Seria „Labirynty Wiedzy”, przeł. z ang. Hanna Turczyn-Zalewska, Świat Książki, Warszawa 1997.

i neutrony są nazywane **nukleonami**. Średnica jądra atomowego jest dziesięć tysięcy razy mniejsza od średnicy atomu.

Przestrzeń wokół jądra jest nazywana **chmurą elektronową**. Tworzą ją poruszające się nieustannie we wszystkich płaszczyznach elektrony (cząstki o ładunku ujemnym).

| Nazwa cząstki | Symbol cząstki                                                                      | Ładunek cząstki | Masa cząstki, u | Miejsce w atomie |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| proton        | p  | +1              | 1               | w jądrze         |
| neutron       | n  | 0               | 1               | w jądrze         |
| elektron      | e  | -1              | ok. 1/1840      | wokół jądra      |

Masa jądra stanowi prawie 99,9% masy atomu. Dlatego mówi się, że w jądrze jest skupiona prawie cała masa atomu. Wszystko, co jest poza jądrem, ma masę zanedbywalnie małą w stosunku do masy jądra.

#### Ciekawostka

##### Dlaczego atom się nie rozpada?

Jedną z właściwości materii jest ładunek elektryczny. Elektrony i protony mają ładunek. Naładowane cząstki wzajemnie na siebie oddziałują. Takie oddziaływanie, nazywane elektrostatycznym, zapewnia trwałość atomu. Oprócz sił elektrostatycznych w jądrze działają jeszcze tzw. siły jądrowe. Są to siły przyciągania.



▲ Oddziaływania ładunków

## Jakie wielkości opisują atomy pierwiastków?

Najważniejszą wielkością opisującą atom i jednoznacznie określającą pierwiastek jest liczba protonów zawartych w jądrze atomowym – równa liczbie elektronów tworzących chmurę elektronową. Nazwano ją **liczbą atomową** i oznaczono literą  $Z$ .

$$\text{liczba atomowa } (Z) = \text{liczba protonów} = \text{liczba elektronów}$$

Liczba atomowa jest bezwymiarowa (tzn. nie ma żadnej jednostki). Wskazuje ona również miejsce położenia pierwiastka w układzie okresowym, ponieważ określa jego numer.

Dlatego jest nazywana **liczbą porządkową**.

Drugą wielkością opisującą atom, jaką można znaleźć w układzie okresowym, jest masa atomowa ( $m_A$ ). Liczbą opisującą atom jest również **liczba masowa** oznaczana literą  $A$ , równa liczbie nukleonów (protonów i neutronów) zawartych w jądrze atomowym.

Różnica liczby masowej i atomowej ( $A - Z$ ) wskazuje liczbę neutronów zawartych w jądrze. Przykładowo: dla atomu chloru

**Pierwiastek chemiczny** to zbiór atomów o takiej samej liczbie atomowej  $Z$ .

▼ „Wizytówka” chloru

|                |           |                   |
|----------------|-----------|-------------------|
| masa atomowa   | 35,45     | symbol chemiczny  |
|                | <b>Cl</b> |                   |
|                | 17        | nazwa pierwiastka |
|                | chlor     |                   |
| liczba atomowa |           |                   |

przyjmujemy liczbę masową równą 35, liczba neutronów będzie zatem równa  $A - Z = 35 - 17 = 18$ .

Poniżej podano wielkości charakteryzujące atom oraz ich interpretację. Zwróć uwagę na to, że liczba neutronów nie musi być taka sama jak liczba protonów.

| Nazwa, symbol | Liczba atomowa (Z) | Liczba protonów | Masa atomowa ( $m_{at}$ ) | Liczba masowa (A) | Liczba nukleonów | Liczba neutronów (A - Z) |
|---------------|--------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| hel He        | 2                  | 2               | 4,0026 u                  | 4                 | 4                | 2                        |
| węgiel C      | 6                  | 6               | 12,011 u                  | 12                | 12               | 6                        |
| azot N        | 7                  | 7               | 14,0067 u                 | 14                | 14               | 7                        |
| tlen O        | 8                  | 8               | 15,9994 u                 | 16                | 16               | 8                        |
| sód Na        | 11                 | 11              | 22,98977 u                | 23                | 23               | 12                       |
| glin Al       | 13                 | 13              | 26,98154 u                | 27                | 27               | 14                       |

Informacje na temat budowy atomu można przedstawić w taki sposób:

Liczba masowa podana bez liczby atomowej nie określa jednoznacznie, z jakim pierwiastkiem mamy do czynienia.

| Nazwa  | Symbol                  |
|--------|-------------------------|
| hel    | ${}^4_2\text{He}$       |
| węgiel | ${}^{12}_6\text{C}$     |
| azot   | ${}^{14}_7\text{N}$     |
| tlen   | ${}^{16}_8\text{O}$     |
| sód    | ${}^{23}_{11}\text{Na}$ |
| glin   | ${}^{27}_{13}\text{Al}$ |



39  
19 K

| Pierwiastek        | K (potas)      |
|--------------------|----------------|
| Liczba atomowa (Z) | 19             |
| Liczba masowa (A)  | 39             |
| Liczba protonów    | 19             |
| Liczba elektronów  | 19             |
| Liczba nukleonów   | 39             |
| Liczba neutronów   | $39 - 19 = 20$ |

## Jak są rozmieszczone elektrony w atomie?

Przestrzeń wokół jądra atomowego, która jest w zasięgu jego oddziaływania, to **chmura elektronowa**. Składa się ona z elektronów będących w nieustannym ruchu. Znajdują się one w różnej odległości od jądra i mają różną energię. Dlatego chmura, którą tworzą, nie jest jednorodna. W jej obrębie można wyróżnić warstwy, w których elektrony mają w przybliżeniu taką samą energię. Warstwy te nazywano **powłokami**. Ilustruje to poniższy rysunek.



Atomy mogą mieć od jednej do kilku powłok elektronowych, rozmieszczonych w różnych odległościach od jądra atomowego. Liczbę elektronów rozmieszczonych w kolejnych powłokach wyznacza wzór:  $2n^2$ , gdzie  $n$  jest numerem powłoki.

Przyjęto, że każda powłoka ma swój symbol literowy: pierwsza – K, druga – L, trzecia – M. Maksymalna liczba elektronów, którą może mieć dana powłoka, jest dla każdej z nich inna; im bardziej oddalona od jądra atomowego, tym więcej elektronów może pomieścić.

Maksymalna liczba elektronów w powłoce o numerze  $n$ :

$$2n^2$$

czyli:

K mieści 2 elektrony

L mieści 8 elektronów

M mieści 18 elektronów

## Czy wszystkie elektrony są tak samo ważne?

Elektrony rozmieszczone w ostatniej (zewnętrznej) powłoce decydują o właściwościach chemicznych pierwiastka. Są najsłabiej przyciągane przez jądro atomowe. Mogą uczestniczyć w tworzeniu związków chemicznych. Elektrony zewnętrznej powłoki nazywa się **elektronami walencyjnymi**, a ostatnią powłokę – **powłoką walencyjną**.

## Podsumowanie

1. **Atom** jest najmniejszą częścią pierwiastka zachowującą jego właściwości.
2. **Pierwiastek chemiczny** to zbiór atomów o takiej samej liczbie atomowej  $Z$ .
3. Elektrycznie obojętny atom składa się z dodatnio naładowanego **jądra atomowego**, w którym jest skupiona prawie cała jego masa, i **chmury elektronowej**, którą tworzą ujemnie naładowane elektrony.
4. W jądrze znajdują się **nukleony**: dodatnie **protony** i obojętne **neutrony**.
5. W obrębie chmury elektronowej można wyróżnić warstwy, zwane **powłokami elektronowymi**, w których prawdopodobieństwo znalezienia elektronu jest największe. Powłokę położoną najdalej od jądra nazwano **powłoką walencyjną**.
6. **Elektrony zewnętrznej powłoki** nazywa się elektronami walencyjnymi.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Dlaczego liczba atomowa jest nazywana także liczbą porządkową?
2. Jak nazywa się pierwiastek chemiczny o liczbie atomowej 15? Ile wynosi jego masa atomowa? Ile protonów znajduje się w jego jądrze?
3. Jak symbolicznie zapisać informacje o budowie atomu magnezu w postaci  ${}^Z_E$ ?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) poglądów Demokryta i Daltona na budowę materii,
- b) kwarków i gluonów.

## 2.2

# Budowa atomu a położenie pierwiastka w układzie okresowym

Układ okresowy pierwiastków chemicznych jest źródłem wielu cennych informacji na temat budowy atomów poszczególnych pierwiastków. Niektóre można odczytać wprost, a inne – wywnioskować.

## Co należy wiedzieć o układzie okresowym?

Układ okresowy pierwiastków chemicznych jest tablicą, w której pierwiastki chemiczne zostały ułożone zgodnie ze wzrastającą liczbą protonów w jądrze atomowym i rozmieszczeniem elektronów w atomie. Współczesny układ okresowy obejmuje siedem poziomych rzędów zwanych **okresami** i osiemnaście pionowych kolumn zwanych **grupami**.

okres

metale

niemetale

H gazy

Br ciecze

Al ciała stałe

► Układ okresowy pierwiastków chemicznych

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 18    |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1 H   | 2 He  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | He    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3 Li  | 4 Be  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | B     | C    | N     | O     | F     | Ne    |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5 Na  | 6 Mg  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Al    | Si   | P     | S     | Cl    | Ar    |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7 K   | 8 Ca  | 9 Sc  | 10 Ti | 11 V  | 12 Cr | 13 Mn | 14 Fe | 15 Co | 16 Ni | 17 Cu | 18 Zn | 19 Ga | 20 Ge | 21 As | 22 Se | 23 Br | 24 Kr |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9 Rb  | 10 Sr | 11 Y  | 12 Zr | 13 Nb | 14 Mo | 15 Tc | 16 Ru | 17 Rh | 18 Pd | 19 Ag | 20 Cd | 21 In | 22 Sn | 23 Sb | 24 Te | 25 I  | 26 Xe |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11 Cs | 12 Ba | 13 La | 14 Ce | 15 Pr | 16 Nd | 17 Pm | 18 Sm | 19 Eu | 20 Gd | 21 Tb | 22 Dy | 23 Ho | 24 Er | 25 Tm | 26 Yb | 27 Lu | 28 Hf | 29 Ta | 30 W | 31 Re | 32 Os | 33 Ir | 34 Pt | 35 Au | 36 Hg | 37 Tl | 38 Pb | 39 Bi | 40 Po | 41 At | 42 Rn |
| 13 Fr | 14 Ra | 15 Lr | 16 Rf | 17 Db | 18 Sg | 19 Bh | 20 Hs | 21 Mt | 22 Ds | 23 Rg | 24 Cn | 25 Nh | 26 Fl | 27 Mc | 28 Lv | 29 Ts | 30 Og |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb |
| Ac | Th | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No |

Spośród znanych obecnie pierwiastków w układzie okresowym tylko 22 są niemetalami, reszta to metale.

Każda grupa nosi nazwę pochodzącą od pierwiastka, który ją rozpoczyna, z wyjątkiem grupy pierwszej, która nie jest określana jako

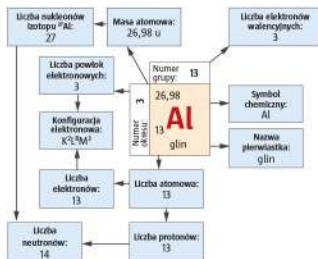
wodorowce, ale jako litowce. Należą do niej: lit, sód, potas, rubid, cez i frans. Wodór jest niemetałem o unikatowych właściwościach. Nie można go przypisać do żadnej z grup. Znajduje się w pierwszej kolumnie, ponieważ tak jak litowce ma w powłoce walencyjnej jeden elektron. Grupę drugą tworzą berylłowce, a osiemną – helowce.

Pod główną tablicą układu okresowego znajdują się dwa poziome rzędy zawierające po 14 pierwiastków. W pierwszym rzędzie umieszczono lantanowce, pierwiastki o właściwościach podobnych do lantanu, a w drugim – aktynowce, podobne do aktynu.

## Jakie informacje dotyczące budowy atomu można odczytać z układu okresowego?

W układzie okresowym każdy pierwiastek ma swoją „wizytówkę”. Można z niej bezpośrednio odczytać nazwę, symbol, liczbę atomową (liczbę porządkową) oraz masę atomową. Inne informacje dotyczące budowy atomu możemy określić na podstawie położenia pierwiastka w układzie okresowym:

- liczba protonów – liczba atomowa pierwiastka, inaczej liczba porządkowa;
- liczba elektronów – równa liczbie protonów;
- liczba powłok elektronowych – numer okresu, w którym znajduje się pierwiastek;
- liczba elektronów walencyjnych – dla pierwiastków grup 1. i 2. jest zgodna z numerem grupy, a w grupach od 13. do 18. z cyfrą jedności numeru grupy (czyli pierwiastki z grupy 14. mają 4 elektrony walencyjne ( $14 - 10 = 4$ )).



Poniższa tabela ukazuje rozmieszczenie elektronów w atomach przykładowych pierwiastków, czyli ich **konfigurację elektronową**.

Zapis  $K^2L^4$  jest konfiguracją elektronową pierwiastka mającego 6 elektronów, rozmieszczonych w dwóch powłokach. W pierwszej powłoce K znajdują się 2 elektrony, a w drugiej powłoce L – 4 elektrony.

| Symbol pierwiastka | Liczba elektronów w atomie | Numer okresu | Liczba powłok elektronowych | Numer grupy | Liczba elektronów w ostatniej powłoce | Rozmieszczenie elektronów w atomie |
|--------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| ${}_1\text{H}$     | 1                          | 1            | 1                           | 1           | 1                                     | $K^1$                              |
| ${}_6\text{C}$     | 6                          | 2            | 2                           | 14          | 4                                     | $K^2L^4$                           |
| ${}_7\text{N}$     | 7                          | 2            | 2                           | 15          | 5                                     | $K^2L^5$                           |
| ${}_{11}\text{Na}$ | 11                         | 3            | 3                           | 1           | 1                                     | $K^2L^8M^1$                        |
| ${}_{16}\text{S}$  | 16                         | 3            | 3                           | 16          | 6                                     | $K^2L^8M^6$                        |

## Podsumowanie

- Układ okresowy** jest zbudowany z **7 okresów** (poziome rzędy) i **18 grup** (pionowe kolumny).
- Nazwy grup** pochodzą od nazw rozpoczynających grupę pierwiastków, z wyjątkiem grupy pierwszej.
- Liczba atomowa (porządkowa)** pierwiastka wskazuje na liczbę protonów i elektronów w jego atomie.
- Na podstawie położenia pierwiastka w układzie okresowym możemy zapisać jego **konfigurację elektronową**:
  - numer okresu wskazuje na liczbę **powłok elektronowych**;
  - cyfra jednostki w numerze grupy wskazuje liczbę **elektronów walencyjnych** w atomie (np. numer grupy 15., cyfra jednostki 5).

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Jak nazywa się grupa czternasta w układzie okresowym, a jak – czwarta?
- Ile elektronów ma atom, w którym elektrony są rozmieszczone w powłokach w następujący sposób:  $K^2L^8M^8N^1$ ? Ile elektronów walencyjnych znajduje się w tym atomie?
- Wskaż numer grupy i numer okresu pierwiastka, w którego atomie elektrony są rozmieszczone w następujący sposób:  $K^2L^8M^{18}N^6$ . Jak nazywa się ten pierwiastek i jaki jest jego symbol chemiczny?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat prób klasyfikowania pierwiastków przez Johna Newlandsa, Juliusa Lothara Meyera oraz Dmitrija Mendelejewa.

# Właściwości pierwiastka a jego położenie w układzie okresowym

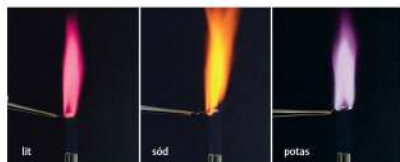
Wiesz już, że z układu okresowego można się dowiedzieć, jak są zbudowane atomy poszczególnych pierwiastków. Okazuje się, że ma to również ścisły związek z ich właściwościami.

## Czy pierwiastki należące do tej samej grupy mają podobne właściwości?

Wspólną cechą atomów pierwiastków należących do tej samej grupy jest liczba elektronów w powłoce walencyjnej. To właśnie ta cecha sprawia, że mają one podobne właściwości.

### ● Litowce

Przykładowo: atomy pierwiastków należących do grupy litowców w powłoce walencyjnej mają tylko jeden elektron.



▲ Zabarwienie płomienia palnika w obecności litu, sodu i potasu

Wszystkie są metalami o stałym stanie skupienia i niskich wartościach temperatury topnienia w porównaniu z innymi metalami. Cez można stopić ciepłem dłoni. Jego żółcista barwa stanowi wyjątek w tej grupie, wszystkie pozostałe pierwiastki są srebrzystoszare. Każdy z nich ma metaliczny połysk. Litowce barwią płomień palnika na charakterystyczne kolory.

Ze względu na dużą aktywność chemiczną litowce muszą być przechowywane pod warstwą nafty lub oleju mineralnego. Pierwiastki

|   |                                                                                     |                            |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 2 |    | <sup>3</sup> Li<br>6,94    |
|   | lit                                                                                 |                            |
| 3 |    | <sup>11</sup> Na<br>22,99  |
|   | sód                                                                                 |                            |
| 4 |    | <sup>19</sup> K<br>39,10   |
|   | potas                                                                               |                            |
| 5 |   | <sup>37</sup> Rb<br>85,47  |
|   | rubid                                                                               |                            |
| 6 |  | <sup>55</sup> Cs<br>132,91 |
|   | cez                                                                                 |                            |

▲ Litowce



▲ Reakcja potasu z wodą zachodzi gwałtowniej niż reakcja sodu. Najwolniej przebiega reakcja litu z wodą.

należące do tej grupy są bardzo reaktywne w stosunku do tlenu i gwałtownie reagują z wodą.

Aktywność chemiczna litowców rośnie w grupie wraz ze wzrostem ich liczby atomowej. Oznacza to, że im większa jest liczba atomowa litowca, tym bardziej jest on aktywnym metalem.

|   |                   |  |       |
|---|-------------------|--|-------|
| 2 | 17<br>9F<br>19,00 |  | fluor |
| 3 | 17<br>35,45       |  | chlor |
| 4 | 35<br>79,90       |  | brom  |
| 5 | 53<br>126,90      |  | jod   |

▲ Fluorowce

### ● Fluorowce

Każdy z atomów pierwiastków należących do grupy fluorowców ma powłokę walencyjną utworzoną przez siedem elektronów.

Fluor i chlor to gazy, brom jest cieczą, a jod – ciałem stałym. Wymienione pierwiastki mają intensywne barwy: fluor – jasnożółtą, chlor – żółtozieloną, brom – pomarańczowobrunatną, jod – fioletowoszarą. Fluorowce to grupa niemetalii najbardziej aktywnych chemicznie.

Ze względu na bardzo dużą aktywność chemiczną są one niebezpieczne dla człowieka i środowiska. Gwałtownie reagują z wieloma metalami. Najaktywniejszym fluorowcem jest fluor, a najmniej aktywnym – jod. Ma on metaliczny połysk, chociaż jest niemetalem.

### ● Helowce

Odrębną grupę (osiemnastą) stanowią helowce. To pierwiastki, które w powłoce walencyjnej mają 2 elektrony (hel) lub 8 elektronów walencyjnych (pozostałe). Helowce są pierwiastkami biernymi chemicznie. Jest to związane z najbardziej symetrycznym rozmieszczeniem elektronów w powłoce walencyjnej.

Pierwiastki należące do tej samej grupy odznaczają się podobnymi właściwościami, ponieważ mają taką samą liczbę elektronów walencyjnych. Właściwości metaliczne pierwiastków w grupie rosną, a niemetaliczne maleją wraz ze wzrostem liczby atomowej. Przykładowo: grupę trzynastą rozpoczyna bor, który jest niemetalem. Pozostałe pierwiastki z tej grupy to metale.

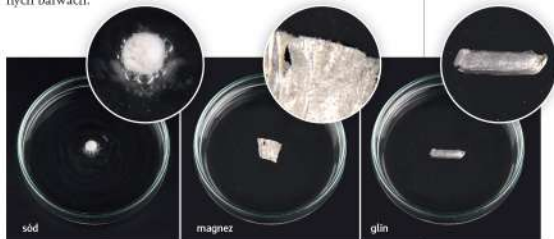
## Czy pierwiastki należące do tego samego okresu mają podobne właściwości?

Porównajmy, jak zmieniają się właściwości pierwiastków okresu trzeciego.

|   |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                    |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                     |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 1                                                                                                  | 2                                                                                                  | 13                                                                                                 | 14                                                                                                 | 15                                                                                                | 16                                                                                                | 17                                                                                                 | 18                                                                                                  |
| 3 | <br>11Na<br>22,99 | <br>12Mg<br>24,31 | <br>13Al<br>26,98 | <br>14Si<br>28,09 | <br>15P<br>30,97 | <br>16S<br>32,07 | <br>17Cl<br>35,45 | <br>18Ar<br>39,95 |
|   | sód                                                                                                | magnez                                                                                             | glin                                                                                               | krzem                                                                                              | fosfor                                                                                            | siarka                                                                                            | chlor                                                                                              | argon                                                                                               |

Sześć z nich to ciała stałe, a tylko dwa ostatnie (chlor i argon) są gazami. Pierwsze cztery, tj. sód, magnez, glin i krzem, mają barwę szarą i metaliczny połysk. Sód, magnez i glin to metale, natomiast krzem i pozostałe (fosfor, siarka, chlor i argon) są niemetalami o różnorodnych barwach.

▲ Pierwiastki okresu trzeciego



▲ Sód reaguje z wodą bardzo gwałtownie, magnez – dopiero po dłuższym czasie, a glin nie ulega tej reakcji. Sód jest najaktywniejszym metalem okresu trzeciego.

Aktywność chemiczna metali okresu trzeciego maleje wraz ze wzrostem liczby atomowej i liczby elektronów walencyjnych.

Pierwiastki należące do tego samego okresu mają taką samą liczbę powłok elektronowych. Z wyjątkiem okresu pierwszego, każdy następny okres rozpoczyna się aktywnym metalem, a kończy – biernym chemicznie gazem szlachetnym. W okresie wraz ze wzrostem liczby atomowej maleją właściwości metaliczne, a rosną – niemetaliczne. Najaktywniejszym w obrębie okresu metalem jest metal grupy pierwszej, niemetalem – niemetal grupy siedemnastej umieszczony w układzie okresowym przed gazem szlachetnym.

|   | 14                                                                                                                              | 15                                                                                                                             | 16                                                                                                                             |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | <sup>6</sup> C<br>12,01<br><br><b>węgiel</b>   | <sup>7</sup> N<br>14,01<br><br><b>azot</b>    | <sup>8</sup> O<br>16,00<br><br><b>tlen</b>    |
| 3 | <sup>14</sup> Si<br>28,09<br><br><b>krzem</b>  | <sup>15</sup> P<br>30,97<br><br><b>fosfor</b> | <sup>16</sup> S<br>32,07<br><br><b>siarka</b> |
| 4 | <sup>32</sup> Ge<br>72,61<br><br><b>german</b> | <sup>33</sup> As<br>74,92<br><br><b>arsen</b> | <sup>34</sup> Se<br>78,96<br><br><b>selen</b> |

▲ Fragment układu okresowego pierwiastków chemicznych

## Czy można przewidywać i porównywać właściwości pierwiastków na podstawie układu okresowego?

Ułożenie pierwiastków w układzie okresowym nie jest przypadkowe. Wiąże się ono z budową wewnętrzną atomu oraz wynikającymi z niej właściwościami chemicznymi i fizycznymi pierwiastków.

Mówi o tym **prawo okresowości**: właściwości fizyczne i chemiczne pierwiastków uporządkowanych według wzrastającej liczby atomowej powtarzają się okresowo.

Analizując położenie pierwiastka w układzie okresowym, można porównywać jego właściwości z sąsiadującymi z nim pierwiastkami z tej samej grupy lub z tego samego okresu. O fosforze można powiedzieć, że ma więcej cech niemetalicznych niż sąsiadujące z nim pierwiastki: krzem i arsen.

## Podsumowanie

1. **Układ okresowy** jest to systematyka (uporządkowanie) pierwiastków.
2. Pierwiastki w układzie okresowym są uporządkowane wg wzrastającej liczby atomowej, a ich **właściwości chemiczne i fizyczne powtarzają się okresowo**.
3. Każdy okres zaczyna się bardzo aktywnym metalem, a kończy – biernym chemicznie helowcem.
4. **Właściwości niemetaliczne** w okresie rosną, a w grupie – maleją.
5. **Właściwości metaliczne** rosną w grupie.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Których z wymienionych substancji nie znajdziesz w układzie okresowym: miedzi, wody, wodoru, dwutlenku węgla, amoniaku, wolframu? Uzasadnij swój wybór.
2. Jakie wspólne właściwości mają litowce?
3. Dlaczego pierwiastki należące do tej samej grupy mają podobne właściwości?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat różnych modyfikacji układu okresowego pierwiastków chemicznych.

# Izotopy i promieniotwórczość

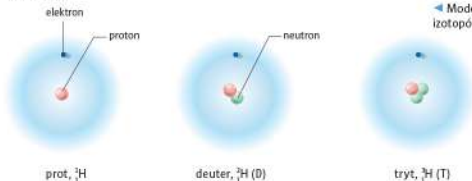
Czy pierwiastek to zbiór identycznych atomów? Dlaczego masy atomowe nie mają wartości równej sumie mas cząstek wchodzących w skład atomu?

## Czy atomy pierwiastka są identyczne?

Atomy tego samego pierwiastka zawierają zawsze taką samą liczbę protonów i elektronów. Nie muszą być jednak identyczne. Mogą różnić się liczbą cząstek obojętnych – neutronów, czyli budową jądra atomowego. Atomy tego samego pierwiastka różniące się liczbą neutronów, ale nie różniące się liczbą protonów i elektronów, nazywamy **izotopami**. Przykładowo: jądra atomów wodoru mają jeden proton, w chmurze elektronowej występuje jeden elektron, ale liczba neutronów może być różna.

Nazwa „izotopy” pochodzi z języka greckiego od *isos* (tę samo), *topos* (miejsce), co oznacza ‘takie samo (jednakowe) miejsce’, w tym przypadku – w układzie okresowym.

◀ Modele struktury izotopów wodoru



## Czy wszystkie pierwiastki mają swoje odmiany izotopowe?

Wiele pierwiastków, np. sód, glin, fosfor, fluor, występuje w przyrodzie w postaci jednego izotopu. Są też takie, które składają się z różnych rodzajów atomów, np. rtęć ma 7 znanych trwałych izotopów, a cyna – aż 10.

Zdecydowana większość pierwiastków występuje w przyrodzie jako mieszanina izotopów o określonym składzie, np. bor jest mieszaniną składającą się z atomów boru-10 (20%) i atomów boru-11 (80%).

Wyjątkowo w przypadku wodoru stosuje się różne nazwy i symbole jego izotopów.

$m_{\text{at. izotopu } n}$  – masa atomu izotopu  $n$

$\%_{\text{izotopu } n}$  – zawartość procentowa izotopu  $n$  w przyrodzie



#### Uwaga!

Różnica między masą atomową wyliczoną w układzie a wartością masy atomowej magnezu umieszczoną w układzie okresowym wynika z przybliżenia masy atomowej poszczególnych izotopów do liczby całkowitej.

#### Promieniotwórczość

naturalna

sztuczna

## Od czego zależy wartość masy atomowej?

Atomy pierwiastków mają określoną masę. Umieszczona w układzie okresowym masa atomowa pierwiastka ma wartość ułamkową. Zależy ona od rozpowszechnienia poszczególnych izotopów danego pierwiastka w przyrodzie. Wzór opisujący masę atomową pierwiastka mającego  $n$  izotopów ma postać:

$$m_{\text{at.}} = \frac{m_{\text{at. izotopu } 1} \cdot \%_{\text{izotopu } 1} + \dots + m_{\text{at. izotopu } n} \cdot \%_{\text{izotopu } n}}{100\%}$$

### ■ Przykłady

1. Oblicz masę atomową magnezu, jeżeli występuje on w przyrodzie w postaci trzech trwałych izotopów o liczbach masowych 24, 25 i 26. Ich zawartość procentowa wynosi kolejno: 78,8%, 10,1% i 11,1%.

**Rozwiązanie**

$$m_{\text{at. Mg}} = \frac{24 \text{ u} \cdot 78,8\% + 25 \text{ u} \cdot 10,1\% + 26 \text{ u} \cdot 11,1\%}{100\%} = 24,323 \text{ u}$$

**Odpowiedź:** Masa atomowa magnezu wynosi 24,323 u.

2. Oblicz zawartość procentową dwóch trwałych izotopów boru o liczbach masowych 10 i 11, jeżeli masa atomowa boru wynosi 10,81 u.

**Rozwiązanie**

Zawartość procentowa izotopu boru o liczbie masowej 10 i masie równej 10 u wynosi  $x\%$ . Zawartość procentowa izotopu boru o liczbie masowej 11 i masie równej 11 u wynosi  $100\% - x\%$ .

$$m_{\text{at. B}} = \frac{10 \text{ u} \cdot x\% + 11 \text{ u} \cdot (100\% - x\%)}{100\%} = 10,81 \text{ u} \quad | \cdot 100\%$$

Po skróceniu jednostki u i pomnożeniu przez 100% obu stron równania wyrażenie przyjmuje postać:

$$10x\% + 1100\% - 11x\% = 1081\%$$

$$1100\% - 1081\% = x\%, \text{ czyli } x = 19\%$$

**Odpowiedź:** Zawartość procentowa izotopu boru o liczbie masowej 10 wynosi 19%, a o liczbie masowej 11 – 81%.

## Czy wszystkie atomy są trwałe?

Nie wszystkie atomy, z których jest zbudowana otaczająca nas materia, są trwałe. Niektóre z nich ulegają **przemianom promieniotwórczym** (jądrowym), którym towarzyszy emisja promieniowania. Jeśli odbywa się to samoistnie w naturze, mówimy o **promieniotwórczości naturalnej**, a jeśli zostaje zainicjowane w warunkach laboratoryjnych – o **promieniotwórczości sztucznej**. Odmiany izotopowe pierwiastków, które ulegają takim samorzutnym przemianom, określamy jako

izotopy promieniotwórcze. Nazywa się je też radioizotopami. Należą do nich przede wszystkim pierwiastki o liczbie atomowej większej od 83. Izotopy, które nie ulegają samorzutnym przemianom, nazywa się izotopami trwałymi.



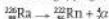
## Jakie są efekty przemian promieniotwórczych?

Efektami przemian promieniotwórczych mogą być:

- powstanie innego jądra atomowego (atomu innego pierwiastka),
- rozpad jądra atomowego z utworzeniem pierwiastków o mniejszych jądrach atomowych,
- promieniowanie.

Spośród znanych typów przemian najważniejsze to przemiana  $\alpha$  i przemiana  $\beta$ , zwane też rozpadem  $\alpha$  oraz rozpadem  $\beta$ .

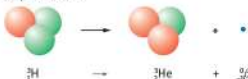
W rozpadzie  $\alpha$  z jądra atomowego powstają inne jądro oraz cząstka  $\alpha$ , zbudowana z dwóch protonów i dwóch neutronów (jądro atomu helu  ${}^4_2\text{He}$ ). Przykładem pierwiastka ulegającego rozpadowi  $\alpha$  jest rad-226:



W wyniku rozpadu  $\alpha$  liczba masowa powstającego izotopu jest mniejsza o 4, a liczba atomowa – mniejsza o 2.

Rozpad  $\beta$  polega na wyrzuceniu elektronu z jądra. Powstaje w wyniku przemiany neutronu w proton.

Przykładowo – nietrwały tryt  ${}^3_1\text{H}$  się rozpada, powstaje izotop helu  ${}^3_2\text{He}$  i jest emitowany elektron:



W wyniku rozpadu  $\beta$  powstaje izotop o takiej samej liczbie masowej, ale większej o 1 liczbie atomowej.

Emisji cząstek  $\alpha$  i  $\beta$  towarzyszy promieniowanie  $\gamma$ . Wysłanie przez pierwiastek wymienionych cząstek oraz promieni  $\gamma$  jest nazywane promieniowaniem jądrowym.

Każdy rodzaj promieniowania ma zdolność przenikania zarówno przez materię ożywioną, jak i nieożywioną.

Promieniowanie  $\gamma$  jest najbardziej przenikliwe, ma największy zasięg. Osłabić je może płyta ołowiana o grubości co najmniej 10 cm.

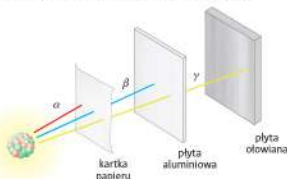
Henri Becquerel, Maria Skłodowska-Curie i Piotr Curie otrzymali Nagrodę Nobla za odkrycie promieniotwórczości naturalnej, a Irena Curie-Joliot i Fryderyk Joliot – za badania nad promieniotwórczością sztuczną.



▲ Model cząstki  $\alpha$ , czyli jądra atomu helu  ${}^4_2\text{He}$

► Porównanie  
przenikliwości  
promieniowania

Promieniowanie  $\beta$  jest mniej groźne, zatrzymuje je płyta aluminiowa. Dla promieniowania  $\alpha$  barierą jest kartka papieru.



## Czy zjawisko promieniotwórczości znalazło zastosowanie?

Zjawisko promieniotwórczości naturalnej towarzyszy nam na co dzień, chociaż nie zdajemy sobie z tego sprawy. Warto pamiętać, że przemiany promieniotwórcze wywołane przez człowieka (**promieniotwórczość sztuczna**) również mają różnorodne zastosowanie.

Radioizotopy stosuje się między innymi w diagnostyce medycznej, leczeniu nowotworów, wykrywaniu ukrytych wad materiałów, a także w czujnikach przeciwpożarowych. Ogromne nadzieje wiąże się z wykorzystaniem energii powstającej w czasie rozpadu jąder atomowych. Taki sposób pozyskiwania energii jest nazywany **energetyką jądrową**. Ma ona swoich zwolenników, ale wciąż budzi spore wątpliwości. Najpoważniejsze z nich dotyczą możliwości wydostania się do środowiska niebezpiecznych odpadów promieniotwórczych, czyli nietrwałych izotopów. Największą groźbę budzi jednak wykorzystanie zjawiska rozpadu jąder atomowych do produkcji broni jądrowej.



Elektrownia jądrowa w Brazylii  
zasilająca całe Rio de Janeiro



Czujnik przeciwpożarowy



Sprzęt medyczny

**Uwaga!** W przypadku narażenia się na promieniowanie jądrowe należy pamiętać, że:

- im krótszy czas przebywania w pobliżu źródła promieniowania, tym mniejsza otrzymana jego dawka;
- im dalej od źródła promieniowania, tym bezpieczniej;
- odpowiednia osłona osłabia promieniowanie.

### Ciekawostka

Radioterapię dzieli się na teleradioterapię i brachyterapię. Czynnikiem różniącym jest rodzaj stosowanego źródła promieniowania. W teleradioterapii wykorzystuje się wiązkę promieniowania z zewnątrz, natomiast brachyterapia polega na umieszczeniu źródła promieniowania bezpośrednio w guzie lub w jego okolicy. W niektórych przypadkach (np. raka tarczycy) istnieje możliwość dożylnego lub doustnego podawania izotopów promieniotwórczych.



▲ Znak ostrzegający przed substancjami promieniotwórczymi

## Podsumowanie

- Izotopy** to odmiany tego samego pierwiastka różniące się liczbą neutronów.
- Prot, deuter i tryt** to trzy znane odmiany izotopowe wodoru.
- Masa atomowa pierwiastka** to średnia mas atomów danego pierwiastka uwzględniająca jego skład izotopowy.
- Promieniotwórczość, radioaktywność** – właściwość niektórych jąder atomowych polegająca na samorzutnym rozpadzie, z równoczesną emisją promieniowania.
- Zjawisko promieniotwórczości** znalazło praktyczne zastosowanie w wielu dziedzinach życia, ale jego niewłaściwe wykorzystanie może być niebezpieczne.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Masa atomowa chloru wynosi 35,453 u. Ten pierwiastek występuje w przyrodzie w postaci dwóch izotopów o liczbach masowych 35 i 37. Oblicz, który z tych izotopów jest bardziej rozpowszechniony.
- Jaką wartość przyjmie liczba masowa i liczba atomowa izotopu powstającego w wyniku rozpadu  $\alpha$  izotopu polonu o symbolu  $^{210}_{84}\text{Po}$ ?
- Który rodzaj promieniowania ( $\alpha$ ,  $\beta$  czy  $\gamma$ ) ma największą przenikliwość, a który – najmniejszy zasięg?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- pojęć: Izobar, Izoton,
- objawów choroby popromiennej,
- korzyści i niebezpieczeństw z zastosowania energetyki jądrowej.

# Domowe laboratorium



## Próba płomieniowa związków sodu

Przygotuj rozproszony spinacz biurowy. Zanurz go w roztworze soli kuchennej. Następnie wprowadź w płomień mikropalnika. Obserwuj zmianę barwy płomienia. Nowy spinacz ogrzewaj w płomieniu tak długo, aż przestanie go barwić. Po ostudzeniu dotknij go palcami, kawałkiem chleba, sera lub innymi produktami spożywczymi i ponownie wprowadź w płomień. W jakich produktach stwierdziłeś obecność związków sodu?



## Oddziaływanie elektrostatyczne

Weź taśmę klejącą, odetnij kawałek o długości około 20 cm i przyklej do powierzchni stołu. Drugi kawałek o takiej samej długości odetnij z rolki i chwyć w palce. Oderwij taśmę ze stołu i zbliż powoli do tej trzymanej w dłoni. Obserwuj zachowanie kawałków taśmy względem siebie. Jakiego rodzaju ładunki zgromadziły się na tych dwóch paskach taśmy – jednoimiennie czy różnoimiennie?



## Pomiar grubości warstwy oleju na wodzie

Napełnij talerz wodą i posyp powierzchnię talkiem. Rozpylacz do talku zrób z butelki po keczupie, słomki do picia i plasteliny. Zanurz końcówkę wykałaczki (igły) w oleju roślinnym i dotknij nią wody na środku talerza. Powstanie bardzo cienka błonka z oleju, która zepchnie talk do brzegów. Załóżmy, że twoja kropla oleju na wykałaczce (igle) ma objętość  $0,05 \text{ cm}^3$ . Zmierz średnicę plamy i oblicz grubość błonki na talerzu. Podobne doświadczenie ponad 200 lat temu wykonał amerykański uczone Benjamin Franklin, który wlał łyżeczkę oleju (około  $4 \text{ cm}^3$ ) do stawu (0,2 ha). Oblicz grubość warstwy oleju w jego doświadczeniu.



## Modele atomów pierwiastków

Wykonaj z plasteliny modele atomów: litu, sodu, potasu, rubidu i cezu, tak aby odzwierciedlały rzeczywistą wielkość atomów. Przyjmij, że  $1 \text{ mm} = 10 \text{ pm}$  ( $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ). Za pomocą cyrkiła i linijki (patrz zdjęcie) możesz wykonać dokładne modele.

| Pierwiastek         | lit | sód | potas | rubid | cez |
|---------------------|-----|-----|-------|-------|-----|
| Promień atomowy, pm | 134 | 154 | 196   | 211   | 225 |

# Czy wiesz, że...

## ■ Koszmarna noc i martwe miasto

W nocy z 25 na 26 kwietnia 1986 roku obsługa reaktora nr IV w Czarnobylu, w ramach eksperymentu, wyłączyła automatyczne systemy zabezpieczające. Spowodowało to gwałtowny wzrost ilości energii produkowanej przez reaktor. Nastąpił niekontrolowany wzrost mocy reaktora. Powinny wówczas włączyć się systemy zabezpieczające, ale przecież zostały wcześniej odłączone. Skończyło się to zniszczeniem elektrowni, skażeniem znacznej części przyległego do niej terenu oraz ewakuacją 130 tysięcy ludzi.

Nuklidy jakich pierwiastków wydostały się do atmosfery w wyniku awarii w Czarnobylu?  
Dlaczego w tym czasie zalecano picie płynu Lugola?

## ■ Miejsca przeklęte na wieki

W 1987 roku władze USA skupiły się na rozpatrywaniu projektu składowania odpadów promieniotwórczych w komorach wykutych w skałach Yucca Mountain (południowa Nowada). Od tamtej chwili prowadzi się badania nad tym projektem. Składowisko to będzie znajdować się 300 metrów pod ziemią i około 240–370 metrów powyżej poziomu wód gruntowych. Ma ono mieścić 70 000 ton odpadów (w tym 63 000 ton wypalonego paliwa) umieszczonych w pojemnikach, których wytrzymałość oszacowano na 10 tysięcy lat. Tylko jak ostrzec przyszłe pokolenia przed tym, co będzie głęboko pod ziemią?

Z jakiego powodu miejsce przeznaczone na składowanie odpadów promieniotwórczych musi być tak starannie zbadane?



▲ Elektrownia atomowa w Czarnobylu



Yucca Mountain

► Elektrownia  
w Shickshinny (USA)



W którym z państw Unii Europejskiej udział energii jądrowej w produkcji energii jest największy? Czy w Polsce znajdują się elektrownie jądrowe?

## ■ Czy bać się elektrowni jądrowych?

Obecnie budowane elektrownie jądrowe mają zabezpieczenia uniemożliwiające przedostawanie się radioaktywnych odpadów do środowiska. Wyjątkiem były awarie elektrowni w Czarnobylu i Fukushima. W Czarnobylu zawiodł system sterowania – z powodu błędu obsługi. W Fukushima bezpośrednią przyczyną awarii było trzęsienie ziemi i wywołane nim tsunami. Pyły oraz gazy pochodzące z elektrowni węglowych są bardziej szkodliwe dla zdrowia ludzi i środowiska naturalnego, niż się wydaje. Prowadzą do powstawania chorób wywołujących przedwczesne zgony. Energia jądrowa jest około 10 razy tańsza od energii uzyskiwanej z gazu ziemnego i około 100 razy tańsza od energii produkowanej z zastosowaniem węgla. Należy jednak pamiętać, że koszty związane z utylizacją zużytego paliwa jądrowego są znacznie wyższe niż koszty utylizacji popiołów powstających podczas spalania węgla.

## ■ Reaktor i bomba

W reaktorze jądrowym wykorzystuje się paliwo zawierające zaledwie 4%  $^{235}\text{U}$ , a w bombie zawartość tego promieniotwórczego izotopu wynosi aż 90%. Dzięki takiej różnicy w reaktorze energetycznym nie może rozwinąć się tak szybka reakcja łańcuchowa, która doprowadziłaby do wybuchu jądrowego.

Jaka jest istota działania reaktora jądrowego? Z jakich etapów składa się reakcja łańcuchowa?



► Grzyb atomowy po wybuchu bomby atomowej

# Podsumowanie działu

## ■ Cząstki w atomie

| Atom                     | Cząstka     | Ładunek elektryczny | Masa, u    |
|--------------------------|-------------|---------------------|------------|
| jądro atomowe (nukleony) | proton, p   | dodatni             | 1          |
|                          | neutron, n  | obojętny            | 1          |
| chmura elektronowa       | elektron, e | ujemny              | ok. 1/1840 |

## ■ Izotopy

to odmiany tego samego pierwiastka różniące się liczbą neutronów w jądrze atomowym.

|                           | Izotopy węgla                                                                     |                                                                                   |                                                                                   |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Modele jądra              |  |  |  |
| Symboliczny zapis         | $^{12}_6\text{C}$<br>węgiel-12                                                    | $^{13}_6\text{C}$<br>węgiel-13                                                    | $^{14}_6\text{C}$<br>węgiel-14                                                    |
| Liczba masowa             | 12                                                                                | 13                                                                                | 14                                                                                |
| Liczba protonów w jądrze  | 6                                                                                 | 6                                                                                 | 6                                                                                 |
| Liczba neutronów w jądrze | 6                                                                                 | 7                                                                                 | 8                                                                                 |

## ■ Promieniotwórczość naturalna

to zjawisko polegające na samorzutnej przemianie jąder atomowych, któremu towarzyszy promieniowanie  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

## ■ Uśredniona masa atomowa

| Zawartość procentowa izotopów węgla występujących w przyrodzie |           |                          |
|----------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|
| węgiel-12                                                      | węgiel-13 | węgiel-14                |
| 98,9%                                                          | 1,1%      | pomijalne śladowe ilości |

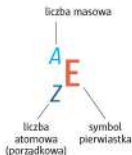
### Masa atomowa węgla

$$m_{\text{w.c}} = \frac{12 \text{ u} \cdot 98,9\% + 13 \text{ u} \cdot 1,1\%}{100\%} = 12,011 \text{ u}$$

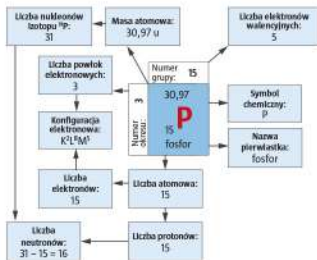
## Elektrony w atomie



## Wielkości opisujące atomy oraz ich symboliczny zapis i znaczenie



## Informacje zawarte w układzie okresowym



# Test do działu

Wybierz poprawne dokończenie zdania lub odpowiedź.

**1. Elektron to cząstka, która**

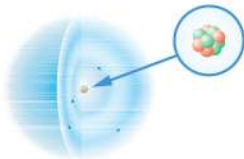
- A. jest obdarzona elementarnym ładunkiem dodatnim.
- B. ma znikomo małą masę.
- C. nie ma ładunku elektrycznego.
- D. znajduje się w jądrze atomowym.

**2. Liczba atomowa cynku wynosi 30, co oznacza, że atom cynku ma**

- A. 15 protonów i 15 elektronów.
- B. 30 protonów i 30 elektronów.
- C. 10 protonów, 10 elektronów i 10 neutronów.
- D. 30 neutronów.

*Informacja do zadań: 3. i 4.*

Na rysunku przedstawiono uproszczony model atomu pewnego pierwiastka. Kulki koloru czerwonego symbolizują protony, a koloru zielonego – neutrony.



**3. Atom, którego model przedstawiono powyżej, charakteryzuje**

- A. liczba atomowa 4.
- B. liczba masowa 5.
- C. liczba atomowa 9.
- D. liczba masowa 13.

**4. Pierwiastek ten to**

- A. hel.
- B. lit.
- C. beryl.
- D. bor.

**5. Pierwiastek, którego atom ma dwa razy więcej elektronów niż atom argonu, to**

- A. fluor.
- B. siarka.
- C. wapń.
- D. krypton.

**6. Pierwiastek, którego atom ma w sumie 30 protonów i elektronów, ma symbol**

- A. Zn
- B. Ca
- C. Ne
- D. P

7. Pierwiastek, którego atom ma tyle protonów, ile neutronów jest w jądrze izotopu  $^{14}\text{N}$ , to  
 A. azot. B. fosfor. C. tlen. D. tytan.

8. Izotopy to atomy tego samego pierwiastka, które mają  
 A. taką samą liczbę atomową i liczbę masową.  
 B. taką samą liczbę atomową, a różną liczbę masową.  
 C. taką samą liczbę masową, a różną liczbę atomową.  
 D. różną liczbę atomową i liczbę masową.

9. Piktogram umieszczany na opakowaniu substancji utleniającej przedstawiono na rysunku

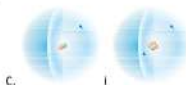


10. Pierwiastki z tej samej grupy odznaczają się podobnymi właściwościami, gdyż mają taką samą liczbę  
 A. elektronów.  
 B. elektronów walencyjnych.  
 C. powłok elektronowych.  
 D. izotopów.

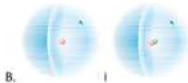
11. Który rysunek przedstawia izotopy tego samego pierwiastka?



I



I



I



I

12. Średnia masa atomowa tlenu wynosi 15,9994 u.  
 Który z izotopów tlenu jest najbardziej rozpowszechniony w przyrodzie?

- A.  $^{16}\text{O}$   
 B.  $^{17}\text{O}$   
 C.  $^{18}\text{O}$

- D. Wszystkie trzy izotopy tlenu występują w takiej samej ilości.

# Sprawdź się

## Zadanie 1.

Przyporządkuj pojęcia z kolumny I do odpowiednich określeń z kolumny II.

| I                      | II                                                                         |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. proton              | a) obojętna elektrycznie cząstka wchodząca w skład jądra atomowego         |
| 2. neutron             | b) uczestniczący w tworzeniu wiązań elektron najbardziej oddalony od jądra |
| 3. nukleon             | c) liczba protonów w jądrze atomowym danego pierwiastka                    |
| 4. elektron            | d) cząstka obdarzona elementarnym ładunkiem dodatnim                       |
| 5. elektron walencyjny | e) liczba nukleonów w jądrze atomowym danego pierwiastka                   |
| 6. liczba atomowa      | f) składnik atomu obdarzony elementarnym ładunkiem ujemnym                 |
| 7. liczba masowa       | g) składnik jądra atomowego                                                |

## Zadanie 2.

Oceń poprawność poniższych stwierdzeń (P – prawda, F – fałsz). Skorzystaj z układu okresowego pierwiastków chemicznych.

|     |                                                                                      |       |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| I   | Liczba atomowa neonu jest równa 10.                                                  | P / F |
| II  | W jądrze atomu o symbolu H znajduje się 1 proton.                                    | P / F |
| III | Pierwiastek, którego liczba atomowa wynosi 18, jest metalem.                         | P / F |
| IV  | Atom węgla o liczbie masowej 14 ma 6 neutronów w jądrze.                             | P / F |
| V   | Atom zbudowany z 3 protonów, 3 elektronów oraz 4 neutronów ma w jądrze 10 nukleonów. | P / F |

**Zadanie 3.**

Na podstawie układu okresowego pierwiastków wskaż symbole pierwiastków oznaczonych literą X oraz właściwą liczbę cząstek wchodzących w skład atomów tych pierwiastków. Odpowiedzi zapisz w zeszytye.

|     |                      |              |                                 |
|-----|----------------------|--------------|---------------------------------|
| I   | $^{17}_{9}\text{X}$  | Cl / F / O   | Liczba protonów: 25 / 17 / 8    |
| II  | $^{23}_{11}\text{X}$ | Na / Mg / V  | Liczba elektronów: 11 / 23 / 34 |
| III | $^{35}_{17}\text{X}$ | Br / Ar / Cl | Liczba neutronów: 17 / 18 / 35  |
| IV  | $^{64}_{29}\text{X}$ | Cu / Gd / Np | Liczba nukleonów: 93 / 64 / 29  |

**Zadanie 4.**

Poniższy rysunek przedstawia model atomu pewnego pierwiastka. Kulki koloru czerwonego symbolizują protony, a kulki koloru zielonego – neutrony.



Przepisz zdania do zeszytu i uzupełnij je właściwymi określeniami.

W jądrze atomu tego pierwiastka znajduje się sześć (A / B / C) oraz pięć (A / B / C). W przestrzeni wokół jądra jest pięć (A / B / C).

A. protonów    B. neutronów    C. elektronów

**Zadanie 5.**

Przepisz zdania do zeszytu i uzupełnij je właściwymi określeniami.

- I. Izotopy to odmiany tego samego pierwiastka mające taką samą liczbę (protonów / neutronów), ale różniące się liczbą (protonów / neutronów).
- II. Atomy tego samego pierwiastka będące izotopami mają (taką samą / różną) masę.
- III. Prot, deuter i tryt są izotopami (helu / wodoru).
- IV. Pozyskiwanie energii w elektrowniach jądrowych (przyczynia się / nie przyczynia się) do zwiększenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

# 3

## Wiązania i reakcje chemiczne

Na Słońcu, co sekundę, 600 milionów ton wodoru w wyniku reakcji przemienia się w hel. Przemianie tej towarzyszy emisja energii, docierająca do naszej planety.

Jakie właściwości oprócz smaku odróżniają sól od cukru?

sacharoza  
(cukier)



chlerek sodu  
(sól)

Dlaczego niektóre gazy nazywamy szlachetnymi?

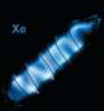
He

Ne

Ar

Kr

Xe



## 3.1

## Wiązania jonowe

W przyrodzie zachodzą różne przemiany fizyczne i chemiczne. Drobinę przemieszczają się względem siebie, zderzają i oddziałują ze sobą. Efektem tego są reakcje chemiczne. Polegają one na powstawaniu i rozrywaniu wiązań między atomami.

## Które pierwiastki są bierne, a które aktywne chemicznie?

Analizując układ okresowy, zwracaliśmy uwagę, że poszczególne pierwiastki różnią się aktywnością chemiczną. Oznacza to, że mają one różną zdolność do oddziaływania ze sobą i tworzenia wiązań chemicznych. Te najbardziej aktywne chemicznie to pierwiastki grupy pierwszej, drugiej i siedemnastej, czyli litowce, berylłowce i fluorowce; bardzo łatwo wchodzą w reakcje chemiczne i tworzą związania.

Szczególną grupą są helowce, pierwiastki bierne chemicznie, nazywane gazami szlachetnymi. Występują w postaci pojedynczych atomów.

## Czy aktywność chemiczna pierwiastka zależy od budowy jego atomu?

W tworzeniu wiązań chemicznych biorą udział elektrony zewnętrznej powłoki, czyli elektrony walencyjne. Ich liczba decyduje o aktywności chemicznej pierwiastka oraz o sposobie tworzenia wiązań.

Pierwiastki, które mają w atomie tyle samo elektronów walencyjnych, odznaczają się podobnymi właściwościami chemicznymi i należą do tej samej grupy.

## Co jest siłą napędową powstawania wiązań chemicznych?

Według teorii opisującej tworzenie wiązań chemicznych bierność helowców jest spowodowana ich trwałą konfiguracją elektronową. Taka konfiguracja, w której elektrony walencyjne są symetrycznie rozmieszczone, zapewnia minimum energii skupionej w atomie. Pierwszy z helowców, czyli hel, ma 2 elektrony walencyjne (dublet elektronowy), a kolejne – neon, argon, krypton, ksenon i radon – mają po 8 elektronów (oktet elektronowy).

Pozostałe atomy pierwiastków dążą do konfiguracji elektronowej atomów helowców, w wyniku czego tworzą związania chemiczne.

|   |               |
|---|---------------|
|   | 18            |
| 1 | He<br>hel     |
| 2 | Ne<br>neon    |
| 3 | Ar<br>argon   |
| 4 | Kr<br>krypton |
| 5 | Xe<br>ksenon  |

▲ Helowce

## Jak tworzą się wiązania między chlorem a sodem?



### Doświadczenie 3.1.1

#### Reakcja sodu z chlorem

Do kolby wypełnionej chlorem, na której dnie znajduje się piasek, ostrożnie wrzucamy mały kawałek sodu. Aby rozpocząć reakcję, do naczynia wprowadzamy kroplę wody.

**Obserwacje:** Sód wrzucony do kolby z chlorem się zapala, a powierzchnia kolby pokrywa się białym nalotem.

**Wnioski:** Sód gwałtownie reaguje z chlorem. Biały nalot to chlorek sodu – popularna sól kuchenna.



Zarówno chlor, jak i sód należą do grupy pierwiastków bardzo aktywnych chemicznie. Znajdują się one po przeciwnych stronach układu okresowego. Mają skrajnie odmienne właściwości: sód – typowo metaliczne, a chlor – niemetaliczne.

W czasie reakcji atomy pierwiastków oddziałują ze sobą i zmieniają rozmieszczenie swoich elektronów walencyjnych, ponieważ dążą do uzyskania konfiguracji najbliższych im gazów szlachetnych. Dla sodu jest to konfiguracja neonu, a dla chloru – argonu.

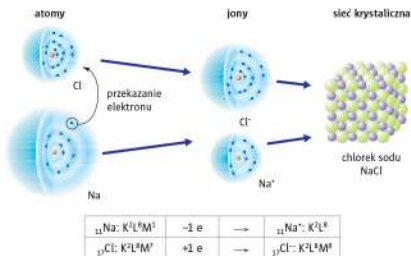
|                                                  | Liczba protonów | Liczba elektronów | Liczba elektronów walencyjnych | Ładunek  | Atom           |
|--------------------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|----------|----------------|
| $_{11}\text{Na}: \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$ | 11              | 11                | 1                              | obojętny | atom sodu Na   |
| $_{10}\text{Ne}: \text{K}^2\text{L}^8$           | 10              | 10                | 8                              | obojętny | atom neonu Ne  |
| $_{17}\text{Cl}: \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$ | 17              | 17                | 7                              | obojętny | atom chloru Cl |
| $_{18}\text{Ar}: \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$ | 18              | 18                | 8                              | obojętny | atom argonu Ar |

Konfiguracje elektronowe atomów sodu i neonu różni jeden elektron tworzący kolejną, trzecią powłokę elektronową – dlatego atom sodu pozbywa się jednego elektronu z powłoki walencyjnej i uzyskuje taką konfigurację elektronową, jaką ma neon.

Atom chloru przyjmuje od atomu sodu jeden elektron, którego brakuje mu do konfiguracji elektronowej argonu, najbliższego gazu szlachetnego. Efektem przekazania elektronu jest powstanie drobin,

► Schemat tworzenia wiązania jonowego w chlorku sodu

które mają ładunki elektryczne: dodatni dla sodu, a ujemny dla chloru. Takie naładowane drobiny to jony: kation o ładunku dodatnim i anion o ładunku ujemnym.



Opis budowy powstałych jonów zamieszczono w tabeli:

| Konfiguracja jonu                                  | Liczba protonów | Liczba elektronów | Liczba elektronów walencyjnych | ładunek      | jon                           |
|----------------------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------|
| $_{11}\text{Na}^+: \text{K}^1\text{L}^8$           | 11              | 10                | 8                              | jednododatni | kation sodu $\text{Na}^+$     |
| $_{17}\text{Cl}^-: \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$ | 17              | 18                | 8                              | jednoujemny  | anion chlorkowy $\text{Cl}^-$ |

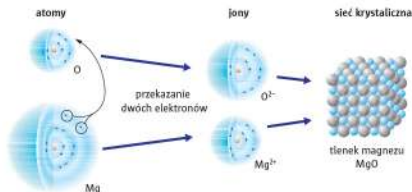
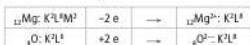
Powstałe jony mają ładunki różnoimienne i przyciągają się siłami elektrostatycznymi. W wyniku takich oddziaływań tworzy się **sieć krystaliczna**, zbudowana z kationów sodu  $\text{Na}^+$  i anionów chlorkowych  $\text{Cl}^-$ . Powstaje regularna struktura; ładunki jednoimienne wzajemnie się odpychają, a ładunki różnoimienne (kationy i aniony) – przyciągają. Dzięki temu obserwujemy regularne kształty kryształów chlorku sodu. W sieci krystalicznej nie można wyodrębnić pojedynczej cząsteczki. Wiązanie chemiczne, które tworzą przyciągające się jony o przeciwnych znakach, nazywamy **wiązaniem jonowym**.

Wzory związków jonowych informują o stosunku ilościowym jonów znajdujących się w sieci krystalicznej związku. Inaczej jest on nazywany **stosunkiem stechiometrycznym**. Słowo „stechiometria” pochodzi z języka greckiego i oznacza ilościową interpretację reakcji chemicznych.

Wzór chemiczny związku chloru z sodem to  $\text{NaCl}$ . Oznacza on, że w sieci krystalicznej na każdy kation sodu przypada jeden anion chlorkowy.

## Jak powstaje wiązanie między tlenem a magnezem?

Dla tlenu i magnezu najbliższym gazem szlachetnym jest neon. Dwa elektrony z powłoki walencyjnej atomu magnezu zostają przekazane do atomu tlenu. Atomy obu pierwiastków uzyskują konfigurację elektronową neonu. Tworzą się jony: dwudodatni kation magnezu  $\text{Mg}^{2+}$  i dwuujemny anion tlenkowy  $\text{O}^{2-}$ .



◀ Schemat tworzenia wiązania jonowego w tlenku magnezu

Wzór chemiczny związku magnezu z tlenem to  $\text{MgO}$ . Informuje on, że w sieci krystalicznej na każdy kation magnezu przypada jeden anion tlenkowy.

## Jak powstaje wiązanie między chlorem a glinem?

Zarówno atom glinu, jak i atom chloru dążą do symetrycznego rozmieszczenia elektronów, czyli do oktetowej konfiguracji elektronowej. Dla glinu najbliższym gazem szlachetnym jest neon, a dla chloru – argon.

Trzy elektrony z powłoki walencyjnej atomu glinu zostają przekazane do trzech atomów chloru. Dlaczego do trzech? Ponieważ jeden atom chloru może przyjąć tylko jeden elektron. Tworzą się jony: trójdodatni jon glinu (kation glinu  $\text{Al}^{3+}$ ) i trzy jednoujemne jony chlorkowe (aniony chlorkowe  $\text{Cl}^-$ ).



Wzór powstałego związku chemicznego to  $\text{AlCl}_3$ . Liczba w indeksie dolnym to tzw. indeks stechiometryczny – we wzorze oznacza, że na każdy kation glinu przypadają w sieci krystalicznej 3 aniony chlorkowe.

▼ Minerały zawierające związki o budowie jonowej

## Jakie właściwości mają związki jonowe?

Związki o budowie jonowej:

- są ciałami stałymi;
- nie występują w postaci cząsteczek, tylko tworzą sieci krystaliczne;
- mają zazwyczaj wysokie wartości temperatury topnienia i temperatury wrzenia;
- są zazwyczaj rozpuszczalne w wodzie;
- rozpuszczone w wodzie lub stopione przewodzą prąd elektryczny.

halit



anhydryt



kalcyt



piryt



## Podsumowanie

1. **Wiązanie jonowe** polega na przeniesieniu elektronów z atomu metalu do atomu niemetalu i na elektrostatycznym przyciąganiu się powstałych jonów.
2. **Jony** to drobiny obdarzone ładunkiem elektrycznym dodatnim (**kationy**) lub ujemnym (**aniony**).
3. W związkach jonowych nie da się wyodrębnić pojedynczej cząsteczki.
4. Wzór związku o budowie jonowej zawiera informację o najprostszym stosunku stechiometrycznym, w jakim kationy i aniony tworzą **sieć krystaliczną**.
5. **Związki jonowe** tworzą sieci krystaliczne, mają wysokie wartości temperatury wrzenia i topnienia, w postaci roztworów przewodzą prąd elektryczny.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Co jest przyczyną tworzenia wiązań chemicznych między atomami?
2. Wyjaśnij, czym różni się jon od atomu oraz dlaczego sód tworzy jon jednododatni  $\text{Na}^+$ , a magnez – dwudodatni  $\text{Mg}^{2+}$ .
3. Napisz w zeszycie wzór związku chemicznego, w którego sieci krystalicznej znajdują się  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Br}^-$  oraz  $\text{Fe}^{3+}$  i  $\text{Cl}^-$ .

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) Linusa Paulinga,
- b) związków jonowych, które znalazły zastosowanie w jubilerstwie.

# Wiązania kowalencyjne

Gazy szlachetne występują w przyrodzie w niewielkich ilościach i tylko w postaci pojedynczych atomów, w przeciwieństwie do innych gazowych substancji. Jak tworzą się cząsteczki gazów – wodoru, chloru, azotu?

## Dlaczego niektóre pierwiastki występują w przyrodzie w postaci cząsteczek?

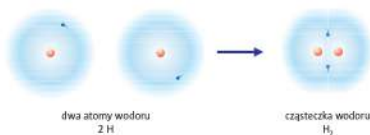
Niektóre pierwiastki niemetaliczne występują w przyrodzie w postaci połączonych atomów tworzących cząsteczki.

Dążenie atomów do osiągnięcia konfiguracji elektronowej najbliższego gazu szlachetnego jest tak silne, że atomy zbliżają się do siebie i uzupełniają swoją konfigurację elektronową; oddają część elektronów walencyjnych „do wspólnego użytku”. Pozostają one w zasięgu oddziaływania obu jąder atomowych.

Taki rodzaj wiązania, w którym tworzą się wspólne pary elektronowe, nazywamy **wiązaniem kowalencyjnym** lub **atomowym**.

## Jak tworzy się wiązanie w cząsteczce wodoru?

Atom wodoru ma jeden elektron walencyjny ( $1\text{H}: \text{K}^1$ ). Aby uzyskać taką konfigurację jak najbliższy gaz szlachetny – hel (konfigurację dubletową  $2\text{He}: \text{K}^2$ ) – wodoró musi swoją powłokę walencyjną uzupełnić jednym elektronem. Tworzy się wspólna para elektronowa między jądrami obu atomów wodoru. Powstaje pojedyncze wiązanie kowalencyjne. Liczba utworzonych wspólnych par elektronowych jest krótnością wiązania.



▲ Schemat tworzenia wiązania między atomami wodoru

Niemetale występujące w postaci cząsteczek:

wodór  $\text{H}_2$

tlen  $\text{O}_2$

azot  $\text{N}_2$

chlor  $\text{Cl}_2$

fosfor  $\text{P}_4$

siarka  $\text{S}_8$

Powstawanie cząsteczki wodoru można również przedstawić za pomocą **wzorów elektronowych**. W takim zapisie kropki odpowiadają elektronom walencyjnym, a kreską zastąpiono **parę elektronową wiążącą** oba atomy. We **wzorze kreskowym** związku chemicznego pokazuje się wszystkie pary elektronowe. Wspólna para elektronowa w cząsteczce wodoru jest równo oddalona od jąder obu atomów.

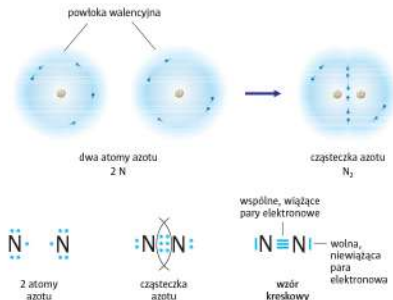
► Wzór kreskowy



### Jak powstaje cząsteczka azotu?

Azot znajduje się w grupie piętnastej, jego atom ma 5 elektronów walencyjnych ( $_{7}\text{N}: \text{K}^2\text{L}^5$ ). Do konfiguracji najbliższego gazu szlachetnego – neonu ( $_{10}\text{Ne}: \text{K}^2\text{L}^8$ ) – brakuje mu 3 elektronów. Dlatego 2 atomy azotu tworzą 3 wspólne pary elektronowe, tak aby w obszarze oddziaływań każdego z jąder atomu azotu było 8 elektronów.

► Schemat tworzenia wiązania między atomami azotu



Wiązanie między atomami azotu jest potrójne, czyli powstały 3 wspólne pary elektronowe. W cząsteczce azotu znajdują się 2 niewiążące pary elektronowe, po jednej przy każdym z atomów. Pary niewiążące to takie, które nie biorą udziału w tworzeniu wiązań chemicznych.

**Ciekawostka**

Niektóre pierwiastki, takie jak węgiel czy krzem, tworzą sieć krystaliczną, w której wszystkie atomy są połączone wiązaniami kowalencyjnymi i tworzą kryształy kowalencyjne. Dzięki temu mają wyższe temperatury topnienia niż związki kowalencyjne zbudowane z cząsteczek.

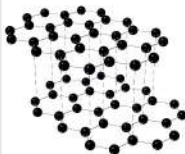
Różnica położenia atomów węgla względem siebie w diamencie i graficie sprawia, że te substancje mają inne właściwości fizyczne (gęstość, przewodnictwo prądu i ciepła).

## Jakie właściwości mają związki o budowie kowalencyjnej?

Związki kowalencyjne mają różny stan skupienia, częściej gazowy lub ciekły, rzadziej stały, występują najczęściej w postaci cząsteczek. Zwykle nie przewodzą prądu elektrycznego; wyjątkiem jest węgiel w postaci grafitu. W porównaniu ze związkami jonowymi mają niższe wartości temperatury topnienia i wrzenia.



▲ Sieć krystaliczna diamentu



▲ Sieć krystaliczna grafitu

## Podsumowanie

1. **Wiązania kowalencyjne** powstają w wyniku uwspólnienia elektronów. Tworzą się między atomami niemetali.
2. Wspólne pary elektronowe są nazywane **parami wiążącymi**, natomiast te, które nie biorą udziału w tworzeniu wiązania, to tzw. **pary niewiążące**.
3. **Liczba powstających wiązań** zależy od liczby brakujących elektronów do dubletu lub oktetu.
4. Związki o budowie kowalencyjnej mają różny stan skupienia i zwykle niskie wartości temperatury topnienia i wrzenia. Występują w postaci cząsteczek.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Narysuj w zeszyte schemat powstawania wiązań w cząsteczce  $\text{Cl}_2$ . Ile elektronów uwspólniają atomy chloru tworzące tę cząsteczkę?
2. Zapisz w zeszyte za pomocą symboli lub wzorów: 3 atomy fosforu, 5 czteroatomowych cząsteczek fosforu, 4 atomy siarki.
3. Porównaj sposób tworzenia wiązań jonowych i kowalencyjnych (sposób osiagania konfiguracji najbliższego gazu szlachetnego).

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) budowy cząsteczki fosforu  $\text{P}_4$ ,      b) kryształów kowalencyjnych.

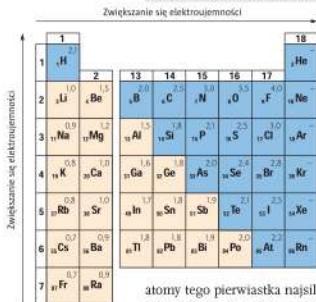
## 3.3

# Elektroujemność – cecha pierwiastka

Woda to substancja warunkująca życie na Ziemi. Sposób połączenia atomów wodoru i tlenu w cząsteczce  $H_2O$  ma duży wpływ na właściwości tej substancji. Jakie wiązania łączą atom tlenu z atomami wodoru? Czy można to przewidzieć?

## Jak przewidywać rodzaj wiązań między atomami?

W tworzeniu wiązań chemicznych uczestniczą elektrony walencyjne. Atomy w trakcie tworzenia wiązania mogą oddawać te elektrony bądź je przyjmować. Te, które mają tendencję do oddawania elektronów, nazywamy pierwiastkami elektrododatnimi (np. sód, magnez), a te, które przyjmują elektrony, pierwiastkami elektroujemnymi (np. chlor, siarka).



Każdemu z pierwiastków, oprócz helowców, przypisano liczbę określającą miarę zdolności jego atomów do przyciągania elektronów. Tę cechę pierwiastka nazywamy elektroujemnością ( $E$ ).

Elektroujemność jest wielkością bezwymiarową, która zawiera się w przedziale od 0,7 do 4,0. Najmniejsze wartości elektroujemności mają litowce, które dążą do konfiguracji elektronowej najbliższego gazu szlachetnego i najłatwiej oddają elektrony. Największą wartość (4,0) przypisano fluorowi, ponieważ

atomy tego pierwiastka najsilniej przyciągają elektrony, by osiągnąć konfigurację elektronową neonu.

Różnica wartości elektroujemności ( $\Delta E$ ) łączących się atomów pozwala przewidywać rodzaj tworzonego wiązania chemicznego. Jeżeli:

- $0 < \Delta E < 0,4$ , to tworzą się wiązania kowalencyjne (np.  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ )
- $\Delta E > 1,7$ , to powstają wiązania jonowe (np.  $NaCl$ )
- $0,4 < \Delta E < 1,7$ , to występują wiązania kowalencyjne spolaryzowane.

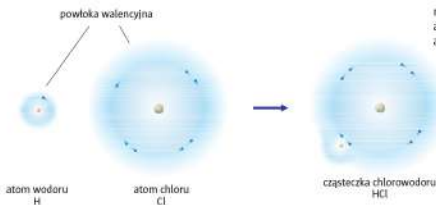
## Czym różni się wiązanie kowalencyjne spolaryzowane od wiązania kowalencyjnego?

Zarówno wiązania kowalencyjne, jak i kowalencyjne spolaryzowane powstają w wyniku uwspólniania par elektronowych utworzonych przez elektrony walencyjne łączących się atomów. Najczęściej są to atomy dwóch niemetalów. W przypadku wiązań kowalencyjnych, które występują między atomami o takiej samej lub bardzo podobnej zdolności do przyciągania elektronów, wspólne pary są równo oddalone od jąder obu atomów. Jeśli wiązanie tworzy się między atomami o dużej różnicy elektroujemności, to wspólna para elektronowa jest silniej przyciągana przez jeden z atomów. Powstanie wspólnej pary elektronowej z jednoczesnym jej przesunięciem w kierunku jednego z atomów, nazywamy polaryzacją, a wiązanie utworzone w ten sposób – wiązaniem kowalencyjnym spolaryzowanym.

### Jak powstaje cząsteczka chlorowodoru?

Atom chloru ma 7 elektronów walencyjnych, do oktetu brakuje mu zatem jednego elektronu. Atom wodoru ma 1 elektron walencyjny, do konfiguracji dwulekowej helu brakuje mu więc jednego elektronu. Oba atomy (wodoru i chloru) utworzą jedną wspólną parę elektronową.

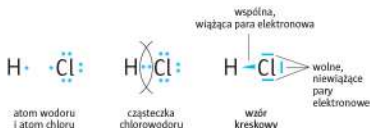
◀ Schemat tworzenia wiązania między atomem wodoru a atomem chloru



$$E_H = 2,1$$

$$E_{Cl} = 3$$

$$\Delta E = 3 - 2,1 = 0,9$$



▶ Oznaczenie polaryzacji wiązania



▲ Cząsteczka chlorowodoru ma dwa bieguny, jest dipolem.

W cząsteczce chlorowodoru atom chloru (o większej elektroujemności) silniej przyciąga wspólną parę elektronową niż atom wodoru (o mniejszej elektroujemności), dlatego jest ona przesunięta bliżej atomu chloru. Polaryzację wiązania na rysunku symbolizuje trójkąt równoramienny, którego podstawa znajduje się przy symbolu atomu silniej przyciągającego elektrony – w tym wypadku przy symbolu chloru.



## Co jest konsekwencją polaryzacji wiązania?

W cząsteczce związku chemicznego, w której następuje przesunięcie ładunków elektrycznych i ich nierównomierne rozłożenie, tworzą się bieguny: dodatni i ujemny. Taką cząsteczkę, która ma bieguny, nazwano **dipolem**. Dipol (z gr. *dipolos* – dwa bieguny) to układ dwóch różnoimiennych ładunków.



▲ Dipol wody

## Jaką budowę ma cząsteczka wody?

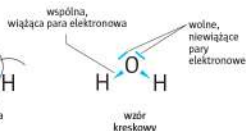
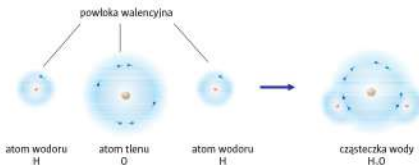
Przykładem innej substancji składającej się z cząsteczek również mających budowę polarną, jest woda (związek chemiczny wodoru i tlenu). Każdy z atomów wodoru ma jeden elektron. Aby osiągnąć dublet elektronowy, potrzebuje jeszcze jednego elektronu. Gdy tworzy wiązanie pojedyncze, uwspólnia parę elektronową z atomem tlenu, któremu do oktetu brakuje dwóch elektronów. Liczba brakujących elektronów w atomie tlenu wynosi 2, tlen tworzy zatem dwa wiązania.

► Schemat tworzenia wiązań w cząsteczce wody

$$E_H = 2,1$$

$$E_O = 3,5$$

$$\Delta E = 3,5 - 2,1 = 1,4$$



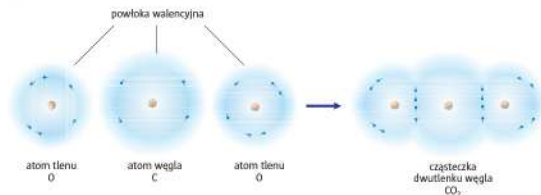
## Czy cząsteczki zawierające wiązania spolaryzowane są zawsze polarne?

Przykładem związku utworzonego przez dwa różne niemetalale jest tlenek węgla(IV), zwyczajowo nazywany dwutlenkiem węgla.

Zarówno atomy węgla, jak i tlenu dążą do konfiguracji najbliższego gazu szlachetnego – neonu. Atom węgla do oktetu elektronowego potrzebuje czterech elektronów, a atom tlenu – dwóch. Tworzą się wspólne pary elektronowe między atomem węgla a atomami tlenu.

W cząsteczce dwutlenku węgla są 4 wiążące pary elektronowe: po dwie między każdym z atomów tlenu a atomem węgla. Krotność wiązania wynosi 2. Dodatkowo przy każdym z atomów tlenu znajdują się dwie niewiążące pary elektronowe.

▼ Schemat tworzenia wiązań w cząsteczce dwutlenku węgla



W cząsteczce dwutlenku węgla wspólne pary elektronowe dla atomu węgla i atomów tlenu są przesunięte w kierunku atomu tlenu. Tworzą się dwa wiązania kowalencyjne spolaryzowane, w których ładunki ujemne są zgromadzone na atomach tlenu, a ładunek dodatni – na atomie węgla. Ponieważ atomy tworzące cząsteczkę są ułożone liniowo, a kierunki spolaryzowania każdego z wiązań węgiel – tlen są skierowane przeciwieństwo i się nawzajem znoszą, to cząsteczka dwutlenku węgla nie jest polarna, nie tworzy dipola.

## Jakie właściwości mają związki o wiązaniach kowalencyjnych spolaryzowanych?

Polaryzacja wiązania oraz wzajemne ułożenie atomów w cząsteczce wpływają na niektóre właściwości związków chemicznych. Im wiązania w cząsteczce są bardziej spolaryzowane, tym właściwości związku są bardziej zbliżone do właściwości substancji o budowie jonowej, a mniej do tych o budowie kowalencyjnej.

Związki, w których występuje wiązanie kowalencyjne spolaryzowane, najczęściej są gazami (np.  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) lub cieciami (np.  $\text{H}_2\text{O}$ ). Wartości ich temperatury topnienia i wrzenia są niższe, niż związków o budowie jonowej. Wiele z nich dobrze rozpuszcza się w wodzie i innych rozpuszczalnikach o podobnej budowie.

### Podsumowanie

1. **Elektroujemność** to cecha pierwiastka, charakteryzująca zdolność jego atomów do przyciągania elektronów.
2. Różnica elektroujemności atomów tworzących wiązanie pozwala przewidzieć jego rodzaj.
3. Wiązanie kowalencyjne spolaryzowane powstaje, gdy różnica elektroujemności pierwiastków tworzących wiązanie jest w zakresie od 0,4 do 1,7.
4. Polaryzacja wiązania to przesunięcie wspólnej pary elektronowej bliżej atomu pierwiastka o większej wartości elektroujemności.
5. Właściwości związków o budowie polarnej są pośrednie między właściwościami związków kowalencyjnych i jonowych.

### Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Na podstawie różnicy elektroujemności określ rodzaj wiązań w związkach:  $\text{KBr}$ ,  $\text{P}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .
2. Narysuj w zeszycie wzory elektronowy i kreskowy cząsteczek bromowodoru  $\text{HBr}$  i siarkowodoru  $\text{H}_2\text{S}$ .
3. Na podstawie różnicy elektroujemności dla obu związków z zadania 2. wskaż, który z nich będzie miał bardziej zbliżone właściwości do związków jonowych.

### Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat: anomalnych właściwości wody.

# Wartościowość pierwiastka w związku chemicznym

Dowiedzieliście się, jak przewidywać, ile wiązań może utworzyć atom pierwiastka o znanym położeniu w układzie okresowym, mający określoną liczbę elektronów walencyjnych. Jak liczbę wiązań tworzonych przez atomy wykorzystać do zapisywania wzorów związków chemicznych?

## Co to jest wartościowość?

Węgiel należący do 14. grupy ma 4 elektrony walencyjne. Do oktetu elektronowego brakuje mu 4 elektronów, co oznacza, że będzie tworzył 4 wspólne pary elektronowe, czyli 4 wiązania. Liczbę wiązań, jaką może utworzyć atom pierwiastka, tworząc związek, nazywamy wartościowością. Zapisujemy ją za pomocą cyfr rzymskich. W tym wypadku wartościowość węgla w związku z pierwiastkiem, z którym utworzy on 4 wspólne pary elektronowe, wynosi IV.



▲ Schemat tworzenia wiązań kowalencyjnych w cząsteczce metanu

Ten sam pierwiastek w różnych związkach chemicznych może przyjmować różne wartościowości.

## Czy można na podstawie położenia pierwiastka w układzie okresowym przewidywać jego wartościowość?

Informacją pomocną przy przewidywaniu możliwych wartościowości wybranego pierwiastka w związku okazuje się liczba elektronów walencyjnych, która ściśle wiąże się z numerem grupy.

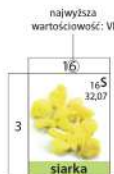
Zapis wartościowości:



$$\begin{aligned} E_{\text{C}} &= 2,5 \\ E_{\text{H}} &= 2,1 \\ \Delta E &= 2,5 - 2,1 = 0,4 \end{aligned}$$

najwyższa wartościowość: IV

|   |                                                           |
|---|-----------------------------------------------------------|
|   | 14)                                                       |
| 2 | <div> <p><sup>6</sup>C<br/>12,01</p> <p>węgiel</p> </div> |

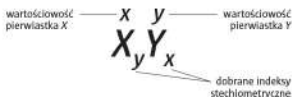


Pierwiastki 1. grupy tworzą związki, w których przyjmują wartościowość tylko I, a pierwiastki 2. grupy – wartościowość tylko II. Pozostałe pierwiastki mogą mieć różne wartościowości w zależności od pierwiastków, z którymi się łączą.

| Nazwa pierwiastka oraz symbol | Numer grupy | Liczba elektronów walencyjnych | Wartościowość            |                 |           |
|-------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------|
|                               |             |                                | najwyższa względem tlenu | względem wodoru | pozostała |
| sód – Na                      | 1           | 1                              | I                        | I               | –         |
| magnez – Mg                   | 2           | 2                              | II                       | II              | –         |
| glin – Al                     | 13          | 3                              | III                      | III             | –         |
| krzem – Si                    | 14          | 4                              | IV                       | IV              | II        |
| fosfor – P                    | 15          | 5                              | V                        | III             | –         |
| siarka – S                    | 16          | 6                              | VI                       | II              | IV        |
| chlor – Cl                    | 17          | 7                              | VII                      | I               | III, V    |

### W jaki sposób ustalać wzory związków chemicznych, jeśli są znane wartościowości pierwiastków?

Dla wielu związków istnieje prosta reguła – związek pierwiastka X o wartościowości  $x$  i pierwiastka Y o wartościowości  $y$  będzie miał wzór sumaryczny:  $\overset{x}{X}_y\overset{y}{Y}_x$ , np.  $\overset{I}{\text{Na}}_2\overset{I}{\text{S}}$ ,  $\overset{II}{\text{Mg}}\overset{I}{\text{Cl}}_2$ ,  $\overset{IV}{\text{Pb}}\overset{I}{\text{Cl}}_4$ .



Tak ustalony wzór związku chemicznego nazywamy **wzorem sumarycznym**. Mała liczba umieszczona za symbolem, w jego dolnym prawym rogu, to tzw. **indeks stechiometryczny**, który informuje o tym, ile atomów tego samego rodzaju znajduje się w cząsteczce. Indeksy stechiometryczne o wartości 1 są we wzorach pomijane.

Dla nieco bardziej złożonych przykładów warto skorzystać z reguł:

- Liczba wiązań utworzonych przez atom lub atomy jednego z pierwiastków musi być równa liczbie wiązań utworzonych przez atom lub atomy innych pierwiastków z nim (nimi) połączonych.
- W związkach jonowych liczba elektronów oddanych przez atom lub atomy jednego pierwiastka musi być równa liczbie elektronów pobranych przez atom lub atomy pozostałych pierwiastków tworzących ten związek.

- Aby znaleźć liczby atomów obu pierwiastków tworzących związek chemiczny, wyznacza się **najmniejszą wspólną wielokrotność (NWW)** ich wartościowości.
- Iloraz najmniejszej wspólnej wielokrotności i wartościowości poszczególnych pierwiastków pozwala wyznaczyć **liczbę ich atomów** w związku chemicznym.

### ■ Przykład

Uzgodnijmy wzory dwóch związków węgla z tlenem, w których węgiel przyjmuje wartościowości II i IV.

| Wartościowość węgla w związku z tlenem | II               | IV               |
|----------------------------------------|------------------|------------------|
| NWW wartościowości węgla i tlenu       | 2                | 4                |
| Liczba atomów węgla w związku          | 2 : II = 1       | 4 : IV = 1       |
| Liczba atomów tlenu w związku          | 2 : II = 1       | 4 : II = 2       |
| Wzór sumaryczny                        | CO               | CO <sub>2</sub>  |
| Nazwa związku                          | tlenek węgla(II) | tlenek węgla(IV) |

### Jak ustalać nazwy prostych związków chemicznych?

Nazwy związków są dwuczłonowe, np. połączenie tlenu z magnezem to tlenek magnezu, siarki z sodem to siarczek sodu, chloru z potasem to chlorek potasu. W wymienionych tu przykładach metale – magnez, sód, potas – mogą mieć w związkach tylko jedną możliwą wartościowość. Dlatego wzór sumaryczny tlenku magnezu można w prosty sposób zapisać na podstawie nazwy tego związku.

W przypadku innych pierwiastków, np. żelaza, które może przyjmować wartościowości II lub III, nazwa tlenku nie precyzuje, czy chodzi o tlenek żelaza dwuwartościowego czy trójwartościowego. Dlatego dodaje się do niej informacje o wartościowości żelaza.

Przykłady ustalania wzorów sumarycznych oraz nazw związków tlenu

| Typ związku | Drugi pierwiastek tworzący związek i jego wartościowość | Wzór sumaryczny                | Nazwa związku      |
|-------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| tlenek      | sód(I)                                                  | Na <sub>2</sub> O              | tlenek sodu        |
|             | magnez(II)                                              | MgO                            | tlenek magnezu     |
|             | siarka(VI)                                              | SO <sub>3</sub>                | tlenek siarki(VI)  |
|             | siarka(IV)                                              | SO <sub>2</sub>                | tlenek siarki(IV)  |
|             | chlor(VII)                                              | Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | tlenek chloru(VII) |

Wtedy  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  to tlenek żelaza(III), czyli tlenek, w którym żelazo jest trójwartościowe, a  $\text{FeO}$  to tlenek żelaza(II), w którym żelazo przyjmuje wartościowość II.

W związkach nazywanych siarczkami siarka przyjmuje wartościowość II. W związkach nazywanych chlorkami chlor przyjmuje wartościowość I.

Przykłady ustalania wzorów sumarycznych oraz nazw związków siarki i związków chloru

| Typ związku | Drugi pierwiastek tworzący związek i jego wartościowość | Wzór sumaryczny       | Nazwa związku       |
|-------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| siarczek    | potas(I)                                                | $\text{K}_2\text{S}$  | siarczek potasu     |
|             | wapń(II)                                                | $\text{CaS}$          | siarczek wapnia     |
|             | miedź(I)                                                | $\text{Cu}_2\text{S}$ | siarczek miedzi(I)  |
|             | miedź(II)                                               | $\text{CuS}$          | siarczek miedzi(II) |
| chlorek     | srebro(I)                                               | $\text{AgCl}$         | chlorek srebra(I)   |
|             | ołówek(II)                                              | $\text{PbCl}_2$       | chlorek ołowiu(II)  |
|             | żelazo(III)                                             | $\text{FeCl}_3$       | chlorek żelaza(III) |

## Podsumowanie

1. **Wartościowość** to liczba wiązań, którą może utworzyć atom pierwiastka, tworząc związek chemiczny.
2. Wartościowość wodoru w związkach chemicznych wynosi I, a wartościowość tlenu jest równa II.
3. Pierwiastki 1. grupy mają wartościowość zawsze I, a 2. grupy – II.
4. Dla niektórych pierwiastków można, na podstawie położenia w układzie okresowym, przewidzieć maksymalną wartościowość w związkach z tlenem.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jakie wzory sumaryczne mają: tlenek azotu(IV), chlorek ołowiu(IV) i siarczek cynku?
2. Jaką wartościowość przyjmuje azot w swoich tlenkach:  $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ?
3. Jaką maksymalną wartościowość względem tlenu mają następujące pierwiastki: wapń, potas, glin, siarka i fosfor?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) bertolidów,
- b) stopnia utleniania pierwiastka w związku chemicznym.

# Wzór związku chemicznego i jego interpretacja

Chemicy posługują się zwięzłym językiem symboli. Zamiast pisać wiele słów, piszą wzory sumaryczne i rysują wzory strukturalne. Co kryje się pod tymi zapisami?

## Czym różni się symbol chemiczny od wzoru?

Symbol chemiczny wskazuje na pierwiastek. Natomiast wzór chemiczny może opisywać zarówno pierwiastek, jak i związek chemiczny. Na przykład symbolem tlenu jest O (czyt. atom tlenu), ale wzorem opisującym sposób jego występowania w przyrodzie jest  $O_2$  (czyt. cząsteczka tlenu). Liczba zapisana przed symbolem lub wzorem wskazuje na liczbę atomów lub cząsteczek.

| Model                                                                               | Symboliczny zapis | Sposób odczytywania             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
|    | $H_2$             | cząsteczka wodoru               |
|    | $3 H_2$           | trzy cząsteczki wodoru          |
|    | $3 H$             | trzy atomy wodoru               |
|    | $N_2$             | cząsteczka azotu                |
|    | $Cl_2$            | cząsteczka chloru               |
|  | $2 CO_2$          | dwie cząsteczki tlenu węgla(IV) |
|  | $3 H_2O$          | trzy cząsteczki wody            |

 $S_8$ 

Indeks  
stechiometryczny  
informuje,  
ile atomów jest  
w cząsteczce

## Co oznaczają różne wzory chemiczne?

Wzór chemiczny opisuje skład związku chemicznego. Zgodnie z **prawem stałości składu** jest on stały, ściśle określony i niezależny od sposobu otrzymywania związku. Chemicy posługują się różnymi wzorami. Wzory sumaryczne informują o składzie jakościowym i ilościowym. Można z nich odczytać, jakie atomy i w jakiej liczbie tworzą cząsteczkę związku chemicznego.

**Wzory strukturalne** pokazują skład jakościowy, ilościowy i dodatkowo sposób połączenia atomów – kolejność i krotność wiązań. Każda kreska we wzorze strukturalnym oznacza parę elektronową.

**Wzory kreskowe** to wzory strukturalne uzupełnione o niewiążące pary elektronowe.

**Model kulkowy** jest graficzną ilustracją budowy związku.

| Nazwa           | Wzór sumaryczny  | Wzór strukturalny                                                                 | Wzór kreskowy                                                                     | Model kulkowy                                                                     |
|-----------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| chlorowódor     | HCl              | H—Cl                                                                              | H—Cl̄                                                                             |  |
| woda            | H <sub>2</sub> O |  |  |  |
| dwutlenek węgla | CO <sub>2</sub>  | O=C=O                                                                             |  |  |

**Uwaga!** Ponieważ w związkach o budowie jonowej nie można wyodrębnić pojedynczej cząsteczki, nie rysuje się ich wzorów strukturalnych. Wzór sumaryczny związku jonowego informuje o stosunku liczby kationów do liczby anionów w sieci krystalicznej.

### Co można odczytać ze wzoru sumarycznego?

Wzór sumaryczny związku chemicznego informuje o jego składzie jakościowym i ilościowym, tzn. o tym, jakich pierwiastków atomy lub jony tworzą związek oraz jaki jest ich stosunek ilościowy (stechiometryczny). Po odczytaniu tych informacji możemy dla dowolnego związku wyznaczyć stosunek liczby atomów i stosunek masowy.

**Stosunek liczby atomów** to najprostszy stosunek stechiometryczny indeksów występujący we wzorze sumarycznym, np. dla związku X<sub>y</sub>Y<sub>x</sub> stosunek liczby atomów wynosi y : x, gdzie X i Y to symbole pierwiastków, a y i x to indeksy stechiometryczne we wzorze związku.

| Nazwa związku       | Wzór sumaryczny               | Stosunek liczby atomów lub jonów |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| tlenek azotu(V)     | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 2 : 5                            |
| tlenek azotu(III)   | N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2 : 3                            |
| chlorek żelaza(III) | FeCl <sub>3</sub>             | 1 : 3                            |

W przypadku związku o budowie jonowej – chlorku żelaza(III) – jest to stosunek liczby jonów żelaza(III) do liczby jonów chlorkowych.

**Stosunek masowy** to stosunek mas atomów lub jonów tworzących związek. Dla związku  $X_yY_x$  będzie to iloraz  $(y \cdot m_{\text{at},X}) : (x \cdot m_{\text{at},Y})$ . Masy atomowe pierwiastków X i Y oznaczono odpowiednio:  $m_{\text{at},X}$  oraz  $m_{\text{at},Y}$ . Masy te dla większości pierwiastków zaokrągla się do liczb całkowitych.

| Nazwa związku      | Wzór sumaryczny         | Wartości mas atomowych                                                | Wyrażenie na stosunek masowy                      | Stosunek masowy |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|
| tlenek węgla(IV)   | $\text{CO}_2$           | $m_{\text{at},C} = 12 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},O} = 16 \text{ u}$  | $(1 \cdot 12 \text{ u}) : (2 \cdot 16 \text{ u})$ | 3 : 8           |
| tlenek siarki(VI)  | $\text{SO}_3$           | $m_{\text{at},S} = 32 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},O} = 16 \text{ u}$  | $(1 \cdot 32 \text{ u}) : (3 \cdot 16 \text{ u})$ | 2 : 3           |
| tlenek żelaza(III) | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $m_{\text{at},Fe} = 56 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},O} = 16 \text{ u}$ | $(2 \cdot 56 \text{ u}) : (3 \cdot 16 \text{ u})$ | 7 : 3           |

### Co to jest masa cząsteczkowa i jak ją obliczać?

Masa cząsteczkowa to masa pojedynczej cząsteczki wyrażona w jednostkach masy atomowej – u, jest sumą mas wszystkich atomów tworzących cząsteczkę. Dla związku  $X_yY_x$  masę cząsteczkową można wyrazić następującym wzorem:

$$m_{\text{cz}}(X_yY_x) = y \cdot m_{\text{at},X} + x \cdot m_{\text{at},Y}$$

dla wody będzie to:  $m_{\text{cz}}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot m_{\text{at},H} + m_{\text{at},O}$

| Nazwa związku        | Wzór                   | Wartości mas atomowych                                                   | Obliczenia                                                                                          |
|----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| tlenek krzemu(IV)    | $\text{SiO}_2$         | $m_{\text{at},Si} = 28 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},O} = 16 \text{ u}$    | $m_{\text{cz}}(\text{SiO}_2) = 28 \text{ u} + 2 \cdot 16 \text{ u} = 60 \text{ u}$                  |
| tlenek azotu(V)      | $\text{N}_2\text{O}_5$ | $m_{\text{at},N} = 14 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},O} = 16 \text{ u}$     | $m_{\text{cz}}(\text{N}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 14 \text{ u} + 5 \cdot 16 \text{ u} = 108 \text{ u}$ |
| tlenek wodoru (woda) | $\text{H}_2\text{O}$   | $m_{\text{at},H} = 1 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},O} = 16 \text{ u}$      | $m_{\text{cz}}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 \text{ u} + 16 \text{ u} = 18 \text{ u}$             |
| chlorek magnezu      | $\text{MgCl}_2$        | $m_{\text{at},Mg} = 24 \text{ u}$<br>$m_{\text{at},Cl} = 35,5 \text{ u}$ | $m_{\text{cz}}(\text{MgCl}_2) = 24 \text{ u} + 2 \cdot 35,5 \text{ u} = 95 \text{ u}$               |

Chlorek magnezu jest związkiem o budowie jonowej. Nie można w nim wyróżnić pojedynczej cząsteczki, ale na potrzeby obliczeń chemicznych wyznacza się masę jonów powtarzających się w sieci krystalicznej według najprostszego wzoru stechiometrycznego –  $\text{MgCl}_2$ .

## Jak obliczać zawartość procentową pierwiastka w związku chemicznym?

Zawartość procentową pierwiastka w związku chemicznym rozumiemy jako stałą dla niego procentową zawartość masową. Jest ona wyrażona stosunkiem masy atomowej pierwiastka do masy cząsteczkowej związku. Podaje się ją w procentach.

Zawartość procentowa ( $Z_p$ ) pierwiastka X w związku  $X_yY_x$ :

$$Z_p = \frac{y \cdot m_{a,X}}{m_{cz}(X_yY_x)} \cdot 100\%$$

| Zawartość procentowa       | Masy atomowe potrzebne do obliczeń                    | Masa cząsteczkowa związku                       | Wyrażenie na zawartość procentową pierwiastka w związku        | Zawartość procentowa |
|----------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|
| tlenu w wodzie             | $m_{a,O} = 16 \text{ u}$<br>$m_{a,H} = 1 \text{ u}$   | $m_{cz}(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ u}$     | $Z_p = \frac{16 \text{ u}}{18 \text{ u}} \cdot 100\%$          | $Z_p = 88,9\%$       |
| tlenu w tlenku węgla(IV)   | $m_{a,O} = 16 \text{ u}$<br>$m_{a,C} = 12 \text{ u}$  | $m_{cz}(\text{CO}_2) = 44 \text{ u}$            | $Z_p = \frac{2 \cdot 16 \text{ u}}{44 \text{ u}} \cdot 100\%$  | $Z_p = 72,7\%$       |
| tlenu w tlenku żelaza(III) | $m_{a,O} = 16 \text{ u}$<br>$m_{a,Fe} = 56 \text{ u}$ | $m_{cz}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160 \text{ u}$ | $Z_p = \frac{3 \cdot 16 \text{ u}}{160 \text{ u}} \cdot 100\%$ | $Z_p = 30\%$         |

## Podsumowanie

1. Budowę cząsteczki najczęściej opisuje się **wzorem sumarycznym** lub **wzorem strukturalnym**.
2. Według **prawa stałości składu** stosunek mas pierwiastków tworzących związek jest stały, ściśle określony i nie zależy od sposobu otrzymywania tego związku.
3. **Stosunek liczby atomów lub jonów** związku chemicznego do stosunek
4. **Masa cząsteczkowa ( $m_{cz}$ )** to masa pojedynczej cząsteczki wyrażona w jednostkach masy atomowej – u. Równa jest sumie mas wszystkich atomów tworzących cząsteczkę.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. W której z cząsteczek –  $\text{NO}_2$  czy w  $\text{N}_2\text{O}_3$  – stosunek masowy azotu do tlenu jest większy?
2. Który z wymienionych związków ma najmniejszą masę cząsteczkową, a który – największą:  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?
3. W którym z wymienionych związków procent masowy siarki jest najmniejszy:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat liczby Avogadra oraz pojęcia móla.

# Efekty towarzyszące reakcjom chemicznym

Czy wiesz, że fajerwerki są efektem reakcji chemicznych? Siła drżeniąca w przemianach chemicznych jest ogromna, np. wybuch nitrogliceryny jest związany z emisją gigantycznej ilości energii, która wyzwala się w trakcie łączenia się atomów azotu w cząsteczki azotu.

## Jakie są efekty reakcji chemicznych?

Podczas reakcji chemicznej rozpadają się istniejące wiązania chemiczne i tworzą się nowe. Zwykle towarzyszą temu różnorodne efekty.



### Doświadczenie 3.6.1

#### Chemiczny wulkan

Do parownicy wysypujemy dichromian(VI) amonu i przykładamy do niego palące się łuczywo (1). Obserwujemy zachodzące zmiany (2).



dichromian(VI) amonu



**Obserwacje:** Pomarańczowa krystaliczna substancja się zapala, sygnalizując iskry, wydzielają się gazy. Unosi on powstający szarozielony pył, wypełniający całą parownicę. Równocześnie spód parownicy mocno się rozgrzewa.

**Wniosek:** Zapalone łuczywo inicjuje reakcję chemiczną, której towarzyszy wydzielanie energii w postaci ciepła i światła.

Efektami przebiegu opisanej reakcji są:

- zmiana zabarwienia,
- wydzielanie gazu,
- wydzielanie energii na sposób ciepła i emisja światła.

Reakcje chemiczne, którym towarzyszy wydzielanie energii w postaci ciepła, to reakcje egzotermiczne.

Wśród reakcji chemicznych opisanych w tym podręczniku znajdziesz wiele przykładów procesów egzotermicznych, np. spalanie magnezu (doświadczenie 1.2.3) czy reakcja sodu z chlorem (doświadczenie 3.1.1).

proszek do pieczenia



### Doświadczenie 3.6.2

#### Termiczny rozkład proszku do pieczenia

Do probówki wsyp niewielką ilość proszku do pieczenia. Na jej wylot nałóż balonik i mocno zawiąż nicią (1). Probówkę uchwyconą w talpię ogrzewaj w płomieniu palnika (2).



**Obserwacje:** Pod wpływem ogrzewania w probówce zmniejsza się ilość proszku do pieczenia. Na ściankach probówki pojawiają się kropelki wody, a objętość balonika się zwiększa.

**Wniosek:** Do zainicjowania i przebiegu termicznego rozkładu proszku do pieczenia konieczne jest ciągłe ogrzewanie probówki, czyli dostarczanie energii.

Doświadczenie to ilustruje reakcję chemiczną zachodzącą w trakcie pieczenia ciasta: pod wpływem temperatury proszek do pieczenia się rozkłada, a w efekcie powstają gazy powodujące „rośnięcie” ciasta. Reakcje, których przebieg jest możliwy dopiero po dostarczeniu energii w postaci ciepła, nazywamy reakcjami endotermicznymi.

Określenia: „egzotermiczny” i „endotermiczny” służą również do opisywania procesów fizycznych.

Innym objawem zachodzącej reakcji jest strącanie lub rozpuszczanie osadów – w tym przypadku równocześnie zachodzą przemiany fizyczne i chemiczne. Ilustruje to kolejne doświadczenie.



## Doświadczenie 3.6.3

## Złota wstęga

Do szalki Petriego wlewamy wodę i sypiemy szczypką jodku potasu i octanu ołowiu(II) – jak na rysunku. Obserwujemy zachodzące zmiany (1, 2).



**Obserwacje:** Po kilku minutach na szalce pojawia się żłocista wstęga, złożona z bardzo drobnych błyszczących kryształków.

**Wnioski:** Obie substancje się rozpuściły, a następnie oba roztwory dyfundowały w obrębie szalki. Po ich zetknięciu się zaszła reakcja chemiczna, której efektem jest powstanie barwnego osadu.

## Podsumowanie

1. **Objawy reakcji** odbieramy za pomocą zmysłów: wzroku, słuchu i węchu.
2. Efektami reakcji mogą być: pienienie, syczenie, strącanie lub roztwarzanie osadu, zmiana zabarwienia, wydzielanie lub pobieranie ciepła z otoczenia.
3. Reakcje, którym towarzyszy wydzielanie energii na sposób ciepła, to **reakcje egzotermiczne**.
4. Reakcje, do których przebiegu konieczne jest dostarczanie energii w sposób ciągły, np. poprzez ogrzewanie, to **reakcje endotermiczne**.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jaką przemianę nazywamy reakcją chemiczną?
2. Jakie efekty towarzyszą reakcjom chemicznym?
3. Jakie efekty towarzyszą przemianom egzotermicznym?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) reakcji egzo- i endotermicznych zachodzących w przyrodzie,
- b) chemicznych kameleonów, czyli substancji zmieniających barwy w zależności od środowiska.

## 3.7

# Symboliczny zapis przebiegu reakcji chemicznych

Chemicy posługują się swoim chemicznym językiem. Zamiast podawać pełne nazwy pierwiastków lub związków chemicznych, zapisują ich symbole i wzory. A w jaki sposób opisują przebieg reakcji?

## Jak zapisuje się przebieg reakcji chemicznej?

Reakcja chemiczna to przemiana substancji biorących udział w reakcji (substratów) w substancje powstające w jej wyniku (produkty).

Podczas zapisywania przebiegu reakcji należy pamiętać o tym, że niektóre substancje proste w temperaturze ok. 20°C występują w postaci cząsteczek, np. wodór  $H_2$ , azot  $N_2$ , fosfor  $P_4$ , tlen  $O_2$ , chlor  $Cl_2$ , brom  $Br_2$ , jod  $I_2$ .

Poniższa tabela pokazuje różnorodne sposoby zapisu przebiegu tej samej reakcji chemicznej – otrzymywania tlenku węgla(IV).

| Zapis słowny równania reakcji:                                                      |           |                                                                                     |            |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| węgiel                                                                              | +         | tlen                                                                                | →          | tlenek węgla(IV)                                                                    |
| Ilustracja modelowa:                                                                |           |                                                                                     |            |                                                                                     |
|  | +         |  | →          |  |
| Zapis symboliczny (za pomocą symboli i wzorów chemicznych):                         |           |                                                                                     |            |                                                                                     |
| C                                                                                   | +         | O <sub>2</sub>                                                                      | →          | CO <sub>2</sub>                                                                     |
| substraty                                                                           |           |                                                                                     |            | produkt                                                                             |
| Sposób odczytu:                                                                     |           |                                                                                     |            |                                                                                     |
| jeden atom węgla                                                                    | reaguje z | jedną cząsteczką tlenu                                                              | i powstaje | jedna cząsteczka tlenku węgla(IV)                                                   |

Uwaga! W związkach metali z niemetalami o budowie jonowej modele kulkowe w uproszczony sposób odpowiadają najprostszemu wzorowi stechiometrycznemu. Nie odczytujemy nazw związków jonowych, używając pojęcia cząsteczki; informacje o liczbie atomów, jonów lub cząsteczek podajemy w liczbie mnogiej:

| żelazo                                                                            | +         | siarka                                                                            | →          | siarczek żelaza(II)                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  | +         |  | →          |  |
| Fe                                                                                | +         | S                                                                                 | →          | FeS                                                                               |
| atomy żelaza                                                                      | reagują z | atomami siarki                                                                    | i powstaje | siarczek żelaza(II) zbudowany z jonów                                             |

Należy pamiętać, że w równaniu reakcji chemicznej liczba atomów każdego pierwiastka zawartego w substratach musi być równa liczbie jego atomów w produktach reakcji.

## Na czym polega uzgadnianie równań reakcji chemicznych?

Nie zawsze liczba atomów pierwiastków biorących udział w reakcji chemicznej jest równa po obu stronach równania. Aby do tego doprowadzić, często należy wykonać pewne operacje matematyczne. Czynność, której efektem jest zrównanie liczby atomów tego samego pierwiastka po obu stronach równania reakcji, nazywamy **uzgadnianiem równania reakcji chemicznej**. Dopisane przed symbolami lub wzorami cyfry to **współczynniki ilościowe**, czyli **stechiometryczne**, równania reakcji.

Przeanalizujmy uzgadnianie równania reakcji wodoru z tlenem:

| wódór                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | +         | tlen                                                                                | →          | tlenek wodoru (woda)                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                         | +         |  | →          |  |
| Liczba atomów po obu stronach równania reakcji <b>nie jest</b> równa. Po stronie lewej są 2 atomy wodoru i 2 atomy tlenu, a po stronie prawej – tylko 1 atom tlenu i 2 atomy wodoru.<br>Należy podwoić liczbę cząsteczek wody i liczbę cząsteczek wodoru: wtedy liczba atomów tlenu i wodoru po obu stronach będzie równa. |           |                                                                                     |            |                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                         | +         |  | →          |  |
| 2 H <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | +         | O <sub>2</sub>                                                                      | →          | 2 H <sub>2</sub> O                                                                  |
| dwie cząsteczki wodoru                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | reagują z | jedną cząsteczką tlenu                                                              | i powstają | dwie cząsteczki wody                                                                |



## Jakie są typy reakcji chemicznych?

Wśród reakcji chemicznych zachodzących w przyrodzie i w laboratoriach chemicznych można wyróżnić trzy główne typy. Są to reakcje: syntezy, analizy i wymiany.

## Na czym polega reakcja syntezy?

W wyniku reakcji syntezy z połączenia co najmniej dwóch substratów powstaje tylko jedna substancja, będąca produktem reakcji. Proces ten zapisujemy symbolicznie:



## Przykłady reakcji syntezy

|   |                                                                                   |             |                                                                                   |                             |                                                                                   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1 |  | +           |  | $\rightarrow$               |  |
|   | 2 Mg                                                                              | +           | O <sub>2</sub>                                                                    | $\rightarrow$               | 2 MgO                                                                             |
|   | atomy magnezu                                                                     | łączą się z | cząsteczkami tlenu                                                                | i powstaje                  | tlenek magnezu<br>zbudowany z jonów                                               |
| 2 |  | +           |  | $\rightarrow$               |  |
|   | C                                                                                 | +           | O <sub>2</sub>                                                                    | $\rightarrow$               | CO <sub>2</sub>                                                                   |
| 3 |  | +           |  | $\rightarrow$               |  |
|   | 2 H <sub>2</sub>                                                                  | +           | O <sub>2</sub>                                                                    | $\rightarrow$               | 2 H <sub>2</sub> O                                                                |
| 4 |  | +           |  | $\xrightarrow{\text{kat.}}$ |  |
|   | 2 SO <sub>2</sub>                                                                 | +           | O <sub>2</sub>                                                                    | $\xrightarrow{\text{kat.}}$ | 2 SO <sub>3</sub>                                                                 |

### Uwaga!

Katalizator w równaniu reakcji zapisujemy nad strzałką, ponieważ nie jest substratem reakcji, a jedynie umożliwia i przyspiesza jej przebieg. Jego masa w trakcie reakcji nie ulega zmianie.



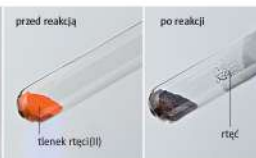
## Na czym polega reakcja analizy?

Reakcja analizy, inaczej – rozkładu, to taka reakcja, w której z jednego substratu powstają co najmniej dwa produkty. Symbolicznie zapisuje się ją w następujący sposób:



Przykładem jest reakcja rozkładu tlenku rtęci(II), w której wyniku powstają cząsteczki tlenu i atomy rtęci.

|                                                                                   |                            |                                                                                   |   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  | $\rightarrow$              |  | + |  |
| 2 HgO                                                                             | $\rightarrow$              | O <sub>2</sub>                                                                    | + | 2 Hg                                                                              |
| tlenek rtęci(II)<br>zbudowany z jonów                                             | rozkłada się<br>i powstają | cząsteczki tlenu                                                                  | i | atomy rtęci                                                                       |



Podczas ogrzewania pomarańczowy tlenek rtęci(II) czernieje, a na ściankach probówki pojawiają się kropelki rtęci. Podczas ogrzewania tlenek rtęci(II) rozłożył się na rtęć i tlen. Zachodząca reakcja jest reakcją endotermiczną.

## Na czym polega reakcja wymiany?

Reakcja wymiany to reakcja, w której substraty wymieniają się atomami, z których są zbudowane:



Przykładem reakcji wymiany jest reakcja tlenku ołowiu(II) z węglem:



|                                                                                     |              |                                                                                     |               |                                                                                     |   |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | +            |  | $\rightarrow$ |  | + |  |
| 2 PbO                                                                               | +            | C                                                                                   | $\rightarrow$ | CO <sub>2</sub>                                                                     | + | 2 Pb                                                                                |
| tlenek ołowiu(II)<br>zbudowany z jonów                                              | reaguje<br>z | atomami<br>węgla                                                                    | i powstają    | cząsteczki<br>tlenku<br>węgla(IV)                                                   | i | atomy ołowiu                                                                        |



Po skierowaniu płomienia na otwór, w którym znajduje się tlenek ołowiu(II) wymieszany z węglem, następuje rozżarzenie brzegów otworu. Wokół niego zaczynają pojawiać się kolejno naloty koloru: żółtego, pomarańczowego i czerwonego. W końcowym etapie ogrzewania obserwujemy srebrzyste kuleczki. Pod wpływem wysokiej temperatury zachodzi reakcja tlenku ołowiu(II) z węglem. Jest to reakcja endotermiczna.

## Podsumowanie

1. Zapis przebiegu reakcji chemicznej, w którym liczba atomów każdego pierwiastka po obu stronach jest równa, nazywamy **równaniem reakcji**.
2. Substancje zużywające się w reakcji to **substraty**.
3. Nowe substancje powstające w wyniku reakcji chemicznej to **produkty**.
4. **Współczynniki stechiometryczne** to liczby stawiane przed symbolami i wzorami w równaniu reakcji w celu jego uzgodnienia.
5. **Katalizator** nie jest substratem i w równaniu reakcji jest zapisywany nad strzałką.
6. W **reakcji syntezy** z dwu lub kilku substratów powstaje tylko jeden produkt.
7. W **reakcji analizy** z jednego substratu powstają co najmniej dwa produkty.
8. **Reakcja wymiany** polega na wymianie atomów lub jonów między substratami reakcji. W jej wyniku powstają co najmniej dwa produkty.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Ile substratów i ile produktów występuje w reakcji analizy?
2. Które z poniższych równań przedstawiają reakcję syntezy, które analizy, a które – wymiany?
 

a)  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

b)  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

c)  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$

d)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$

e)  $\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
3. Jaki typ reakcji przedstawiono modelowo?



## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) oznaczeń stosowanych w równaniach reakcji obok wzorów substancji chemicznych, np.  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ ,  $\text{NaCl}_{(s)}$ ,  $\text{NaCl}_{(aq)}$ ,
- b) typu reakcji, do której należy znany ci uproszczony proces fotosyntezy.

# Prawo zachowania masy

Czasami mówi się, że „w przyrodzie nic nie ginie”. W pewnym sensie powiedzenie to odzwierciedla odkryte w XVIII wieku prawo zachowania masy, które poznasz w tym rozdziale. Odkryli go niezależnie dwaj chemicy. Choć współcześni naukowcy kwestionują jego pierwotną treść, to nadal jest ono podstawowym prawem wykorzystywanym podczas planowania ilościowego przebiegu reakcji chemicznej.

## Jakie informacje zawiera równanie reakcji chemicznej?

Na podstawie uzgodnionego równania reakcji oraz odczytanych mas atomowych pierwiastków reagujących ze sobą można dokonać ilościowej interpretacji równania reakcji chemicznej.

Przeanalizujmy równanie reakcji wodoru z chlorem:

|                      |                                                                                   |             |                                                                                   |            |                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Modelowa ilustracja  |  | +           |  | →          |  |
| Równanie reakcji     | $H_2$                                                                             | +           | $Cl_2$                                                                            | →          | $2HCl$                                                                            |
| Sposób odczytu       | 1 cząsteczka wodoru                                                               | reaguje z   | 1 cząsteczką chloru                                                               | i powstają | 2 cząsteczki chlorowodoru                                                         |
| Interpretacja masowa | 2 u wodoru                                                                        | łączy się z | 71 u chloru                                                                       | i powstaje | 73 u chlorowodoru                                                                 |

Skoro liczba atomów każdego z pierwiastków w równaniu jest po obu stronach taka sama, to również łączna masa substratów reakcji jest równa łącznej masie produktów. Mówi o tym prawo zachowania masy.

W reakcji wodoru z chlorem suma mas reagujących atomów równa się masie otrzymanych dwóch cząsteczek chlorowodoru.

$$2\text{ u} + 71\text{ u} = 73\text{ u}$$

$$\text{masa substratów} = \text{masa produktów}$$

Ilościowa interpretacja zapisanego równania reakcji chemicznej wykazuje, że oczywista jest słuszność prawa zachowania masy, sformułowanego w XVIII wieku. Prawo stałości składu i prawo zachowania masy stały się podstawą do sformułowania atomistycznej teorii materii Johna Daltona.

przed  
reakcją

po reakcji



Zdjęcia obok pokazują pomiary mas substratów i produktów reakcji rozkładu proszku do pieczenia (doświadczenie 3.5.2 omówiono w temacie 3.5).

## Czy prawo zachowania masy ma praktyczne znaczenie?

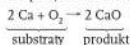
Prawo zachowania masy jest jednym z podstawowych praw obowiązujących w przyrodzie. Oznacza ono, że masa nie może powstać z niczego. Jeżeli chcemy otrzymać określoną ilość produktów, to musimy użyć ściśle określonej ilości substratów (zakładając, że cała masa substratów przechodzi w produkty). Wynika z tego, że przeprowadzenie każdej reakcji chemicznej wymaga przeprowadzenia działań, które pozwolą obliczyć, ile należy użyć surowców, aby otrzymać odpowiednią ilość produktu. Takie obliczenia pozwalają na przeprowadzenie reakcji w sposób racjonalny. Dzięki obliczeniom unika się marnowania surowców. Dlatego ma to ogromne znaczenie w projektowaniu i przeprowadzaniu procesów technologicznych i farmaceutycznych. Poniższe przykłady ilustrują zastosowanie prawa zachowania masy i jego interpretację w rozwiązywaniu zadań.

### ■ Przykład 1

W reakcji 40 g wapnia z tlenem otrzymano 56 g tlenku wapnia. Oblicz, ile gramów tlenu wzięto do reakcji.

**Rozwiązanie**

Reakcję wapnia z tlenem opisuje równanie:



Zgodnie z prawem zachowania masy masa substratów – wapnia i tlenu – jest równa masie produktu – tlenku wapnia, czyli

masa wapnia + masa tlenu = masa tlenku wapnia

$$40 \text{ g} + x \text{ g} = 56 \text{ g}$$

Masa tlenu użytego w reakcji jest równa:

$$x = 56 \text{ g} - 40 \text{ g} = 16 \text{ g}$$

**Odpowiedź:** 40 g wapnia przereagowało z 16 g tlenu.

### ■ Przykład 2

Ile kilogramów wody powstanie w wyniku spalania 100 kg wodoru.

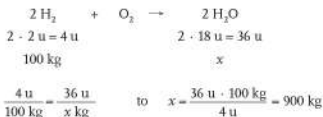
**Rozwiązanie**

Równanie zachodzącej reakcji:  $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$

Obliczamy masy cząsteczkowe istotnych dla zadania związków:

$$m_{\text{H}_2} = 2 \cdot 1 \text{ u} = 2 \text{ u} \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 1 \text{ u} + 16 \text{ u} = 18 \text{ u}$$

Korzystamy z masowej interpretacji równania reakcji.



Odpowiedź: W wyniku spalania 100 kg wodoru powstanie 900 kg wody.

### Ciekawostka

Słynne równanie Alberta Einsteina  $E = mc^2$ , pokazujące zależność między masą a energią, wprowadziło niepokój. Czy prawo zachowania masy jest słuszne, jeżeli w czasie reakcji wydzielą się energia na sposób ciepła albo jest ona dostarczana? Wtedy należałoby energię wymienianą na sposób ciepła przeliczać na masę. Dla reakcji chemicznych te wymiary energii są pomijane, ale mają one istotne znaczenie w reakcjach jądrowych, w których ilość wydzielanej energii jest bardzo duża.

► Albert Einstein



## Podsumowanie

- Prawo zachowania masy** – masa substratów reakcji chemicznej w układzie zamkniętym jest równa masie produktów.
- Układ zamknięty** to wyodrębniona część przestrzeni, w której nie zachodzi wymiana masy z otoczeniem, a **układ otwarty** to taki, w którym taka wymiana następuje.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Jak brzmi prawo zachowania masy?
- W czasie ogrzewania 100 g wapienia otrzymano 44 g dwutlenku węgla oraz pewną ilość wapna palonego. Ile gramów wapna palonego otrzymano w tej reakcji?
- Podczas prażenia tlenku rtęci(II) otrzymano 4,1 g rtęci oraz 224 cm<sup>3</sup> tlenu (gęstość tlenu jest równa 1,43  $\frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$ ). Ile gramów tlenku rtęci(II) poddano prażeniu?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- wydajności reakcji chemicznych,
- odkrycia prawa zachowania masy.

# Domowe laboratorium

## Krystalizacja substancji o wiązaniach jonowych i kowalencyjnych

- a) Do 100 cm<sup>3</sup> wody wsyp tyle soli kuchennej, aby przestała się ona rozpuszczać. Otrzymaną mieszaninę przesącz przez filtr od kawy do czystego naczynia (użyj plastikowej butelki). W roztworze zawieś bawełnianą nitkę obciążoną spinaczem. Całość nakryj folią aluminiową i odstaw w ciepłe miejsce.
- b) Rozpuść na gorąco 50 g cukru w 20 cm<sup>3</sup> wody. Poczekaj, aż syrop ostygnie, i przelej go do słoika. Następnie włóż drewniany patyczek do roztworu i obserwuj zachodzące zmiany.

Na zdjęciach przedstawiono kryształy soli kuchennej (1,5 miesiąca) i cukru (1 tydzień).



## Do czego może być przydatny przewod elektryczny?

Weź nieużywany już przewód, usuń część izolacji i odsłoń miedziany drut. Wprowadź go do płomienia mikropalnika i zaobserwuj, jak czerwona barwa miedzi szybko znika, a drut pokrywa się brązowoczarным nalotem. Ten nalot to tlenek miedzi(II). Połóż drut na talerzu z watą nasączoną octem i przykryj drugim talerzykiem. Zobacz, co się stanie po 24 godzinach. Drut pokryty zielonym nalotem włóż do płomienia palnika i zaobserwuj charakterystyczne zielone zabarwienie płomienia, pochodzące od związków miedzi. Związki miedzi są dodawane do sztucznych ogní, aby nadawały kolor ich płomieniom.



### Zimno

Wsymp do fiolki po leku równe ilości (1/4 łyżeczki do herbaty) kwasu cytrynowego i sody oczyszczonej. Wymieszaj składniki i włóż do środka rurkę ze spirytusem lub termometr. Zaobserwuj poziom alkoholu. Strzykawką wlej 3–4 cm<sup>3</sup> wody do fiolki. Zawartość silnie się pieni i słupek alkoholu gwałtownie opada. Dotknij fiolki. Co czujesz?



### Otrzymywanie octanu sodu

Do słoika odmierzą 100 cm<sup>3</sup> octu spożywczego (10%) i łyżeczką, powoli, dodają 10 g sody oczyszczonej (około 1/5 pudełka po kliszy fotograficznej). Mieszanina silnie się pieni, ponieważ wydziela się gaz – dwutlenek węgla. Po skończonej reakcji przelej roztwór na talerz i zostaw w ciepłym miejscu (24–48 godzin). Uzyskany krystaliczny osad (11–13 g) umieścić w pudełku po kliszy.

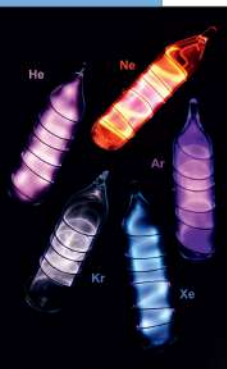


### Minigrzałka

Napełnij fiolkę octanem sodu, uzyskanym w doświadczeniu pt. *Otrzymywanie octanu sodu*, dolej 0,5–1,0 cm<sup>3</sup> wody i ogrzej całość w naczyniu z gorącą wodą aż do rozpuszczenia. Jeżeli roztwór jest mętny, to przefiltruj go za pomocą strzykawki i zostaw do ochłodzenia. Następnie wrzuć do fiolki kryształki octanu sodu i zaobserwuj, co się dzieje. Zawartość fiolki prawie natychmiast się zestala, a sama fiolka dosyć mocno się ogrzewa. W praktyce zjawisko to wykorzystuje się w turystycznych grzałkach do rąk.



# Czy wiesz, że...



## ■ Utracone szlachectwo ksenonu

Tuż przed końcem XIX wieku dwóch angielskich chemików odkryło cztery gazy, którymi były: argon, krypton, neon oraz ksenon. Badacze próbowali zmusić je do reakcji chemicznych, ale niestety te gazy były bardzo odporne i kpiły sobie z ciężkiej pracy W. Ramsaya i J. Rayleigha. Zyskały miano gazów szlachetnych z racji swojej bierności. W latach 60. ubiegłego wieku pierwszy poddał się ksenon, później – krypton i radon. Argon uległ dopiero w 2000 roku. Hel i neon można nadal uznawać za szlachetne, gdyż nie otrzymano trwałych ich związków.

Dlaczego hel dostarczony do płuc powoduje zmianę wysokości głosu?

◀ Helowce emitujące światło w silnym polu elektrycznym



## ■ Świecąca reakcja

Efektem reakcji chemicznej może być wydzielanie się energii na sposób ciepła, wydzielanie gazu, strącanie kolorowego osadu, a nawet emisja światła. Istnieją liczne organizmy morskie lub lądowe (zwierzęce lub roślinne), które także emitują światło. Zjawisko to nazywa się bioluminescencją. Światło może być też emitowane po zmieszaniu pewnych substancji chemicznych (chemiluminescencja). Takie świecące pałeczki (ang. *light sticks*) są używane m.in. przez strażaków czy służby ratownicze, kiedy nie wolno używać otwartego ognia lub elektryczności ze względu na niebezpieczeństwo pożaru.

Gdzie w codziennym życiu możemy się zetknąć ze zjawiskiem fluorescencji i fosforescencji?  
Jaka jest istota działania szkieł fotochromowych?

◀ Świecący zooplankton

# Podsumowanie działu

## Reakcja chemiczna

to przemiana, w której wyniku z substancji zwanych substratami powstają nowe substancje – produkty o zupełnie innych właściwościach fizycznych i chemicznych. Reakcja chemiczna polega na tworzeniu i rozrywaniu wiązań chemicznych.

## Wiązania chemiczne

powstają, ponieważ atomy dążą do takiego rozmieszczenia elektronów w powłoce walencyjnej, jakie mają najbliższe im gazy szlachetne.

- **Elektroujemność** to cecha pierwiastka, bezwymiarowa wielkość charakteryzująca zdolność atomów do przyciągania elektronów.
- $\Delta E$  – różnica elektroujemności atomów tworzących wiązanie
- **Wiązania kowalencyjne**  $0 < \Delta E < 0,4$  tworzą się w wyniku uwspólnienia elektronów między niemetalami.

wspólna,  
wiążąca para elektronowa



wzór kreskowy  
cząsteczki chloru  $\text{Cl}_2$

wolne,  
niewiążące  
pary  
elektronowe

wspólne,  
wiążące pary elektronowe



wzór kreskowy  
cząsteczki azotu  $\text{N}_2$

wolna,  
niewiążąca  
para  
elektronowa

- **Wiązania kowalencyjne spolaryzowane**  $0,4 < \Delta E < 1,7$  tworzą się w wyniku uwspólniania elektronów między niemetalami, a wspólna para elektronowa jest przesunięta w kierunku jednego z atomów.

wspólna,  
wiążąca para  
elektronowa



wzór kreskowy  
cząsteczki  
chlorowodoru  $\text{HCl}$

wolne,  
niewiążące  
pary  
elektronowe

wspólna,  
wiążąca para  
elektronowa



wzór kreskowy  
cząsteczki  
amoniaku  $\text{NH}_3$

wolna,  
niewiążąca  
para  
elektronowa



reakcja  
chemiczna

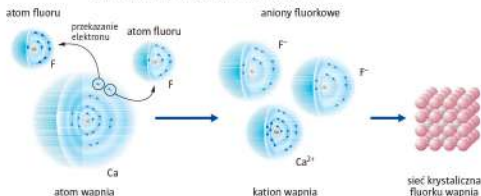


przemiana  
fizyczna



▲ Modelowa  
ilustracja reakcji  
chemicznej i prze-  
miany fizycznej

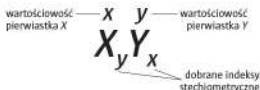
- **Wiązania jonowe**  $\Delta E > 1,7$  powstają w wyniku przekazywania elektronów między metalami i niemetalami.



▲ Modelowa ilustracja powstawania fluorku wapnia  $CaF_2$ .

### Wartościowość

pierwiastka w związku chemicznym to liczba wiązań, jaką może utworzyć atom pierwiastka, tworząc związek chemiczny.



### Sposób opisywania związków chemicznych

| Nazwa            | Wzory      |             |          |              | Model |
|------------------|------------|-------------|----------|--------------|-------|
|                  | sumaryczny | elektronowy | kreskowy | strukturalny |       |
| tlenek węgla(IV) | $CO_2$     |             |          | $O=C=O$      |       |

### Prawo stałości składu

Skład związku chemicznego jest stały, ściśle określony i niezależny od sposobu jego otrzymywania.

### Obliczenia chemiczne na przykładzie $CO_2$

|                                               |                                                                      |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Wartości mas atomowych                        | $m_{n,C} = 12 \text{ u}, m_{n,O} = 16 \text{ u}$                     |
| Stosunek liczby atomów                        | 1 : 2                                                                |
| Stosunek masowy                               | $\frac{12 \text{ u}}{32 \text{ u}} = \frac{3}{8}$                    |
| Masa cząsteczkowa                             | $m_{cz.}(CO_2) = 12 \text{ u} + 2 \cdot 16 \text{ u} = 44 \text{ u}$ |
| Zawartość procentowa węgla w tlenku węgla(IV) | $Z_p = \frac{12 \text{ u}}{44 \text{ u}} \cdot 100\% = 27,27\%$      |

## ■ Efekty towarzyszące reakcjom chemicznym

- **syczenie**, charakterystyczny trzask (zmysł słuchu)
- **plenienie**, strącanie osadu (zmysł wzroku)
- **zmiana zabarwienia** (zmysł wzroku)
- **charakterystyczny zapach** (zmysł węchu)
- **wydzielanie ciepła lub zimna** (zmysł dotyku lub wzroku – termometr)



• wydzielanie  
gazu

• zmiana  
barwy

• strącanie  
osadu

## ■ Efekty energetyczne reakcji chemicznych

• **Układem** nazywamy obiekt lub wybrany obszar w przestrzeni oddzielony od pozostałych wyraźną powierzchnią graniczną. Wszystko, co znajduje się poza układem, jest **otoczeniem**.

• **Reakcje egzotermiczne** przebiegają z wydzielaniem ciepła z układu do otoczenia.

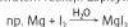
• **Reakcje endotermiczne** – ich przebieg jest uzależniony od ciepła dostarczanego do układu.



## Opis przebiegu reakcji chemicznej

| Zapis słowny równania reakcji: |           |                  |                             |                                |
|--------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| tlenek siarki(IV)              | +         | tlen             | →                           | tlenek siarki(VI)              |
| Modelowa ilustracja:           |           |                  |                             |                                |
|                                | +         |                  | →                           |                                |
| Symboliczny zapis:             |           |                  |                             |                                |
| 2 SO <sub>2</sub>              | +         | O <sub>2</sub>   | $\xrightarrow{\text{kat.}}$ | 2 SO <sub>3</sub>              |
| Sposób odczytu:                |           |                  |                             |                                |
| 2 cząsteczki tlenku siarki(IV) | reagują z | cząsteczką tlenu | i powstają                  | 2 cząsteczki tlenku siarki(VI) |
| substraty                      |           |                  | →                           | produkty                       |

**Katalizator** nie jest substratem reakcji. Zapisywany jest nad strzałką:



## Typy reakcji chemicznych

**synteza** ( $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$ )



**analiza** ( $\text{AB} \rightarrow \text{A} + \text{B}$ )



**wymiana** ( $\text{AB} + \text{C} \rightarrow \text{A} + \text{BC}$ )



## Prawo zachowania masy

Masa substratów reakcji chemicznej zachodzącej w układzie zamkniętym jest równa masie produktów.

## Interpretacja ilościowa równania reakcji

| Modelowa ilustracja  |                  | + |                | → |                    |
|----------------------|------------------|---|----------------|---|--------------------|
| Równanie reakcji     | 2 H <sub>2</sub> | + | O <sub>2</sub> | → | 2 H <sub>2</sub> O |
| Interpretacja masowa | 2 · 2u = 4u      | + | 32u            | = | 2 · 18u = 36u      |
|                      | 36u              |   |                | = | 36u                |



# Test do działu

Wybierz poprawne dokończenie zdania lub odpowiedź.

1. W tworzeniu wiązań chemicznych biorą udział
  - A. tylko elektrony.
  - B. tylko protony.
  - C. protony i neutrony.
  - D. protony i elektrony.
2. Między potasem a chlorem tworzy się wiązanie
  - A. kowalencyjne.
  - B. kowalencyjne spolaryzowane.
  - C. jonowe.
  - D. atomowe.
3. Zapis  $\text{Br}^-$  oznacza
  - A. atom bromu.
  - B. cząsteczkę bromu.
  - C. kation bromu.
  - D. anion bromu.
4. Konfiguracja elektronowa atomu sodu ma postać  $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$ .  
Jednododatni jon sodu ma konfigurację
  - A.  $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^2$
  - B.  $\text{K}^2\text{L}^8$
  - C.  $\text{K}^2\text{L}^7\text{M}^1$
  - D.  $\text{K}^1\text{L}^8\text{M}^1$
5. Pewien związek chemiczny składa się z jonów  $\text{Ca}^{2+}$  oraz  $\text{F}^-$ .  
Wzór sumaryczny tego związku ma postać
  - A.  $\text{CaF}$
  - B.  $\text{Ca}_3\text{F}$
  - C.  $\text{CaF}_2$
  - D.  $\text{Ca}_2\text{F}_2$
6. Tlenek krzemu(IV) to związek o wzorze
  - A.  $\text{Si}_6\text{O}$
  - B.  $\text{SiO}_4$
  - C.  $\text{Si}_2\text{O}$
  - D.  $\text{SiO}_2$
7. Masa cząsteczkowa tlenku siarki(VI) jest równa
  - A. 48 u
  - B. 80 u
  - C. 128 u
  - D. 160 u

8. Stosunek masowy azotu do tlenu w tlenku o wzorze  $\text{NO}_2$  jest równy

- A. 1 : 2
- B. 2 : 1
- C. 7 : 16
- D. 16 : 7

9. Reakcję syntezy przedstawia schemat

- A. wapień  $\rightarrow$  wapno palone + dwutlenek węgla.
- B. wodór + chlor  $\rightarrow$  chlorowodór.
- C. dwutlenek węgla + woda  $\rightarrow$  glukoza + tlen.
- D. magnez + dwutlenek węgla  $\rightarrow$  tlenek magnezu + węgiel.

10. Żelazo otrzymuje się z tlenku żelaza(III) w wyniku następującej reakcji:



W reakcji tej jednym z produktów jest

- A. tlenek węgla(II).
- B. tlenek węgla(IV).
- C. tlenek żelaza(II).
- D. tlenek żelaza(III).

11. Pewną reakcję chemiczną zilustrowano modelowo:



Równanie tej reakcji ma postać

- A.  $2 \text{N}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{N}_2 + \text{O}_2$
- B.  $2 \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{O}_2$
- C.  $2 \text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{N}_2\text{O}$
- D.  $\text{N}_2 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$

12. Z rozkładu 1 tony wapienia otrzymano 560 kg wapna palonego oraz

- A. 1560 kg dwutlenku węgla.
- B. 1000 kg dwutlenku węgla.
- C. 560 kg dwutlenku węgla.
- D. 440 kg dwutlenku węgla.

# Sprawdź się

## Zadanie 1.

Poniżej zapisano symbole i wzory różnych molekuł:

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| A. $\text{Na}^+$        | E. $\text{Co}$     |
| B. $\text{H}_2\text{O}$ | F. $2\text{H}_2$   |
| C. $2\text{H}$          | G. $\text{S}^{2-}$ |
| D. $\text{CO}$          | H. $3\text{He}$    |

Przyporządkuj podane wyżej zapisy do odpowiedniej grupy.

- I. Atomy
- II. Cząsteczki
- III. Jony

## Zadanie 2.

Oceń poprawność poniższych stwierdzeń (P – prawda, F – fałsz).

|     |                                                                                                                          |       |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| I   | Związek o wzorze sumarycznym $\text{Cu}_2\text{O}$ to tlenek miedzi(II).                                                 | P / F |
| II  | Wzór sumaryczny tlenku ołowiu(IV) to $\text{PbO}_2$ .                                                                    | P / F |
| III | Związek chemiczny tlenu i żelaza, w którym żelazo ma wartościowość taką samą jak tlen, ma wzór sumaryczny $\text{FeO}$ . | P / F |

## Zadanie 3.

Ocet, stosowany jako przyprawa w kuchni, to roztwór kwasu octowego o wzorze strukturalnym:



Przepisz zdanie do zeszytu i uzupełnij je właściwymi informacjami. Skorzystaj z układu okresowego pierwiastków chemicznych.

Masa cząsteczkowa kwasu octowego to około (A / B / C), a stosunek masowy węgla do tlenu w tym związku wynosi około (D / E / F).

- A. 60 u
- B. 48 u
- C. 29 u
- D. 3 : 4
- E. 3 : 1
- F. 4 : 3

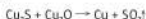
**Zadanie 4.**

Przepisz zdania do zeszytu i uzupełnij je właściwymi określeniami.

- I. Reakcja chemiczna, podczas której z jednej substancji złożonej powstają co najmniej dwie inne substancje, to reakcja (analizy / wymiany).
- II. Reakcję, do której przebiegu niezbędne jest dostarczenie energii na sposób ciepła, nazywa się reakcją (egzotermiczną / endotermiczną).
- III. Reakcja spalania węgla jest przykładem reakcji (analizy / syntezy).

**Zadanie 5.**

W celu otrzymania miedzi wykorzystuje się reakcję, którą opisuje nieuzgodnione równanie:



Oblicz sumę współczynników stechiometrycznych tego równania i wskaż nazwy produktów tej reakcji.

| Suma współczynników | Nazwy produktów reakcji |
|---------------------|-------------------------|
| A. 2                | I. miedź                |
| B. 4                | II. tlenek miedzi(I)    |
| C. 6                | III. tlenek miedzi(II)  |
| D. 10               | IV. tlenek siarki(IV)   |
|                     | V. siarczek miedzi(I)   |
|                     | VI. siarczek miedzi(II) |

# 4

## Gazy

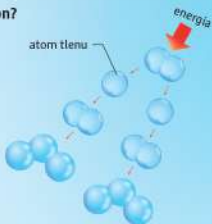
**Czy balony wypełnione helem mogą unieść człowieka?**

**Jak dbać o atmosferę?**

**Co to jest ozon?**

W warunkach normalnych ozon jest niebieskim gazem, o gęstości większej niż gęstość powietrza. W temperaturze od  $-193^{\circ}\text{C}$  do  $-111^{\circ}\text{C}$  jest ciemnoniebieską cieczą.

**Jak powstaje ozon?**



skład powietrza w atmosferze

atom helu



## 4.1

# Powietrze – mieszanina gazów

Słowo atmosfera (gr. *atmós* – para, *sphaira* – kula) oznacza gazową powłokę otaczającą planetę. Atmosfera ziemska, gazowa część naszej planety, składa się z kilku warstw różniących się gęstością, temperaturą, ciśnieniem i składem. To w niej cyркуluje powietrze. Warstwa najbliższa Ziemi to troposfera.



▲ Efekt cieplarniany

## Jaką rolę odgrywa atmosfera ziemska?

Atmosfera jest jak koc, który otula Ziemię i wywiera równocześnie na jej powierzchnię nacisk zwany ciśnieniem atmosferycznym. Chroni Ziemię przed utratą ciepła, które dociera do nas poprzez promieniowanie słoneczne. Jest to możliwe, ponieważ niektóre gazy zawarte w atmosferze, nazywane gazami cieplarnianymi (tlenek węgla(IV)  $\text{CO}_2$ , para wodna  $\text{H}_2\text{O}$ , ozon  $\text{O}_3$ , metan  $\text{CH}_4$ ), mają zdolność do gromadzenia ciepła. To sprawia, że temperatura nocą nie spada gwałtownie i na Ziemi może istnieć życie.

Atmosfera jest doskonałym ośrodkiem dla rozchodzących się fal dźwiękowych, dzięki temu możemy się komunikować czy słuchać muzyki. W atmosferze spalają się bądź wyparowują przyciągane przez Ziemię okruchy materii międzyplanetarnej, fragmenty statków i sond kosmicznych.

## Czym pod względem chemicznym jest powietrze i jaki jest jego skład?

Powietrze jest jednorodną mieszaniną różnych gazów.

**Właściwości powietrza:**

- nie ma zapachu ani barwy;
- słabo rozpuszcza się w wodzie;
- gęstość wynosi ok.  $1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (w warunkach  $p = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T = 0^\circ\text{C}$ );
- temperatura wrzenia wynosi około  $-194,3^\circ\text{C}$ ;
- temperatura topnienia wynosi około  $-213^\circ\text{C}$ .



## Doświadczenie 4.1.1

## Badanie składu powietrza (I)

Na szalkę Petriego nalej wodę, następnie połóż w środku naczynia zapaloną świeczkę i nakryj ją cylindrem z podziałką. Obserwuj zachodzące zmiany. Za pomocą zapalonego łuczywa sprawdź, czy gaz, który pozostał w cylindrze, podtrzymuje palenie.

**Obserwacje:** Płomień świeczki po chwili gaśnie, a do cylindra zostaje wciągnięta woda na wysokość około 1/5 jego objętości. Zapalone łuczywo po włożeniu do pozostałej w cylindrze mieszaniny gazów gaśnie.

**Wnioski:** Gaz podtrzymujący palenie (tlen) stanowi 1/5 objętości powietrza. Pozostała mieszanina gazów nie podtrzymuje palenia.



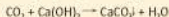
## Doświadczenie 4.1.2

## Badanie składu powietrza (II)

Do krystalizatora nalej niewielką ilość wody wapiennej i pozostaw bez przykrycia. Obserwuj zachodzące zmiany.

**Obserwacje:** Woda wapienna na powierzchni pokrywa się białym nalotem.

**Wnioski:** W powietrzu znajduje się dwutlenek węgla, który reaguje z wodą wapienną. Tworzy się biały osad węglanu wapnia.



## Ciekawostka

Powietrze można rozdzielić na składniki przez skroplenie i destylację przeprowadzoną w warunkach obniżonego ciśnienia. Azot skrapla się w temperaturze  $-195,79^\circ\text{C}$ , tlen w  $-182,96^\circ\text{C}$ , a argon w  $-185,75^\circ\text{C}$ . Destylacja pozwala pozyskiwać składniki powietrza na szeroką skalę.

► Zakłady, w których skrapla się powietrze na skalę przemysłową





Stałymi składnikami powietrza są azot, tlen oraz gazy szlachetne – przede wszystkim argon.

Inne składniki, których zawartość w powietrzu jest zmienna, to tlenek węgla(IV), ozon, para wodna oraz zanieczyszczenia.

### Ciekawostka

Barwa zorzy polarnej zależy od składu powietrza. Tlen świeci na czerwono i zielono, natomiast azot – w kolorach purpury i bordo. Gazy o mniejszej gęstości – wodór i hel – świecą w tonacji niebieskiej i fioletowej.



Zorza polarna

## Co warto wiedzieć o azocie – głównym składniku powietrza?

Azot stanowi 78,08% objętości suchego powietrza i 75,5% jego masy. W powietrzu występuje w postaci dwuatomowych cząsteczek  $N_2$  oraz niewielkich ilości innych związków: amoniaku  $NH_3$  i tlenków azotu  $NO$  i  $NO_2$ .

### Właściwości azotu:

- nie ma zapachu ani barwy;
- bardzo słabo rozpuszcza się w wodzie;
- gęstość wynosi  $1,25 \frac{kg}{m^3}$  (w warunkach  $p = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T = 0^\circ C$ );
- temperatura wrzenia wynosi  $-195,79^\circ C$ ;
- temperatura topnienia wynosi  $-210,00^\circ C$ .

Azot ma istotne znaczenie dla wzrostu i rozwoju wszystkich organizmów. Znajduje się w nieustannym obiegu w przyrodzie, a najwięcej jest go w powietrzu. Azot z powietrza wykorzystują niektóre rośliny, np. należące do rodziny bobowatych (dawniej zwanych motylkowatymi). Żyją one w symbiozie z odpowiednimi mikroorganizmami zdolnymi do wiązania azotu z powietrza.

Azot to gaz o bardzo małej aktywności chemicznej. Jest niepalny i nie podtrzymuje spalania. W związkach chemicznych przyjmuje wartościowość od I do V, najczęściej III i V.



▲ lubin – roślina bobowata

## Gdzie wykorzystuje się azot?

Zastosowanie azotu, zarówno w postaci gazowej, jak i ciekłej, jest szerokie ze względu na jego chemiczną bierność i niską cenę.

Azot jest stosowany:

- jako **gaz ochronny**, np.:
  - w procesach metalurgicznych (np. w produkcji stali) – chroni metale przed utlenianiem
  - przy pakowaniu i puszkowaniu żywności oraz farmaceutyków w celu ochrony tych produktów przed tlenem
  - do płukania instalacji gazowych w celu usunięcia resztek niebezpiecznych gazów;
- jako **substrat** do produkcji różnorodnych związków azotowych, m.in. nawozów sztucznych i materiałów wybuchowych;
- jako **chłodziwo** – ciekły azot służy do zamrażania, przechowywania i transportu żywności oraz materiałów biologicznych, takich jak krew, tkanki, wirusy potrzebne do produkcji szczepionek itp.



▲ Konserwowanie materiału roślinnego w ciekłym azocie

## Podsumowanie

1. **Powietrze** to gazowa mieszanina substancji.
2. W powietrzu znajduje się około: 78% azotu, 21% tlenu, 1% innych gazów, takich jak argon, tlenek węgla(IV), para wodna.
3. **Azot** wykazuje małą aktywność chemiczną: jest niepalny, nie podtrzymuje palenia, nie powoduje mętnienia wody wapiennej.
4. Azot znalazł zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu i w medycynie.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. W jaki sposób można wykazać, że powietrze jest mieszaniną?
2. Oblicz masę powietrza wypełniającego salę o powierzchni podłogi równej  $200 \text{ m}^2$  i wysokości 2,5 m. Przyjmij, że gęstość powietrza wynosi  $1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .
3. Podaj wzory sumaryczne i nazwy tlenków azotu, w których przyjmuje on wszystkie możliwe wartościowości od I do V.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) polskich uczonych: Karola Olszewskiego i Zygmunta Wróblewskiego, którzy pierwsi skroplili powietrze,
- b) składu atmosfery planet Układu Słonecznego sąsiadujących z Ziemią: Merkurego, Wenus, Marsa i Jowisza.

## 4.2

## Tlen

Tlen jest niezbędny do życia. Bez powietrza zawierającego ten gaz człowiek może przeżyć zaledwie kilka minut. Jednak czy zwiększona ilość tlenu w powietrzu jest dla nas bezpieczna?

Odmiany tlenu:



Ważne związki tlenu:

$H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $SiO_2$ ,  
 $C_6H_{12}O_6$  (glukoza)

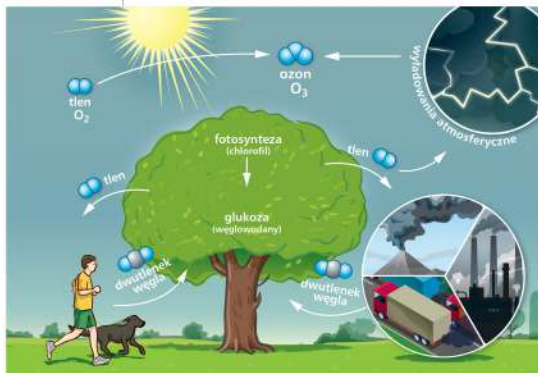
### W jakiej postaci tlen występuje w przyrodzie?

Tlen jest najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem na Ziemi, a trzecim po wodorze i helu we wszechświecie. Stanowi około 21% objętości suchego powietrza, jest obecny również w niewielkich ilościach (około 0,13%) w atmosferze Marsa. W przyrodzie występuje:

- w stanie wolnym – w postaci cząsteczek dwuatomowych  $O_2$  i w niewielkich ilościach w postaci cząsteczek trójatomowych  $O_3$  jako ozon;
- w stanie związanym – w różnorodnych związkach chemicznych w atmosferze, hydrosferze, litosferze i biosferze (we wszystkich sferach Ziemi).

Podobnie jak azot, tlen jest w przyrodzie w nieustannym obiegu.

#### ▼ Obieg tlenu w przyrodzie



Z tlenu w postaci dwuatomowych cząsteczek  $O_2$  pod wpływem wyładowań atmosferycznych oraz promieniowania UV powstaje ozon  $O_3$ . Warstwa ozonu w górnej warstwie atmosfery – stratosferze – jest naturalnym filtrem przeciwsłonecznym wyłapującym szkodliwe promieniowanie UV.

## Co warto wiedzieć o tlenie – najważniejszym składniku powietrza?

Tlen jest niezbędny do życia dla wielu organizmów. Zawarty w powietrzu służy do oddychania. Warto jednak pamiętać, że nie można oddychać czystym tlenem, ponieważ w większych ilościach jest toksyczny. Oddychanie czystym tlenem lub powietrzem o podwyższonej zawartości tego pierwiastka może prowadzić do uszkodzenia płuc.

⚡ Wyładowania atmosferyczne



### Doświadczenie 4.2.1

#### Otrzymywanie tlenu i badanie jego właściwości

Do probówki wsypujemy ok. 5 g manganianu(VII) potasu. Montujemy zestaw do otrzymywania gazów według schematu umieszczonego obok. Probówkę ogrzewamy palnikiem (1). Zbieramy otrzymany gaz do dwóch cylindrów. Do pierwszego wprowadzamy żarzące się lucywo (2), a do drugiego wlewamy świeżo przygotowaną wodę wapienną (3).



**Obserwacje:** W wyniku ogrzewania manganianu(VII) potasu powstaje bezbarwny gaz, który wypiera wodę z cylindra. Żarzące się lucywo, włożone do cylindra, się zapala. Po wlewniu wody wapiennej do drugiego cylindra nie obserwujemy zmian.

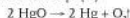
**Wniosek:** Otrzymany gaz to tlen, który słabo rozpuszcza się w wodzie, podtrzymuje palenie i jest niepalny.

**Właściwości tlenu:**

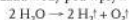
- bezbarwny gaz, bez zapachu;
- słabo rozpuszczalny w wodzie;
- gęstość wynosi  $1,43 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (w warunkach  $p = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T = 0^\circ\text{C}$ );
- temperatura wrzenia wynosi  $-182,96^\circ\text{C}$ ;
- temperatura topnienia wynosi  $-218,4^\circ\text{C}$ .

Tlen można otrzymać również w reakcjach:

- termicznego rozkładu tlenku rtęci(II)



- elektrolizy, czyli rozkładu wody pod wpływem prądu elektrycznego

**Ciekawostka**

Trójatomowe cząsteczki ozonu  $\text{O}_3$  powstają w przyziemnej warstwie atmosfery – troposferze – pod wpływem spalania-wysokotemperaturowego, w trakcie spawania oraz w trakcie pracy kserokopiarek. Ozon jest niebieskim gazem o specyficznym zapachu. W ciekłym i stałym stanie skupienia ma właściwości wybuchowe. Jest szkodliwy dla organizmów.

**Gdzie wykorzystuje się tlen?**

Tlen jest wykorzystywany w różnych dziedzinach, np.:

- do produkcji stali (usuwanie zanieczyszczeń);
- w palnikach wysokotemperaturowych;
- w medycynie (terapia tlenowa, komory hiperbaryczne, bary tlenowe);
- w turystyce (składnik gazu do oddychania w butlach);
- w przemyśle raketowym (paliwo);
- do dezynfekcji – ozonowanie (usuwanie grzybów, pleśni, bakterii, roztoczy, zapachów).



Pacjent



Spawanie



Nurek

## Czy tlen jest aktywny chemicznie?

Tlen jest pierwiastkiem bardzo aktywnym chemicznie. Nie wchodzi w reakcje tylko z gazami szlachetnymi. Reaguje z niemetalami oraz wieloma metalami i tworzy związki o nazwie **tlenki**. W związkach tych tlen przyjmuje wartościowość II.

| Tlenki                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| metali                                                                                                                                                                                        | niemetali                                                                                                                                                                                                                    |
| np. tlenek magnezu $\text{MgO}$ ,<br>tlenek wapnia $\text{CaO}$ ,<br>tlenek glinu $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,<br>tlenek żelaza(II) $\text{FeO}$ ,<br>tlenek żelaza(III) $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | np. tlenek wodoru $\text{H}_2\text{O}$ ,<br>tlenek węgla(II) $\text{CO}$ ,<br>tlenek węgla(IV) $\text{CO}_2$ ,<br>tlenek siarki(IV) $\text{SO}_2$ ,<br>tlenek siarki(VI) $\text{SO}_3$ ,<br>tlenek krzemu(IV) $\text{SiO}_2$ |

Tlen podtrzymuje spalanie.



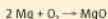
### Doświadczenie 4.2.2

#### Spalanie magnezu w tlenie

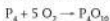
Wstążkę magnezową zapalamy w płomieniu palnika, a następnie wrzucamy do wypełnionej tlenem kolby z piaskiem na dnie.

**Obserwacje:** Magnez pali się bardzo jasnym płomieniem. Po włożeniu do kolby z tlenem płomień jest oślepiający. Ścianki kolby pokrywa biała substancja.

**Wnioski:** Reakcja magnezu z tlenem przebiega gwałtowniej niż w powietrzu. Jest to reakcja syntezy, której produktem jest tlenek magnezu:



Wiele innych substancji spala się w obecności tlenu, podobnie jak magnez. Przykładowo – fosfor zgodnie z równaniem reakcji:



Spalanie jest procesem egzotermicznym, któremu towarzyszy emisja światła i ciepła. Nie wszystkie reakcje z tlenem przebiegają tak szybko i nie wszystkim towarzyszy emisja ciepła i światła.

► Porównanie spalania fosforu w powietrzu i tlenie



## Co dzieje się z metalami pod wpływem tlenu?

Pod wpływem tlenu zawartego w powietrzu wiele metali, np. powszechne w naszym otoczeniu żelazo i jego stopy, ulega **korozji**. Proces ten jest przyspieszany przez wilgoć, czyli parę wodną zawartą w powietrzu. Korozja zachodzi na powierzchni metalu i może postępować w jego głąb. Z czasem całkowicie niszczy przedmiot. Dzieje się tak w przypadku żelaza – tworząca się na jego powierzchni rdza (mieszanina związków żelaza, głównie tlenków) odpada i stopniowo odsłania znajdującą się pod nią świeżą powierzchnię metalu, która koroduje dalej.



### Doświadczenie 4.2.3

#### Czynniki wpływające na szybkość korozji

W buteleczkach po lekach lub w małych słoikach umieść po dwa gwoździe (jeden zwykły, drugi pokryty warstwą lakieru). Naczynia napełnij kolejno: olejem (1), przegotowaną wodą z dodatkiem oleju (2), wodą wodociągową (3) oraz wodą z solą kuchenną (4). Po 24 godzinach porównaj zmiany na powierzchni gwoździ.



**Obserwacje:** Gwoździe umieszczone w wodzie wodociągowej i w wodzie z dodatkiem soli pokrywają się brązowym, nierozpuszczalnym nalotem. W przypadku wody z dodatkiem soli proces zachodzi szybciej. Gwoździe w fiolce z wodą i warstwą oleju nie zmieniły swojego wyglądu, podobnie jak wszystkie gwoździe polakierowane.

**Wnioski:** Korozja żelaza przebiega w obecności tlenu i pary wodnej, a przyspiesza ją obecność soli w roztworze. Warstwa oleju na powierzchni wody zabezpiecza przed dopływem tlenu. Korozję można zatrzymać przez pokrywanie metalowych powierzchni warstwą ochronną.

Aby chronić metale, a zwłaszcza żelazo i jego stopy, przed korozją można pokrywać je farbą antykorozyjną, lakierem, cienką warstwą

innego metalu (niklu, cynku) odpornego na działanie czynników atmosferycznych lub warstwą tworzywa sztucznego. Dodanie do stopu metali manganu, chromu lub niklu zmniejsza podatność na korozję.

### Ciekawostka

Niektóre metale, np. glin, chrom, kobalt, nikiel ulegają pasywacji, czyli pokrywają się warstwą związków, najczęściej tlenków, tzw. warstwą pasywną (łac. *Passivus* 'bierny'), która chroni ich powierzchnię przed działaniem czynników atmosferycznych. Miedź, pod wpływem gazów zawartych w atmosferze – tlenu, tlenku węgla(IV) i pary wodnej – pokrywa się zieloną patyną, która również spełnia rolę warstwy ochronnej.

► Kopuły dachu katedry wawelskiej: od lewej z miedzi – pokrytej warstwą patyny, od prawej ze złota.



## Podsumowanie

1. Tlen to pierwiastek niezbędny do życia. Jest on szeroko rozpowszechniony w przyrodzie.
2. Tlen jest bardzo aktywny chemicznie. Reaguje z pierwiastkami – tworzy tlenki.
3. Tlen znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu i w medycynie.
4. Proces spalania w czystym tlenie zachodzi szybciej niż w powietrzu.
5. Tlen powoduje **korozję** metali. Wilgoć przyspiesza ten proces.
6. Aby chronić metale przed korozją, ich powierzchnię pokrywa się warstwą ochronną (np. farbą, innym metalem, smarem).

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jaka właściwość tlenu umożliwia zbieranie go w cylindrze z wodą?
2. W kolbach znajdują się tlen i azot. Jaką próbę należy wykonać, aby zidentyfikować zawartość naczyń?
3. Co to są tlenki i jak można je otrzymać?
4. Oblicz zawartość procentową żelaza w tlenku żelaza(III).
5. Oblicz, ile gramów tlenku magnezu powstanie w wyniku spalania 48 g magnezu, jeżeli w procesie tym zużyto 32 g tlenu. Przebieg reakcji jest zgodny z prawem zachowania masy.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) alotropii,
- b) hiperoksji.

## 4.3

## Tlenki węgla

Najważniejszymi tlenkami węgla są tlenek węgla(II), nazywany czadem, i tlenek węgla(IV), nazywany dwutlenkiem węgla. Pierwszy z nich to „cichy morderca”, a drugi to „główny podejrzany” w sprawie efektu cieplarnianego. Który jest bardziej niebezpieczny i co warto o nich wiedzieć?

Modele cząsteczek  
tlenków węgla:



tlenek węgla(II)



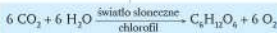
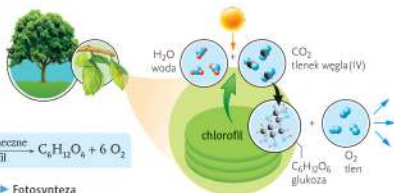
tlenek węgla(IV)

### W jakich procesach powstają tlenki węgla i gdzie występują?

W atmosferze ziemskiej tlenek węgla(II) praktycznie nie występuje, natomiast tlenek węgla(IV) stanowi około 0,03% objętości powietrza. Tlenek węgla(IV) jest obecny w atmosferze innych planet, wchodzi również w skład komet.

Tlenki, zarówno węgla o wartościowości II – CO, jak i węgla o wartościowości IV – CO<sub>2</sub>, powstają w przyrodzie w wyniku pożarów, erupcji wulkanów oraz podczas spalania różnorodnych paliw: drewna, węgla, benzyny, gazu ziemnego czy oleju napędowego.

Tlenek węgla(IV) trafia do atmosfery wydychany przez ludzi i zwierzęta. Tworzy się w trakcie procesów fermentacji i rozkładu materii pochodzenia organicznego. Jego emisja ciągle rośnie w związku z ogromnym rozwojem motoryzacji. Tlenek węgla(IV) uwalnia się z mórz i oceanów, w których jest rozpuszczony. Asymilowany przez rośliny, ulega wielu reakcjom, w których wyniku powstaje glukoza, a następnie tworzą się bardziej złożone związki organiczne – węglowodany (skrobia, celuloza). Związki te stanowią materiał zapasowy roślin, które z kolei są źródłem pożywienia dla ludzi i zwierząt.



► Fotosynteza

W warunkach laboratoryjnych tlenek węgla(IV) można otrzymać w wyniku spalania węgla w tlenie.



### Doświadczenie 4.3.1

#### Otrzymywanie tlenku węgla(IV)

Na łyżce do spalań umieszczamy niewielką ilość sproszkowanego węgla drzewnego i ogrzewamy w płomieniu palnika. Po rozgrzaniu łyżki do czerwoności wysypujemy z niej rozgrzany węgiel do cylindra do spalań, w którym znajduje się tlen.

**Obserwacje:** W cylindrze pojawia się kaskada iskiei i widać jasne światło. Powstaje bezbarwny gaz.

**Wnioski:** Rozdrobnienie węgla przyczynia się do bardzo gwałtownego przebiegu reakcji. Rozgrzany węgiel drzewny reaguje z tlenem, w wyniku czego powstaje tlenek węgla(IV).



Tlenek węgla(II) tworzy się, gdy w procesie spalania nie jest dostępna wystarczająca ilość tlenu. Takie spalanie nazywamy **spalaniem niecałkowitym**. Jak widać z poniższych równań reakcji, do spalania, w którego wyniku powstaje dwutlenek węgla, potrzeba dwukrotnie więcej tlenu.



▼ Zagrożenie tlenkiem węgla(II)

#### Ciekawostka

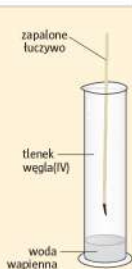
Każdego roku w Polsce w wyniku zatrucia tlenkiem węgla(II) umiera w okresie grzewczym ok. 100 osób, a ponad 2000 ulega zatruciu. Ten toksyczny gaz jest bezbarwny, nie ma zapachu. Hemoglobina wiąże go i rozprowadza po całym organizmie. W dużej ilości gaz paraliżuje układ nerwowy i prowadzi do śpiączki. Nawet minuta przebywania w zaciężonym pomieszczeniu może zakończyć się nieodwracalnymi zmianami w mózgu, a nawet śmiercią.



## Czy tlenki węgla mają podobne właściwości?

| Właściwości                                                                                   | Tlenek węgla(II)  | Tlenek węgla(IV) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Stan skupienia                                                                                | gazowy                                                                                             | gazowy           |
| Barwa                                                                                         | bezbarwny                                                                                          | bezbarwny        |
| Zapach                                                                                        | bez zapachu                                                                                        | bez zapachu      |
| Rozpuszczalność w wodzie                                                                      | słaba                                                                                              | dobra            |
| Gęstość, $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$<br>( $p = 1013 \text{ hPa}$ , $T = 0^\circ\text{C}$ ) | 1,145                                                                                              | 1,98             |

Tlenek węgla(II) ma gęstość mniejszą od gęstości powietrza (potocznie mówi się, że jest lżejszy), a tlenek węgla(IV) prawie 1,5 razy większą.



## Doświadczenie 4.3.2

## Badanie właściwości tlenku węgla(IV)

Do cylindra wypełnionego tlenkiem węgla(IV) wprowadzamy zapalone łuczywo, a następnie powoli wlewamy świeżo przygotowaną wodę wapienną i obserwujemy zachodzące zmiany.

**Obserwacje:** Zapalone łuczywo, wprowadzone do cylindra, gaśnie, a woda wapienna mętnieje.

**Wnioski:** Tlenek węgla(IV) nie podtrzymuje palenia i sam nie jest palny. Reaguje z wodą wapienną, w wyniku czego powoduje jej zmętnienie.



## Ciekawostka

Suchy lód, czyli zestalony tlenek węgla(IV), wykorzystuje się w czasie widowisk do uzyskiwania efektu mgły: wrzucony do ciepłej wody gwałtownie sublimuje – wydzielą się zimny gaz, który powoduje skroplenie pary wodnej w otaczającym powietrzu.

Ze względu na właściwości tlenku węgla(II) – brak barwy i zapachu – jego wykrycie jest praktycznie niemożliwe bez specjalistycznych czujników.

Występowanie tlenku węgla(IV) można stwierdzić doświadczalnie w próbie z wodą wapienną, która w jego obecności mętnieje.



### Doświadczenie 4.3.3

#### Identyfikacja tlenku węgla(IV) w wydychanym powietrzu

Do kolby stożkowej zawierającej wodę wapienną ostrożnie wdmuchaj powietrze z płuc za pomocą rurki do napojów. Obserwuj zmiany zachodzące w kolbie.

**Obserwacje:** Powietrze wydychane z płuc powoduje zmętnienie wody wapiennej.

**Wniosek:** W wydychanym powietrzu jest obecny tlenek węgla(IV).



### Ciekawostka

Tlenek węgla(II) jest gazem palnym w przeciwieństwie do tlenku węgla(IV). Spala się w powietrzu zgodnie z równaniem reakcji:



Tlenek węgla(IV) nie jest gazem trującym, ale jego duże stężenie w powietrzu może skutkować uduszeniem; dlatego na statkach kosmicznych i w łodziach podwodnych montuje się urządzenia pochłaniające jego nadmiar. Jeżeli jego ilość w powietrzu przekracza 10%, może dojść do omamów i śpiączki. Zawartość przekraczająca 20% powoduje śmierć w ciągu kilkunastu minut, a powyżej 30% – natychmiast.



▲ Urządzenie do pochłaniania  $\text{CO}_2$  skonstruowane doraźnie na pokładzie Apollo 13

### Gdzie stosuje się tlenki węgla?

Tlenek węgla(II) odgrywa istotną rolę w procesie otrzymywania żelaza z jego rud. W mieszaniu z wodorem tworzy tzw. gaz syntezowy, wykorzystywany do produkcji alkoholu zwanego metanolem.

Tlenek węgla(IV) ma szerokie zastosowanie:

- jako materiał chłodniczy (zamrażanie żywności, przechowywanie materiałów biologicznych);
- w przemyśle spożywczym (produkcja napojów gazowanych);
- jako środek gaśniczy (gaśnice śniegowe);
- w atmosferze ochronnej (w procesach chemicznych i podczas spawania metali);
- jako gaz wyrzucający pociski w markerach paintballowych;
- w ratownictwie (zbiorniki do napełniania kamizelek i tratw ratowniczych).



▲ Czujnik wykrywający obecność  $\text{CO}$



Gaśnica  
śniegowa



Tratwy rańownicze



Produkcja napojów gazowanych

### Ciekawostka

Niektóre substancje, które łatwo wydzielają  $\text{CO}_2$  w podwyższonej temperaturze, pełnią funkcję środków spulchniających do wypieków i ciast.

## Podsumowanie

1. Węgiel może łączyć się z tlenem i tworzyć dwa różne tlenki: tlenek węgla(II) i tlenek węgla(IV).
2. Tlenek węgla(II) jest trującym i palnym gazem, lżejszym od powietrza, bez zapachu, słabo rozpuszczającym się w wodzie.
3. Tlenek węgla(IV) jest gazem bez zapachu, cięższym od powietrza i dobrze rozpuszczającym się w wodzie.
4. Obecność tlenku węgla(IV) można wykryć za pomocą **wody wapiennej**, która w jego obecności mętnieje.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Które właściwości tlenku węgla(II) i tlenku węgla(IV) są podobne, a które je odróżniają?
2. Oblicz masy cząsteczkowe obu tlenków węgla, a następnie porównaj w nich zawartość procentową węgla.
3. Czy w warunkach szkolnych możliwe jest wykrycie obu tlenków węgla? Opisz w zeszycie sposób identyfikacji.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) zatruciu tlenkiem węgla(II),
- b) zatrucia tlenkiem węgla(IV) nad jeziorem Nyos w Kamerunie.

# Inne ważne tlenki

Tlenki są obecne w powietrzu, w wodzie i w skorupie ziemskiej. Występują w różnych stanach skupienia. Które z nich są dla nas szczególnie ważne? Jakiego jest ich znaczenie?

## Które tlenki są najbardziej rozpowszechnione w przyrodzie?

Najbardziej rozpowszechnionymi tlenkami w przyrodzie są tlenki niemetalu. Tlenek wodoru  $H_2O$  (woda) występuje w hydrosferze, atmosferze i litosferze. W atmosferze są obecne również tlenki węgla, siarki i azotu. Tlenek krzemu(IV)  $SiO_2$  jest składnikiem piasku (litosfera). Tlenki metali występują w postaci rud – bogactw naturalnych. Do najważniejszych ze względu na ich praktyczne zastosowanie należą tlenki wapnia, żelaza i glinu.

## Jakie właściwości i znaczenie mają występujące w przyrodzie tlenki niemetalu?

Tlenek wodoru, czyli woda, jest najbardziej rozpowszechnionym w przyrodzie tlenkiem niemetalu. Będą mu poświęcone odrębne tematy.

Tlenek krzemu(IV), główny składnik piasku, jest substancją stałą, nierozpuszczalną w wodzie, odporną na działanie wielu substancji chemicznych. Stopiony tworzy bezpostaciowe szkło kwarcowe, które ze względu na odporność chemiczną i termiczną (mięknie w temperaturze ok.  $1700^{\circ}C$ ) wykorzystuje się do wyrobu naczyń laboratoryjnych. Jest podstawowym składnikiem różnego rodzaju szkła. Z przezroczystych odmian tlenku krzemu(IV) wykonuje się elementy aparatów optycznych. Twardość tego związku sprawia, że wykorzystuje się go do szlifowania szkła i metali.



▲ Tlenki: wodoru, krzemu(IV) i węgla(IV) w przyrodzie

### Ciekawostka

Tlenek krzemu(IV) występuje w przyrodzie w postaci różnorodnych minerałów: krystalicznej krzemionki (rozdrobniła tworzy piasek), kryształów kwarcu oraz bezpostaciowych krzemieni. Minerały te są bezbarwne lub mogą przyjmować różnorodne zabarwienia.

► Odmiany kwarcu



ametyst



morion

## ZASTOSOWANIE TLENKU KRZEMU(IV)



BUDOWNICTWO



PRODUKCJA SZKŁA

PRODUKCJA NACZYŃ  
LABORATORYJNYCHPRODUKCJA  
PRZYZRĄDÓW OPTYCZNYCH

JUBILERSTWO

PRODUKCJA  
ŚWIATŁOWODÓWWYROB PRZEDMIOTÓW  
CERAMICZNYCH

PRODUKCJA KRZEMU



**Tlenek siarki(IV)**, obecny w powietrzu, jest ubocznym produktem spalania różnego rodzaju paliw (węgla kamiennego, ropy naftowej, olejów napędowych) zanieczyszczonych siarką. Dostaje się do atmosfery również w wyniku erupcji wulkanów.



## Doświadczenie 4.4.1

Otrzymywanie tlenku siarki(IV)  
i badanie jego właściwości

Na tyżce do spalenia zapalamy siarkę i wprowadzamy do wypełnionej tlenem kolby z płaskim.

**Obserwacje:** Siarka pali się słabym, niebieskofioletowym płomieniem. Po włożeniu jej do kolby z tlenem płomień staje się intensywniejszy. Powstaje bezbarwny gaz o nieprzyjemnym, drażniącym zapachu.

**Wnioski:** Siarka spala się gwałtowniej w tlenie niż w powietrzu. Powstaje gaz – tlenek siarki(IV).



Tlenek siarki(IV) jest bezbarwnym gazem o ostrym zapachu. Ma właściwości bakteriobójcze i pleśniobójcze.

Tlenek siarki(VI) może powstawać w powietrzu w wyniku łączenia się tlenku siarki(IV) z tlenem. Taka reakcja przebiega tylko w obecności katalizatora – w tym wypadku katalizatorem są pyły metaliczne znajdujące się w powietrzu.



Tlenki siarki stanowią groźne zanieczyszczenie powietrza dla organizmów, budynków i konstrukcji stalowych. Powodują uszkodzenia układu oddechowego.



### ZASTOSOWANIE TLENKÓW SIARKI



Konserwant (E220)  
w przemyśle spożywczym  
i winiarskim



**TLENEK SIARKI(IV)**  
Wybielacz w przemyśle pa-  
pierniczym i tekstylnym



Substancja dezynfekująca



**TLENEK SIARKI(VI)**  
Surowiec w przemyśle  
chemicznym

Tlenki azotu występują w powietrzu i stanowią jego zanieczyszczenia. Mają różny stan skupienia – trzy są gazami, jeden cieczą i jeden substancją stałą.

Obecność tlenków azotu w powietrzu jest związana ze spalaniem wysokotemperaturowym paliw oraz emisją gazów z fabryk produkujących nawozy sztuczne. Tlenki azotu są poważnym zagrożeniem dla organizmów. Szczególnie niebezpieczny jest trujący **tlenek azotu(IV)** – składnik smogu.

tlenek azotu(I)  $\text{N}_2\text{O}$



tlenek azotu(II)  $\text{NO}$



tlenek azotu(III)  $\text{N}_2\text{O}_3$

tlenek azotu(IV)  $\text{NO}_2$



tlenek azotu(V)  $\text{N}_2\text{O}_5$

### Ciekawostka

W 1998 roku przyznano Nagrodę Nobla za odkrycie dotyczące powstawania tlenku azotu(II) w organizmie oraz spełnianych w nim funkcji. Nazwano go tlenkiem życia.

## Jakie właściwości mają wybrane tlenki metali i jakie jest ich praktyczne znaczenie?

Tlenki metali to najczęściej substancje stałe. W przyrodzie występują zwykle w postaci rud metali. Najważniejsze z nich to tlenki żelaza, glinu i wapnia.

Znane są trzy tlenki żelaza:

- tlenek żelaza(II)  $\text{FeO}$ , substancja stała, barwy czarnej;
- tlenek żelaza(III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , występuje w skorupie ziemskiej jako minerał o nazwie hematyt, substancja stała, barwy czerwonej, składnik rdzy;
- tlenek żelaza(II,III)  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  inaczej  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  główny składnik minerału o nazwie magnetyt, ma właściwości ferromagnetyczne, czyli oddziałuje z magnesem.

### ZASTOSOWANIE TLENKÓW ŻELAZA



PRODUKCJA STALI



PIGMENTY



PRODUKCJA CIECZY  
MAGNETYCZNEJ



PRODUKCJA  
TAŚM MAGNETYCZNYCH

Tlenek glinu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  występuje w przyrodzie jako bardzo twardy minerał o nazwie korund. Twardością ustępuje on tylko diamentowi. Domieszki innych metali powodują, że korund może przybierać różne barwy. Najbardziej znane szlachetne odmiany korundu to czerwony rubin i niebieski szafir. Czysty tlenek glinu jest białym proszkiem.

### ZASTOSOWANIE TLENKU GLINU



PRODUKCJA  
ALUMINIUM



PRODUKCJA CZĘŚCI PROTEZ  
ORTOPEDYCZNYCH



PRODUKCJA ŁOŻYSK  
PRECYZYJNYCH



JUBILERSTWO  
(SZAFIRY I RUBINY)

Tlenek wapnia  $\text{CaO}$  nie występuje w przyrodzie. Otrzymuje się go w wyniku prażenia skał wapiennych, stosowanych już 4000 lat p.n.e. w budownictwie.

Tlenek wapnia zwyczajowo jest nazywany wapnem palonym. To biała substancja stała, która ma właściwości higroskopijne (pochłania wodę z otoczenia, np. parę wodną z powietrza).



#### ZASTOSOWANIE TLENKU WAPNIA



W BUDOWNICTWIE DO PRODUKCJI ZAPRAWY MURARSKIEJ I CEMENTU



W ROLNICTWIE DO WAPNOWANIA GLEBY I PRODUKCJI NAWOZÓW SZTUCZNYCH



W SADOWNICTWIE CHRONI DRZEWA NA WIOSNĘ PRZED PĘKANIEM

### Podsumowanie

- Tlenki niemetalu** występujące w przyrodzie to tlenek wodoru (woda), tlenek krzemu(IV) – składnik piasku, tlenki węgla, siarki i azotu będące zanieczyszczeniem powietrza.
- Tlenki metalu** występują w przyrodzie w postaci rud metalu (minerałów).
- Podstawowym zastosowaniem tlenków żelaza jest produkcja stali (stopu, którego głównym składnikiem jest żelazo), tlenku krzemu – przemysł szklarski i otrzymywanie krzemu, tlenku wapnia – budownictwo, a tlenku glinu – produkcja aluminium.

### Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Zapisz równania reakcji otrzymywania tlenków: glinu, żelaza(II), wapnia, siarki(IV) w reakcjach syntezy pierwiastków z tlenem.
- Przygotuj plakat lub prezentację ilustrującą występowanie i zastosowanie wybranego tlenku.
- Dla tlenków glinu, wapnia i krzemu(IV) oblicz różnicę elektroujemności tworzących je pierwiastków oraz określ przewidywany rodzaj wiązań chemicznych.

### Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- szkodliwości glinu,
- różnych rodzajów szkła.

## 4.5

## Inne składniki powietrza

Oprócz azotu, tlenu, dwutlenku węgla, tlenków siarki i azotu w powietrzu występują jeszcze inne gazy. Jaką rolę odgrywają? Dlaczego niektóre są nazywane szlachetnymi, a inne – gnilnymi? Czy ich zawartość w powietrzu jest stała?

Które gazy są szlachetne?



## Ciekawostka

Obecnie są już znane związki argonu, kryptonu, ksenonu i radonu.



▲ Kryształki fluorku ksenonu(IV)  $\text{XeF}_4$

Argon – najbardziej rozpowszechniony w powietrzu gaz szlachetny – wraz z helem, neonem, argonem, kryptonem i ksenonem należy do 18. grupy, czyli do helowców. Wszystkie pierwiastki tej grupy mają trwałą, stabilną energetycznie konfigurację elektronową, co powoduje ich niezwykle małą aktywność chemiczną, najmniejszą spośród wszystkich znanych pierwiastków. To dlatego helowce występują w przyrodzie w postaci pojedynczych atomów, a nie – tak jak wszystkie inne pierwiastki gazowe – w postaci cząsteczek dwuatomowych. Do połowy XX wieku nie znano żadnych związków tych pierwiastków, dlatego nazywano je gazami szlachetnymi. Wszystkie helowce występują w niewielkich ilościach w atmosferze, litosferze i hydrosferze Ziemi. Właściwości helowców:

- bezbarwne gazy,
- niepalne,
- nie podtrzymują spalania,
- biernie chemicznie,
- występują w przyrodzie w postaci pojedynczych atomów.

Jak pozyskuje się helowce i gdzie się je wykorzystuje?

Helowce otrzymuje się (z wyjątkiem helu) jako produkt uboczny destylacji ciekłego powietrza, np. podczas otrzymywania tlenu. Hel jest natomiast wytwarzany podczas przemian promieniotwórczych. Często znajduje się w pokładach gazu ziemnego, z których się go pozyskuje.

**Zastosowanie gazów szlachetnych:**

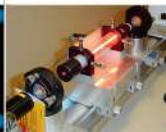
- napełnianie balonów, np. meteorologicznych, wojskowych oraz sterowców (hel)
- napełnianie butli stosowanych przez nurków (hel)
- chłodziwo reaktorów atomowych i specjalistycznej aparatury medycznej (hel)
- gaz ochronny w procesie spawania (hel, argon)
- produkcja lamp i laserów (hel, neon, argon, krypton, ksenon)
- gaz ochronny w termicznej obróbce metali, otrzymywaniu wysokiej jakości stali, kryształów krzemu, germanu, przechowywaniu starych dokumentów (argon)
- kriochirurgia (argon)
- konstrukcja paneli świetlnych, telewizorów plazmowych (ksenon)



▲ Sterowiec wypełniony helem



▲ Lampa neonowa



▲ Laser helowo-neonowy

**Ciekawostka**

Hel nie rozpuszcza się we krwi, dlatego mieszaninę tlenu i helu wykorzystuje się do oddychania w nurkowaniu głębinowym.

Na skutek różnicy w prędkości rozchodzenia się dźwięku w helu i w powietrzu wdychanie helu oraz jego mieszanin powoduje czasową zmianę głosu na wyższy. Podobny, lecz słabszy efekt wykazuje neon.

**Dlaczego para wodna jest zmiennym składnikiem powietrza?**

Para wodna obecna w atmosferze odgrywa bardzo ważną rolę. Jej właściwości i przemiany wpływają na wiele zjawisk atmosferycznych: kształtują pogodę i klimat.

Ilość pary wodnej w atmosferze zależy od położenia geograficznego regionu, czyli od odległości od mórz, oceanów, jezior i rzek. Zależy również od pory roku i doby.

Woda odgrywa ogromną rolę w funkcjonowaniu wszystkich żyjących organizmów. To substancja, bez której nie może istnieć życie. Jest również niezbędna w wielu gałęziach przemysłu.



▲ Schłodzona butelka z wodą pokrywa się kropkami cieczy – to para wodna znajdująca się w powietrzu ulega skropleniu na zimnej powierzchni butelki.



▲ Magnes zainstalowany w aparacie do badań medycznych metodą rezonansu jądrowego, chłodzony ciekłym helem

## Które z gazów występujących w powietrzu nazywamy gnilnymi?

W powietrzu obecne są również niewielkie ilości gazów, które powstają w procesach rozkładu roślin i zwierząt. Należą do nich metan, amoniak i siarkowodór. Dwa ostatnie mają bardzo nieprzyjemny zapach.

| Metan $\text{CH}_4$                                                                                                                                                                           | Amoniak $\text{NH}_3$                                                           | Siarkowodór $\text{H}_2\text{S}$                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Modele cząsteczek</b>                                                                                                                                                                      |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Zagrożenia</b>                                                                                                                                                                             |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Powstawanie</b>                                                                                                                                                                            |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>rozkład roślin bez udziału tlenu</li> <li>fermentacja związków pochodzenia organicznego: ścieków, odchodów zwierzęcych, odpadów komunalnych</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>rozkład substancji białkowych</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>gnicie białek pochodzenia zwierzęcego i roślinnego</li> <li>tworzy się w niewielkich ilościach w przewodzie pokarmowym, powoduje nieprzyjemny zapach gazów jelitowych</li> </ul> |
| <b>Właściwości fizyczne</b>                                                                                                                                                                   |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
| gęstość w porównaniu z gęstością powietrza                                                                                                                                                    |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
| mniejsza                                                                                                                                                                                      | mniejsza                                                                        | większa                                                                                                                                                                                                                 |
| praktycznie nierozpuszczalny w wodzie                                                                                                                                                         | bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie                                            | rozpuszczalny w wodzie                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Właściwości chemiczne</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |
| mało aktywny, w mieszaninie z tlenem – wybuchowy                                                                                                                                              | aktywny                                                                         | aktywny                                                                                                                                                                                                                 |
| palny                                                                                                                                                                                         | palny                                                                           | palny                                                                                                                                                                                                                   |
| brak zapachu                                                                                                                                                                                  | charakterystyczny, nieprzyjemny zapach                                          | charakterystyczny, nieprzyjemny zapach                                                                                                                                                                                  |

### Ciekawostka

Siarkowodór tworzy się w szambach, kanałach i zanieczyszczonych studniach. To toksyczny niebezpieczny gaz o zapachu zgniłych jaj. W dużym stężeniu zapach jest nieodczuwalny, ponieważ gaz ten paraliżuje układ oddechowy. Przenika również przez skórę. W 2014 roku w woj. lubuskim w trakcie czyszczenia szamba jedna osoba straciła przytomność, kolejne próbowały ją ratować. W konsekwencji śmiertelnie zatruto się 7 osób.

## ZASTOSOWANIE GAZÓW GNILNYCH



METANU

- źródło energii ciepłej
- surowiec w przemyśle chemicznym



AMONIAKU

- produkcja nawozów sztucznych
- przemysł spożywczy (środki spulchniające)
- chłodnictwo



SIARKOWODORU

- surowiec w przemyśle chemicznym
- analiza chemiczna
- medycyna, kąpiele siarkowodorowe

## Podsumowanie

- Helowce** to gazy bezbarwne, bez zapachu. Są nieaktywne chemicznie, co wiąże się z budową ich atomu (powłoki walencyjnej).
- Gazy szlachetne** są stosowane m.in. w medycynie i przemyśle oświetleniowym do produkcji różnorodnych lamp i laserów.
- Para wodna** jest składnikiem powietrza występującym w zmiennych ilościach.
- Metan, amoniak i siarkowodor** są gazami powstającymi w procesach fermentacyjnych i gnilnych materii pochodzenia organicznego.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Dlaczego helowce są nieaktywne chemicznie?
- W jaki sposób można wykręcić parę wodną w powietrzu?
- Jakie wiązania chemiczne występują w cząsteczkach gazów powstających w procesach gnilnych? Przedstaw graficznie sposób ich powstawania. Dla każdej cząsteczki podaj liczbę wiążących i niewiążących par elektronowych.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- odkrywców gazów szlachetnych,
- zmian w sposobie konstruowania elementów oświetleniowych (od lamp gazowych przez żarówki do oświetlenia LED),
- rodzajów i sposobu powstawania osadów atmosferycznych.

## 4.6

## Wodór

Co sekundę około 600 milionów ton wodoru przemienia się w hel w wyniku reakcji termojądrowej, przebiegającej w temperaturze około 15 mln stopni. Przemiana ta jest najważniejszym źródłem energii Słońca. Czy człowiek nauczy się pozyskiwać tę energię do swoich potrzeb?



▲ Mgławica, której głównym składnikiem jest wodór

## W jakiej postaci wodór występuje w przyrodzie?

Wodór jest najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem chemicznym we wszechświecie. Stanowi składnik mgławic, gwiazd i planet. Słońce składa się w 72% z wodoru. Gaz ten praktycznie nie jest obecny w atmosferze ziemskiej, w niewielkich ilościach występuje natomiast w postaci cząsteczek dwuatomowych ( $H_2$ ) w gazach wulkanicznych, w gazach wokół źródeł geotermalnych i czasem w gazie ziemnym. Jako składnik wielu związków chemicznych znajduje się w hydrosferze, biosferze i litosferze.

## Ciekawostka

Ciało dorosłej osoby składa się w 10% z wodoru – człowiek ważący 70 kg ma w sobie zatem 7 kg tego pierwiastka w formie związanej w różnorodne związki chemiczne.

## Jakie właściwości ma wodór?



## Doświadczenie 4.6.1

## Otrzymywanie wodoru i badanie jego właściwości

Butelkę po wodzie mineralnej obcinamy na takiej wysokości, aby otrzymać lejek. W plastikową zakrętkę wbijamy dwie igły od strzykawki, których wloty zaklejamy plasteliną. Zestaw mocujemy w statywie i napełniamy wodą lekko zakwaszoną kwasem siarkowym(VI), aby przewodziła prąd. Do probówek wlewamy zakwaszoną wodę i umieszczamy w otrzymanym naczyniu tak, aby igły znalazły się wewnątrz nich. Wystające z zakrętki igły łączymy przewodami z biegunami baterii. Porównujemy objętości wydzielającego się gazu. Do probówki, w której zebrało się więcej gazu, wkładamy zapalone luczywo, a do drugiej – tylko rozżarzone.

**Obserwacje:** W trakcie przepuszczania prądu przez wodę widać wydzielające się pęcherzyki gazu. Przy igle połączonej z ujemnym biegunem baterii zbiera się dwa razy więcej gazu niż przy igle połączonej z dodatnim biegunem baterii. Gaz zebrany w probówce w większej ilości po zbliżeniu zapalonego łuczka spala się z charakterystycznym trzaskiem. Po zbliżeniu żarzącego się łuczka do probówki z mniejszą ilością gazu łuczko się zapala.

**Wnioski:** Pod wpływem prądu elektrycznego woda rozkłada się na pierwiastki. Zebrany w większej ilości palnym gazem jest wodór, a gazem podtrzymującym palenie – tlen. Objętość zebranego wodoru jest dwukrotnie większa niż objętość otrzymanego tlenu.



### Doświadczenie 4.6.2

#### Wybuchowa piana

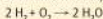
Do fiolki z granulkami cynku dodajemy kwasu solnego. Otrzymany gaz wprowadzamy do parownicy z wodą i detergentem (1). Gdy na powierzchni cieczy zbierze się piana, zbliżamy do niej zapalone łuczko (2).

**Obserwacje:** Gaz zebrany w bańkach spala się z charakterystycznym trzaskiem.

**Wnioski:** Cynk reaguje z kwasem solnym, a produktem reakcji jest wodór.



Wodór spala się w tlenie wybuchowo zgodnie z równaniem reakcji:



#### Właściwości fizyczne wodoru:

- bezbarwny gaz, bardzo słabo rozpuszczalny w wodzie;
- gęstość wynosi  $0,0899 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (w warunkach  $p = 1013 \text{ hPa}$ ,  $T = 0^\circ\text{C}$ );
- temperatura wrzenia wynosi  $-252,87^\circ\text{C}$ ;
- temperatura topnienia wynosi  $-259,34^\circ\text{C}$ .



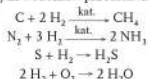
## Czy wodór jest aktywny chemicznie?

Właściwości chemiczne wodoru:

- aktywny chemicznie;
- palny;
- nie podtrzymuje spalania;
- z tlenem tworzy mieszaninę wybuchową (szczególnie niebezpieczna jest mieszanina wodoru i tlenu w stosunku objętościowym 2 : 1);
- nie ma zapachu.

Wodór jest aktywny chemicznie. Jego związki z innymi pierwiastkami nazywamy **wodorkami**. Należą do nich m.in. poznane już gazy gnilne: metan  $\text{CH}_4$ , amoniak  $\text{NH}_3$ , siarkowodór  $\text{H}_2\text{S}$ . Woda – tlenek wodoru może być także nazywana wodorkiem tlenu. We wszystkich związkach chemicznych wodór przyjmuje wartościowość I.

Reakcje syntezy ważnych wodorków przedstawiają poniższe równania:



## Gdzie wykorzystuje się wodór?

Wodoru używa się:

- na dużą skalę w produkcji różnych związków chemicznych, m.in.: amoniaku, kwasu solnego oraz metanolu;
- w procesach, w których z płynnych tłuszczów roślinnych (olejów) otrzymuje się tłuszcze stałe (np. przy produkcji margaryny);
- przy przeróbce ropy naftowej, do usuwania z niej siarki;
- do produkcji paliw silnikowych;
- w przemyśle farmaceutycznym do produkcji witamin i innych leków;
- do usuwania resztek tlenu z gazów (tlen przekształca się w wodę, a gaz osusza);
- w procesach otrzymywania czystych metali.



▲ Rakieta o napędzie m.in. wodorowo-tlenowym

### Uwaga!

Praca z wodorem wymaga specjalnej ostrożności.



Produkcja margaryny



Raffineria Dhahran, Arabia Saudyjska

Ciekły wodór znalazł zastosowanie w silnikach odrzutowych wahadłowców i innych pojazdów kosmicznych. Do dzisiaj prowadzi się wiele prac badawczych pod kątem wykorzystania go jako uniwersalnego, czystego ekologicznie paliwa.

### Ciekawostka

Fuzja jądrowa to łączenie się atomów pierwiastków przy jednoczesnym tworzeniu się atomów pierwiastków cięższych. Taki proces, polegający na syntezie helu z wodoru, jest podstawą funkcjonowania wszystkich gwiazd, w tym naszego Słońca. Cztery atomy wodoru łączą się i powstaje jeden atom helu ( ${}^4\text{He}$ ). Wydziela się wówczas ogromna ilość energii, nieporównywalnie większa niż w przypadku znanych zwykłych reakcji chemicznych. Prowadzenie kontrolowanej fuzji jądrowej w reaktorach na Ziemi jest od jakiegoś czasu marzeniem ludzi, gdyż proces ten zapewniałby niemal niewyczerpalne źródło energii.

## Podsumowanie

1. **Wodór** jest najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem we wszechświecie.
2. Wodór tworzy w stanie wolnym **cząsteczki dwuatomowe**.
3. Wodór jest **gazem palnym**, ale nie podtrzymuje spalania.
4. Mieszanina wodoru i tlenu spala się **wybuchowo**.
5. Związki wodoru z pierwiastkami to **wodorki**.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jakie właściwości odróżniają wodór od tlenu, a jakie – od dwutlenku węgla?
2. W jakich warunkach należy sprawdzać palność wodoru?
3. Oblicz i porównaj masy trzech balonów wypełnionych gazami o objętości 100 cm<sup>3</sup>: wodorem, helem i tlenem.
4. Dlaczego balony, którymi można podróżować, obecnie napienia się helem, a nie – wodorem?
5. Oblicz, ile gramów wody można otrzymać w wyniku spalania 40 g wodoru, jeżeli do tego celu zużyto 320 g tlenu.
6. Porównaj zawartość procentową wodoru w następujących gazach: w amoniaku, w metanie i w siarkowodorze.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) przypadków zapłonu balonów pasażerskich wypełnionych wodorem,
- b) projektów zastosowania wodoru w napędzie samochodów.

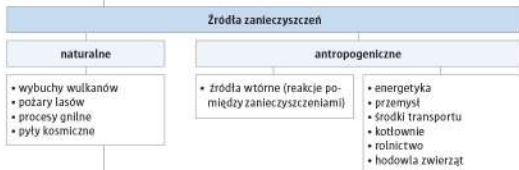
## 4.7

# Zanieczyszczenia powietrza

Zapewnianie czystości środowiska to zbiorowa odpowiedzialność, to patrzenie w przyszłość i przewidywanie skutków działań człowieka. Co robić, aby dbać o nasze środowisko?

## Skąd się biorą zanieczyszczenia powietrza?

Zanieczyszczenia powietrza są dwojakiego rodzaju: naturalne i spowodowane działalnością człowieka (tzw. źródła antropogeniczne). Ponieważ materia w przyrodzie jest w nieustannym obiegu, na zanieczyszczenie powietrza wpływa zanieczyszczenie wody i gleby.



## Jakie substancje zanieczyszczają powietrze?

W powietrzu są obecne zanieczyszczenia we wszystkich stanach skupienia. Duża ich część to produkty spalania różnego rodzaju paliw emitowane przez środki transportu, elektrownie, ciepłownie i gospodarstwa domowe.



## Jakie są skutki zanieczyszczenia powietrza?

Zanieczyszczenia powietrza wpływają na całe środowisko. Ich konsekwencje można obserwować na przestrzeni wielu lat. Często zmiany są nieodwracalne. Bezpośrednio na nasze zdrowie mają pyłowe zanieczyszczenia powietrza: tzw. pył zawieszony PM10 i PM2,5 (BS – czarny smog). Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, z ang. World Health Organization) powoduje on co roku wzrost liczby zgonów o około 1,4%, zwiększa o 0,5% przypadków inwalidztwa i o 2% zachorowalność na choroby serca. Polska należy do najbardziej zanieczyszczonych krajów Europy. Powstawaniu smogu w Polsce sprzyja okres zimowy, słaby wiatr, brak opadów, niska temperatura powietrza w nocy i powiązana z nimi zwiększona emisja zanieczyszczeń.

**PM10** – cząstki stałe o wielkości poniżej 10  $\mu\text{m}$

| Skutki zanieczyszczenia powietrza                                                                                     | Przyczyny                                                                                                                                                                                                    | Konsekwencje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>powstawanie smogu</p>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zanieczyszczenie powietrza tlenkami węgla, siarki, pyłem węglowym</li> <li>• duża wilgotność powietrza</li> <li>• brak wiatru</li> <li>• nasłonecznienie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• duszności, astma, niewydolność układu oddechowego, paraliż układu krwionośnego</li> <li>• alergie</li> <li>• uszkodzenia płodu</li> <li>• nowotwory</li> </ul>                                                                                                                                                                                   |
| <p>tworzenie kwaśnych opadów</p>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• połączenie opadów atmosferycznych z zanieczyszczeniami powietrza tlenkami siarki i azotu, siarkowodorem</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zakwaszenie zbiorników wodnych i gleby</li> <li>• roztwarzanie metali i ich migracja w glebie i w wodzie do organizmów</li> <li>• uszkodzenia liści i igieł drzew</li> <li>• korozja metali, niszczenie konstrukcji stalowych</li> <li>• niszczenie wapiennych elementów budynków</li> <li>• negatywny wpływ na zdrowie i życie ludzi</li> </ul> |
| <p>wzrost efektu cieplarnianego</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• wzrost ilości gazów cieplarnianych w powietrzu (dwutlenku węgla, metanu) mających zdolność zatrzymywania ciepła w troposferze</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• zmiany klimatyczne</li> <li>• topnienie lodowców</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>tworzenie dziury ozonowej</p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• freony</li> </ul>                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• niszczenie warstwy ozonowej chroniącej przed szkodliwym promieniowaniem UV emitowanym przez Słońce</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    |

## Co możemy zrobić, aby zadbać o naszą ziemską atmosferę i o przyszłe życie na Ziemi?

Każdy element środowiska można chronić zgodnie z trzadą:

zapobiegaj  
powstawaniu  
zanieczyszczeń

ograniczaj  
ich działanie,  
jeśli już powstały

usuwaj  
ze środowiska, jeśli  
tam się dostały



Gdybyśmy wszyscy oszczędzali energię elektryczną i ograniczyli liczbę samochodów, to w istotny sposób zmniejszylibyśmy zużycie paliw kopalnych: węgla, gazu ziemnego oraz ropy naftowej.

Powszechne stosowanie alternatywnych, czystych ekologicznie źródeł energii poskutkowałoby lawinowym zmniejszeniem ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery.

Możemy ograniczać zużycie papieru, segregować odpady, zbierać surowce wtórne, aby mogły być powtórnie wykorzystane. Taki system wielokrotnego przetwarzania materiałów nazywamy **recyklingiem**. Warto działać na rzecz ochrony przyrody, klimatu i gatunków zagrożonych wyginięciem. Koniecznie trzeba sadzić drzewa, dbać o nie i ograniczyć bezmyślne wycinanie lasów.

### Podsumowanie

1. Powietrze może zawierać **zanieczyszczenia** w stanie stałym, ciekłym i gazowym, które pochodzą ze źródeł naturalnych lub antropogenicznych. Zanieczyszczenia mogą mieć działanie toksyczne, drażniące i rakotwórcze.
2. **Freony** przyczyniają się do niszczenia warstwy ozonowej.
3. Para wodna, tlenek węgla(IV) i metan to najważniejsze **gazy cieplarniane**.
4. Tlenki siarki i azotu zawarte w powietrzu są przyczyną **kwaśnych opadów**.
5. Środowisko można chronić zgodnie z trzadą: zapobiegaj – ograniczaj – usuwaj.
6. Każdy człowiek może przyczynić się do ochrony powietrza.

### Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Na czym polega efekt cieplarniany?
2. Jakie czynniki wywołują naturalne zanieczyszczenia atmosfery?
3. Które z zanieczyszczeń mają wpływ na żyjące organizmy?

### Dowiedz się więcej

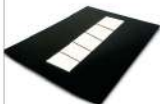
W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) skutków wielkiego smogu londyńskiego w 1952 r.,
- b) symboli ekologicznych stosowanych na opakowaniach.

# Domowe laboratorium

## Zanieczyszczenia powietrza

Na kartce formatu A4 przyklej 5 kawałków dwustronnej taśmy klejącej. Zanotuj datę rozpoczęcia eksperymentu. Tak przygotowaną kartkę z naklejonymi kawałkami taśmy wystaw na parapet okienny. Co dwa dni odklejaj z kolejnych kawałków taśmy papier ochronny odsłaniający warstwę kleju. Po ośmiu dniach obejrzyj przez lupę i porównaj odsłaniane kawałki taśmy. Omów efekty eksperymentów z innymi osobami z klasy.



## Identyfikacja tlenu

Do szklanej fiolki nalej kilka  $\text{cm}^3$  wody utlenionej i wrzuć szczyptę nadmanganianu potasu (manganianu(VII) potasu). Pod takimi nazwami oba odczynniki możesz kupić w aptece. Następnie włóż do fiolki żarzące się drewnienko, np. patyk do szaszłyków lub wykałaczkę. Obserwuj zachodzące zmiany.



## Gaszenie luczywa

W gumowym korku od szklanej fiolki po lekarstwach zrób za pomocą gwoździa taki otwór, aby zmieścił się w nim obcięty plastikowy koniec igły z umocowanym wężykiem od kroplówki. Tak przygotowanym korkiem zatkać fiolkę. Obok wbij igłę ze strzykawką.

Do fiolki wsyp pół płaskiej łyżeczki sodы oczyszczonej. Strzykawkę napełnij octem i umieść w korku. Wężyk wprowadź do ampułki po leku. Do sodы dodaj 2–3  $\text{cm}^3$  octu i po chwili włóż do szklanej ampułki zapaloną zapalniczkę.



# Czy wiesz, że...



▲ Kawalek suchego lodu

## ■ Bardzo zimny tlenek

Wszyscy znamy lód, który pojawia się podczas mrozów na rzekach, jeziorach czy zwykłych kałużach. Dotknięcie go niczym nam nie grozi. Jest jednak jeszcze inny „lód”, którego lepiej nie dotykać, ponieważ może się to skończyć głębokim odmrożeniem. Jego temperatura wynosi  $-78^{\circ}\text{C}$ . Produkuje się go w dużych ilościach dla przemysłu chłodniczego. Przed II wojną światową, w miejscowości Krynica, podczas poszukiwania gazu ziemnego nastąpił wyciek sprężonego tlenku węgla(IV). Gaz, który się rozpręzał, opadał w postaci płatków „śniegu”. Odwiert służył potem przez wiele lat do produkcji tzw. suchego lodu.

Dlaczego suchy lód jest używany w chłodnictwie?



▲ Samochód na paliwo wodorowe

## ■ Wodór jako paliwo przyszłości

Rozbrzmiewające co jakiś czas głosy na temat wyczerpywania się surowców energetycznych zmuszają do myślenia nad poszukiwaniem alternatywnych źródeł energii. Wodór można pozyskiwać drogą elektrolizy lub przez rozkład wody za pomocą światła w obecności specjalnych katalizatorów. Ta ostatnia metoda byłaby najtańsza, ale na razie badania nad nią znajdują się w fazie eksperymentalnej.

Jakie są jeszcze inne przemysłowe metody otrzymywania wodoru?

## ■ Śmierć przyszła w nocy

Wieczorem 21 sierpnia 1986 roku mieszkańcy wiosek leżących nad jeziorem Nyos (Kamerun) położyli się jak zwykle spać. Tej nocy z jeziora nastąpiła olbrzymia erupcja gazowego tlenku węgla(IV). Warstwa gazu z prędkością 100 km/h runęła na leżące w pobliżu tereny. Zginęło 1700 ludzi – zostali uduszeni, podobnie jak ich zwierzęta domowe. Podobną katastrofą zagrożone są jeziora Monoun w Kamerunie i Kivu w Kongo.

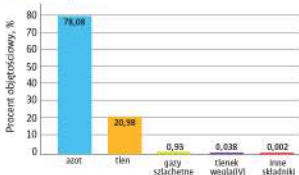
Z czego słynie Psia Grota koło Neapolu?

Jezioro Nyos

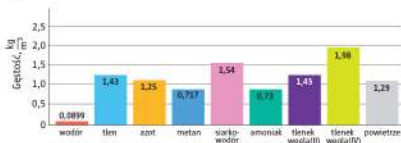


# Podsumowanie działu

## Skład powietrza



## Porównanie gęstości gazów



**Tlenki** to związki tlenu z metalami lub niemetalami.

**Wodorki** to związki wodoru z metalami lub niemetalami.

## Reakcje charakterystyczne gazów

| Gaz              | Rodzaj próby                       | Efekt wizualny, akustyczny |
|------------------|------------------------------------|----------------------------|
| tlen             | rozżarzone łuczywo                 | plomień                    |
| wodór            | spalanie mieszaniny tlenu i wodoru | charakterystyczny trzask   |
| tlenek węgla(IV) | z wodą wapienną                    | mętnienie                  |

Drobiny w gazach:

- rozprzestrzeniają się w całej dostępnej im objętości,
- słabo ze sobą oddziałują,
- poruszają się bardzo szybko.

## Sposoby odbierania powstałych gazów

Gazy słabo rozpuszczalne i nierozpuszczalne w wodzie



Gazy o gęstości mniejszej od gęstości powietrza



Gazy o gęstości większej od gęstości powietrza



### ■ Właściwości niektórych gazów

| Nazwa                                                                                                                                                                                                                                                                           | Symbol / wzór    | Model                                                                               | Barwa       | Rozpuszczalność w wodzie | Zapach              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|
| wodór<br>                                                                                                                                                                                      | H <sub>2</sub>   |    | bezbabarwne | brak                     | brak zapachu        |
| hel                                                                                                                                                                                                                                                                             | He               |    |             | brak                     |                     |
| azot                                                                                                                                                                                                                                                                            | N <sub>2</sub>   |    |             | bardzo słaba             |                     |
| tlen<br>                                                                                                                                                                                       | O <sub>2</sub>   |    |             | słaba                    |                     |
| argon                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ar               |    |             | brak                     |                     |
| para wodna                                                                                                                                                                                                                                                                      | H <sub>2</sub> O |    |             | –                        |                     |
| tlenek węgla(II)<br><br><br>  | CO               |    |             | słaba                    |                     |
| tlenek węgla(IV)                                                                                                                                                                                                                                                                | CO <sub>2</sub>  |    |             | dobra                    | ostry, nieprzyjemny |
| metan<br>                                                                                                                                                                                      | CH <sub>4</sub>  |    |             | słaba                    |                     |
| amoniak<br><br><br>     | NH <sub>3</sub>  |  |             | bardzo dobra             |                     |
| siarkowodor<br><br><br> | H <sub>2</sub> S |  |             | dobra                    |                     |

#### Skutki zanieczyszczenia powietrza

smog

kwaśne  
opadywzrost efektu  
cieplarnianegodziura  
ozonowa

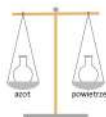
# Test do działu

Wybierz poprawne dokończenie zdania lub odpowiedź.

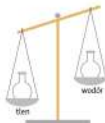
- 1. Naturalnymi źródłami zanieczyszczeń atmosfery są**  
A. wybuchy wulkanów i pożary lasów.  
B. procesy wietrzenia skał i zakłady energetyczne.  
C. procesy gnilne organizmów żywych i cementownie.  
D. kotłownie i środki transportu.
- 2. Gaz, którego w powietrzu jest najwięcej, to**  
A. ozon.                      B. azot.                      C. tlen.                      D. argon.
- 3. Powietrze można rozdzielić na składniki w procesie**  
A. dekantacji.                      C. krystalizacji.  
B. destylacji skroplonego                      D. wrzenia.  
powietrza.
- 4. Właściwość, która odróżnia tlen od azotu, to**  
A. stan skupienia.                      C. zapach.  
B. barwa.                      D. gęstość.
- 5. Proces rdzewienia żelaza jest związany z obecnością w powietrzu**  
A. tlenu.                      C. argonu.  
B. azotu.                      D. tlenku węgla(IV).
- 6. Ozon to odmiana tlenu o**  
A. symbolu O.                      C. wzorze  $O_2$ .  
B. wzorze  $O_2$ .                      D. wzorze  $O_4$ .
- 7. Bezbarwny, bezwonny gaz. Słabo rozpuszcza się w wodzie. Nie pali się i nie podtrzymuje spalania. W jego obecności woda wapienna mętnieje.**  
**Powyższa charakterystyka dotyczy**  
A. tlenu.                      C. wodoru.  
B. azotu.                      D. tlenku węgla(IV).
- 8. Do wyrobu zaprawy murarskiej oraz do produkcji szkła stosuje się**  
A. tlenek żelaza(II).                      C. tlenek wapnia.  
B. tlenek żelaza(III).                      D. tlenek glinu.
- 9. Na butli z pewnym gazem znajduje się piktogram zamieszczony obok.**  
**Jakim gazem napełniono butlę?**  
A. Wodorem.                      C. Helem.  
B. Tlenem.                      D. Azotem.



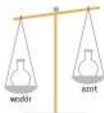
10. Jaka właściwość tlenku węgla(IV) pozwala na jego wykorzystanie w gaśnicach?
- Dobra rozpuszczalność w wodzie.
  - Niepodtrzymywanie palenia.
  - Gazowy stan skupienia.
  - Brak barwy i zapachu.
11. Wskaż zdanie **falszywe**.
- Spośród gazów szlachetnych najwięcej w atmosferze jest ksenonu.
  - Mieszanina helu i tlenu jest używana przez nurków głębinowych.
  - Neon i argon stosuje się do napełniania lamp zwanych potocznie neonami.
  - Radon jest helowcem nietrwałym i radioaktywnym.
12. Na wagę będącą w stanie równowagi położono dwie identyczne kolby o pojemności  $1\text{ dm}^3$ . Do kolb wprowadzono kolejno taką samą objętość różnych gazów i obserwowano zachowanie się szalek wagi. Który rysunek wskazuje właściwe położenie szalek wagi?



A.



B.



C.



D.

13. Aby odróżnić azot od tlenku węgla(IV), należy wykonać próbę z
- żarzącym się łuczywem.
  - wodą wapienną.
  - zapalonym łuczywem.
  - wodą destylowaną.
14. Azot to bezbarwny i bezwonny gaz stosowany
- w palnikach do spawania i cięcia trudnotopliwych metali.
  - do otrzymywania margaryny z płynnych tłuszczów roślinnych.
  - jako środek gaśniczy w gaśnicach śniegowych.
  - przy pakowaniu i puszkowaniu żywności.
15. Który z gazów powstaje z rozkładu substancji białkowych, ma ostry, drażniący zapach i stosuje się go jako materiał chłodniczy?
- Metan.
  - Siarkowodor.
  - Amoniak.
  - Ozon.

# Sprawdź się

Fragment układu okresowego pierwiastków wykorzystaj do rozwiązania zadań 1. i 2.

|   |                          |   |                          |                        |                           |                         |                        |                         |                           |
|---|--------------------------|---|--------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|
|   | 1                        |   |                          |                        |                           |                         | 18                     |                         |                           |
| 1 | 1,01<br>1<br>H<br>wodor. | 2 |                          |                        |                           |                         | 4,0<br>2<br>He<br>hel  |                         |                           |
| 2 | 6,94<br>3<br>Li<br>lit   | 4 | 9,01<br>4<br>Be<br>beryl | 13                     | 14                        | 15                      | 16                     | 17                      |                           |
|   |                          |   |                          | 10,81<br>5<br>B<br>bor | 12,01<br>6<br>C<br>węgiel | 14,01<br>7<br>N<br>azot | 16,0<br>8<br>O<br>tlen | 18,0<br>9<br>F<br>fluor | 20,18<br>10<br>Ne<br>neon |

## Zadanie 1.

Powietrze jest jednorodną mieszaniną pierwiastków chemicznych, w której najwięcej jest azotu i tlenu, oraz związków chemicznych, w tym tlenku węgla(IV).

W poniższych zdaniach podano informacje dotyczące jednego lub kilku wymienionych gazów. Które to gazy?

Wybierz odpowiedzi spośród podanych A–C.

A.  $N_2$

B.  $O_2$

C.  $CO_2$

|     |                                                                                     |           |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| I   | W skład jądra atomu pierwiastka tworzącego cząsteczkę tego gazu wchodzi 8 protonów. | A / B / C |
| II  | W cząsteczce tego gazu atomy są połączone wiązaniem kowalencyjnym spolaryzowanym.   | A / B / C |
| III | W cząsteczce tego gazu w tworzeniu wiązań chemicznych bierze udział 6 elektronów.   | A / B / C |
| IV  | Masa cząsteczkowa tego gazu jest mniejsza od 40 u.                                  | A / B / C |

## Zadanie 2.

Oceń poprawność poniższych stwierdzeń (P – prawda, F – fałsz).

|     |                                                                        |       |
|-----|------------------------------------------------------------------------|-------|
| I   | Atom azotu ma dwie powłoki elektronowe i pięć elektronów walencyjnych. | P / F |
| II  | Liczba atomowa (porządkowa) tlenu jest równa 16.                       | P / F |
| III | Tlen znajduje się w 16. grupie układu okresowego i w 1. okresie.       | P / F |
| IV  | Atom azotu ma taką samą liczbę elektronów walencyjnych jak atom tlenu. | P / F |

**Zadanie 3.**

Jedną z metod otrzymywania tlenu wykorzystuje proces rozkładu wody pod wpływem prądu elektrycznego. Który zapis poprawnie przedstawia tę reakcję? **Wybierz właściwą odpowiedź.**

**Zadanie 4.**

Poniżej podano przyczyny i skutki niektórych zjawisk związanych z zanieczyszczeniem atmosfery.

- I. Podnoszenie się poziomu wody mórz i oceanów.
- II. Przenikanie do ozonosfery freonów używanych do produkcji aerozoli i urządzeń chłodniczych.
- III. Przyspieszanie procesów starzenia się skóry.
- IV. Reakcja chloru z ozonem ( $\text{O}_3$ ) prowadząca do tworzenia się tlenu ( $\text{O}_2$ ).
- V. Rozpad freonów m.in. na chlor i fluor pod wpływem promieniowania ultrafioletowego.
- VI. Zmiany w materiale genetycznym komórek prowadzące do powstawania nowotworów skóry.

W którym zestawie podano bezpośrednie lub pośrednie przyczyny powstawania dziury ozonowej w logicznej kolejności? **Wybierz właściwą odpowiedź.**

A. V, III, VI

B. II, V, IV

C. IV, VI, III

D. II, V, I

**Zadanie 5.**

W tabeli zestawiono nazwy produktów zawierających w swoim składzie żelazo i sposób ochrony tych produktów przed korozją.

|     | Nazwa produktu zawierającego żelazo | Zabezpieczenie przed korozją                                     |
|-----|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| I   | ogrodzenie z siatki stalowej        | zmniejszenie agresywności środowiska                             |
| II  | kran w łazience                     | pokrywanie warstwą metalu odpornego na korozję                   |
| III | noże kosiarki ogrodowej             | malowanie farbą lub lakierem wodoodpornym                        |
| IV  | rama w rowerze                      | stosowanie stopów odpornych na działanie otaczającego środowiska |

W których wierszach tabeli dobrano najlepszy sposób ochrony przed korozją do produktu? **Wybierz właściwą odpowiedź.**

A. I i II

B. II i IV

C. I i III

D. III i IV

**Zadanie 6.**

Jakie doświadczenie należy wykonać, aby wykryć obecność tlenu węgla(IV) w powietrzu wydychanym z płuc?

Uzupełnij zdanie. **Wybierz nazwę odczynnika, którego należy użyć, oraz spodziewaną obserwację.**

|                                |                |                                                      |                          |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------------------------|--------------------------|
| Do naczynia zawierającego wodę | A. wapienną    | należy bardzo ostrożnie wdychać powietrze do momentu | C. odbarwienia roztworu. |
|                                | B. destylowaną |                                                      | D. strącenia osadu.      |

# 5

## Woda i roztwory wodne

### Roztwór

Woda jest najważniejszym i najpowszechniejszym rozpuszczalnikiem na Ziemi. Substancje rozpuszczalne w wodzie tworzą z nią mieszaniny jednorodne nazywane roztworami. Jaki wpływ na zdolność do rozpuszczania innych substancji ma budowa cząsteczki wody?

### Jakie to roztwory?

piana

aerożel

mgła

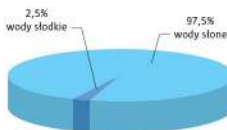
### Woda wodzie nierówna!

Woda z kranu, woda deszczowa, woda mineralna, woda źródłana, woda destylowana, woda słodka, woda słona, woda miękka, woda twarda. Co mają wspólnego, a co je odróżnia?

## 5.1

# Woda – główny składnik hydrosfery

Woda jest najważniejszą substancją na naszej planecie. Tam, gdzie się znajduje, może istnieć życie. Czy zdajemy sobie sprawę, jak ważnym jest skarbem? Czy dbamy o jej czystość i czy odpowiednio chronimy jej zasoby?



wody słodkie w 2/3 to lodowce i pokrywa śnieżna w wysokich górach, a w 1/3 – wody podziemne, jeziora, bagna, rzeki, gleba, organizmy

## Gdzie w przyrodzie występuje woda?

Woda w przyrodzie występuje w stanie ciekłym, stałym i gazowym. Zajmuje 70,8% powierzchni Ziemi. Jej zawartość w organizmach waha się w granicach od 10% w suchych nasionach do 99% w glonach i meduzach.

Zasoby wodne zasadniczo się nie zmieniają i są szacowane na 1,4 miliarda km<sup>3</sup>.

### ◀ Skład hydrosfery



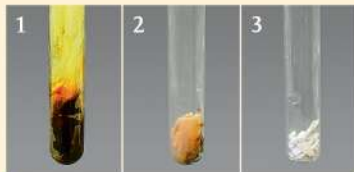
## Doświadczenie 5.1.1

### Wykrywanie wody

Do probówek wtóż kolejno kawałek bułki (1), kawałek kiełbasy (2), kilka ziarenek ryżu, zgnieciony liść, trociny, węgiel kamienny lub brunatny i kilka kawałków gipsu (3). Następnie probówki ogrzewaj w płomieniu palnika. Obserwuj zmiany.

**Obserwacje:** W większości przypadków dochodzi do zmiany zabarwienia badanej substancji. Na ściankach probówek pojawiają się kropelki cieczy.

**Wnioski:** Pod wpływem ogrzewania następuje rozkład badanej materii. Jednym z produktów rozkładu jest woda.





Obieg wody w przyrodzie ilustruje to, jakim przemianom fizycznym ulega woda i w jakiej postaci występuje. Obieg ten jest możliwy dzięki:

- energii słonecznej kształtującej proces parowania i przenoszenia pary wodnej;
- siłom ciężkości (grawitacji), które ściągają wodę z atmosfery i wpływają na spływy powierzchniowy i podziemny wody.

▲ Obieg wody w przyrodzie

## Co kryje się pod słowem „woda”?

Słowa „woda” używa się w bardzo szerokim zakresie. Tak określa się różne rodzaje mieszanin jednorodnych wody z innymi substancjami, np. wodę wodociągową, deszczową, mineralną, morską, twardą i miękką. Wodę chemicznie czystą, czyli tzw. destylowaną, otrzymuje się w wyniku procesu destylacji.



### Doświadczenie 5.1.2

#### Porównanie wody destylowanej z wodą wodociągową

Do dwóch parownic nalej po 2–3 cm<sup>3</sup> wody. Do pierwszej wlej wodę destylowaną, a do drugiej – wodociągową. Zawartość parownic odparuj na siatce ceramicznej. Porównaj pozostałość po odparowaniu.

**Obserwacje:** Po odparowaniu wody destylowanej na dnie parownicy nie ma żadnego osadu. Pojawia się on natomiast po odparowaniu wody wodociągowej.

**Wnioski:** Woda destylowana to substancja czysta chemicznie. Woda wodociągowa to mieszanina jednorodna wody i różnych innych substancji w niej rozpuszczonych.



## Jaką rolę odgrywa woda w organizmie człowieka?

Woda bierze udział we wszystkich procesach związanych z przemianą materii w komórkach żyjących organizmów. Stanowi rozpuszczalnik wielu substancji, w tym soli mineralnych, a także jest środowiskiem, w którym zachodzą reakcje chemiczne. Zapewnia odpowiedni transport substancji odżywczych oraz bierze udział w usuwaniu szkodliwych produktów przemiany materii. Pozwala utrzymać jednolitą temperaturę ciała mimo bardzo zróżnicowanych wartości temperatury otoczenia. Ciało ludzkie składa się z wody w 70%.

Poziom życia ludzi jest istotnie powiązany z dostępem do wody pitnej. Człowiek może przeżyć bez niej tylko kilka dni. W 2000 roku jedynie 82% ludzkości miało dostęp do wody odpowiednio czystej i spełniającej normy sanitarne.

### Ciekawostka

W krajach afrykańskich prawie połowa ludzi jest pozbawiona wody przydatnej do spożycia. Brak dostępu do czystej wody jest powodem ubóstwa w wielu rejonach świata, szerzenia się licznych epidemii, skracania długości życia i dużej śmiertelności. Prowadzi to do migracji ludności i wojen.



▲ Somalijczycy w kolejce po świeżą wodę

## Jaki wpływ na klimat ma woda?

Ogromne zasoby wody, zgromadzone m.in. w oceanach, mają istotny i bezpośredni wpływ na klimat. Ze względu na dużą pojemność cieplną woda jest głównym zbiornikiem energii docierającej ze Słońca. Energia zgromadzona w oceanach jest przekazywana do atmosfery dzięki systemowi krążenia wód morskich i oceanicznych, opływających i ogrzewających niemal całą planetę. Zakłócenie lub zniszczenie tego systemu doprowadziłoby do drastycznych zmian klimatu.

## Gdzie stosuje się wodę?

Woda jest podstawowym surowcem w rolnictwie oraz w hodowli zwierząt, a tym samym w procesie produkcji żywności. Wprowadzenie systemów sztucznego nawadniania upraw pozwoliło znacznie zwiększyć ilość plonów. Rośliny uprawiane na sztucznie nawadnianych polach zaspokajają około 40% potrzeb żywieniowych ludzi.

Woda w **przemysle** jest zarówno surowcem, jak i środkiem pomocniczym. Najwięcej wody zużywa się w przemyśle papierniczym, gdzie wykorzystuje się ją do roztwarzania i przetwarzania drewna. Drugą co do ilości zużycia wody gałąź przemysłu stanowią przemysł stalowy i hutnictwo. Woda jest wykorzystywana do produkcji surówki,

koksu i przy obróbce stali. Najwięcej pochłaniają jej procesy związane z oczyszczaniem gazów emitowanych podczas wytopu stali. Trzecią gałęzią przemysłu, w której zużywa się wodę, jest energetyka. Woda w postaci pary jest tam wykorzystywana do napędzania turbin oraz w systemach chłodzenia.

## Skąd się biorą zanieczyszczenia wody?

Głównym zanieczyszczeniem wody są ścieki, które powstają w wyniku eksploatacji wody w różnych dziedzinach życia i gałęziach przemysłu: są nieuniknionym produktem rozwijającej się cywilizacji.



### Ścieki komunalne

gospodarstwa domowe komunalne (związki azotu, detergenty, materia organiczna, drobnoustroje)



### Ścieki przemysłowe

górnictwo, hutnictwo, przemysł chemiczny, papirniczy, petrochemiczny, włókienniczy (związki metali ciężkich, cyjanki, związki ropopochodne, fenole, dioksyny)



### Ścieki rolnicze

produkcja rolna, nawożenie, stosowanie środków ochrony roślin (związki azotu, fosforu oraz pestycydy)

Źródłem zanieczyszczenia wody są również:

- transport wodny i lądowy (substancje ropopochodne, związki metali ciężkich),
- wody opadowe zawierające kwaśne opady (kwas siarkowy, azotowy i związki metali ciężkich),
- katastrofy ekologiczne i różnego rodzaju awarie w transporcie, przemyśle chemicznym oraz energetycznym.

## Jak działają oczyszczalnie ścieków?

Oczyszczanie ścieków sprowadza się w uproszczeniu do trzech procesów: fizycznego (mechanicznego), biologicznego oraz chemicznego. W procesie fizycznym ze ścieków usuwa się ciała stałe mineralne i organiczne. Polega on na rozdrabnianiu, filtracji i sedymentacji. W trakcie oczyszczania biologicznego mikroorganizmy rozkładają biologicznie przetwarzalne zanieczyszczenia na związki azotu, tlenek



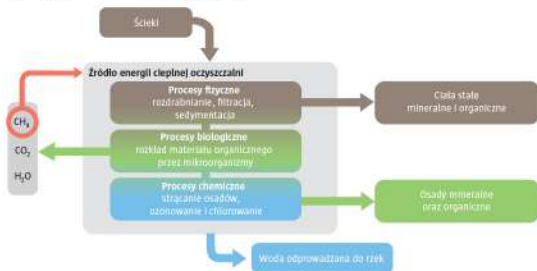
▲ Pręty z paliwem jądrowym zanurzone w wodzie



▲ Oczyszczalnia ścieków

## ▼ Etapy oczyszczania ścieków

węgla(IV), metan i wodę. Metan wykorzystuje się jako własne źródło energii cieplnej oczyszczalni. **Proces chemiczny** polega na usuwaniu zanieczyszczeń w wyniku reakcji chemicznych powodujących strącanie osadów nierozpuszczalnych w wodzie. Chlorowanie i ozonowanie działają bakteriobójczo, a równocześnie usuwają przykre zapachy ścieków.



## Podsumowanie

1. Woda jest jedną z najważniejszych substancji niezbędnych dla rozwoju życia.
2. Woda destylowana to woda chemicznie czysta, którą można otrzymać w wyniku destylacji np. wody wodociągowej.
3. Wodę wykorzystuje się w wielu gałęziach przemysłu i w rolnictwie.
4. Kolejne etapy **oczyszczania ścieków** opierają się na procesach fizycznych, biologicznych i chemicznych.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Wyjaśnij, czym różni się woda słodka od wody słonej.
2. Na podstawie schematu zamieszczonego w podręczniku opisz sposób oczyszczania ścieków.
3. Zaprojektuj plakat promujący oszczędzanie wody.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

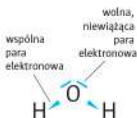
- a) wody twardej i wody miękkiej,
- b) funkcjonowania w twojej najbliższej okolicy oczyszczalni ścieków lub stacji uzdatniania wody.

# Woda jako rozpuszczalnik

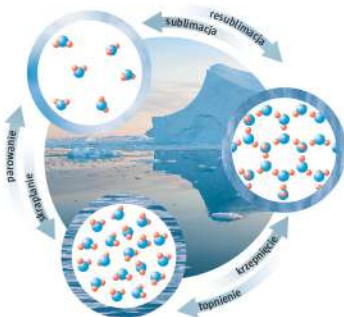
Woda już od najdawniejszych czasów jest najważniejszym i najczęściej używanym rozpuszczalnikiem. Umożliwia rozprzeczanie substancji odżywczych w organizmach i w glebie, ale również powoduje szybkie rozprzeczanie się różnorodnych zanieczyszczeń w środowisku.

## Jaki wpływ na właściwości wody ma budowa jej cząsteczki?

Cząsteczka wody ma budowę polarną, tworzy dipol. Wzajemne oddziaływania dipoli wody powodują, że w temperaturze ok. 25°C jest ona cieczą i ma wysoką temperaturę wrzenia. Gdyby cząsteczki wody nie były dipolami, ciepła woda oraz lód nie istniałyby na powierzchni naszej planety, woda byłaby jedynie gazowym składnikiem atmosfery. Kształt cząsteczek wody oraz ich wzajemne oddziaływanie to przyczyny specyficznej struktury lodu.



▲ Wiązania kowalencyjne spolaryzowane w cząsteczce wody



▲ Woda w trzech stanach skupienia



▲ Dipol wody



▲ Oddziaływanie dipoli wody

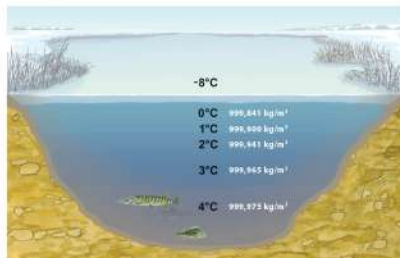
**Ciekawostka**

Podczas topnienia lodu energia z otoczenia powoduje wzrost ruchliwości cząsteczek i niszczenie jego uporządkowanej struktury. Dzięki temu cząsteczki mogą znaleźć się bliżej siebie i gęstość wody rośnie – największą wartość osiąga w temperaturze 4°C. Powyżej tej temperatury woda ma właściwości typowe dla cieczy. Jej gęstość zaczyna maleć. Odległości między cząsteczkami stają się coraz większe.

Podczas krzepnięcia większości substancji ich gęstość wzrasta, jednak w przypadku wody jest inaczej. Jej cząsteczki układają się w bardzo uporządkowany sposób, a między nimi tworzą się duże puste przestrzenie. Dlatego lód ma mniejszą gęstość od wody i pływa na jej powierzchni.

Te nietypowe (anomalne) zmiany gęstości wody są istotne dla organizmów żyjących w zbiornikach wodnych w okresie zimowym. Jeziora i rzeki zamarzają jedynie na powierzchni. Wraz ze wzrostem głębokości temperatura wody nieco rośnie i osiąga wartość 4°C przy dnie zbiornika, dzięki czemu wiele organizmów może przetrwać w głębinach całą zimę.

► Modelowy rozkład temperatury w jeziorze przy zewnętrznej temperaturze -8°C



### Czy wszystkie substancje w jednakowym stopniu rozpuszczają się w wodzie?

Rozpuszczalność w wodzie jest różnicowana. Niektóre substancje są nierozpuszczalne, inne rozpuszczają się całkowicie, a jeszcze inne tylko w sposób ograniczony. W wodzie zwykle dobrze się rozpuszczają substancje o budowie jonowej lub takie, które mają wiązania kowalencyjne spolaryzowane.

**Uwaga!**

Podobne rozpuszcza się w podobnym.



## Doświadczenie 5.2.1

## Badanie rozpuszczalności w wodzie

Do sześciu zlewek nalej po 50 cm<sup>3</sup> wody, a następnie kolejno dodaj tyżeczkę siarczanu(VI) miedzi(II) (1), sproszkowanej kredy (2), parafiny (3), octu (4), oleju (5) i skrobi (6). Wymieszaj zawartość zlewek przecikiem. Mieszaninę wody i kredy oraz wody i skrobi ogrzewaj, równocześnie mieszając.



**Obserwacje:** Siarczan(VI) miedzi(II) oraz ocet rozpuszczają się w wodzie całkowicie. Olej i parafina unoszą się na powierzchni wody. Kreda i skrobia nie rozpuszczają się w wodzie. Po zamieszaniu rozprzestrzeniają się w całej objętości. Po pewnym czasie zarówno kreda, jak i skrobia opadają na dno naczynia. Po podgrzaniu skrobia tworzy z wodą gęstą ciecz, natomiast kreda nadal się nie rozpuszcza.

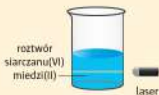
**Wnioski:** Siarczan(VI) miedzi(II) oraz ocet tworzą z wodą mieszaniny jednorodne. Kreda po wymieszaniu z wodą tworzy mieszaninę niejednorodną. Skrobia wymieszana z wodą tworzy mieszaninę niejednorodną, a po podgrzaniu powstaje gęsta mieszanina jednorodna.

Jednorodne mieszaniny wody i octu oraz wody i siarczanu(VI) miedzi(II) to **roztwory właściwe**. Woda wymieszana ze skrobią po ogrzaniu tworzy **koloid**, a z kredą – **zawiesinę**.

### Jaka jest różnica między roztworem właściwym, koloidem a zawiesiną?

Wszystkie mieszaniny wymienione w doświadczeniu mają w swoim składzie wodę. Różnią się rodzajem substancji dodanej do wody oraz wielkością cząstek tych substancji. W roztworze właściwym cząstki substancji rozpuszczonej są niewidoczne gołym okiem i mniejsze od 1 nm, czyli mniejsze od 10<sup>-9</sup> m. Wielkość cząstek w koloidzie jest większa od 1 nm, ale mniejsza od 200 nm. W zawieszynie ich wielkość przekracza 200 nm, można je zobaczyć pod zwykłym mikroskopem, a nawet gołym okiem.

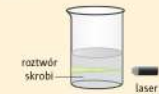
## Roztwór właściwy



laser



## Koloid



laser



## Zawiesina



laser



## Doświadczenie 5.2.2

## Badanie właściwości koloidów i roztworów właściwych

Na otrzymane w poprzednim doświadczeniu: roztwór właściwy siarczanu(VI) miedzi(II), koloid skrobi i zawiesinę kredy w wodzie, kierujemy wąski strumień światła wskaźnika laserowego. Obserwujemy sposób przechodzenia światła przez otrzymane mieszaniny.

**Obserwacje:** Wąski strumień światła skierowany na zlewkę zawierającą roztwór właściwy przechodzi bez zmian. W przypadku koloidu światło rozprasza się na cząstkach substancji w nim zawartej. Przez zawiesinę światło przenika w bardzo niewielkim stopniu.

**Wnioski:** Koloidy od roztworów właściwych można odróżnić po przepuszczeniu przez nie wąskiego strumienia światła. Obserwowane w koloidach rozproszenie światła nosi nazwę **efektu Tyndalla**.



Rozproszenie światła słonecznego

## Ciekawostka

Roztwory to nie tylko mieszaniny, których głównym składnikiem jest ciecz. Powietrze jest także roztworem, ale gazowym. Stopy (np. metali) to przykłady roztworów stałych. Efekt Tyndalla można również zaobserwować, gdy wąski strumień światła przechodzi przez dziurkę od klucza i rozprasza się na cząstkach kurzu. Podobny efekt ma miejsce, gdy światło reflektora samochodowego zostaje rozproszone w nocy we mgłę lub światło słoneczne rozprasza się w powietrzu.

## Jak można zwiększyć szybkość rozpuszczania się substancji stałych w wodzie?

W zależności od temperatury rozpuszczalnika oraz stopnia rozdrobnienia substancji rozpuszczanej szybkość rozpuszczania danej substancji może być różna. Wpływa na nią również proces mieszania.



## Doświadczenie 5.2.3

## Czynniki wpływające na szybkość rozpuszczania substancji stałych w wodzie

Przygotuj trzy zestawy po dwie zlewki.

1. Do dwóch zlewek wsyp po łyżeczkę siarczanu(VI) miedzi(II) i nalej do każdej z nich taką samą ilość wody. Pręcikiem wymieszaj zawartość tylko jednej ze zlewek.



2. Do jednej zlewki wsyp łyżeczkę rozartego w moździerzu na proszek siarczanu(VI) miedzi(II), a do drugiej – taką samą ilość tego związku w postaci większych kryształów. Do każdej ze zlewek wlej po tyle samo wody i wymieszaj zawartość pręcikiem.



3. Do dwóch zlewek wsyp po łyżeczkę siarczanu(VI) miedzi(II). Do jednej wlej zimną wodę, a do drugiej – tyle samo wody gorącej. Zawartość zlewek wymieszaj pręcikiem.





▲ Otwarcie gazowanej wody mineralnej skutkuje zmniejszeniem ciśnienia i gwałtownym wydzielaniem gazu.

**Obserwacje:** W zlewce, w której mieszano zawartość, substancja rozpuszcza się szybciej. Rozdrobniona substancja rozpuszcza się szybciej niż substancja w postaci dużych kryształów. W wodzie podgrzanej rozpuszczana substancja rozpuszcza się szybciej niż w wodzie zimnej.

**Wniosek:** Mieszanie, rozdrobnienie, podgrzanie – wszystkie te czynności zwiększają szybkość rozpuszczania substancji stałych w wodzie.

W wodzie rozpuszczają się również substancje ciekłe i gazowe, zwłaszcza te o budowie polarnej, np. chlorowodór, siarkowodór. Gazem rozpuszczalnym w wodzie jest tlenek węgla(IV) – tę jego właściwość wykorzystują producenci napojów gazowanych. Inny gaz – chlor – roztwarza się (rozpuszcza i reaguje) w wodzie. Proces ten jest wykorzystywany przy dezynfekcji basenów, chociaż coraz częściej wodę w basenach się ozonuje.

W przypadku gazów wzrost temperatury nie powoduje przyspieszenia rozpuszczania. Natomiast wpływ na ich rozpuszczalność ma ciśnienie.

## Podsumowanie

1. **Cząsteczki wody** mają wiązania kowalencyjne spolaryzowane i tworzą dipole.
2. **Rozpuszczalność substancji** w wodzie jest różna i uzależniona od rodzaju wiązań w nich występujących.
3. Substancja może tworzyć z wodą **roztwór właściwy, koloid** oraz **zawiesinę**, jest
4. to uzależnione od wielkości cząstek danej substancji, jakie tworzą się w wodzie.

Do czynności przyspieszających **proces rozpuszczania** substancji stałych w wodzie należą: mieszanie, rozdrobnienie i podwyższenie temperatury.



## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Co oznacza sformułowanie „anomalne właściwości wody”?
2. Dlaczego jedne substancje rozpuszczają się w wodzie, a inne – nie?
3. Jakiego rodzaju mieszanin mogą się tworzyć w wyniku wprowadzenia różnych substancji do wody?
4. Jak odróżnia się roztwór właściwy od koloidu i zawiesiny?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) występowania wody na innych planetach,
- b) pojęć: faza rozproszona, faza rozpraszająca, żoń, żel, aerozol, dym, piana, aerożel, emulsja.

# Rozpuszczalność jako cecha substancji

**Rozpuszczanie** jest procesem fizycznym, który polega na mieszaniu się substancji rozpuszczanej z substancją stanowiącą rozpuszczalnik (np. woda, alkohol, benzyna). Jaki ma to związek z rozpuszczalnością?

## Jak można porównywać zdolność do rozpuszczania się różnych substancji?

W celu porównywania zdolności różnych substancji do rozpuszczania się w określonym rozpuszczalniku wprowadzono wielkość fizyczną nazywaną **rozpuszczalnością**. Wielkość ta zależy od:

- masy i rodzaju substancji rozpuszczanej,
- rodzaju rozpuszczalnika,
- temperatury,
- ciśnienia (w przypadku gazów).

**Rozpuszczalność** to liczba gramów substancji, jaką można maksymalnie rozpuścić w 100 gramach rozpuszczalnika w określonej temperaturze i przy określonym ciśnieniu.

W zależności od ilości substancji rozpuszczanej w stosunku do masy rozpuszczalnika, w określonej temperaturze, wyróżniamy **roztwory**:

- **nienasycone**, w których można rozpuścić więcej danej substancji;
- **nasycone**, kiedy substancja dodana do roztworu nie ulega już rozpuszczeniu;
- **przesycone**, jeżeli roztwór zawiera więcej substancji rozpuszczonej, niż to wynika z wartości jej rozpuszczalności, w danych warunkach temperatury i ciśnienia.

### Ciekawostka

Przesycone roztwory są zazwyczaj nietrwałe, gdyż bez trudu można spowodować szybkie wydzielenie się z nich nadmiaru substancji rozpuszczonej.

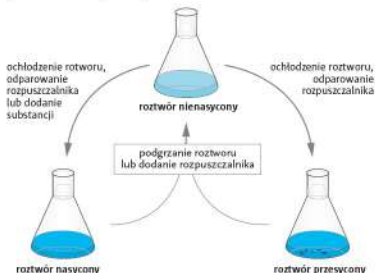
W przypadku ciał stałych i cieczy rozpuszczalność nie zależy od ciśnienia i najczęściej wzrasta wraz ze wzrostem temperatury.



▲ Szybka krystalizacja roztworu przesyconego octanu sodu

Nasycenie roztworu ulega zmianie:

- po dosypaniu lub wykrystalizowaniu substancji,
- po odparowaniu lub dodaniu rozpuszczalnika,
- po zmianie temperatury roztworu.



► Różne rodzaje roztworów wodnych substancji, których rozpuszczalność rośnie wraz z temperaturą

**Jak zmienia się rozpuszczalność substancji stałych wraz ze wzrostem temperatury?**



### Doświadczenie 5.3.1

#### Wpływ temperatury na rozpuszczalność siarczanu(VI) miedzi(II) w wodzie

Przygotowujemy 3 kolby zawierające po 100 cm<sup>3</sup> wody o temperaturze kolejno: 20°C, 60°C, 100°C. Kolby ważymy i notujemy wyniki pomiarów. Do każdej z nich wysypujemy, mieszając jednocześnie wodę, tyle siarczanu(VI) miedzi(II), ile da się rozpuścić. Ważymy otrzymane roztwory. Porównujemy ich barwę oraz masy rozpuszczonej substancji.

**Obserwacje:** W temperaturze 20°C rozpuściło się około 14 g substancji, w 60°C – około 40,5 g, a w 100°C – 77 g. Wraz ze wzrostem temperatury rozpuszczalnika zmienia się intensywność niebieskiego zabarwienia otrzymanego roztworu.

**Wniosek:** Rozpuszczalność substancji stałej w wodzie rośnie wraz z temperaturą.



Rozpuszczalność substancji stałych zwykle rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Zależność ta nie jest jednakowa dla wszystkich substancji.

## Jak zmienia się rozpuszczalność gazów w zależności od temperatury?

Rozpuszczalność gazów w wodzie zwykle maleje wraz ze wzrostem temperatury.



### Doświadczenie 5.3.2

#### Wpływ temperatury na rozpuszczalność gazów

Do dużej zlewki z gorącą wodą wstaw butelkę z gazowaną wodą mineralną. Jej otwór zatkać korkiem z rurką i nałożonym na nią węzem. Drugi koniec węża zanurzyć w wodzie wapiennej.

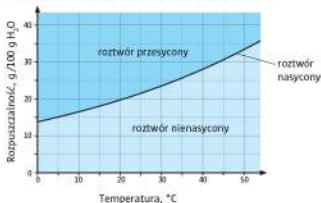
**Obserwacje:** Obserwujemy wydzielanie się gazu, powodującego mętnienie wody wapiennej.

**Wnioski:** Z butelki wydzielą się tlenek węgla(IV). Wraz ze wzrostem temperatury rozpuszczalność tlenku węgla(IV) w wodzie maleje.



## Co to jest krzywa rozpuszczalności?

Wykres przedstawiający zależność rozpuszczalności od temperatury substancji to tzw. **krzywa rozpuszczalności**. Wszystkie punkty na krzywej opisują warunki otrzymania roztworu nasyconego (temperaturę i masę substancji), punkty znajdujące się pod krzywą określają roztwór nienasycony, a nad nią – roztwór przesycony.

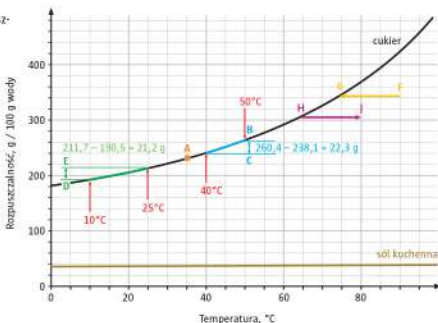


▲ Krzywa rozpuszczalności

## Co można odczytać z krzywej rozpuszczalności?

Podczas analizy krzywych rozpuszczalności można odczytać wiele cennych informacji.

► Krzywe rozpuszczalności cukru i soli kuchennej



Podczas analizy krzywych rozpuszczalności cukru i soli kuchennej (chłorku sodu) można:

- porównywać rozpuszczalność różnych substancji w wodzie w tej samej temperaturze,

np. rozpuszczalność chlorku sodu w temperaturze 20°C jest mniejsza niż rozpuszczalność cukru w tej samej temperaturze;

- porównywać rozpuszczalność tej samej substancji w różnych wartościach temperatury,

np. rozpuszczalność chlorku sodu wraz ze wzrostem temperatury zmienia się w niewielkim stopniu, a rozpuszczalność cukru – znacznie;

- odczytać, ile gramów substancji należy rozpuścić w 100 g rozpuszczalnika w określonej temperaturze, aby otrzymać roztwory: nasycone, nienasycone i przesycone,

np. aby otrzymać roztwór nasycony w temperaturze 35°C, należy w 100 g wody rozpuścić 230 g cukru (punkt A na krzywej rozpuszczalności cukru);

- obliczyć masę substancji, jaka się straci po oziębieniu roztworu nasyconego do wybranej temperatury,

np. z nasyconego roztworu cukru w temperaturze 50°C po oziębieniu do 40°C straci się 22,3 g cukru (odcinek BC);

**Uwaga!** Wszystkie odczytywane w ten sposób informacje dotyczą 100 g rozpuszczalnika. W przypadku innych ilości potrzebne są przeliczenia.

- obliczyć, ile należy dosypać cukru, aby po podgrzaniu roztworu nasyconego w określonej temperaturze otrzymać roztwór nasycony w temperaturze wyższej,

np. aby z roztworu nasyconego w temperaturze  $10^{\circ}\text{C}$  otrzymać nasycony roztwór cukru w temperaturze  $25^{\circ}\text{C}$ , trzeba dosypać 21,2 g cukru (odcinek DE);

- odczytać, czy z roztworu zawierającego określoną liczbę gramów substancji w danej temperaturze można otrzymać po oziębieniu lub podgrzaniu roztwór nasycony, nienasycony lub przesycony,

np. po ochłodzeniu nienasyconego roztworu cukru o temperaturze  $90^{\circ}\text{C}$ , zawierającego 340 g cukru (punkt F) do temperatury  $75^{\circ}\text{C}$  (punkt G), otrzymamy roztwór nasycony. Dalsze obniżenie temperatury bez wydzielienia rozpuszczonego cukru doprowadzi do powstania roztworu przesyconego. Ogrzanie nasyconego w temperaturze  $65^{\circ}\text{C}$  roztworu cukru (punkt H) do temperatury  $80^{\circ}\text{C}$  (punkt J) zapewni roztwór nienasycony.

## Jak wykorzystać pojęcie rozpuszczalności do obliczeń chemicznych?

Przykładowo: rozpuszczalność cukru w wodzie w  $10^{\circ}\text{C}$  wynosi 190,5 g. Symbolicznie można to zapisać:  $R_{\text{cukru}, 10^{\circ}\text{C}} = 190,5 \text{ g} / 100 \text{ g wody}$ . Oznacza to, że w temperaturze  $10^{\circ}\text{C}$  w 100 g wody można maksymalnie rozpuścić 190,5 g cukru.

### ■ Przykład 1

W 150 g wody o temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  można rozpuścić maksymalnie 51 g chlorku potasu. Oblicz rozpuszczalność chlorku potasu w temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$ .

Dane:  $m_w = 150 \text{ g}$ ,  $T = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $m_s = 51 \text{ g}$       Szukane:  $R_{20^{\circ}\text{C}} = ?$

Rozwiązanie

Z definicji rozpuszczalności wyznaczamy masę substancji, którą można rozpuścić w danej temperaturze w 100 g wody. Jeśli w 150 g wody można rozpuścić 51 g chlorku potasu, to w 100 g wody można rozpuścić  $x$  g chlorku potasu. Zależność między danymi i niewiadomą:

$$\frac{150 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{51 \text{ g}}{x \text{ g}}$$

Po przekształceniu otrzymujemy równanie:

$$x = \frac{100 \text{ g} \cdot 51 \text{ g}}{150 \text{ g}} \quad x = 34 \text{ g}$$

**Odpowiedź:** Rozpuszczalność chlorku potasu w temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$  wynosi 34 g / 100 g wody.

Zastosowane oznaczenia:

|                    |       |
|--------------------|-------|
| masa roztworu      | $m_r$ |
| masa wody          | $m_w$ |
| masa substancji    | $m_s$ |
| objętość roztworu  | $V_r$ |
| objętość wody      | $V_w$ |
| rozpuszczalność    | $R_T$ |
| gęstość roztworu   | $d_r$ |
| gęstość substancji | $d_s$ |
| temperatura        | $T$   |

**■ Przykład 2**

Po odparowaniu wody z 50 g nasyconego w 60°C roztworu otrzymano 29,15 g octanu sodu. Oblicz rozpuszczalność octanu sodu w 60°C.

Dane:  $m_1 = 50$  g,  $m_2 = 29,15$  g,  $T = 60^\circ\text{C}$       Szukane:  $R_{wrc} = ?$

**Rozwiązanie**

Jeśli z 50 g roztworu pozostało 29,15 g octanu sodu, to znaczy, że odparowano  $50 \text{ g} - 29,15 \text{ g} = 20,85 \text{ g}$  wody. Zatem:

$$\frac{20,85 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{29,15 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 29,15 \text{ g}}{20,85 \text{ g}} = 139,8 \text{ g}$$

**Odpowiedź:** Rozpuszczalność octanu sodu w temperaturze 60°C jest równa 139,8 g / 100 g wody.

## Jak wykorzystać krzywe rozpuszczalności do obliczeń chemicznych?

**■ Przykład 3**

Oblicz, ile gramów wody o temperaturze 40°C należy użyć do rozpuszczenia 9,1 g chlorku sodu, by otrzymać roztwór nasycony.

Dane:  $m_s = 9,1$  g,  $T = 40^\circ\text{C}$ ,  $R_{wrc} = 36,4 \text{ g} / 100 \text{ g}$  wody (wartość odczytana z wykresu rozpuszczalności może nieco różnić się dokładnością)

Szukane:  $m_w = ?$

**Rozwiązanie**

Korzystamy z definicji pojęcia rozpuszczalności. Jeśli do rozpuszczenia 36,4 g chlorku sodu potrzeba 100 g wody, to do rozpuszczenia 9,1 g chlorku sodu potrzeba  $x$  g wody.

$$\frac{36,4 \text{ g}}{9,1 \text{ g}} = \frac{100 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 9,1 \text{ g}}{36,4 \text{ g}} = 25 \text{ g}$$

**Odpowiedź:** Do rozpuszczenia 9,1 g chlorku sodu należy użyć 25 g wody o temperaturze 40°C.

**■ Przykład 4**

Ile gramów chlorku potasu potrzeba do sporządzenia 200 g roztworu nasyconego w temperaturze 40°C?

Dane:  $m_r = 200$  g,  $R_{wrc} = 40 \text{ g} / 100 \text{ g}$  wody (wartość odczytana z wykresu rozpuszczalności)

Szukane:  $m_s = ?$

**Rozwiązanie**

Na podstawie wartości rozpuszczalności możemy wnioskować, że po rozpuszczeniu 40 g chlorku potasu w 100 g wody otrzymujemy 140 g roztworu.

Jeśli do sporządzenia 140 g roztworu potrzeba 40 g chlorku potasu, to do sporządzenia 200 g roztworu potrzeba  $x$  g chlorku potasu.

$$\frac{40 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{140 \text{ g}}{200 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{40 \text{ g} \cdot 200 \text{ g}}{140 \text{ g}} = 57,14 \text{ g}$$

**Odpowiedź:** Do sporządzenia 200 g nasyconego w temperaturze 40°C roztworu potrzeba około 57,14 g chlorku potasu.

## Podsumowanie

- Rozpuszczanie** to proces fizyczny.
- Rozpuszczalność** to liczba gramów substancji, jaką można maksymalnie rozpuścić w określonej temperaturze i w określonym ciśnieniu w 100 g rozpuszczalnika.
- Rozpuszczalność zależy od masy i rodzaju substancji i rozpuszczalnika, temperatury i ciśnienia (dla gazów).
- Rozróżniamy **roztwory nasycone**, **nienasycone** i **przesycone** – w zależności od tego, czy ilość rozpuszczonej w nich substancji jest równa, mniejsza czy większa od tej, jaka wynika z rozpuszczalności tych substancji.
- Rozpuszczalność substancji stałych zazwyczaj rośnie, a rozpuszczalność gazów maleje wraz ze wzrostem temperatury.
- Krzywa rozpuszczalności** ilustruje zależność ilości substancji rozpuszczonej w 100 g rozpuszczalnika od temperatury.
- Punkty na krzywej rozpuszczalności dotyczą roztworu nasyconego, nad krzywą – roztworu przesyczonego, a pod krzywą – nienasyconego.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

- Na podstawie wykresu rozpuszczalności zamieszczonego na końcu podręcznika odpowiedz na pytania.
  - Jaka jest rozpuszczalność cukru w temperaturze 30°C, a jaka – w temperaturze 80°C?
  - W jakiej temperaturze rozpuszczalność cukru jest równa 230 g / 100 g H<sub>2</sub>O, a w jakiej – 400 g / 100 g wody?
  - Ile gramów cukru można maksymalnie rozpuścić w 25 g wody o temperaturze 75°C, a ile – w 300 g wody o temperaturze 35°C?
  - Ile gramów wody o temperaturze 30°C potrzeba do otrzymania nasyconego roztworu cukru z 60 g cukru?
- Ile gramów wody o temperaturze 30°C należy użyć do rozpuszczenia 20 g azotanu(V) sodu – NaNO<sub>3</sub>, aby otrzymać roztwór nasycony?
- Oblicz, ile gramów siarczanu(VI) miedzi(II) – CuSO<sub>4</sub> – potrzeba do sporządzenia 500 g roztworu nasyconego w temperaturze 50°C.

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- roztwarzania,
- rozpuszczalności substancji w innych rozpuszczalnikach niż woda.

## 5.4

# Stężenie procentowe roztworu

Na sklepowych półkach można znaleźć produkty (np. mleko, śmietanę, jogurt) o różnej zawartości tłuszczu: 0%, 0,5%, a nawet 36%.

Jaka informacja kryje się pod tymi oznaczeniami?

**Jakie pojęcia opisują skład ilościowy produktów spożywczych i farmaceutyków, a jakie – skład surowców przemysłowych?**

Zarówno dla chemika, jak i dla technologa przemysłowego czy farmaceuty informacja o dokładnej zawartości pożądanego składnika w półproduktach i produktach stosowanych w procesach technologicznych, np. w syntezie chemicznej lub w produkcji leków, jest bardzo istotna. Od jego zawartości (a zatem od ilości innych składników i zanieczyszczeń) zależy jakość produktu finalnego oraz jego cena.

W przypadku leków i środków spożywczych ma to istotne znaczenie dla zdrowia. W życiu codziennym spotykamy się z pojęciem **stężenia procentowego**. W laboratoriach operuje się również innymi określeniami dotyczącymi stężenia (np. stężenie molowe). Wszystkie te pojęcia służą precyzyjnemu określeniu zawartości czystych substancji.

**Co to jest stężenie procentowe roztworu?**

Miarą ilości substancji w określonej masie lub objętości roztworu jest **stężenie** (ang. *concentration*), oznaczane literą *c*.

W życiu codziennym najczęściej stosuje się stężenie procentowe –  $c_p$ . Jeden procent (łac. *pro centum* – na sto) to jedna setna część dowolnej wartości.

Przykładowo – dla wartości *A* jej jeden procent można zapisać jako:

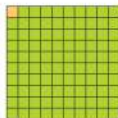
$$1\% = 0,01 = \frac{1}{100}$$

czyli 1% z wartości *A* stanowi  $0,01 \cdot A$  lub inaczej  $\frac{1}{100} \cdot A$ .

Stężenie procentowe roztworu to liczba gramów substancji, która znajduje się w 100 g roztworu.



▲ Artykuły spożywcze z różną zawartością tłuszczu



▲ Graficzna ilustracja 1%

## Jak sporządzić roztwór o określonym stężeniu?



### Doświadczenie 5.4.1

#### Przygotowanie 5-procentowego roztworu cukru

Na wadze laboratoryjnej ustaw zlewkę. Wagę wytaruj i w zlewce odważ 5 g cukru. Następnie za pomocą cylindra miarowego dopełnij zlewkę wodą tak, aby masa otrzymanej mieszaniny była równa 100 g. Gęstość wody wynosi  $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , dlatego objętość dolanej wody to 95 cm<sup>3</sup>. Otrzymany roztwór zamieszaj szklanym prękiem.

**Obserwacje:** Cukier bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie. Powstał roztwór zawierający 5 g substancji w 100 g roztworu.

**Wniosek:** Powstał roztwór o stężeniu 5%.



## Jak interpretować wartość stężenia procentowego roztworu?

Na podstawie definicji stężenia procentowego można przykładowo zinterpretować wartość stężenia procentowego wodnego roztworu cukru, która wynosi 5%. Wartość taka oznacza, że w każdych 100 g roztworu znajduje się 5 g cukru, a pozostałą masę, czyli 95 g, stanowi rozpuszczalnik – woda.

| Wielkości  | Stężenie procentowe | Masa roztworu | Masa substancji (cukru) | Masa rozpuszczalnika (wody) |
|------------|---------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|
| Oznaczenie | $c_p$               | $m_r$         | $m_s$                   | $m_w = m_r - m_s$           |
| Wartości   | 5%                  | 100 g         | 5 g                     | 100 g - 5 g = 95 g          |

## Jak oblicza się stężenie procentowe roztworu?

Stężenie procentowe ( $c_p$ ) można obliczyć za pomocą wzoru

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

gdzie:  $m_s$  – masa substancji,

$m_r$  – masa roztworu.

Można je też obliczyć z proporcji ułożonej na podstawie definicji stężenia procentowego. Roztwór stanowią rozpuszczalnik i rozpuszczona w nim substancja, zatem masa roztworu ( $m_r$ ) to suma masy substancji ( $m_s$ ) i masy rozpuszczalnika ( $m_{\text{rozp.}}$ )

$$m_r = m_s + m_{\text{rozp.}}$$

## ■ Przykład 1

W 300 g roztworu znajduje się 45 g cukru. Jakie stężenie procentowe ma ten roztwór cukru?

Dane:  $m_s = 45 \text{ g}$ ,  $m_r = 300 \text{ g}$

Szukane:  $c_p = ?$

Rozwiązanie

## SPOSÓB I

Wykorzystanie wzoru

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

$$c_p = \frac{45 \text{ g}}{300 \text{ g}} \cdot 100\% = 15\%$$

## SPOSÓB II

Wykorzystanie proporcji

Jeśli w 300 g roztworu znajduje się 45 g cukru, to w 100 g roztworu znajduje się  $x$  g cukru.

$$\frac{300 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{45 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 45 \text{ g}}{300 \text{ g}} \quad x = 15 \text{ g}$$

Jeśli w 100 g roztworu znajduje się 15 g cukru, oznacza to, że roztwór ma stężenie 15%.

**Odpowiedź:** Stężenie procentowe roztworu cukru jest równe 15%.

## ■ Przykład 2

W 190 g wody rozpuszczono 10 g soli. Oblicz stężenie procentowe otrzymanego roztworu.

Dane:  $m_s = 10 \text{ g}$ ,  $m_w = 190 \text{ g}$

Szukane:  $c_p = ?$

Rozwiązanie

Do obliczenia stężenia procentowego są potrzebne następujące dane: masa substancji oraz masa roztworu. Masa roztworu to suma mas substancji i rozpuszczalnika (wody).

$$m_r = m_s + m_w$$

$$m_r = 10 \text{ g} + 190 \text{ g} = 200 \text{ g}$$

## SPOSÓB I

Wykorzystanie wzoru

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

$$c_p = \frac{10 \text{ g}}{200 \text{ g}} \cdot 100\% = 5\%$$

## SPOSÓB II

Wykorzystanie proporcji

Jeśli w 200 g roztworu znajduje się 10 g soli, to w 100 g roztworu znajduje się  $x$  g soli.

$$\frac{200 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{10 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 10 \text{ g}}{200 \text{ g}}$$

$$x = 5 \text{ g} \quad \text{czyli} \quad c_p = 5\%$$

**Odpowiedź:** Otrzymany roztwór soli ma stężenie 5%.

## Jak wyznaczyć masę substancji w roztworze o danym stężeniu?

### ■ Przykład 3

Ile gramów saletry potasowej należy odważyć w celu przygotowania 250 g roztworu o stężeniu 10%?

Dane:  $m_t = 250 \text{ g}$ ,  $c_p = 10\%$

Szukane:  $m_s = ?$

Rozwiązanie

#### SPOSÓB I

Wykorzystanie wzoru

$$c_p = \frac{m_s}{m_t} \cdot 100\%$$

$$m_s = \frac{c_p \cdot m_t}{100\%} = \frac{10\% \cdot 250 \text{ g}}{100\%} = 25 \text{ g}$$

#### SPOSÓB II

Wykorzystanie proporcji

Jeśli w 100 g roztworu znajduje się 10 g saletry, to w 250 g roztworu znajduje się  $x$  g saletry.

$$\frac{100 \text{ g}}{250 \text{ g}} = \frac{10 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{250 \text{ g} \cdot 10 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 25 \text{ g}$$

Odpowiedź: Do przygotowania 250 g roztworu o stężeniu 10% należy odważyć 25 g saletry.

### ■ Przykład 4

Z  $10 \text{ cm}^3$  20-procentowego roztworu chlorku sodu odparowano całkowicie wodę. Oblicz, ile gramów soli otrzymano po odparowaniu tego roztworu, jeśli jego gęstość jest równa  $1,15 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

Dane:  $V_t = 10 \text{ cm}^3$ ,  $c_p = 20\%$ ,  $d_t = 1,15 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  Szukane:  $m_s = ?$

Rozwiązanie

Masę roztworu obliczamy ze wzoru:  $d = \frac{m}{V}$ .

Po przekształceniu:

$$m = d \cdot V$$

$$m_t = 1,15 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 10 \text{ cm}^3 = 11,5 \text{ g}$$

Obliczamy masę soli otrzymanej po odparowaniu wody.

#### SPOSÓB II

Wykorzystanie proporcji

Jeśli w 100 g roztworu znajduje się 20 g soli, to w 11,5 g roztworu znajduje się  $x$  g soli.

$$c_p = \frac{m_s}{m_t} \cdot 100\%$$

$$m_s = \frac{c_p \cdot m_t}{100\%} = \frac{20\% \cdot 11,5 \text{ g}}{100\%} = 2,3 \text{ g}$$

$$\frac{100 \text{ g}}{11,5 \text{ g}} = \frac{20 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{11,5 \text{ g} \cdot 20 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 2,3 \text{ g}$$

Odpowiedź: Po odparowaniu wody z  $10 \text{ cm}^3$  20-procentowego roztworu otrzymano 2,3 g soli.

**Jak obliczyć masę roztworu o danym stężeniu, którą można uzyskać z określonej ilości substancji?**

### ■ Przykład 5

Oblicz, ile gramów roztworu o stężeniu 4% można otrzymać z 16 g salety.

Dane:  $c_p = 4\%$ ,  $m_s = 16$  g

Szukane:  $m_r = ?$

Rozwiązanie

#### SPOSÓB I

Wykorzystanie wzoru

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

$$m_r = \frac{m_s \cdot 100\%}{c_p} = \frac{16 \text{ g} \cdot 100\%}{4\%} = 400 \text{ g}$$

Odpowiedź: Z 16 g salety można otrzymać 400 g roztworu o stężeniu 4%.

#### SPOSÓB II

Wykorzystanie proporcji

Jeśli do otrzymania 100 g roztworu potrzeba 4 g salety, to do otrzymania  $x$  g roztworu potrzeba 16 g salety.

$$\frac{100 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{4 \text{ g}}{16 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{16 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}}{4 \text{ g}} = 400 \text{ g}$$

**Jak obliczyć masę lub objętość rozpuszczalnika potrzebną do sporządzenia roztworu o danym stężeniu?**

### ■ Przykład 6

Do odkazania błony śluzowej jamy ustnej stosuje się antyseptyczny preparat, który jest 20-procentowym roztworem boraksu w glicerynie. Oblicz, jaka objętość gliceryny jest potrzebna do rozpuszczenia 6 g boraksu. Gęstość gliceryny jest równa  $1,258 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

Dane:  $c_p = 20\%$ ,  $m_{\text{boraksu}} = 6$  g,  $d_{\text{gliceryny}} = 1,258 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  Szukane:  $V_{\text{gliceryny}} = ?$

Rozwiązanie

Gliceryna jest rozpuszczalnikiem. Najpierw obliczamy, jaka będzie masa 20-procentowego roztworu, który otrzymamy po rozpuszczeniu 6 g boraksu.

#### SPOSÓB I

Wykorzystanie wzoru

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

$$m_r = \frac{m_s \cdot 100\%}{c_p} = \frac{6 \text{ g} \cdot 100\%}{20\%} = 30 \text{ g}$$

#### SPOSÓB II

Wykorzystanie proporcji

Jeśli w 100 g roztworu znajduje się 20 g boraksu, to w  $x$  g roztworu znajduje się 6 g boraksu.

$$\frac{100 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{20 \text{ g}}{6 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 6 \text{ g}}{20 \text{ g}} = 30 \text{ g}$$

W 30 g roztworu znajduje się 6 g boraksu i 24 g gliceryny, której objętość obliczamy ze wzoru na gęstość.

Po przekształceniu otrzymujemy:

$$V = \frac{m}{d}$$

$$V = \frac{24 \text{ g}}{1,258 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \quad V \approx 19,08 \text{ cm}^3$$

**Odpowiedź:** Do rozpuszczenia 6 g boraksu należy odmierzyć około 19,08 cm<sup>3</sup> gliceryny.

## Jak interpretować wartości rozpuszczalności i stężenia procentowego?

Wartość stężenia substancji w roztworze jest ograniczona rozpuszczalnością tej substancji. Stężenie procentowe roztworu nasyconego można obliczyć, kiedy zna się wartość rozpuszczalności danej substancji.

### ■ Przykład 7

Oblicz stężenie procentowe nasyconego w temperaturze 30°C roztworu cukru, jeżeli jego rozpuszczalność w tej temperaturze wynosi 220 g / 100 g wody.

**Dane:**  $R_{30^\circ\text{C}} = 220 \text{ g} / 100 \text{ g H}_2\text{O}$

**Szukane:**  $c_p = ?$

**Rozwiązanie**

### SPOSÓB I

Na podstawie definicji i wartości rozpuszczalności możemy ustalić, że roztwór nasycony opisują wielkości:

$$m_s = 220 \text{ g}, m_w = 100 \text{ g}$$

$$m_t = 220 \text{ g} + 100 \text{ g} = 320 \text{ g}$$

Po podstawieniu do wzoru:

$$c_p = \frac{m_s}{m_t} \cdot 100\%$$

otrzymujemy

$$c_p = \frac{220 \text{ g}}{320 \text{ g}} \cdot 100\% = 68,75\%$$

### SPOSÓB II

Na podstawie definicji i wartości rozpuszczalności można zapisać następujące zależności:

| $m_w$ | $m_s$ | $m_t$ |
|-------|-------|-------|
| 100 g | 220 g | 320 g |
|       | x g   | 100 g |

$$\frac{220 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{320 \text{ g}}{100 \text{ g}}$$

$$x = \frac{100 \text{ g} \cdot 220 \text{ g}}{320 \text{ g}} = 68,75 \text{ g}$$

**Odpowiedź:** Stężenie nasyconego w temperaturze 30°C roztworu cukru jest równe 68,75%.

Dla roztworu cukru o temperaturze 30°C maksymalna wartość stężenia procentowego nie przekroczy wartości obliczonej w przykładzie 7. Większe stężenie cukru w roztworze można uzyskać w wyższej temperaturze.

Rozpuszczalność można obliczyć, kiedy zna się wartość stężenia procentowego nasyconego roztworu.

### ■ Przykład 8

Oblicz rozpuszczalność cukru w temperaturze 50°C, jeśli stężenie procentowe nasyconego w tej temperaturze roztworu jest równe 72,25%. Otrzymany wynik porównaj z wartością odczytaną z wykresu.

Dane:  $c_p = 72,25\%$

Szukane:  $R_{50^\circ\text{C}} = ?$

Rozwiązanie

Z definicji stężenia procentowego wynika:

| $m_i$ | $m_s$         | $m_w = m_i - m_s$                                   |
|-------|---------------|-----------------------------------------------------|
| 100 g | 72,25 g       | $100 \text{ g} - 72,25 \text{ g} = 27,75 \text{ g}$ |
|       | $x \text{ g}$ | 100 g                                               |

Rozpuszczalność odnosi się do 100 g wody, dlatego:

$$\frac{72,25 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{27,75 \text{ g}}{100 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 72,25 \text{ g}}{27,75 \text{ g}} = 260,36 \text{ g}$$

Odpowiedź: Rozpuszczalność cukru w temperaturze 50°C jest równa 260,36 g / 100 g wody.

### ■ Przykład 9

Sprawdź za pomocą odpowiednich obliczeń, czy roztwór chlorku sodu o stężeniu 26% otrzymany w temperaturze 100°C będzie roztworem nasyconym. Wartość rozpuszczalności odczytaj z wykresu zamieszczonego na stronie 204.

Dane:  $c_p = 26\%$

$$R_{100^\circ\text{C}} = 39 \text{ g} / 100 \text{ g wody}$$

Szukane:  $m_s$  i rodzaj roztworu

Rozwiązanie

Z definicji stężenia procentowego wynika:

| $m_i$ | $m_s$         | $m_w = m_i - m_s$                             |
|-------|---------------|-----------------------------------------------|
| 100 g | 26 g          | $100 \text{ g} - 26 \text{ g} = 74 \text{ g}$ |
|       | $x \text{ g}$ | 100 g                                         |

Rozpuszczalność odnosi się do 100 g wody, dlatego:

$$\frac{26 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{74 \text{ g}}{100 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 26 \text{ g}}{74 \text{ g}}$$
$$x \approx 35,14 \text{ g}$$

$$m_1 \approx 35,14 \text{ g} < R_{100^\circ\text{C}} = 39 \text{ g} / 100 \text{ g wody}$$

**Odpowiedź:** Roztwór chlorku sodu o stężeniu 26% w temperaturze 100°C jest roztworem nienasyconym, ponieważ masa substancji rozpuszczonej w 100 g wody jest mniejsza od wartości rozpuszczalności w tej temperaturze.

## Podsumowanie

1. **Stężenie** jest miarą zawartości substancji w określonej ilości roztworu.
2. Jednym ze sposobów wyrażania stężenia jest **stężenie procentowe** definiowane jako liczba gramów substancji znajdująca się w 100 g roztworu.
3. **Masa roztworu** to suma masy substancji rozpuszczonej i masy rozpuszczalnika.
4. Jeśli zna się rozpuszczalność substancji w danej temperaturze, można obliczyć stężenie procentowe nasyconego roztworu.
5. Na podstawie stężenia procentowego nasyconego roztworu substancji w określonej temperaturze można dla tej substancji obliczyć rozpuszczalność we wskazanej temperaturze.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Ile kilogramów soli można otrzymać po całkowitym odparowaniu wody z 1 tony wody morskiej, która jest 0,7-procentowym roztworem soli?
2. W którym roztworze jest więcej wody: w 250 g roztworu o stężeniu 15% czy w 300 g roztworu o stężeniu 12%?
3. Jakie jest stężenie procentowe nasyconego w temperaturze 40°C roztworu cukru?
4. Jakie stężenie procentowe ma roztwór otrzymany przez rozpuszczenie 10 g saletry w 40 g wody?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) innych sposobów wyrażania stężenia roztworu,
- b) praktycznego zastosowania pojęcia stężenia.

## 5.5

## Zmiana stężenia procentowego

Kiedy mówimy o roztworze stężonym, a kiedy – o rozcieńczonym? Czy istnieją stałe stężenia, które wyznaczają granicę między nimi?

rozcieńczony roztwór wodny glukozy



stężony roztwór wodny glukozy



▲ Roztwory o różnym stężeniu

### Kiedy roztwór nazywamy rozcieńczonym, a kiedy – stężonym?

Na co dzień nie zawsze mamy do czynienia z roztworami o znanej wartości stężenia. Aby przybliżyć tę wartość, wyróżniono roztwory rozcieńczone i stężone. Różnią się one zawartością substancji rozpuszczonej w stosunku do ilości rozpuszczalnika. Nie da się ustalić wyraźnej granicy, od której roztwór rozcieńczony staje się roztworem stężonym. Można na przykład określić, że roztwór jest stężony, jeśli liczba gramów substancji rozpuszczonej przypadającej na 100 g wody jest bliska rozpuszczalności tej substancji. W roztworze **rozcieńczonym** liczba gramów substancji rozpuszczonej jest dużo mniejsza, niż wynika to z rozpuszczalności tej substancji.

### Na czym polega rozcieńczanie roztworu?

W szkolnym laboratorium posługiwanie się stężonymi roztworami niektórych substancji jest niebezpieczne, dlatego należy je rozcieńczać. Rozcieńczanie, czyli mieszanie roztworu z czystym rozpuszczalnikiem, prowadzi do zmniejszenia stężenia roztworu.



#### Doświadczenie 5.5.1

#### Rozcieńczanie roztworu

Do 50 g 5-procentowego roztworu cukru (otrzymanego w doświadczeniu 5.4.1) dolej 25 cm³ wody.

**Obserwacje:** Po dodaniu wody masa roztworu rośnie, nie zmienia się masa substancji rozpuszczonej.

**Wniosek:** Powstał roztwór o mniejszym stężeniu.

Wielkością, która nie ulega zmianie w wyniku dodania rozpuszczalnika, jest masa substancji rozpuszczonej – w roztworze początkowym i w roztworze końcowym jest ona taka sama.

### ■ Przykład 1

Oblicz stężenie procentowe roztworu otrzymanego w wyniku dodania 25 cm<sup>3</sup> wody do 50 g roztworu o stężeniu 5%.

Dane:  $m_1 = 50$  g,  $c_1 = 5\%$ ,  $V_{\text{dodanej wody}} = 25$  cm<sup>3</sup>.

Szukane:  $c_2 = ?$

Rozwiązanie

a) Na podstawie definicji stężenia procentowego obliczamy masę substancji rozpuszczonej zawartej w roztworze początkowym. Jest ona równa masie substancji w roztworze rozcieńczonym.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa rozpuszczalnika (wody)<br>$m_w = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|
| 100 g                  | 5 g                      | 100 g - 5 g = 95 g                               |
| 50 g                   | x g                      |                                                  |

$$\frac{100 \text{ g}}{50 \text{ g}} = \frac{5 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{50 \text{ g} \cdot 5 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 2,5 \text{ g}$$

b) Obliczamy masę roztworu otrzymanego w wyniku rozcieńczania. Masa dodanej wody wynosi: 25 g ( $d_w = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ).

$$m_{r2} = m_{r1} + 25 \text{ g} = 75 \text{ g}$$

c) Obliczamy stężenie procentowe roztworu otrzymanego w wyniku rozcieńczania.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ |
|------------------------|--------------------------|
| 75 g                   | 2,5 g                    |
| 100 g                  | x g                      |

$$\frac{75 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{2,5 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 2,5 \text{ g}}{75 \text{ g}} = 3,3 \text{ g}$$

$$m_s \approx 3,3 \text{ g, czyli } c_p \approx 3,3\%$$

Odpowiedź: Otrzymany roztwór ma stężenie około 3,3%.

### Ciekawostka

Koncentraty zapachowe są wykorzystywane w przemyśle kosmetycznym i perfumeryjnym. Perfumy zawierają najczęściej związków zapachowych, których rozcieńczone roztwory to wody toaletowe i wody perfumowane.



### ■ Przykład 2

Oblicz, ile gramów wody należy dodać do 150 g roztworu 10-procentowego, aby otrzymać roztwór o stężeniu 5%?

Dane:  $m_1 = 150 \text{ g}$ ,  $c_{p1} = 10\%$ ,  $c_{p2} = 5\%$

Szukane:  $m_{\text{dodanej wody}} = ?$

Rozwiązanie

a) Obliczamy masę substancji zawartej w pierwszym roztworze (jest ona równa także masie substancji, jaka będzie w roztworze końcowym).

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa wody<br>$m_w = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 100 g                  | 10 g                     | 100 g - 10 g = 90 g            |
| 150 g                  | x g                      |                                |

$$\frac{100 \text{ g}}{150 \text{ g}} = \frac{10 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{150 \text{ g} \cdot 10 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 15 \text{ g}, \text{ czyli } m_s = 15 \text{ g}$$

b) Obliczamy masę drugiego roztworu.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa wody<br>$m_w = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 100 g                  | 5 g                      | 100 g - 5 g = 95 g             |
| x g                    | 15 g                     |                                |

$$\frac{100 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{5 \text{ g}}{15 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 15 \text{ g}}{5 \text{ g}} = 300 \text{ g}, \text{ czyli } m_{r2} = 300 \text{ g}$$

c) Obliczamy masę dodanej wody.

$$m_{\text{dodanej wody}} = m_{r2} - m_1 = 300 \text{ g} - 150 \text{ g} = 150 \text{ g}$$

Odpowiedź: Do 150 g roztworu 10-procentowego należy dodać 150 g wody, aby otrzymać roztwór o stężeniu 5%.

### Jak się zatęża roztwór?

Jeśli chcemy zwiększyć stężenie roztworu, musimy go **zatężyć**. Taki efekt można uzyskać przez odparowanie części rozpuszczalnika lub przez dodanie odpowiedniej ilości substancji rozpuszczonej. Proces zatężania wykorzystywali już starożytni Rzymianie do pozyskiwania soli z wody morskiej. Obecnie stosuje się go m.in. do otrzymywania soli z solanki, dżemów owocowych oraz cukru z soku buraków cukrowych.



▲ Tężnie solankowe w Inowrocławiu

### • Zatężanie przez odparowanie

Wielkością, która nie ulega zmianie przy zatężaniu roztworu w wyniku odparowania rozpuszczalnika, jest masa substancji – w roztworze początkowym i roztworze końcowym jest ona taka sama.

### ■ Przykład 3

Oblicz, ile gramów wody należy odparować z 300 g roztworu o stężeniu 5%, aby otrzymać roztwór o stężeniu 6%.

Dane:  $m_1 = 300$  g,  $c_{p1} = 5\%$ ,  $c_{p2} = 6\%$

Szukane:  $m_{\text{odparowanej wody}} = ?$

Rozwiązanie

a) Obliczamy masę substancji, która jest taka sama w obu roztworach.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa wody<br>$m_w = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 100 g                  | 5 g                      | 100 g - 5 g = 95 g             |
| 300 g                  | x g                      |                                |

$$\frac{100 \text{ g}}{300 \text{ g}} = \frac{5 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{300 \text{ g} \cdot 5 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 15 \text{ g, czyli } m_s = 15 \text{ g}$$

b) Obliczamy masę roztworu o stężeniu 6%, który zawiera 15 g substancji.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa wody<br>$m_w = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 100 g                  | 6 g                      | 100 g - 6 g = 94 g             |
| x g                    | 15 g                     |                                |

$$\frac{100 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{6 \text{ g}}{15 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 15 \text{ g}}{6 \text{ g}} = 250 \text{ g, czyli } m_{r2} = 250 \text{ g}$$

c) Obliczamy masę wody, którą należy odparować.

$$m_{\text{odparowanej wody}} = m_{r1} - m_{r2} = 300 \text{ g} - 250 \text{ g} = 50 \text{ g}$$

Odpowiedź: Aby uzyskać roztwór 6-procentowy, należy z 300 g 5-procentowego roztworu odparować 50 g wody.

### • Zatężanie przez dodanie substancji

Wielkością, która nie ulega zmianie przy zatężaniu roztworu w wyniku dodania substancji, jest masa rozpuszczalnika – w roztworze początkowym i końcowym jest ona taka sama.

### ■ Przykład 4

Oblicz, ile gramów substancji należy dosypać do 300 g roztworu o stężeniu 5%, aby otrzymać roztwór 6-procentowy.

Dane:  $m_1 = 300$  g,  $c_{p1} = 5\%$ ,  $c_{p2} = 6\%$

Szukane:  $m_{\text{dodanej substancji}} = ?$

Rozwiązanie

a) Obliczamy masę rozpuszczalnika zawartą w pierwszym roztworze, równą masie rozpuszczalnika zawartej w roztworze drugim.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa rozpuszczalnika<br>$m_{\text{rozp.}} = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 100 g                  | 5 g                      | 100 g - 5 g = 95 g                                     |
| 300 g                  |                          | x g                                                    |

$$\frac{100 \text{ g}}{300 \text{ g}} = \frac{95 \text{ g}}{x \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{95 \text{ g} \cdot 300 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 285 \text{ g, czyli } m_{\text{rozp.}} = 285 \text{ g}$$

b) Obliczamy masę drugiego roztworu.

| Masa roztworu<br>$m_r$ | Masa substancji<br>$m_s$ | Masa rozpuszczalnika<br>$m_{\text{rozp.}} = m_r - m_s$ |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 100 g                  | 6 g                      | 100 g - 6 g = 94 g                                     |
| x g                    |                          | 285 g                                                  |

$$\frac{100 \text{ g}}{x \text{ g}} = \frac{94 \text{ g}}{285 \text{ g}} \quad \text{to} \quad x = \frac{100 \text{ g} \cdot 285 \text{ g}}{94 \text{ g}} = 303,19 \text{ g, czyli } m_2 \approx 303,19 \text{ g}$$

c) Obliczamy masę dodanej substancji.

$$m_{\text{dodanej substancji}} = m_{12} - m_1 = 303,19 \text{ g} - 300 \text{ g} = 3,19 \text{ g}$$

Odpowiedź: Aby otrzymać 6-procentowy roztwór, do 300 g roztworu 5-procentowego należy dosypać około 3,19 g substancji.

### Jak przewidzieć stężenie procentowe roztworu otrzymanego w wyniku zmieszania dwóch roztworów?

Jeśli zmiesza się roztwory tych samych substancji o różnych stężeniach procentowych, to masa otrzymanego roztworu jest równa sumie mas roztworów zmieszanych, a masa substancji rozpuszczonej, zawartej w otrzymanym roztworze, jest sumą mas substancji zawartych w mieszanych roztworach.

### ■ Przykład 5

Oblicz stężenie procentowe roztworu otrzymanego w wyniku wymieszania 200 g roztworu octu o stężeniu 10% z 300 g octu o stężeniu 7%.

Dane:  $m_1 = 200 \text{ g}$ ,  $c_{p1} = 10\%$ ,  $m_2 = 300 \text{ g}$ ,  $c_{p2} = 7\%$

Szukane:  $c_{p3} = ?$

Rozwiązanie

a) Obliczamy masę otrzymanego roztworu.

$$m_{13} = m_1 + m_2 \quad m_{13} = 200 \text{ g} + 300 \text{ g} = 500 \text{ g}$$

b) Obliczamy masy substancji zawarte w roztworze 1 i 2.

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%, \text{ to } m_s = \frac{c_p \cdot m_r}{100\%}$$

$$m_{s1} = \frac{10\% \cdot 200 \text{ g}}{100\%} = 20 \text{ g} \quad m_{s2} = \frac{7\% \cdot 300 \text{ g}}{100\%} = 21 \text{ g}$$

c) Obliczamy masę substancji zawartej w roztworze 3.

$$m_{s3} = m_{s1} + m_{s2} = 20 \text{ g} + 21 \text{ g} = 41 \text{ g}$$

d) Obliczamy stężenie procentowe roztworu 3.

$$c_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\% \quad c_{p3} = \frac{41 \text{ g}}{500 \text{ g}} \cdot 100\% = 8,2\%$$

**Odpowiedź:** Po zmieszaniu 200 g roztworu 10-procentowego i 300 g roztworu 7-procentowego otrzymamy roztwór o stężeniu 8,2%.

## Podsumowanie

1. W zależności od ilości substancji rozpuszczonej w określonej masie roztworu wyróżnia się **roztwory stężone** lub **rozcieńczone**.
2. Stężenie roztworu można zmniejszyć przez jego **rozcieńczenie**.
3. Wzrost stężenia roztworu można uzyskać w wyniku **zateżenia** roztworu przez odparowanie rozpuszczalnika lub dodanie substancji rozpuszczonej.
4. Mieszanie roztworów o różnych stężeniach prowadzi do uzyskania roztworu o stężeniu pośrednim.

## Sprawdź, czy wiesz i rozumiesz

1. Jakimi sposobami można uzyskać zmianę stężenia roztworu?
2. Jakie stężenie procentowe będzie miał roztwór otrzymany przez odparowanie 50 g wody z 1 kg roztworu o stężeniu 5%?
3. Do 150 g roztworu saletry o stężeniu 5% dodano 10 g saletry. Jakie stężenie ma otrzymany roztwór?

## Dowiedz się więcej

W dostępnych źródłach poszukaj informacji na temat:

- a) sposobu pozyskiwania soli w warzelniach,
- b) metody krzyża wykorzystywanej do szybkiego przeliczania stężeń.

# Domowe laboratorium

## Mocny lód

Weź dwie strzykawki jednorazowe i napełnij je jednakową ilością wody. Ich wyloty zatkaj plasteliną. Jedną strzykawkę włóż do zamrażalnika. Po godzinie wyjmij ją z lodówki i porównaj położenie tłoków w obu strzykawkach.

## Niebieska struga

W wieczku pudełka po kliszy fotograficznej zrób rozgrzanym gwoździem dziurkę, przez którą za pomocą strzykawki wlej do środka wodę zabarwioną atramentem. Pudełko włóż na 10–15 minut do lodówki w celu ochłodzenia wody (nie zamrażaj). Butelkę po napojach, mającą szeroki otwór, napełnij ciepłą wodą. W otwór włóż pudełko po kliszy, tak aby wieczko z dziurką było zanurzone w wodzie.

Zobacz, co się stanie. Dlaczego?

## Lewitujące jajo

Odmierz  $400\text{ cm}^3$  wody i rozpuść w niej około 150 g soli kuchennej. Roztwór przefiltruj przez lejek z watą do słoika o pojemności  $1\text{ dm}^3$ . Następnie bardzo delikatnie (po ściankach słoika) wlewaj zwykłą wodę, prawie do pełna. Na końcu włóż jajko i zobacz, co się stanie.

Czy potrafisz wyjaśnić zachowanie się jajka?

## Napięcie powierzchniowe

Weź monetę 1-groszową i za pomocą strzykawki powoli nakładaj na nią wodę, kropla po kropli. Policzb, ile kropli wody możesz umieścić na monecie. W następnym eksperymencie dodaj do wody trochę płynu do naczyń i powtórz czynność.

Ile kropli tym razem udało ci się położyć na monecie?

# Czy wiesz, że...

## ■ Siła wody

Już dawno zauważono, że woda cierpliwie drąży skałę. To zjawisko, w znacznie przyspieszonym tempie i z większą siłą, wykorzystuje się do cięcia różnych materiałów: drewna, betonu, a nawet elementów metalowych. Bardzo cienki strumień wody z domieszką materiału ściernego wypływa ze specjalnej dyszy z prędkością 500 m/s. Cięcie odbywa się bezpyłowo i można wycinać nawet bardzo precyzyjne elementy. Podczas obróbki nie wydziela się ciepło, co ma miejsce podczas tradycyjnego cięcia czy wiercenia.

Jakie znasz inne nowoczesne metody cięcia materiałów?  
Czy w środowisku przyrodniczym woda może zachowywać się w podobny sposób?

## ■ Starożytne lodówki

Wydawałoby się, że lód na pustyni to fatamorgana lub majak wędrowca umierającego z pragnienia. Czy rzeczywiście? Ponad 2400 lat temu perscy budowniczowie konstruowali magazyny lodu o nazwie *yakhchal*. Budowle te miały doskonałą izolację cieplną, która pozwalała przetrzymać lód (zwożony w zimie z gór) nawet w środku lata. Pojemność magazynu dochodziła do 5000 m<sup>3</sup>. Grube ściany wykonywano z gliny, wapna, białek z jaj, koziej sierści i popiołu. Magazynowano tam również żywność, a lodu używano m.in. do chłodzenia posiłków władców Persji.

Jakie inne metody konserwacji żywności stosowano przed wynalezieniem lodówek?  
Jakie znasz inne nowoczesne materiały izolacyjne, które pozwoliłyby np. przechować lód na pustyni?

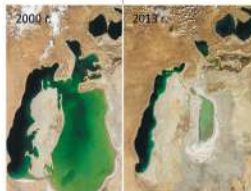
► Magazyn lodu (*yakhchal*) w prowincji Yazd (Iran)



▲ Wycinanie profilu klucza ślusarskiego za pomocą wody



▼ Obniżenie wody w Jeziorze Aralskim w latach 2000–2013



Czym różni się woda z innych mórz od wody z Morza Martwego? Jak dawniej otrzymywano sól?

► Człowiek na powierzchni wód Morza Martwego

## ■ Umarłe jezioro

Jednym z przykładów braku wyobraźni ludzi w podejściu do gospodarowania zasobami wodnymi może być Jezioro Aralskie, położone na granicy Kazachstanu i Uzbekistanu (dawny ZSRR). W latach 30. ubiegłego stulecia rozpoczęto pobieranie wody z dwóch rzek wpływających do tego jeziora, by nawodnić uprawy bawełny w tamtym rejonie. Od lat 60. następuje widoczne obniżenie się poziomu wody w jeziorze, sięgające w pewnych latach około 80–90 cm rocznie. Prawdopodobnie nie uda się już przywrócić tego zbiornika wodnego do stanu pierwotnego. Taka sytuacja powinna się stać ostrzeżeniem dla ludzkości, że nie można dążyć do maksymalizacji zysków kosztem środowiska naturalnego.

Czy znasz inne przypadki niszczącego działania człowieka na gospodarkę wodną?

Z jakimi innymi niebezpiecznymi konsekwencjami, powstałymi wskutek bezmyślnej działalności człowieka, mogą się spotkać tamtejsi mieszkańcy?

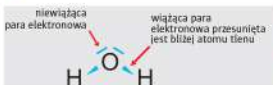
## ■ Bardzo nasycony roztwór wodny

Jest takie miejsce na Ziemi, gdzie nawet bez umiejętności pływackich spokojnie możemy się unosić na powierzchni wody. Chodzi o Morze Martwe, którego woda nasycona chlorkiem sodu i innymi związkami ma bardzo dużą gęstość, większą niż gęstość ludzkiego ciała. Z tym niezwykłym morzem wiąże się legenda, według której usytuowane niegdyś na jego miejscu miasta Sodoma i Gomora zostały zniszczone ogniem pochodzącym z nieba.



# Podsumowanie działu

## Budowa cząsteczki wody



Wiązania chemiczne w cząsteczce wody to wiązania kowalencyjne spolaryzowane.

Cząsteczka wody tworzy dipol (układ dwóch ładunków różnoimiennych).

## Rodzaje mieszanin

|                                           | Roztwór właściwy                                                                  | Koloid                                                                            | Zawiesina                                                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Rozmiary cząstek substancji rozpuszczonej | mnijšie od 1 nm                                                                   | większe od 1 nm, ale mniejsze od 200 nm                                           | większe od 200 nm                                                                 |
| Sposób przejścia światła przez mieszaninę |  |  |  |

• **Rozpuszczanie** to proces fizyczny polegający na rozprzestrzenianiu się substancji rozpuszczonej w rozpuszczalniku.

• **Rozpuszczalność** to maksymalna masa substancji, jaką można rozpuścić w 100 g rozpuszczalnika w określonej temperaturze, a w przypadku gazów – również przy określonym ciśnieniu.

• **Krzywa rozpuszczalności** to wykres zależności rozpuszczalności substancji od temperatury.

• **Rodzaje roztworów** definiujemy dla określonej temperatury ( $T$ ) – porównujemy masę substancji ( $m_s$ ) z jej rozpuszczalnością w tej temperaturze ( $R_T$ ).

**nienasycony**

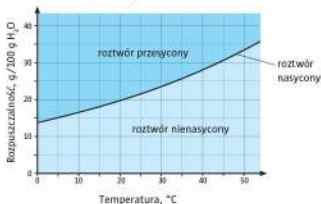
$$m_s < R_T$$

**nasycony**

$$m_s = R_T$$

**przesycony**

$$m_s > R_T$$



## ■ Stężenie procentowe roztworu

$$\text{stężenie procentowe } C_p = \frac{m_s}{m_r} \cdot 100\%$$

masa substancji rozpuszczonej  
masa roztworu

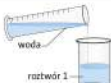
$$\text{gęstość } d = \frac{m}{V}$$

masa  
objętość

$$m_r = m_{\text{rozp.}} + m_s$$

|                                           |                                                                               | $m_s$ | $m_r$ | $m_{\text{rozp.}}$  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------------------|
| $C_p = 15\%$                              | 15 g substancji przypada na każde 100 g roztworu                              | 15 g  | 100 g | 100 g - 15 g = 85 g |
| $R_r = 15 \text{ g} / 100 \text{ g wody}$ | 15 g substancji można maksymalnie rozpuścić w 100 g wody w danej temperaturze | 15 g  | 115 g | 100 g               |

### • Rozcieńczanie roztworu

|  <p>woda</p> <p>roztwór 1</p> | roztwór 1                                               | roztwór 2                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                | $m_{s1}$<br>$m_{\text{rozp.1}}$<br>$m_{r1}$<br>$C_{p1}$ | $m_{s2} = m_{s1}$<br>$m_{\text{rozp.2}} = m_{\text{rozp.1}} + m_{\text{dodanego rozp.}}$<br>$m_{r2} = m_{r1} + m_{\text{dodanego rozp.}}$<br>$C_{p2} < C_{p1}$ |

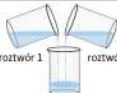
### • Zagęszczanie roztworu przez dodanie substancji rozpuszczonej

|  <p>substancja rozpuszczana</p> <p>roztwór 1</p> | roztwór 1                                               | roztwór 2                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | $m_{s1}$<br>$m_{\text{rozp.1}}$<br>$m_{r1}$<br>$C_{p1}$ | $m_{s2} = m_{s1} + m_{\text{dodanej substancji}}$<br>$m_{\text{rozp.2}} = m_{\text{rozp.1}}$<br>$m_{r2} = m_{r1} + m_{\text{dodanej substancji}}$<br>$C_{p2} > C_{p1}$ |

### • Zagęszczanie roztworu przez odparowanie rozpuszczalnika

|  <p>roztwór 1</p> | roztwór 1                                               | roztwór 2                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                      | $m_{s1}$<br>$m_{\text{rozp.1}}$<br>$m_{r1}$<br>$C_{p1}$ | $m_{s2} = m_{s1}$<br>$m_{\text{rozp.2}} = m_{\text{rozp.1}} - m_{\text{odparowanego rozp.}}$<br>$m_{r2} = m_{r1} - m_{\text{odparowanego rozp.}}$<br>$C_{p2} > C_{p1}$ |

### • Mieszanie roztworów tej samej substancji

|  <p>roztwór 1</p> <p>roztwór 2</p> <p>roztwór 3</p> | roztwór 1                                               | roztwór 2                                               | roztwór 3                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                        | $m_{s1}$<br>$m_{\text{rozp.1}}$<br>$m_{r1}$<br>$C_{p1}$ | $m_{s2}$<br>$m_{\text{rozp.2}}$<br>$m_{r2}$<br>$C_{p2}$ | $m_{s3} = m_{s1} + m_{s2}$<br>$m_{\text{rozp.3}} = m_{\text{rozp.1}} + m_{\text{rozp.2}}$<br>$m_{r3} = m_{r1} + m_{r2}$<br>$C_{p3} < C_{p1} < C_{p2}$<br>jeśli $C_{p1} < C_{p2}$ |

# Test do działu

Wybierz poprawne dokończenie zdania lub odpowiedź.

1. Najwięcej wody znajduje się w

- A. atmosferze.
- B. biosferze.
- C. hydrosferze.
- D. litosferze.

2. Który rysunek przedstawia poprawny model dipola wody?



3. Woda ma największą gęstość w temperaturze

- A.  $-4^{\circ}\text{C}$ .
- B.  $0^{\circ}\text{C}$ .
- C.  $4^{\circ}\text{C}$ .
- D.  $100^{\circ}\text{C}$ .

4. Dobrze rozpuszczają się w wodzie

- A. kreda, parafina i olej.
- B. sól, piasek i gliceryna.
- C. mąka, olej i parafina.
- D. sól, ocet i gliceryna.

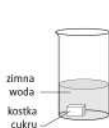
5. Woda jest zwykle dobrym rozpuszczalnikiem dla tych substancji, które mają

- A. budowę jonową lub polarną.
- B. budowę kowalencyjną.
- C. stały lub ciekły stan skupienia.
- D. podobne rozmiary molekuł jak cząsteczka wody.

6. Aby otrzymać zawiesinę, należy zmieszać z wodą

- A. sól.
- B. kredę.
- C. benzynę.
- D. białko jaja kurzego.

7. W którym przypadku cukier rozpuści się najszybciej?



A.



B.



C.



D.

8. Aby z roztworu nasyconego uzyskać roztwór nienasycony, należy
- obniżyć temperaturę roztworu.
  - odparować pewną ilość rozpuszczalnika.
  - dodać substancję rozpuszczoną.
  - rozcieńczyć roztwór nasycony.
9. Wskaż zdanie prawdziwe.
- Ze wzrostem temperatury rozpuszczalność gazów najczęściej wzrasta.
  - Podwyższenie temperatury na ogół zwiększa rozpuszczalność ciał stałych.
  - Im wyższa temperatura, tym rozpuszczalność cieczy znacznie maleje.
  - Rozpuszczalność substancji zależy od ciśnienia, a nie od temperatury.

Do rozwiązywania zadań 10., 11. i 12. wykorzystaj krzywe rozpuszczalności (s. 204).

10. W temperaturze 30°C największą rozpuszczalność ma
- azotan(V) sodu.
  - azotan(V) potasu.
  - siarczan(VI) magnezu.
  - siarczan(VI) miedzi(II).
11. W 150 g wody o temperaturze 40°C rozpuszczono 60 g pewnej substancji i uzyskano roztwór nasycony.  
Substancją tą jest
- azotan(V) sodu.
  - azotan(V) potasu.
  - chlórek sodu.
  - chlórek potasu.
12. Stężenie procentowe nasyconego roztworu siarczanu(VI) miedzi(II) w temperaturze 20°C jest równe około
- 20%
  - 16,7%
  - 33,5%
  - 25,1%
13. Sól fizjologiczna, stosowana w medycynie jako płyn nawadniający, to roztwór, w którego 1 kg znajduje się 9 g chlorku sodu.  
Stężenie tego roztworu jest równe
- 0,009%
  - 0,09%
  - 0,9%
  - 9%
14. Elektrolit używany w akumulatorach to roztwór kwasu siarkowego(VI) o stężeniu 37,5% i gęstości  $1,28 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .  
Ile gramów kwasu siarkowego(VI) znajduje się w 1,5 dm<sup>3</sup> tego roztworu?
- 1200 g
  - 720 g
  - 562,5 g
  - 439,5 g
15. Które z zachowań wskazuje na oszczędne gospodarowanie wodą?
- Zmywanie naczyń pod bieżącą wodą.
  - Częsta kąpiel w pełnej wannie.
  - Dokładne dokręcanie kranu.
  - Mycie zębów przy lejącej się wodzie.

# Sprawdź się

## Zadanie 1.

Jaki rodzaj mieszaniny powstanie po zmieszaniu podanych rodzajów materii? Jak można rozdzielić składniki tych mieszanin?

Każdej mieszaninie przyporządkuj rodzaj oraz najlepszą metodę rozdzielu.

1. mieszanina jednorodna

2. mieszanina niejednorodna

A. sączenie

C. odparowanie

E. użycie rozdzielacza

B. destylacja

D. użycie magnesu

| Mieszanina          | Rodzaj mieszaniny | Metoda rozdzielu  |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| woda i piasek       | 1 / 2             | A / B / C / D / E |
| woda i sól kamienna | 1 / 2             | A / B / C / D / E |
| woda i olej         | 1 / 2             | A / B / C / D / E |
| woda i alkohol      | 1 / 2             | A / B / C / D / E |

## Zadanie 2.

Rysunek przedstawia wiązania chemiczne w cząsteczce wody.

Oceń poprawność poniższych stwierdzeń (P – prawda, F – fałsz).



|     |                                                                                                                             |       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| I   | W cząsteczce wody wiązania chemiczne powstają w wyniku uwspólnienia elektronów pochodzących od atomu tlenu i atomów wodoru. | P / F |
| II  | W tworzeniu wiązań uczestniczy 8 elektronów.                                                                                | P / F |
| III | W cząsteczce wody występują dwie niewiążące pary elektronowe.                                                               | P / F |
| IV  | Wiązania występujące w cząsteczce wody to wiązania jonowe.                                                                  | P / F |

## Zadanie 3.

Woda może być substratem lub produktem różnych reakcji chemicznych.

Do równań reakcji z udziałem wody dobrać właściwy typ reakcji.

A. analiza

B. synteza

C. wymiana

| Równanie reakcji                                                     | Typ reakcji |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|
| $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$           | A / B / C   |
| $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2$ | A / B / C   |
| $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$           | A / B / C   |

**Zadanie 4.**

Wykonano dwa doświadczenia, w których badano wpływ różnych czynników na szybkość rozpuszczania cukru w wodzie. Jakie czynniki badano?

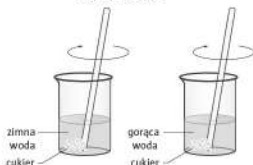
Do każdego schematu dopasuj właściwą nazwę badanego czynnika.

A. mieszanie

B. rozdrobnienie

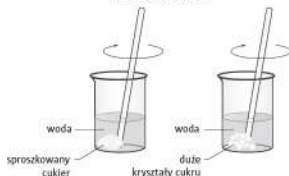
C. temperatura

Doświadczenie I



A / B / C

Doświadczenie II



A / B / C

Do rozwiązania zadań 5. i 6. wykorzystaj wykres ze s. 204.

**Zadanie 5.**

Przepisz zdania do zeszytu i uzupełnij je właściwymi określeniami.

- Substancja, której rozpuszczalność w największym stopniu zależy od temperatury, to (A / B / C).
- W temperaturze 10°C największą rozpuszczalność wykazuje (A / B / C), a najmniejszą – (A / B / C).
- Aby 40 g siarczanu(VI) miedzi(II) rozpuściło się w 100 g wody, woda musi mieć temperaturę co najmniej (D / E / F)°C.
- W 50 g wody o temperaturze 40°C można maksymalnie rozpuścić około (D / E / F) g azotanu(V) potasu.

A. azotan(V) potasu

B. chlorek sodu

C. siarczan(VI) miedzi(II)

D. 30

E. 45

F. 60

**Zadanie 6.**

Dokończ zdanie tak, aby było prawdziwe.

**Wybierz poprawne dokończenie zdania.**

Aby obliczyć stężenie procentowe nasyconego roztworu azotanu(V) potasu w temperaturze 60°C, należy wykorzystać wzór

$$A. c_p = \frac{110 \text{ g}}{100 \text{ g}} \cdot 100\%$$

$$C. c_p = \frac{110 \text{ g}}{210 \text{ g}} \cdot 100\%$$

$$B. c_p = \frac{80 \text{ g}}{180 \text{ g}} \cdot 100\%$$

$$D. c_p = \frac{39 \text{ g}}{139 \text{ g}} \cdot 100\%$$

# Test końcowy

Wybierz poprawne dokończenie zdania lub odpowiedź.

1. Właściwością odróżniającą sól kamienną od cukru jest  
A. stan skupienia. C. smak.  
B. barwa. D. rozpuszczalność w wodzie.
2. Jaką masę ma 0,5 litra gliceryny ( $1\text{ l} = 1\text{ dm}^3$ ), jeśli jej gęstość jest równa  $1,258\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ ?  
A. 2,516 g B. 6,29 g C. 629 g D. 1258 g
3. Pewną substancję chemiczną charakteryzują następujące właściwości – temperatura topnienia:  $-15^\circ\text{C}$ , temperatura wrzenia:  $78^\circ\text{C}$ .  
**W temperaturze  $20^\circ\text{C}$**   
A. substancja ta jest gazem.  
B. substancja ta jest cieczą.  
C. substancja ta jest ciałem stałym.  
D. nie da się określić stanu skupienia tej substancji.
4. Po odparowaniu niewielkiej ilości bezbarwnej, klarownej cieczy na szkiełku zegarkowym pozostał biały osad.  
**Można zatem stwierdzić, że badana ciecz jest**  
A. mieszaniną jednorodną. C. pierwiastkiem chemicznym.  
B. mieszaniną niejednorodną. D. związkiem chemicznym.
5. Przy rozdziale mieszaniny cukru i piasku należy wykorzystać różnicę  
A. barwy obu substancji.  
B. twardości piasku i cukru.  
C. temperatury topnienia obu rodzajów materii.  
D. rozpuszczalności w wodzie cukru i piasku.
6. W celu rozdzielenia mieszaniny wody i atramentu należy przeprowadzić  
A. sączenie. C. destylację.  
B. dekantację. D. sedymentację.
7. Który z podanych pierwiastków występuje w stanie wolnym w postaci atomowej?  
A. azot B. wodór C. tlen D. argon
8. Zestaw symboli chemicznych pierwiastków, które są wyłącznie niemetalami, to  
A. H, O, S, K C. Na, Mg, Zn, Al  
B. Cl, C, P, Si D. Fe, Cu, Pb, Hg

9. W jądrze izotopu rtęci znajduje się 80 protonów i 121 neutronów. Liczba masowa tego izotopu jest równa  
A. 41                      B. 80                      C. 121                      D. 201
10. Pierwiastek chemiczny, którego atom ma tyle samo elektronów walencyjnych co atom azotu, ale o dwie powłoki elektronowe więcej, to  
A. azot.                      B. arsen.                      C. fluor.                      D. bor.
11. Pierwiastek, którego masa atomowa jest 1,5 raza większa od masy cząsteczkowej wody, ma symbol  
A. Al                      B. Ar                      C. C                      D. Co
12. Wszystkie pierwiastki znajdujące się w grupie drugiej są  
A. gazami.                      C. niemetalami.  
B. metalami.                      D. cieciami.
13. Beryl, magnez, wapń i stront charakteryzuje taka sama liczba  
A. elektronów walencyjnych.                      C. neutronów.  
B. powłok elektronowych.                      D. nukleonów.
14. W chlorku potasu występuje wiązanie jonowe polegające na elektrostatycznym przyciąganiu się jonów  
A.  $K^+$  i  $Cl^+$                       B.  $K^+$  i  $Cl^-$                       C.  $K^-$  i  $Cl^+$                       D.  $K^-$  i  $Cl^-$

Informacja do zadań 15. i 16.

Rysunek obok przedstawia schemat tworzenia się wiązań chemicznych w cząsteczce pewnego związku chemicznego.



15. Liczba wiążących par elektronowych w cząsteczce tego związku jest równa  
A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4
16. Wzór sumaryczny tego związku ma postać  
A. NH                      B.  $NH_3$                       C.  $3NH$                       D.  $N_3H$
17. Powietrze w okolicach pozbawionych przemysłu jest mieszaniną  
A. jednorodną pierwiastków chemicznych.  
B. niejednorodną pierwiastków chemicznych.  
C. jednorodną pierwiastków i związków chemicznych.  
D. niejednorodną pierwiastków i związków chemicznych.
18. Właściwość odróżniająca tlen od innych gazów to  
A. najmniejsza gęstość.                      C. mętnienie wody wapiennej.  
B. podtrzymywanie palenia.                      D. największa gęstość.
19. Który ze składników powietrza można zebrać w cylindrze w sposób pokazany na rysunku?  
A. azot                      C. amoniak  
B. wodór                      D. tlenek węgla(IV)



20. Który z wymienionych tlenków przyczynia się w dużej mierze do efektu cieplarnianego?

- A. tlenek węgla(IV) C. tlenek siarki(IV)  
B. tlenek węgla(III) D. tlenek siarki(VI)

21. Aby otrzymać koloid, należy wodę zmieszać z

- A. octem. C. solą kuchenną.  
B. olejem. D. białkiem jaja kurzego.

22. Szybkość rozpuszczania ciał stałych nie zależy od

- A. temperatury. C. ciśnienia.  
B. mieszania. D. rodzaju rozpuszczalnika.

23. 20 g cukru rozpuszczono w 180 g wody. Aby obliczyć stężenie procentowe otrzymanego roztworu, należy wykonać działanie

- A.  $\frac{20 \text{ g}}{180 \text{ g}} \cdot 100\%$  C.  $\frac{20 \text{ g}}{200 \text{ g}} \cdot 100\%$   
B.  $\frac{180 \text{ g}}{20 \text{ g}} \cdot 100\%$  D.  $\frac{200 \text{ g}}{20 \text{ g}} \cdot 100\%$

24. Stężenie procentowe roztworu można zmniejszyć przez

- A. dodanie rozpuszczalnika. C. odparowanie wody.  
B. dodanie substancji. D. zwiększenie temperatury.

## Odpowiedzi

Test do działu 1.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A | C | A | D | D | C | D | B | C | D  | C  | A  |

Test do działu 2.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| B | B | A | C | D | D | C | B | A | B  | B  | A  |

Test do działu 3.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| A | C | D | B | C | D | B | C | B | B  | B  | D  |

Test do działu 4.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| A | B | B | D | A | C | D | C | A | B  | A  | B  | C  | D  | B  |

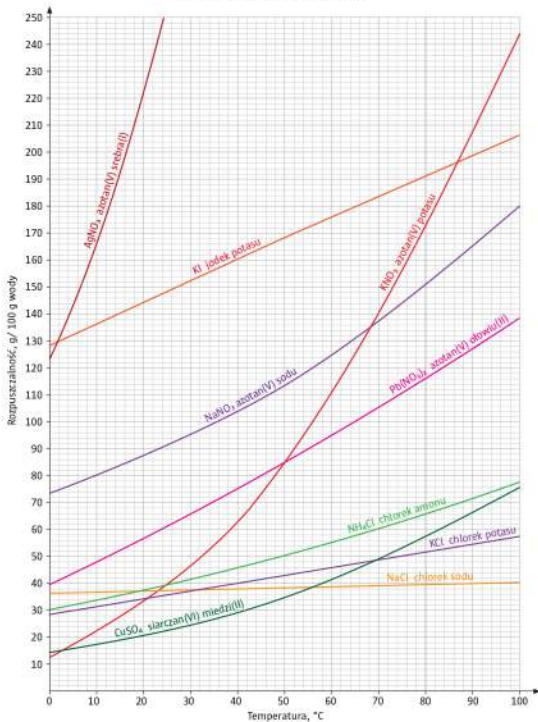
Test do działu 5.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| C | A | C | D | A | B | C | D | B | A  | D  | B  | C  | B  | C  |

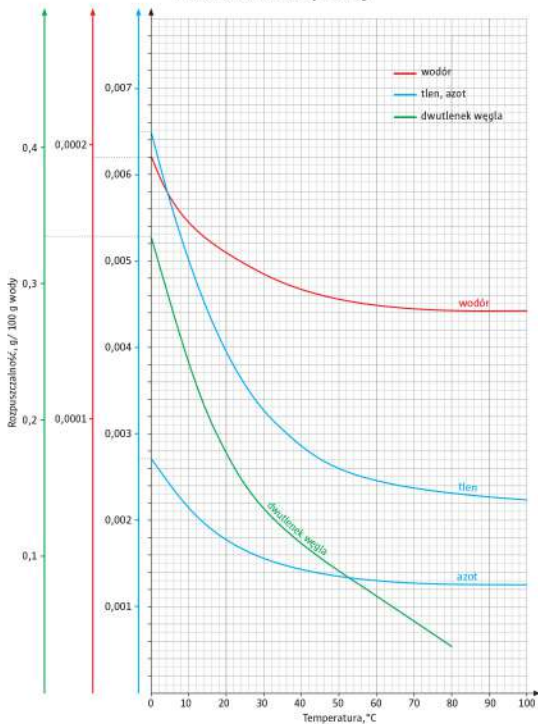
Test końcowy

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| C | C | B | A | D | C | D | B | D | B  | A  | B  | A  | B  | C  | B  | C  | B  | D  | A  | D  | C  | C  | A  |

# Krzywe rozpuszczalności ciał stałych w wodzie w zależności od temperatury



# Krzywe rozpuszczalności gazów w wodzie w zależności od temperatury



# Indeks

## A

aktywność chemiczna 76  
alchemia 41  
amoniak 142, 143  
anhydrit 80  
anion 78  
atom 24, 25, 50  
azot, cząsteczka 82  
–, właściwości 122  
–, zastosowanie 123

## B

berylowce 55  
brąz 33, 34  
budowa polarna 86

## C

chlor 25, 27, 28, 51, 58, 59, 77  
chlorek glinu 79  
– sodu 77, 78  
–, sieć krystaliczna 28  
chlorowódor, cząsteczka 85, 86  
chmura elektronowa 51, 52  
chromatografia 38  
ciało stałe 13, 20  
ciecz 13, 20  
cyna 33  
cynk 32  
cząsteczka 25, 28, 30

## D

dekantacja 36  
destylacja 37  
deuter 61  
diament 83  
dipol 86, 165  
dublet elektronowy 76  
dyfuzja 12–14

## E

efekt cieplarniany 120  
– Tyndala 168  
elektron 51, 52, 55  
– walencyjny 53, 55  
elektryczność 84  
energetyka jądrowa 64

## F

filtracja 36  
fluorowce 58  
fotosynteza 21, 130  
freony 149

## G

gaz 13  
gazy cieplarniane 120, 149  
– gnilne 142  
– szlachetne 76, 140  
–, zastosowanie 141

gazy, właściwości 154  
gęstość 16  
glin 34, 55, 59  
grupa 54, 57–58

## H

halit 80  
helowce 55, 58, 76  
–, otrzymywanie 140  
–, właściwości 140  
hydrosfera 160

## I

indeks stechiometryczny 90, 93  
izotop 61  
– trwały 63

## J

jądro atomowe 50  
jod 22–23  
jon 78, 79

## K

kalcyt 80  
katalizator 23  
kation 78  
koloid 167, 168  
konfiguracja elektronowa 56  
–, trwała 76  
korozja 128  
krystalizacja 44, 108  
kryształ kowalencyjny 83  
krzepnięcie 20, 165  
krzywa rozpuszczalności 173–174  
–, obliczenia 176  
kwaśne opady 149

## L

liczba atomowa 51, 55  
– masowa 51  
– porządkowa → liczba atomowa  
lit 57, 58  
litowce 55, 57

## M

magnes 35  
magnez 17, 18, 22–23, 59  
masa atomowa 51, 62  
– cząsteczkowa 95  
– rozpuszczalnika 189–190  
–, obliczenia 182–183  
– roztworu 179  
–, obliczanie 182  
– substancji 187, 189  
–, obliczanie 181  
materia 12, 15  
metale, właściwości 26  
metan 89, 142, 143  
miedź 32, 33

mieszanie roztworów tej samej  
substancji 190  
mieszanka 31, 32  
mieszanka jednorodna 31, 37  
–, rozdzielanie 37, 38  
– niejednorodna 31, 35, 36–37  
–, rozdzielanie 35–37  
model kulkowy 94  
mosiądz 32, 33

## N

napięcie powierzchniowe 192  
neutron 50, 51  
niemetale, właściwości 27  
nukleony 51

## O

obieg tlenu w przyrodzie 124  
– wody w przyrodzie 161  
objętość rozpuszczalnika,  
obliczanie 182  
odparowanie 37  
okres 54, 59  
oktet elektronowy 76  
otłów 33  
otoczenie 113

## P

para elektronowa niewiążąca 82  
– wiążąca 82  
– wodna 20, 141  
parowanie 20, 165  
pierwiastek chemiczny 24, 42, 51  
piryt 80  
polaryzacja wiązań 85  
potas 52, 57, 58  
powietrze, skład 121–122  
–, właściwości 120  
powłoka elektronowa 52–53, 55  
– walencyjna 53  
prawo okresowości 60  
– stałości składu 93  
– zachowania masy 105–106  
produkt 100  
promieniotwórczość naturalna 62  
– sztuczna 62, 64  
promieniowanie jądrowe 63  
–, przenikliwość 64  
prot 61  
proton 50, 51, 55

## R

radioizotopy 63  
reakcja analizy 102  
– chemiczna 19, 100  
–, efekty 97–99  
– egzotermiczna 98  
– endotermiczna 98, 103, 104  
– syntezy 102

reakcja wymiany 103  
 reakcje charakterystyczne gazów 153  
 resublimacja 20, 165  
 rozcieńczenie roztworu 186–187  
 rozdzielacz 37  
 rozpad  $\alpha$  63  
 –  $\beta$  63  
 rozpuszczalność 171  
 – gazów 173  
 –, interpretacja 183  
 –, obliczenia 175–176  
 – substancji stałych 172  
 rozpuszczanie w wodzie 166–167, 168–169  
 roztwór nasycony 171, 172, 194  
 – nienasycony 171, 172  
 – przesycony 171, 172  
 – rozcieńczony 186  
 – stężony 186  
 – właściwy 167–168  
 równanie reakcji chemicznej 101  
 – – –, uzgadnianie 101

## S

sączenie 36, 39  
 sedymentacja 36  
 siarka 17, 29, 35  
 siarkowodor 142, 143  
 sieć krystaliczna 78, 79  
 skraplanie 20, 165  
 sód 28, 57, 58, 59, 77  
 spalanie 127  
 – całkowite 131  
 – niecałkowite 131  
 stal 15, 16, 33  
 stężenie procentowe 178–179  
 – –, interpretacja 184–185  
 – –, obliczanie 179–180  
 stop Woda 33  
 stopy 32

stosunek liczby atomów 94  
 – masowy 95  
 strącanie osadu 98  
 sublimacja 20, 22, 42, 165  
 substancja 15  
 – prosta 24  
 – złożona 28  
 substrat 100  
 symbol chemiczny 93

## T

tlen 127  
 –, identyfikacja 151  
 –, właściwości 125–126  
 –, zastosowanie 126  
 tlenek magnezu 79  
 – węgl(II), właściwości 132  
 – węgl(IV) 130  
 – –, identyfikacja 132  
 – –, otrzymywanie 131  
 – –, właściwości 132, 133  
 – –, zastosowanie 133  
 tlenki 127  
 topnienie 20, 165  
 tryt 61, 63

## U

układ 113  
 – okresowy pierwiastków chemicznych 54  
 – otwarty 107  
 – zamknięty 107

## W

wartościowość 89, 90  
 węgiel 17  
 wiązanie atomowe → wiązanie kowalencyjne  
 – jonowe 78  
 – kowalencyjne 81

wiązanie kowalencyjne spolaryzowane 84, 85, 88, 165  
 właściwości chemiczne 18  
 – fizyczne 16  
 woda, cząsteczka 86  
 – destylowana 161  
 –, oczyszczanie 163–164  
 –, stany skupienia 165  
 –, właściwości 165–166  
 –, wykrywanie 160  
 –, występowanie 160  
 –, zanieczyszczenia 163  
 –, zastosowanie 162  
 wodór 144–147, 152  
 –, cząsteczka 81  
 współczynnik stechiometryczny 101  
 wzór chemiczny 25  
 – elektronowy 82  
 – kreskowy 82, 94  
 – strukturalny 94  
 – sumaryczny 90–92, 93, 94

## Z

zanieczyszczenia powietrza 148–150, 151  
 zatępienie roztworu przez dodanie substancji 189  
 – – – odparowanie rozpuszczalnika 189  
 zawartość procentowa pierwiastka w związku chemicznym 96  
 zawiesina 167–168  
 zjawisko fizyczne 19  
 związek chemiczny 28, 29  
 – jonowy, właściwości 80  
 – kowalencyjny 83

## Ż

żelazo 29, 35  
 żeliwo 33, 34

## Źródła fotografii i ilustracji

**Okladka:** (skaliki i pipeta) Andrew Brookes/Westend61/Getty Images

**Strony działowe:** s. 11 (ło: koszyk z solą, szufelka, worek) Marina Grau/Shutterstock.com, (chlar i sód w pojemnikach) Wojciech Wójciewicz/WSP, (płyn) Fir0002/Wikipedia [licencja CC 3.0], (misa i dzban wykonane z tombaku) Homenihits/Wikipedia [public domain], (złoto rodzime) Gery Panent/Wikipedia [public domain], s. 49 (rowerzysta) Juanan Barros Moreno/Shutterstock.com, (budowa atomu) Scienca Photo Library/East News, (układ okresowy) concept w/Shutterstock.com, s. 75 (Słońce) Trif/Shutterstock.com, (łyżka z cukrem, łyżka z solą) 20150108\_F20140002882\_15, (gazy szlachetne) Junt, http://images-of-elements.com [licencja CC 3.0], s. 79 (dławiaczyna z balonami) IKD-studio/Shutterstock.com, (powszechnie dostępny) Designua/Shutterstock.com, s. 159 (płan) angelo gliandelli/Shutterstock.com, (areolet NASA, mgła) Volodymyr Horbovy/Shutterstock.com, (łanie wody) Gyafoto/Shutterstock.com

**Tekst główny:** s. 5–9, 15–19, 22, 23, 29, 32, 33, 35, 36, 38, 45, 77, 97–99, 103, 104, 106, 127, 160, 167, 169, 172, 173, 179, 186 Łukasz Opaliński/Zamkor/WSP, s. 10, 39, 66, 108, 109, 128, 151, 171, 192 Andrzej Daneł/Zamkor/WSP, s. 12 (kadzidełko) Ewaś/Shutterstock.com, s. 13 (mieszanie się wody i soli) Andrzej Daneł/Zamkor/WSP, (rozpuszczanie i rozprzeczanie się ciała stałego w wodzie – 3 cylindry) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSP, (balon) Zbud/Shutterstock.com, (szklanka z wodą) Alexandr Vlassjuk/Shutterstock.com, (szklanka z lodem) Sashkin/Shutterstock.com, s. 20 (filizanka) Nata-Lia/Shutterstock.com, (kostki lodu) artjazz/Shutterstock.com, (szklanka z wodą) Alexandr Vlassjuk/Shutterstock.com, (krojenie) Photographee.eu/Shutterstock.com, (mieszanie) YuSev/Shutterstock.com, (wyciskanie) Zolanka Danila/Shutterstock.com, s. 21 (fotonyntez – il.) Sławomir Skrzykiewicz, (luchańka gazowa) Macal Tamor/Shutterstock.com, (ognisko) Gaukhar Yerk/Shutterstock.com, (julek pod maską auta) Łena Pan/Shutterstock.com, (gotowanie) crydo/Shutterstock.com, (pieczenie) litcs/Shutterstock.com, (kabanie) Maciej Czekajewski/Shutterstock.com, s. 26 (złota, srebro, glin, srebro) Marcin Karalus/Zamkor/WSP, (międo) oksana2070/Shutterstock.com, (żelazo) Kompaniets Taras/Shutterstock.com, (trój) Marcel Clamens/Shutterstock.com, s. 27 (kram, lod, węgiel) Marcin Karalus/Zamkor/WSP,

(brom, chlor) Wojciech Wójciewicz/WSIP, (starka) Björn Wylazich/Shutterstock.com, (fosfor czerwony) Robert Wołoski/WSIP; s. 28 (złoto rodzime, miód rodzima) Gory Parent/Wikipedia [Public domain], (chlor) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 60 (Marek Karłowicz/Zamkor/WSIP, (chlorek sodu) Ryszard Piątkowski/WSIP; s. 34 (dżwonek) Janusz Felczyński; s. 37 (rozdziałanie rozdzielaczem) Wojciech Wójciewicz/WSIP (destylacja, odparowanie) Piotr Kubat/WSIP; s. 40 (czarna mazak) Onigari studio/Shutterstock.com, (2 szklki z bibułą wewnątrz, biała wyjęta, wyróżnienie goście) – 2 fot.] Andrzej Daneł/Zamkor/WSIP; s. 41 (symbol Daltora; Alchemii) reprodukcja, (bupa) Vitaly Kosov/Shutterstock.com; s. 42 (Tales z Miletu) reprodukcja, (Imunalia) César Landeros Soriano/Wikipedia [Public domain]; s. 57 (barwne piórnienie: lit, sód, potas) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP (lit, sód, potas, rubid, cez) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 58 (potas z wodą, sód z wodą, lit z wodą, fluor, chlor) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP (brom, jod) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 59 (sód, magnez, glin, krzem, fosfor, siarka, chlor, argon) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP (sód z wodą, magnez z wodą, glin z wodą) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 60 (węgiel, azot, tlen, krzem, fosfor, sarka, german, arsen, Selen) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 64 (elektrownia jądrowa) Stum, Wikipedia, Lic. CC BY 2.5, (czujnik przeciwpowietrzowy) ALIAS/Fotolia.com, (sprężad miedyczny) Alex Thonon/Fotolia.com; s. 67 (Czarnobyl) PAP/DAF, (Jama Mountain) Ritu Manej/Shutterstock.com; s. 68 (elektrownia w Shidshimny) Thtudio/Shutterstock.com, (zgrzyb atomowy) Buttmann/Getty Images; s. 76 (hel, neon, argon, krypton, ksenon) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 80 (halit) Wojciech Wójciewicz/WSIP, (anhydryt) MarcelGiemas/Shutterstock.com, (kalcyt) Albert Russ/Shutterstock.com, (pijrit) Jiri Vachek/Shutterstock.com; s. 89 (węgiel) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 90 (sód, siarka) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 107 (Einzelin) Ferdinand Schmutzer/Wikipedia [Public domain]; s. 110 (gazy szlachetne) Jurij, http://images-of-elements.com [licencja CC 3.0], (świecząca reakcja) Gaanina Bechea/Shutterstock.com; s. 113 (3 próbki) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP, (termometr) Yuriy Vlasenko/Shutterstock.com, (kolba) Fedor Bobkov/Shutterstock.com; s. 120 (Ziemia z kosmosu) Anton Balash/Shutterstock.com; s. 121 (badanie składu powietrza – 3 fot.) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP, (zakładki skraplające powietrze) WyttyBear/Shutterstock.com; s. 122 (zorca polarna) Srd Joshua Strang/U.S. Air Force, (kubny) Vilas/Shutterstock.com; s. 123 (poruszanie w ciekłym azocie) Moving Moment/Shutterstock.com; s. 124 (obieg tlenu w przyrodzie – II) Wojciech Jaruszewski; s. 125 (dyskacja) Helen Flatau/Shutterstock.com, (rozmywanie tlenu – 3 fot.) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 126 (zoo) molekuli\_be/Shutterstock.com, (pacjent) Ruslan Guzo/Shutterstock.com, (spawanie) O6photo/Shutterstock.com, (inurek) Sergij Zagorodny/Shutterstock.com; s. 129 (katedra na Wawelu) Brasiliao/Shutterstock.com; s. 130 (fotosynteza – 4.) Sławomir Skrzydłowiec; s. 131 (otrzymywanie tlenu węgla) (V) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP, (przekreślenie) – II) Sławomir Skrzydłowiec; s. 132 (identyfikacja tlenu węgla) (V) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP (suchy lod) nikiykt/Shutterstock.com; s. 133 (kolba ze słoneczką) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP, (urządzenie do pochłaniania CO<sub>2</sub>) NASA [Public domain], (czujnik wykrywający obecność CO<sub>2</sub>) TerryM/Shutterstock.com; s. 134 (gałeczka) wawelmedia/Shutterstock.com, (trawaty ratunkowe) George Filyagin/Shutterstock.com, (produkcja napojów gazowanych) sspop/Shutterstock.com; s. 135 (plaża) Irlin-k/Shutterstock.com, (kamietyst) MrBright/Shutterstock.com, (mionion) Pancrazio De Vita/Shutterstock.com; s. 136 (budownictwo) CHA/TA/Shutterstock.com, (produkcja soli) Cagri Kilici/Shutterstock.com, (szkoła laboratoryjna) Gino Santa Maria/Shutterstock.com, (soczewki) maradan 333/Shutterstock.com, (wisioriki) Wiktor/Shutterstock.com, (światłowody) asharky/Shutterstock.com, (naczynia ceramiczne) De Jongh Photography/Shutterstock.com, (dzerm) Björn Wylazich/Shutterstock.com, (spalanie stali w tlenie) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 137 (butelki win) Sergey Ryzhov/Shutterstock.com, (produkcja papieru) Albert Karimov/Shutterstock.com, (przemysłowe środki czystości, technik w zakładzie chemicznym) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 138 (surówka w hucie) Deriz Toprak/Shutterstock.com, (barwniki) Adisa/Shutterstock.com, (ciężki magnez) Oliver Hoffmann/Shutterstock.com, (taśma magnetyczna) Lihor Páljika/Shutterstock.com, (produkcja blach aluminiowych) Pavel L. Photo and Video/Shutterstock.com, (procesy noży) Dmitriy Muz/Shutterstock.com, (kotłowa kulowa) Andrey Artyagov/Shutterstock.com, (gierścienie) Erenon/Shutterstock.com; s. 139 (baton + łopata) samsam/Shutterstock.com, (nowożytność) Vaakom/Shutterstock.com, (problemie drzewa) Serhiy Fedoruk/Shutterstock.com; s. 140 (hel, neon, argon, krypton, ksenon) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP, (kryształki fluorku ksenonu) (V) ENERGY.GOV/Wikipedia [Public domain]; s. 141 (magnes zaimitowany w aparacie do NMR) KasugaHuang/Wikipedia [Public domain], (sterownik) Koszow/Shutterstock.com, (Inocyne) Volodymyr Horbory/Shutterstock.com, (laser helowo-neonowy) © 2004 David Monniaux/Wikipedia [licencja CC 3.0], (zamrażalnik butelka z wodą) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 143 (kapsle startowodorowe) badruddin/Shutterstock.com, (traktor na polu) ciekły/Shutterstock.com, (palnik gazowy) mask055/Shutterstock.com; s. 144 (mgławica) Hui Yang University of Illinois/NASA; s. 145 (wyjście wody; wybuchowa pianka – 2 fot.) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 146 (rakietka) NASA [Public domain], (produkcja margaryny) Vladimir Fedorenko/RA Nowost/EAst News, (cienienie) PAP/EPA; s. 149 (smog) Gladskih Tatiana/Shutterstock.com, (lis po kłasnym opadach) Mary Terberry/Shutterstock.com, (efekt cieplarniany) Bernhard Staehli/Shutterstock.com, (aerzol) Pictfive/Shutterstock.com; s. 152 (suchy lod) Charles D. Winters/Science Source/BE&W, (auto na paliwo wodorowe) Jim West/Alamy/BE&W, (jezioro Mysis) Eric BOUTET/Gamma-Rapho/Getty Images; s. 161 (obieg wody) Claus Lunau/SCIENCE PHOTO LIBRARY/EAst News, (woda w powietrzu) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP; s. 162 (kolejka po świętej wodzie) Sadik Gulic/Shutterstock.com; s. 163 (prety z paliwem jądrowym) United States Department of Energy/Wikipedia [Public domain], (siłki komunalne) samsam/Shutterstock.com, (siłki przemysłowe) Toass/Shutterstock.com, (siłki rolnicze) Valentin Vallon/Shutterstock.com, (oczyszczalnia ścieków) WANG WENTONG/Shutterstock.com; s. 165 (lodowate) Denis Burdin/Shutterstock.com; s. 166 (rozład temperatury w jeziorze – II) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP; s. 168 (3 zlewie z laserami) Łukasz Opaliński/Zamkor/WSIP, (rozpręczenie światła) Falek/Shutterstock.com; s. 170 (otwieranie gazowanej wody) Shebeko/Shutterstock.com; s. 178 (artykuły spożywcze – I.) Katarzyna Menteł; s. 187 (perfumy z kwiatami) pulch/Shutterstock.com; s. 188 (błękitne solankowe w inowrocławiu) Ulrich Jahr, Poland/Wikipedia [Public domain]; s. 193 (wycinanie profilu kłacza) SSGT. Alan Port/U.S. Air Force, (magazyn lodu yakhkhali) Steve Rainack/Shutterstock.com; s. 194 (obciążenie wody – 2 fot.) NASA, (człowiek na powierzchni wody) PAP/EPA/DPA/Karl Seadele

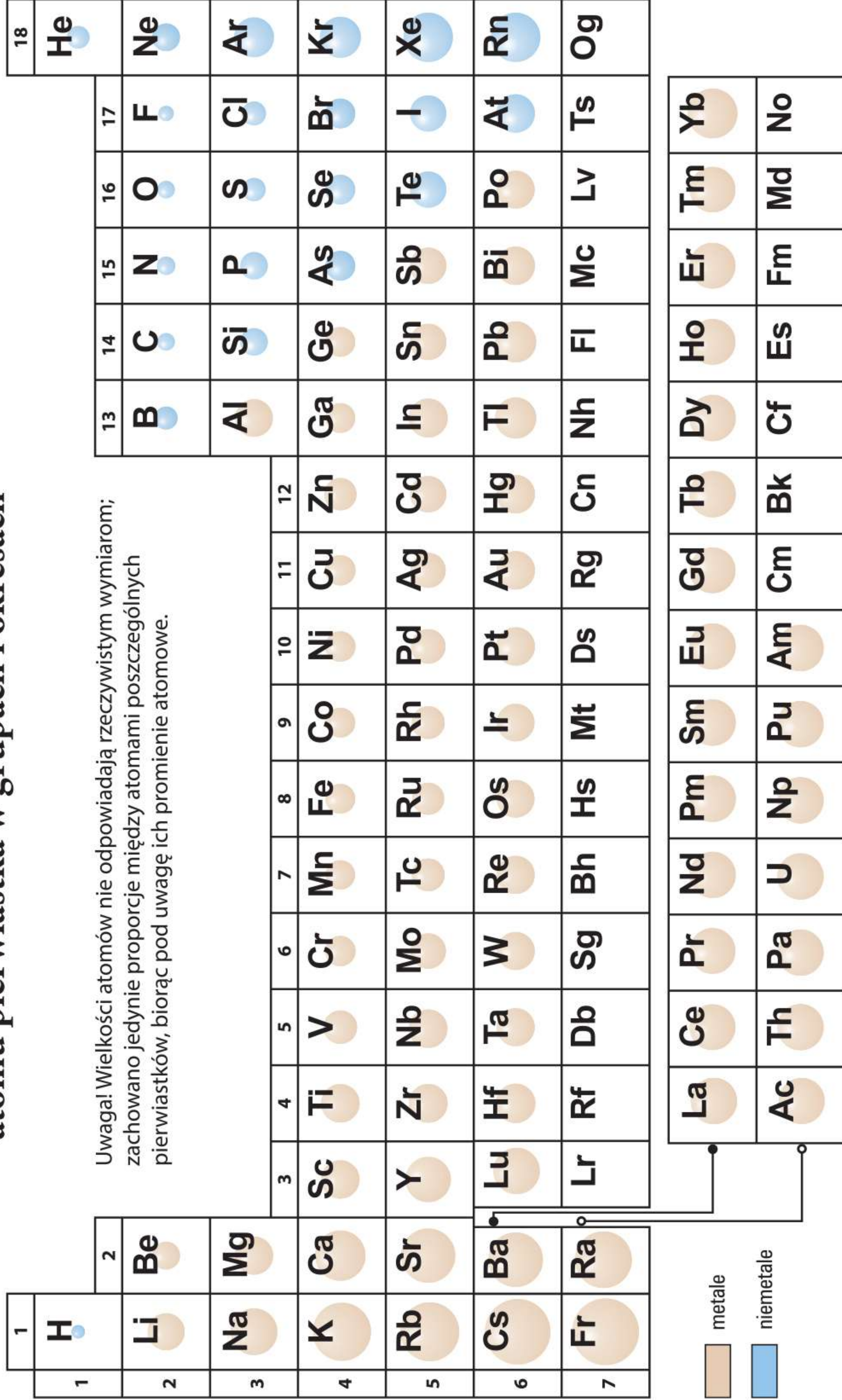
**Układ okresowy na widok:** (brom) Wojciech Wójciewicz/WSIP, (bachmat, pallad) Krzysztof Flakunicki/WSIP, (srebro) Lysy/Shutterstock.com, (złoto) MarcelGiemas/Shutterstock.com, (Skłodowska-Curie) reprodukcja, (Einstein) Narodowe Archiwum Cyfrowe, (Fermi) Mary Evans/BE&W, (Mendeleejew) reprodukcja, (Nobel) reprodukcja, (Lawrence) © 2010 The Regents of the University of California, Lawrence Berkeley National Laboratory, (Rutherford) reprodukcja, (Seaborg) Wikipedia/Atomic Energy Commission [Public domain], (Bohr) Wikipedia [Public domain], (Meitner) Wikipedia/Smithsonian Institution [Public domain], (Röntgen) Library of Congress, (Kopernik) reprodukcja, (Fermi) Flawob (in ru, (Jokaness) PAP/ITAR-TASS/Mashkov Yuri, (pozostałe pierwiastki) Marcin Karelus/Zamkor/WSIP.

**Pozostałe ilustracje:** Verde, Kraków

Zdjęcia doświadczeń zostały wykonane w Katedrze Chemii na Wydziale Rolniczo-Ekonomicznym Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że podjęli starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, przystępując w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępują zgodnie z art. 27<sup>1</sup> ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że są jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w wypadkach, w których twórcy przysługują prawa do wynagrodzenia.

# Graficzne przedstawienie zmian promienia atomu pierwiastka w grupach i okresach



# Układ okresowy pierwiastków chemicznych

| 1 |  | masa atomowa, u |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | symbol chemiczny |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | kolor; czerwny – gaz, nazwa pierwiastka, niedziaki – ciecze |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | gęstość substancji stałych i ciekłych (g/cm <sup>3</sup> ), gazowych w temp. 273,15 K (0°C) (g/dm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 |  | 1,007 84        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | H                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | hel                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | He                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | lit |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Li |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | beryl |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Be |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | bor |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | B |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | węgiel |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | C |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | azot |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | N |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tlen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | O |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | fluor |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | neon |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Ne |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | sód |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Na |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | magnez |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Mg |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | aluminium |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Al |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | siarka |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | S |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | fosfor |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | P |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | siarkowodor |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | H <sub>2</sub> S |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | glin |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Al |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krzem |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Si |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tlenek krzemu |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | SiO <sub>2</sub> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | węgiel |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | C |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | azot |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | N |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | tlen |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | O |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | fluor |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | F |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Kr |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Xe |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | krypton |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

masa atomowa, u

elektryczność (wg Paulinga)

liczba atomowa

symbol chemiczny

kolory: czarny – gaz, biały – ciało stałe, niebieski – ciecze

nazwa pierwiastka

wartościowość

gęstość substancji stałych i ciekłych (g/cm<sup>3</sup>), gazowych w temp. 273,15 K (0°C) (g/dm<sup>3</sup>)

metale

niemetale

przewodnik

przewodnik

przewodnik

przewodnik

przewodnik

przewodnik

przewodnik

przewodnik

przewodnik

(b) fktor biały

# Układ okresowy pierwiastków chemicznych

|                                                                                                             |                                                                                                             |                                                                                                             |                                                                                                             |                                                                                                             |                                                                                                             |                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                           | 2                                                                                                           | 3                                                                                                           | 4                                                                                                           | 5                                                                                                           | 6                                                                                                           | 7                                                                                                           |
| <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 |
| <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 | <br>wooder<br>1.4<br>1.4 |

Większość zdjęć pokazuje czyste pienviastki.

Po, Fr, Am, Bk, Cf, Db, Hs, Ds, Lv – pokazano miejsce, od którego pochodzi nazwa pierwiastka.  
Cm, Es, Fm, Md, No, Lr, Rf, Sg, Bh, Mt, Rg, Cn, Fl – pokazano osobę, od której nazwiska  
pochodzi nazwa pierwiastka.

Pm, At, Rn, Ra, Ac, Pa, Np, Pu – podano rok odkrycia pierwiastka.

B, C, P – pokazano odmiany alotropowe pierwiastków.

Wartości w nawiasach to liczby masowe najtrwalszych izotopów.

|                                                                                                                      |                                                                                                                       |                                                                                                                       |                                                                                                                       |                                                                                                                       |                                                                                                                       |                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>seed<br>10K<br>36.10<br>40.00 | <br>potas<br>10K<br>81.47<br>82.60 | <br>potas<br>10K<br>81.47<br>82.60 | <br>potas<br>10K<br>81.47<br>82.60 | <br>potas<br>10K<br>81.47<br>82.60 | <br>potas<br>10K<br>81.47<br>82.60 | <br>potas<br>10K<br>81.47<br>82.60 |
| 4                                                                                                                    | 5                                                                                                                     | 6                                                                                                                     | 7                                                                                                                     | 8                                                                                                                     | 9                                                                                                                     | 10                                                                                                                    |

|    |    |         |      |              |      |              |
|----|----|---------|------|--------------|------|--------------|
| 18 | He | helium  | 1869 | radon        | 1898 | polonium     |
| 19 | Ne | neon    | 1869 | argon        | 1869 | krypton      |
| 20 | Ar | argon   | 1869 | krypton      | 1869 | xenon        |
| 21 | Kr | krypton | 1869 | xenon        | 1869 | radon        |
| 22 | Xe | xenon   | 1869 | radon        | 1869 | actinium     |
| 23 |    |         | 1869 | actinium     | 1869 | thorium      |
| 24 |    |         | 1869 | thorium      | 1869 | protactinium |
| 25 |    |         | 1869 | protactinium | 1869 | uranium      |
| 26 |    |         | 1869 | uranium      | 1869 | neptunium    |
| 27 |    |         | 1869 | neptunium    | 1869 | plutonium    |
| 28 |    |         | 1869 | plutonium    | 1869 | americium    |
| 29 |    |         | 1869 | americium    | 1869 | curium       |
| 30 |    |         | 1869 | curium       | 1869 | berkelium    |
| 31 |    |         | 1869 | berkelium    | 1869 | californium  |
| 32 |    |         | 1869 | californium  | 1869 | lawrencium   |
| 33 |    |         | 1869 | lawrencium   | 1869 | actinide     |
| 34 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 35 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 36 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 37 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 38 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 39 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 40 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 41 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 42 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 43 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 44 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 45 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 46 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 47 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 48 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 49 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 50 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 51 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 52 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 53 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 54 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 55 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 56 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 57 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 58 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 59 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 60 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 61 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 62 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 63 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 64 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 65 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 66 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 67 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 68 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 69 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 70 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 71 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 72 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 73 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 74 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 75 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 76 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 77 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 78 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 79 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 80 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |
| 81 |    |         | 1869 | lanthanide   | 1869 | actinide     |
| 82 |    |         | 1869 | actinide     | 1869 | lanthanide   |

**metale**  
**nieretale**  
**właściwości  
niezbadane**

H - gazy  
Br - ciecze  
U - ciała stałe

[illegible]

Diagram of a chemical element card for Silver (Srebro). The card is divided into sections with the following labels and content:

- liczba atomowa** (atomic number): 47
- symbol chemiczny** (chemical symbol): Ag
- masa atomowa, u** (atomic mass, u): 107,86
- nazwa pierwiastka** (element name): srebro

The central image shows a lump of silver metal.

