

# Spis treści

|                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Przedmowa .....                                                                                           | 5         |
| <b>1. Analiza statystyczna wyników liczbowych — testy i wnioskowania ..</b>                               | <b>11</b> |
| 1.1. Szereg prosty i rozdzielnicy .....                                                                   | 11        |
| 1.2. Wartości średnie .....                                                                               | 12        |
| 1.2.1. Średnia arytmetyczna .....                                                                         | 12        |
| 1.2.2. Średnia ważona (ogólna) .....                                                                      | 13        |
| 1.2.3. Średnia geometryczna .....                                                                         | 13        |
| 1.2.4. Średnia harmoniczna .....                                                                          | 14        |
| 1.3. Wskaźniki rozproszenia .....                                                                         | 15        |
| 1.3.1. Rozstęp .....                                                                                      | 15        |
| 1.3.2. Wariancja i odchylenie standardowe .....                                                           | 15        |
| 1.3.3. Odchylenie standardowe średniej arytmetycznej .....                                                | 16        |
| 1.3.4. Odchylenie standardowe grup połączonych .....                                                      | 18        |
| 1.3.5. Współczynnik zmienności Pearsona — odchylenie względne .....                                       | 19        |
| 1.4. Odrzucanie wyników niepewnych (wątpliwych) .....                                                     | 20        |
| 1.5. Wnioskowanie statystyczne .....                                                                      | 24        |
| 1.5.1. Rozkład normalny .....                                                                             | 24        |
| 1.5.2. Rozkład $t$ -Studenta .....                                                                        | 28        |
| 1.5.3. Test dwustronny i jednostronny .....                                                               | 29        |
| 1.5.4. Test istotności $t$ -Studenta .....                                                                | 32        |
| 1.5.5. Porównanie jednorodności wariancji dwóch szeregów statystycznych. Test $F$ Fishera-Snedecora ..... | 39        |
| 1.5.6. Przedział ufności .....                                                                            | 41        |
| 1.6. Współzależność zmiennych .....                                                                       | 42        |
| 1.6.1. Związek korelacyjny. Współczynnik korelacji i determinacji .....                                   | 42        |
| 1.6.2. Wyznaczanie prostej regresji metodą najmniejszych kwadratów .....                                  | 44        |
| 1.7. Błędy pomiarowe — rzetelność, dokładność i powtarzalność oznaczeń .....                              | 53        |
| 1.7.1. Rzetelność pojedynczego wyniku i próby .....                                                       | 55        |
| 1.7.2. Ocena rzetelności, dokładności i powtarzalności .....                                              | 56        |
| Zadania .....                                                                                             | 64        |

|           |                                                                                   |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>2.</b> | <b>Roztwory</b>                                                                   | 66  |
| 2.1.      | Sporządzanie roztworów                                                            | 66  |
| 2.1.1.    | Sporządzanie roztworów z naważek substancji stałej                                | 66  |
| 2.1.2.    | Rozcieńczanie roztworów                                                           | 69  |
| 2.1.3.    | Sporządzanie roztworów z roztworów stężonych kwasów                               | 71  |
| 2.2.      | Wzajemne przeliczanie stężeń                                                      | 73  |
| 2.3.      | Przykłady innych obliczeń                                                         | 74  |
|           | Zadania                                                                           | 75  |
| <b>3.</b> | <b>Mocne i słabe elektrolity</b>                                                  | 76  |
| 3.1.      | Stopień dysocjacji, stała dysocjacji i pH                                         | 76  |
| 3.2.      | Siła jonowa                                                                       | 89  |
| 3.3.      | pH roztworów soli                                                                 | 91  |
| 3.4.      | Reakcje dysproporcjonowania                                                       | 101 |
|           | Zadania                                                                           | 106 |
| <b>4.</b> | <b>Równowaga kwasowo-zasadowa</b>                                                 | 108 |
| 4.1.      | Roztwory buforowe                                                                 | 108 |
| 4.1.1.    | pH roztworów buforowych                                                           | 108 |
| 4.1.2.    | Sporządzanie roztworów buforowych                                                 | 117 |
| 4.2.      | Krzywe miareczkowania                                                             | 121 |
| 4.2.1.    | Zobojętnianie                                                                     | 122 |
| 4.2.2.    | Miareczkowanie mocnego kwasu mocną zasadą lub odwrotnie                           | 123 |
| 4.2.3.    | Miareczkowanie słabego kwasu mocną zasadą lub odwrotnie                           | 125 |
| 4.2.4.    | Miareczkowanie wieloprotonowych kwasów mocną zasadą                               | 128 |
| 4.3.      | Właściwości buforowe aminokwasów                                                  | 134 |
| 4.3.1.    | Właściwości amfoteryczne aminokwasów                                              | 134 |
| 4.3.2.    | Bufory aminokwasowe                                                               | 159 |
|           | Zadania                                                                           | 162 |
| <b>5.</b> | <b>Ciśnienie osmotyczne</b>                                                       | 163 |
| 5.1.      | Ciśnienie osmotyczne roztworów właściwych                                         | 163 |
| 5.1.1.    | Ciśnienie osmotyczne nieelektrolitów                                              | 163 |
| 5.1.2.    | Ciśnienie osmotyczne elektrolitów                                                 | 166 |
| 5.2.      | Praca osmotyczna                                                                  | 168 |
|           | Zadania                                                                           | 169 |
| <b>6.</b> | <b>Właściwości membrany</b>                                                       | 170 |
| 6.1.      | Efekt Donnana                                                                     | 170 |
| 6.2.      | Efekt Donnana a ciśnienie osmotyczne                                              | 173 |
| 6.3.      | Hydroliza membranowa                                                              | 174 |
|           | Zadania                                                                           | 176 |
| <b>7.</b> | <b>Określanie masy cząsteczkowej biopolimerów</b>                                 | 177 |
| 7.1.      | Zastosowanie metod chemicznych do określania minimalnej masy cząsteczkowej        | 177 |
| 7.2.      | Zastosowanie metod fizykochemicznych w określaniu masy cząsteczkowej biopolimerów | 178 |

|                   |                                                                                                |            |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.2.1.            | Ciśnienie osmotyczne . . . . .                                                                 | 178        |
| 7.2.2.            | Szybkość sedymentacji . . . . .                                                                | 182        |
| 7.2.3.            | Dyfuzja . . . . .                                                                              | 184        |
| 7.2.4.            | Lepkość . . . . .                                                                              | 187        |
| 7.3.              | Inne metody określania masy cząsteczkowej . . . . .                                            | 194        |
| 7.3.1.            | Metoda filtracji żelowej . . . . .                                                             | 194        |
| 7.3.2.            | Metoda chromatografii cienkowarstwowej i elektroforezy . . . . .                               | 196        |
| 7.3.3.            | Oznaczanie masy cząsteczkowej za pomocą mikroskopu elektronowego . . . . .                     | 197        |
| Zadania . . . . . |                                                                                                | 198        |
| <b>8.</b>         | <b>Równowaga i kinetyka chemiczna . . . . .</b>                                                | <b>199</b> |
| 8.1.              | Szybkość, rząd i cząsteczkowość reakcji . . . . .                                              | 199        |
| 8.2.              | Stała równowagi reakcji chemicznej . . . . .                                                   | 212        |
| 8.3.              | Stała wiązania (asocjacji). Krzywe Scatcharda . . . . .                                        | 214        |
| Zadania . . . . . |                                                                                                | 224        |
| <b>9.</b>         | <b>Bioenergetyka . . . . .</b>                                                                 | <b>225</b> |
| 9.1.              | Entropia i entalpia . . . . .                                                                  | 225        |
| 9.2.              | Energia swobodna Gibbsa . . . . .                                                              | 229        |
| 9.3.              | Stężenia w stanie równowagi . . . . .                                                          | 249        |
| Zadania . . . . . |                                                                                                | 254        |
| <b>10.</b>        | <b>Reakcje oksydacyjno-redukcyjne (redoks) . . . . .</b>                                       | <b>256</b> |
| 10.1.             | Potencjał oksydoredukcyjny (redukcyjny, redoks) . . . . .                                      | 259        |
| 10.1.1.           | Półogniwa (elektrody) metalowe . . . . .                                                       | 259        |
| 10.1.2.           | Półogniwa (elektrody) oksydacyjno-redukcyjne . . . . .                                         | 262        |
| 10.1.3.           | Standardowy (normalny) potencjał biologiczny . . . . .                                         | 267        |
| 10.2.             | Kierunek i równowaga reakcji oksydacyjno-redukcyjnych . . . . .                                | 268        |
| 10.3.             | Miareczkowanie potencjometryczne . . . . .                                                     | 283        |
| Zadania . . . . . |                                                                                                | 288        |
| <b>11.</b>        | <b>Kinetyka reakcji enzymatycznych . . . . .</b>                                               | <b>289</b> |
| 11.1.             | Kinetyka hiperboliczna reakcji z jednym i dwoma substratami . . . . .                          | 289        |
| 11.1.1.           | Stała Michaelisa, szybkość początkowa i maksymalna . . . . .                                   | 295        |
| 11.1.2.           | Stała szybkości reakcji oraz zmiany stężeń substratu i produktu w czasie jej trwania . . . . . | 301        |
| 11.2.             | Reakcje charakteryzujące się wykresem niehiperbolicznym (sigmoidalnym) . . . . .               | 304        |
| 11.3.             | Inhibitory . . . . .                                                                           | 314        |
| 11.3.1.           | Inhibicja kompetycyjna . . . . .                                                               | 314        |
| 11.3.2.           | Inhibicja niekompetycyjna . . . . .                                                            | 322        |
| 11.3.3.           | Inhibicja akompetycyjna . . . . .                                                              | 326        |
| 11.3.4.           | Inhibicja mieszana . . . . .                                                                   | 329        |
| 11.4.             | Wykreślanie danych kinetyki enzymatycznej . . . . .                                            | 329        |
| 11.4.1.           | Metoda Michaelisa-Menten . . . . .                                                             | 329        |
| 11.4.2.           | Metoda Lineweavera-Burka . . . . .                                                             | 331        |
| 11.4.3.           | Metoda Hanesa-Woolfa . . . . .                                                                 | 339        |
| 11.4.4.           | Metoda Woolf-Augustinsson-Hofstee . . . . .                                                    | 344        |
| 11.4.5.           | Inne metody określania typu inhibicji . . . . .                                                | 349        |
| 11.4.6.           | Określanie typu mechanizmu reakcji dwusubstratowych . . . . .                                  | 352        |



|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.5. Energia aktywacji . . . . .                                                                          | 356 |
| 11.6. Jednostki enzymatyczne . . . . .                                                                     | 357 |
| 11.6.1. Przeliczanie arbitralnych jednostek aktywności enzymatycznej na jednostki międzynarodowe . . . . . | 357 |
| 11.6.2. Aktywność molekularna . . . . .                                                                    | 364 |
| 11.6.3. Aktywność właściwa . . . . .                                                                       | 365 |
| 11.6.4. Współczynnik oczyszczania enzymów . . . . .                                                        | 368 |
| Zadania . . . . .                                                                                          | 369 |

## 12. Analityczne metody instrumentalne . . . . . 371

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.1. Absorpcjometria . . . . .                                                         | 371 |
| 12.1.1. Stężenie a absorpcja światła . . . . .                                          | 371 |
| 12.1.2. Współczynniki absorpcji . . . . .                                               | 376 |
| 12.1.3. Obliczanie stężeń z odczytanej absorpcji . . . . .                              | 381 |
| 12.1.4. Obliczanie stężenia dwóch absorbujących związków w roztworze . . . . .          | 407 |
| 12.1.5. Obliczanie stężeń substancji biorących udział w reakcjach sprzężonych . . . . . | 409 |
| 12.2. Nefelometria . . . . .                                                            | 414 |
| 12.3. Turbidymetria . . . . .                                                           | 417 |
| 12.4. Fluorymetria . . . . .                                                            | 418 |
| 12.5. Polarymetria . . . . .                                                            | 421 |
| Zadania . . . . .                                                                       | 425 |

## 13. Analiza manometryczna . . . . . 427

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1. Wyznaczanie stałej respirometru Warburga . . . . .                                                                    | 427 |
| 13.1.1. Obliczenia stałej $k$ dla określonych warunków . . . . .                                                            | 428 |
| 13.1.2. Przeliczanie wartości $k$ dla różnej objętości roztworu . . . . .                                                   | 429 |
| 13.1.3. Przeliczanie wartości $k$ dla różnych gazów . . . . .                                                               | 430 |
| 13.1.4. Obliczanie stałej $k$ dla różnej objętości cieczy, gazu i temperatury z wartości $k$ dla pustego naczynka . . . . . | 431 |
| 13.2. Oznaczanie ilości tlenu bezpośrednią metodą Warburga . . . . .                                                        | 431 |
| 13.3. Oznaczanie współczynnika oddechowego $RQ$ . . . . .                                                                   | 432 |
| Zadania . . . . .                                                                                                           | 435 |

## 14. Izotopy . . . . . 436

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.1. Stała i okres połowicznego rozpadu promieniotwórczego oraz aktywność właściwa . . . . . | 436 |
| 14.2. Oznaczanie stężeń związków metodą rozcieńczeń izotopowych . . . . .                     | 447 |
| Zadania . . . . .                                                                             | 450 |

## 15. Uzupełnienie. Tabele . . . . . 451

## 16. Odpowiedzi . . . . . 470

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Skorowidz . . . . . | 475 |
|---------------------|-----|