

## SPIS TREŚCI

### I. Zagadnienia ogólne

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Pojęcie analizy technicznej . . . . .                                 | 9  |
| 2. Pobieranie, sporządzanie i przechowywanie próbek do analizy . . . . . | 10 |
| 2.1. Rodzaje próbek i ich wielkość . . . . .                             | 10 |
| 2.2. Próbki substancji stałych . . . . .                                 | 11 |
| 2.3. Próbki substancji ciekłych . . . . .                                | 14 |
| 2.4. Próbki substancji gazowych . . . . .                                | 15 |
| 3. Błędy w analizie chemicznej . . . . .                                 | 18 |
| 3.1. Rodzaje błędów . . . . .                                            | 18 |
| 3.2. Dokładność, precyzja i czułość metody analitycznej . . . . .        | 19 |
| 3.3. Błąd względny i bezwzględny . . . . .                               | 20 |
| 3.4. Błąd względny końcowego wyniku analizy . . . . .                    | 21 |
| Przykłady obliczania błędów . . . . .                                    | 27 |
| Pytania . . . . .                                                        | 30 |
| 4. Sposoby wyrażania stężeń . . . . .                                    | 31 |

### II. Analiza wody

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Rodzaje wód . . . . .                                            | 33 |
| 2. Woda spożywcza . . . . .                                         | 35 |
| 3. Woda przemysłowa . . . . .                                       | 36 |
| 4. Wskaźniki jakości wody . . . . .                                 | 37 |
| 5. Pobieranie próbek wody . . . . .                                 | 37 |
| 5.1. Zbiorniki naturalne . . . . .                                  | 37 |
| 5.2. Krany wodociągowe lub pompy . . . . .                          | 38 |
| 5.3. Urządzenia technologiczne w zakładach energetycznych . . . . . | 39 |
| 5.4. Przechowywanie i utrwalanie próbek . . . . .                   | 40 |
| 5.5. Przygotowanie próbek do analizy . . . . .                      | 40 |
| 6. Jakościowa analiza wody . . . . .                                | 41 |
| Wykrywanie amoniaku . . . . .                                       | 41 |
| Wykrywanie azotanów(III) . . . . .                                  | 42 |
| Wykrywanie azotanów(V) . . . . .                                    | 43 |
| Wykrywanie siarkowodoru i siarczków . . . . .                       | 44 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7. Ilościowa analiza wody . . . . .                                                     | 45 |
| Oznaczanie wolnego dwutlenku węgla . . . . .                                            | 45 |
| Oznaczanie suchej pozostałości, pozostałości po prażeniu i straty po prażeniu . . . . . | 46 |
| Badanie kwasowości i zasadowości . . . . .                                              | 49 |
| Oznaczanie utlenialności . . . . .                                                      | 52 |
| Oznaczanie twardości wody . . . . .                                                     | 56 |
| Oznaczanie zawartości żelaza ogólnego . . . . .                                         | 61 |
| Oznaczanie zawartości glinu . . . . .                                                   | 63 |
| Oznaczanie zawartości krzemu . . . . .                                                  | 65 |
| Oznaczanie zawartości chlorków . . . . .                                                | 67 |
| Oznaczanie zawartości siarczanów(VI) . . . . .                                          | 69 |
| Oznaczanie zawartości manganu . . . . .                                                 | 70 |
| Oznaczanie zawartości azotanów(V) . . . . .                                             | 72 |
| Oznaczanie wolnego chloru . . . . .                                                     | 74 |
| Oznaczanie zawartości tlenu . . . . .                                                   | 75 |
| Pytania . . . . .                                                                       | 78 |

### III. Analiza ścieków

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Rodzaje ścieków i ich charakterystyka . . . . .                                | 80  |
| 2. Analiza ścieków . . . . .                                                      | 85  |
| 2.1. Przechowywanie próbek . . . . .                                              | 85  |
| 2.2. Pobieranie próbek ścieków . . . . .                                          | 85  |
| Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu ( <i>ChZT</i> ) . . . . .            | 86  |
| Oznaczanie natychmiastowego zapotrzebowania tlenu ( <i>NZT</i> ) . . . . .        | 89  |
| Badanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu ( <i>BZT<sub>n</sub></i> ) . . . . . | 91  |
| Badanie zawartości detergentów . . . . .                                          | 93  |
| Oznaczanie zawartości fenoli . . . . .                                            | 97  |
| Badanie zawartości związków azotu . . . . .                                       | 101 |
| Pytania . . . . .                                                                 | 103 |

### IV. Badanie zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 1. Zanieczyszczenia ekosfery . . . . .             | 104 |
| 2. Zanieczyszczenia powietrza . . . . .            | 104 |
| 3. Metody analizy powietrza . . . . .              | 108 |
| 4. Pobieranie próbek . . . . .                     | 109 |
| Oznaczanie zawartości dwutlenku siarki . . . . .   | 111 |
| Oznaczanie zawartości tlenków azotu . . . . .      | 114 |
| Oznaczanie zawartości chlorowodoru . . . . .       | 117 |
| Oznaczanie związków fluoru w powietrzu . . . . .   | 121 |
| Oznaczanie pyłu zawieszonego w powietrzu . . . . . | 124 |
| Pomiar opadu pyłu w powietrzu . . . . .            | 125 |
| Pytania . . . . .                                  | 126 |

### V. Analiza paliw

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Rodzaje paliw . . . . .                                                    | 127 |
| 2. Paliwa gazowe . . . . .                                                    | 128 |
| 2.1. Podział paliw gazowych . . . . .                                         | 128 |
| 2.2. Metody analizy gazowej . . . . .                                         | 129 |
| Oznaczanie składu gazu metodą objętościową za pomocą aparatu Orsata . . . . . | 133 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3. Paliwa stałe . . . . .                                                                   | 139 |
| 3.1. Klasyfikacja paliw stałych naturalnych . . . . .                                       | 139 |
| 3.2. Skład chemiczny węgla kopalnego . . . . .                                              | 141 |
| 3.3. Analiza węgla . . . . .                                                                | 142 |
| 3.3.1. Schemat analizy węgla . . . . .                                                      | 142 |
| 3.3.2. Pobieranie próbek węgla . . . . .                                                    | 143 |
| Oznaczanie składu ziarnowego węgla kamiennego i brunatnego metodą analizy sitowej . . . . . | 144 |
| Oznaczanie wilgoci . . . . .                                                                | 149 |
| Oznaczanie popiołu . . . . .                                                                | 151 |
| Oznaczanie składu chemicznego popiołu . . . . .                                             | 152 |
| Oznaczanie zawartości siarki w węglach kopalnych . . . . .                                  | 154 |
| Oznaczanie ciepła spalania . . . . .                                                        | 157 |
| 3.3.3. Obliczanie wartości opałowej paliw stałych . . . . .                                 | 167 |
| 4. Paliwa ciekłe . . . . .                                                                  | 168 |
| 4.1. Rodzaje paliw ciekłych i ich charakterystyka . . . . .                                 | 168 |
| 4.1.1. Paliwa do silników z zapłonem iskrowym (niskoprężnych) . . . . .                     | 168 |
| 4.1.2. Paliwa do silników z samozapłonem (wysokoprężnych, silników Diesla) . . . . .        | 170 |
| 4.1.3. Paliwa do silników odrzutowych . . . . .                                             | 171 |
| 4.1.4. Oleje opałowe . . . . .                                                              | 171 |
| 4.2. Analiza paliw ciekłych . . . . .                                                       | 172 |
| 4.2.1. Pobieranie próbek . . . . .                                                          | 172 |
| 4.2.2. Jakościowa analiza benzyn . . . . .                                                  | 172 |
| Oznaczanie gęstości . . . . .                                                               | 173 |
| Oznaczanie lepkości . . . . .                                                               | 182 |
| Oznaczanie składu frakcyjnego metodą destylacji normalnej . . . . .                         | 189 |

## VI. Analiza smarów

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Podział i charakterystyka smarów . . . . .                    | 199 |
| 1.1. Oleje smarowe . . . . .                                     | 199 |
| 1.1.1. Ogólna charakterystyka . . . . .                          | 199 |
| 1.1.2. Podział olejów smarowych . . . . .                        | 199 |
| 1.1.3. Metody badań i oceny wartości użytkowej olejów . . . . .  | 202 |
| 1.2. Smary plastyczne . . . . .                                  | 203 |
| 1.2.1. Ogólna charakterystyka i właściwości . . . . .            | 203 |
| 1.2.2. Klasyfikacja smarów plastycznych . . . . .                | 204 |
| 1.2.3. Wymagania techniczne dla smarów plastycznych . . . . .    | 204 |
| 2. Analiza olejów smarowych i smarów plastycznych . . . . .      | 206 |
| 2.1. Orientacyjne metody oceny jakości olejów i smarów . . . . . | 206 |
| Oznaczanie gęstości smarów . . . . .                             | 207 |
| Oznaczanie lepkości smarów . . . . .                             | 207 |
| Oznaczanie zawartości wody i stałych substancji obcych . . . . . | 207 |
| Oznaczanie zawartości żywic . . . . .                            | 210 |
| Oznaczanie liczby kwasowej i zasadowej smaru . . . . .           | 211 |
| Oznaczanie temperatury zapłonu i palenia . . . . .               | 214 |
| Pytania . . . . .                                                | 216 |

## VII. Analiza tłuszczów

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 1. Budowa tłuszczów . . . . .       | 217 |
| 2. Właściwości tłuszczów . . . . .  | 218 |
| 3. Podział tłuszczów . . . . .      | 219 |
| 4. Otrzymywanie tłuszczów . . . . . | 220 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. Badania analityczne jakości tłuszczów . . . . .                                  | 220 |
| Pomiar współczynnika załamania światła tłuszczów . . . . .                          | 221 |
| Oznaczanie liczby kwasowej tłuszczów . . . . .                                      | 223 |
| Oznaczanie liczby zmydlania tłuszczów . . . . .                                     | 228 |
| Oznaczanie liczby jodowej tłuszczów . . . . .                                       | 229 |
| Oznaczanie zawartości tłuszczów w produktach roślinnych i zwierzęcych . . . . .     | 233 |
| Oznaczanie całkowitej zawartości lipidów . . . . .                                  | 236 |
| 5.1. Wykrywanie zafałszowań tłuszczów . . . . .                                     | 237 |
| Pytania i zadania . . . . .                                                         | 239 |
| <b>VIII. Analiza białek</b>                                                         |     |
| 1. Budowa i właściwości białek . . . . .                                            | 241 |
| 2. Wykrywanie białek . . . . .                                                      | 243 |
| Oznaczanie azotu i przeliczanie na białko . . . . .                                 | 244 |
| Oznaczanie zawartości białka w mleku (oznaczanie azotu metodą Kjeldahla) . . . . .  | 251 |
| Oznaczanie zawartości białka metodą refraktometryczną . . . . .                     | 251 |
| Ekstrakcja całego białka z surowców roślinnych . . . . .                            | 253 |
| Oznaczanie całkowitej zawartości białka metodą biurową . . . . .                    | 253 |
| Rozdzielanie białek metodą elektroforezy bibułowej . . . . .                        | 256 |
| Pytania i zadania . . . . .                                                         | 257 |
| <b>IX. Analiza cukrów</b>                                                           |     |
| 1. Budowa i właściwości cukrów prostych . . . . .                                   | 259 |
| 2. Budowa i właściwości dwucukrów . . . . .                                         | 261 |
| 3. Reakcje charakterystyczne węglowodanów . . . . .                                 | 263 |
| Oznaczanie glukozy za pomocą glukotestu . . . . .                                   | 265 |
| Oznaczenia węglowodanów . . . . .                                                   | 265 |
| Oznaczanie sacharozy . . . . .                                                      | 269 |
| Oznaczanie cukrów redukujących . . . . .                                            | 275 |
| Oznaczanie zawartości sacharozy w burakach cukrowych . . . . .                      | 277 |
| Oznaczanie zawartości laktozy w mleku . . . . .                                     | 278 |
| 4. Analiza chromatograficzna węglowodanów . . . . .                                 | 280 |
| 4.1. Technika chromatografii bibułowej . . . . .                                    | 281 |
| Rozdzielanie i identyfikacja węglowodanów metodą chromatografii bibułowej . . . . . | 285 |
| Rozdzielanie węglowodanów metodą chromatografii cienkowarstwowej . . . . .          | 285 |
| Pytania i zadania . . . . .                                                         | 286 |
| <b>X. Analiza nawozów mineralnych</b>                                               |     |
| 1. Ogólna charakterystyka nawozów . . . . .                                         | 288 |
| 2. Podział nawozów . . . . .                                                        | 289 |
| 3. Przemiana nawozów w glebie . . . . .                                             | 290 |
| 4. Produkcja superfosfatu i kontrola analityczna procesu technologicznego . . . . . | 292 |
| 5. Ważniejsze nawozy mineralne . . . . .                                            | 295 |
| 6. Analiza nawozów fosforowych . . . . .                                            | 297 |
| Oznaczanie zawartości składnika czynnego w nawozach fosforowych . . . . .           | 297 |
| Oznaczanie zawartości przyswajalnych fosforanów w glebie . . . . .                  | 302 |
| 7. Oznaczanie różnych form azotu w nawozach azotowych . . . . .                     | 304 |
| Oznaczanie zawartości azotu całkowitego w nawozach azotowych . . . . .              | 304 |
| Oznaczanie zawartości azotu amonowego . . . . .                                     | 306 |
| 8. Oznaczanie pH gleby . . . . .                                                    | 308 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9. Całkowita analiza nawozów potasowych . . . . .                          | 308 |
| Oznaczanie zawartości składnika czynnego w nawozach potasowych . . . . .   | 309 |
| Oznaczanie zawartości siarczanu(VI) wapnia w nawozach potasowych . . . . . | 313 |
| Oznaczanie zawartości chlorku magnezu w nawozach potasowych . . . . .      | 314 |
| Pytania i zadania . . . . .                                                | 316 |

## **XI. Analiza stężonych kwasów**

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Zasady bhp przy wykonywaniu analiz stężonych kwasów . . . . .                    | 318 |
| 2. Analiza stężonego kwasu solnego technicznego . . . . .                           | 318 |
| Oznaczanie zawartości chlorowodoru w kwasie solnym . . . . .                        | 319 |
| Oznaczanie zawartości kwasu siarkowego(VI) w kwasie solnym . . . . .                | 324 |
| 3. Analiza kwasu siarkowego . . . . .                                               | 325 |
| Oznaczanie zawartości kwasu siarkowego(VI) w technicznym kwasie siarkowym . . . . . | 327 |
| Oznaczanie zawartości wolnego $\text{SO}_3$ w oleum lub w monohydracie . . . . .    | 328 |
| Oznaczanie kwasu siarkowego(VI) . . . . .                                           | 329 |
| 4. Analiza stężonego kwasu azotowego . . . . .                                      | 331 |
| Oznaczanie zawartości kwasu azotowego(V) . . . . .                                  | 333 |
| Pytania i zadania . . . . .                                                         | 334 |