
Spis treści

Przedmowa	11
1. Wprowadzenie	13
1.1. Krótka historia chromatografii	13
1.2. Znaczenie chromatografii	19
1.3. Istota rozdzielania chromatograficznego	23
1.4. Rodzaje chromatografii i techniki chromatograficzne	25
2. Chromatografia gazowa	27
2.1. Aparatura do chromatografii gazowej	27
2.2. Gazy nośne	28
2.3. Dozowniki i urządzenia dozujące	32
2.3.1. Ogólne zasady dozowania próbek — 32	
2.3.2. Chromatografia pirolityczna — 33	
2.3.3. Dozowanie do kolumn pakowanych — 33	
2.3.4. Dozowanie próbek gazowych — 35	
2.3.5. Dozowanie do kolumn kapilarnych — 36	
2.3.6. Dozowniki automatyczne — 44	
2.4. Kolumny	44
2.4.1. Kolumny pakowane i kapilarne — 44	
2.4.2. Eksploatacja kolumn kapilarnych — 49	
2.5. Wypełnienia kolumn	51
2.5.1. Wprowadzenie — 51	
2.5.2. Adsorbenty — 51	
2.5.3. Nośniki ciekłych faz stacjonarnych — 61	
2.5.4. Ciekłe fazy stacjonarne — 64	
2.5.5. Fazy stacjonarne zalecane do analizy różnych związków chemicznych — 81	
2.6. Napełnianie kolumn pakowanych	84

2.7.	Napełnianie kolumn kapilarnych	87
2.8.	Wpływ temperatury kolumny na rozdzielanie chromatograficzne	89
2.9.	Sprawność kolumn	92
2.10.	Detektory	100
2.10.1.	Wprowadzenie —	100
2.10.2.	Detektor cieplno-przewodnościowy —	102
2.10.3.	Detektor płomieniowo-jonizacyjny —	105
2.10.4.	Detektor płomieniowo-fotometryczny —	107
2.10.5.	Detektor siarkowy chemiluminescencyjny —	108
2.10.6.	Detektor termojonowy —	109
2.10.7.	Detektor wychwyty elektronów —	109
2.10.8.	Detektor argonowy —	111
2.10.9.	Detektor helowy —	111
2.10.10.	Detektor fotojonizacyjny —	113
2.10.11.	Detektor jonizacyjno-wyładowczy —	113
2.10.12.	Detektor jonizacji elektronowej —	114
2.11.	Rejestratory, integratory, komputery	117
2.12.	Połączenie chromatografii gazowej z innymi technikami analizy instrumentalnej	118
2.12.1.	Wprowadzenie —	118
2.12.2.	Połączenie chromatografu gazowego ze spektrometrem mas —	119
2.12.3.	Chromatografia gazowa sprzężona z tandemową spektrometrią mas (GC-MS/MS) —	123
2.12.4.	Połączenie chromatografu gazowego ze spektrometrem podczerwieni —	126
2.12.5.	Połączenie chromatografu gazowego ze spektrometrem emisji atomowej —	127
2.12.6.	Techniki łączone – ich zalety i wady —	129
2.13.	Szybka chromatografia gazowa	133
2.14.	Pełna dwuwymiarowa chromatografia gazowa	138
2.15.	Wielkości retencyjne	139
2.16.	Analiza jakościowa	146
2.17.	Analiza ilościowa	151
2.18.	Wybrane przykłady analitycznych zastosowań chromatografii gazowej łączonej ze spektrometrią mas	157
	Literatura uzupełniająca	165

3. Chromatografia cieczowa 167

3.1.	Wprowadzenie	167
3.2.	Wysokosprawna chromatografia cieczowa kolumnowa	169
3.2.1.	Chromatografy cieczowe —	169
3.2.2.	Pompy —	170
3.2.3.	Dozowniki —	173
3.2.4.	Kolumny i ich napełnianie —	175
3.2.5.	Wypełnienia kolumn —	180

3.2.6.	Kolumny monolityczne — 189	
3.2.7.	Sprawność i selektywność kolumn — 195	
3.2.8.	Temperatura kolumny — 199	
3.2.9.	Fazy ruchome — 200	
3.2.10.	Rozdzielanie związków chiralnych — 228	
3.2.11.	Detektory — 229	
3.2.12.	Analiza jakościowa — 241	
3.2.13.	Analiza ilościowa — 242	
3.2.14.	Chromatografia jonowa — 244	
3.2.15.	Chromatografia wykluczania — 247	
3.2.16.	Chromatografia powinowactwa — 251	
3.2.17.	Chromatografia micelarna i mikroemulsyjna — 252	
3.2.18.	Chromatografia oddziaływań hydrofilowych — 253	
3.2.19.	Dwuwymiarowa chromatografia cieczowa kolumnowa — 254	
3.2.20.	Chromatografia par jonowych — 255	
3.2.21.	Szybka chromatografia cieczowa — 255	
3.2.22.	Wybrane przykłady zastosowania chromatografii cieczowej połączonej z innymi metodami analizy — 259	
3.3.	Chromatografia planarna	264
3.3.1.	Wprowadzenie — 264	
3.3.2.	Płytki do chromatografii cienkowarstwowej — 267	
3.3.3.	Bibuły chromatograficzne — 272	
3.3.4.	Sorbenty do chromatografii cienkowarstwowej — 275	
3.3.5.	Eluenty — 278	
3.3.6.	Nanoszenie próbek — 278	
3.3.7.	Sposoby rozwijania chromatogramów — 280	
3.3.8.	Komory do chromatografii cienkowarstwowej — 283	
3.3.9.	Chromatografia cienkowarstwowa z zastosowaniem pola elektrycznego — 289	
3.3.10.	Wizualizacja chromatogramów — 290	
3.3.11.	Dokumentacja i przechowywanie chromatogramów — 295	
3.3.12.	Chromatogramy planarne — 295	
3.3.13.	Analiza jakościowa — 296	
3.3.14.	Analiza ilościowa — 297	
3.3.15.	Połączenie chromatografii cienkowarstwowej z innymi technikami chromatograficznymi — 299	
3.3.16.	Normalizacja w TLC — 299	
3.3.17.	Zastosowanie chromatografii bibułowej do szybkiego wykrywania jonów i związków chemicznych — 300	
	Literatura uzupełniająca	301
4.	Chromatografia nadkrytyczna	303
4.1.	Wprowadzenie	303
4.2.	Fazy ruchome	304
4.3.	Warunki chromatografowania	309
4.4.	Aparatura	313

4.4.1.	Wiadomości ogólne — 313	
4.4.2.	Pompy — 314	
4.4.3.	Dozowniki — 315	
4.4.4.	Kolumny — 316	
4.4.5.	Detektory — 323	
4.4.6.	Restryktory — 332	
4.5.	Połączenie ekstrakcji nadkrytycznej i chromatografii nadkrytycznej z innymi rodzajami chromatografii	336
4.6.	Zastosowanie chromatografii nadkrytycznej	337
4.6.1.	Wiadomości ogólne — 337	
4.6.2.	Analiza węglowodorów i ich pochodnych — 338	
4.6.3.	Analiza kwasów — 341	
4.6.4.	Analiza leków i substancji biologicznie czynnych — 343	
4.6.5.	Analiza amin — 346	
4.6.6.	Rozdzielanie związków chiralnych — 346	
4.6.7.	Rozdzielanie oligomerów — 348	
4.6.8.	Analiza materiałów wybuchowych — 349	
4.6.9.	Analiza różnych związków chemicznych — 350	
4.7.	Wnioski	351
	Literatura uzupełniająca	352

5. Kapilarne techniki elektromigracyjne 353

5.1.	Istota kapilarnych technik elektromigracyjnych	354
5.2.	Aparatura do elektroforezy kapilarnej i zasada rozdzielania składników mieszanin	355
5.2.1.	Kapilary — 356	
5.2.2.	Bufory i naczynka na wlocie i wylocie kapilary — 358	
5.2.3.	Dozowanie próbek — 360	
5.2.4.	Zasilacze — 362	
5.2.5.	Detektory — 363	
5.2.6.	Kolektory frakcji — 365	
5.3.	Interpretacja elektroforegramów	366
5.4.	Przepływ elektroosmotyczny	367
5.5.	Odwrócony przepływ elektroosmotyczny	369
5.6.	Mechanizm rozdzielania elektroforetycznego	370
5.7.	Ruchliwość elektroforetyczna	373
5.8.	Charakterystyka rozdzielania w elektroforezie kapilarnej	374
5.8.1.	Czas rozdzielania — 374	
5.8.2.	Sprawność elektroforezy kapilarnej — 374	
5.8.3.	Selektywność — 375	
5.8.4.	Rozdzielczość — 375	
5.9.	Micelarna chromatografia elektrokinetyczna (MEKC)	376
5.10.	Kapilarna elektroforeza żelowa (CGE)	379
5.11.	Kapilarne ogniskowanie izoelektryczne (CIEF)	380
5.12.	Izotachoforeza kapilarna (CITP)	381

5.13. Elektrochromatografia kapilarna (CEC)	382
5.14. Uwagi dotyczące opracowywania warunków i wyników analizy za pomocą elektroforezy kapilarnej	384
5.14.1. Analiza jakościowa — 386	
5.14.2. Analiza ilościowa — 387	
5.15. Niektóre problemy występujące w elektroforezie kapilarnej	388
5.16. Zastosowanie elektroforezy kapilarnej	391
5.17. Wybrane przykłady zastosowań elektroforezy łączonej ze spektrometrią mas	392
Literatura uzupełniająca	396
6. Przygotowanie próbek do analizy chromatograficznej	397
6.1. Znaczenie przygotowania próbek	397
6.2. Przygotowanie próbek gazowych	399
6.2.1. Pobieranie próbek bez zateżzania — 399	
6.2.2. Absorpcja analitów w cieczy — 400	
6.2.3. Adsorpcja analitów — 400	
6.3. Przygotowanie próbek ciekłych	403
6.3.1. Ekstrakcja ciecz-ciecz — 403	
6.3.2. Ekstrakcja ciecz-gaz — 406	
6.3.3. Ekstrakcja ciecz-ciało stałe — 409	
6.3.4. Mikroekstrakcja do fazy upakowanej — 416	
6.3.5. Mikroekstrakcja do fazy stacjonarnej — 419	
6.2.6. Dynamiczna ekstrakcja do fazy stacjonarnej — 423	
6.3.7. Ekstrakcja kroplą rozpuszczalnika — 424	
6.3.8. Ekstrakcja ruchomym elementem sorpcyjnym — 425	
6.3.9. Destylacja — 426	
6.4. Przygotowanie próbek stałych	427
6.4.1. Ekstrakcja gazami i rozpuszczalnikami — 427	
6.4.2. Ekstrakcja nadkrytyczna — 429	
6.5. Przeprowadzanie analitów w pochodne	431
Literatura uzupełniająca	433
Skorowidz	434