

---

# Spis treści

---

Przedmowa do wydania czwartego	11
Przedmowa do wydania trzeciego	13
<b>1. Wiadomości ogólne z metod spektroskopowych</b>	<b>15</b>
1.1. Podstawowe wielkości metod spektroskopowych	15
1.2. Rola i podział spektroskopii	19
1.2.1. Podział spektroskopii według rodzaju układu materialnego — 20	
1.2.2. Podział spektroskopii według metody otrzymywania widma — 21	
1.2.3. Podział spektroskopii według zakresu spektralnego — 21	
1.3. Podział metod spektroskopowych	21
1.3.1. Podział metod spektroskopowych w zależności od układu materialnego — 21	
1.3.2. Podział metod spektroskopowych w zależności od zachodzącego zjawiska — 25	
1.3.3. Podział metod spektroskopowych stosowany w podręczniku — 26	
1.4. Zastosowanie metod spektroskopowych	28
1.5. Pytania kontrolne	31
<b>2. Metody, których podstawą są widma atomowe</b>	<b>32</b>
2.1. Spektrometria emisyjna. Wiadomości wstępne	32
2.1.1. Zasada metod emisyjnych — 32	
2.1.2. Wzbudzenie atomów — 33	
2.1.3. Podział metod emisyjnych — 36	
2.2. Podstawy teoretyczne spektroskopii atomowej	37
2.2.1. Widmo atomu wodoru — 37	
2.2.2. Widma atomowe litowców — 45	
2.2.3. Terminy pierwiastków wieloelektronowych — 57	
2.2.4. Widmo atomowe helu i berylowców — 63	
2.3. Fotometria płomieniowa	67
2.3.1. Zasada metody — 67	

2.3.2.	Schemat aparatury — 68	
2.3.3.	Metody oznaczeń — 69	
2.4.	Klasyczna spektrografia i spektrometria emisyjna	72
2.4.1.	Zasada metody — 72	
2.4.2.	Klasyczne źródła wzbudzenia — 72	
2.4.3.	Elektrody — 75	
2.4.4.	Schemat i charakterystyka spektrografu — 76	
2.4.5.	Rejestracja widma w spektrografii — 78	
2.4.6.	Krzywa cechowania emulsji — 79	
2.4.7.	Aparatura uzupełniająca — 80	
2.4.8.	Spektrograficzna analiza jakościowa — 82	
2.4.9.	Podstawowe równanie analizy ilościowej — 85	
2.4.10.	Metoda wzorca (standardu) wewnętrznego — 86	
2.4.11.	Rejestracja widma w spektrometrii — 88	
2.5.	Współczesna (plazmowa) spektrometria emisyjna	89
2.5.1.	Plazmowe źródła wzbudzenia. Rodzaje plazmy — 89	
2.5.2.	Plazma prądu stałego, plazmotrony łukowe — 90	
2.5.3.	Plazma wielkiej częstotliwości, sprzężona indukcyjnie — 93	
2.5.4.	Techniki plazmowe stosowane w analizie — 95	
2.5.5.	Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej — 95	
2.5.6.	Opis aparatury w metodzie ICP-AES — 97	
2.5.7.	Palnik plazmowy — 97	
2.5.8.	Analizatory, monochromator, polichromator, spektrograf — 100	
2.5.9.	Detektory półprzewodnikowe z matrycą fotodiodową — 101	
2.5.10.	Doprowadzenie próbki do plazmy w metodzie ICP-AES — 103	
2.5.11.	Parametry pomiaru techniką ICP-AES i ich optymalizacja — 106	
2.5.12.	Interferencje w atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie — 109	
2.5.13.	Zalety i wady metody ICP-AES — 110	
2.5.14.	Zastosowanie atomowej spektrometrii emisyjnej — 111	
2.5.15.	Metoda indukcyjnie sprzężonej plazmy mikrofalowej (MIP-AES) — 114	
2.5.16.	Laserowe źródła odparowania i wzbudzenia. Typy laserów — 119	
2.6.	Fluorescencyjna spektrometria atomowa	126
2.7.	Absorpcyjna spektrometria atomowa (AAS)	128
2.7.1.	Zasada metody — 128	
2.7.2.	Aparatura — 129	
2.7.3.	Interferencje fizyczne i chemiczne — 136	
2.8.	Obliczenia	137
2.9.	Ćwiczenia laboratoryjne	143
2.10.	Ćwiczenia rachunkowe	150
2.11.	Pytania kontrolne	152
3.	Metody, których podstawą są widma molekularne	155
3.1.	Podstawy teoretyczne spektroskopii molekularnej (cząsteczkowej)	155
3.1.1.	Energia cząsteczki — 155	
3.1.2.	Widmo rotacyjne — 156	
3.1.3.	Widmo oscylacyjne — 160	

3.1.4.	Widmo oscylacyjno-rotacyjne — 166	
3.1.5.	Widmo elektronowe — 170	
3.2.	Spektrofotometria absorcyjna cząsteczkowa	175
3.2.1.	Zasada i podział spektrofotometrii — 175	
3.2.2.	Prawa absorpcji — 176	
3.2.3.	Podział metod kolorymetrycznych — 183	
3.2.4.	Kolorymetryczne metody wizualne — 184	
3.2.5.	Aparatura fotokolorymetryczna i spektrofotometryczna — 185	
3.2.6.	Metody oznaczeń spektrofotometrycznych — 197	
3.2.7.	Wykonanie oznaczenia spektrofotometrycznego — 205	
3.2.8.	Wielkości charakteryzujące metody spektrofotometryczne — 208	
3.2.9.	Właściwości chromoforowe związków organicznych — 213	
3.2.10.	Właściwości chromoforowe związków nieorganicznych — 214	
3.3.	Spektrofotometryczne układy podwójne i potrójne	215
3.3.1.	Charakterystyka układów podwójnych i potrójnych — 215	
3.3.2.	Nieorganiczne odczynniki spektrofotometryczne — 216	
3.3.3.	Podział spektrofotometrycznych odczynników organicznych — 216	
3.3.4.	Asocjaty jonowe z niechelującymi barwnikami — 219	
3.3.5.	Metody ekstrakcyjno-spektrofotometryczne i solubilizacyjno-spektrofotometryczne — 220	
3.3.6.	Metody flotacyjno-spektrofotometryczne — 221	
3.3.7.	Kompleksy podwójne z chelatującymi barwnikami trifenylometanowymi, ksantenowymi i azowymi — 223	
3.3.8.	Układy potrójne z chelatującymi barwnikami i substancjami powierzchniowo czynnymi (surfaktantami) — 226	
3.3.9.	Mechanizm powstawania kompleksów potrójnych — 227	
3.3.10.	Zalety metod stosujących układy potrójne — 230	
3.3.11.	Znaczenie analityczne metod stosujących układy potrójne — 231	
3.4.	Spektrofotometria pochodna	232
3.4.1.	Zasada metody — 232	
3.4.2.	Prawa spektrofotometrii pochodnej — 233	
3.4.3.	Kształt krzywych pochodnych — 235	
3.4.4.	Techniki pomiaru wartości pochodnej — 236	
3.4.5.	Znaczenie szerokości półkwowych widm w spektrofotometrii pochodnej — 240	
3.4.6.	Rejestracja widm zerowego rzędu — 240	
3.4.7.	Otrzymywanie widm pochodnych — 244	
3.4.8.	Różniczkowanie widm metodą Savitzky'ego-Golaya — 245	
3.4.9.	Metoda wyznaczania pochodnej techniką pierwszej pochodnej stosunku widm — 247	
3.4.10.	Optymalizacja parametrów różniczkowania widm — 248	
3.4.11.	Eliminacja potencjalnych błędów oznaczeń — 255	
3.4.12.	Zalety i wady spektrofotometrii pochodnej — 256	
3.4.13.	Zastosowanie spektrofotometrii pochodnej — 257	
3.4.14.	Przykłady analizy produktów farmaceutycznych — 258	
3.5.	Spektrofotometria w podczerwieni	260
3.6.	Zastosowanie spektrofotometrii w analizie chemicznej	263
3.7.	Spektrometria ramanowska	264
3.7.1.	Podstawy teoretyczne — 264	

3.7.2.	Schemat spektrometru ramanowskiego —	266
3.7.3.	Znaczenie spektrometrii ramanowskiej —	267
3.8.	Spektrometria fluorescencyjna cząsteczkowa	268
3.8.1.	Fluorescencja i fosforescencja —	268
3.8.2.	Fluorymetria i spektrofluorymetria —	271
3.8.3.	Fosforymetria —	275
3.9.	Zastosowanie laserów w spektrometrii cząsteczkowej	276
3.10.	Obliczenia	278
3.11.	Ćwiczenia laboratoryjne	288
3.12.	Ćwiczenia rachunkowe	304
3.13.	Pytania kontrolne	306
4.	Metody, których podstawą są widma promieniowania rentgenowskiego	309
<hr/>		
4.1.	Podstawy teoretyczne	309
4.1.1.	Otrzymywanie widma promieni rentgenowskich —	309
4.1.2.	Serie linii widmowych promieniowania rentgenowskiego —	313
4.1.3.	Zastosowanie promieniowania rentgenowskiego w analizie chemicznej —	318
4.2.	Metoda spektrografii rentgenowskiej	318
4.3.	Metoda absorpcji promieniowania rentgenowskiego	319
4.4.	Metoda dyfrakcji promieni rentgenowskich	324
4.5.	Metoda fluorescencji rentgenowskiej	328
4.5.1.	Zasada metody —	328
4.5.2.	Techniki pomiarowe —	328
4.5.3.	Fluorescencja rentgenowska z dyspersją długości fali —	328
4.5.4.	Fluorescencja rentgenowska z dyspersją energii —	332
4.5.5.	Charakterystyka analityczna i zastosowanie metody fluorescencji rentgenowskiej —	334
4.6.	Mikroanaliza rentgenowska	335
4.7.	Analiza spektralna rentgenowska ze wzbudzeniem cząstkami naładowanymi	337
4.8.	Obliczenia	338
4.9.	Ćwiczenia laboratoryjne	341
4.10.	Ćwiczenia rachunkowe	344
4.11.	Pytania kontrolne	345
5.	Metody, których podstawą są widma rezonansu magnetycznego	346
<hr/>		
5.1.	Wpływ zewnętrznego pola magnetycznego na widma atomowe	346
5.1.1.	Momenty magnetyczne elektronów związane z momentami pędu —	346
5.1.2.	Energia oddziaływania momentu magnetycznego elektronów z zewnętrznym polem magnetycznym —	351
5.1.3.	Zjawisko Zeemana (efekt Zeemana) —	353

5.2.	Magnetyczny rezonans jądrowy	357
5.2.1.	Zasada metod rezonansu magnetycznego —	357
5.2.2.	Moment magnetyczny jąder atomowych —	357
5.2.3.	Energia oddziaływania jądrowego momentu magnetycznego z zewnętrznym polem magnetycznym —	359
5.2.4.	Rozszczepienie poziomów energetycznych w zewnętrznym polu magnetycznym —	360
5.2.5.	Warunek rezonansu według mechaniki kwantowej i klasycznej —	362
5.2.6.	Procesy relaksacji protonów —	366
5.2.7.	Zasada działania aparatury —	367
5.2.8.	Charakterystyczne parametry widm NMR —	370
5.2.9.	Przykłady widm NMR —	378
5.2.10.	Podwójny magnetyczny rezonans jądrowy —	381
5.2.11.	Spektroskopia NMR innych jąder —	382
5.2.12.	Zastosowanie magnetycznego rezonansu jądrowego —	383
5.3.	Elektronowy rezonans paramagnetyczny	384
5.3.1.	Absorpcja rezonansowa elektronu —	384
5.3.2.	Procesy relaksacji elektronów —	386
5.3.3.	Zasada działania aparatury —	387
5.3.4.	Struktura nadsubtelna linii widmowych EPR —	388
5.3.5.	Przykłady widm EPR —	392
5.3.6.	Zastosowanie elektronowego rezonansu paramagnetycznego —	395
5.4.	Pytania kontrolne	396
6.	Metody, których podstawą są widma korpuskularne	398
6.1.	Spektrometria mas	398
6.1.1.	Zasada metody —	398
6.1.2.	Jonizacja i fragmentacja cząstek —	399
6.1.3.	Segregacja powstałych jonów —	402
6.1.4.	Schemat aparatury —	410
6.1.5.	Widma masowe —	412
6.1.6.	Analiza stałych próbek nieorganicznych —	415
6.1.7.	Zastosowanie spektrometrii mas —	416
6.2.	Spektrometria mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS)	417
6.2.1.	Wprowadzenie —	417
6.2.2.	Aparatura stosowana w metodzie ICP-MS —	418
6.2.3.	Układ generowania jonów i wprowadzania próbki —	419
6.2.4.	Stożki i soczewki elektrostatyczne —	419
6.2.5.	Rodzaje analizatorów stosowanych w spektrometrii mas —	421
6.2.6.	Detektory —	428
6.2.7.	Optymalizacja pracy spektrometru ICP-TOF-MS —	430
6.2.8.	Interferencje chemiczne i spektralne w technice ICP-TOF-MS —	431
6.2.9.	Zastosowanie techniki ICP-MS —	432
6.3.	Spektrometria elektronów	437
6.3.1.	Spektrometria fotoelektronów —	437
6.3.2.	Spektrometria elektronów Augera (AES) —	444

6.3.3.	Spektrometria elektronów dla celów analizy chemicznej (ESCA) — 450	
6.4.	Spektrometria jonów	451
6.4.1.	Spektrometria mas jonów wtórnych (SIMS) — 451	
6.4.2.	Badanie powierzchni metodą SIMS z analizatorem czasu przelotu (TOF) — 452	
6.4.3.	Spektrometria jonów odbitych (ISS, BSS) — 457	
6.5.	Ćwiczenia laboratoryjne	459
6.6.	Pytania kontrolne	465
<hr/>		
7.	Metody optyczne	468
<hr/>		
7.1.	Nefelometria	468
7.2.	Turbidymetria	470
7.3.	Refraktometria	471
7.4.	Interferometria	474
7.5.	Polarymetria	476
7.6.	Obliczenia	479
7.7.	Ćwiczenia laboratoryjne	483
7.8.	Ćwiczenia rachunkowe	487
7.9.	Pytania kontrolne	488
<hr/>		
8.	Literatura	489
<hr/>		
9.	Wyniki ćwiczeń rachunkowych	496
<hr/>		
	Skorowidz	498
<hr/>		