

Valentina Domenici, Carlo Alberto Veracini

Risonanza magnetica nucleare Principi e applicazioni



Edizioni ETS



www.edizioniets.com

© Copyright 2011

EDIZIONI ETS

Piazza Carrara, 16-19, I-56126 Pisa

info@edizioniets.com

www.edizioniets.com

Distribuzione

PDE, Via Tevere 54, I-50019 Sesto Fiorentino [Firenze]

ISBN 978-884672966-8

Indice

Capitolo 1	
Introduzione alla risonanza magnetica	1
1.1 Breve introduzione storica	3
1.2. Teoria di base	8
1.3. Assorbimento di energia e rilassamento spin-reticolo	11
Capitolo 2	
Teoria generale	23
2.1. Trattamento classico del moto di spin isolati	25
2.2. Sistema di spin in un campo magnetico statico: trattazione quantomeccanica	28
2.3. Effetto di un campo magnetico oscillante	33
2.4. Le equazioni di Bloch	36
2.5. Misura dei tempi di rilassamento	45
2.6. Introduzione ai meccanismi di rilassamento	50
Capitolo 3	
Interazione degli spin nucleari con campi esterni e interni	57
3.1. Le interazioni fondamentali in NMR	59
3.2. Interazioni magnetiche	59
3.3. Interazioni di spin esterne e interne	60
Capitolo 4	
Operatori e matrice densità	85
4.1. Il formalismo della matrice densità	87
4.2. La matrice densità	87
4.3. Matrice densità di una particella di spin 1/2	93
4.4. Matrice densità per N spin 1/2 scalarmente accoppiati	97
4.5. Evoluzione di operatori	98
4.6. Applicazioni del formalismo della matrice densità	100
Capitolo 5	
2D-HETCOR e 1D-INADEQUATE	
Applicazioni del formalismo della matrice densità e degli operatori prodotto	111
5.1. Proprietà essenziali della matrice densità	113
5.2. Esperimento 2D-HETCOR	114
5.3. Esperimento 1D-INADEQUATE	129

Capitolo 6	
Risonanza magnetica allo stato solido	141
6.1.Larghezza di riga e anisotropia nei solidi	143
6.2.Tecniche NMR specifiche per lo stato solido	157
6.3.Alcune applicazioni dell’NMR stato solido	162
Capitolo 7	
NMR di molecole parzialmente ordinate	179
7.1.Allineamento Macroscopico	181
7.2.Interazioni Magnetiche in sistemi orientati	182
7.3.Studi dell’ordine e della conformazione media dei cristalli liquidi	188
7.4.Processi dinamici nei cristalli liquidi	194
7.5.Alcune applicazioni dell’NMR allo studio della dinamica di cristalli liquidi	
203	
Capitolo 8	
Risonanza magnetica per immagini (MRI)	211
8.1.L’uso dei gradienti di campo	213
8.2.Metodi per l’acquisizione dei segnali in MRI	218
8.3.Ricostruire le immagini 3D	222
8.4.Cenni ad alcune applicazioni dell’MRI in campo medico	229
Appendice A: Teoria delle perturbazioni	237
Appendice B: Soluzioni complete per le equazioni di Bloch	243
Appendice C: Processi stocastici e teorema di Wiener- Khintchine	245

Presentazione

Questo libro nasce dagli appunti di una parte del corso di Spettroscopia Molecolare, tenuto fino agli anni novanta, per studenti degli ultimi anni dell'allora corso di Laurea quinquennale in Chimica. I contenuti sono quindi in una prima parte di tipo basilare ed introduttivo. L'intento di questa prima parte è quello di porre le fondamenta per futuri studi nel campo con particolare attenzione a spiegare, su basi quanto meccaniche rigorose, la natura fisica e strutturale delle varie interazioni estraibili dagli spettri.

Né la parte di base né quella applicativa hanno tuttavia la pretesa di essere complete: Mancano nella prima molti aspetti come ad esempio il trattamento dati, così essenziale per la spettroscopia in "Fourier Transform", come pure la parte applicativa non contiene i grandi contributi riguardanti lo studio dei bio-polimeri. D'altra parte si è preferito dare sviluppo ai fondamenti; per esempio abbiamo incluso una introduzione all'uso della matrice densità, così essenziale per la comprensione dei metodi a molti impulsi e multi-dimensionali, includendo, a titolo di esempio, la trattazione dettagliata di qualche esperimento bidimensionale.

Il libro è diviso in otto capitoli. La struttura di ogni capitolo è articolata in paragrafi e sottoparagrafi. Alla fine del libro sono inoltre presenti tre appendici di approfondimento. In ogni capitolo sono previste anche delle figure, spettri e schemi per rendere più chiari alcuni concetti e per fornire degli esempi. Degli otto capitoli i primi cinque hanno l'obiettivo di introdurre e spiegare nel dettaglio i principi su cui si basa la Risonanza Magnetica Nucleare, mentre gli ultimi tre capitoli riguardano alcune delle applicazioni che vanno dallo studio dei materiali e dei polimeri, ai materiali liquido cristallini fino alle più moderne applicazioni per la ricostruzione delle immagini tridimensionali ad uso medico/diagnostico.