



PROGRAMA DE CURSO DE POSGRADO

| | |
|--|------------------------------|
| TÍTULO: Dinámica de espines en Resonancia Magnética Nuclear | |
| AÑO: 2018 | CUATRIMESTRE: PRIMERO |
| CARGA HORARIA: 60 horas | No. DE CRÉDITOS: 3 |
| CARRERA/S: Doctorado en Física | |
| DOCENTE ENCARGADO: Dr. Lisandro Buljubasich Gentiletti | |

PROGRAMA

- 1) Breve repaso de RMN.
 - a) Magnetismo nuclear.
 - b) El espectrómetro de RMN.
 - c) Descripción clásica de la RMN.
 - d) Descripción cuántica de la RMN de sistemas de espines no-interactuantes.
 - e) Aplicaciones más relevantes de la RMN.
- 2) Resumen de mecánica cuántica.
 - a) Operadores.
 - i) Conmutadores.
 - ii) Representación matricial.
 - iii) Notación de Dirac.
 - iv) Funciones de operadores.
 - v) Definiciones de conmutación cíclica.
 - b) Momento angular.
 - i) Operadores momento angular.
 - ii) Operadores rotación.
 - iii) Autovalores y autofunciones del operador momento angular.
 - iv) Representación matricial de los operadores momento angular.
 - v) Momento angular de espín.
 - vi) Operadores de espín.
 - vii) Base Zeeman para espines.
 - viii) Espines con $l=1/2$.
 - ix) Espines con $l>1/2$.



- 3) Primeros pasos con Matlab.
 - a) Cálculos numéricos.
 - i) Matrices y álgebra lineal con Matlab.
 - ii) Funciones de operadores con Matlab.
 - iii) Representaciones gráficas.
 - b) Implementación de cálculos simbólicos.
 - i) Definiciones de variables.
 - ii) Operaciones simbólicas.
 - iii) Combinaciones con variables numéricas.
- 4) Hamiltonianos en RMN.
 - a) Hipótesis del Hamiltoniano de espín.
 - b) Interacciones electromagnéticas.
 - c) Interacciones internas y externas al sistema de espín.
 - d) Interacciones externas.
 - i) Interacciones con el campo estático.
 - ii) Campo de radiofrecuencia.
 - iii) Gradiente de campo magnético.
 - e) Interacciones internas.
 - i) Hamiltoniano de corrimiento químico.
 - ii) Hamiltoniano de acoplamiento dipolar.
 - iii) Hamiltoniano de acoplamiento indirecto ("J").
- 5) El operador densidad de espín.
 - a) Poblaciones y coherencias.
 - b) Órdenes de coherencia.
 - c) Equilibrio térmico en presencia de un campo magnético estático.
 - d) El operador densidad en el sistema rotante.
 - e) Operadores producto.
- 6) Elementos de una secuencia de pulsos.
 - a) Pulsos de radiofrecuencia.
 - i) Pulsos de banda ancha.
 - ii) Pulsos selectivos.
 - iii) Pulsos con diferentes perfiles.
 - iv) Trabajo práctico con Matlab.
 - b) Evoluciones libres.
 - i) Evoluciones libres en presencia de campos magnéticos inhomogéneos.
 - ii) Evoluciones con Hamiltonianos lineales en operadores de espín.
 - iii) Evoluciones con Hamiltonianos bilineales en operadores de espín.
 - iv) Trabajo práctico con Matlab.
 - c) Adquisición de señales.
 - i) Ancho espectral.
 - ii) Aliasing.
 - iii) Trabajo práctico con Matlab.
- 7) Experimentos más representativos y simulaciones numéricas con Matlab.
 - a) La señal de inducción libre (FID)
 - b) El eco de Hahn.
 - c) El eco estimulado.
 - d) La secuencia CPMG (Carr-Purcell-Meiboom-Hill).



- e) Inversion Recovery y Saturation Recovery.
- f) COSY: correlation Spectroscopy.
- g) Trabajos prácticos varios con Matlab.

BIBLIOGRAFÍA

- Spin Dynamics. Basics of Nuclear Magnetic Resonance. M. H. Levitt. John Wiley and Sons, 2008.
- Quantum Description of High-Resolution NMR in Liquids. M. Goldman. Oxford University press, 1988.
- Principles of Nuclear Magnetic Resonance in One and Two Dimensions, Oxford, 1994.
- Principles of Nuclear Magnetic Resonance Microscopy. P. Callaghan. Clarendon Press, Oxford, 1991.
- NMR: Tomography, Diffusometry, Relaxometry, R. Kimmich, Springer Verlag, New York, 1997.
- Translational Dynamics & Magnetic Resonance. P. Callaghan. Oxford, 2011.
- Single Sided NMR. F. Casanova, J. Perlo, B. Blümich. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
- Computer Simulations in Solid State NMR I, Spin Dynamics theory. M. Edén, Concepts on Magnetic Resonance vol 17, 117-154 (2003).
- Computer Simulations in Solid State NMR II, Implementations for Static and Rotating Samples. M. Edén, Concepts on Magnetic Resonance vol 18, 1-23 (2003).
- Computer Simulations in Solid State NMR III, Powder Averaging. M. Edén, Concepts on Magnetic Resonance vol 18, 24-55 (2003).
- Zeeman Truncation in NMR I. The Role of Operator Commutation. M. Edén, Concepts on Magnetic Resonance vol 43, 91-108 (2015).
- Zeeman Truncation in NMR II. Time Averaging in the Rotating Frame. M. Edén, Concepts on Magnetic Resonance vol 43, 109-126 (2015).



Universidad Nacional de Córdoba
FACULTAD DE MATEMÁTICA ASTRONOMÍA Y FÍSICA

MODALIDAD DE LA EVALUACIÓN

Se realizará una evaluación escrita con una duración aproximada de cuatro horas y un trabajo práctico en Matlab que englobe todos los conocimientos adquiridos a lo largo del curso.