

EX-2026-00509716- -UNC-ME#FAMAF

| PROGRAMA DE ASIGNATURA                                             |                                                        |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>ASIGNATURA:</b> Introducción a la Resonancia Magnética Nuclear. | <b>AÑO:</b> 2026                                       |
| <b>CARACTER:</b> Especialidad                                      | <b>UBICACIÓN EN LA CARRERA:</b> 4° año 2° cuatrimestre |
| <b>CARRERA:</b> Licenciatura en Física                             |                                                        |
| <b>REGIMEN:</b> Cuatrimestral                                      | <b>CARGA HORARIA:</b> 120 horas                        |

| FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materia fundamental para comenzar a incursionar en la Resonancia Magnética Nuclear. En éste curso se proveen las herramientas básicas para una comprensión de la RMN tanto desde el punto de vista de la física clásica como de la mecánica cuántica. |

| CONTENIDO |
|-----------|
|-----------|

### 1 - Introducción

- Magnetismo.
- Magnetismo nuclear.
- Espín nuclear.

### 2 - Principio básicos de la Resonancia Magnética Nuclear

- Descripción clásica de la RMN. Un espín en presencia de un campo magnético estático y uno rotante. El sistema rotante. Condición de resonancia.
- Magnetización macroscópica y su dinámica. Ecuaciones de Bloch.
- Detección de la señal de RMN. La FID y el espectro. Sensitividad en RMN.

### 3 - El espectrómetro de RMN

- Imanes y diferentes tipos de campos magnéticos
- El transmisor
- El sintetizador.
- La llave de r.f.
- El amplificador de r.f.
- El duplexor
- El cabezal
- El receptor
- Recepción en cuadratura
- El conversor Analógico-digital

### 4 - Resumen de mecánica cuántica.

- Operadores, conmutadores, representación matricial.
- Momento angular.
  - Operadores momento angular.
  - Operadores rotación.
  - Autovalores y autofunciones del operador momento angular.
  - Representación matricial de los operadores momento angular.
  - Momento angular de espín.
  - Operadores de espín.

### 5 - Interacciones en RMN

- Hipótesis del Hamiltoniano de espín.
- Interacciones electromagnéticas.
- Interacciones internas y externas al sistema de espín.

EX-2026-00509716- -UNC-ME#FAMAF

**6 - 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.

**7 - Descripción cuántica de la RMN**

Breve repaso de los conceptos necesarios.

**8 - Elementos de una secuencia de pulsos**

- a) Pulsos de radiofrecuencia.
- b) Evoluciones libres.
- c) Adquisición de señales

**9 - Teoría de Relajación en RMN**

- a) Enfoque clásico de la relajación.
- b) Enfoque semiclasico. Densidades espectrales y dependencia con la temperatura.
- c) Enfoque cuántico de la relajación. Teoría de Redfield.
- d) Medición de tiempos de relajación.

**10 - Imágenes por RMN**

- a) Gradientes de campo magnetico.
- b) Principios básicos de la codificación espacial.
- c) La codificación de fases.
- d) La codificación de lectura.
- e) Secuencias básicas utilizadas en imágenes.

**Prácticos de laboratorio**

Experimentos y procesamiento de datos.

|                     |
|---------------------|
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> |
|---------------------|

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- Introducción a la Resonancia Magnética Nuclear. Lisandro Buljubasich Gentiletti, Editorial de la UNC, 2023.
- 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.

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

- 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).

EX-2026-00509716- -UNC-ME#FAMAF

- Zeeman Truncation in NMR II. Time Averaging in the Rotating Frame. M. Edén, Concepts on Magnetic Resonance vol 43, 109-126 (2015).

|                   |
|-------------------|
| <b>EVALUACIÓN</b> |
|-------------------|

**FORMAS DE EVALUACIÓN**

Para aprobar la materia, se requiere aprobar los informes de los Trabajos Prácticos de Laboratorio y el examen final en modalidad oral.

**REGULARIDAD**

Cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio y aprobar al menos el 60% de los Trabajos Prácticos.

|                         |
|-------------------------|
| <b>CORRELATIVIDADES</b> |
|-------------------------|

Para Cursar: (regularizadas)

Física General IV, Electromagnetismo I, Métodos Matemáticos de la Física II, Mecánica Cuántica I

Para Rendir: (aprobadas)

Física General IV y Métodos Matemáticos de la Física II