



**Universidad Nacional de Salta**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS**  
Avda. Bolivia 5150 – 4400 SALTA  
REPUBLICA ARGENTINA

SALTA, 27 de agosto de 2008

Expediente N° 8.342/08

RES. C.D. N° 347/08

VISTO:

El pedido de autorización interpuesto por el Dr. Marcelo Raúl Fiori, para dictar el Curso de Extensión: "Elementos de Mecánica Cuántica", en el 2do. cuatrimestre de 2008;

CONSIDERANDO:

Que el curso en cuestión se encuentra enmarcado en la Res. C.S. N° 309/00;

Que se cuenta con Visto Bueno del Departamento de Física, y despachos favorables de la Comisión de Docencia e Investigación y de la Comisión de Hacienda, según rola a fs. 20 vta. y 21, respectivamente;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias;

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS  
(en su sesión ordinaria del día 13/08/08)

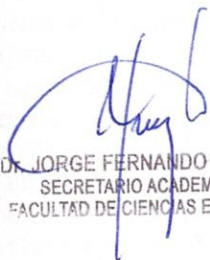
R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1°: Autorizar el dictado del Curso de Extensión: "**ELEMENTOS DE MECÁNICA CUÁNTICA**", bajo la dirección del Dr. Marcelo Raúl Fiori, cuyas características, requisitos y demás normas establecidas en la Resolución C.S. N° 309/00, se explicitan en el Anexo I y que a tales efectos forma parte de la presente.

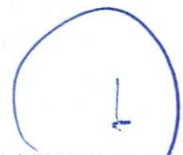
ARTÍCULO 2°: Establecer que una vez finalizado el curso, el Dr. Marcelo R. Fiori elevará el listado de los promovidos a los efectos de la expedición de los respectivos certificados, los cuales serán emitidos por esta Unidad Académica de acuerdo a las disposiciones contenidas en la Res. C.S. N° 309/00.

ARTÍCULO 3°: Hágase saber al cuerpo docente del curso, a los Departamentos Docentes, al Dpto. Adm. Posgrado y publíquese en la página web de la Facultad. Cumplido, RESÉRVESE.

mxs

  
DR. JORGE FERNANDO YAZLLE  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS



  
ing. NORBERTO ALEJANDRO BONINI  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS



Anexo I de la Res. C.D. N° 347/08 -Expediente N° 8.342/08

**Curso de Extensión: ELEMENTOS DE MECÁNICA CUÁNTICA**

**Director Responsable:** Dr. Marcelo Raúl Fiori

**Colaboradora:** Lic. Elena Hoyos

**Fines Y Objetivos:**

La Mecánica Cuántica es actualmente el gran paradigma de la física. Su desarrollo a partir del segundo cuarto del siglo pasado posibilitó una de las mayores revoluciones tecnológicas de la humanidad, siendo su campo de aplicación enorme: física de sólidos, óptica, estructura química, biología molecular, electrónica, etc.

La formulación matemática de la Mecánica Cuántica es radicalmente distinta de aquellas usadas en otras descripciones de la física tales como la Mecánica Clásica o el Electromagnetismo en donde los valores de las magnitudes observables son valores de funciones sobre un particular espacio (espacio de fases por ejemplo), mientras que en la Mecánica Cuántica valores de observables tales como el momento o la energía son autovalores de un operador lineal en un espacio de Hilbert. De hecho, buena parte de la matemática de la que hace uso la Mecánica Cuántica fue desarrollada en conjunto e inspirada por el advenimiento de dicha teoría. Así también, requiere de otras ramas de la matemática anteriormente poco empleadas, como la teoría de grupos. Actualmente sigue siendo fuente de inspiración e investigación en ramas de la matemática pura por lo que puede ser de interés a matemáticos el conocimiento de esta teoría.

El curso propuesto está dirigido especialmente a egresados y estudiantes de las carreras de Matemática y de la Licenciatura en Energías Renovables, quienes son los que muy probablemente precisarán de conocimientos intermedios de MC en su vida profesional y carecen de la materia en sus planes de estudios. Y en general, a otros profesionales y estudiantes interesados en el tema.

En resumen los objetivos del curso son

Adquirir los conocimientos necesarios para la comprensión de los fundamentos de la Mecánica Cuántica a partir de una base de conocimientos mínima. Esto incluye:

- a) El estudio de las ideas físicas subyacentes en la mecánica cuántica.
- b) Introducción al formalismo matemático que la teoría emplea.
- c) Análisis matemático detallado de algunos problemas de la teoría.

**Metodología:**

Se dictarán clases teórico-prácticas en donde algunos aspectos de la materia serán expuestos por los alumnos. Trataremos que la mayor parte de los problemas se resuelvan durante las horas del curso dejando como tarea para el hogar algunos problemas especiales o la elaboración de exposiciones. De acuerdo a los objetivos el curso puede dividirse en tres partes:

- 1) Las cuatro primeras unidades en donde comenzando con la descripción de algunos experimentos fundamentales ( efecto fotoeléctrico, Compton, radiación de cuerpo negro, átomos) introducimos las ideas básicas de la teoría (cuantización, función de onda, indeterminación, etc.) hasta llegar a la idea de operadores y a la ecuación de Schrodinger revolviendo esta en algunos casos elementales. En esta parte usaremos como bibliografía los libros de A.C Phillips y W. Greiner.
- 2) En la segunda parte introduciremos el formalismo en su versión actual en donde el estado de un sistema se describe por medio de autovectores de operadores de un espacio de Hilbert y los valores de variables físicas como sus autovalores. Estudiaremos las relaciones entre operadores, distintos tipos de operadores y bases y la evolución temporal de un sistema y las diferentes representaciones que la describen. Como aplicación de la teoría se tratará el momento angular. La bibliografía básica será el libro de J.J. Sakurai.
- 3) En la última parte se tratará mayormente el problema de dos cuerpos en MC. A partir de este problema estudiaremos otros métodos y herramientas matemáticas como la representación de ecuaciones diferenciales en distintos sistemas de coordenadas y sus soluciones. Usaremos

...///





**Anexo I de la Res. C.D. N° 347/08 -Expediente N° 8.342/08**

principalmente como bibliografía el libro de W. Greiner. En las partes dos y tres del curso se utilizarán como bibliografía complementaria libros de matemática aplicada a la física (Wallace, Arfken, Butkov).

*Introduction to Quantum Mechanics: A.C. Phillips, (Wiley) 2003.*

*Quantum Mechanics: An Introduction: Walter Greiner, (Springer-Verlag) 2001.*

*Modern Quantum Mechanics: J. J. Sakurai, (Addison-Wesley) 1994.*

*Mathematical Analysis of Physical Problems: Philips R. Wallace, (Dover Publications Inc.) 1984*

*Mathematical Methods for Physicist: G.B. Arfken, H.J. Weber, (Harcourt Academic Press) 2001.*

*Mathematical Physics: Eugene Butkov, (Addison-Wesley) 1973.*

**Conocimientos previos necesarios:** Conocimientos de Cálculo Diferencial de Varias Variables (equivalentes al curso de Análisis Matemático II de esta facultad) y Electricidad y Magnetismo (equivalentes al curso de Física II).

**Horas Totales:** 48 horas reloj.

**Distribución horaria:** Cuatro horas semanales de teoría y práctica durante 12 semanas del curso.

**Sistema de evaluación:** Para aprobar el curso, cada alumno deberá presentar la resolución de un conjunto de problemas que serán dados a medida que el curso transcurra, y exponer dos seminarios.

**Certificados:** Se entregará un Certificado de Aprobación, al inscripto que cumpla con el 80% de la asistencia a las clases programadas y haya aprobado las guías de problemas y los dos seminarios.

**Aranceles:** Sin arancel.

**Erogaciones:** Para los gastos que demande el curso (fotocopias, CDs, impresiones, etc.) se utilizarán fondos del proyecto del CIUNSa N° 1569 "Colisiones Ión-Átomo: Ionización Simple y Múltiple".

**Lugar de realización:** Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia N° 5150, (A4408FVY), Salta Capital, Argentina.

**Período de dictado:** 12 semanas, a partir del mes de setiembre del corriente año.

**Inscripciones:** En Mesa de Entradas de la Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia N° 5150, (A4408FVY), Salta Capital, Argentina. de Lunes a Viernes en el horario de 10.00 a 13.00 y de 15.00 a 17.00 hs.

**Mayor información y Consultas:** Marcelo Raúl Fiori Box 120 - Elena Hoyos Box 107 - Departamento de Física. Facultad de Ciencias Exactas, de Lunes a Viernes en el horario de 11 a 13 hs. y de 16 a 18 hs., por correo electrónico a la dirección: [fiori@unsa.edu.ar](mailto:fiori@unsa.edu.ar)

**PROGRAMA**

**UNIDAD I: Cuantización. La constante de Plank**

Fotones: Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Radiación en cavidades, ley de radiación de Plank. Aspectos ondulatorios de la materia: Átomo de Bohr. Ondas de De Broglie. Difracción de ondas de materia. Medidas. El principio de incertidumbre. Dualidad Onda-Partícula. Medidas y no localidad.



**Anexo I de la Res. C.D. N° 347/08 - Expediente N° 8.342/08**

**UNIDAD II: La función de onda: Ecuación de Schrodinger**

Ondas. Superposición de ondas. Ondas dispersivas y no dispersivas. Ecuación de onda para la partícula libre. Ecuación de onda para una partícula en un potencial. Interpretación estadística de la función de onda. Probabilidad. Probabilidad del momento de la partícula. Valores medios. Operadores de posición y momento. Incertezas.

**UNIDAD III: Energía y tiempo**

Operador de Hamilton. Estados de energía definida: Ecuación de Schrodinger independiente del tiempo. Cajas de potencial. Estados de energía indefinida. Funciones de base. Amplitud de probabilidad de la energía. Dependencia temporal. Indeterminación Energía-Tiempo.

**UNIDAD IV: Problemas unidimensionales**

Pozos y barreras cuadrados: Estados libres y ligados. Penetración en barreras. Reflexión y refracción. Efecto tunel. Oscilador armónico. Estados cuánticos. Estados estacionarios y no estacionarios. Molécula diatómica. Ecuación de autovalores: Método algebraico, operadores de aniquilación y creación. Propiedades matemáticas.

**UNIDAD V: Formalismo de la Mecánica Cuántica**

Experimento de Stern Gerlach: espín. Vectores: kets, bras, producto escalar. Operadores: propiedades, producto de operadores. Observables: autovectores y autovalores. Autovectores como kets de base. Representación matricial de vectores y operadores. Conmutadores. Medidas simultaneas de diferentes observables: Observables compatibles e incompatibles. Relaciones de incertidumbre. Cambio de bases, observables equivalentes. Posición, momento y traslaciones: Operadores con espectro continuo, normalización. Función Delta de Dirac. Evolución temporal. Representaciones de Schrodinger, Heisenberg e Interacción. Vectores de base y operadores en dichas representaciones. Conexión con la mecánica clásica.

**UNIDAD VI: Momento Angular**

Rotaciones y relaciones de conmutación de momento angular. Sistemas de espín  $\frac{1}{2}$  y rotaciones finitas. Operadores compatibles de momento angular. Autovalores y autovectores. Elementos de matriz. Momento angular orbital. Operadores en coordenadas esféricas: Armónicos esféricos y Polinomios de Legendre. Regla de suma de armónicos esféricos. Ecuación de Laplace en coordenadas esféricas. Suma de momentos angulares. Coeficientes de Clebsch Gordan. Integrales de productos de armónicos esféricos.

**UNIDAD VI: Sistemas de dos partículas: Potencial central**

Separación de variables usando las coordenadas reducidas y de centro de masa. Ecuación de Schrodinger para las coordenadas reducidas. Ecuación radial. Propiedades matemáticas. Partícula libre: funciones esféricas de Bessel. Desarrollo de una onda plana en funciones de Bessel. Átomo de hidrógeno. Solución en terminos de funciones hipergeométricas confluentes. Estados ligados: Polinomios de Laguerre. Espectro del hidrógeno. Densidades electrónicas. Ecuación en coordenadas parabólicas. Solución para estados libres del hidrógeno. Soluciones numéricas de la ecuación radial para estados libres y ligados de potenciales de Coulomb modificados. Desfasajes. Extensión al caso de tres partículas. Operadores en coordenadas curvilíneas. Coordenadas de Jacobi. Separación de variables y soluciones aproximadas en función de soluciones de sistemas de dos cuerpos.





Anexo I de la Res. C.D. N° 347/08 - Expediente N° 8.342/08

**Bibliografía:**

- Introduction to Quantum Mechanics: A.C. Phillips, (Wiley) 2003.  
Quantum Mechanics: An Introduction: Walter Greiner, (Springer-Verlag) 2001.  
Modern Quantum Mechanics: J. J. Sakurai, (Addison-Wesley) 1994.  
Quantum Mechanics I: A. Galindo, P. Pascual, (Springer-Verlag) 1990.  
Mathematical Analysis of Physical Problems: Philips R. Wallace, (Dover Publications Inc.) 1984  
Mathematical Methods for Physicist: G.B. Arfken, H.J. Weber, (Harcourt Academic Press) 2001.  
Mathematical Physics: Eugene Butkov, (Addison-Wesley) 1973.  
RADIAL a FORTRAN subroutine package for the solutions of the radial Schrodinger and Dirac wave equations: F. Salvat, J.M. Fernández-Varea y W. Williamson Jr. (Computer Physics Communications, 90, 151) 1995

\*\*\*\*\*

Dr. JORGE FERNANDO YAZLLE  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS



ing. NORBERTO ALEJANDRO BONINI  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS