

# FISICA TEORICA 2

## Cronograma de clases teóricas

Licenciatura en Ciencias Físicas  
Departamento de Física, FCEyN, UBA  
Segundo Cuatrimestre 2023  
Prof. Pablo I. Tamborenea  
JTP: Bryan Malpartida  
Ay. 1era: Maxi Ferro, Alejandro Hacker  
Ay. 2da: Joaquín Iturriza Ramirez, Iván Queirolo

**Clase 1 (martes 15/08)** - Introducción al curso. Ecuación de ondas de una cuerda, modos normales. Electrón en un pozo de potencial infinito: Espacio de Hilbert. Notación de Dirac. Kets, producto escalar y bras. Linealidad y antilinealidad del producto escalar.

**Clase 2 (viernes 18/08)** Propiedades del producto escalar en notación de Dirac. Operadores en notación de Dirac. Operador de transición y proyector. Bases y representaciones en el espacio de estados.

**Clase 3 (martes 22/08)** Producto escalar en componentes. Elemento de matriz de un operador. Valor medio del operador. Conjugación Hermítica de una expresión. Operador Hermítico o autoadjunto. Mención de cambio de base. Autovalores y autovectores de un operador.

**Clase 4 (viernes 25/08)** Teoremas: Los autovalores de un operador Hermítico son reales, autovectores con autovalores distintos son ortogonales. Postulados de la mecánica cuántica, del 1 al 4.

**Clase 5 (martes 29/08)** Bryan da esta clase. Observables que conmutan. CCOC: conjunto completo de observables que conmutan. Producto tensorial y sistemas compuestos.

**Clase 6 (viernes 01/09)** Relación de clausura en el espacio de Hilbert de funciones de cuadrado integrable. Base especial de ondas planas, relación de clausura y ortonormalidad. Postulados de la mecánica cuántica: repaso y extensión del cuarto postulado al caso de espectro continuo, quinto y sexto.

**Clase 7 (martes 05/09)** Otra base especial con índice continuo: la delta de Dirac en coordenadas. Notación de las bases con índice continuo, ortonormalidad y clausura. Tabla II-4. Representaciones  $|\mathbf{r}\rangle$  y  $|\mathbf{p}\rangle$ : introducción. Reglas de cuantización para observables.

**Clase 8 (viernes 8/09)** Representaciones  $|\mathbf{r}\rangle$  y  $|\mathbf{p}\rangle$ . Operadores  $X$  en la representación de posición y  $P$  en las representaciones de momento y de posición. Demostración de la relación canónica de conmutación entre  $X$  y  $P$ .

**Clase 9 (martes 12/09)** Oscilador armónico: formulación. Operadores de subida y de bajada. Autovalores de  $N$ . Estado fundamental y estados excitados.

**Clase 10 (viernes 15/09)** Valor medio de un observable en un estado. Desviación cuadrática media de un observable en un estado. Relación de incerteza de Heisenberg (sin demostración). Estado Gaussiano: mínima incerteza. Introducción a momento angular orbital, conmutadores entre sus componentes. Definición de momento angular general. Operador  $J^2$ . Operadores de subida y de

bajada.

**Martes 19/09 RAFA - no hay clase**

**Viernes 22/09 RAFA - no hay clase**

**Clase 11 (martes 26/09)**

Dinámica cuántica. Conservación de la norma del estado. Conservación de la densidad de probabilidad. Evolución del valor medio de un observable. Teorema de Ehrenfest. Autovalores de  $J^2$  y  $J_z$  y sus autovectores comunes.

**Clase 12 (viernes 29/09)** Sistemas conservativos: estados estacionarios, constantes de movimiento, buen número cuántico.

Autovalores de  $J^2$  y  $J_z$ ,  $m$  acotado por  $j$ , valores posibles de  $j$  y  $m$ .

**Clase 13 (martes 03/10)** Normalización de  $J+|jm\rangle$ . Matriz de operadores de momento angular. Postulados adicionales de espín. Espin  $\frac{1}{2}$ : estados y operadores.

Operador de evolución. Asignado para lectura: operadores unitarios y representación de Heisenberg.

**Clase 14 (viernes 06/09)** Estados de una partícula de espín  $\frac{1}{2}$ . Espinores. Estados producto. Operadores en notación de espinores.

**Martes 10/10 - Primer Parcial**

**Viernes 13/10 – FERIADO**

**Clase 15 (martes 17/10)** Suma de momentos angulares: suma de dos espines  $\frac{1}{2}$ , método elemental por diagonalización de  $S_z$  y  $S^2$ .

**Clase 16 (viernes 20/10)** Dos ejemplos breves de  $H$  con dos espines. Suma de momentos angulares: motivación del método general. Caso general  $J_1+J_2$  : Planteo.

**Clase 17 (martes 24/10)** Caso general  $J_1+J_2$  : Solución. Coeficientes de Clebsch-Gordan. Operador de traslación.

**Clase 18 (viernes 27/10)** Generador de traslaciones e invariancia traslacional. Repaso: conservación y simetría en mecánica clásica. Simetrías en mecánica cuántica. Operadores unitarios, propiedades.

**Clase 19 (martes 31/10)** Operadores unitarios, más propiedades. Operador de evolución. Operador paridad.

**Clase 20 (viernes 03/11)** Funciones de onda y paridad. Paridad de autoestados de  $H$ , reglas de selección.

**Clase 21 (martes 07/11)** Perturbaciones independientes del tiempo: Planteo del problema. Perturbación de un nivel no degenerado: primer orden en la energía y el estado.

**Clase 22 (viernes 10/11)** Perturbación de un nivel no degenerado: segundo orden en la energía. Perturbación de un nivel degenerado. Pictures o representaciones: breve repaso de Schrödinger y Heisenberg.

**Clase 23 (martes 14/11)** Picture de interacción o de Dirac. Ecuación de Tomonaga-Schwinger. Serie de Dyson. Probabilidad de transición.

**Clase 24 (viernes 17/11)** Tratamiento perturbativo dependiente del tiempo. Perturbación constante. Regla de oro de Fermi.

**Clase 25 (martes 21/11)** Sistemas cuánticos de varias partículas. Definición del problema de partículas idénticas. Postulado de simetrización con dos partículas. Operadores de permutación de N partículas. Kets completamente simétricos y antisimétricos.

**Clase 26 (viernes 24/11)** Postulado de simetrización. Construcción de estados. Simetrización de observables. Ejemplo: dos electrones.

Espinores de espín  $\frac{1}{2}$ , repaso y comentarios adicionales. Experimento de Stern-Gerlach. Preparación de estados de espín.

## **Martes 28/11 - Segundo Parcial**

### **Fuentes principales:**

(1) Quantum Mechanics, Vols. I and II, C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë.

(2) Modern Quantum Mechanics, J. J. Sakurai.

(3) Notas de clase de P. Tamborenea posteadas en página web de la materia.

(4) Clases en pdf de la cursada del 2021 (segundo cuatrimestre) y clases grabadas en canal de YouTube del mismo cuatrimestre.