

Temas introductorios de óptica cuántica: interacción entre la luz y los átomos

Cecilia Cormick - FAMAF, Universidad Nacional de Córdoba

Curso optativo para la carrera de Doctorado en Física - FCEN, UBA

Descripción del curso

- Carga horaria total: Ocho clases de 9 a 13 hs, combinando teoría y problemas, con una pausa en medio.
- Fechas convenidas:
 - viernes 15 y lunes 18 de mayo
 - viernes 29 de mayo y lunes 1 de junio
 - viernes 12 y lunes 15 de junio
 - viernes 26 y lunes 29 de junio
- Conocimientos previos asumidos: Física Teórica II - fundamentos de mecánica cuántica (incluyendo notación de Dirac) y nociones básicas de física atómica.
- Requisitos de aprobación:
 - Asistencia a clases y resolución de problemas durante la clase.
 - Entrega de todos los ejercicios resueltos al final de la cursada.
 - Resolución de un trabajo práctico final domiciliario.

Programa tentativo

1. **Interacción semiclásica entre luz y átomos** (15/5)
Hamiltoniano de acoplamiento, tratamiento para acoplamiento débil y aproximación de onda rotante.
Átomo de dos niveles: oscilaciones de Rabi, AC Stark shift.
Emisión espontánea: Coeficientes de Einstein y breve discusión del ancho de línea.
2. **Campo electromagnético cuantizado** (18/5)
Definiciones y aclaraciones, sin derivación, para volumen infinito y en una cavidad lineal.
Estados del campo cuántico: estados de Fock, coherentes, térmicos.
3. **Interacción entre los átomos y la radiación óptica cuantizada** (29/5)
Electrodinámica cuántica en cavidades: Modelo de Jaynes-Cummings.
Teoría de Wigner-Weisskopf de la emisión espontánea.
4. **Tratamiento como sistema cuántico abierto** (1 y 12/6)
Matriz densidad, breve repaso de las propiedades.
Derivación de la ecuación maestra para un átomo de dos niveles interactuando con el vacío del campo.

Breve discusión de tratamientos alternativos a la ecuación maestra para sistemas cuánticos abiertos: formalismos de “input-output” y de “saltos cuánticos”.

Ecuaciones de Bloch, estado estacionario.

5. **Fuerzas ópticas sobre los átomos** (12 y 15/6)

Presión de radiación y enfriamiento Doppler.

Potencial óptico y trampas dipolares.

Enfriamiento sub-Doppler por efecto Sísifo.

6. **Trampas de iones y manipulación de iones atrapados** (26 y 29/6)

Principios básicos de trampas de Penning y de Paul.

Grados de libertad internos y externos de un único ion; manipulación con láseres.

Enfriamiento láser en trampas de iones.

Algunas ideas básicas sobre manipulación de un sistema de varios iones, y “compuertas” para información cuántica.

Algunos temas adicionales tratados en la clase de problemas

- Procedimiento de eliminación adiabática en el caso de evolución coherente.
- Transiciones “prohibidas” generadas a través de procesos de dos fotones.
- Régimen dispersivo del modelo de Jaynes-Cummings.
- Modelo de Jaynes-Cummings efectivo para un ensamble de átomos.
- Ecuación para la evolución temporal para una cavidad bombeada por un láser.
- Evolución de observables utilizando la ecuación maestra.
- Bombeo óptico.
- Generación de interacciones entre estados internos de distintos iones a través de la repulsión de Coulomb.

Bibliografía recomendada

Para el nivel del curso (no los mejores textos, sino de los más accesibles):

- M. Lukin, notas para el curso “Modern Atomic and Optical Physics II” (Harvard), disponibles en <http://lukin.physics.harvard.edu/teaching/>
- M. Fox, “Quantum Optics” (Oxford University Press).
- C. Gerry and P. Knight, “Introductory Quantum Optics” (Cambridge University Press).

En un nivel más avanzado (más confiables como material de referencia):

- R. Loudon, “The Quantum Theory of Light” (Oxford University Press).
- D. F. Walls and G. F. Milburn, “Quantum Optics” (Springer).
- M. Scully and M. S. Zubairy, “Quantum Optics” (Cambridge University Press).
- C. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc, and G. Grynberg, “Atom-Photon Interactions” (Wiley).