

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
POSTGRADO EN FÍSICA

INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA CUÁNTICA RELATIVISTA

Profesor: Salvatore De Vincenzo ¹

Materia: electiva

Tipo de curso: teórico

Unidades: 4

Duración: 16 semanas (4 horas semanales)

OBJETIVOS GENERALES

- Introducir al estudiante en la mecánica cuántica relativista.
- Estudiar las más importantes ecuaciones de la mecánica cuántica relativista, sus más importantes propiedades, soluciones y aplicaciones.
- Servir de introducción y de fundamento a los cursos de Teoría Cuántica de Campos, Partículas Elementales, Electrodinámica Cuántica, Teoría de Calibre de las Interacciones Débiles, y Cromodinámica Cuántica.

PROGRAMA

1. Introducción

- 1.1. La ecuación de Schrödinger-Pauli: el espín.
- 1.2. La mecánica clásica relativista. Antipartículas en la mecánica clásica relativista.
- 1.3. El grupo de Lorentz.
- 1.4. Problemática en la elaboración de una mecánica cuántica relativista.
- 1.5. El procedimiento de cuantización.

2. Ecuaciones de onda relativistas para partículas de espín entero

- 2.1. Derivación de la ecuación de Klein-Gordon: partícula de espín cero.
- 2.2. Partícula libre de espín cero. El límite no-relativista para la partícula libre.
- 2.3. Tensor energía-momentum para el campo de Klein-Gordon.
- 2.4. La ecuación de Klein-Gordon en la forma de la de Schrödinger.
- 2.5. Conjugación de carga, estados de energía negativa y antipartículas.
- 2.6. Partícula libre de espín cero en la representación de Feshbach-Villars.
- 2.7. Partícula de espín cero en un campo electromagnético: ejemplos de soluciones. El límite no-relativista con campos.
- 2.8. Interpretación de los operadores para una sola partícula en la mecánica cuántica relativista descrita con la ecuación de Klein-Gordon.

¹<http://fisica.ciens.ucv.ve/~svincenz/svincenz.html>

2.9. El campo electromagnético y su cuantización: ecuación de onda para el fotón. Polarización del fotón.

2.10. Las ecuaciones de Proca.

3. Ecuaciones de onda relativistas para partículas de espín semi-entero

3.1. Derivación de la ecuación de Dirac: partícula de espín $1/2$.

3.2. Partícula de Dirac libre. Interpretación del modelo de una sola partícula para las ondas planas libres de Dirac.

3.3. Límite no-relativista para la ecuación de Dirac. Evolución temporal de valores medios.

3.4. Propiedades de invariancia de la ecuación de Dirac: propiedades de las matrices de Dirac. Independencia de la representación. Covariancia de Lorentz de la ecuación de Dirac. Inversión espacial. Cantidades covariantes.

3.5. Ecuación de Dirac de segundo orden.

3.6. Soluciones de la ecuación de Dirac libre por medio de transformaciones de Lorentz.

3.7. Partículas de Dirac en campos externos: ejemplos de soluciones. Métodos matriciales. El potencial central. Discusión del corrimiento Lamb. Estructura hadrónica. Clasificación de campos externos: potencial escalar. Potencial vector electromagnético. Momento magnético y eléctrico anómalo. Potencial pseudovector y pseudoescalar.

3.8. La transformación de Foldy-Wouthuysen.

3.9. La ecuación de Dirac en $1+1$ y $2+1$ dimensiones: modelos unidimensionales y bidimensionales. Interacciones puntuales. Cables cuánticos. Teorías tensoriales equivalentes.

3.10. La paradoja de Klein.

3.11. La teoría de huecos: el positrón. Conjugación de carga, inversión temporal y simetría CPT . La interpretación de Feynman-Stückelberg de las soluciones de energía negativa.

3.12. Nociones de supersimetría para la ecuación de Dirac: ejemplos.

3.13. Fermiones con masa cero (o casi cero): el neutrino. La ecuación de Weyl. La quiralidad de los estados. Soluciones y simetrías para la ecuación de Weyl.

3.14. La ecuación de Majorana.

4. Aplicaciones en la electrodinámica cuántica

4.1. Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo.

4.2. Reglas para amplitudes de escátering en la prescripción de Feynman-Stückelberg.

4.3. Electrodinámica de partículas sin espín y con espín $1/2$: ejemplos simples de procesos fundamentales entre partículas. Diagramas de Feynmann. Secciones eficaces.

EVALUACIÓN

- Consistirá en la realización de tareas semanales con un valor de 80 % de la nota definitiva.

- El estudiante deberá leer, preparar y presentar algún trabajo de investigación seleccionado con un valor de 20 % de la nota definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

[1] W. Greiner, *Relativistic Quantum Mechanics*, 3rd Edition (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2000).

[2] F. Gross, *Relativistic Quantum Mechanics and Field Theory* (Wiley-VCH, Weinheim, 2004).

- [3] F. Halzen y A. D. Martin, *Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics* (John Wiley & Sons, New York, 1984).
- [4] B. Thaller, *The Dirac Equation* (Springer-Verlag, New York, 1992).
- [5] V. G. Bagrov y D. M. Gitman, *Exact Solutions of Relativistic Wave Equations* (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1990).
- [6] M. D. Scadron, *Advanced Quantum Theory*, 3rd Edition (Imperial College Press and World Scientific Publishing, London and Singapore, 2007).
- [7] J. J. Sakuray, *Advanced Quantum Mechanics* (Addison-Wesley, Reading, MA, 1978).
- [8] F. J. Ynduráin, *Mecánica Cuántica Relativista* (Alianza Editorial, Madrid, 1990).
- [9] J. D. Bjorken y S. D. Drell, *Relativistic Quantum Mechanics* (McGraw-Hill, New York, 1964).
- [10] A. Messiah, *Quantum Mechanics, Vol. II* (North-Holland, Amsterdam, 1966).
- [11] G. Baym, *Lectures on Quantum Mechanics* (W. A. Benjamin, New York, 1969).
-