

# TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS

Curso Introductorio del Posgrado en Ciencias Físicas, Semestre 2023-1

Alberto Güijosa, [alberto@nucleares.unam.mx](mailto:alberto@nucleares.unam.mx)

Salón de Seminarios de Altas Energías y Gravitación (A225)

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

Lunes, miércoles y viernes 11:00-13:00 (iniciar **11:10** en punto)

Lunes 8 de agosto – viernes 25 de noviembre, 2022

Ayudante: Benjamín Luna Verónico, [benjamin.luna@correo.nucleares.unam.mx](mailto:benjamin.luna@correo.nucleares.unam.mx)

## Temario

- 1. Mecánica Cuántica Relativista:** Breve repaso de mecánica cuántica. Propagador relativista y antipartículas. Simetrías y grupos de Lie. Grupo de Poincaré. Simetrías en mecánica cuántica. Construcción de estados de una partícula. Estados de multipartículas. Estados entrantes/salientes y matriz S. Espacio de Fock y operadores de creación y aniquilación. Límite no relativista. Interacciones y microcausalidad. Campos.
- 2. Campo Escalar Libre:** Lagrangiano y ecuaciones de movimiento. Simetrías y teorema de Noether. Paréntesis de Poisson. Cuantización canónica del campo escalar real. Propagadores libres y causalidad. Campo complejo y su cuantización. Comentarios sobre la relación entre el campo y las partículas correspondientes.
- 3. Campo de Dirac Libre:** Espinores y matrices gamma. Tensores a partir de espinores. Lagrangiano de Dirac. Soluciones a la ecuación de Dirac. Cuantización canónica del campo de Dirac. Positividad de la energía y teorema espín-estadística. Propagador de Dirac. Paridad, inversión temporal, conjugación de carga y teorema CPT.
- 4. Campo Vectorial Libre:** Campo vectorial sin masa e invariancia de norma. Simetría local  $U(1)$  y derivada covariante. Esbozo de generalización a grupo de norma no abeliano. Cuantización canónica en norma de Coulomb. Cuantización canónica en norma de Lorentz (formalismo de Gupta-Bleuler). Propagador.
- 5. Interacciones y Expansión Perturbativa:** Cuadro de interacción y operador de evolución. Funciones de correlación y tratamiento perturbativo. Teorema de Wick. Diagramas de Feynman para campo escalar con autointeracción cuántica. Representación espectral de Källen-Lehmann y fórmula de reducción LSZ. Matriz T y diagramas conectados. Sección eficaz y tasa de decaimiento.
- 6. Procesos a Nivel Árbol en Electrodinámica Cuántica:** Reglas de Feynman para la electrodinámica cuántica. Dispersión de electrones y muones. Efectos de polarización y trazas sobre matrices de Dirac. Aniquilación electrón-positrón. Efecto Compton.
- 7. Cuantización por Integral de Trayectoria (¡si el tiempo lo permite!):** Integral Hamiltoniana y Lagrangiana en mecánica cuántica. Integral para campos escalar, electromagnético y fermiónico. Integrales Gaussianas. Propagadores. Diagramas de Feynman a partir de integral funcional.

## Evaluación del Curso

40% Tareas (largas, alrededor de 6) + 30% Examen Parcial + 30% Examen Final

## Comentarios/Recomendaciones

- Apuntes, índice de apuntes y tareas en <http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/apuntes>

- Es *imposible* asimilar razonablemente bien un tema de posgrado sin trabajar duro fuera de clase, y menos tratándose de un tema tan resbaloso como teoría de campos.
- El método de presentación de este curso (proyectado en pantalla) tiene ventajas; pero si no tienen cuidado, puede ser *muy engañoso* en cuanto a lo que van aprendiendo.
- Por favor frenen y enriquezcan mi exposición haciendo *muchas* preguntas, desde el principio. No hay tal cosa como una pregunta tonta; lo tonto es no preguntar.
- Consulten en otras fuentes y repasen los apuntes entre una clase y la que sigue para asegurarse de que son capaces de reconstruir ustedes mismos la historia que les voy platicando. Traten también de al menos hojear los apuntes de la clase siguiente.
- Hagan las tareas no por la calificación, sino para aprender. Frecuentemente pretendo que con ellas cubran más material del que me da tiempo de exponer en clase.
- Conforme vayamos avanzando, por favor externen con toda confianza cualquier queja, petición, preocupación, etc. que tengan respecto del curso.
- Soy teórico formal y no fenomenólogo. Nuestro énfasis será más en *entender* el lenguaje de campos que en aprender a calcular secciones eficaces (aunque sí haremos lo segundo). En cambio, el curso introductorio *Física de Partículas Elementales*, que debe ser impartido el próximo semestre, tiene énfasis fenomenológico. Este semestre son de interés también los cursos *Astropartículas* (M.Mondragón & L.Nellen), *Supersimetría* (M. García) y *Cuantización de Teorías de Norma* (J.A.García).

## Bibliografía

### Textos más cercanos al material del curso:

- R. Feynman, *The Reason for Antiparticles*, en *Elementary Particles and the Laws of Physics, The 1986 Dirac Memorial Lectures*, Cambridge University Press (1987).  
 S. Weinberg, *The Quantum Theory of Fields, Vol. I*, Cambridge University Press (2005).  
 David J. Gross, *Lectures on Quantum Field Theory* (~1995, sin publicar).  
 W. Greiner y J. Reinhardt, *Field Quantization*, Springer (1993).  
 M.E. Peskin y D.V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Ad-Wes (1995).

### Otros textos potencialmente útiles (junto con otras $10^{100}$ posibilidades...):

- D. Tong, *Lectures on Quantum Field Theory* (~2013, sin publicar)  
<http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/qft.html>  
 M. Srednicki, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press (2005),  
 disponible (como borrador) en <http://www.physics.ucsb.edu/~mark/qft.html>  
 A. Duncan, *The Conceptual Framework of Quantum Field Theory*, Oxford U.P. (2012).  
 M. Maggiore, *A Modern Introduction to Quantum Field Theory*, Oxford U.P. (2005).  
 A. Zee, *Quantum Field Theory in a Nutshell*, Princeton University Press (2003)  
 V. Radovanovic, *Problem Book in Quantum Field Theory*, Springer (2008).  
 L. H. Ryder, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press (1996).  
 P. Ramond, *Field Theory: A Modern Primer*, Addison-Wesley, Front. Phys. vol. 74 (2001).  
 L. S. Brown, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press (1994).  
 R. B. Klauber, *Student Friendly Quantum Field Theory*, Sandtrove Press (2013).  
 T. Lancaster and S. J. Blundell, *Quantum Field Theory for the Gifted Amateur*, Oxford U. P. (2014).  
 H. Georgi, *Lie Algebras in Particle Physics*, Perseus Books Group (1999).  
 R. Rajaraman, *Solitons and Instantons*, North Holland (1989).  
 N.D. Birrell, P.C.W. Davies, *Quantum Fields in Curved Space*, Cambridge U. P. (1984).  
 R.P. Feynman, A.R. Hibbs, *Quantum Mechanics and Path Integrals*, McGraw Hill (2005).