

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Efecto Unruh y ruptura espontánea de simetría

Plazas:

2

Objetivos:

Se trata de investigar el comportamiento del estado fundamental de un sistema descrito por una teoría cuántica de campos con ruptura espontánea de simetría desde el punto de vista de un observador uniformemente acelerado.

Metodología:

Tras un periodo de introducción en el problema el alumno realizará cálculos analíticos y numéricos para describir la evolución del estado fundamental del sistema en función de la aceleración del observador.

Actividades
Formativas

Asistencia a seminarios y grupos de trabajo organizados por el Departamento de Física Teórica I.

Bibliografía:

Quantum Fields in Curved Space. Birrell and Davies. Cambridge University Press. 1982.

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Juan José Sanz Cillero

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Potencial efectivo del Higgs en el marco del *Electroweak Chiral Lagrangian*

Plazas:

2

Objetivos:

El descubrimiento del Higgs y el estudio de sus propiedades lo han confirmado como el responsable de la ruptura de la simetría electrodébil, que da masa a los bosones gauge W , Z y a los quarks y leptones cargados. En el potencial $V(h)$ del campo del Higgs h surge un mínimo asimétrico $h^{\min} \neq 0$ de tal modo que el estado de mínima energía –el vacío– se vuelve asimétrico (ruptura espontánea de la simetría electrodébil).

En este trabajo, se trata de hacer una revisión bibliográfica y extraer conclusiones sobre el impacto de las desviaciones respecto al Modelo Estándar en el potencial efectivo del Higgs. El estudio de estas desviaciones se hará desde el punto de vista de la teoría efectiva de bajas energías más general para el Higgs (Electroweak Chiral Lagrangian con un Higgs ligero, ECLh).

En concreto, se abordarán los siguientes objetivos:

- a. Estudio bibliográfico del potencial del Higgs en el Modelo Estándar y la ruptura espontánea de simetría electrodébil.
- b. Estudio del impacto de las correcciones al potencial del Higgs al nivel de un loop cuántico en el marco del ECLh.
- c. Estudio del caso en que la ruptura de simetría y la aparición de un mínimo asimétrico $h^{\min} \neq 0$ en el potencial es generado a través de loops cuánticos.

Metodología:

Dentro de este proyecto, el alumno trabajará en la aplicación directa de los conceptos y técnicas impartidas en las asignaturas de *Partículas Elementales, Campos cuánticos y Simetrías y Grupos en Física*.

Actividades
Formativas

En particular, desarrollará un trabajo fundamentalmente teórico. Se aprenderá a manejar el concepto de potencial efectivo en teoría cuántica de campos –del campo de Higgs en concreto–. Se estudiará sus simetrías y las consecuencias de su ruptura. Para ello, el alumno leerá una serie de referencias, reproduciendo e interpretando algunos de los resultados más relevantes.

Bibliografía:

- Antonio Pich , “The Standard Model of Electroweak Interactions” (Lectures given in the 2010 European School of High Energy Physics (ESHEP 2010)), [arXiv:1201.0537 [hep-ph]]
- Sidney R. Coleman, Erick J. Weinberg , “Radiative Corrections as the Origin of Spontaneous Symmetry Breaking”, Phys.Rev. D7 (1973) 1888-1910.
- Feng-Kun Guo, Pedro Ruiz-Femenía and Juan José Sanz-Cillero, “One loop renormalization of the electroweak chiral Lagrangian with a light Higgs boson”, Phys.Rev. D92 (2015) 074005.
- Rodrigo Alonso, Elizabeth E. Jenkins, Aneesh V. Manohar. “A Geometric Formulation of Higgs Effective Field Theory: Measuring the Curvature of Scalar Field Space”, Phys.Lett. B754 (2016) 335-342; “Geometry of the Scalar Sector”, [arXiv:1605.03602 [hep-ph]].

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Teoría de la Información Cuántica

Plazas:

2

Objetivos:

Hacer una introducción a la teoría de la información cuántica mostrando cuales son sus principios y relación con la mecánica cuántica y con la teoría de la información clásica. Estudiar protocolos y algoritmos relevantes como: teleportación cuántica, codificación densa, algoritmos de Grover y Shor. Perspectivas actuales para su desarrollo.

Metodología:

Reuniones periódicas con el alumno y estudio guiado de la bibliografía básica y fuentes en la red.

Actividades
Formativas

Asistencia a seminarios organizados por el Grupo de Información y Computación Cuántica de la Facultad de CC. Físicas.
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giccucm/index.php/GICC.html>

Bibliografía:

1) Physics World
Ejemplar de la revista de Marzo, 1998
2) "*Information and Computation: Classical and Quantum aspects*"
Galindo, A., Martín-Delgado, M.A., Rev.Mod.Phys.74, 347 (2002)
3) "*Quantum Computation and Quantum Information*"
Nielsen, M.A., I.L. Chuang, Cambridge Univ. Press 2000.

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Computación Cuántica Topológica: Una Introducción

Plazas:

1

Objetivos:

Hacer una introducción a la teoría de la computación cuántica topológica mostrando cuales son sus principios y relación con la mecánica cuántica. Estudiar como la topología ayuda a la construcción de ordenadores cuánticos robustos frente a la descoherencia y al ruido externo. Estudiar modelos simples con topología cuántica como el modelo de Kitaev y los códigos topológicos de color. Mostrar su relación con nuevas fases cuánticas de la materia llamadas órdenes topológicos y con la existencia de anyones. Perspectivas actuales para su desarrollo.

Metodología:

Reuniones periódicas con el alumno y estudio guiado de la bibliografía básica y fuentes en la red.

Actividades
Formativas

Asistencia a seminarios organizados por el Grupo de Información y Computación Cuántica de la Facultad de CC. Físicas.
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giccucm/index.php/GICC.html>

Bibliografía:

1) Physics World
Ejemplar de la revista de Marzo, 1998
2) "Information and Computation: Classical and Quantum aspects"
Galindo, A., Martín-Delgado, M.A., Rev.Mod.Phys.74, 347 (2002)
3) "Quantum Computation and Quantum Information"
Nielsen, M.A., I.L. Chuang, Cambridge Univ. Press 2000.

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

El barión ausente: ¿dónde está el singlete de sabor de SU(3)?

Plazas:

3

Objetivos:

Los quarks u, d, s proporcionan la representación fundamental de SU(3), el grupo de simetría (aproximada) de sabor. Con 3 quarks se pueden construir 2 representaciones octete de este grupo (utilizadas en la construcción de las funciones de onda del nucleón y varios hiperones, todos conocidos); un decuplete (las Deltas y varios hiperones, igualmente conocidos); y finalmente un singlete de sabor que no se ha descubierto, por tener una función de onda espacial excitada que lo elevan en el espectro. Los objetivos a alcanzar son:

- a. Entender la construcción de funciones de onda en el modelo quark y escribir la de este barión.
- b. Entender sus canales de desintegración aplicando todas las leyes de conservación adecuadas para las interacciones fuertes, y ser capaz de seguir la literatura relevante.
- c. Entender el espectro hadrónico para poder colocar este barión en su lugar correspondiente.
- d. Entender los cálculos numéricos necesarios, tanto los variacionales en el modelo quark, como los del retículo en QCD, para predecir las propiedades de este barión.

Metodología:

El o los alumnos que emprendan este trabajo:

- a) Buscarán y estudiarán las predicciones del modelo quark para este barión (masa, anchura, canales de desintegración...).
- b) Buscarán y estudiarán las predicciones de los posibles cálculos que se hayan llevado a cabo en el retículo, y eventualmente construirán

el operador que permite calcularlo.

c) Estudiarán los experimentos que hubieran podido descubrir este barión, así como aquellos contemporáneos que pudieran buscarlo.

d) Podrán llevar a cabo cálculos numéricos variacionales dentro de un modelo para estimar la masa del barión algo mejor que con simples reglas de suma.

Las asignaturas más relacionadas con este trabajo son la Mecánica Cuántica, Grupos y Simetrías en Física, y Partículas Elementales. Es recomendable también haber cursado Física Computacional y campos cuánticos (de lo contrario será difícil alcanzar el objetivo d).

Actividades
Formativas

Consulta bibliográfica científica, seguimiento de cálculos teóricos y resultados experimentales, cálculo numérico propio, etc.

Bibliografía:

- Ulrich Loring, Bernard C. Metsch, Herbert R. Petry, Eur.Phys.J. **A10** (2001) 447-486
 - Nathan Isgur, Gabriel Karl, Phys.Rev. **D18** (1978) 4187
 - W. Melnitchouk et al., Phys.Rev. **D67** (2003) 114506
 - Gattringer, Christof; Lang, Christian B.
Quantum Chromodynamics on the Lattice: An Introductory Presentation.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg (2010)
DOI 10.1007/978-3-642-01850-3
- Review of Particle physics: <http://pdg.lbl.gov/>

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Teoría Cuántica de la Medida: Entrelazamiento y Coherencia

Plazas:

2

Objetivos:

- Introducir al alumno en la descripción formal de la coherencia cuántica y el entrelazamiento.
- Entender qué papel juegan estos fenómenos en la teoría cuántica de la medida.
- Explorar su utilidad para mejorar estándares de frecuencia y precisión de relojes.

Metodología:

Aunque no es imprescindible, se recomienda que el alumno haya cursado/esté cursando las asignaturas de “Mecánica Cuántica”, “Física Atómica y Molecular” y “Coherencia Óptica y Laser”.

El alumno dedicará tiempo a revisar la literatura a fin de comprender los conceptos implicados en el trabajo con mayor profundidad de la requerida en las asignaturas de grado. Deberá entender la descripción formal de fenómenos fundamentales de la teoría cuántica como la coherencia y el entrelazamiento. Por otra parte, también podrá adquirir competencias prácticas estudiando cómo estas propiedades permiten mejorar la precisión en la medida de tiempo, frecuencia o longitud con sistemas cuánticos controlados. Finalmente el alumno realizará algún cálculo sencillo familiarizándose con la tecnología actual en el campo.

Actividades
Formativas

Asistencia a seminarios organizados por el Grupo de Información y Computación Cuántica de la Facultad de CC. Físicas.
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giccucm/index.php/GICC.html>

Bibliografía:

- A. Streltsov, G. Adesso, M. B. Plenio, *Quantum Coherence as a Resource*, arXiv:1609.02439.
- C. L. Degen, F. Reinhard, P. Cappellaro, *Quantum Sensing*, arXiv:1611.02427.
- S. F. Huelga et al. *Improvement of Frequency Standards with Quantum Entanglement*, Phys. Rev. Lett. **79**, 3865 (1997).

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Desigualdades de Bell y su comprobación experimental

Plazas:

2

Objetivos:

Los objetivos son dos:

Comprender el significado teórico y epistemológico de las desigualdades de Bell.

Revisión actualizada de la bibliografía sobre la situación experimental de dichas desigualdades.

Metodología:

Estudio de la teoría y la formulación de las desigualdades de Bell y las teorías realistas locales.

Actividades
Formativas

Búsqueda de referencias con resultados experimentales recientes.

Bibliografía:

J.S. Bell (1964). "On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox". *Physics*. **1**: 195–200.

J. S. Bell (1987). "Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics". Cambridge University Press.

Alain Aspect; Philippe Grangier; Gérard Roger (1982). "Experimental Realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A New Violation of Bell's Inequalities". *Phys. Rev. Lett.* **49** (2): 91–4.

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Estudio de la Percolación en D=2

Plazas:

2

Objetivos:

- Capacidad de realizar simulaciones en un sistema estadístico sencillo.
- Caracterización de la transición de fase.
- Medida de parámetros críticos.

Metodología:

El alumno realizará una simulación de Monte Carlo de la Percolación en dos dimensiones. Realizará medidas de los parámetros críticos de dicho modelo. Analizará las consecuencias de la simulación en retículos de tamaño finito. Es recomendable que el alumno haya cursado Física Computacional y se matricule en la asignatura de Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos.

Actividades
Formativas

Bibliografía:

- D.Stauffer and A.Aharony. *Introduction to Percolation Theory*
- Newman, Mark; Ziff, Robert, PRL 85 (19): 4104–4107
- K. Binder and D. W. Heermann. *Monte Carlo Simulation in Statistical Physics*

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Relatividad y física cuántica

Plazas:

2

Objetivos:

En este trabajo se trata de analizar posibles inconsistencias o conflictos que presenta el paradigma cuántico dentro la teoría de relatividad. Aclarar estos aspectos es fundamental para encontrar una teoría cuántica de la gravitación. Es bien sabido, que la violación de unitariedad y la no renormalizabilidad de la interacción gravitacional que predice la teoría de relatividad general de Albert Einstein demanda su modificación a altas energías. A pesar de numerosos esfuerzos, la completitud ultravioleta de dicha teoría no está resuelta.

Posibles conflictos entre estos dos conceptos básicos de la física son:

1. La no-localidad cuántica y la estructura del espacio-tiempo.
2. El propio concepto de tiempo dentro de la física cuántica.
3. La medida en mecánica cuántica.

En este trabajo se tratarán de analizar estos problemas individualmente y las relaciones que puedan establecerse entre ellos.

Metodología:

Dentro de este proyecto, el alumno trabajará en la aplicación directa de los conceptos y técnicas impartidas en varias asignaturas obligatorias y de itinerario de grado asociadas a la física cuántica.

Actividades
Formativas

En particular, desarrollará un trabajo fundamentalmente teórico sobre el formalismo de la física y la mecánica cuántica y su proceso de medida en relación con la causalidad y la relatividad. Para ello, el alumno leerá una serie de referencias cuyos resultados deberá reproducir e interpretar.

Bibliografía:

1. J.A. Wheeler, W.H. Zurek, *Quantum theory and measurement* (Princeton University Press, 1983).
2. E. Joos, H. Zeh, C. Kiefer, D. Giulini, J. Kupsch, I.O. Stamatescu, *Decoherence and the appearance of a classical world in quantum theory* (Springer Verlag, Berlin, 2003).
3. M. Schlosshauer, *Decoherence and the quantum-to-classical transition* (Springer: Berlin-Heidelberg, 2007).
4. H.P. Breuer, F. Petruccione, *Relativistic quantum measurement and decoherence* (Springer, 2000).
5. D.S. DeWitt, N. Graham, *The many-worlds interpretation of Quantum Mechanics* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1973).
6. D. Deutsch, *The fabric of reality: the science of parallel universes and its implications* (Penguin Books, 1998).

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2016/17

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento: FÍSICA TEÓRICA I

Título del tema: Geometría del monopol magnético

Plazas: 3

Objetivos:

- Estudio del monopol de Dirac en las ecuaciones de Maxwell. La condición de cuantización de Dirac y la dualidad eléctrica-magnética.
- Analizar la descripción de Wu y Yang de la estructura topológica del monopol de Dirac. Geometría del monopol como fibrado principal.
- Extender el análisis en términos de fibrados principales al instantón de Yang-Mills.
- Estudiar el monopol de 't Hooft-Polyakov y su relación con los grupos de homotopía.

Metodología: El alumno se familiarizará con el problema a través de la lectura y estudio de libros y artículos científicos introductorios relacionados con los objetivos propuestos. El trabajo incluirá la resolución de ejercicios y problemas. Se facilitará el acceso a la bibliografía más relevante.

Actividades Formativas: Asistencia a seminarios y grupos de trabajo organizados por el Grupo de Campos y Cuerdas del Departamento de Física Teórica I, <http://teorica.fis.ucm.es/ft7/grupo-cc.html>

Bibliografía:

- P. A. M. Dirac, "Quantized Singularities in the Electromagnetic Field", Proc. Roy. Soc. Lond. A 133, (1931) 60.
- P. Goddard and D. I. Olive, "New Developments in the Theory of Magnetic Monopoles", Rept. Prog. Phys. 41 (1978) 1357.
- T. Eguchi, P. B. Gilkey and A. J. Hanson, "Gravitation, Gauge Theories and Differential Geometry", Phys. Rept. 66 (1980) 213.

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2017/18

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

Física Teórica I

Título del tema:

Fenómenos críticos

Plazas:

4

Objetivos:

- Conocer los fenómenos críticos y su estudio mediante el Grupo de Renormalización.
- Si los estudiantes manifiestan suficiente interés y conocimientos previos, podría aplicarse el material estudiado en el punto a a un problema moderno en Mecánica Estadística (véanse, por ejemplo [arXiv:1502.02494](https://arxiv.org/abs/1502.02494) o [arXiv:1412.4645](https://arxiv.org/abs/1412.4645)).

Metodología:

Se recomienda encarecidamente cursar la asignatura “Transiciones de Fase y Fenómenos Críticos”, pues el trabajo profundizará en sus contenidos.

Atendiendo a los conocimientos previos del estudiante, el trabajo podría ser de carácter analítico, o bien hacer mayor énfasis en la simulación numérica.

Actividades
Formativas

Bibliografía:

- J. Cardy. *Scaling and Renormalization in Statistical Physics*. Cambridge University Press, (1996).
- D.J. Amit, V. Martín Mayor. *Fields Theory, the Renormalization Group and Critical Phenomena*. 3rd edition, World Scientific, Singapore, (2005).
- K.G. Wilson, *Reviews of Modern Physics* **47**, 773 (1975).

- Victor Martin-Mayor and Itay Hen, [arXiv:1502.02494](#).
- Luis Antonio Fernández and Victor Martin-Mayor, [arXiv:1412.4645](#).