

TEORÍA CUÁNTICA DE SISTEMAS DE MUCHAS PARTÍCULAS

Curso 2009/2010

(Código: 21156168)

1. PRESENTACIÓN

Datos de la asignatura:

Nombre: Teoría cuántica de sistemas de muchas partículas (Quantum theory of many body systems)

Código: 156168

Semestre: Segundo ; Tipo: Optativa ; Carácter: Avanzado

Créditos ECTS: 6 (180 h) ; Horas estimadas de teoría: 50 ; Horas estimadas de trabajo personal: 130

Datos de los Profesores:

Nombre: Francisco Javier Fernández Velicia

Despacho: 224 y 028

Teléfono: 91 398 71 75 y 91 398 71 90

e-mail: fjfernandez@ccia.uned.es

Nombre: Víctor Ramón Velasco Rodríguez

Despacho: 144 en Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC, Sor Juana Inés de la Cruz 3, Cantoblanco, 28049 Madrid

Teléfono: 91 334 90 45

e-mail: vrvr@icmm.csic.es

Horario de tutoría:

Presentaciones breves de los profesores:

Francisco Javier Fernández Velicia - Profesor Titular de Física Teórica en el Departamento de Física de los Materiales de la UNED. Hizo sus estudios de licenciatura en la Universidad de Valladolid. Posteriormente, prosiguió sus estudios de Física Teórica en la Universidad "Ludwig Maximilian" de Munich donde se doctoró en Física Teórica. Posteriormente se doctoró en la Universidad de Valladolid. Ha trabajado inicialmente en distintos campos de la electrodinámica cuántica relativista y en el análisis funcional de problemas ligados a ella. Posteriormente ha trabajado en materia condensada así como en el problema espectral de ecuaciones en diferencias finitas.

Víctor Ramón Velasco Rodríguez - Profesor de Investigación del Área de Ciencia de Materiales del CSIC. Se licenció y



doctoró en la Universidad Autónoma de Madrid. Realizó su postdoctorado en Lille y Milán y ha sido Research Leader en el International Center for Theoretical Physics de Trieste. Su campo de trabajo es la teoría de la materia condensada, y en particular las propiedades electrónicas y vibracionales de sistemas multicapa y nanoestructuras.

Objetivos: Estudio de los sistemas cuánticos formados por partículas idénticas. Sus ideas y técnicas básicas tienen aplicaciones importantes en distintas ramas de la Física Teórica: Física Atómica, Física Nuclear, Materia Condensada, entre otros ejemplos en la teoría de los metales y de los líquidos cuánticos.

Descriptores: Sistemas de partículas idénticas. Bosones y fermiones. Operadores de creación y aniquilación. Estados coherentes fermiónicos y bosónicos. Funcional integral. Integral de camino de Feynmann. Función de partición. Métodos perturbativos a temperatura finita y a temperatura cero. Diagramas de Feynmann y de Hagenholtz. Propagadores fermiónicos a temperatura cero. Funciones de Green. Teoría de Landau de líquidos fermiónicos.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura forma parte del grupo de materias del Master en Física de Sistemas Complejos. En el plan de formación, es una asignatura de nivel avanzado y es necesaria para la ampliación de los conocimientos y técnicas básicas precisas, para poder abordar de forma adecuada el estudio de los sistemas constituidos por muchas partículas idénticas.

Dentro del master en el que esta enclavada, esta relacionada con las asignaturas cuyo estudio requieren del empleo de las técnicas peculiares de la mecánica cuántica avanzada, los métodos de las estadísticas clásica y cuántica avanzadas y los sistemas electrónicos en cuyo estudio se emplea las técnicas de la teoría del funcional densidad.

3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Con objeto de poder desarrollar adecuadamente los objetivos de la asignatura los alumnos deberán tener un conocimiento medio de las siguientes materias y conceptos:

Formulación abstracta de la mecánica clásica:

El funcional de la acción.

Extremales y el funcional de la acción. Ecuaciones de Euler -Lagrange

La formulación de Lagrange y de Hamilton de la mecánica: Transformaciones canónicas.

Análisis funcional.

Espacios de Banach y de Hilbert .

Operadores lineales en el espacio de Hilbert : Espectro de un operador

Proyectores: Descomposición espectral de la unidad .

Operadores hermiticos: Propiedades.

Operadores hermiticos con espectro continuo, cuyos vectores propios constituyen una base en el espacio de Hilbert.

Formulación abstracta de la Mecánica Cuántica.

Espacio de Hilbert al que pertenecen los estados de un sistema cuántico de una partícula : Observables.



Dinámica en sistemas cuánticos de una partícula: Imágenes de Schrödinger, de Heisenberg y de Interacción.

Métodos perturbativos elementales.

Conceptos elementales de sistemas de partículas idénticas.-

Conocimientos básicos de mecánica estadística clásica y cuántica (conjunto microcanónico, canónico y gran canónico):
Función de Partición. Gran Potencial.

Puesto que esta asignatura es de nivel avanzado, es imprescindible realizar una prueba de nivel a los alumnos para poder garantizar el normal desarrollo del aprendizaje previsto en dicha asignatura.

La prueba de nivel será presencial y consistirá en una discusión con el equipo docente que permita evaluar si los alumnos poseen el nivel de conocimientos previos requerido. En el caso de no poseer dicho nivel de conocimiento se les ofrecerían las sugerencias y recomendaciones sobre las materias que deban conocer para poder alcanzar los conocimientos necesarios para poder cursar la asignatura.

-
-

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Dominio de los conceptos de cuasipartícula y cuasi-interacción en sistemas de muchas partículas, así como de las transformaciones canónicas que las determinan.
- Conocimiento profundo del espacio de Hilbert correspondiente a un sistema de partículas idénticas y del espacio de Fock correspondiente a las sumas de los espacios de una partícula, dos partículas, etc. : espacio simétrico (bosones), espacio antisimétrico (fermiones).
- Capacidad de expresar un estado cualquiera en el espacio de Fock, correspondiente a un sistema de muchas partículas, mediante la actuación de los operadores de creación y aniquilación sobre el estado vacío.
- Conocimiento profundo de los operadores de creación y aniquilación que actúan en el espacio de Fock. Expresión de un operador genérico de una o más partículas en términos de los operadores de creación y aniquilación.



- Dominio de la expresión de operadores genéricos en el espacio de Fock en términos de operadores de creación y aniquilación: álgebra de operadores.
- Conocimiento profundo de los estados coherentes bosónicos y fermiónicos. Para ello será necesario alcanzar un buen dominio del álgebra de Grassman
- Dominio del formalismo de segunda cuantización.
- Dominio del concepto de propagador y conocimiento profundo de las técnicas de funciones de Green, métodos perturbativos y diagramas de Feynman.
- Capacidad de comprender adecuadamente los trabajos de investigación relevantes en campos tales: física nuclear, materia condensada, física estadística, etc., donde la aplicación de los métodos y técnicas de la segunda cuantización son muy importantes.

5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

1. Segunda cuantización y estados coherentes.

Recapitulación de la forma abstracta de la mecánica cuántica de sistemas de una partícula. Sistemas de partículas idénticas. Operadores en los sistemas de partículas idénticas: operadores de creación y aniquilación. Estados coherentes bosónicos. Estados coherentes fermiónicos: álgebra de Grassman. Integrales Gaussianas.

2. Formalismo general a temperatura finita.

Introducción: mecánica estadística cuántica; funciones de respuesta física y funciones de Green; estrategias de aproximación.

Formulación del funcional integral: integral de camino de Feynman; integral de camino de Feynman y función de partición; funcional integral de los estados coherentes; la función de partición de sistemas de muchas partículas.

Teoría de perturbaciones: teorema de Wick; diagramas de Feynman; diagramas de Hagenholtz; cálculo de observables y las funciones de Green.

Diagramas irreducibles y ecuaciones integrales; función generatriz para las funciones de Green conexas; el potencial efectivo; la ecuación de Dyson y la auto-energía.

La aproximación de la fase estacionaria; integral en una dimensión; integral de camino de Feynman; función de partición de un sistema de muchas partículas idénticas.

3. Teoría de perturbaciones a temperatura cero.

Diagramas de Feynman. Observables. Propagadores fermiónicos a temperatura cero. Reglas para los diagramas fermiónicos. Bosones. Diagramas de ordenación temporal. Límite a temperatura cero.

4. Funciones de Green.

Introducción; definición; evaluación de observables. Propiedades analíticas: funciones de Green a temperatura cero y a temperatura finita. Contenido físico de la auto-energía: polos y cuasipartículas; la masa efectiva; potencial óptico. La respuesta lineal: la función respuesta; la aproximación de la fase estacionaria (RPA); forma analítica de la RPA; ejemplos y reglas de sumación.

5. La teoría de Landau para líquidos fermiónicos.

Cuasipartículas y sus interacciones. Propiedades observables de un líquido fermiónico normal; propiedades en el equilibrio; propiedades fuera del equilibrio y modos colectivos. Fundamentación a nivel microscópico: cálculo de la interacción entre



cuasipartículas.

En el pnto 1. se presenta de forma detallada el formalismo de la segunda cuantización y los estados coherentes, que es el basamento donde se apoya, tanto desde el punto de vista matemático como desde el punto de vista físico conceptual, la teoría de los sistema de muchas partículas idénticas. Es imprescindible en el desarrollo formal de la teoría presentada en los demás puntos.

En el punto 2. se preenta el formalismo general de las integrales de camino (path integrale), los métodos perturbativos y los procesos de resumación (renormalización) en el caso formalmente simple del conjunto gran canónico a temperatura finita.

En el punto3. se especializan los resultados anteriores al caso de temperatura cero y se discuten los resultados tomando como base el conjunto canónico.

En el punto 4. se desarrollan las propiedades de las funciones de Green y su aplicación a la descripción de las escitaciones fundamentales y a los obseables físicos.

Finalmente, en el punto 5. se presenta una descripción fenomenológica y la fundamentación desde el punto de vista microscópico de la teoría de Landau de los líquidos fermionicos .

Los contenidos de los puntos 2 , 3 y 4 son la parte más importante y difícil de los contenidos que se presentan.

6.EQUIPO DOCENTE

DATOS NO DISPONIBLES POR OBSOLESCENCIA

7.METODOLOGÍA

La metodología de la asignatura está basada en la enseñanza a distancia, donde tiene gran importancia el trabajo autónomo, con el apoyo docente a través del correo, correo electrónico, medios virtuales, telemáticos, teléfono y reuniones presenciales.

Para el trabajo autónomo y la preparación de la asignatura los estudiantes disponen de una bibliografía básica acorde con el programa de la materia así como de materiales de apoyo y la tutoría telemática proporcionada por los profesores de la asignatura.

Los estudiantes matriculados en esta asignatura dispondrán de:

- Una guía de estudio para cada uno de los temas del programa con una introducción, un esquema guión del tema, los objetivos de aprendizaje, la bibliografía básica de estudio y bibliografía complementaria.
- Materiales complementarios, con esquemas y presentaciones de contenidos en algunos de los temas del programa.
- Ejercicios prácticos.

Todos estos materiales de apoyo se encontrarán accesibles en la web de la UNED, en el espacio virtual de esta asignatura en la plataforma ALF.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780126915600
Título: THE QUANTUM MECHANICS OF MANY-BODY SYSTEMS
Autor/es: D J Thouless ;
Editorial: : ACADEMIC PRESS



Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780486428277

Título: QUANTUM THEORY OF MANY-PARTICLE SYSTEMS

Autor/es: John Dirck Walecka ; Alexander L. Fetter ;

Editorial: : DOVER PUBLICATIONS

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780738200521

Título: QUANTUM MANY-PARTICLE SYSTEMS

Autor/es: Orland, Henri ;

Editorial: PERSEUS BOOKS

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780750300728

Título: MANY-PARTICLE THEORY.

Autor/es: E K U Gross ; O Heinonen ; E Runge ;

Editorial: ADAM HILGER

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



661996A8F9A8E8DF2774343E40DA355B

El libro

Quantum Many-Particle Systems de John W. Negele and Henri Orland

podemos considerarle el libro de referencia básica en el que pueden encontrarse los contenidos propuestos formulados en forma más actual.

En los libros

Quantum Theory Theory of Many Particle Systems de Alexander L. Fetter ; John Dirck Walecka y

Many-Particle Theory de E.K.U. Gross; E. Runge; O. Heinonen

puede encontrarse el total o parte de los contenidos en términos, que podríamos decir, más tradicionales. Su nivel es quizás más accesible para una primera lectura.

Lo mismo podemos decir del libro

The Quantum Mechanics of Many-Body Systems de D. J. Thouless

aunque en este caso su contenido es más restringido.

9. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780387983844

Título: QUANTUM THEORY OF MANY-BODY SYSTEMS: TECHNIQUES AND APPLICATIONS

Autor/es: Alexandre M Zagoskin ;

Editorial: : SPRINGER

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780486670478

Título: A GUIDE TO FEYNMAN DIAGRAMS IN THE MANY-BODY PROBLEM

Autor/es: Richard D Mattuck ;

Editorial: : DOVER PUBLICATIONS

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9780521099493

Título: ELEMENTS OF ADVANCED QUANTUM THEORY

Autor/es: J M Ziman ;



Editorial: : CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9783540347620

Título: QUANTUM FIELD THEORY I. BASICS IN MATHEMATICS AND PHYSICS : A BRIDGE BETWEEN MATHEMATICIANS AND PHYSICISTS

Autor/es: Eberhard Zeidler ;

Editorial: : SPRINGER

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9783540411536

Título: MANY-BODY PROBLEMS AND QUANTUM FIELD THEORY :

Autor/es: Rothen, François ;

Editorial: Springer

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9783540853763

Título: QUANTUM FIELD THEORY/ 2, QUANTUM ELECTRODYNAMICS : A BRIDGE BETWEEN MATHEMATICIANS AND PHYSICISTS

Autor/es: Eberhard Zeidler ;

Editorial: : SPRINGER

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



661996A8F9A8E8DF2774543E40DA355B

ISBN(13): 9788477540359

Título: ESPACIOS DE HILBERT : GEOMETRÍA, OPERADORES, ESPECTROS

Autor/es: Galindo Tixaire, Alberto ; Abellanas, Lorenzo. ;

Editorial: EDICIONES DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (EUEDEMA)

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Con respecto a la bibliografía complementaria, el alumno puede encontrar en el libro:

Espacios de Hilbert : Geometría, Operadores, Espectros de Lorenzo Abellanas y Alberto Galindo

la mayor parte de lo que necesita en relación con el análisis funcional: espacios de Hilbert , operadores lineales , etc. al objeto de poder tener una base matemática suficiente para entender los contenidos del programa.

En los libros:

Quantum Field Theory I, Basics in Mathematics and Physics: (A bridge between Mathematicans and Physicsts)

y

Quantum Field Theory II , Quantum Electrodynamics: (A bridge between Mathematicans and Physicsts)

ambos del autor Eberhard Zeidler, pueden encontrarse los fundamentos matemáticos con un nivel más que suficiente para poder entender perfectamente todos los tópicos que aparecen en el programa propuesto y como ayuda al estudio del libro de John W. Negele & Henri Orland.

En el libro :

A guide to Feynman diagrams in the Many-Body Problem de Richard D. Mattuck, de un nivel más asequible, el alumno puede encontrar una gran ayuda, en una primera lectura, para captar el significado de los conceptos básicos de los tópicos tratados.

También puede encontrar esa ayuda en los dos libros siguientes, aunque son de un nivel más elevado:

Quantum Theory of Many-Body Systems : (Techniques and Applications) de Alexandre M Zagoskin

y

Many-Body Problems and quantum Field Theory de Rothen Francois.

Finalmente, la monografía:

The evolving monogram on Many Body Physics, P. Coleman, Free Science Books

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



(<http://www.physics.rutgers.edu/~coleman/>) (2007)

puede ser muy útil como ayuda en el estudio de los libros considerados en el apartado de bibliografía básica y en concreto del libro de John W. Negele & Henri Orland.

10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

Los estudiantes podrán disponer de los recursos de la Biblioteca de la UNED en los que se incluyen buena parte de los libros recomendados para este curso.

Existen asimismo recursos libres en la Web.

Asimismo podrán realizar las consultas necesarias mediante correo electrónico, teléfono y reuniones presenciales, en función de las disponibilidades.

La videoconferencia se podría considerar en función de las posibilidades y disponibilidad de los recursos necesarios, que no se pueden garantizar a priori.

11. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

Los alumnos podrán ponerse en contacto con los profesores por medio del correo electrónico, el foro virtual, el teléfono y las reuniones personales.

Profesor: Francisco Javier Fernández Velicia

E-mail: fjfernandez@ccia.uned.es

Teléfono: 91 398 7190 – 91 398 7175

Horario: Martes, de 16 a 20 h

Despacho: 028 - Facultad de Ciencias

Profesor: Victor Ramón Velasco Rodríguez

E-mail: vrvr@icmm.csic.es

Teléfono: 91 334 9045

Horario:

Despacho:

12. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La evaluación de esta asignatura se realizará mediante pruebas de evaluación *on line* en la plataforma virtual. Habrá dos pruebas parciales voluntarias que si se aprueban sirven para liberar materia. También habrá una prueba final obligatoria para todos aquellos que no se hayan presentado a las pruebas parciales o que las hayan suspendido. Las fechas para realizar las pruebas se anunciarán en la plataforma virtual.

13. COLABORADORES DOCENTES



Véase equipo docente.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



661996A8F9A8EDFF2774343E40DA355B