COURSE DATA

DATA SUBJECT

Code: 43295
Name: Strong interactions
Cycle: Master's Degree
ECTS Credits: 6
Academic year: 2025-26

STUDY (S)

Degree	Center	Acad. year	Period
2150 - Master's degree in Advanced Physics	Facultat de Física	1	First quarter

SUBJECT-MATTER

Degree	Subject-matter	Character
2150 - Master's degree in Advanced Physics	Fundamental interactions	ELECTIVES

COORDINATION

PAPAVASSILIOU JOANNIS

SUMMARY

In the course **Strong interactions** the student will learn a plethora of basic concepts and techniques about Quantum Chromodynamics (QCD). We will study the symmetries of the QCD Lagrangian, its covariant path integral quantization, and will derive the Feynman rules describing the interaction between gluons, quarks, and ghosts. One-loop results will be computed in detail, and the concepts associated with renormalization and the asymptotic freedom will be introduced. A brief introduction to non-perturbative techniques will be presented.

PREVIOUS KNOWLEDGE

RELATIONSHIP TO OTHER SUBJECTS OF THE SAME DEGREE

There are no specified enrollment restrictions with other subjects of the curriculum.

OTHER REQUIREMENTS

Quantum Field Theory

COMPETENCES / LEARNING OUTCOMES

2150 - Master's degree in Advanced Physics

Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

Comprender de una forma sistemática el campo de estudio de la Física y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.

Comprensión de las propiedades fundamentales de la interacción fuerte (confinamiento, libertad asintótica y simetría quiral) y su relación con la distancia.

Concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.

Conocer y saber utilizar la invariancia de gauge local como punto de partida en la formulación de las interacciones fundamentales.

Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las conclusiones obtenidas en el área de la Física.

Estar en disposición para seguir los estudios de doctorado y la realización de un proyecto de tesis doctoral.

Evaluar la validez de un modelo o teoría propuesto por otros miembros de la comunidad científica.

Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo en el área de la Física.

Ostentar la preparación para tomar decisiones correctas en la elección de tareas y en su ordenación temporal en su labor investigadora y/o profesional.

Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.

Realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el área de la Física.

Saber construir modelos de acuerdo con el contenido en partículas y en simetrías de la teoría. Analizar y comprender los límites de validez de las teorías físicas.

Saber modelizar matemáticamente los problemas físicos sencillos nuevos, conectados con problemas conocidos. Ser capaz de expresar en términos matemáticos nuevas ideas.

Saber organizarse para planificar y desarrollar el trabajo dentro de un equipo con eficacia y eficiencia.

Ser capaz de gestionar información de distintas fuentes bibliográficas especializadas utilizando principalmente bases de datos y publicaciones internacionales en lengua inglesa.

Students should apply acquired knowledge to solve problems in unfamiliar contexts within their field of study, including multidisciplinary scenarios.

Students should be able to integrate knowledge and address the complexity of making informed judgments based on incomplete or limited information, including reflections on the social and ethical responsibilities associated with the application of their knowledge and judgments.

Students should communicate conclusions and underlying knowledge clearly and unambiguously to both specialized and non-specialized audiences.

Students should demonstrate self-directed learning skills for continued academic growth.

Students should possess and understand foundational knowledge that enables original thinking and research in the field.

DESCRIPTION OF CONTENTS

1. Quarks and colour

The quark model. Colour. Jets. Confinement.
Asymptotic freedom.

2. The QCD Lagrangian

Gauge symmetry. QED. SU(N) gauge theory.
Gluons. Global symmetries

3. Covariant quantization-Faddeev-Popov construction

Introduction to path integral quantization. Gauge fixing and ghosts.
Feynman rules of QCD.

4. One-loop calculations

Dimensional regularization and Feynman parametrization.
Self-energies of gluon, ghost, quark.

5. Renormalization of QCD

Classification of divergences. Superficially
divergent diagrams. Renormalization

6. Renormalization group

Effective running coupling. Asymptotic
freedom. Anomalous dimensions. Quark masses.

7. BRST symmetry

BRST symmetry. Derivation of Slavnov-Taylor identities.
Comparison with Ward-Takahashi identities.

8. Optical theorem and ghosts

The optical theorem in general.
The case of gluons as external states and the role of the ghosts

9. Nonperturbative aspects

Lattice formulation of gauge theories.
Introduction to Schwinger-Dyson equations.

WORKLOAD

PRESENCIAL ACTIVITIES

Activity	Hours
Theory	40,00
Seminar	3,00
Other activities	3,00
Total hours	**46,00**

NON PRESENCIAL ACTIVITIES

Activity	Hours
Attendance at other activities	0,00
Individual or group project	21,00
Independent study and work	0,00
Preparation of lessons	43,00
Preparation for assessment activities	0,00
Resolution of case studies	40,00
Total hours	**104,00**

TEACHING METHODOLOGY

MD1 - Standar theory lecture

MD2 - Discussion of articles (readings).

MD3 - Problem solving

MD4 - Problems

MD8 - Conference of expert

EVALUATION

SE1 - Written exam on the theory and practical lectures: based on the results of learning and the specific objectives of each subject (50%).

SE5 - Evaluation of non-presential activities related to theory and practical lectures: Problem sets submitted (50%).

This evaluation system will be used for both the first and second call.

REFERENCES

- P. Pascual y R. Tarrach, QCD: Renormalization for the Practitioner, Springer- Verlag, 1984.
- F. J. Yndurain, The theory of Quark and Gluon Interactions, 4Ed, Springer- Verlag, 2006, ISBN 354033209X.
- T. Muta, Foundations of Quantum Cromodynamics, World Scientific, 1987