

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

INSTITUTO DE FÍSICA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA GERAL

DISCIPLINA: TEORIA QUÂNTICA DOS CAMPOS II - PPGFIS0034

CARGA HORÁRIA: : 60 HS

PROFESSOR: LUCIANO MELO ABREU

PROGRAMA DA DISCIPLINA TEORIA QUÂNTICA DOS CAMPOS II

SEMESTRE 2025.2

1. EMENTA

Métodos Funcionais: campos escalares, espinoriais e teorias de calibre; Renormalização Perturbativa; Correções Radiativas, Contagem de Potências, Técnicas de Regularização; Contra-termos; Condições de Normalização; Grupo de Renormalização; Identidades de Ward-Takahashi; Anomalias; Potencial Efetivo e Quebra Espontânea de Simetria; Quantização de Sistemas com Vínculos.

2. JUSTIFICATIVA

A disciplina Teoria Quântica dos Campos II, elaborada para ser uma continuidade da disciplina Teoria Quântica de Campos I, foi criada para suprir a necessidade dos estudantes de nível de pós-graduação da área de Física de Partículas e Campos (e suas correlatas) de uma introdução aos conceitos fundamentais da mencionada área, como Métodos Funcionais, Teorias de Calibre não-Abelianas, Renormalização e Quebra Espontânea de Simetria. Não obstante, esta disciplina também pode mostrar-se útil para aqueles estudantes que pretendem ter conhecimentos básicos nesta área, tendo em vista o seu caráter fundamental e relevância para a física.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral desta disciplina é proporcionar, em conjunto com a disciplina Teoria Quântica dos Campos I, uma introdução aos fundamentos básicos da Teoria Quântica dos Campos, possibilitando o estudante compreender a necessidade da noção de campo no entendimento dos fenômenos próprios da física de altas energias, bem como a sua utilidade na análise dos fenômenos físicos descritos por sistemas com número infinito de graus de liberdade.

Como objetivos específicos, tem-se

- Possibilitar a obtenção de uma base teórica dos conceitos e objetos básicos próprios da Teoria Quântica dos Campos descritos no conteúdo programático.
- Oportunizar as condições de identificação, análise e interpretação dos objetos de estudo.
- Possibilitar a aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações diversas envolvendo os objetos de estudo.
- Permitir a construção de alicerces sólidos e necessários ao prosseguimento e aprofundamento dos estudos da teoria quântica dos campos.

4. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Parte 1: Métodos Funcionais: Introdução

Amplitude de probabilidade de transição. Integral de trajetória no espaço das fases. Integral de trajetória no espaço das configurações. Teoria de Perturbação; Aplicação ao cálculo de propagadores. Amplitude de espalhamento; Propagador livre; funções de Green. Introdução ao cálculo funcional: Definição de funcional; derivada funcional; Funcional gerador. produto ordenado temporalmente.

Parte 2: Métodos Funcionais: Os Campos Escalar e Espinorial

Funcional gerador para campos escalares; integração funcional; funções de correlação de N pontos para a partícula livre; funcional gerador para campos com interação. Funcional gerador para a teoria com auto-interação quântica: função de correlação de 2 e 4 pontos; regras de Feynman; funcional gerador para as funções de correlação conexas e totalmente conexas (irreduzíveis). Métodos funcionais para campos fermiônicos: Álgebra de Grassmann; Integral funcional sobre

variáveis de Grassmann.

Parte 3: A Matriz S e a Fórmula de Redução

Definição da matriz S na forma funcional; A fórmula de redução de Lehman, Symanzik e Zimmermann na forma funcional; Exemplos para o campo escalar. O caso do campo espinorial.

Parte 4: Métodos Funcionais: Os Campos de Calibre

O funcional gerador para o campo Eletromagnético: fixação do calibre; propagador do fóton. Campos de calibre não-abelianos (campos de Yang-Mills): transformações de calibre não-abelianas, a teoria de Yang-Mills, representação irreduzível e adjunta. O funcional gerador para o campo não-abeliano: Método de Faddeev-Popov; campos fantasmas; regras de Feynman no calibre de Lorentz; o calibre axial. O operador de auto-energia e as funções de vértice. As identidades de Ward-Takahashi na QED. Apresentação e discussão sobre a Cromodinâmica Quântica (QCD).

Parte 5: Renormalização

Contagem de potências: grau de divergência superficial; Renormalizabilidade; análise dimensional. Regularização dimensional da teoria de auto-interação quártica. Expansão em número de laços. Renormalização da teoria de auto-interação quártica: redefinição da massa e constante de acoplamento até a primeira ordem e até a segunda ordem de perturbação. Contra-termos. Grupo de renormalização: a função beta da QED; a função beta da QCD e a liberdade assintótica.

Parte 6: Quebra Espontânea de Simetria (QES)

Degeneração do vácuo; Potencial Efetivo e QES; QES's Globais e Bósons de Goldstone; Teorias de Calibre: QES e Supercondutividade; QES em Teorias de Calibre não-Abelianas

Acreditando-se que o conhecimento se processa a partir da interação sujeito-objeto-meio, as aulas são desenvolvidas através de exposição participativa, entremeada de discussões e construções em grupo, as quais são efetuadas partir de pesquisa bibliográfica, bem como leituras e estudos individuais e em grupos.

No decorrer do curso, várias ferramentas também são utilizadas como facilitadoras no processo de construção do conhecimento, como:

- **Uso do Portfólio:**
 - instrumento revelador de significados e sentidos do estudante, que o induz a pensar, incentivando-o a registrar suas reflexões e impressões sobre temas de seu interesse, como também dúvidas na compreensão de determinados assuntos.
 - Pode conter: anotações diárias, projetos, exemplos, relatórios, desenhos, provas, testes, esquemas, fotos, reflexões, planos e reflexões sobre os temas importantes tratados em sala de aula, estudos de caso pertinentes aos conteúdos em evidência, sínteses de discussões, mapas, produções escritas ou gravadas e outros.
 - Portfolios digitais podem ser construídos a partir de um site (Google Sites), blog, ou arquivo em LATEX (plataforma overleaf).
 - Avaliação: organização; documentação e demonstração do conhecimento do aluno sobre o conteúdo desenvolvido; presença de reflexões sobre os temas; evidências que demonstrem como o progresso aconteceu; demonstração do conhecimento obtido e a aplicação do mesmo; reflexões do aluno com os indícios ou indicadores do progresso em aprendizagens conceituais, atitudinais e procedimentais
- Webconferências e aulas interativas;
- Outras atividades colaborativas, adotando wikis, blogs, vídeos, podcast, etc.;
- Disponibilização de diversos materiais de apoio online.
- Disponibilização de horários de atendimento aos estudantes além dos encontros que contemplam a carga horária da disciplina, no intuito oportunizar mais um canal de discussões.

6. AVALIAÇÃO

Por considerar a avaliação um processo dinâmico, ao longo do período pretende-se perceber o nível de domínio do conhecimento, conteúdos e participação nas discussões. Para isso a avaliação se baseará na capacidade de análise, síntese e argumentação em avaliações escritas, em seminários e outras atividades estabelecidas com o grupo em consonância com a metodologia proposta.

Concretamente, avaliação terá como base: média das listas de exercícios (peso 8), e seminário (peso 2). Contudo, o portfólio do estudante também será levado em conta nas avaliações parciais.

O tema do seminário será determinado a partir das sugestões do estudante, com a anuência do professor.

7. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Bibliografia básica:

- M. Peskin e D. Schroeder, Quantum Field Theory, Addison-Wesley, 1995.
- Matthew D. Schwartz. Quantum Field Theory and the Standard Model. Cambridge University Press, 2014.
- L. H. Ryder, Quantum Field Theory, 2a. edição, Cambridge, 1985.
- M. Maggiore, A Modern Introduction to Quantum Field Theory, Oxford University Press, 2005.

Bibliografia complementar:

- S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields, Vols. 1 e 2, Cambridge University Press, 1995.
- A. Zee, Quantum Field Theory in a Nutshell, Princeton University Press, 2003.
- E. Zeidler, Quantum Field Theory I: Basics in Mathematics and Physics; Quantum Field Theory II: Quantum Electrodynamics, A Bridge Between Mathematicians and Physicists, Springer, 2006.
(<http://www.mis.mpg.de/zeidler/eberhard-zeidler.html>)
- V. P. Nair, Quantum Field Theory: a modern perspective, Springer, 2005.
- W. Siegel, Quantum Field Theory, Third Edition, <http://arxiv.org/abs/hep-th/9912205>, 2005.
- M. Srednicki, Quantum Field Theory, Cambridge University Press, 2007.
- C. Itzykson e J. Zuber, Quantum Field Theory, Dover, 2006.
- F. Mandl e G. Shaw, Quantum Field Theory, revised edition, Wiley, 1984.

- M. Gomes, Teoria Quântica dos Campos, Edusp, 2002.
- F. Gross, Relativistic Quantum Mechanics and Field Theory, John Wiley & Sons, 1993.
- P. Ramond, Field Theory : A Modern Primer, Addison Wesley, 2001
- J. D. Bjorken e S. D. Drell, Relativistic Quantum Fields, McGraw-Hill, 1965.
(Theoretical_and_Mathematical_Physics)
- O. Steinmann, Perturbative Quantum Electrodynamics and Axiomatic Field Theory, Texts and Monographs in Physics, Springer, 2000.
- A. Das, Field Theory – A Path Integral Approach, Second Edition, World Scientific, 2006.
- G. Sterman, An Introduction to Quantum Field Theory, Cambridge University Press, 1993.
- S. S. Schweber, An Introduction to Relativistic Quantum Field Theory, Dover Publications, 2005.
- ...

8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

<i>Semana</i>	<i>ATIVIDADE</i>
01/09 a 05/09	Apresentação do curso; Métodos Funcionais: introdução Semana do Congresso da UFBA
08/09 a 12/09	Métodos Funcionais: o Campo Escalar; funcional gerador; as funções de correlação
15/09 a 19/09	Métodos Funcionais: o Campo Escalar; interação; teoria perturbativa; as funções de correlação conexas e irredutíveis
22/09 a 26/09	Métodos Funcionais: Definição da matriz S; A fórmula de redução LSZ; O campo espinorial
29/09 a 03/10	Métodos Funcionais: Os Campos de Calibre; As identidades de Ward-Takahashi para a QED; O operador de auto-energia e as funções de vértice Entrega da Primeira Lista de Exercícios.

Semana	ATIVIDADE
06/10 a 10/10	Os Campos de Calibre não-Abelianos: introdução; representação irredutível e adjunta; Método de Faddeev-Popov
13/10 a 17/10	Os Campos de Calibre não-Abelianos: Exemplos de Teorias não-Abelianas (QCD) Afastamento (evento UNESP); AULAS GRAVADAS E DISPONIBILIZADAS AOS ESTUDANTES (ATIVIDADES ASSINCRONAS)
20/10 a 24/10	Renormalização: Contagem de potências: grau de divergência superficial; Renormalizabilidade; análise dimensional
27/10 a 31/10	Regularização dimensional da teoria de auto-interação quântica; Expansão em número de laços Terça-feira 28/10 Feriado (Servidor Público)–confirmar se será transferido para segunda-feira 27/10 RETINHA – 29 a 31/10/2025 AULAS GRAVADAS E DISPONIBILIZADAS AOS ESTUDANTES (ATIVIDADES ASSINCRONAS) Entrega da Segunda Lista de Exercícios
03/11 a 07/11	Grupo de renormalização: as equações do grupo de renormalização; a função beta
10/11 a 14/11	Renormalização da QED: introdução; Renormalização da QED a um laço; o momento magnético anômalo do elétron
17/11 a 21/11	Renormalização das teorias não-abelianas (QCD); Renormalização das teorias não-abelianas: a função beta a liberdade assintótica na QCD Quinta-feira 20/11 Feriado (Consciência Negra)
24/11 a 28/11	Renormalização das teorias não-abelianas (QCD); Renormalização das teorias não-abelianas: a função beta a liberdade assintótica na QCD Entrega da Terceira Lista de Exercícios
01/12 a 05/12	Anomalias quirais; Quebra espontânea de simetria: Degeneração do vácuo; teorema de Goldstone Afastamento (WONPAQCD 2025 Conference); AULAS GRAVADAS E DISPONIBILIZADAS AOS ESTUDANTES (ATIVIDADES ASSINCRONAS)
08/12 a 12/12	Quebra espontânea de simetria: teorema de Goldstone: exemplos Segunda-feira 08/12 Feriado (Nossa Senhora da Conceição)

Semana	ATIVIDADE
15/12 a 19/12	Quebra espontânea de simetria: Teorias de Calibre não-Abelianas
22/12 a 26/12	Quebra espontânea de simetria: Teoria de Weinberg-Salam Entrega da Quarta Lista de Exercícios. Quarta-feira 24/12 Ponto Facultativo (véspera de Natal) Quinta-feira 25/12 Fériado (Natal)
29/12 a 02/01	Avaliação final: Seminários Quarta-feira 31/12 Ponto Facultativo (véspera de Ano Novo) Quinta-feira 01/01 Fériado (Ano Novo)
05/01 a 09/01	Avaliação final: Seminários Entrega dos resultados e Avaliação final do curso

9. ATENDIMENTO AO ESTUDANTES

Instituto de Física – Gabinete 517-D – Quinto Andar

Ramal: +55 71 3283 6699

Página WEB da disciplina disponível em:

<https://blog.ufba.br/lucianoabreu/>

luciano.abreu@ufba.br