

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 2024.2**

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 quártica: função de correlação de 2 e 4 pontos; regras de Feynman; funcional gerador para as funções de correlação conexas e totalmente conexas (irredutíveis). 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

5. METODOLOGIA

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, as ferramentas tecnológicas também são utilizadas como facilitadoras no processo de construção do conhecimento, com a disponibilização de material de apoio no endereço eletrônico da disciplina.

Além dos encontros que contemplam a carga horária da disciplina, serão disponibilizados horários de atendimento aos estudantes, no intuito de tornar acessível 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 da lista de exercícios (peso 8), e seminário (peso 2,0).

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 Teory, 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 Sientific, 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>
30/09 a 04/10	Apresentação do curso; Métodos Funcionais: introdução
07/10 a 11/10	Métodos Funcionais: o Campo Escalar; funcional gerador; as funções de correlação <i>Afastamento – Palestra e participação na 20 EMGF – aulas a serem repostas ou atividades assíncronas</i>
14/10 a 18/10	Métodos Funcionais: o Campo Escalar; interação; teoria perturbativa; as funções de correlação conexas e irredutíveis
21/10 a 25/10	Métodos Funcionais: Definição da matriz S; A fórmula de redução LSZ; O campo espinorial
28/10 a 01/11	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. <i>Seg 28/10 Feriado (Servidor Público)</i>
04/11 a 08/11	Os Campos de Calibre não-Abelianos: introdução; representação irredutível e adjunta; Método de Faddeev-Popov
11/11 a 15/11	Os Campos de Calibre não-Abelianos: Exemplos de Teorias não-Abelianas (QCD) <i>Sex 15/11 Feriado (Proclamação da República)</i>
18/11 a 22/11	Renormalização: Contagem de potências: grau de divergência superficial; Renormalizabilidade; análise dimensional <i>Qua 20/11 Feriado (Consciência Negra)</i>
25/11 a 29/11	Regularização dimensional da teoria de auto-interação quártica; Expansão em número de laços <i>Congresso UFBA 2024 – Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão - 25 a 28/11/2024</i> Entrega da Segunda Lista de Exercícios
02/12 a 06/12	Grupo de renormalização: as equações do grupo de renormalização; a função beta
09/12 a 13/12	Renormalização da QED: introdução; Renormalização da QED a um laço; o momento magnético anômalo do elétron
16/12 a 20/12	Renormalização das teorias não-abelianas (QCD); Renormalização das teorias não-abelianas: a função beta a liberdade assintótica na QCD

Semana	ATIVIDADE
	Recesso 23/12/2024 a 05/01/202
06/01 a 10/01	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
13/01 a 17/01	Anomalias quirais; Quebra espontânea de simetria: Degeneração do vácuo; teorema de Goldstone Qui 16/01 (Lavagem do Bonfim)
20/01 a 24/01	Quebra espontânea de simetria: teorema de Goldstone: exemplos
27/01 a 31/01	Quebra espontânea de simetria: Teorias de Calibre não-Abelianas
03/02 a 07/02	Quebra espontânea de simetria: Teoria de Weinberg-Salam Entrega da Quarta Lista de Exercícios.
10/02 a 14/02	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