Tópicos de Física Atômica, Molecular e Óptica A (FIW822)
Curso: Introdução à teoria da coerência óptica
Carga horária: 30 horas
Aulas presenciais e remotas
Professor: Carlos Monken (UFMG)
Livro texto: Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light - Emil Wolf - Cambridge University Press 2007
Avaliação; Listas de exercícios

Programa:

1. Fenômenos elementares de coerência
   1.1 Interferência e similaridade estatística
   1.2 Coerência temporal e o tempo de coerência
   1.3 Coerência espacial e a área de coerência
   1.4 O volume de coerência

2. Preliminares matemáticos
   2.1 Conceitos elementares da teoria dos processos aleatórios
   2.2 Ergodicidade
   2.3 Representação complexa de um sinal real e o envelope de um sinal de banda estreita
   2.4 As funções de autocorrelação e de correlação cruzada
      2.4.1 A função de autocorrelação de uma soma finita de componentes periódicas com amplitudes aleatórias
   2.5 A densidade espectral e o teorema de Wiener–Khinchin

3. Fenômenos de coerência de segunda ordem no domínio espaço-tempo
   3.1 Lei da interferência para campos ópticos estacionários. A função de coerência mútua e o grau complexo de coerência
   3.2 Geração de coerência espacial a partir de uma fonte incoerente. O teorema de van Cittert–Zernike
   3.3 Exemplos ilustrativos
      3.3.1 O método de Michelson para a medição de diâmetros estelares
      3.3.2 O método de Michelson para a determinação da distribuição de energia em linhas espectrais
   3.4 Propagação da intensidade mútua
   3.5 Equações de onda para a propagação da coerência mútua no espaço livre

4. Fenômenos de coerência de segunda ordem no domínio espaço-frequência
   4.1 Representação em modos coerentes e a densidade espectral cruzada como função de correlação
   4.2 A lei da interferência espectral e o grau espectral de coerência
   4.3 Um exemplo ilustrativo: alterações espectrais na interferência
   4.4 Interferência de luz de banda estreita

5. Radiação de fontes com diferentes estados de coerência
   5.1 Campos gerados por fontes com diferentes propriedades de coerência
   5.2 Correlações e a densidade espectral no campo distante
   5.3 Radiação de algumas fontes modelo
      5.3.1 Fontes do modelo de Schell
      5.3.2 Fontes quase homogêneas
   5.4 Fontes com diferentes estados de coerência espacial que geram distribuições idênticas da intensidade radiante
   5.5 Propriedades de coerência de fontes lambertianas
   5.6 Alterações espectrais na propagação. A lei de escala

6. Efeitos de coerência no espalhamento
6.1 Espalhamento de uma onda plana monocromática por um meio determinístico
6.2 Espalhamento de ondas parcialmente coerentes por um meio determinístico
6.3 Espalhamento em meios aleatórios
6.3.1 Fórmulas gerais
6.3.2 Exemplos
6.3.3 Espalhamento em um meio quase homogêneo

7. Efeitos de coerência de ordem superior
7.1 Introdução
7.2 Interferometria de intensidade com ondas de rádio
7.3 O efeito Hanbury Brown–Twiss e a interferometria de intensidade com luz
7.4 A fórmula de Einstein para flutuações de energia na radiação de corpo negro e a dualidade onda-partícula
7.5 A teoria de Mandel da detecção fotoelétrica das flutuações da luz
7.5.1 A fórmula de Mandel para a estatística de contagem de fótons
7.5.2 A variância das contagens de um único fotodetector
7.5.3 Correlação entre flutuações de contagem de dois detectores
7.6 Determinação das propriedades estatísticas da luz a partir de medições de contagem de fótons

8. Teoria elementar da polarização de feixes eletromagnéticos estocásticos
8.1 A matriz de correlação 2 × 2 em tempos iguais de um feixe eletromagnético quase monocromático
8.2 Luz polarizada, não polarizada e parcialmente polarizada. O grau de polarização
8.2.1 Luz completamente polarizada
8.2.2 Luz natural (não polarizada)
8.2.3 Luz parcialmente polarizada e o grau de polarização
8.2.4 O significado geométrico da polarização completa. Os parâmetros de Stokes da luz completamente polarizada. A esfera de Poincaré

Tópicos de Física de Partículas e Campos – A

FIW 820

Semestre: 2026/1

Professora: Irina Nasteva

1) **Título –** Instrumentação e física de sabores pesados no experimento LHCb

2) **Área de Pesquisa –** Física Experimental de Partículas

3) **Ementa**

Detectores de silício no LHCb: Interações da radiação com a matéria; Detectores semicondutores; Características e funcionamento dos detectores híbridos de pixel de silício; Eletrônica analógica de processamento dos sinais dos detectores híbridos de pixel; Os detectores Timepix3 e Velopix e suas eletrônicas de leitura e controle; Equalização e calibração do detector Timepix3 em energia usando fontes de raios-x; O detector LHCb; O subdetector VELO do LHCb.

Física de sabores pesados no LHCb: O Modelo Padrão das interações eletrofracas e fortes; A matriz CKM e os decaimentos fracos dos quarks; Simetrias discretas C, P e T; Violação de CP e seus tipos e características; Fases fortes e fracas; Produção e decaimentos de mésons pesados no LHC; Decaimentos de mésons B+ e Bc+ em três hádrons; Dalitz plot; Métodos avançados de análise de dados para o estudo de violação de CP no LHCb.

4) **Pré-requisitos recomendados**

Não há pré-requisitos.

5) **Esquema de avaliação**

Seminários apresentados pelos estudantes, códigos de análise desenvolvidos e discussões em grupo.

6) **Bibliografia**

[1] G.F. Knoll, *Radiation detection and measurement*, 4th ed., Wiley, 2010.

[2] W.R. Leo, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How-to Approach*, 2nd ed., Springer, 1994.

[3] G. Lutz, *Semiconductor radiation detectors*, Springer, 2007.

[4] X. Llopart, R. Ballabriga, M. Campbell, L. Tlustos, W. Wong, *Timepix, a 65k programmable pixel readout chip for arrival time, energy and/or photon counting measurements*, Nucl. Instr. Meth. A 2007, 581(1-2): 485-494.

[5] A. Bettini, *Introduction to elementary particle physics*, 2nd ed., Cambridge University Press, 2014.

[6] G. C. Branco, L. Lavoura, J. P. Silva, *CP violation*, Oxford University Press, 2007.

[7] I. Bigi, A. Sanda, *CP violation*, Cambridge University Press, 2009.

[8] ROOT Data Analysis Framework, *https://root.cern.ch*.

[9] Artigos recentes do experimento LHCb.

Disciplina: TÓPICOS DE FÍSICA ATÔMICA, MOLECULAR E ÓPTICA – B (FIW 823)

Proposta de disciplina de pós-graduação (PPG-Fisica, PPG-MFA)

Ótica de Fourier, sistemas óticos e microscopia ótica

Carga horária: 60 horas, 4 créditos

Prof. Nathan Bessa Viana

I) Pré-requisitos: curso de Física Básica (Física 4): interferência e difração. Cursos de Cálculo Básico (Cálculo 4) ou Métodos da Física Teórica I: transformada de Fourier.

II) Livro texto: Fourier Optics, Joseph W. Goodman, Macmillan Learning (New York).

III) Ementa (capítulos do livro texto)

2- Analysis of Two-Dimensional Signals and Systems

2.1 Fourier Analysis in Two Dimensions
2.2 Spatial Frequency and Space-Frequency Localization
2.3 Linear Systems
2.4 Two-Dimensional Sampling Theory
2.5 The Discrete Fourier Transform
2.6 The Projection-Slice Theorem
2.7 Phase Retrieval from Fourier Magnitude

3-Foundations of Scalar Diffraction Theory

3.1 Historical Introduction
3.2 From a Vector to a Scalar Theory
3.3 Some Mathematical Preliminaries
3.4 The Kirchhoff Formulation of Diffraction by a Planar Screen
3.5 The Rayleigh-Sommerfeld Formulation of Diffraction
3.6 Kirchhoff and Rayleigh-Sommerfeld Theories Compared
3.7 Further Discussion of the Huygens-Fresnel Principle
3.8 Generalization to Nonmonochromatic Waves
3.9 Diffraction at Boundaries
3.10 The Angular Spectrum of Plane Waves

4-Fresnel and Fraunhofer Diffraction

4.1 Background
4.2 The Fresnel Approximation
4.3 The Fraunhofer Approximation
4.4 Examples of Fraunhofer Diffraction Patterns
4.5 Examples of Fresnel Diffraction Calculations
4.6 Beam Optics

5-Computational Diffraction and Propagation

5.1 Approaches to Computational Diffraction
5.2 Sampling a Space-Limited Quadratic-Phase Exponential
5.3 The Convolution Approach

5.4 The Fresnel Transform Approach
5.5 The Fresnel Transfer Function Approach
5.6 The Exact Transfer Function Approach
5.7 Comparison of Computational Complexities
5.8 Extension to More Complex Apertures
5.9 Concluding Comments

6-Wave-Optics Analysis of Coherent Optical Systems

6.1 A Thin Lens as a Phase Transformation
6.2 Fourier Transforming Properties of Lenses
6.3 Image Formation: Monochromatic Illumination
6.4 Analysis of Complex Coherent Optical Systems

7-Frequency Analysis of Optical Imaging Systems

7.1 Generalized Treatment of Imaging Systems
7.2 Frequency Response for Diffraction-Limited Coherent Imaging
7.3 Frequency Response for Diffraction-Limited Incoherent Imaging
7.4 Aberrations and Their Effects on Frequency Response

8-Point-Spread Function and Transfer Function Engineering

8.1 Cubic Phase Mask for Increased Depth of Field
8.2 Rotating Point-Spread Functions for Depth Resolution
8.3 Point-Spread Function Engineering for Exoplanet Discovery
8.4 Resolution beyond the Classical Diffraction Limit
8.5 Light Field Photography

9-Wavefront Modulation

9.1 Wavefront Modulation with Photographic Film
9.2 Wavefront Modulation with Diffractive Optical Elements
9.3 Liquid Crystal Spatial Light Modulators
9.4 Deformable Mirror Spatial Light Modulators
9.5 Acousto-Optic Spatial Light Modulators
9.6 Other Methods of Wavefront Modulation

IV) Avaliações

- P1, capítulos de 1 a 4 (25% da nota final)
- P2, capítulos de 6 a 9 (25% da nota final)
- Trabalho: capítulo 5 (25% da nota final)
- Participação em aula (25% da nota final)

TÓPICOS DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA – A (FIW828)

Arianna Cortesi

Título: Tópicos de astrofísica para cosmologia

A ideia do curso é fornecer conceitos de astrofísica estelar e extragaláctica aplicados à cosmologia, abordando os processos físicos fundamentais da formação de supernovas e kilonovas, a relação entre dinâmica, populações estelares e morfologia das galáxias, bem como a estrutura em grande escala do universo.

Ementa:

Evolução estelar: Classificação dos Espectros Estelares, O Diagrama de Hertzsprung–Russell, O Meio Interestelar e a Formação Estelar, Os Interiores das Estrelas, A Sequência Principal, Estágios Finais da Evolução Estelar, A Física da Pulsação Estelar, A Física da Matéria Degenerada, O Limite de Chandrasekhar, A Classificação das Supernovas, Black Holes e AGNs.

Galáxias e estrutura a grande escala do universo: Galáxias: Uma Visão Geral, A morfologia das galáxias, A escala de distâncias cósmicas, O meio interestelar, Populações estelares, Cinemática estelar em galáxias externas, Evolução de galáxias: massa e meio ambiente, A estrutura a grande escala do Universo.

[1] Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie, An introduction to modern astrophysics, Cambridge University Press (2017), https://doi.org/10.1017/9781108380980

[2] Luca Ciotti, Introduction to Stellar Dynamics, Cambridge University Press (2021), https://doi.org/10.1017/9780511736117

[3] Binney, James ; Merrifield, Michael, Galactic Astronomy, Princeton University Press (1998), https://doi.org/10.2307/j.ctv1nxcw51

[4] Peter Coles, Francesco Lucchin, The Origin and Evolution of Cosmic Structure, John Wiley & Sons (2003), https://www.researchgate.net/publication/234324018_Cosmology_The_Origin_and_Evolution_of_Cosmic_Structure