



# UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Centro de Tecnologia e Ciências  
Instituto de Física Armando Dias Tavares  
Programa de Pós-Graduação em Física

## ***Ementa de Tópicos Especiais: Teoria de Campos a temperatura e densidade finitas: métodos perturbativos e não-perturbativos***

***Código: FIS999?? – carga horária: 30 h/aula – créditos: 02 (cada parte).***

### **Parte 1**

#### **1. Introdução e Motivação**

- 1.1 Alguns resultados da mecânica estatística
- 1.2 Quebra de invariância de Lorentz e termodinâmica covariante
- 1.3 Algumas aplicações: transições de fase primordiais, plasma de quarks e glúons e matéria ultradensa em objetos astrofísicos

#### **2. Mecânica Estatística Quântica**

- 2.1. O formalismo de integrais de trajetória e o tempo imaginário
- 2.2. Formalismo operatorial e tempo real
- 2.3. A função espectral
- 2.4. O propagador de Matsubara
- 2.5. O propagador temporalmente ordenado
- 2.6. Somas de frequências

#### **3. O Campo Escalar a Temperatura e Densidade Finitas**

- 3.1. O campo escalar neutro
- 3.2. Cálculo de somas térmicas
- 3.3. O campo escalar carregado e a condensação de Bose-Einstein
- 3.4. Interações e técnicas diagramáticas
- 3.5. O propagador e a autoenergia

### **Parte 2**

#### **4. Divergências, Renormalização e Métodos de Ressoma**

- 4.1. Expansão da energia livre a baixa temperatura
- 4.2. Expansão da energia livre a alta temperatura
- 4.3. Cálculo ingênuo da energia livre e divergências
- 4.4. Renormalização ultravioleta
- 4.5. Divergências infravermelhas e *ring diagrams*

#### **5. O Campo de Dirac a Temperatura e Densidade Finitas**

- 5.1. Álgebra de Grassman e integrais de trajetória
- 5.2. Quantização do campo de Dirac
- 5.3. Somas de frequências

## Parte 3

### 6. O Campo Eletromagnético e a QED a Temperatura Finita

- 6.1. Quantização do campo eletromagnético
- 6.2. Radiação de corpo negro
- 6.3. Expansão diagramática
- 6.4. A autoenergia do fóton

### 7. Excitações Coletivas em um Plasma QED

- 7.1. Teoria da resposta linear
- 7.2. O propagador do fóton em um plasma
- 7.3. *Debye screening* e oscilações do plasma

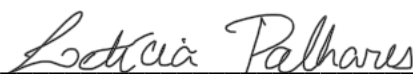
### 8. Métodos não-perturbativos mais avançados (qualitativo)

- 8.1. Problemas infravermelhos
- 8.2. *Hard Thermal Loops* e outras somas parciais
- 8.3. Métodos de otimização da série perturbativa
- 8.4. Supercondutividade
- 8.5. O Grupo de Renormalização Funcional
- 8.7. Efeitos de um campo eletromagnético de fundo
- 8.8. Sistemas fora de equilíbrio e o formalismo de tempo complexo
- 8.9. Aplicações modernas

## Bibliografia:

1. Kapusta, J., & Gale, C. (2006). *Finite-Temperature Field Theory: Principles and Applications*. Cambridge University Press. [doi:10.1017/CBO9780511535130]
2. Le Bellac, M. (1996). *Thermal Field Theory* (Cambridge Monographs on Mathematical Physics). Cambridge University Press. [doi:10.1017/CBO9780511721700]
3. Laine, M. & Vuorinen, A. (2016). *Basics of Thermal Field Theory: A Tutorial on Perturbative Computations*. Lecture Notes in Physics 925, pp.1-281. [doi:10.1007/978-3-319-31933-9]

Rio de Janeiro, 4 de dezembro de 2023,



---

Prof. Letícia Faria Domingues Palhares (matrícula: 39.377-7)