

# Programa Analítico de Disciplina

## FIS 661 - Mecânica Quântica Avançada

Departamento de Física - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

Catálogo: 2025

Número de créditos: 4

Carga horária semestral: 60h

Carga horária semanal teórica: 4h

Carga horária semanal prática: 0h

Semestres: I e II

### Ementa

TEORIA QUÂNTICA DA RADIAÇÃO  
OPERADORES DE CRIAÇÃO E ANIQUILAÇÃO  
QUANTIZAÇÃO DO CAMPO DE RADIAÇÃO  
EMIÇÃO E ABSORÇÃO DE FÓTONS POR ÁTOMOS  
ESPALHAMENTO RAYLEIGH E THOMSON  
MECÂNICA QUÂNTICA RELATIVÍSTICA DE PARTÍCULAS DE SPIN 1/2  
A EQUAÇÃO DE DIRAC  
SOLUÇÕES DE ENERGIA NEGATIVA  
O ÁTOMO DE HIDROGÊNIO  
DESVIO DE LAMB

### Conteúdo

Unidade	T	P	To
<b>1. TEORIA QUÂNTICA DA RADIAÇÃO</b> 1. Campo clássico 2. Condição de transversalidade 3. Decomposição de Fourier 4. Osciladores de radiação 5. Quantização dos osciladores	2h	0h	2h
<b>2. OPERADORES DE CRIAÇÃO E ANIQUILAÇÃO</b> 1. O operador número 2. Fótons 3. Invariância de gauge	4h	0h	4h
<b>3. QUANTIZAÇÃO DO CAMPO DE RADIAÇÃO</b> 1. Fótons como excitações do campo de radiação quântico 2. Momento angular e paridade do fóton 3. A polarização do fóton 4. Flutuações e relações de incerteza 5. Validade da descrição clássica	6h	0h	6h
<b>4. EMISSÃO E ABSORÇÃO DE FÓTONS POR ÁTOMOS</b> 1. Elementos de matriz para a emissão e absorção 2. Teoria de perturbação dependente do tempo	8h	0h	8h

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://siadoc.ufv.br/validar-documento> com o código: I9HK.W29B.QZBQ

3. Emissão espontânea na aproximação de dipolo 4. Lei de Planck da radiação			
<b>5. ESPALHAMENTO RAYLEIGH E THOMSON</b> 1. Fórmula de Kramers-Heisengerg 2. O espalhamento Rayleigh 3. O espalhamento Thomson 4. O efeito Raman 5. Relações de dispersão e causalidade	8h	0h	8h
<b>6. MECÂNICA QUÂNTICA RELATIVÍSTICA DE PARTÍCULAS DE SPIN 1/2</b> 1. Fermions E Bósons 2. Introdução aos bósons 3. Equação de onda para partículas de spin zero (equação de Klein-Gordon) 4. A equação de Klein-Gordon para o átomo de hidrogênio e discrepância com a estrutura fina 5. Conservação da probabilidade em mecânica quântica relativística 6. Equação de onda para uma partícula de spin 1 7. Introdução aos fermions 8. Partículas de spin 1/2	10h	0h	10h
<b>7. A EQUAÇÃO DE DIRAC</b> 1. Derivação da equação de onda para partículas de spin 1/2 (equação de Dirac) 2. Soluções simples, aproximações não relativísticas, ondas planas 3. Covariância relativística 4. Covariância da equação de Dirac 5. Covariantes bilineares 6. Operadores de Dirac na representação de Heisenberg	10h	0h	10h
<b>8. SOLUÇÕES DE ENERGIA NEGATIVA</b> 1. Presença de componentes de energia negativa	2h	0h	2h
<b>9. O ÁTOMO DE HIDROGÊNIO</b> 1. Considerações gerais sobre o problema de forças centrais 2. Equação de Dirac para o átomo de hidrogênio 3. Estrutura fina dos níveis do átomo de hidrogênio 4. Pares virtuais elétron-positron	8h	0h	8h
<b>10. DESVIO DE LAMB</b> 1. Desvio de Lamb no espectro do hidrogênio 2. Flutuações do vácuo Quântico	2h	0h	2h
<b>Total</b>	<b>60h</b>	<b>0h</b>	<b>60h</b>

Teórica (T); Prática (P); Total (To);

## FIS 661 - Mecânica Quântica Avançada

### Bibliografias básicas

Descrição	Exemplares
BERESTETSKÚ, V.B.. LIFSHITZ, E.M., PITAEVSKII, L.P. Quantum Electrodynamics. 2. ed. Pergamon, 1980.	0
COHEN-TANNOUDUI, C., DUPONT-ROC, J., GRYNBERG, G. Photons and Atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics. New York: John Wiley & Sons, 1997.	0
LEVICH, B.G., MYAMLIN, V.A., VDOVIN, Y.A. Theoretical Physics, Advanced Text. Vol. 3: Quantum Mechanics. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1973.	0
SAKURAI, J.J. Advanced Quantum Mechanics. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1967.	0

### Bibliografias complementares

*Não definidas*

# Syllabus

## FIS 661 - Advanced Quantum Mechanics

Departamento de Física - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas

Catalog: 2025

Number of credits: 4

Total hours: 60h

Weekly workload - Theoretical: 4h

Weekly workload - Practical: 0h

Period: I e II

### Content

QUANTUM RADIATION THEORY  
CREATION AND ANNIHILATION OPERATORS  
QUANTIZATION OF THE RADIATION FIELD  
EMISSION AND ABSORPTION OF PHOTONS BY ATOMS  
RAYLEIGH AND THOMSON SCATTERING  
RELATIVISTIC QUANTUM MECHANICS OF SPIN 1/2 PARTICLES  
THE DIRAC EQUATION  
NEGATIVE ENERGY SOLUTIONS  
THE HYDROGEN ATOM  
THE LAMB SHIFT

### Course program

Unit	T	P	To
<b>1. QUANTUM RADIATION THEORY</b> 1. Classical fields 2. Condition of transversality 3. Fourier decomposition 4. Radiation oscillators 5. Quantization of oscillators	2h	0h	2h
<b>2. CREATION AND ANNIHILATION OPERATORS</b> 1. The number operator 2. Photons 3. Gauge invariance	4h	0h	4h
<b>3. QUANTIZATION OF THE RADIATION FIELD</b> 1. Photons as excitations of the quantum radiation field 2. Angular momentum and parity of the photon 3. The polarization of the photon 4. Fluctuations and uncertainty relationships 5. Validity of the classical description	6h	0h	6h
<b>4. EMISSION AND ABSORPTION OF PHOTONS BY ATOMS</b> 1. Matrix elements for emission and absorption 2. Time-dependent perturbation theory	8h	0h	8h

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://siadoc.ufv.br/validar-documento> com o código: I9HK.W29B.QZBQ

3. Spontaneous emission in the dipole approach 4. Planck's law of radiation			
<b>5. RAYLEIGH AND THOMSON SCATTERING</b> 1. Kramers-Heisenberg formula 2. Rayleigh scattering 3. The Thomson scattering 4. Raman effect 5. Dispersion and causality relationships	8h	0h	8h
<b>6. RELATIVISTIC QUANTUM MECHANICS OF SPIN 1/2 PARTICLES</b> 1. Fermions And Bosons 2. Introduction to bosons 3. Wave equation for zero spin particles (Klein-Gordon equation) 4. The Klein-Gordon equation for the hydrogen atom and the discrepancy with the fine structure 5. Conservation of probability in relativistic quantum mechanics 6. Wave equation for a spin 1 particle 7. Introduction to fermions 8. Spin 1/2 particles	10h	0h	10h
<b>7. THE DIRAC EQUATION</b> 1. Derivation of the wave equation for spin 1/2 particles (Dirac equation) 2. Simple solutions, non-relativistic approximations, plane waves 3. Relativistic covariance 4. Covariance of the Dirac equation 5. Bilinear covariants 6. Dirac operators in the representation of Heisenberg	10h	0h	10h
<b>8. NEGATIVE ENERGY SOLUTIONS</b> 1. Presence of negative energy components	2h	0h	2h
<b>9. THE HYDROGEN ATOM</b> 1. General considerations on the problem of central forces 2. Dirac equation for the hydrogen atom 3. Fine structure of hydrogen atom levels 4. Electron-positron virtual pairs	8h	0h	8h
<b>10. THE LAMB SHIFT</b> 1. Lamb shift in the hydrogen spectrum 2. Quantum vacuum fluctuations	2h	0h	2h
<b>Total</b>	<b>60h</b>	<b>0h</b>	<b>60h</b>

Theoretical (T); Practical (P); Total (To);

## FIS 661 - Advanced Quantum Mechanics

### Fundamental references

Description	Copies
BERESTETSKÚ, V.B.. LIFSHITZ, E.M., PITAEVSKII, L.P. Quantum Electrodynamics. 2. ed. Pergamon, 1980.	0
COHEN-TANNOUDUI, C., DUPONT-ROC, J., GRYNBERG, G. Photons and Atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics. New York: John Wiley & Sons, 1997.	0
LEVICH, B.G., MYAMLIN, V.A., VDOVIN, Y.A. Theoretical Physics, Advanced Text. Vol. 3: Quantum Mechanics. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1973.	0
SAKURAI, J.J. Advanced Quantum Mechanics. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1967.	0

### Complementary references

*Not defined*