

II – EMENTÁRIO DAS DISCIPLINAS

A – DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS

1. ELETROMAGNETISMO III

Equações de Maxwell; Eletrostática e Magnetostática; Problemas de Condições de Contorno; Dielétricos; Ondas Eletromagnéticas Planas; Guias de Onda; Cavidades Ressonantes; Radiação e Antenas.

2. MECÂNICA QUÂNTICA III

Princípios da Mecânica Quântica e sua Formulação Matemática; Simetrias e Representações; Momento Angular e Spin; Métodos Aproximativos para Estados Estacionários e Dependentes do Tempo;

3. MECÂNICA ESTATÍSTICA III

Conceitos Básicos de Termodinâmica e Mecânica Estatística; Aplicações da Distribuição Canônica; Termodinâmica Estatística de Gases; Aplicações das Estatísticas de Fermi e de Bose; Sistemas com Interações; Flutuações e Teoria Cinética.

4. MECÂNICA QUÂNTICA IV

Partículas Idênticas; Teoria do espalhamento; Mecânica Quântica Relativística; Equações de Klein-Gordon e Dirac, Campos Vetoriais; A Lagrangeana da Eletrodinâmica Quântica (QED).

B – DISCIPLINAS OPTATIVAS

1. ELETROMAGNETISMO IV

Difração; Teoria da Relatividade Restrita; Covariante da Eletrodinâmica; Radiação de Cargas Aceleradas; Campos Multipolos; Campo Próprio de uma Partícula Carregada; Amortecimento de Radiação e Espalhamento; Absorção por Sistemas Ligados.

2. RELATIVIDADE GERAL I

Análise tensorial; Os princípios da relatividade geral; As equações do campo gravitacional; O tensor momento-energia; O limite Newtoniano; A solução de Schwarzschild; Os testes experimentais da relatividade geral; Buracos negros estáticos.

3. RELATIVIDADE GERAL II

Extensão maximal e compactificação conforme; A solução de Kerr; Os princípios variacionais da relatividade geral; A estrutura das equações de campo; Geometria de Friedmann-Robertson-Walker; Ondas gravitacionais; Teorias alternativas da gravitação.

4. FÍSICA ATÔMICA E MOLECULAR

Fundamentos da teoria quântica; A Equação de Schrodinger e aplicações preliminares; Teoria do orbital molecular; Movimento dos núcleos: espectros rotacionais, vibracionais e rovibracionais; O método de interação de configurações e aproximações perturbativas; Teoria do funcional da densidade; Sistemas periódicos; Dinâmica molecular quântica; O Método Monte Carlo; Unidades atômicas, constantes física e fatores de conversão; Noções básicas de cálculo das variações; Formulações da Mecânica Clássica; Princípio da Ação de Schwinger; Descrição de Heisenberg e transformações unitárias; Adição de Momento angular; Mudança de básica atômica; Método do elemento finito; “Exchange” para um gás de elétrons livres.

5. MÉTODOS NÚMERICOS

Natureza e objetivos de métodos numéricos; Por que estudar métodos numéricos; Como estudar métodos numéricos; Princípios usados em métodos numéricos; Erros em computação; Introdução a Sistema de Equações Algébricas; Sistema de Equações Algébricas Lineares; Solução iterativa de equações algébricas não-lineares – Métodos de ponto-fixo, Métodos de múltiplos passos, Método da deflação Aceleração de Aitken, Solução iterativa de sistema de equações algébricas não-lineares; Interpolação e Extrapolação – Interpolação polinomial, Interpolação trigonométrica, Interpolação por intervalos, Interpolação linear repetida, Comparação da interpolação Lagrangeana e a interpolação linear repetida, Interpolação bidimensional, Extrapolação; Integração Numérica – Fórmulas newtonianas, Fórmulas Gaussianas; Solução de Equações Diferenciais Ordinárias – Métodos baseados na série de Taylor, Métodos de Range-Kutta (primeira a quarta ordem), Métodos de múltiplos passos.

6. TEORIA QUÂNTICA DE CAMPOS I

Formulação lagrangeana em Teoria de Campos; Campo de Klein-Gordon; Campo Eletromagnético; Campo de Dirac; Quantização Canônica dos Campos; Simetrias: C, P e T; Matriz S, Diagramas de Feynman e Regras da QED; Teorema CPT: Aplicações; Aplicações: Espalhamento Compton, Moller, Bhabha, Produção de pares ($1 + 1 -$) via $e + e -$, Bremsstrahlung, etc.

7. TEORIA QUÂNTICA DE CAMPOS II

Métodos funcionais em teoria quântica do campo; Regularização e renormalização; Grupo de renormalização; Invariância de gauge não-abeliana; Quantização de teorias não-abelianas; Sólitons: Paredes de Domínios, Cordas Cósmicas e Monopólos Magnéticos.

8. TÓPICOS ESPECIAIS

A ementa varia de acordo com interesse dos professores e estudantes, a cada semestre.
Bibliografia: Deve ser definida pelo professor do curso.

9. LABORATÓRIO DE SENSORES E INSTRUMENTAÇÃO

Física de medição de temperatura; Termometria de radiação; Medição de umidade; Condução térmica; Termometria de resistência; padrão de platina; Termômetros de expansão de líquidos;

Escala internacional de temperatura; Materiais para termopares e suas propriedades; A incerteza na medição de temperatura; A termodinâmica de termo-eletricidade.

10. INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO E INFORMAÇÃO QUÂNTICA

1. Fundamentos Matemáticos da Mecânica Quântica. Álgebra Linear: Bases e independência linear, operadores lineares e matrizes, Operadores Adjuntos e Hermitianos, Produtos Tensoriais, Decomposição Polar e Singular. 2. Postulados da Mecânica Quântica. Estados, Evolução, Medição Quântica, Medidas Projetivas, Operadores Positivos de medição, Fase, Sistemas Compostos. 3. Aplicações: Código Super-Denso, Teletransporte Quântico. 4. Mecânica Quântica de Sistemas Abertos: Matriz Densidade, Ensembles de Estados Quânticos, Propriedade Gerais do Operador Matriz Densidade. 5. Decomposição de Schmidt e purificações. 6. Desigualdades de Bell.

11. PARTÍCULAS ELEMENTARES I

Introdução. Léptons, quarks, interações fundamentais. Noções básica dos grupos $SU(2)$, $SU(3)$, $SU(N)$. Formalismo Lagrangiano, leis de conservação e simetrias. Cinemática relativística. Quadri-vetores, Colisões. Equação de Dirac. Invariância de calibre. Eletrodinâmica Quântica. Cálculos e Diagramas de Feynman na QED. Teorias de Calibre não abelianas. Interações eletrofracas. Uma teoria de Calibre para as interações eletrofracas, O Modelo Padrão. Quebra espontânea de simetria. Simetrias do Modelo Padrão.

12. CROMODINÂMICA QUÂNTICA (QCD) PERTURBATIVA

Construção da lagrangiana invariante de gauge. Quantização e problemas. Formalismo funcional. Regras de Feynman. Regularização. Renormalização. Grupo de renormalização. Expansão do produto de operadores. Aplicações.

13. MATÉRIA CONDENSADA MOLE

Forças, energias, transições de fase, dispersão coloidal, polímeros, gel, cristais líquidos, supermoléculas, proteínas, polissacarídeos, membranas.

14. ESTADO SÓLIDO III

A teoria de Drude para os metais; a teoria de Sommerfeld para os metais; falhas do modelo do elétron livre; redes de cristais; a rede recíproca; determinação de estruturas de cristais por difração de raios X; classificação de redes bravais e estrutura de cristais; níveis de elétrons em um potencial periódico: propriedades gerais; elétrons em potencial periódico fraco; o método do "Tight-Binding"; outros métodos para calcular estrutura de bandas; o modelo semi-clássico de dinâmica eletrônica; a teoria semi-clássica da condução em metais; medição da superfície de Fermi; estrutura de bandas de metais selecionados; além da relaxação; aproximação temporal; além da aproximação de elétrons independentes; efeitos de superfície; classificação de sólidos; energia coesiva; falhas do modelo de redes estáticas; teoria clássica do cristal harmônico; teoria quântica do cristal harmônico; medição da relação de dispersão para fônons; efeitos anarmônicos em cristais; fônons em metais; propriedades dielétricas dos isolantes; semicondutores

homogêneos; semicondutores não-homogêneos; defeitos em cristais; diamagnetismo and paramagnetismo; interações eletrônicas e estruturas magnéticas; ordenamento magnético; supercondutividade.

15. FENÔMENOS DE TRANSPORTE

Revisão dos conceitos fundamentais de fenômenos de transporte. Balanços integrais e macroscópicos de massa; quantidade de movimento e energia; Equações diferenciais para fluxo de fluidos; escoamento de fluxos incompressíveis; análise dimensional aplicada à mecânica dos fluidos; condução do calor em sólidos, transferência de calor e massa em regime laminar; difusão de massa em misturas multicomponentes; transferências simultâneas de quantidade de movimento, calor e massa.

16. SEMINÁRIOS EM TÓPICOS AVANÇADOS: GEOFÍSICA ESPACIAL

Atmosfera neutra: composição, estrutura, densidade, turbulência, efeitos da força gravitacional, geopotencial, velocidade de escape, ventos, ondas de gravidade, marés, espectro solar, luminescência atmosférica, aurora, fotoquímica temperatura efetiva, efeito "greenhouse", transferência radiativa de energia, meteoros. Dipolo magnético. Coordenadas magnéticas. Geomagnetismo. Ionosfera: formação, estrutura, medidas de parâmetros, camada de Chapman, condutividade, corrente, teoria do dínamo, difusão de plasma, morfologia, ionosfera superior.

17. LUMINESCÊNCIA E ESPECTROSCOPIA ATMOSFÉRICA

Conceitos básicos sobre o fenômeno de luminescência atmosférica; Sua história e primeiras observações; As emissões atmosféricas em geral; Os mecanismos de excitação e perda de energia nos processos fotoquímicos envolvidos na luminescência; Variações noturnas e sazonais; Variações espaciais e as propagações de ondas de gravidade; Temperaturas e ventos calculados pelos espectros da luminescência; Instrumentação: fotômetros, espectrômetros, imageadores; Introdução aos espectros das emissões atmosféricas na alta atmosfera; átomos e moléculas de oxigênio, sódio e hidroxila; Estudo de espectroscopia molecular: oscilador harmônico, oscilador não-harmônico, rotor rígido, rotor não-rígido, rotor vibrante, modelo de pião simétrico, distribuição térmica nos estados quânticos, estados eletrônicos e as transições eletrônicas; O espectro de OH, o espectro de O₂, e as temperaturas rotacionais; Tópicos atuais.

18. DINÂMICA DA ALTA ATMOSFERA

1. Introdução: Revisão de mecânica dos fluidos; Equações fundamentais; Aproximações básicas; Equilíbrio hidrostático; Frequência de Brunt-Vaisälä; 2. Ondas de gravidade acústicas; Ondas de gravidade acústicas em atmosferas isotérmicas; Desenvolvimentos recentes; Observações; 3. Marés Atmosféricas; Teoria clássica; Desenvolvimentos recentes; Observações; 4. Eletrodinâmica da alta atmosfera; Movimento de partículas carregadas; Interação com o vento neutro; Cisalhamento de ventos; 5. O Dínamo Atmosférico; Componentes da variação S_q ; Teoria do dínamo atmosférico; Observações.

19. TEORIA QUÂNTICA DE MUITOS CORPOS

Teoria Quântica de Sistemas de Muitas Partículas a Temperatura Finita; Funções de Green; Teorema de Wick; Equação de Dyson e Teorias de Perturbações Diagramática; Métodos Não Perturbativos; Propriedades Termodinâmicas e o Limite T-0; Resposta Linear e Excitações Coletivas; Tópicos Seleccionados tais como: Superfluidez e Supercondutividade; Localização de Anderson e Sistemas Desordenados; Efeito Hall Quântico e Sistemas de Baixa Dimensionalidade; Férmions Pesados; Modelos de Hubbard e Sistemas de Elétrons Fortemente Correlacionados; Magnetismo; Cristais Líquidos; Polímeros.

20. ÓTICA QUÂNTICA

Quantização do Campo de Radiação: Modos de Uma Cavidade; Alguns Estados Puros da Luz: de Número, Coerente, Comprimido, etc. e suas Propriedades; Estados Mistos; Interação do Campo Quantizado com Átomos: Aproximação Dipolar; Emissão e Absorção; Modelo de Jaynes-Cummings; Átomo Vestido; O Campo Fonte; Equação de Bloch; Estatística Quântica: Graus de Coerência; Experiência de Young; Experiência e Antibunching; Contagem e Fótons, Detecção Homodínea, Heterodínea; Interferômetro de Michelson; Teoria Quântica de Amortecimento: Método com Operador Densidade; Método de Langevin Átomos como Reservatórios; Quase-Probabilidades: Função P de Glauber-Sudarshan; Função de Wigner; Função Q; Função P-Positiva; Quase-Probabilidade para Ordem-S; Flutuações Quânticas e Processos Estocásticos; Geração e Amplificação de Luz: Lasers; Micromaser; Osciladores e Amplificadores Paramétricos; Ressonância Fluorescente; Super-radiância – Modelo de Dicke.

21. DEFEITOS TOPOLÓGICOS I

Alguns campos fundamentais; Interação entre campos; Simetrias; Modelos de um campo escalar real; Modelos de vários campos escalares reais; Métodos para obtenção de soluções analíticas; Teorema de Derrick; Análise de estabilidade dos defeitos; Aplicações.

22. DEFEITOS TOPOLÓGICOS II

Quebra espontânea de simetria contínua; Defeitos em campos escalares complexos; Defeitos do tipo vórtices; Defeitos do tipo monopolo magnético; Modelos com cinemática generalizada; Defeitos tipo compacton; Aplicações.

23. TEORIA DE GRUPOS

Introdução; Algumas propriedades dos grupos; Simetrias, representação de grupos e multipletos de partículas; O grupo simétrico e partículas idênticas; SU(2), SU(3) e SU(N); Tabela de Young e simetria unitária.

24. COSMOLOGIA FÍSICA

O Modelo Padrão Cosmológico; O Princípio de Mach e o Princípio Cosmológico; O Universo em Expansão: Bases Observacionais; A Radiação Cósmica de Fundo; Modelos Inflacionários; Matéria Escura; Medidas da Distribuição de Galáxias; Estimativas do Parâmetro Densidade; Dispersão da Velocidade Relativa de Galáxias e o Grupo Local; Formação de Estruturas; Testes

Cosmológicos e o Universo Primitivo; A Constante Cosmológica; Energia Escura; Anisotropias na Radiação de Microondas; Lentes Gravitacionais; Cosmologias Alternativas.

25. QUÍMICA QUÂNTICA I

Momento Angular; O átomo de Hidrogênio; Teoremas de Mecânica Quântica; O Método Variacional; Teoria de Perturbação; Spin do Elétron e o Princípio de Pauli; Átomos de muitos Elétrons.

26. QUÍMICA QUÂNTICA II

Estruturas Eletrônicas de Moléculas Diatômicas. O teorema Variacional e o Teorema de Hellmann-Feynman. Estruturas Eletrônicas de Moléculas Poliatômicas. Métodos correlacionados.

27. FÍSICA DA IONOSFERA

Formação da Ionosfera. Processos Ionosféricos. Processos Químicos: reações químicas mais importantes nas regiões D, E, F1 e F2. Processos Físicos: Transporte, difusão e eletrodinâmica da ionosfera. Fenômenos ionosféricos: irregularidades, "spread-F", cintilação, TID's, camadas esporádicas. Efeitos de tempestades magnéticas na ionosfera.

28. INSTRUMENTAÇÃO EM FÍSICA DA ALTA ATMOSFERA

Introdução teórica e prática da aparelhagem e metodologia científica de física da alta atmosfera: Fotômetros, Imageadores, Radar de Laser, Espectrofotômetros Dobson, Magnetômetros, Receptores de VLF, Polarímetros VHF, Riômetros, Ionossondas, cargas úteis (fotômetros, experimentos de plasma ionosférico) a bordo de foguetes, espectroscopia nuclear, medidas de campo elétrico, raios-X e ondas ELF na Atmosfera, satélites científicos para estudos da atmosfera.

29. ANÁLISE MATEMÁTICA DE SINAIS ALEATÓRIOS

Dados determinísticos e aleatórios. Introdução a séries temporais. Análise de Fourier. Transformada de Fourier. Sistemas lineares e convolução. Filtros digitais. Funções de autocovariância e auto-correlação. Introdução à análise espectral. Períodogramas. Noções sobre processamento de sinais por Ondeletas.

30. FÍSICA DE PLASMA

Conceitos fundamentais de plasma. Teoria orbital e invariantes adiabáticos. Teoria magnetohidrodinâmica. Teoria cinética. Conceitos fundamentais de ondas e instabilidades em plasma.

31. FÍSICA DO SISTEMA SOL-TERRA

Conceitos básicos sobre plasmas espaciais. Origem e evolução do campo geomagnético. Anomalia magnética do Atlântico Sul. Conceitos da física solar, atividade solar, vento solar e do meio interplanetário. Magnetosferas planetárias. Regiões da magnetosfera. Raios cósmicos.

Acoplamento Sol-magnetosfera-ionosfera-atmosfera. Atividades geomagnéticas, tempestades e subtempestades geomagnéticas.