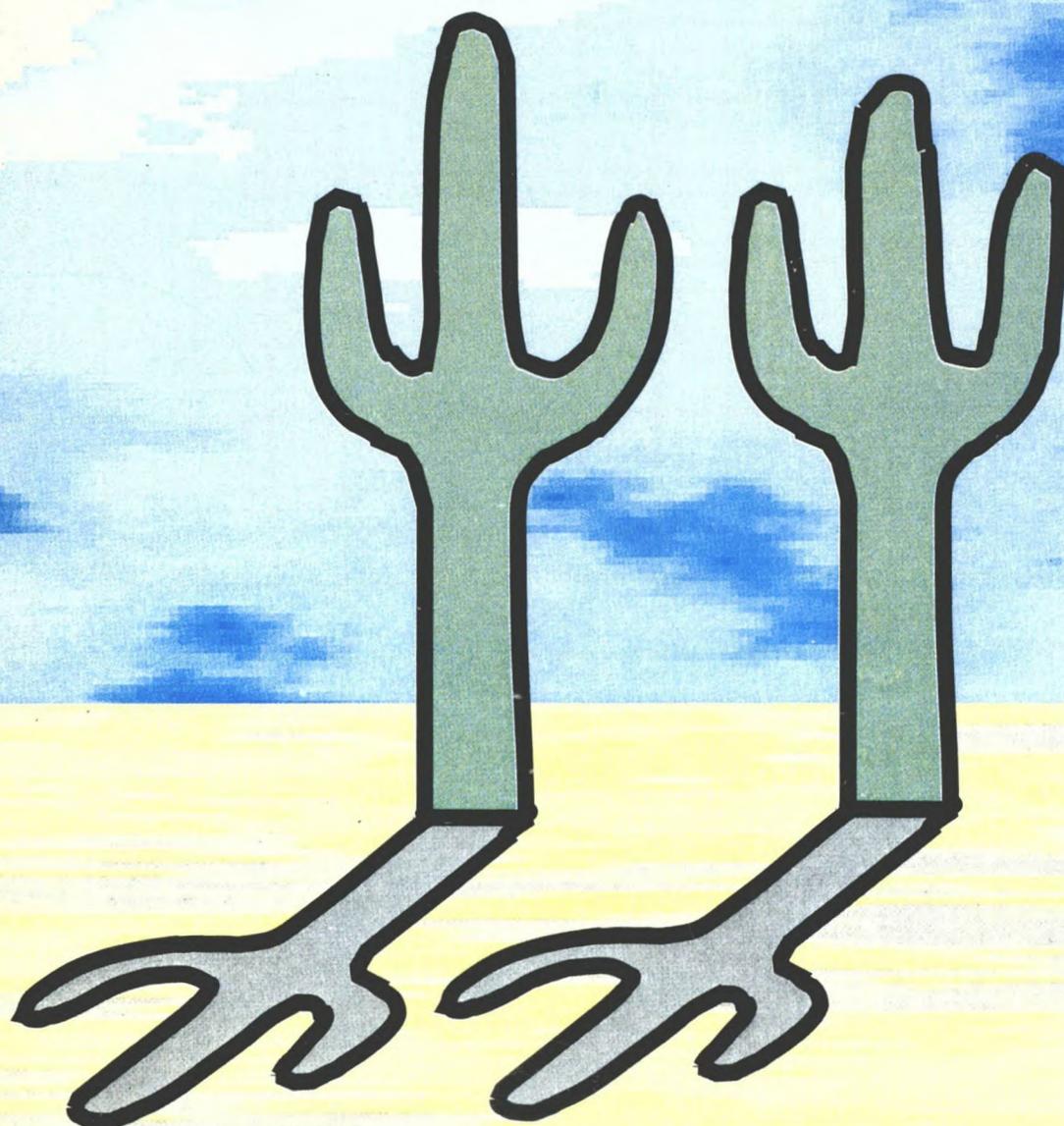


# XIV ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE

25 a 30 de novembro de 1996  
Centro de Convenções de Sergipe  
Departamento de Física - UFS  
Aracaju - Sergipe



# Conteúdo

Apresentação	i
Agradecimentos	ii
Comitês do XIV EFNNE	iv
Cronologia dos EFNNE's	iv
Informações Gerais	v
Programação	vii
Mapa do Centro de Convenções	viii
Palestras Convidadas	ix
Seções dos Grupos de Trabalho	1
Resumos	19
Astrofísica, Cosmologia, Física Nuclear e de Partículas	20
Física da Atmosfera e Geofísica	28
Física Atômica e Molecular, Espectroscopia	32
Ensino de Física	37
Física Estatística	43
Fundamentos da Física e Física Matemática	55
Instrumentação	61
Magnetismo	69
Ciência dos Materiais	71
Óptica	84
Semicondutores	91
Índice de Autores	99

**XIV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste**  
**XIV EFNNE**  
**Centro de Convenções de Sergipe**  
**Depto. de Física da UFS**  
**25 a 30 de Novembro de 1996**  
**Aracaju - SE**

**Comitê dos Coordenadores Regionais**

**Alagoas** - Roberto Jorge V. dos Santos  
**Amazonas** - José Carlos Antônio  
**Bahia** - Hebe Queiroz Plácido  
**Ceará** - Francisco Erivan de Abreu Melo  
**Maranhão** - José Raimundo Rodrigues Siqueira  
**Pará** - Petrus A. Alcantara Jr.  
**Paraíba** - Valdir Barbosa Bezerra  
**Pernambuco** - Edval J. P. Santos  
**Piauí** - Valdemiro da Paz Brito  
**Rio Grande do Norte** - Jose Ferreira Neto  
**Rondônia** - Ana Luzia Silva  
**Tocantins** - Carlos Alberto Alves

**Coordenação Executiva**

**Coordenador Geral** - Mário Ernesto G. Valério  
**Vice** - Mário Everaldo de Souza  
**Sec. Geral** - Osmar de S. Silva Júnior

**Comitê de Programa**

André Maurício C. de Souza  
Cláudio Andrade Macedo  
Marcelo Andrade Macedo  
Washington Figueiredo Chagas Filho

**Comitê de Eventos de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> Graus**

José Fernandes de Lima  
Luiz Gonzaga de Azevedo

---

**Cronologia dos Encontros anteriores e seus Coordenadores**

I	1983	Natal, Rio Grande do Norte	Eudencilson Albuquerque Lindberg Lima Gomes
II	1984	Natal, Rio Grande do Norte	Cid Bartolomeu de Araujo Nilson Almeida
III	1985	Natal, Rio Grande do Norte	Carlos Alberto dos Santos
IV	1986	Natal, Rio Grande do Norte	Artur da Silva Carriço
V	1987	Natal, Rio Grande do Norte	Marcílio Colombo Oliveros
VI	1988	Natal, Rio Grande do Norte	José Alzimir P. de Costa
VII	1989	Natal, Rio Grande do Norte	Uílame Umbelino Gomes
VIII	1990	Maceió, Alagoas	Uriel Medeiros Costa
IX	1991	Maceió, Alagoas	José Euclides de Oliveira
X	1992	Recife, Pernambuco	Ivon Fittipaldi
XI	1993	João Pessoa, Paraíba	Mauro Kyotoko
XII	1994	Fortaleza, Ceará	Frederico Dias Nunes
XIII	1995	Salvador, Bahia	Caio Mário Castro de Castilho

**Próximo Encontro:**

XV 1997 Natal, Rio Grande do Norte

# Apresentação

Caro Colega,

O XIV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste está ocorrendo num ano de uma certa forma atípico para a comunidade de Físicos. O aniversário de 30 anos de nossa SBF dominou a cena com todo direito e merecimento culminando com a reunião conjunta em Águas de Lindóia. Não poderia ser diferente: reunir toda a comunidade dos Físicos do país, através da realização conjunta das 5 reuniões nacionais temáticas, se impunha como uma necessidade imperiosa para o porte e importância da data a ser festivamente comemorada.

Seria de se esperar também que a maior parte do fôlego dos nossos pesquisadores nos diferentes grupos de pesquisa e instituições do país tivesse se esgotado com tal modificação no ano-padrão.

Este efeito se manifestou parcialmente com uma redução no número de participantes e de trabalhos inscritos no XIV EFNNE em relação aos anos anteriores. No entanto, a relação trabalho inscrito/ participante é a melhor de todos os EFNNE realizados até o presente momento, revelando uma maturidade e um aumento na qualidade científica do nosso evento.

Dizer que foi difícil organizar o XIV EFNNE é lugar-comum e a grande maioria dos colegas já viu este filme ou como atores principais e coadjuvantes diretos, ou como platéia privilegiada em noite de estréia. Dizer que o Estado de Sergipe é pequeno e que Departamento de Física da nossa Universidade Federal de Sergipe é estreante nesta carreira seria assumir a posição do chorão inconsequente que só reclama da sua pouca sorte dormindo ao relento mas continua a se negar a erguer a cabeça e assentar um tijolo na sua casa em construção.

O fato é que está feito! Bem ou quase-bem, está feito! O desafio foi vencido e ganhamos todos. Ganhamos nós da UFS: experiência; ganharam nossos parceiros co-patrocinadores do evento, principalmente das empresas e instituições locais, que demonstraram cabalmente que é viável ter uma comunidade científica em Sergipe e que a sociedade a apoia não só moralmente, mas se dispõe a lutar junto; ganharam nossos parceiros na esfera federal: novos jovens, novo celeiro para novas cabeças; e ganhou a SBF: mais um enorme passo no sentido de estabilizar esta importante aproximação entre a comunidade de Físicos do Norte e Nordeste e a nossa Sociedade, relação que apenas começou.

Agradecer a todos da UFS e da secretaria da SBF que ajudaram na organização deste XIV EFNNE é obrigação da Comissão Organizadora e um prazer pessoal. Em nome de toda comunidade de Físicos do Norte e Nordeste, muito obrigado a todos estes companheiros que se dispuseram a auxiliar na batalha ficando, na maioria das vezes, com o serviço mais pesado.

Por fim, fica aquele sentimento bom de ter mantido a chama acesa, acrescentando lenha nova, nesta longa caminhada iniciada há 13 anos atrás nos primeiros encontros em Natal e mantida com o empenho de todos os outros Estado-sede que nos precederam.

Só nos resta desejar a todos um XIV EFNNE bastante proveitoso e uma boa estada em Aracaju.

Mário Ernesto Giroldo Valerio  
Coordenador Geral do XIV EFNNE

# Agradecimentos

Agradecemos aos nossos patrocinadores, sem os quais este XIV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste não teria sido possível. São eles:

- Câmara do Dirigentes Lojistas de Aracaju - CDL
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
- Escola Técnica Federal de Sergipe - ETFSE
- Federação das Indústrias do Estado de Sergipe / Instituto Euvaldo Lodi / SENAI - FIES / IEL / SENAI
- Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP
- Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES
- Secretaria de Estado da Educação e do Desporto e Lazer - SEED
- Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Turismo - SEICT
- Secretaria de Estado de Planejamento, Ciência e Tecnologia - SeplanteC
- Serviço de Apoio as Micro e Pequenas Empresa de Sergipe - SEBRAE/SE
- Universidade Federal de Sergipe - UFS

A todos os que tiveram a sensibilidade e acreditaram na qualidade e importância do XIV EFNNE, o nosso muito obrigado.

# Informações Gerais

## 1. Local do XIV EFNNE:

O XIV EFNNE será realizado em duas partes: a Parte científica, no Centro de Convenções de Sergipe, e a Parte do 1º e 2º graus, no Depto. de Física da UFS.

O Centro de Convenções de Sergipe - CCS (antigo Centro de Interesse Comunitário-CIC), fica localizado na Av. Tancredo Neves, próximo ao terminal de ônibus do Distrito Industrial Para contatos urgentes com participantes do XIV EFNNE, o telefone/FAX é (079) 231-2787 ou (079) 982-1256, citando sempre a Coordenação do XIV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste.

## 2. Hotel e Alimentação:

Os participantes do XIV EFNNE e seus acompanhantes ficarão hospedados nos seguintes hotéis todos localizados na Nova Orla de Aracaju:

**Hotel Beira Mar**  
Av. Rotary s/n  
Atalaia, Aracaju, SE  
Tel.: (079) 243-1921  
Fax: (079) 243-1153

**Aracaju Paria Hotel**  
Av. Santos Dumont s/n  
Atalaia, Aracaju, SE  
Tel.: (079)243-2521

**Apart Hotel Residence**  
Rua Mário Jorge Vieira 92  
Atalaia, Aracaju, SE  
Tel.: (079)243-1144  
Fax: (079) 243-3030

O Aracaju Praia Hotel e o Apart Hotel Residence distam entre si cerca de 50 metros e ambos distam cerca de 800 metros do Hotel Beira Mar.

Os participantes terão direito ao café da manhã dos dias 28, 29 e 30/11, inclusos nas diárias dos hotéis, bem como as refeições dos dias 28 e 29/11 que serão feitas no restaurante do Centro de Convenções de Sergipe. Os participantes receberão tickets para o controle das refeições.

Despesas adicionais com bebidas, alimentação extra, telefonemas, serviços de lavanderia e etc., bem como as despesas dos acompanhantes, correrão por conta exclusiva do participante.

## 3. Transporte:

Nos dias 28 e 29/11 a partir das 7:45 h., ônibus estarão a disposição dos participantes para o traslado dos hotéis até o Centro de Convenções em uma viagem que dura aproximadamente 15 minutos. Nos mesmos dias, após o encerramento das atividades e após o jantar, os ônibus transportarão os participantes de volta aos hotéis.

O traslado dos participantes do e para o Aeroporto ou Rodoviária, será de inteira responsabilidade do participante. O Aeroporto de Aracaju fica cerca de 10 min., de taxi, dos hotéis do XIV EFNNE e o serviço de Taxi é administrado pela Cooperativa COMTAJU, com preços fixos da ordem de R\$ 12,00 para a viagem aeroporto-hotel.

*Para os participantes que chegarem por via rodoviária, em ônibus de carreira:* a Estação Rodoviária dista cerca de 25 minutos dos hotéis do evento por taxi, com um custo estimado de cerca de R\$ 10,00 Para aqueles que optarem por irem de ônibus urbanos da Estação Rodoviária até os hotéis, dirijam-se ao terminal de ônibus dentro da Rodoviária e tomar um ônibus em direção o Terminal do Distrito Industrial de Aracaju (DIA) trocando para outro do Terminal do DIA até a Nova Orla, onde ficam os hotéis. Não é necessário pagar nova passagem e a viagem dura cerca de 35 min.

*Para os participantes que chegarem de carro ou ônibus fretados a Aracaju pela BR-101:* após passar pelo posto da Polícia Rodoviária próximo da entrada da cidade, virar a direita no 1º viaduto em direção a Rodoviária, Distrito Industrial (DIA) e Campus da UFS (Av. Tancredo Neves); seguir em frente até o final da avenida (cerca de 9 km); virar a direita na Av. Beira Mar. Seguir em frente por mais cerca de 2 km; pegar a esquerda na bifurcação em direção a Nova Orla/Atalaia (Av. Antônio Alves). No terminal de ônibus urbanos virar novamente a esquerda na Av Rotary. No final desta avenida encontra-se o Hotel Beira Mar e cerca de 800 m. para a esquerda na avenida da orla ( Av. Santos Dumont), localizam-se o Aracaju Praia Hotel e o Apart Hotel Residence.

*Para os participantes que chegarem de carro a Aracaju via Linha Verde (do sul):* seguir até o fim da Rodovia José Sarney virando a direita do 2º semáforo; virar novamente a direita no final da Av. Antônio Alves em direção a Nova Orla/Atalaia. No terminal de ônibus urbanos virar novamente a esquerda na Av Rotary. No final desta avenida encontra-se o Hotel Beira Mar e cerca de 800 m. para a esquerda na avenida da orla ( Av. Santos Dumont), localizam-se o Aracaju Praia Hotel e o Apart Hotel Residence.

#### 4. Secretaria:

No dia 27/11 das 13 às 17 h., no Hotel Beira Mar e no Aracaju Praia Hotel, estarão funcionando as recepções dos participantes com a entrega dos materiais. Das 19:45 até 21:30 h a entrega de material passará a funcionar no CCS. Nos dias 28 e 29/11, no CCS, funcionará a Secretaria de Apoio do XIV EFNNE para eventuais problemas e informações gerais.

#### 5. Serviços Bancários e outras Informações:

A cerca de 150 m. do CCS, encontra-se uma Agência do BANESE que mantém convênio com os principais bancos estaduais. Além disso, a cerca de 600 metros do CCS, existe uma agência da Caixa Econômica Federal e no próprio Centro de Convenções deverá funcionar, em horários especiais, um posto de atendimento do Banco do Brasil para pequenos serviços emergenciais. Demais agências bancárias, podem ser encontradas no centro da cidade, a cerca de 20-25 min. via ônibus urbano, do Terminal do DIA (cerca de 5 min. de caminhada do CCS) em direção ao centro.

Serviços de taxi por telefone, com hora marcada, são disponíveis em Aracaju 24 horas todos os dias e informações turísticas poderão ser obtidas nos hotéis ou na EMSETUR, fones: (079) 243-2022/ 224-3521/ 211-9039.

# Programação

## Parte Científica

Local: Centro de Convenções de Sergipe

Horário	Quarta-feira 27/11	Quinta-feira 28/11	Sexta-feira 29/11	Sábado 30/11
8:30 - 10:10		Comunicações Orais	Comunicações Orais	Saída das delegações
10:10 - 10:30		Café	Café	
10:30 - 12:10		Comunicações Orais	Comunicações Orais	
12:10 - 14:00	Chegada  das  delegações	Almoço	Almoço	
14:00 - 15:40		Painéis	Painéis	
15:40 - 16:00		Café	Café	
16:00 - 16:50		Palestras Vespertinas 1 a 4	Palestras Vespertinas 5 a 8	
17:00 - 17:50		Palestra Plenária 1	Palestra Plenária 2	
17:50 - 20:30		Jantar	Assembléia	
20:30	Abertura Coquetel de Abertura	_____	Coquetel de Encerramento e Jantar	

## Atividades para o Primeiro e Segundo Graus

Local: Universidade Federal de Sergipe

	Segunda-feira 25/11	Terça-feira 26/11	Quarta-feira 27/11
8-10	Cursos 1-3	Cursos 1-3	Cursos 1-3
10-12	Palestra 1	Palestra 2	Palestra 3
14-18	Oficinas 1-4	Oficinas 1-4	Oficinas 1-4

### Palestra 2:

*O Ensino da Física Moderna no Segundo Grau*  
(Prof. Cláudio Andrade Macedo - UFS)

### Palestra 3:

*Supercondutividade - Quanto mais quente melhor*  
(Prof. José Marcílio Ferreira - UFPE)

### CURSOS:

**Curso 1:** (Auditório 02 - CCBS)

*Fractais nas Ciências Exatas e Biológicas*

(Prof. Romildo Nogueira - UFPE)

**Curso 2:** (Auditório 05 - CCBS)

*Física e Música*

(Prof. Francisco Nairon - UFRPE)

**Curso 3:** (Laboratório de Informática - CCET)

*Cálculo Integral e Diferencial utilizando o computador*

(Profs. Fernando Miguel P. Chaves e Everton G. de Santana - UFS)

### PALESTRAS:

(Auditório da Reitoria)

**Palestra 1:**

*O uso da História da Ciência no Ensino de Física*

(Prof. Alexandre Medeiros - UFRPE)

### OFICINAS:

(Depto. de Física - CCET)

**Oficina 1:**(Sala 12a)

*Óptica*

(Profs. Jozumar Carneiro e Wlademir Carvalho - UFRPE)

**Oficina 2:** (Sala 12)

*Calor*

(Profs. Luiz Augusto do Carmo e Denilson Laranjeiras - UFRPE)

**Oficina 3:** (Sala 16)

*A Física dos Brinquedos*

(Profs. Jadson Almeida, Marcos Ribeiro e Ronaldo Silva - UFRPE)

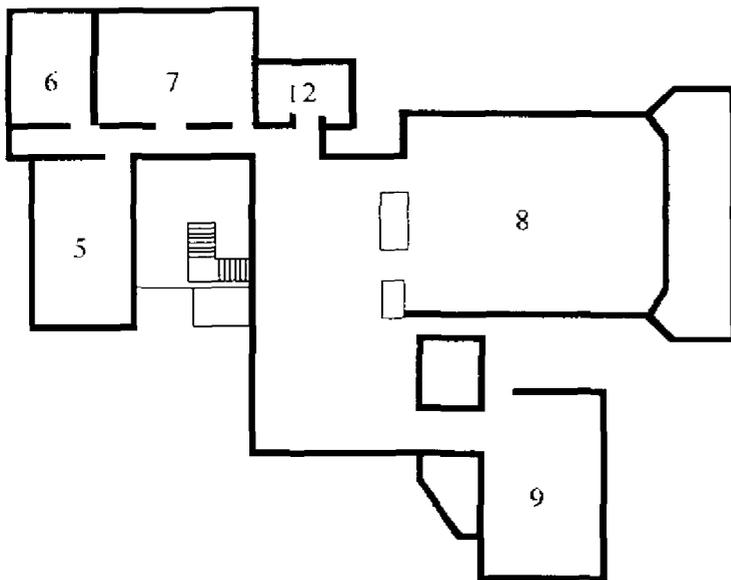
**Oficina 4:** (Sala 09)

*Eletricidade*

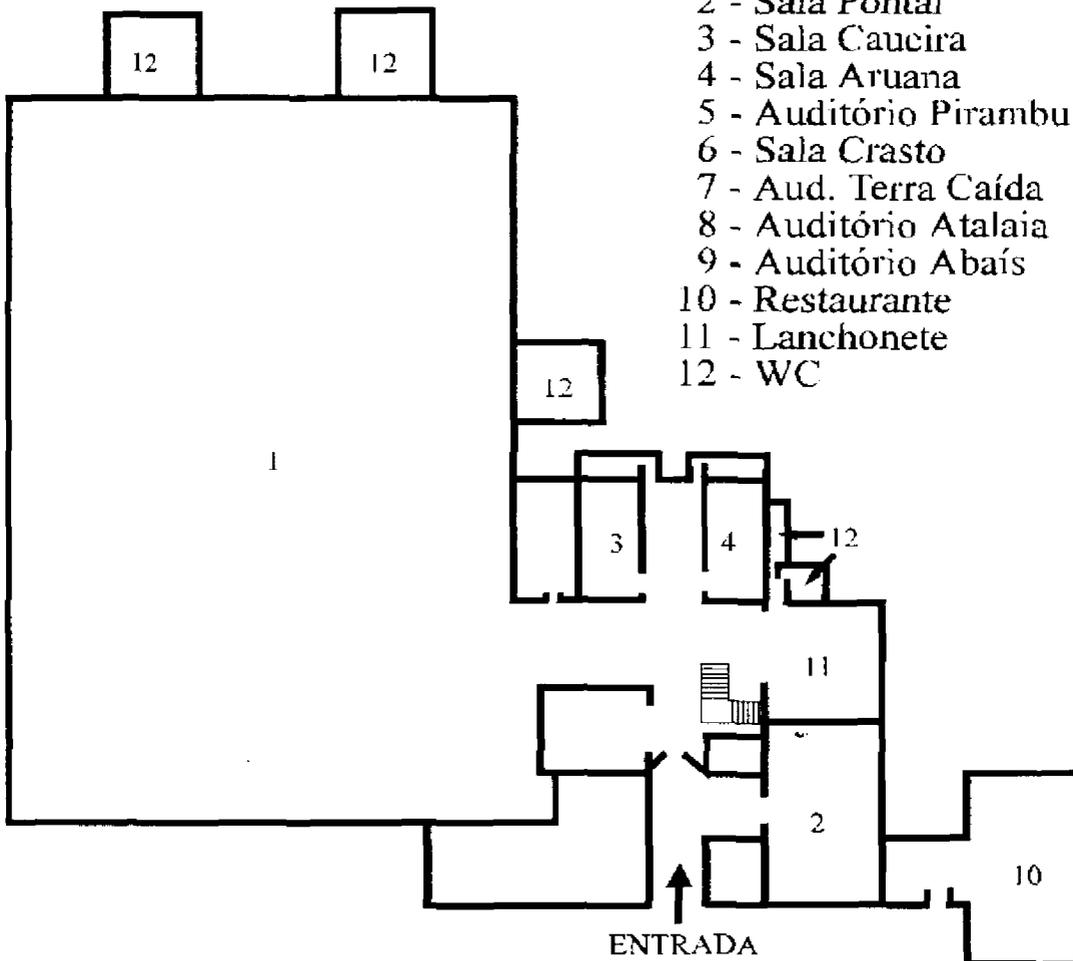
(Profs. Nivaldo Ribeiro de L. Júnior e Suzana Lins - UFRPE)

# CENTRO DE CONVENÇÕES DE SERGIPE

## PAVIMENTO SUPERIOR



## PAVIMENTO INFERIOR



## LEGENDA

- 1 - Pav. Exposições
- 2 - Sala Pontal
- 3 - Sala Cauçira
- 4 - Sala Aruana
- 5 - Auditório Pirambu
- 6 - Sala Crasto
- 7 - Aud. Terra Caída
- 8 - Auditório Atalaia
- 9 - Auditório Abaís
- 10 - Restaurante
- 11 - Lanchonete
- 12 - WC

## Palestras Convidadas

## **PALESTRAS PLENÁRIAS**

**Palestra Plenária 1**  
**Espectroscopia de Líquidos Moleculares**  
Prof. Sylvio R. Aciolly Cannuto  
Coordenador: Celso P. Melo  
Data: 28/11  
Horário: 17:00 às 17:50 h.  
Local: Auditório Atalaia

**Palestra Plenária 2**  
**A Física Histórico-Conceitual**  
Prof. José Maria Filardo Bassalo  
Coordenador: Hebe Queiroz Plácido  
Data: 29/11  
Horário: 17:00 às 17:50 h.  
Local: Auditório Atalaia

## **PALESTRAS VESPERTINAS**

28/11 das 16:00 as 16:50 h.

29/11 das 16:00 as 16:50 h.

**Palestra 1**  
**Utilização de Técnicas de Mecânica Estatística no**  
**Estudo do Sistema Imunológico**  
Profa. Maria Rita Zorzenon dos Santos  
Coordenador: Prof. Sérgio G. Coutinho  
Local: Auditório Atalaia

**Palestra 5**  
**Functional Integrals and Pseudoclassical Description of**  
**Relativistic Particles**  
Prof. Dmitri Gitman  
Coordenador: Prof. Fernando M. Chaves  
Local: Auditório Pirambu

**Palestra 2**  
**Dez anos de Supercondutividade a Altas Temperaturas**  
Prof. José Albino Aguiar  
Coordenador: Prof. I. Guedes  
Local: Auditório Pirambu

**Palestra 6**  
**Cadeias Quânticas de Spin**  
Prof. Francisco Alcaraz  
Coordenador: Prof. Liacir S. Lucena  
Local: Auditório Atalaia

**Palestra 3**  
**Modelo de Fluxo das Águas Subterrâneas na Bacia**  
**Sedimentar do Cariri**  
Prof. Josué Mendes Filho  
Coordenador: Prof. Ivon P. Fittipaldi  
Local: Auditório Abaís

**Palestra 7**  
**Espectroscopia Ótica em Terras Raras**  
Prof. Luiz Antônio de Oliveira Nunes  
Coordenador: Prof. Cid B. Araújo  
Local: Auditório Abaís

**Palestra 4**  
**Sobre uma Estrutura Algébrica da Dinâmica em**  
**Espaços de Liouville**  
Prof. José David M. Vianna  
Coordenador: Prof. Alexander Ghiner  
Local: Auditório Terra Caída

**Palestra 8**  
**Pesquisa Básica e Aplicada em Física de Dispositivos**  
**Semicondutores no DF / UFPE**  
Prof. Egonides Felisberto da Silva Jr.  
Coordenador: Prof. Valder N. Freire  
Local: Auditório Terra Caída

## ESPECTROSCOPIA DE LÍQUIDOS MOLECULARES

*Atque illud quidem Menstruum vocaverunt*

Sylvio Canuto

Instituto de Física, USP, C. Postal 66318, 05315-970,  
São Paulo, SP

É possível se dizer que hoje há uma metodologia teórica muito bem estruturada e avançada para se estudar sistemas moleculares em fase gasosa. O grande desafio passa então a ser o estudo de sistemas em interação. Dentre estes desafios seguramente um dos mais envolventes é o estudo de sistemas moleculares em fase líquida. A compreensão da estrutura eletrônica de líquidos impõe uma análise detalhada das forças moleculares envolvidas e do papel desempenhado pela desordem, efeitos de temperatura, formação de pontes de hidrogênio, efeitos hidrofóbicos, etc. Nesta apresentação revisaremos estes aspectos no que se refere à espectroscopia molecular de líquidos e, em particular efeitos de solventes em espectroscopia na região do UV/VIS. Nosso tratamento teórico combina técnicas de simulação de Monte Carlo e cálculos quânticos usando teoria de muitos corpos. Vários exemplos serão discutidos e comparados com resultados experimentais.

### A FÍSICA HISTÓRICO-CONCEITUAL.

#### MECÂNICA - MOMENTUM, IMPULSO, ENERGIA

José Maria Filardo Bassalo

Departamento de Física da UFPA

Neste trabalho, mostramos a evolução histórica dos conceitos mecânicos da quantidade de movimento (momento) linear, do impulso e da energia. Começamos com as idéias aristotélicas sobre movimento e, em seguida, discutimos o incipiente conceito de **quantidade de movimento**, apresentado pelos físicos da Idade Média, conceito esse que foi cada vez mais esclarecido graças aos trabalhos dos físicos do Século XVII, principalmente, aos de Galileu, Descartes, Newton e Leibniz. Em prosseguimento, discutimos os conceitos do momento linear, de impulso e de energia, segundo as formulações euleriana, lagrangeana e hamiltoniana da Mecânica, apresentadas nos Séculos XVIII e XIX. Por fim, apresentamos os novos conceitos de momento linear e de energia, decorrentes da relatividade einsteiniana.

#### UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE MECÂNICA ESTATÍSTICA NO ESTUDO DO SISTEMA IMUNOLÓGICO

Maria Rita Zorzenon dos Santos

Instituto de Física, UFF

Nos últimos anos, tenho utilizado modelos de Mecânica Estatística para estudar o comportamento do sistema imunológico como um sistema cooperativo. Tenho usado tanto modelos que se servem de equações diferenciais simples para descrever a evolução temporal de populações celulares como também automata celulares. Nos modelos utilizados, consideramos o sistema imunológico atuando como uma rede que regula as respostas imunológicas através de interações de ativação e supressão entre os diferentes elementos que compõem o sistema imunológico. Ao contrário de uma rede neuronal, onde consideramos todos os neurônios como unidades equivalentes, no caso do sistema imunológico temos diferentes tipos de células que interagem entre si. Utilizando um modelo simples de populações celulares diferentes que interagem entre si via uma estrutura do tipo árvore de Cayley, onde a evolução temporal das

populações é descrita por uma equação diferencial simples, é possível descrevermos respostas imunológicas do tipo vacinação e tolerância como um fenômeno cooperativo entre as diferentes populações envolvidas na resposta imunológica. Usando este mesmo tipo de modelo nos foi possível também descrever o aparecimento de certas doenças auto-imunes tais como diabetes e lupus. Recentemente, mostramos que podemos, simular a evolução temporal do repertório de células que compõem o sistema imunológico utilizando automata celulares cuja regra está associada a uma janela de ativação. Automatos celulares também têm sido usados no estudo de herpes e de infecção por HIV e aparecimento de AIDS.

### DEZ ANOS DE SUPERCONDUTIVIDADE DE ALTA TEMPERATURA : SONHOS E REALIDADE

J. Albino Aguiar

Departamento de Física-UFPE

A descoberta dos Óxidos Supercondutores de Altas Temperaturas de Transição ( $T_c$ ), realizada por Muller e Bednorz nos Laboratórios da IBM em Zurique-Suíça, no final de 1986 é, sem dúvida alguma, um dos mais fascinantes desenvolvimentos recentes da Física da Matéria Condensada. A supercondutividade, descoberta em 1911 por Heike Kamerlingh Onnes em Leiden na Holanda, ocorre quando esfriamos certos materiais a temperaturas muito baixas. Quando um material sofre uma transição de fase para o estado supercondutor ele passa a não oferecer resistência à corrente elétrica dc. Kamerlingh Onnes foi um dos pioneiros a perceber o potencial tecnológico da descoberta da supercondutividade e também a sugerir aplicações. Em geral estas aplicações tentam fazer uso da passagem de uma corrente elétrica ou da obtenção de campos magnéticos em eletroímãs sem dissipação térmica (efeito Joule). Os primeiros supercondutores tais como mercúrio, estanho, chumbo e nióbio apresentam esta propriedade a temperaturas muito baixas, na faixa da temperatura de liquefação do hélio (4.2 K), e na presença de campos magnéticos pequenos. Estes requerimentos impediram durante muito tempo a utilização prática dos supercondutores.

A possibilidade de se utilizar nitrogênio como líquido refrigerante para obter-se supercondutividade trouxe um novo ânimo às pesquisas básicas e aplicadas neste campo da ciência. Muitos sonhos, tais como: melhores e mais baratas bobinas supercondutoras, trens flutuantes, computadores mais rápidos, etc. foram reavivados. Passados já 10 anos nenhum desses sonhos foi, ainda, realizado. Entretanto vários e significantes passos foram dados, entre eles podemos citar: a confecção de fitas e cabos com alta densidade de corrente, e a construção de vários dispositivos de microondas usando os novos materiais supercondutores. Muito progresso foi alcançado nos últimos 10 anos, no entanto, o entendimento das propriedades básicas destes novos materiais e o desenvolvimento de uma tecnologia baseada nestes materiais ainda não foi atingido.

Nesta palestra serão revistos os conceitos básicos do fenômeno da supercondutividade, será feita uma revisão histórica dos progressos obtidos, tanto na área de ciências básicas como na área de aplicações tecnológicas, e serão traçadas as perspectivas de desenvolvimento nesta interessante e promissora área do conhecimento.

## MODELO DE FLUXO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA SEDIMENTAR DO CARIRI

Josué Mendes Filho  
UFC

Este trabalho foi desenvolvido na região do Cariri, no sul do Estado do Ceará, que tem a maior e mais importante reserva de água subterrânea do Estado e é composta de um planalto, a Chapada do Araripe e de um vale, o Vale do Cariri. A importância do estudo dessas reservas subterrâneas está no fato de que o abastecimento doméstico, agrícola, pastoril e industrial é quase que exclusivamente feito por estas águas. O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica dessas águas utilizando medidas isotópicas de carbono-14, carbono-13, oxigênio-18, trício e deutério, medidas químicas dos íons mais abundantes e condutividade elétrica e perfis geológicos. Com esse conjunto de dados elaboramos um modelo fenomenológico da circulação de água em toda a Bacia Sedimentar que permitiu, na Chapada identificar três tipos distintos de exultórios que são fontes nos contatos das formações aquíferas e percolação para as formações mais profundas e no Vale identificar a recarga dos aquíferos profundos através de infiltração local das águas pluviais nas áreas de recarga e por percolação pela Chapada do Araripe. Identificamos também a recarga direta do aquífero mais profundo em áreas de intenso tectonismo como no "horst" do mauriti e constatamos a importante contribuição dos aluviões para alimentação dos aquíferos livres. O uso de técnicas estatísticas fatoriais mostrou que os dados escolhidos como representativos de cada armazenamento são bem aferidos, e concordam com o modelo fenomenológico de fluxo nestes aquíferos. Este estudo permite identificar pontos sensíveis para monitoramento destas reservas. Este estudo também permitiu a mudança paleoclimáticas nesta região, com sensível aumento da temperatura e redução da pluviosidade nesta área, como também identificar misturas de águas recentes com paleoáguas e nas águas armazenadas nestes aquíferos.

## FUNCTIONAL INTEGRALS AND PSEUDOCLASSICAL DESCRIPTION FOR RELATIVISTIC PARTICLES

Dmitri M. Gitman

Instituto de Física, USP, Cx. Postal 66318, CEP 05315-970,  
São Paulo, S.P., Brasil

The propagator of a spinning particle in external Abelian field and in arbitrary dimensions is presented by means of a path integral. The problem has distinct solutions in even and odd dimensions. In even dimensions the representation is just a generalization of one in four dimensions (it has been known before). In this case a gauge invariant part of the effective action in the path integral has a form of the standard (Berezin-Marinov) pseudoclassical action. In odd dimensions the solution is presented for the first time and, in particular, it turns out that the gauge invariant - part of the effective action - differs from the standard one. We propose this new action as a candidate to describe spinning particles in odd dimensions. Studying the hamiltonization of the pseudoclassical theory with the new action we show that the operator quantization leads to adequate minimal quantum theory of spinning particles in odd dimensions. Finally the consideration is generalized for the case of the particle with anomalous magnetic moment.

E-mail: gitman@fma.if.usp.br; fax: 55-11-8186833; tel: 55-11-8134257.

## PESQUISA BÁSICA E APLICADA EM FÍSICA DE DISPOSITIVOS SEMICONDUTORES NO DF/UFPE

Eronides F. da Silva, Jr.

Departamento de Física, Univ. Federal de Pernambuco,  
Cidade Universitária, 50670-910, Recife, PE, Brasil  
Discutiremos a infraestrutura hoje disponível no Departamento de Física da UFPE para processos de fabricação e caracterização física e elétrica de filmes finos, materiais e dispositivos microeletrônicos e suas aplicações nas diversas linhas de pesquisa básica e aplicada ora em andamento, e associadas às áreas de dispositivos semicondutores e optoeletrônicos. Será dada uma breve descrição da Sala Limpa (classe 1000) utilizada nos processos de preparação de materiais e dispositivos, sua utilização, procedimentos e requerimentos necessários para a obtenção de dispositivos de alta qualidade. Serão apresentados resultados teóricos e experimentais envolvendo o crescimento de filmes finos de SiO<sub>2</sub>, efeitos de radiação ionizante em dispositivos MOS, fabricação de dispositivos fotovoltaicos, estruturas de guias de onda planar e canal e lasers semicondutores.

## Sessões dos Grupos de Trabalho

# APRESENTAÇÕES DO DIA 28/11/96

## 8:30 - 10:10 – Comunicações orais

### AFC – 1

Coordenador: Arthur Matos Neto

Local: Auditório Terra Caída

8:30 SÓLITONS EM CADEIAS COM PONTES DE HIDROGÊNIO .....	20
Demétrio Florentino Toledo Filho	
8:50 AUTO-ENERGIA PRÓPRIA DO ELÉTRON EM PRESENÇA DE CAMPO EXTERNO E SOB VÍNCULOS MACROSCÓPICOS .....	20
Franz Peter Alves Farias, Arthur Matos Neto	
9:10 O TENSOR ENERGIA-MOMENTUM DO CAMPO DE RADIAÇÃO SOB VÍNCULOS MACROSCÓPICOS E O EFEITO CASIMIR .....	20
Franz Peter Alves Farias, Arthur Matos Neto	
9:30 LIMITE NÃO RELATIVÍSTICO DA TEORIA DE CHERN-SIMONS .....	20
M. Gomes, J.M.C. Malbouisson, A.J. da Silva	
9:50 CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO NÃO PARALELOS NUM "BACKGROUND" DE GRAVITAÇÃO, ONDAS GRAVITACIONAIS ESTACIONÁRIAS E GRÁVITONS .....	21
Carlos Pinheiro, Gilmar S. Dias, J. A. Helayel Neto	

### ATG – 1

Coordenador: Alberto Brum Novaes

Local: Sala Caueira

8:30 Investigação Geofísica da Micro-bacia Hidrográfica da área do Centro de Convenções, Salvador, Bahia .....	28
R. N. Naziazeno, Carlos A. S. da França, Olivar P. Lima, Iara O. Brandão	
8:50 MONITORAMENTO AUTOMÁTICO DA RADIAÇÃO SOLAR EM FORTALEZA(CE) .....	28
José Sidou Albuquerque, Manuel da Costa Pereira, Ronaldo Rodrigues da Costa, José Carlos Parente de Oliveira	
9:10 INVERSION OF INTERVAL VELOCITIES AGAIN .....	28
Amin Bassrei	
9:30 THE BARBIERI CRITERION IN TWO-DIMENSIONAL GRAVITY INVERSION .....	29
Amin Bassrei	
9:50 VARIAÇÃO DIURNA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UMA PLANTAÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR NO RECÔNCAVO-BA .....	29
Alberto Brum Novaes, Francisco Carlos Pataro de Queiroz	

### EST – 1

Coordenador: Ivon Palmeira Fittipaldi

Local: Auditório Abaís

8:30 Leis de escala e expoentes críticos do modelo de propagação do vírus <i>Herpes Simplex</i> (HSV) .....	43
Gustavo Camelo Neto, Sérgio Coutinho	
8:50 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO <i>RUBBER BAND</i> .....	43
Ramires Nascimento da Silva, Ivon P. Fittipaldi, Borko Stosic	
9:10 Permeabilidade em Dutos Rugosos .....	43
Adriano Mesquita Alencar, José Soares de Andrade Júnior, Murilo Pereira de Almeida, Josué Mendes Filho	
9:30 OPTIMIZATION OF NON-LINEAR GRAVITY MODELS THROUGH GSA .....	44
Kleber C. Mundim, Thierry J. Lemaire, Amin Bassrei	

9:50	RESIDUAL ENTROPY OF THE SQUARE ISING ANTIFERROMAGNET IN THE MAXIMUM CRITICAL FIELD: THE FIBONACCI MATRIX .....	44
	Borko D. Stošić, Tatijana Stošić, Ivon P. Fittipaldi, J. J. P. Veerman	

### FUN – 1

Coordenador: Petrus A. Alcântara Jr.

Local: Sala Pontal

8:30	A COVARIÂNCIA DA ELETRODINÂMICA DE MAXWELL .....	55
	Karlúcio Heleno Castro Castello Branco	
8:50	EQUAÇÃO DE LIOUVILLE GENERALIZADA NA TEORIA DE DUFFIN-KEMMER-PETIAU .....	55
	Marco César B. Fernandes, J. D. M. Vianna, J. D. M. Vianna	
9:10	SOLUÇÃO PERTURBATIVA PARA EQUAÇÕES DESCREVENDO DEFEITOS INTERAGENTES ....	55
	Sérgio Azevedo e Fernando Moraes	
9:30	INVARIANTES PARA SISTEMAS DINÂMICOS HAMILTONIANOS .....	55
	Zolacir T. O. Junior, Tarcísio M. Rocha Filho, J. D. M. Vianna, J. D. M. Vianna	
9:50	ESTUDO DA ÁREA DO CONJUNTO DE MANDELBROT COMO FUNÇÃO DAS CONSTANTES ESTRUTURAIIS DA ÁLGEBRA UTILIZADA .....	56
	Gildemar Carneiro dos Santos, José Édson Guimarães Junior	

### INS – 1

Coordenador: Iuri Muniz Pepe

Local: Auditório Pirambu

8:30	UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS RESSONANTES PARA CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS .....	61
	ERIVALDO MONTARROYOS, VICTOR EMANUEL ALECAR ARAÚJO MAIA, ANDRÊSSA JULIANA PIMENTEL	
8:50	Desenvolvimento de uma Fonte de Alimentação Regulada, Estabilizada e Ajustável para o Controle da Corrente de uma Lâmpada de tungstênio .....	61
	L. M. Abreu, I. Pepe	
9:10	Reativação de um equipamento de Termoluminescência .....	61
	Alisson F.C.C., R.N.Naziázeno, I. Pepe, B. L. Pepe	
9:30	Desenvolvimento de uma Camara bi-Dimensional de Fios para ser usada no Experimento FOCUS - E-831/FERMILAB .....	61
	I. Pepe, A. F. Barbosa e J. Anjos	

### MAT – 1

Coordenador: Francisco Erivan de Abreu Melo

Local: Auditório Atalaia

8:30	ESTUDO E CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS NORMAIS DE VIBRAÇÃO DA L-TREONINA EM T= 20 K	71
	Benedito Lopes da Silva, Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Ilde Guedes da Silva, Marcos Antonio Araújo Silva, Francisco Erivan de Abreu Melo, Josué Mendes Filho	
8:50	Técnicas de Simulação Numérica para a Determinação das Constantes Óticas Paralela e Transversal de Filmes Orgânicos Finos .....	71
	Alexandro C. Tenório, Celso P. de Melo	
9:10	Desvio do Comportamento tipo "Hopping" de Alcance Variável para Amostras de Polipirrol .....	71
	Francisco L. dos Santos e Celso P. de Melo	
9:30	LOCAL FIELD EFFECTS AND RAMAN SPECTROSCOPY OF THE ANISOTROPIC ORGANIC CRYSTALS .....	71
	Alexander Ghiner, Antonio Jeferson de Deus Moreno	

9:50	Comportamento Não Ôhmico para Filmes de Polipirrol Condutor a Baixas Temperaturas .....	72
	Romero G. de Souza, Francisco L. dos Santos e Celso P. de Melo	

### OTI – 1

Coordenador: Joaquim F. Martins-Filho

Local: Sala Crasto

8:30	Cálculo dos Coeficientes de Reflexão e Transmissão de "Slab" Multicamadas ou não Homogêneo através do Método dos Momentos .....	84
	Esdras S. Santos, Thierry J. Lemaire	
8:50	GERAÇÃO DE SEGUNDO HARMÔNICO EM AMOSTRAS VÍTREAS .....	84
	A. S. Oliveira, M. T. de Araujo, A. S. Gouveia-Neto, J. A. Medeiros Neto, A. S. B. Sombra	
9:10	SUPERPOSITION OF NUMBER AND SQUEEZED STATES OF THE QUANTIZED LIGHT FIELD ...	84
	Geusa A. Marques, Adelsindo L. de Brito, Basilio Baseia, Hélio Dias	
9:30	Conversão Ascendente de Energia em Guias de Onda Canal de Sílica Dopada com Túlio .....	84
	J. F. Martins-Filho, A.G. Bezerra Jr., A. S. L. Gomes, Cid B. de Araújo, J.R. Bonar, M.V.D. Vermelho, A.J. McLaughlin, P.V.S. Marques, J.S. Aitchison	

### SEM – 1

Coordenador: Eronides F. da Silva Jr.

Local: Sala Aruana

8:30	Proposta de Aprimoramento do Método de Análise na Determinação da Energia de Gap de Semicondutores: Uma Aplicação em Espectroscopia Fotoacústica .....	91
	Alexandre Vieira Batista da Silva, Iuri Muniz Pepe, Jailton Cactano de Souza, Antonio Ferreira da Silva	
8:50	SIMULAÇÃO E FABRICAÇÃO DE GUIAS DE ONDA CANAL EM ESTRUTURAS DO TIPO $SiO_2/Si_3N_4/SiO_2/Si$ .....	91
	Márcia B. Costa e Silva, Joaquim F. Martins-Filho, Eronides F. da Silva Jr.	
9:10	CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE CAPACITORES MOS EM ALTAS E BAIXAS FREQUÊNCIAS ...	91
	Armando T. Neto, Elder A. de Vasconcelos e Eronides F. da Silva Jr.	
9:30	EFEITOS DE INTERFACES GRADUAIS NOS MODOS ACÚSTICOS EM SUPER-REDES Si/SiGe: UM ESTUDO ATRAVÉS DE UM MODELO ANALÍTICO .....	92
	Alexandre Magno Rodrigues Teixeira, Valder Nogueira Freire, Marcos Antônio Araújo Silva	
9:50	TEXTURIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES DE SILÍCIO PARA APLICAÇÃO EM CÉLULAS SOLARES ...	92
	Breno de A. P. Néri, Edval J. P. Santos	

## 10:30 - 12:10 – Comunicações orais

### AFC – 2

Coordenador: Stoian Ivanov Zlatev

Local: Auditório Terra Caída

10:30	ESTRUTURA ESPINORIAL DO PROPAGADOR DE DIRAC EM UMA COMBINAÇÃO DE UM CAMPO UNIFORME CONSTANTE E UMA ONDA PLANA EM 2+1 DIMENSÕES .....	21
	Vanilson Lima Campos, Stoian Ivanov Zlatev	
10:50	MASS TERM FOR RELATIVISTIC PARTICLES AND SUPERPARTICLES .....	21
	Vanilson Lina Campos, Washington Figueiredo Chagas Filho	
11:10	Cálculo do Potencial Efetivo pelo Método do Tadpole .....	21
	Francisco de Assis de Brito, Dionísio Bazeia Filho	

11:30	FATOR ESPINORIAL NA REPRESENTAÇÃO DA INTEGRAL DE TRAJETÓRIA PARA O PROPAGADOR DE DIRAC EM CAMPOS EXTERNOS .....	22
	Dmitri Maksimovich Gitman, Stoian Ivanov Zlatev	
11:50	ELETRODINÂMICA CLÁSSICA E A NATUREZA QUÂNTICA DA LUZ .....	22
	Manoelito Martins de Souza	

### ATO – 1

Coordenador: Alexander Ghiner  
Local: Sala Caueira

10:30	MESO- AND MICRO- STRUCTURES OF A TWO-COMPONENT MEDIUM AS FACTORS FOR CALCULATION OF THE DIELECTRIC PERMITTIVITY .....	32
	Alexander Ghiner, Gregory Surdutovich	
10:50	THE INFLUENCE OF ATOMIC RELAXATION ON THE AFFM-IMAGES IN CONTACT MODE .....	32
	Evgenii Blagev, Galina Klimchitskaya	
11:10	ATOMIC STRUCTURE OF THE APEX OF AFM TIP AND ITS IMPACT ON THE CONSTANT FORCE SURFACES .....	32
	Evgenii Blagov, Vladimir Mostepanenko	
11:30	GARRAFA ÓPTICA PARA ÁTOMOS NEUTROS .....	33
	Encida G. Lima, Pedro C. S. Segundo, Orlando Di Lorenzo Filho, Martine Chevrollier, Marcos Oriá	
11:50	Optical Trapping of Neutral Atoms with Linearly Polarized light and at Zero Magnetic Field .....	33
	Carlos William de Araujo Paschoal, Ilde Guedes	

### EST – 2

Coordenador: Valdemiro da Paz Brito  
Local: Auditório Abaís

10:30	TEMPOS DE COBERTURA PARCIAL E ALEATÓRIO EM REDES UNIDIMENSIONAIS .....	45
	Marcelo Sardelich, Maurício D. Coutinho-Filho	
10:50	O MODELO DE BAK-SNEPPEN NUMA REDE ALIMENTAR DILUIDA .....	45
	Rodrigo de Paula Almeida Lima, Marcelo Leite Lyra	
11:10	CRITICALIDADE NO MODELO DE FOGO DE FLORESTA .....	45
	Marcelo Henrique de Araújo Santos Costa, Adriano de Oliveira Sousa, Antonio Fernandes Siqueira	
11:30	Lei de Zipf na fragmentação .....	46
	Ana Tereza Costa Silva, Marcelo A. F. Gomes	
11:50	LEIS DE ESCALA ESPACIAIS PARA BLOCOMOTOS SOBRE SUPERFÍCIES RUGOSAS - DEPENDÊNCIA COM A DIMENSIONALIDADE DOS CONTATOS .....	46
	Valdemiro da Paz Brito, Alexandre Gutemberg da Costa Moura, Marcelo Andrade de Filgueiras Gomes, Eivaldo Montarroyos	

### FUN – 2

Coordenador: Rafael de Lima Rodrigues  
Local: Sala Pontal

10:30	Caracterização de Caos Quântico através de Movimento Browniano para Ensembles de Matrizes Aleatórias .....	56
	Glauber J.F.T. da Silva, A.M.S. Macêdo	
10:50	ROOTS OF UNIT MATRICES AND FINITE ROTATION GROUPS .....	56
	Rudolf Muradian	
11:10	THE WIGNER PARAMETERS AND SUSY QM FOR THE ANISOTROPIC RING-SHAPED OSCILLATOR .....	56
	R. de Lima Rodrigues, J. Jayaraman, A. N. Vaidya	

11:30	OS PRIMÓRDIOS DO CAOS EM MECÂNICA .....	57
	Israel Fonseca Neto, R. de Lima Rodrigues	
11:50	CÁLCULO DE COMUTADORES UTILIZANDO O PROGRAMA MATHEMATICA .....	57
	Marcus Vinícius Teixeira Navarro, Antonio Sergio C. Esperidião	

## INS – 2

Coordenador: Erivaldo Montarroyos

Local: Auditório Pirambu

10:30	ENSAIOS PRELIMINARES DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA A CÂMARA DE ALTAS TEMPERATURAS DO DIFRATÔMETRO DE RAIOS-X RIGAKU RU-200 .....	62
	Milton Souza Bastos, Paulo César Machado de Abreu Farias, Iuri Pepe	
10:50	DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA PARA ESTUDAR TENDÕES SOB TENSÃO .....	62
	M.L.C.Cavalcante, M.A.V.da Silva, J.A.D.Leite, F.E.A.Melo, J.Mendes-Filho, P.T.C.Freire e J.Guedes	
11:10	DESENVOLVIMENTO DE MICRODISPOSITIVO DE ONDAS ACÚSTICAS PARA APLICAÇÃO EM SENSORES .....	62
	Luiz C. G. e Silva, Edval J. P. Santos	
11:30	PROCESSO ÓTICO DE FRANJAS PARA MEDIDAS DE ESPAÇO E TEMPO EM EXPERIÊNCIAS DE CINEMÁTICA .....	63
	Erivaldo Montarroyos	

## MAT – 2

Coordenador: Antonio Jeferson de Deus Moreno

Local: Auditório Atalaia

10:30	ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO CAULINITA-METACAULINITA ATRAVÉS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X EM TEMPERATURAS ELEVADAS .....	72
	Wilson Otto Gomes Batista, Zbigniew Baran, Dielson Pereira Hohendorf, Iuri Muniz Pepe	
10:50	ESPECTROS RAMAN DA L-ASPARAGINA MONOHIDRATADA SUJEITA A BAIXAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS .....	72
	Antônio Jeferson de Deus Moreno, Paulo de Tarso C. Freire, Francisco Erivan de Abreu Melo, Josué Mendes Filho, Vólia Lemos	
11:10	DETERMINAÇÃO DOS PARAMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO DE EMISSÃO TERMOLUMINESCENTE DO TOPÁZIO .....	73
	Divanizia do Nascimento Souza, José Fernandes de Lima, Mário Ernesto Giroldo Valério	
11:30	IDENTIFICAÇÃO DOS CENTROS DE EMISSÃO TL DO QUARTZO VISANDO A APLICAÇÃO EM DATAÇÃO ARQUEOLÓGICA E GEOLÓGICA .....	73
	Murilo da Silva Navarro, Mário Ernesto Giroldo Valério, José Fernandes de Lima	
11:50	TERMOLUMINESCÊNCIA DO $CaF_2$ DOPADO COM $Al^{3+}$ E $La^{3+}$ .....	73
	Adeilson Pessoa de Melo, José Fernandes de Lima, Mário Ernesto Giroldo Valério, Alan V. Chadwick, Ana Maria G. Figueredo	

## OTI – 2

Coordenador: Cid B. Araújo

Local: Sala Crasto

10:30	ESTADOS COMPRIMIDOS DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO GERADOS POR HAMILTONIANAS QUADRÁTICAS .....	85
	Fábio C. Carvalho, Adelsindo L. de Brito	
10:50	AZZAM UNIVERSAL RELATIONSHIP METHOD FOR DETERMINATION OF A SAMPLE SURFACE QUALITY .....	85
	Rita Vitliua, Alexander Gliner, Gregory Surdutovich, Vitor Baranauskas	

11:10	ESTUDO DO DESEMPENHO DE ACOPLADORES DIRECIONAIS DE FIBRA ÓTICA .....	85
	Márcio Gomes da Silva, Carlos Alberto Feitosa, Antônio Sérgio Bezerra Sombra	
11:30	ON THE REDUCTION OF QUANTUM FLUCTUATIONS IN TWO INTERACTING TWO-LEVEL ATOMS	86
	Basilio Baseia, Adelsindo Liberato de Brito, Reeta Vyas	

## SEM – 2

Coordenador: Edval J. P. Santos

Local: Sala Aruana

10:30	Transporte AC de Portadores Minoritários Quentes em p-GaAs no Regime de Altas Frequências .....	92
	Ewerton Wagner Santos Caetano, Elissandro Aquino Mendes, Valder Nogueira Freire	
10:50	INVESTIGAÇÃO DA DEPENDÊNCIA DA ENERGIA DE GAP DO CdSe COM A TEMPERATURA ..	93
	Álvaro Santos Alves, Adriano de Jesus da Silva, Jailton Souza de Almeida, Zbgniew Baran, Iuri Pepe, Antônio Ferreira da Silva	
11:10	Níveis de Energia de Elétrons e Buracos em Poços Duplos GaAs/Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As Não-Abruptos Dopados ....	93
	José Alexander de King Freire, Gil de Aquino Farias, Valder Nogueira Freire	
11:30	A Camada de Acumulação e os Efeitos Interfaciais em Poços Simples GaAs/Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As Não-Abruptos Dopados .....	93
	José Alexander de King Freire, Gil de Aquino Farias, Valder Nogueira Freire	
11:50	Magneto-Transporte e Dinâmica Ultra-Rápida de Elétrons Quentes em InSb .....	94
	Ewerton Wagner Santos Caetano, Elissandro Aquino Mendes, Valder Nogueira Freire	

## 14:00 - 15:40 – Painéis

### ATG – 2

Coordenador: Alberto Brum Novaes

Local: Pav. de Exposições

P001	MODELO AUTO-CONSISTENTE DO DÍNAMO IONOSFÉRICO .....	29
	Carlos F.P. Oliveira, Enivaldo Bonelli, Gilvan L.Borba, Rui T. Medeiros	
P002	EFEITOS DAS TEMPESTADES MAGNÉTICAS SOBRE CINTILAÇÕES IONOSFÉRICAS .....	30
	Pedro R. Ribeiro, Enivaldo Bonelli, Gilvan L.Borba, Rui T. Medeiros	

### EST – 3

Coordenador: Edvaldo Nogueira Jr.

Local: Pav. de Exposições

P003	CAOS NA DESCARGA ELÉTRICA EM UMA LÂMPADA DE HÉLIO .....	46
	Evaldo A. O. Filho, P. C. de Oliveira, P. L. Christiano	
P004	COMPORTAMENTO DE ESCALA DE REAÇÕES DE ANIQUILAÇÃO EM MEIOS ALEATÓRIOS ....	46
	Édler Lins de Albuquerque e Marcelo Leite Lyra	
P005	PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO DE COMPLEXIDADE .....	47
	Marcelo Andrade de Filgueiras Gomes, Felipe Antonio Oliveira de Souza, Sadhan K. Adhikari	
P006	SISTEMA DE SPINS DE ISING S=1 NA GAXETA DE SIERPINSKI .....	47
	Jean Carlos Lessa e Roberto Fernandes Silva Andrade	
P007	Universalidade em Vidros de Spin .....	47
	Alexandre Soares Ramos, Jairo Rolim Lopes de Almeida	
P008	Expoentes críticos para processos dissipativos usando pequenas células .....	48
	Ana Tereza Costa Silva, Marcelo A. F. Gomes	

P009	CRITICALIDADE AUTO ORGANIZADA EM UM MODELO PARA CHUVAS .....	48
	Suani Tavares Rubim de Pinho, Roberto Fernandes Silva Andrade	
P010	COMPORTAMENTO TRICRÍTICO NO MODELO SHERRINGTON-KIRKPATRICK EM UM CAMPO ALEATÓRIO BIMODAL .....	48
	E. Nogueira Jr., F.D. Nobre, F.A. da Costa, S. Coutinho	

### INS – 3

Coordenador: Antonio Carlos Pereira

Local: Pav. de Exposições

P011	MEDIDA DE INTENSIDADE LUMINOSA VIA PORTA PARALELA DO MICRO PC .....	63
	Richer Mota da Silva, Alessandra Souza Freitas, José Maurício de Souza Junior, Marcelo Andrade Macêdo	
P012	ELABORAÇÃO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS PARA AQUISIÇÃO DE DADOS .....	63
	Délio Costa Cavalcanti, Marcelo Andrade Macêdo	
P013	DESENVOLVIMENTO DE UM ISOLADOR ÓPTICO BASEADO NO EFEITO FARADAY .....	64
	Mércia Liane de Oliveira, Luciene da Silva Demenicis, Antônio Azevedo, Anderson Stevens Leonidas Gomes, Cid Bartolomeu de Araújo, Sérgio Machado Rezende	
P014	UTILIZAÇÃO DO EFEITO OVERHAUSER PARA AUMENTO DA RELAÇÃO SINAL-RUÍDO EM IMAGENS TOMOGRÁFICAS POR RMN EM CAMPOS MAGNÉTICOS ULTRA-BAIXOS .....	64
	Paulo Loureiro de Sousa, Mario Engelsberg, Ricardo Emmanuel de Souza	
P015	APLICAÇÃO DA CÉLULA FOTOACÚSTICA ABERTA(OPC) NO ESTUDO DO O <sub>2</sub> EVOLUÍDO E ENERGIA ARMAZENADA EM FOLHAS DE SOJA .....	65
	Antonio Carlos Pereira, José Raimundo Rodrigues Siqueira, Antonio Manoel Mansanares, Edson Corrêa da Silva e Helion Vargas, Norberto Cella	
P016	PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM FORNO ESPECIAL PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS EM ATMOSFERAS CONTROLADAS .....	65
	John Kennedy de Oliveira Fernandes, José Fernandes de Lima, Mário Ernesto Giroldo Valerio	
P017	Tentativa de sistematização do método para a reciclagem da sucata de alumínio .....	65
	E. Mascarenhas, I. Pepe	
P018	AUTOMAÇÃO DAS MEDIDAS DE Z-SCAN .....	66
	JANDIR MIGUEL HICKMANN, DILSON PEREIRA CAETANO	

### MAG – 1

Coordenador: José R. Fermin

Local: Pav. de Exposições

P019	Estudo da linha de irreversibilidade e momento remanente em filmes finos de Nb .....	69
	Ana Luiza V. S. Rolim, J. Albino Aguiar, J. Marcílio Ferreira	
P020	COMPORTAMENTO DOS ACOPLAMENTOS BILINEAR E BIQUADRÁTICO COM A TEMPERATURA EM TRICAMADAS Fe/Cr/Fe CRESCIDAS POR "SPUTTERING" .....	69
	Carlos Chesman, Antonio Azevedo, Flavio Aguiar e Sergio Rezende, X. Bian, S. Parkin	
P021	Magnetic anisotropies in Fe and Fe/Nd thin films deposited on Si(111) .....	69
	José R. Fermin, Antônio Azevedo, Sergio M. Rezende, Luis G. Pereira, Sergio Texeira	
P022	Medidas de Efeito Kerr em filmes finos de (100) Fe (40 Å)/Cr (t)/Fe (40 Å) .....	70
	Márcio Cabral de Moura, Antonio Azevedo, Flavio Menezes de Aguiar, Sergio Machado Rezende, Stuart Parkin	

### MAT – 3

Coordenador: Paulo de Tarso C. Freire

Local: Pav. de Exposições

- P023 ESTUDO DOS DEFEITOS NO  $BALIF_3$  DOPADO COM  $Pb^{2+}$  E  $Ni^{2+}$  UTILIZANDO A TÉCNICA DE TSDC ..... 74  
Ana Gardênia Santos Mangueira, Jackson Araujo de Oliveira, Mário Ernesto Giroldo Valerio, José Fernandes de Lima, Lucia Prado, Sônia Lícia Baldochi, Nilson Dias Vieira Júnior, Spero Penha Morato
- P024 Efeito dos Parâmetros de Preparação sobre a Morfologia e a Condutividade de Filmes Poliméricos Auto-Montados ..... 74  
M. Virgínia Barbosa, Jayme D. R. Filho,  
Clécio G. dos Santos e Celso P. de Melo
- P025 MODELAMENTO PARA OS EFEITOS NÃO LINEARES EM CRISTAIS DE KDP ..... 75  
Antônio Gomes de Souza Filho, Francisco Erivan de Abreu Melo, Josué Mendes Filho, Paulo de Tarso C. Freire, Ilde Guedes, M. A. Araújo Silva
- P026 ESPALHAMENTO RAMAN EM CRISTAIS DE SULFATOS MISTOS DE  $LiK_{0.95}(NH_4)SO_4$  ..... 75  
Antônio Paulo da Silva, Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Ilde Guedes da Silva, Marcos Antônio Araújo Silva, Josué Mendes Filho, Francisco Erivan de Abreu Melo
- P027 ESTUDO DE ESPALHAMENTO RAMAN COM CAMPO ELÉTRICO DC APLICADO EM CRISTAL DE SAL DE ROCHELLE ..... 75  
E.F.Bezerra, N.M.Barbosa Neto, I.Guedes, P.T.C.Freire, M.A.A.Silva, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo
- P028 PREPARAÇÃO DE ZEOLITAS Y EM FORNO DE MICROONDAS ..... 75  
Kílvia Mayre Farias, Lúcio Roberto Galvão de Araújo, Josué Mendes Filho, Célio Loureiro Cavalcante Jr, Ilde Guedes da Silva
- P029 Identificação por difração de raios-X de minerais pesados em amostras da plataforma continental do Estado do Ceará ..... 76  
Vanessa Maria Mamede Cavalcanti, George Satander Sá Freire, José Marcos Sasaki, José de Arimatea Freitas e Silva, Cleuton Freire
- P030 PROPRIEDADES FÍSICAS (ELÉTRICAS) EM AMOSTRAS CERÂMICAS SEMICONDUTORAS ..... 76  
Fábio Henrique Silva Sales, José Alzamir Pereira da Costa
- P031 EFEITOS DE CAMPO MAGNÉTICO NO TUNELAMENTO DE ELÉTRONS ATRAVÉS DE HETEROESTRUTURAS  $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  COM INTERFACES GRADUAIS ..... 76  
Márcio Luís Ximenes Feijão, Gil de Aquino Farias, Valder Nogueira Freire, Humphrey Tah Anyele e Maria Consuelo Alves Lima
- P032 Mössbauer Study of Semiconductive Phosphate Glasses ..... 76  
Dráulio B. de Araújo, Reginaldo S. de Figueiredo, Miguel A. B. de Araújo
- P033 ALTERAÇÕES NA CONSTANTE DIELETRICA DO KCL INDUZIDAS POR PRESSÃO UNIAXIAL ... 77  
Cláudio Márcio Rocha Remédios, Sanclayton Geraldo Carneiro Moreira

### OTI – 3

Coordenador: Adelsindo L. de Brito

Local: Pav. de Exposições

- P034 CORRELAÇÃO ENTRE AS QUADRATURAS DE DOIS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS CO-PROPAGANDO EM UM MEIO NÃO LINEAR ..... 86  
Francisco Anacleto Barros Fidelis de Moura, Marcelo Leite Lyra.
- P035 GERAÇÃO DE HARMÔNICO E CONVERSÃO ASCENDENTE DE FREQUÊNCIA EM FIBRAS ÓPTICAS DE GERMANOSILICATO BOMBEADA EM  $1.319 \mu m$  ..... 86  
Ieron Teixeira Amorim, George Cunha Cardoso, Maria Tereza De Araújo, Marcos Vinícios Dias Vermelho, Evandro Araújo Gouveia, Artur da Silva Gouveia Neto
- P036 OPTIMIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE NÃO LINEARIDADES EM GUIAS DE ONDAS ..... 86  
Jandir Miguel Hickmann, Jonathas Matias de Oliveira

P037	ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE COERÊNCIA DE UM LASER NO LIMAR .....	87
	W. Diógenes, J. Reis e Silva, E. Fonseca, C. H. Monken, S. Pádua	
P038	Fabricação de Lasers Semicondutores Tipo Oxide Stripe em Poços Quânticos de GaAs/AlGaAs .....	87
	D. N. da Silva, J. F. Martins-Filho, C. N. Ironside	
P039	EFEITOS DE RELAXAÇÃO NA DINÂMICA CAÓTICA DE LASERS COM MEIOS SATURÁVEIS ....	87
	Péricles Oliveira Jr., Petrus Alcantara Jr., Andrea Regina Zeni	

## APRESENTAÇÕES DO DIA 29/11/96

### 8:30 - 10:10 – Comunicações orais

#### AFC – 3

Coordenador: Valdir B. Bezerra

Local: Auditório Terra Caída

8:30	CREATION OF NONCONFORMAL PARTICLES BY A GRAVITATIONAL FIELD OF SPECIAL FORM 22	
	Valdir B. Bezerra, Vladimir Mostepanenko, Carlos Romero	
8:50	O PROPAGADOR DE FEYNMAN DO CAMPO DE RADIAÇÃO SOB VÍNCULOS MACROSCÓPICOS E O MÉTODO DE IMAGENS .....	23
	Franz Peter Alves Farias, Arthur Matos Neto	
9:10	TOWARDS THE SOLUTION OF ROTATION PROBLEM IN ASTROPHYSICS .....	23
	Rudolf Muradian	
9:30	CONSTRUÇÃO DE ESTADOS QUÁNTICOS VIA SUPERSIMETRIA .....	23
	S. R. Leite, L. C. B. Cahú, R. de Lima Rodrigues	
9:50	FÔNONS NA PRESENÇA DE DISCLINAÇÃO .....	24
	Manassés Araújo da Silva, Eugênio R. Bezerra de Mello	

#### ATO – 2

Coordenador: Osmar S. Silva Jr.

Local: Sala Caueira

8:30	A APROXIMAÇÃO DE BORN-OPPENHEIMER NO ESPAÇO DE LIOUVILLE .....	33
	L. A. C. Malbouisson, A. Matos Neto, Ademir E. Santana, J. D. M. Vianna, J. D. M. Vianna	
8:50	APROXIMAÇÃO DE MUITOS CORPOS UNITARIZADA: EFEITOS DA INCLUSÃO DE MAIOR NÚMERO DE ESTADOS EXCITADOS .....	34
	Osmar S. Silva Jr.	
9:10	EVALUATION OF TEMPERATURE FOR MAGNETO-OPTICALLY TRAPPED ATOMS .....	34
	M. T. de Araújo, S. B. Cavalcante, M. L. Lyra, I. Guedes	
9:30	<i>UM Estudo de BH</i> . LiH e Li <sub>2</sub> com o Hamiltoniano de Möller-Plesset e o Método de Partição Modificado ...	34
	J. Francisco da Rocha Neto, J. D. M. Vianna, Luiz A. C. Malbouisson, J. D. M. Vianna	

#### ENS – 1

Coordenador: Jenner Barretto Bastos Filho

Local: Sala Pontal

8:30	O PAPEL DOS EXPERIMENTOS SIMPLES EM AULAS DE FÍSICA .....	37
	Klaus Weltner, Paulo Miranda, Judite Miranda	
8:50	INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA: QUE "ESPAÇO" É ESSE? .....	37
	Severino José Bezerra Filho, José Fernandes de Lima	

9:10 UTILIZAÇÃO DO PACOTE COMPUTACIONAL "MATHEMÁTICA 2.2.1" COMO FERRAMENTA DIDÁTICA A FIM DE FACILITAR A APRENDIZAGEM NO ENSINO DE CÁLCULO E DE FÍSICA ...	37
Fernando Miguel Pacheco Chaves, Everton Gomes de Santana	
9:30 UTILIZAÇÃO DE UMA INTERFACE CASSY PARA INFORMATIZAÇÃO DE UM EXPERIMENTO SOBRE O PÊNDULO FÍSICO .....	38
CARLOS MOYSES GRAÇA ARAÚJO (I.C.), ROBLEDO MARQUES DE OLIVEIRA (I.C.), ANTONIO SERGIO C. ESPERIDIÃO E ROBERTO FERNANDES SILVA ANDRADE, KLAUS WELTNER	
9:50 UMA NOVA ABORDAGEM DA FÍSICA DO VÔO .....	38
Klaus Weltner	

#### EST – 4

Coordenador: Roberto Jorge Vasconcelos dos Santos

Local: Auditório Abaís

8:30 Transições de Fases induzidas por campo: simulação computacional e teoria de campo médio .....	49
Nazareno Getter Ferreira de Medeiros, Francisco G. Brady Moreira	
8:50 A dinâmica robusta do "Jogo da Vida": evolução de configurações correlacionadas .....	49
Kathia M. Fehsenfeld, Marcelo A. F. Gomes	
9:10 Diagrama de Fases de um Modelo XY com Vórtices Inteiros e Semi-Inteiros .....	49
Adauto José Ferreira de Souza	
9:30 GENERALIZAÇÃO DO TEOREMA DE SHANNON PARA A ESTATÍSTICA DE TSALLIS .....	50
Roberto Jorge Vasconcelos dos Santos	
9:50 Vidros de Spin de Ising em Redes Hierárquicas de alta dimensão: Propriedades críticas .....	50
Edvaldo Nogueira Jr., Fernando Dantas Nobre, Sérgio Coutinho, Evaldo M. F. Curado	

#### FUN – 3

Coordenador: Ademir E. Santana

Local: Auditório Pirambu

8:30 MATEMÁTICA E REALIDADE FÍSICA (PARTE 1) .....	57
Jenner Barretto Bastos Filho	
8:50 MATEMÁTICA E REALIDADE FÍSICA (PARTE 2) .....	57
Jenner Barretto Bastos Filho	
9:10 ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA PERDA LINEAR NA FORMAÇÃO DO CHOQUE ÓTICO: UM TRATAMENTO ANALÍTICO .....	58
Carlos Alberto de Lima Ribeiro, Jairo Ricardo Rocha de Oliveira, Marco Antonio de Moura	
9:30 $w^*$ -Álgebra e Thermofield Dynamics .....	58
A. Matos Neto, J. D.M. Vianna, A. E. Santana, F. C. Khanna	

#### MAT – 4

Coordenador: Maria Consuelo Alves Lima

Local: Auditório Atalaia

8:30 Medida da Difusividade Térmica de vidros de CdS dopados com Selênio .....	77
ANTONIO CARLOS RODRIGUES DA COSTA, ANTONIO FERNANDES SIQUEIRA	
8:50 EFEITOS DE INTERFACES NO TUNELAMENTO DE ELÉTRONS ATRAVÉS DE BARREIRAS TRIPLAS/POÇOS DUPLOS $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ SUBMETIDOS A CAMPO ELÉTRICO .....	77
Maria Consuelo Alves Lima, Gil de Aquino Farias e Valder Nogueira Freire	
9:10 Estudo da deformação elástica do sal de Rochelle com aplicação do campo elétrico por difração de raios-x ..	78
José de Arimatea Freitas e Silva, Cleuton Freire, José Marcos Sasaki, Ilde Guedes, Francisco Erivan de Abreu Mello, Josué Mendes Filho	

9:30 SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE VOZ ATRAVÉS DE EFEITO PIEZOELETRICO EM CRISTAL DE SAL DE ROCHELLE .....	78
N.M.Barbosa Neto, I.Guedes , P.T.C.Freire, M.A.Araújo Silva, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo	
9:50 MEMÓRIA FERROELÉTRICA EM CRISTAIS DE SAL DE ROCHELLE .....	78
A.T.Varela, N.M.Barbosa neto, P.T.C.Freire, I.Guedes, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo	

#### OTI – 4

Coordenador: Amin Bassrei

Local: Sala Crasto

8:30 Conversão Ascendente de Frequência por Absorção Sequencial de Dois Fótons em Vidros Dopados com Érbio 88	
Nikifor Rakov Gomez, Cid Bartolomeu de Araújo, Ronaldo Pereira de Melo Júnior, Younes Messaddeq, Michel Aegerter	
8:50 Conversão Ascendente de Frequências em Vidros Fluoroindatos Dopados com Nodímio .....	88
Leonardo de Souza Menezes, Cid Bartolomeu de Araújo, Y. Messaddeq, M. A. Aegerter	
9:10 Não-linearidades ópticas em vidros dopados com terras-raras utilizando luz incoerente .....	88
Glaucio Santos Maciel, Ricardo Rego Bordalo Correia, Cid Bartolomeu de Araújo, Celso Mello Donegá, Ana Cláudia Vaz de Araújo	
9:30 RECONSTRUCTION OF THE DIELECTRIC CHARACTERISTICS OF A 3-DIMENSIONAL OBJECT BY USE OF THE COUPLED DIPOLES METHOD .....	89
Thierry J. Lemaire, Amin Bassrei, Kleber C. Mundim	

#### SEM – 3

Coordenador: Valder Nogueira Freire

Local: Sala Aruana

8:30 CRESCIMENTO DE FILMES DE SiO <sub>2</sub> NO REGIME ULTRA FINO .....	94
Mehdi Afiatpour, Eronides F. da Silva Jr.	
8:50 EFEITOS DE CAMADAS ANTIREFLETORAS NAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DE CÉLULAS SOLARES DE SILÍCIO CRISTALINO .....	94
B. J. P. da Silva, L. C. G. Silva, E. F. da Silva Jr., G. F. da Sá	
9:10 OPERADORES ENERGIA CINÉTICA E PROPRIEDADES DE TRANSMISSÃO EM BARREIRAS SIMPLES E DUPLA GaAs/Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As/GaAs .....	95
José Ribeiro Filho, Valder Nogueira Freire, Gil de Aquino Farias	
9:30 Semi-empirical tight binding studies of Ga adsorption on Si(100) surface .....	95
Humphrey Tah Anyele	

### 10:30 - 12:10 – Comunicações orais

#### AFC – 4

Coordenador: Eugênio R. Bezerra de Mello

Local: Auditório Terra Caída

10:30 THE NEGATIVE ENERGY EIGENVALUES OF A NEUTRON VIA SO(3) DYNAMICAL SYMMETRY 24	
R. de Lima Rodrigues, A. N. Vaidya	
10:50 GREEN'S FUNCTION FOR A NEUTRON IN MAGNETICALLY BOUND STATES .....	24
R. de Lima Rodrigues, A. N. Vaidya	
11:10 Formulação de Muitos Corpos para a Fase Rápida de reações Fotonucleares .....	24
S.R. de Pina, S.B. Duarte, M. Gonçalves, E.L. Medeiros	

9:30 SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE VOZ ATRAVÉS DE EFEITO PIEZOELETRICO EM CRISTAL DE SAL DE ROCHELLE .....	78
N.M.Barbosa Neto, I.Guedes , P.T.C.Freire, M.A.Araújo Silva, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo	
9:50 MEMÓRIA FERROELÉTRICA EM CRISTAIS DE SAL DE ROCHELLE .....	78
A.T.Varela, N.M.Barbosa neto, P.T.C.Freire, I.Guedes, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo	

#### OTI – 4

Coordenador: Amin Bassrei

Local: Sala Crasto

8:30 Conversão Ascendente de Frequência por Absorção Sequencial de Dois Fótons em Vidros Dopados com Érbio 88	
Nikifor Rakov Gomez, Cid Bartolomeu de Araújo, Ronaldo Pereira de Melo Júnior, Younes Messaddeq, Michel Aegerter	
8:50 Conversão Ascendente de Frequências em Vidros Fluoroindatos Dopados com Nodímio .....	88
Leonardo de Souza Menezes, Cid Bartolomeu de Araújo, Y. Messaddeq, M. A. Aegerter	
9:10 Não-linearidades ópticas em vidros dopados com terras-raras utilizando luz incoerente .....	88
Glauro Santos Maciel, Ricardo Rego Bordalo Correia, Cid Bartolomeu de Araújo, Celso Mello Donegá, Ana Cláudia Vaz de Araújo	
9:30 RECONSTRUCTION OF THE DIELECTRIC CHARACTERISTICS OF A 3-DIMENSIONAL OBJECT BY USE OF THE COUPLED DIPOLES METHOD .....	89
Thierry J. Lemaire, Amin Bassrei, Kleber C. Mundim	

#### SEM – 3

Coordenador: Valder Nogueira Freire

Local: Sala Aruana

8:30 CRESCIMENTO DE FILMES DE SiO <sub>2</sub> NO REGIME ULTRA FINO .....	94
Mehdi Afiatpour, Eronides F. da Silva Jr.	
8:50 EFEITOS DE CAMADAS ANTIREFLETORAS NAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DE CÉLULAS SOLARES DE SILÍCIO CRISTALINO .....	94
B. J. P. da Silva, L. C. G. Silva, E. F. da Silva Jr., G. F. da Sá	
9:10 OPERADORES ENERGIA CINÉTICA E PROPRIEDADES DE TRANSMISSÃO EM BARREIRAS SIMPLES E DUPLA GaAs/Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As/GaAs .....	95
José Ribeiro Filho, Valder Nogueira Freire, Gil de Aquino Farias	
9:30 Semi-empirical tight binding studies of Ga adsorption on Si(100) surface .....	95
Humphrey Tah Anyele	

### 10:30 - 12:10 – Comunicações orais

#### AFC – 4

Coordenador: Eugênio R. Bezerra de Mello

Local: Auditório Terra Caída

10:30 THE NEGATIVE ENERGY EIGENVALUES OF A NEUTRON VIA SO(3) DYNAMICAL SYMMETRY 24	
R. de Lima Rodrigues, A. N. Vaidya	
10:50 GREEN'S FUNCTION FOR A NEUTRON IN MAGNETICALLY BOUND STATES .....	24
R. de Lima Rodrigues, A. N. Vaidya	
11:10 Formulação de Muitos Corpos para a Fase Rápida de reações Fotonucleares .....	24
S.R. de Pina, S.B. Duarte, M. Gonçalves, E.L. Medeiros	

11:30	Estudo do Movimento de uma Partícula Carregada no Espaço-Tempo de um Monopolo Global .....	25
	Eugenio R. Bezerra de Mello, Fernando S. Moraes, Claudio Furtado	
11:50	PRODUÇÃO DE PARTÍCULAS DEVIDO A CURVATURA EFETIVA EM UNIVERSOS COM SEÇÃO ESPACIAL PLANA .....	25
	Deilson de Melo Tavares, Márcio roberto de Garcia Maia	

### ATG – 3

Coordenador: Amin Bassrei

Local: Sala Aruana

10:30	CARBONO-13 COMO TRAÇADOR DOS FLUXOS DE ÁGUA DE INFILTRAÇÃO DIRETA E PERCOLAÇÃO .....	30
	Carla Maria Salgado Vidal Silva, Marlúcia Freitas Santiago, Josué Mendes Filho e Horst Frischkorn.	
10:50	MAXIMUM ENTROPY GEOPHYSICAL DIFFRACTION TOMOGRAPHY .....	30
	Amin Bassrei	
11:10	FILTERING OF GEOPHYSICAL MODELS VIA MAXIMUM ENTROPY .....	31
	Amin Bassrei	
11:30	COEFICIENTES DE VARIABILIDADE NORMALIZADOS DE PARÂMETROS MICROFÍSICOS DE NUVENS CUMULUS .....	31
	Carlos Jacinto de Oliveira, Alexandre Araújo Costa, José Carlos Parente de Oliveira	

### ATO – 3

Coordenador: Celso P. Melo

Local: Sala Caueira

10:30	ESTUDO DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA EM FUNÇÃO DA POROSIDADE EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA .....	35
	Tenilson Souza da Silva, Hélio Tsuzuki, Ossamu Nakamura	
10:50	Efeito da Transferência de Carga sobre a Primeira Hiperpolarizabilidade de Defeitos Tipo Sóliton .....	35
	Demétrio A. da S. Filho, Celso Pinto de Melo	
11:10	Investigação da Ordem Estrutural de Filmes de Langmuir-Blodgett de Polímeros Condutores .....	35
	Alexandro C. Tenório, Francisco Luiz dos Santos, Celso P. de Melo	
11:30	ANÁLISE CONFORMACIONAL ESTOCÁSTICA DA LEUPEPTINA USANDO GENERALIZED SIMULATED ANNEALING - GSA .....	36
	Marcelo A. Moret, Laurent E. Dardenne, Gabriela Barreiro, Eliezer J. Barreiro, Ricardo Bicca de Alencastro, Paulo M. Bisch	

### ENS – 2

Coordenador: Maria Cristina Mesquita Martins

Local: Sala Pontal

10:30	A NECESSIDADE DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA .....	38
	Josefina Barrera Kahlil, José Carlos Teixeira de Oliveira, Ivonete Batista dos Santos, Ijanílio Gabriel de Araújo	
10:50	O PERFIL DO PROFESSOR DE FÍSICA DO 2o. GRAU DO NORDESTE A PARTIR DE UMA REUNIÃO ANUAL DA S.B.F. ....	39
	Ciclâmio Leite Barreto, Luiz Carlos Jafelice	
11:10	ARGUIÇÃO ORAL COMO AVALIAÇÃO AUXILIAR .....	39
	Gildemar Carneiro dos Santos	
11:30	UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA DA FÍSICA NUCLEAR .....	39
	Maria Cristina Mesquita Martins	

11:50	A CIÊNCIA GALILEANA: UMA ILUSTRE DESCONHECIDA .....	39
	Elder Sales Teixeira, Olival Freire Jr	

### EST – 5

Coordenador: Heber Ribeiro da Cruz

Local: Auditório Abais

10:30	Heisenberg anisotrópico com interação Dzyaloshinski – Moriya .....	50
	Alberes Lopes de Lima, Borko Stosic, I. P. Fittipaldi	
10:50	PROPAGAÇÃO DE DANOS EM FILMES FINOS FERROMAGNÉTICOS: PERFIL E EVOLUÇÃO TEMPORAL .....	50
	Ayrton Vasconcelos Lima, Marcelo Leite Lyra, Uriel Medeiros de Souza Costa	
11:10	PROPAGAÇÃO DE DANOS EM UM FILME ISING COM CAMPO ALEATÓRIO NA SUPERFÍCIE ...	51
	Heber Ribeiro da Cruz, Uriel Medeiros de Souza Costa	
11:30	CRESCIMENTO DE POLÍMEROS POR SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO .....	51
	Adriano de Oliveira Sousa, Antonio Fernandes Siqueira	
11:50	CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA NO CRESCIMENTO DE POLÍMEROS RAMIFICADOS ...	51
	Liacir dos Santos Lucena, Joaquim Elias de Freitas, José Soares de Andrade Júnior, Adriano M. Alencar	

### INS – 4

Coordenador: José Albino Aguiar

Local: Auditório Pirambu

10:30	CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEDIDAS DE RESISTIVIDADE E MAGNETORESISTÊNCIA EM CAMPOS ALTOS .....	66
	Nélio Oliveira Ferreira, José Albino Aguiar	
10:50	SISTEMA AUTOMÁTICO DE CARACTERIZAÇÃO DE GUIAS DE ONDA .....	66
	Márcio André Rodrigues Cavalcanti de Alencar, Cid Bartolomeu de Araújo, Ronaldo Pereira de Melo Jr.	
11:10	AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA LEITOR DE TSDC E TSPC .....	67
	Carlos Francisco Pereira Cardoso, Mário Ernesto Giroldo Valério, José Fernandes Lima	
11:30	MONTAGEM EXPERIMENTAL DE TÉCNICA ÓPTICA PARA AQUISIÇÃO DE CURVAS DE REFLECTÂNCIA DE FILMES FINOS VERSUS ÂNGULO DE INCIDÊNCIA .....	67
	Sami Rosenblatt, Antonio Azevedo, Erivaldo Montarroyos, Sergio Rezende	
11:50	DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AUTOMAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS EM UM SUSCEPTOMETRO AC .....	67
	Clécio Clemente de Souza Silva, José Albino Aguiar	

### MAT – 5

Coordenador: José Marcos Sasaki

Local: Auditório Atalaia

10:30	Estudo estrutural do $\text{LiK}_x(\text{NH}_4)_{(1-x)}\text{SO}_4$ por difração de raios-X .....	78
	José de Arimatea Freitas e Silva, Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Cleuton Freire, José Marcos Sasaki, Francisco Erivan, Josué Mendes Filho	
10:50	SUPERCONDUTIVIDADE, ESTRUTURA E MAGNETISMO NO SISTEMA $\text{CaLaBaCu}_{3-x}(\text{Zn, Fe})_x\text{O}_7$ .....	79
	David Landinez Tellez, V.P.S Awana, J. M. Ferreira, José Albino Aguiar	
11:10	MEDIDAS DE CORRENTE CRÍTICA E FORÇA DE PINNING EM MONOCRISTAIS DE $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ .....	79
	Leonardo Ribeiro Eulálio Cabral, David Landinez, José Albino Aguiar	

- 11:30 Compósitos Obtidos a partir da Adição de Ag e/ou PbO ao Supercondutor de Alta Temperatura  $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  79  
 Cristiana G. Gameiro, M. Virgínia Barbosa, David Landinez Tellez, Anaelson Ferreira Dutra, J. Albino Aguiar, J.M. Ferreira
- 11:50 SUPERCONDUTIVIDADE NO COMPOSTO  $\text{CaLaBaCu}_{3-x}\text{Co}_x\text{O}_{7-x}$  ..... 80  
 George Caminha Maciel Filho, David Landinez Tellez, J.M. Ferreira e José Albino Aguiar

### OTI – 5

Coordenador: Ricardo Rego Bordalo Correia  
 Local: Sala Crasto

- 10:30 FOTOESTIMULAÇÃO COM LASER NO PROCESSO DE MICROPROPAGAÇÃO EM DIANTHUS SINENSIS ..... 89  
 Josefina Barrera Kalhil, Guido Nunes Lopes
- 10:50 SOBRE A EFICIÊNCIA DAS ARMADILHAS MAGNETO-ÓPTICAS COM FEIXES AUXILIARES ..... 89  
 Ascânio Dias Araújo, Ilde Guedes
- 11:10 JAYNES-CUMMINGS MODEL WITH INTENSITY INDEPENDENT INTERACTION AND INITIAL STATE IN THE BINOMIAL STATE ..... 90  
 Basilio Baseia, Gil C. Marques, Adelsindo Liberato de Brito, Sérgio B. Duarte
- 11:30 Medidas de Ganho em Guias de Planares de Polimida Dopados com Corante ..... 90  
 Martin Weiss, Ramakant Srivastava, Ricardo Rego Bordalo Correia, Joaquim F. Martins-Filho, Cid Bartolomeu de Araújo

## 14:00 - 15:40 – Painéis

### AFC – 5

Coordenador: Fernando Miguel Pacheco Chaves  
 Local: Pav. de Exposições

- P001 SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE DINÂMICA DE GALÁXIAS ..... 25  
 Scheilla M. R. da Silva, Danielle de Sá Quirino
- P002 PARTÍCULA RELATIVÍSTICA EM UM CAMPO DE UMA ONDA PLANA DE MAXWELL-CHERN-SIMONS ..... 25  
 Dmitri Maksimovich Gitman, Fabiano Rabelo Machado, Stoian Ivanov Zlatev
- P003 INTERAÇÃO DE PARTÍCULAS CARREGADAS COM CORDAS MAGNÉTICAS ..... 26  
 Claudio Furtado, Fernando Moraes
- P004 NOVOS POTENCIAIS ISOESPECTRAIS VIA q-SUSI ..... 26  
 Silvanio Bezerra de Oliveira, R. de Lima Rodrigues
- P005 MODELO DE THIRRING COM INVARIÂNCIA  $U(1)$  ..... 26  
 MÁRCIO ANDRÉ DE MELO GOMES, CARLOS ALBERTO SANTOS DE ALMEIDA
- P006 EFEITO AHARONOV-BOHM GRAVITACIONAL NUM ESPAÇO-TEMPO LOCALMENTE PLANO ... 26  
 IVONETE BATISTA DOS SANTOS, VALDIR BARBOSA BEZERRA
- P007 SOLUÇÕES ESCALAR E ESPINORIAL NO ESPAÇO-TEMPO DE UMA PAREDE DE DOMÍNIO ..... 27  
 IVONETE BATISTA DOS SANTOS, VALDIR BARBOSA BEZERRA

## ATO – 4

Coordenador: Humphrey Tah Anyele

Local: Pav. de Exposições

- P008 Core level photoemission study of the Sn/Si(111) reconstructed surfaces .....36  
Humphrey Tah Anyele, Carl Griffiths, Clarence Matthai, Tony Cafolla, Robin Williams

## ENS – 3

Coordenador: Nildo Loiola Dias

Local: Pav. de Exposições

- P009 A Obscura Licenciatura Noturna ..... 40  
Nildo Loiola Dias
- P010 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE FENÔMENOS FÍSICOS ..... 40  
Lukas Santos Macedo, Marcelo Andrade Macêdo
- P011 MEDIÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DO AR EM CLASSE ..... 40  
Klaus Weltner
- P012 ESPECTROS DE LINHAS DE GASES EXCITADOS ..... 40  
João Furtado de Souza, Tereza Cristina Lira Bezerra
- P013 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM NO AR UTILIZANDO FIGURAS DE LISSAJOUS .... 41  
João Furtado de Souza, Karlúcio Heleno Castro Castelo Branco
- P014 O CALDEIRÃO COMO CALORÍMETRO DIDÁTICO ..... 41  
Klaus Weltner, Paulo Miranda
- P015 SIMULANDO UM TUBO DE RAIOS CATÓDICOS ..... 41  
Norberto C. Ferreira, Ferdinand Martins da Silva, Maria Beatriz Fagundes
- P016 UM EXPERIMENTO DE FÍSICA MODERNA PARA ESTUDANTES DE CURSOS DE TECNOLOGIA 41  
Wilson Otto Gomes Batista, Marcus Vinicius Teixeira Navarro, Adriano de Jesus da Silva
- P017 DIMENSÃO EDUCATIVA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA ..... 42  
Maria Cristina Mesquita Martins
- P018 A IMPORTANCIA DA INTER-RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS FÍSICA E MATEMÁTICA PARA O ENSINO GERAL E PARA A PESQUISA ..... 42  
Josefina Barrera Kalhil, José Carlos Teixeira de Oliveira, Guido Nunes Lopes, Ijanílio Gabriel de Araújo

## EST – 6

Coordenador: Uriel Medeiros de Souza Costa

Local: Pav. de Exposições

- P019 COMPORTAMENTO CRÍTICO DE UM PROCESSO DE DESCARGA NÃO CONSERVATIVO ..... 52  
Pedro Valemim dos Santos, Marcelo Leite Lyra
- P020 TERMODINAMICA DE UMA CADEIA LINEAR ALTERNADA COM SPINS I E S(GERAL) COM TERMOS DIPOLAR E ANISOTROPIA DE ÍON SIMPLES ..... 52  
Elton Casado Fireman, Roberto Jorge Vasconcelos dos Santos
- P021 UMA NOVA FORMULAÇÃO EM TORNO DO ESTUDO DO FERROELÉTRICO  $(NH_4)_2BeF_4$  ..... 52  
Augusto Carlos Antonio Guimarães Costa, Valéria Coelho Costa, Ricardo C. de Miranda Filho, Aurino Ribeiro Filho
- P022 ESTUDO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO FERROELÉTRICO  $K_2SrO_4$  ..... 53  
Valéria Coelho Costa, Augusto Carlos Antonio Guimarães Costa, Aurino Ribeiro Filho
- P023 Modelo do Trion: Simulações Numéricas ..... 53  
Karim Aqwere Filho, Rita M. C. Almeida, Jorge A. Quillfeldt
- P024 AVALANCHES NO CRESCIMENTO DE POLÍMEROS RAMIFICADOS ..... 53  
Joaquim Elias de Freitas, Liacir dos Santos Lucena, José Soares de Andrade Júnior

P025	PROPAGACAO DE DANOS: UMA ANALISE DO ESPECTRO DE POTENCIA .....	54
	CARLOS ARGOLO PEREIRA ALVES, ANANIAS MONTEIRO MARIZ	
P026	Interface entre Polímeros .....	54
	Samuel Rodrigues Gomes Jr., Liacir dos Santos Lucena	
P027	D-DIMENSIONAL LONG-RANGE INTERACTION ISING FERROMAGNET: SPREADING OF DAMAGE WITH GLAUBER DYNAMICS .....	54
	Uriel Medeiros de Souza Costa e Heber Ribeiro da Cruz, Constantino Tsallis	

#### FUN – 4

Coordenador: Caio M. C. de Castilho

Local: Pav. de Exposições

P028	DETERMINAÇÃO NUMÉRICA DO POTENCIAL E DO CAMPO ELÉTRICO NA VIZINHANÇA DE UM CONDUTOR COM GEOMETRIA DA CURVA DE KOCH .....	58
	Vinicius Alves de Almeida Sampaio, Caio Mário Castro de Castilho	
P029	POTENCIAL E CAMPO ELÉTRICO PRÓXIMO A SUPERFÍCIES PONTIAGUDAS .....	59
	Cláudio Filardi Alves Souza, Nelson Pinheiro Andion, Caio Mário Castro de Castilho	
P030	PATH INTEGRAL APPROACH TO FRICTIONAL QUANTUM FLUID DYNAMICS .....	59
	Antônio Boulhosa Nassar, José Maria Filardo Bassalo, Paulo de Tarso Santos Alencar, Luiz Sérgio Guimarães Cancela, Mauro Sérgio Dorsa Cattani	
P031	Pressão de Casimir em cavidades retangulares d-dimensionais à temperatura finita .....	59
	Juarez Caetano da Silva, Hebe Queiroz Plácido, Ademir Eugênio Santana, Arthur Matos Neto	
P032	GERADORES INFINITESIMAIS DO GRUPO DE LORENTZ .....	59
	Jussara Limeira de Araújo, R. de Lima Rodrigues	
P033	EVIDÊNCIA DE INTERMITÊNCIA CAÓTICA NO MODELO DE DUFFING PARA UM OSCILADOR ELETRÔNICO NÃO LINEAR .....	60
	Luiz Cleber Tavares de Brito, Elinei Pinto dos Santos, Petrus Alcantara Jr.	
P034	DINAMICA NÃO LINEAR DE UM OSCILADOR ELETRÔNICO: EXPERIMENTOS .....	60
	Samuel Maciel Correa, Luiz Cleber Tavares de Brito, Petrus Alcantara Jr.	

#### MAT – 6

Coordenador: J. Marcílio Ferreira

Local: Pav. de Exposições

P035	EFEITOS DE INTERFACES NAS RESSONÂNCIAS DE CAMPO ELÉTRICO INTENSO EM BARREIRAS DUPLAS $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ NÃO-ABRUPTAS .....	80
	Maria Consuelo Alves Lima, José Raimundo Rodrigues Siqueira, Gil de Aquino Farias e Valder Nogueira Freire	
P036	ASPECTOS TEÓRICOS DOS DISPOSITIVOS DE EMISSÃO DE CAMPO TIPO SPINDT .....	80
	Hebert Carvalho Palma, Caio Mário Castro de Castilho	
P037	Estudo de Algumas Propriedades Físicas do DOBAMBC através de um Modelo Generalizado .....	81
	Cláudio de Carvalho Aguiar, Dionis Carlos Soares de Vasconcelos, Aurino Ribeiro Filho	
P038	EMISSÃO TERMOLUMINESCENTE DA CALCITA DOPADA COM $Mn^{2+}$ , $Sr^{2+}$ E $Mg^{2+}$ .....	81
	Zélia Soares Macêdo, Mário Ernesto Giroldo Valerio, José Fernandes de Lima	
P039	ESTUDO FOTOACÚSTICO E FOTOTÉRMICO DA ARGAMASSA ARMADA .....	81
	Manoel Marcos Freire d'Aguiar Neto	
P040	CÁLCULO DA FASE ATRAVÉS DE UM FORMALISMO AUTO-CONSISTENTE DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X .....	82
	Helio Silva Campos, Dionis Carlos Soares de Vasconcelos, Wlodzimierz Aleksander Keller	
P041	OTIMIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE CRISTAIS DE CALCITA POR PRECIPITAÇÃO S2 .....	82
	Luiz Augusto Carvalho Sobral, Mário Ernesto Giroldo Valerio, José Fernandes de Lima	

P042	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO TERMOLUMINESCENTE DO $\text{CaCO}_3 : \text{Pb}$ .....	82
	Débora de Gois Santos, Mário Ernesto Giroldo Valério, José Fernandes de Lima	
P043	RESPOSTA TERMOLUMINESCENTE DO QUARTZO EM FUNÇÃO DA EXPOSIÇÃO A RADIAÇÃO GAMA .....	83
	Antônio José de Jesus Santos, Mário Ernesto Giroldo Valério, José Fernandes de Lima	
P044	EFEITO DE MEMÓRIA NA CONSTANTE DIELÉTRICA DO SAL DE ROCHELLE, INDUZIDO POR UM CAMPO ELÉTRICO EXTERNO DC .....	83
	Daniel P. Pereira, Petrus Alcantara Jr., Sanclayton G. C. Moreira	
P045	DETERMINAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS GERADORAS DE HARMÔNICOS ACÚSTICOS ATRAVÉS DO ESPECTRO DE FASE USANDO O SISTEMA DE 3 ELETRODOS .....	83
	Rubens Silva, Sanclayton Geraldo Carneiro Moreira	

#### SEM – 4

Coordenador: Edval J. P. Santos

Local: Pav. de Exposições

P046	FÔNONS EM SUPER-REDES COM INTERFACES GRADUAIS: UM ESTUDO ATRAVÉS DO MODELO DA CADEIA LINEAR .....	95
	Alexandre Magno Rodrigues Teixeira, Valder Nogueira Freire, Marcos Antônio Araújo Silva	
P047	EFEITOS DE IMPUREZAS LOCALIZADAS NAS PROPRIEDADES DE TRANSMISSÃO DE HETEROESTRUTURAS DE $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ .....	96
	Luiz Ozorio de Oliveira Filho, Gil Aquino Farias, Valder Nogueira Freire	
P048	Microscopia Eletrônica em Filmes Finos Semicondutores de CdSe e CdTe .....	96
	João Guilherme Nogueira Matias, José Francisco Julião, Roberto de Toledo Assumpção	
P049	MODELING OF THE EARLY STAGES OF $\text{SiO}_2/\text{Si}$ INTERFACE GROWTH .....	96
	Borko D. Stošić, Eronides F. da Silva Jr.	

## Resumos

a um campo escalar com auto-interação quártica. A renormalização do modelo relativístico, no calibre de Coulomb, é discutida em ordem de um loop. Introduzimos um procedimento de cálculo de amplitudes de espalhamento para momentos baixos que gera a expansão  $(p/m)^n$  separando as contribuições dos estados intermediários de baixa e alta energias. Calculamos a amplitude de espalhamento de dois corpos até ordem  $p^2/m^2$  e mostramos que a existência de um valor crítico do parâmetro de auto-acoplamento para o qual a amplitude reduz-se ao espalhamento Aharonov-Bohm é estritamente não relativística. Um esquema de redução não relativística das amplitudes e uma lagrangeana efetiva que descreve as primeiras correções relativísticas são propostos.

† Em afastamento do IFUFBa.

AFC 1 - 28/11/96 - Auditório Terra Caída 9:50

**CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO NÃO PARALELOS NUM "BACKGROUND" DE GRAVITAÇÃO. ONDAS GRAVITACIONAIS ESTACIONÁRIAS E GRÁVITONS**

Carlos Pinheiro, Gilmar S. Dias

Universidade Federal do Espírito Santo, Depto. de Física.

J. A. Helayel Neto

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

Inicialmente, procuramos discutir soluções com campos elétricos e magnéticos paralelos entre si, quando se considera um background de gravitação. Em seguida, baseando-se nas semelhanças existentes entre as ondas gravitacionais e eletromagnéticas, apresentamos uma solução particular para ondas gravitacionais estacionárias. Finalmente, considerando a gravitação como uma teoria de gauge (teoria efetiva para a gravitação), procedemos ao cálculo do propagador do modelo aqui proposto, estudamos as excitações correspondentes aos quanta propagados e analisamos a unitariedade a tree-level.

AFC 2 - 28/11/96 - Auditório Terra Caída 10:30

**ESTRUTURA ESPINORIAL DO PROPAGADOR DE DIRAC EM UMA COMBINAÇÃO DE UM CAMPO UNIFORME CONSTANTE E UMA ONDA PLANA EM 2+1 DIMENSÕES**

Vanicson Lima Campos, Stoian Ivanov Zlatev  
UFS

Usaremos uma representação da integral de trajetória com fator espinorial para o propagador de Dirac em 2+1 dimensões, de posse desta representação calcularemos este propagador no caso de uma configuração particular de um campo eletromagnético externo. Esta con-

figuração, que é uma combinação específica de um campo uniforme constante e o campo de uma onda plana, é uma das poucas para a qual expressões explícitas podem ser obtidas para o propagador por qualquer dos métodos existentes. Por exemplo, por meio do método do tempo próprio de Schwinger pode-se obter outra representação para o propagador, no caso sob consideração. Esta representação é diferente da nossa, no entanto mostramos que ambas as representações são equivalentes. Entretanto a representação com fator espinorial é a única que revela de forma explícita a estrutura espinorial do propagador.

AFC 2 - 28/11/96 - Auditório Terra Caída 10:50

**MASS TERM FOR RELATIVISTIC PARTICLES AND SUPERPARTICLES**

Vanicson Lima Campos, Washington Figueiredo Chagas  
Filho  
UFS

Relativistic particles and superparticles, as is well known, can be either massive, or massless. No natural transition from zero to non-zero masses is, however, known. Here we present one such transition. In this work we find a particular transformation of the massless relativistic particle and superparticle coordinates in configuration space that leaves the corresponding actions invariant. We then show that the configuration space path integrals which describe the quantum-mechanical propagations of the massless relativistic particle and superparticle are not invariant under these particular transformations. With a suitable choice of an arbitrary constant we show that the path integrals become the ones that describe the quantum-mechanical particles and superparticles. With this we have then established a transition from massless particles and superparticles to massive ones through a natural mechanism of symmetry breaking.

AFC 2 - 28/11/96 - Auditório Terra Caída 11:10

**Cálculo do Potencial Efetivo pelo Método do Tadpole**

Francisco de Assis de Brito, Dionísio Bazeia Filho  
UFPB

Neste trabalho usamos o método do tadpole para calcular o potencial efetivo a nível de 1-loop. Esse método baseia-se principalmente no fato de que é possível encontrar uma função facilmente integrável, proveniente da contribuição de todos os gráficos tadpoles construídos via regras de Feynman a partir dos vértices e propagadores da teoria, a qual integrada reproduz o potencial efetivo. A teoria usada para elucidar tal objetivo envolve o sistema de Maxwell-Chern-Simons. Investigamos também a invariância de gauge do sistema e encontramos uma nova identidade de Nielsen para os gráficos

tadpoles mostrando ser possível estudar a invariância de gauge do sistema fazendo uso direto da contribuição desses gráficos. Entretanto, surge um problema quando tentamos utilizar diretamente o gauge de 't Hooft com a intenção de simplificar os cálculos. Acontece que neste gauge, o resultado que se encontra para o potencial efetivo diverge daquele obtido usualmente. No entanto mostramos como contornar esse problema.

AFC 2 - 28/11/96 - Auditório Terra Caída 11:30

**FATOR ESPINORIAL NA REPRESENTAÇÃO DA INTEGRAL DE TRAJETÓRIA PARA O PROPAGADOR DE DIRAC EM CAMPOS EXTERNOS**

Dmitri Maksimovich Gitman  
USP  
Stoian Ivanov Zlatev  
UFS

Estudamos o problema do fator espinorial ambos em  $3 + 1$  dimensões e  $2 + 1$  dimensões os quais são essencialmente diferentes para a construção do fator espinorial. Realizando todas as integrações sobre as variáveis de Grassmann nas correspondentes representações da integral de trajetória para o propagador de Dirac obtemos as representações com o fator espinorial em campos externos arbitrários. Deste modo, o propagador apresenta-se somente por meio de uma integral de trajetória bosônica. Em  $3 + 1$  dimensões apresentamos uma simples derivação do fator espinorial evitando alguns passos desnecessários no artigo original (Gitman, Shvartsman, Phys. Lett. **B318** 122) o qual eles mesmos precisam algumas justificativas adicionais. Desta maneira o sentido da surpreendente possibilidade da completa integração sobre variáveis de Grassmann torna-se claro. Em  $2 + 1$  dimensões a derivação do fator espinorial é completamente original. Em seguida usamos as representações com o fator espinorial para calcular o propagador em algumas configurações de campos externos.

AFC 2 - 28/11/96 - Auditório Terra Caída 11:50

**ELETRODINÂMICA CLÁSSICA E A NATUREZA QUÂNTICA DA LUZ**

Manoelito Martins de Souza  
Universidade Federal do Espírito Santo, Depto. de Física

A review of old inconsistencies of Classical Electrodynamics (CED) and of some new ideas that solve them is presented. Problems with causality violating solutions of the wave equation and of the electron equation of motion, and problems with the non-integrable singularity of its self-field energy tensor are well known. The correct interpretation of the two (advanced and retarded) Lienard-Wiechert solutions are in terms of creation and

annihilation of particles in classical physics. They are both retarded solutions. The previous work on the short distance limit of CED of a spinless point electron are based on a faulty assumption that leads to the well known inconsistencies of the theory: a diverging self-energy (the non-integrable singularity of its self-field energy tensor) and a causality-violating third order equation of motion (the Lorentz-Dirac equation). The correct assumption, without any changes in the Maxwell's equations, fixes these problems and let exposed, in the zero-distance limit, the discrete nature of light. CED cannot have a true equation of motion but only an effective one, as a consequence of the intrinsic meaning of the Faraday-Maxwell concept of field that does not correspond to the classical description of photon exchange, but only to the smearing of its effects in the space around the charge. This, in varied degrees, is transferred to QED and to other field theories that are based on the same concept of fields as space-smearred interactions.

AFC 3 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 8:30

**CREATION OF NONCONFORMAL PARTICLES BY A GRAVITATIONAL FIELD OF SPECIAL FORM**

Valdir B. Bezerra, Vladimir Mostepanenko, Carlos Romero  
UFPB

The quantized scalar field with arbitrary coupling in a nonstationary isotropic gravitational field evolving between two singularities is investigated. We show that the concept of quasiparticles defined by the Hamiltonian diagonalization procedure is not applicable at once in nonconformal case as the particle number created from vacuum in a unit volume by the gravitational field diverges linearly at large momenta. The new definition of nonconformal particles is suggested and the expression for the number of such particles created from vacuum is obtained. The new definition is in agreement both with the conformal case and also with all the examples, where the external field is switched off and the  $S$ -matrix approach may be formulated. A particular case is investigated with the metric length-scale factor given by  $a(t) = a_1 \sin(\gamma t/a_1)$ , where  $a_1, \gamma$  are constants, and  $t$  is the proper synchronous time. For this case, the Klein-Fock equation with arbitrary coupling is solved exactly and the creation rate is calculated. The number of pairs created from vacuum is demonstrated to have a very drastic dependence on the value of the coupling coefficient  $\xi$ . For example, the variation of  $\xi$  by 18 times (between  $1/6$ , which is the conformal case, and  $3$ ) involves an increase of the creation rate by a factor of  $10^6$ . Such a drastic dependence of the creation rate on the coupling coefficient  $\xi$  enables us to suggest that the vacuum quantum effects of nonconformal scalar field may

be significant in cosmology.

AFC 3 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 8:50

### O PROPAGADOR DE FEYNMAN DO CAMPO DE RADIAÇÃO SOB VÍNCULOS MACROSCÓPICOS E O MÉTODO DE IMAGENS

Franz Peter Alves Farias

Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Arthur Matos Neto

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

A partir da equação de onda sem fontes e de condições de contorno escolhidas (Dirichlet e/ou Neumann), determinamos a forma satisfeita pelo potencial eletromagnético  $A_{\mu\nu}(x)$ . Em seguida, calculamos os valores esperados de vácuo do produto de operadores  $A_{\mu\nu}(x)A_{\alpha\beta}(x')$ , para cada um dos vínculos considerados, necessários para a construção da função de propagação do fóton de Feynman. Este propagador também constitui a função de Green do fóton pois, satisfaz, como mostramos, a equação de função de Green. Tendo encontrado as expressões dos produtos acima mencionados derivamos, usando a fórmula integral de Poisson, a forma dos mesmos como uma expansão em termos de funções do campo escalar livre, i.e., na ausência de vínculos. Com isto, decorre que a função de Green, para cada vínculo considerado, pode ser expressa também como uma expansão de funções de Green livre. Este resultado corrobora, ao mesmo tempo em que demonstra, aquele obtido diretamente da aplicação do método de imagens para situações dinâmicas, utilizado pela primeira vez, no caso de dois vínculos de Dirichlet, por Brown e Maclay (1969).

AFC 3 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 9:10

### TOWARDS THE SOLUTION OF ROTATION PROBLEM IN ASTROPHYSICS

Rudolf Muradian

Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia

The most difficult problem of cosmogony and cosmology is the explanation of the rotation of planets, stars, galaxies and their systems. The origin and numerical value of the angular momentum (spin)  $J$  of galaxies, stars and other celestial objects, may not be accurately described in the framework of classical mechanics and require appealing to the quantum-mechanical concepts. The quantitative description of rotating cosmic systems has been achieved by means of an extended Regge-like spin - mass dependence of the form  $J = h \left( \frac{m}{m_p} \right)^{1+1/n}$ , where  $m_p = 1.673 \times 10^{-27}$  kg is the proton mass and  $h = 1.055 \times 10^{-34}$  J s is the Planck constant. The number  $n$  in the exponent takes integral

values  $n = 1, 2, 3$  characterizing the spatial dimensionality (shape) of primeval objects before the fragmentation process. The choices  $n = 2$  for galaxies, their clusters and superclusters, and  $n = 3$  for asteroids, planets and stars are in excellent agreement with observations. Based on this approach a new, quantitative explanation for the origin of the rotation of stars, galaxies and their systems is proposed. The explanation of the Large Numbers relations and some new ones are proposed. The extension of *Blackett's* relation for possible higher magnetic  $\mu^{(k)}$  and electric  $\epsilon^{(k)}$  multipole moments of celestial bodies.

AFC 3 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 9:30

### CONSTRUÇÃO DE ESTADOS QUÂNTICOS VIA SUPERSIMETRIA

S. R. Leite, L. C. B. Cahú<sup>(a)</sup>, R. de Lima Rodrigues<sup>(b)</sup>

Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB

Abordaremos a supersimetria em mecânica quântica para uma partícula não-relativística unidimensional, a qual possui uma simetria definida em termos de supercargas semelhante a dos geradores de supersimetria em teoria de campos. Partindo do hamiltoniano de uma equação de Schrödinger independente do tempo, construiremos outro hamiltoniano denominado de companheiro supersimétrico. Os estados quânticos destes hamiltonianos estão conectados via supersimetria. Aplicaremos o método de fatorização para o operador hamiltoniano no seu estado fundamental, a fim de construirmos uma hierarquia de hamiltonianos, a qual nos permitirá traçar um perfil espectral do sistema analisado. Estas relações nos levam a concluir que partindo-se de um autovalor de energia conhecido, podemos construir os níveis de energia subsequentes sem a necessidade de resolução da equação de Schrödinger. Em síntese, diríamos que o problema da resolução espectral converte-se na resolução de uma série de equações diferenciais de primeira ordem. As consequências desta forma de simetria vem sendo exploradas, de modo que possam ser geradas classes novas de potenciais iso-espectrais. No nosso caso, aplicaremos estatística na resolução da equação de estabilidade de sólitons em 1+1 dimensões, mais especificamente para o modelo de potencial de poço duplo.

(a) PIBIC/CNPq/UFPB

(b) E-mail: CENDFI76@VM.NPD.UFPB.BR.  
RAFAEL@DFJP.UFPB.BR, FAX (083)531.3046.

AFC 3 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 9:50

### FÔNONS NA PRESENÇA DE DISCLINAÇÃO

Manassés Araújo da Silva, Eugênio R. Bezerra de Mello

Dep. de Física, Univ. Federal da Paraíba, Cidade  
Universitária, C. Postal 5008, 58059-970, João Pessoa,  
PB

Um sólido cristalino é geralmente descrito como uma combinação perfeitamente regular de átomos ou moléculas. Entretanto, cristais reais não são perfeitos, existem falhas na sua estrutura cristalina, sendo estas falhas responsáveis por importantes propriedades do sólido. Recentemente, analisando o comportamento de ondas vibracionais em sólidos cristalinos que apresentam o defeito disclinação, verificamos que os mesmos apresentavam uma anisotropia sonora (a velocidade da onda neste meio depende da sua direção de propagação), obtivemos também para alguns casos específicos, uma expressão para as funções da onda sonora que propagam-se neste meio. Motivados por esta recente descoberta, pretendemos estudar com mais profundidade este fenômeno, analisando por exemplo o comportamento da capacidade térmica, resistividade térmica, interação de fônons, energia de Fermi, etc.

AFC 4 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 10:30

### THE NEGATIVE ENERGY EIGENVALUES OF A NEUTRON VIA SO(3) DYNAMICAL SYMMETRY

R. de Lima Rodrigues<sup>(a)</sup>

Universidade Federal da Paraíba, Cajazeiras-PB

A. N. Vaidya

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de  
Física

A Neutron in the static magnetic field of a linear conductor carrying current in the  $z$  direction has been investigated in order to construct its bound states and on possible applications provided that this system can be related to nuclear, atomic and solid state physics. In the space of bound states we have symmetry under the SO(3) group while for scattering states the symmetry group is SO(2,1). One of the possible applications is the measurement of magnetic moments of electrically neutral particles. The energy eigenvalues of a Neutron in magnetically bound states are hydrogenic. We present a review of the calculation of negative energy eigenvalues via SO(3) dynamical symmetry associated with a Neutron in magnetically bound states. Such SO(3) symmetry is quite analogous to that of the O(4) symmetry related to an accidental degeneracy of tridimensional non-relativistic Coulomb problem. The calculation was done in momentum space. We point out a connection with the Wigner-Heisenberg super-oscillator technique in the coordinate representation.

(a) E-mail: RAFAEL@TERRA.UFPB.BR or  
RAFAEL@DFJP.UFPB.BR. FAX (083)531.3046.

AFC 4 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 10:50

### GREEN'S FUNCTION FOR A NEUTRON IN MAGNETICALLY BOUND STATES

R. de Lima Rodrigues<sup>(a)</sup>

Universidade Federal da Paraíba, Cajazeiras-PB

A. N. Vaidya

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de  
Física

The energy eigenvalues and eigenfunctions for a neutral particle with spin  $\frac{1}{2}$  in a static magnetic field of linear current have been obtained by two different methods. One method is based on the reduction of the Schrödinger equation in coordinate representation to a fourth-order Hamburger equation. The second method uses dynamical supersymmetry in quantum mechanics (SUSY QM) which leads to the bound state spectrum and the corresponding eigenfunctions in momentum representation. In this work we construct an integral representation for the momentum space Green's function of a Neutron in interaction with a straight current carrying wire, which is valid for the negative energy case. The energy eigenvalues and eigenfunctions for a Neutron in magnetically bound states are obtained in an elegant manner. We point out the connection with the positive energy case that may provide the scattering amplitude. We construct an integral representation for the momentum space Green's function of a Neutron in interaction with a straight current carrying wire, which is valid for the negative energy case. The energy eigenvalues and eigenfunctions for a Neutron in magnetically bound states are obtained in an elegant manner. We point out the connection with the positive energy case that may provide the scattering amplitude.

(a) E-mail: RAFAEL@TERRA.UFPB.BR or  
RAFAEL@DFJP.UFPB.BR. FAX (083)531.3046.

AFC 4 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 11:10

### Formulação de Muitos Corpos para a Fase Rápida de reações Fotonucleares

S.R. de Pina

UFPB

S.B. Duarte, M. Gonçalves, E.L. Medeiros

CBPF

O cálculo de cascata convencional para reações fotonucleares na região fotomesônica tem sido realizado considerando a superposição de interações de partículas isoladas com o meio nuclear contínuo. Estes cálculos não levam em conta apropriadamente as interações entre partículas reespalhadas, embora, a energia de excitação final do núcleo residual e a multiplicidade de pions na

fase de cascata sejam fortemente dependente destas interações. Neste trabalho propomos um cálculo de cascata de muitos corpos semelhante ao utilizado para descrever colisões nucleares relativísticas. O principal objetivo deste trabalho consiste em determinar a energia de excitação, o número final de partículas do núcleo residual da fase de cascata, bem como a multiplicidade média de píons, comparando estes resultados com aqueles de um cálculo convencional.

AFC 4 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 11:30

**Estudo do Movimento de uma Partícula Carregada no Espaço-Tempo de um Monopolo Global**

Eugênio R. Bezerra de Mello

Dep. de Física, Univ. Federal da Paraíba, Cidade Universitária, C. Postal 5008

Fernando S. Moraes, Claudio Furtado

Dep. de Física, Univ. Federal de Pernambuco, Cidade Universitária

Usando o formalismo de Hamilton-Jacobi nós obtemos as orbitas clássicas do movimento de uma partícula carregada no espaço-tempo gerado por um monopolo global. Também analisamos este movimento do ponto de vista da mecânica quântica não relativística e obtemos soluções exatas para estados ligados e espalhados. Finalmente, usando resultados anteriores, estimamos o valor da amplitude de espalhamento quântico.

AFC 4 - 29/11/96 - Auditório Terra Caída 11:50

**PRODUÇÃO DE PARTÍCULAS DEVIDO A CURVATURA EFETIVA EM UNIVERSOS COM SEÇÃO ESPACIAL PLANA**

Deilson de Melo Tavares

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Márcio Roberto de Garcia Maia

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

O espectro de partículas minimamente acopladas produzido em uma transição de/para uma era com equação de estado  $p = -\rho/3$  é divergente em uma frequência finita relacionada com a curvatura efetiva nesta era. Mostramos que em uma era posterior isto não se mantém e calculamos o espectro de grávitons em um modelo com três eras, sendo a primeira e última dominadas por radiação ( $p = \rho/3$ ) e a intermediária por matéria- $K(p = -\rho/3)$ .

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P001

**SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE DINÂMICA DE GALÁXIAS**

Scheilla M. R. da Silva, Danielle de Sá Quirino  
UFPB

Apresentamos um método auto-consistente para realizar simulações numéricas de modelos de galáxias esféricas. Nesse método, determinamos explicitamente as forças gravitacionais entre todas as partículas. A integração das trajetórias individuais é realizada em pequenos e variáveis passos de tempo.

As cinco mil partículas são distribuídas no espaço de fase de duas maneiras distintas seguindo a morfologia e a cinemática observadas nas galáxias elípticas. Com o propósito de atingir configurações de equilíbrio, as partículas foram distribuídas espacialmente de acordo com *power-law* ou de *Vaucouleurs  $r^{1/4}$ -law*. As velocidades iniciais correspondem às de um gás politrópico (distribuição maxwelliana).

O objetivo é estudar configurações de equilíbrio de modelos de galáxias esféricas através de diagramas de Poincaré (*surface of section*). Essas configurações serão utilizadas na investigação de colisões entre galáxias e na determinação da perda de energia nesse processo. Em seguida, os resultados serão aplicados em modelos cosmológicos para determinar a taxa de coalescência de galáxias.

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P002

**PARTÍCULA RELATIVÍSTICA EM UM CAMPO DE UMA ONDA PLANA DE MAXWELL-CHERN-SIMONS**

Dmitri Maksimovich Gitman

USP

Fabiano Rabelo Machado, Stoian Ivanov Zlatev

UFS

A teoria de campo em 2+1 dimensões vem atraindo nos últimos anos a atenção da comunidade científica devido, entre outros motivos, a possibilidade de existência de partículas com spin fracionário e estatísticas exóticas (ânions), tendo provavelmente aplicação no estudo do efeito Hall fracionário, supercondutividade à alta temperatura, etc. É digno de nota também, o fato de que é possível construir, nestas dimensões, teorias de gauge de partículas de spin um e topologicamente massivas, onde a massa surge devido ao assim chamado termo de Chern-Simons. Neste contexto é então conveniente analisar as possíveis soluções exatas da eletrodinâmica de Maxwell-Chern-Simons em 2+1 dimensões. São de especial interesse físico as soluções exatas das equações de onda relativísticas em campos externos e, em particular, no campo de uma onda plana de Maxwell-Chern-Simons (MCS). A frequência e o vetor de onda de uma

onda MCS monocromática formam um 3-vetor tipo-tempo. Logo, existe um referencial de repouso para uma onda deste tipo. Usando esta propriedade obtemos soluções para as equações de Lorentz e Hamilton-Jacobi para uma partícula pontual em um campo de uma onda plana MCS monocromática. Entretanto, não encontramos relações íntimas entre estas soluções e as soluções das equações que governam o comportamento das partículas quânticas (equações de Klein-Gordon e equações de Dirac) como no caso da onda de Maxwell.

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P003

### INTERAÇÃO DE PARTÍCULAS CARREGADAS COM CORDAS MAGNÉTICAS

Claudio Furtado, Fernando Moraes  
UFPE

Nos últimos anos a interação de partículas carregadas com cordas magnéticas tem sido bastante estudado[1,2]. Nestes trabalhos só é considerada a interação das partículas com o fluxo magnético da corda, sem levar em conta a estrutura métrica do defeito topológico. No nosso estudo consideraremos a estrutura métrica externa do defeito bem como o seu fluxo interno, que será considerado pontual. Incluímos também na nossa análise a auto interação das partículas com o defeito devido a sua métrica cônica. Resolvemos os seguintes problemas quânticos não relativísticos: Espalhamento de elétrons e comparamos com os resultados de Gibbons e Ruiz[3]. Obtemos estados ligados para o caso onde a auto interação é atrativa e comentamos possíveis aplicações em matéria condensada. Estudamos o Problema dos níveis de Landau quando incluímos também na nossa análise um campo magnético uniforme em todo espaço. Encontramos as autofunções e autovalores: Para o caso quântico relativístico o problema de uma partícula na presença do defeito. Resolvemos o problema de espalhamento e de estados ligados e comparamos com os resultados existentes na literatura.

[1] M. G. Alford, F. Wilczek; Phys. Rev. Lett. 62(1991), 1071

[2] YA. I. Kogan, K. G. Selivanov; Int. Jour. mod. Phys. A6(1991)59

[3] G. Gibbons, F. R. Ruiz, T. Vachaspati; Commun. Math. Phys. 127(1990)295

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P004

### NOVOS POTENCIAIS ISOESPECTRAIS VIA q-SUSI

Silvanio Bezerra de Oliveira  
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB  
R. de Lima Rodrigues  
Universidade Federal da Paraíba, Cajazeiras - PB

Recentemente vários trabalhos tem sido realizados sobre os sistemas de osciladores quânticos relativísticos unidimensionais (1D) e tridimensionais (3D), os quais podem ser construídos através da equação de Schrödinger relativística via o operador momento linear "diferença", proporcionando uma q-simetria. A q-simetria tem tido grande interesse, tanto por físicos como por matemáticos. Neste trabalho abordaremos a estrutura algébrica da supersimetria (SUSI), implementando uma q-SUSI. Efetivamente, fatoraremos os companheiros supersimétricos em termos de operadores diferenciais "diferença" de primeira ordem. Implementando uma refatorização do companheiro SUSI do q-oscilador relativístico 1D encontraremos novos potenciais q-deformados exatamente solúveis. Os novos potenciais são isoespectrais com o q-oscilador relativístico unidimensional.

(a) E-mail: RAFAEL@TERRA.UFPB.BR or RAFAEL@DFJP.UFPB.BR. FAX (083)531.3046.

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P005

### MODELO DE THIRRING COM INVARIÂNCIA U(1)

MÁRCIO ANDRÉ DE MELO GOMES, CARLOS  
ALBERTO SANTOS DE ALMEIDA  
UFC

Em vários trabalhos recentes, K. Kondo formulou um modelo de Thirring com invariância de gauge local. Este modelo é na realidade uma versão fixada de uma teoria de gauge verdadeira, onde o gauge escolhido é o chamado gauge unitário. O termo de interação quádrupla de férmions é linearizado pela introdução de um campo de gauge auxiliar, enquanto que a passagem para uma teoria invariante sob U(1) é obtida através da introdução de um campo escalar neutro conhecido como de Batalin-Fradkin. É sabido que o gauge unitário apresenta sérias dificuldades quando tratamos o problema a nível quântico. Considerando o modelo de Thirring bidimensional, neste trabalho propomos uma forma de introduzir invariância local na teoria sem a necessidade de recorrer ao gauge unitário. Por outro lado propomos uma supersimetrização N=1 do modelo invariante de gauge.

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P006

### EFEITO AHARONOV-BOHM GRAVITACIONAL NUM ESPAÇO-TEMPO LOCALMENTE PLANO

IVONETE BATISTA DOS SANTOS  
Departamento de Física da UFRR  
VALDIR BARBOSA BEZERRA  
Departamento de Física da UFPB

Estudaremos a interação gravitacional com uma partícula quântica (escalar e espinorial). O campo de

fundo corresponde a uma das soluções das equações acopladas de Einstein-Maxwell com simetria cilíndrica, cuja fonte do campo gravitacional corresponde a um tubo de matéria ôco, no interior do qual existe um campo magnético axial. Resolveremos as equações covariantes de Klein-Gordon e Dirac e discutiremos a influência dos aspectos globais deste espaço-tempo sobre os níveis de energia de uma partícula escalar não relativística, neste espaço-tempo. Mostraremos a dependência da função de onda, dos níveis de energia e da corrente com a deficiência angular, e portanto, com a conicidade das seções  $(t,z) = \text{constante}$ . Em outras palavras, mostraremos que os efeitos da topologia, que é não trivial, é plana localmente, mas não globalmente, estão codificados nessas quantidades.

AFC 5 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P007

**SOLUÇÕES ESCALAR E ESPINORIAL NO  
ESPAÇO-TEMPO DE UMA PAREDE DE  
DOMÍNIO**

IVONETE BATISTA DOS SANTOS

Departamento de Física da UFRR

VALDIR BARBOSA BEZERRA

Departamento de Física da UFPB

Estudaremos a interação gravitacional entre sistemas quânticos e uma classe de defeitos topológicos chamados paredes de domínio. Com o objetivo de verificar a influência da topologia do espaço-tempo sobre os estados de um sistema, resolveremos as equações de Klein-Gordon e Weyl em suas formas covariantes. Verificaremos a influência da estrutura global cônica do espaço-tempo das paredes de domínio sobre os estados de partículas quânticas, escalar com massa diferente de zero, e espinorial de massa nula. Nas soluções encontradas, verificaremos a dependência das mesmas com a densidade de matéria. Esta influência da densidade de matéria sobre as soluções e consequentemente sobre a densidade de probabilidade de encontrar uma partícula, bem como sobre a corrente, é devido à estrutura global cônica do espaço-tempo da parede, ou seja, ela está associada às características topológicas do espaço-tempo das paredes.

# Física da Atmosfera e Geofísica

ATG 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 8:30

## Investigação Geofísica da Micro-bacia Hidrográfica da área do Centro de Convenções, Salvador, Bahia

R. N. Naziazeno, Carlos A. S. da França, Olivar P. Lima, Iara O. Brandão  
Universidade Federal da Bahia

O crescimento urbano desordenado da Região Metropolitana de Salvador, tem levado, em muitas áreas, a uma crescente impermeabilização da superfície do solo com conseqüente decréscimo de infiltração da água pluviométrica para o meio poroso. Na área do Centro de convenções, este fato parece ser responsável pelo decréscimo do volume de água da Lagoa dos Patos. Neste trabalho pretende-se usar técnicas geofísicas de sondagem elétrica vertical (SEV) em combinação com a técnica de radar penetrante no solo (GPR) para investigar a estrutura geológica tridimensional da área do Centro de Convenções, bem como suas propriedades hidrológicas. O objetivo deste trabalho é correlacionar as mudanças que vem ocorrendo na micro-bacia hidrográfica da área do Centro de Convenções com as condições hidrológicas da área, de modo a poder sugerir mudanças no processo de urbanização da área, no sentido de preservar as zonas de recarga da referida micro-bacia e manter a ecossistema da região intacto.

ATG 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 8:50

## MONITORAMENTO AUTOMÁTICO DA RADIAÇÃO SOLAR EM FORTALEZA(CE)

José Sidou Albuquerque  
UECE

Manuel da Costa Pereira  
FUNCEME

Ronaldo Rodrigues da Costa, José Carlos Parente de Oliveira  
UFC

O sol, nossa fonte primária de energia, desempenha papel essencial em todos os processos de interesse em meteorologia. O monitoramento da radiação solar, na superfície sua distribuição, horária e anual, assim como a discretização por comprimentos de onda são dados importantes para construção de uma carta de potencial energético em uma determinada região. Desta forma, qualquer linha de investigação científica no Nordeste Brasileiro, relativa à radiação solar deve passar em primeiro lugar pela etapa de construção de um banco de dados sobre a região. O presente trabalho descreve

a experiência de implantação de uma estação digital automática de medição de parâmetros relativos à radiação solar. A estação é composta por um conjunto de cinco piranômetros e um pirgeômetro dotados de filtros de diferentes comprimentos de onda. Os sinais provenientes desses aparelhos alimentam independentemente um multiplexador, e em sua saída os sinais são amplificados. Estes sinais em seguida são tratados por um conversor analógico/digital (A/D), com resolução de 08 bits para então serem armazenados em um micro tipo PC286. O período, de coleta de dados vai de 05:30 h até às 18:00 h aproximadamente. O software de controle também calcula a integração dos sinais enviados pelos aparelhos a cada minuto, sendo essas informações armazenadas em disco rígido. Também são disponíveis dados originados de um actinógrafo e de um heliógrafo, assim como os dados meteorológicos, tais como pressão, temperatura, umidade, direção e velocidade dos ventos, precipitação, evaporação e nebulosidade provenientes de uma estação meteorológica convencional do DEA/UFC. A partir de dados coletados foi realizada uma análise estatística em que são correlacionadas a radiação solar com parâmetros atmosféricos.

ATG 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 9:10

## INVERSION OF INTERVAL VELOCITIES AGAIN

Amin Bassrei

Instituto de Física/UFBA e PPPG/UFBA

The determination of the velocities in the ground is an old classical geophysical problem. There are several methods for this purpose. We pose this problem as an inverse procedure, that is, we obtain the so-called interval velocities from the seismic reflection data. Considering an one-dimensional Earth, each layer in the ground has a constant interval velocity. The seismic reflection data is used to generate a set of RMS (root mean square) velocities, through for instance a statistical method. The RMS and interval velocities are linked by the relation:  $V_{RMS}^2(t) = \frac{1}{t} \int_0^t v^2(t') dt'$ . The above equation can be seen as a Fredholm integral equation of the first kind, with a very simple kernel function. One advantage here is that the problem can be underdetermined, i.e., we may have more unknown values of interval velocities than known values of RMS velocities. In the case of underdetermined problems, prior information has a key role, and the extrapolated RMS itself can be used as prior information. We used SVD (singular value decomposition) for the inversion of several synthetic examples. The results are compared with other techniques like the standard Dix (Geophysics, 20, 68-86, 1955) formula and minimum relative entropy (Urych, Bassrei and Lane, Geophysical Prospecting, 38, 465-483, 1990).

## THE BARBIERI CRITERION IN TWO-DIMENSIONAL GRAVITY INVERSION

Amin Bassrei

Instituto de Física/UFBA e PPPG/UFBA

In the solution of inverse problems we are never sure about the validity of the results. In the case of gravity inversion for instance, we cannot guarantee our 2-D or 3-D reconstructed density images. We can only be certain in the so called artificial or synthetic examples, where the true model (or image), given by the vector of model parameters (density)  $\rho$ , is known. In these cases one can use the root mean square of the error  $e_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\rho_i^{est} - \rho_i^{true})^2}$ , where  $\rho^{est}$  is the inversion output vector (estimated density) and  $\rho^{true}$  is the true density. Based on Barbieri (Journal of Theoretical Biology, 48, 451-467, 1974), we have the alternative approach for evaluating the inversion process: consider that  $\rho$  has a complementary vector  $\rho^c$  in such a way that the sum of these two vectors is a constant vector  $w$ . Now we have to perform two inversions. First, from  $\Delta g$  (vertical gravity field anomaly) and  $G$  (matrix of coefficients) we determine  $\rho^{est}$  by any standard inversion method. A second inversion is done using the vector of complementary data  $\Delta g^c$  and again the matrix  $G$ , obtaining now  $\rho^{est,c}$ , that is, the estimated complementary density vector. The sum of these densities is:  $w^{est} = \rho^{est} + \rho^{est,c}$ . If  $w = w^{est}$  the inverse problem is said to be exact. But since this generally does not happen to be true, we can check and observe in what regions of the model the inversion was not successful. We show some simulations with synthetic data in the inversion of two-dimensional gravity data.

## VARIAÇÃO DIURNA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UMA PLANTAÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR NO RECÔNCAVO-BA

Alberto Brum Novaes, Francisco Carlos Pataro de Queiroz

UFBA/PPPG - Depto. de Geofísica Nuclear/IF

A evapotranspiração consome muita da água e energia disponível na superfície da terra e conseqüentemente influencia todos os processos hidrológicos e meteorológicos. Infelizmente, estimativas confiáveis da evapotranspiração são extremamente difíceis de se obter, e desta forma, medidas têm sido feitas apenas em um contexto envolvendo pequenas áreas de pesquisa. Medidas regulares sobre grandes áreas têm sido necessárias na atualidade. Contudo, isto não é um problema instrumental simples mas envolve também cuidadosas considerações na inter-

pretação de medidas sobre vastas áreas heterogêneas. Utilizamos neste trabalho o método do balanço de energia para a determinação dos fluxos de calor sensível e calor latente entre a superfície da terra e a atmosfera. Os conceitos envolvidos no método do balanço de energia através da determinação da chamada Razão de Bowen, muito tem contribuído para uma melhor compreensão dos processos de evaporação na superfície da terra com um todo. Os valores da Razão de Bowen foram medidas na Fazenda Nova America a 60 km de Salvador, com vasta plantação de cana de açúcar. Os dados foram coletados de hora em hora, quando a plantação de cana de açúcar estava com 20 cm de altura e considerável quantidade de radiação solar ainda alcançava o solo diretamente. Foi determinado o balanço de energia nesta região do Recôncavo, com bom suprimento de água disponível à plantação. A energia usada para a evapotranspiração nestes dias, fez aproximadamente 75 % da energia líquida disponível, que está de acordo com o esperado para regiões úmidas e bem supridas de água, resultando em um valor bem menor do que a unidade para a Razão de Bowen, como o encontrado na região estudada.

## MODELO AUTO-CONSISTENTE DO DÍNAMO IONOSFÉRICO

Carlos F.P. Oliveira, Enivaldo Bonelli, Gilvan L. Borba, Rui T. Medeiros  
UFRN

A existência dos dinamos ionosféricos é conhecida a algum tempo, mas poucos autores fazem menção a uma solução auto-consistente da eq. da continuidade, da equação dos ventos e das equações dos dinamos E e F. Um modelo de simulação numérica leva em conta o mapeamento dos campos elétricos da região E ionosférica na região F causando assim uma interação entre os dinamos E e F. O presente trabalho faz parte do aperfeiçoamento deste modelo levando em conta parâmetros que irão gerar uma melhora significativa na correspondência do modelo com os dados experimentais disponíveis atualmente. O modelo é feito com dois programas elaborados em linguagem Fortran, sendo um deles para a região E e o outro para a região F. O programa da região E tem como saída o potencial elétrico gerado devido aos ventos e marés atmosféricas na região E. Este mesmo

potencial é utilizado <sup>mapeamento\_do\_campo\_eletrico</sup> **fazendo o seu mapeamento na região F.** O programa da região F tem como saída derivas  $E \times B$  e correntes. As derivas afetam o vento e as correntes paralelas a  $B$  ligam eletrodinamicamente os dois dinamos. Dessa forma, completa-se a autoconsistência do modelo. O aperfeiçoamento deste modelo é feito incluindo-se o cálculo de ionização da ionosfera para

incidência razante, especialmente no pôr-do-sol resultando numa melhor aproximação do que a aproximação de Terra plana, da versão original. O cálculo simultâneo da temperatura das três espécies presentes: íons, elétrons e neutras, poderá gerar uma melhor correspondência entre os valores obtidos e os dados experimentais.

ATG 2 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P002

### EFEITOS DAS TEMPESTADES MAGNÉTICAS SOBRE CINTILAÇÕES IONOSFÉRICAS

Pedro R. Ribeiro, Enivaldo Bonelli, Gilvan L. Borba,  
Rui T. Medeiros  
UFRN

A ionosfera equatorial noturna apresenta irregularidades na ionização que ocorrem numa faixa de espectro muito largo e numa grande extensão de altura da região F da ionosfera. Dependendo da escala de comprimento da irregularidade, a sua detecção é feita por técnicas diferentes, assim o nosso interesse é em estudar as cintilações nos sinais de VHF transmitidos por satélites. A ocorrência de irregularidades pode provocar sérios problemas nas comunicações tanto via satélite quanto via reflexão da ionosfera. O presente trabalho consiste na análise dos dados de cintilações em VHF de sinais recebidos do satélite MARISAT em 257.5 MHz para a estação terrestre de Natal (coordenadas geográficas: 5.6°S, 33.7°O; inclinação 5.5°S). Foram analisados os períodos de dezembro de 1979 à abril de 1982, onde relacionamos as amplitudes de cintilações com os índices de atividade magnética. Os resultados mostram que a ocorrência máxima de cintilações acontece antes da meia-noite e nos meses de verão e equinócio, sendo que uma intensa atividade magnética inibe a ocorrência de cintilações antes da meia-noite.

ATG 3 - 29/11/96 - Sala Aruana 10:30

### CARBONO-13 COMO TRAÇADOR DOS FLUXOS DE ÁGUA DE INFILTRAÇÃO DIRETA E PERCOLAÇÃO

Carla Maria Salgado Vidal Silva, Marlúcia Freitas  
Santiago, Josué Mendes Filho e Horst Frischkorn,  
Universidade Federal do Ceará

O carbono não pertence à molécula da água, mas encontra-se dissolvido na água na forma de bicarbonatos e gás carbonico, podendo ser utilizado para traçá-la. São muitos os processos que produzem carbono inorgânico nas águas subterrâneas e a concentração de carbono-13 depende do tipo de processo, o que o torna um excelente traçador da origem da água. Utilizamos esse traçador como ferramenta para identificar a existência ou não de fluxos através da Formação Santana, presente na Chapada do Araripe, que é um aquítarde com permeabili-

dade estimada de  $10^{-10} m/s$ , e também para identificar a alimentação dos aquíferos livres no Vale do Cariri no sul do Ceará. Dentre os 29 poços analisados, 23 deles têm valores de carbono-13 entre -20.3 e -16.4 por mil e os outros 6 poços têm valores de carbono-13 significativamente mais altos, entre -14.9 e -12.6 por mil. Como as águas da região são predominantemente bicarbonatadas cálcicas utilizamos também o índice de saturação de calcita para identificar dissolução de carbonatos, uma vez que a Formação Santana é uma reserva importante de gipsita e calcário. Os valores do índice de saturação de calcita entre -3.5 e 0.0 indicam que essas águas são sub-saturadas e próximas ao equilíbrio com respeito ao carbonato. Com base nesses dados concluímos que ocorre percolação através da Formação Santana alimentando as camadas aquíferas mais profundas da Chapada do Araripe que estão presentes também no Vale do Cariri, complementando a alimentação por infiltração pluvial direta nas áreas de afloramento.

ATG 3 - 29/11/96 - Sala Aruana 10:50

### MAXIMUM ENTROPY GEOPHYSICAL DIFFRACTION TOMOGRAPHY

Amin Bassrei

Instituto de Física/UFBA e PPPG/UFBA

Acoustical imaging has a wide range of applications, like medical tomography, non-destructive testing and exploration geophysics among others. In geophysics, one, now classical application of acoustical imaging is seismic tomography, either ray tomography or diffraction tomography. Inverse problems are in practice ill-posed, in special, in seismic tomography when one has the so-called limited view angle problem. Thus, several methods have been proposed and used in inverse problems in order to compensate the lack of information like regularization techniques and also the very used maximum entropy (ME) method. In this work we use ME as an auxiliar inverse procedure in geophysical diffraction tomography. Within the framework of scattering theory, we employ the first Born approximation, in the acoustic case, to calculate the scattered field  $U^{sc}(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_g)$  measured in  $\mathbf{r}_g$  when a source is activated in  $\mathbf{r}_s$ :  $U^{sc}(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_g) = -k_0^2 \int_V O(\mathbf{r}) G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_s) G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_g) d\mathbf{r}$ , where  $O(\mathbf{r})$  is the object function,  $k_0$  is the background (constant) wavenumber, and the Green's functions express the geometry of the problem. The inverse problem is to recover the unknown object function from the known scattered field. We performed numerical simulations in the cross hole acquisition geometry, using the ME approach. The results are compared with other standard methods like for instance SVD (singular value decomposition).

## FILTERING OF GEOPHYSICAL MODELS VIA MAXIMUM ENTROPY

Amin Bassrei

Instituto de Física/UFBA e PPPG/UFBA

In this work we apply a Maximum Entropy (ME) approach in the filtering of geophysical data. This formulation is based on a probabilistic philosophy and on the concept of entropy. It is defined an objective function which contains the entropy of the model parameters  $\mathbf{m}$ . The objective function is then minimized under adequate constraints in order to give the output estimate of the model parameters  $\mathbf{m}^{est}$ , where the effect of noise is minimized. The model parameters can be for instance, the velocity  $\mathbf{v}$  (or slowness  $\mathbf{s}$ ) in seismic tomography or the density  $\rho$  in gravity inversion. The concept of entropy was adopted from statistical mechanics when the Information Theory (IT) was founded by Shannon and Wiener in 1940's. Entropy in the IT sense means average information, related to a process, for example the transmission of a message. The information is defined as the logarithm of the inverse of the probability associated to an event or, to give an illustration, the probability associated to a message among many others transmitted by a source. Jaynes (Physical Review, **106**, 620-30, 1957), formalized the concept of maximum entropy, which has been applied with success in several fields of science and technology. The role of entropy is in such a way that Jaynes (1957), states that entropy is a primitive physical concept, even more fundamental than the concept of energy. The estimate  $\mathbf{m}^{est}$  is the solution of the minimization problem, and is consistent with the input data. The ME solutions have a reluctance to fluctuate, avoiding as much as possible the small oscillations due to the data corrupted by noise. The tests with synthetic data in seismic tomography and gravity inversion show the promising application of the ME technique in geophysical filtering.

## COEFICIENTES DE VARIABILIDADE NORMALIZADOS DE PARÂMETROS MICROFÍSICOS DE NUVENS CUMULUS

Carlos Jacinto de Oliveira

UECE

Alexandre Araújo Costa

FUNCEME

José Carlos Parente de Oliveira

UFC

Flutuações em pequena escala de parâmetros microfísicos, dinâmicos e termodinâmicos são bastante comuns em nuvens cumulus. Geralmente, a variabilidade destes parâmetros é modulada pela intensidade

dos fenômenos de mistura turbulenta, em pequena escala, e entranhamento. Muitas vezes, são percebidas transições extremamente bruscas de regiões com diferentes características microfísicas dentro de uma mesma nuvem. Para mensurar a variabilidade dos parâmetros microfísicos no interior de uma nuvem, usa-se a definição de um coeficiente de variabilidade normalizado, que é a razão entre a variância da grandeza e a variância que ela teria caso suas flutuações fossem meramente aleatórias e sua distribuição de ocorrência obedecesse à distribuição de Poisson. Neste trabalho apontou-se a necessidade de se definir coeficientes de variabilidade normalizados para as grandezas: Concentração de Gotículas e Forma do Espectro de Gotas, esta última dada de acordo com o valor de um parâmetro de forma. Dados de uma sonda espectrométrica FSSP em 10 Hz, coletados pelo Avião Laboratório para Pesquisas Atmosféricas (ALPA) da FUNCEME, em 22 de junho de 1994, foram analisados conforme esta metodologia. Estes dados dizem respeito a uma nuvem convectiva isolada, que produziu pequena precipitação, e na qual cinco passagens em níveis diferentes foram realizadas pelo avião instrumentado. Os coeficientes foram calculados e deles constatou-se a existência de regiões bastantes distintas no interior da nuvem: 1) regiões em que o coeficiente de variabilidade normalizado era inferior a 1,5 tanto para a concentração quanto para o parâmetro de forma; 2) regiões em que o coeficiente era superior a 1,5 para a concentração e inferior a 1,5 para o parâmetro de forma; 3) regiões em que o coeficiente era inferior a 1,5 para a concentração e superior a 1,5 para o parâmetro de forma; 4) regiões em que o coeficiente era superior a 1,5 para ambas as grandezas.

# Física Atômica e Molecular, Espectroscopia

ATO 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 10:30

## MESO- AND MICRO- STRUCTURES OF A TWO-COMPONENT MEDIUM AS FACTORS FOR CALCULATION OF THE DIELECTRIC PERMITTIVITY

Alexander Ghiner  
UFMA  
Gregory Surdutovich  
UNICAMP

The unique known microscopic approach to the analysis of two- component medium was given by Lorentz for isotropic spatial distribution of the constituents. In this model local field acting on each component are equal, so that the Lorentz-Lorenz formula may be generalized in form of simple summation of the components contribution. In contrast to the isotropic medium the anisotropic crystals require absolutely new consideration, since the local fields acting on the components are different. Such an approach was developed in form of generalized method of integral equations (GMIE) of the molecular optics. We calculated the difference of the local fields depending on a lattice geometry. The dielectric permittivity for the regular anisotropic two-component medium and the local field factors for the nonlinear susceptibilities are found. The qualitative distinction from the isotropic case consists in the fact that a spatial dispersion due to the mediums discreteness arises in the first order in the parameter  $kb$ , where  $k$  is the wavenumber and  $b$  is the lattice constant. In the isotropic medium the effects of such kinds are proportional to the second power of such parameter.

ATO 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 10:50

## THE INFLUENCE OF ATOMIC RELAXATION ON THE AFFM-IMAGES IN CONTACT MODE

Evgenii Blagov  
Research and Innovation Enterprise "Modus", Moscow,  
Russia  
Galina Klinchitskaya  
UFPB

In the age of nanotechnology, a search for the new ways to control the motion of atoms and small atomic clusters is of great importance. For these purposes such a device as atomic force and friction microscope (AFFM) is very useful. At present time a number of experimental investigations are performed of the different surfaces by the AFFM in a contact mode. As a result the AFFM-images of the surface under examination may be obtained with

atomic resolution. For the interpretation of the experimental results there is a need to carry out a number of theoretical simulations. In the present work we suggest a method to account for atomic relaxation in the scanning process. The influence of mobility of atoms (both of the tip and of the sample) on the character of constant force surfaces is investigated. The smoothing of the constant force surfaces and also of the profiles of the horizontal force component has been found to occur at the increasing of atomic mobility. At the same time the characteristic features of these surfaces and profiles near the point defects of crystal lattice are unchanged what is more important for the using of AFFM-images for the diagnostic purposes. It might be well to point out that the use of AFFM as a means of investigating defects localized at the surface has turned out to be very fruitful. When operating in contact mode, AFFM allows us not only to observe point defects and small defect clusters, but also to estimate their energy characteristics. The approach is suggested which permits to determine the migration energy for point defects from AFFM data.

ATO 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 11:10

## ATOMIC STRUCTURE OF THE APEX OF AFM TIP AND ITS IMPACT ON THE CONSTANT FORCE SURFACES

Evgenii Blagov  
Research and Innovation Enterprise "Modus", Moscow,  
Russia  
Vladimir Mostepanenko  
UFPB

Atomic force microscopy (AFM) is one of the most promising methods for the precise investigation of the surface of different materials. The maximal atomic resolution was realized in the AFM contact mode where the AFM tip scanning above the surface is accomplished with such a small height that the force interaction is determined mostly by the exchange repulsion between the nearest atoms of the tip and of the surface. In this case the shape of constant force surface depends critically on the atomic structure of the tip apex. We calculated the constant force surfaces in scanning of AFM tip above the surface of close-packed structure. It was shown that for sufficiently small initial heights the constant force surfaces have breaks, if it is granted that the tip has effectively only one atom on its apex. To provide a continuous constant force surfaces in contact mode it is necessary to simulate the apex of the AFM tip by atomic cluster involving several atoms. The minimal parameters of this cluster are estimated. It consists of seven atoms. One of them is lowered at  $0.22a$  from the plane of remaining six arranged as a hexagon with the side-length  $b = 0.85a$  ( $a$  being the equilibrium interatomic distance of the close-packed structure under investiga-

tion). If the side of the hexagon is increased, breaks on the surface of constant force will appear for definite orientations of the tip. These results will be helpful for the proper interpretation of the experimental AFM images in different problems of the surface science.

ATO 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 11:30

### GARRAFA ÓPTICA PARA ÁTOMOS NEUTROS

Eneida G. Lima, Pedro C. S. Segundo, Orlando Di Lorenzo Filho, Martine Chevrollier, Marcos Oriá

UFPB

A manipulação de átomos neutros por radiação laser tem se tornado uma área de intensa pesquisa desde a década passada quando da obtenção das armadilhas ópticas. Particularmente as armadilhas magneto-ópticas, formadas por feixes lasers contrapropagantes associados a um campo magnético quadrupolar, podem a partir de uma célula com vapor atômico à temperatura ambiente, confinar elevadas densidades atômicas ( $\sim 10^{12}$  átomos/cm<sup>3</sup> para o césio) em regiões bastante pequenas do espaço ( $\sim 1$  mm<sup>3</sup>) com temperaturas da ordem de 100 mK. Isto então permitiria uma espectroscopia de altíssima resolução devido às baixas velocidades atômicas. No entanto, a investigação destes átomos só pode ser realizada na presença dos feixes da armadilha o que provoca por exemplo um alargamento por potência na fluorescência. Na ausência destes feixes o decaimento da armadilha se dá em tempos da ordem de 50 ms, sendo o mecanismo responsável por este decaimento a colisão entre os átomos frios e as paredes da célula. Estas perdas podem ser diminuídas pela introdução de ondas evanescentes nas paredes da célula, gerando uma força repulsiva (força dipolar) para os átomos frios. Esta configuração denominada *garrafa óptica*, constitui-se em um sistema inédito para confinamento de átomos lentos de forma delocalizada em todo o volume da célula. Neste trabalho discutiremos o funcionamento desta garrafa, apresentando simulações semiclássicas deste sistema, mostrando como mudam os tempos de decaimento em função da configuração dos feixes na célula, da intensidade e da dessintonização das ondas evanescentes. Parâmetros realistas indicam que o tempo de decaimento se torna comparável ao tempo de colisão de átomos frios com o gás tampão, permitindo a espectroscopia destes átomos na ausência dos feixes das armadilhas. Discutiremos ainda a realização experimental desta garrafa.

ATO 1 - 28/11/96 - Sala Caueira 11:50

### Optical Trapping of Neutral Atoms with Linearly Polarized light and at Zero Magnetic Field

Carlos William de Araujo Paschoal, Ilde Guedes  
Universidade Federal do Ceara

Recently, Emile et al<sup>1</sup> have reported the observation of a new laser trap for neutral atoms. It uses three orthogonal pairs of counterpropagating laser beams having linear polarizations at 45° and a quadrupole magnetic-field. 10<sup>8</sup> Cesium atoms were confined in a 0.15 mm<sup>3</sup> volume at a temperature of 60 μK, a factor of 2 below the Doppler cooling limit. The results were interpreted as being due to the new magneto-optical force proposed by Grimm et al<sup>2</sup>, which arises from photon redistribution between two linearly polarized counterpropagating laser beams having their polarizations vectors at 45°, in a longitudinal magnetic field. Sometime later, Hope et al<sup>3</sup> showed that when the polarization of the counterpropagating light beams is orthogonal, trapping is observed also for zero magnetic field. In this work we present a very simple theory in order to describe some results previously reported in References 1 and 3. We show that by considering small values of the saturation parameter and taking the polarizations of the laser beams as parallel, the trapping of neutral atoms at zero magnetic field.

[1] O. Emile et al Europhys. Lett. 20, 687 (1992)

[2] R. Grimm et al Opt. Commun. 84, 18 (1991)

[3] A. Hope et al Europhys. Lett. 28, 7 (1994)

ATO 2 - 29/11/96 - Sala Caueira 8:30

### A APROXIMAÇÃO DE BORN-OPPENHEIMER NO ESPAÇO DE LIOUVILLE

L. A. C. Malbouisson, A. Matos Neto, Ademir E. Santana, J. D. M. Vianna

Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia  
Campus de Ondina - CEP 40210-340 Salvador/BA

J. D. M. Vianna

Depto. de Física - Universidade de Brasília - CEP  
70910-900 Brasília/DF

A formulação da mecânica quântica no espaço de fase tem como gerador das translações temporais, o Liouvilliano e como espaço de estados, o denominado espaço de Liouville. Neste espaço, os graus de liberdade do sistema aparecem duplicados, sendo esse graus novos chamados de 'fantasmas'. Dentro de um programa mais amplo de determinar a estrutura eletrônica e de analisar processos de espalhamento reativo em física de moléculas discutiu-se, neste trabalho, a aproximação de Born-Oppenheimer. Parte-se do operador Liouvilliano

$L = 1 \otimes H - H \otimes 1$   
 $= \frac{1}{2M} \sum_{j=1}^k (p_j^2 - \bar{p}_j^2) + \frac{1}{2M} \sum_{j=k+1}^{k+1} (p_j^2 - \bar{p}_j^2) +$   
 $V(q_1, q_2, \dots, q_{k+1}) - V(\bar{q}_1, \bar{q}_2, \dots, \bar{q}_{k+1})$ , onde os observáveis  $\bar{p}_j, q_j$  referem-se aos graus 'fantasmas'. Utiliza-se o processo de quantização simetrizado de Van Hove para expressar coordenadas e momenta em função do parâmetro  $\epsilon = m/M$  ( $m \ll M$ ). Mostra-se que como consequência deste processo, a parte cinética do Liouvilliano se decompõe em partes independente e linear em  $\epsilon$ , o que possibilita apresentar uma interpretação da aproximação de Born-Oppenheimer nesta formulação.

ATO 2 - 29/11/96 - Sala Caueira 8:50

**APROXIMAÇÃO DE MUITOS CORPOS  
 UNITARIZADA: EFEITOS DA INCLUSÃO  
 DE MAIOR NÚMERO DE ESTADOS  
 EXCITADOS**

Osmar S. Silva Jr.  
UFS

Para a descrição do espalhamento de elétrons por átomos na faixa de energias intermediárias, tem-se utilizado técnicas que podem ser classificadas em dois grandes grupos, o de aproximações de *weak coupling* e de *close coupling*. Aproximações de *weak coupling* como *First Order Many Body Theory* vêm sendo empregadas objetivando a obtenção de seções de choque diferenciais, especialmente para a excitação de estados singleto como no espalhamento pelo átomo do hélio e outros gases raros, com bons resultados. Entretanto, não fornecem boas previsões para excitação de estados tripleto. Tais aproximações são de implementação numérica simples, não exigindo grandes recursos computacionais. Este já não é o caso dos métodos de acoplamento forte, como o da matriz R, que fornecem resultados muito melhores, às custas no entanto do emprego de supercomputadores. A aproximação de muitos corpos unitarizada (UMB), que a exemplo do método da matriz R admite acoplamento entre estados, foi por nós empregada anteriormente (1992) para estudar a excitação de estados tripleto do hélio a partir do estado fundamental, com resultados alentadores para as seções de choque de espalhamento, comparáveis às previsões de métodos de *close-coupling*. Em 1995, I. Bray obteve resultados espetaculares para excitação de estados singleto e tripleto do hélio, utilizando o método de *convergent close-coupling*, mais simples no sentido em que podia ser implementado numa estação de trabalho, apesar de considerar o acoplamento de grande número de estados excitados em seu cálculo, inclusive estados do contínuo. Investigamos neste trabalho o efeito da inclusão de um número maior de estados excitados no procedimento UMB. Diferentemente dos resultados de Bray, no entanto, mostramos que em nosso cálculo unitarizado tal alteração não produz sensível melhora na

qualidade das seções de choque. Elaboramos explanação teórica para explicar esse comportamento.

ATO 2 - 29/11/96 - Sala Caueira 9:10

**EVALUATION OF TEMPERATURE FOR  
 MAGNETO-OPTICALLY TRAPPED ATOMS**

M. T. de Araújo, S. B. Cavalcante, M. L. Lyra  
 Universidade Federal de Alagoas  
 I. Guedes  
 Universidade Federal do Ceará

It is well known that during the laser cooling and trapping process, the random nature of the spontaneous emission introduces a heating effect which limits the minimum attainable temperature. From the experimental point of view, the knowledge of this temperature and its relationship to the magnetic-field gradient, laser intensity and detuning is very important. In this work, we present a simple and pedagogical method to evaluate the minimum attainable temperature of neutral atoms confined in magneto-optical trap. This method is based on the solution of the damped harmonic oscillator with a Langevin type term that accounts for the noise introduced by the spontaneous emission. From the experimental data of the cloud radius we determine the temperature of the sample of trapped atoms. However, it should be emphasized that this procedure is just used in the light of the Doppler theory.

ATO 2 - 29/11/96 - Sala Caueira 9:30

**UM Estudo de BH, LiH e Li<sub>2</sub> com o  
 Hamiltoniano de Möller-Plesset e o Método de  
 Partição Modificado**

J. Francisco da Rocha Neto, J. D. M. Vianna  
 Depto. de Física - IED - Universidade de Brasília -  
 Campus Universitário - CEP 70910-900 Brasília/DF  
 Luiz A. C. Malbouisson, J. D. M. Vianna  
 Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia  
 Campus de Ondina - CEP 40210-340 Salvador/BA

Apresenta-se o Método de Partição Modificado (MPM) para o estudo de estrutura eletrônica de moléculas com o Hamiltoniano de Möller-Plesset. As equações obtidas são aplicadas na determinação do estado fundamental dos sistemas BH, LiH e Li<sub>2</sub>. Usa-se como base atômica, um conjunto STO-6G. Constrói-se a base MPM com o determinante de referência (estado fundamental Hartree-Fock) e suas excitações. Os resultados obtidos são comparados com os valores determinados pelo método de interação de configurações (CI) completo e truncado. Os resultados para a energia eletrônica total do estado fundamental de cada sistema estudado coincidem com os resultados (CI) existentes na literatura. Mostra-se que uma vantagem do MPM sobre o CI é que o MPM permite determinar cada auto-valor e o correspondente

auto-vetor de interesse separadamente, i.e., sem a necessidade de tratar o problema secular completo relativo ao Hamiltoniano do sistema.

ATO 3 - 29/11/96 - Sala Caueira 10:30

**ESTUDO DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA EM FUNÇÃO DA POROSIDADE EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA**

Tenilson Souza da Silva, Hélio Tsuzuki, Ossamu Nakamura

Instituto de Física da UFBA

A difusividade térmica é um dos parâmetros mais relevantes a ser obtido quando se procura caracterizar termicamente um material. Utilizamos a espectroscopia fotoacústica para determinar a difusividade térmica da telha e bloco cerâmicos. Como nossos materiais são porosos e inhomogêneos introduzimos esses parâmetros em nossas equações para melhor caracterizá-los. A técnica de medida consiste em fazer uma varredura de frequência, ou seja obter a amplitude e a fase do sinal fotoacústico em função da frequência de modulação. Observando a dependência da amplitude do sinal fotoacústico com a frequência pode-se determinar qual o mecanismo predominante na geração do sinal. Em nosso caso o mecanismo encontrado foi flexão termoelástica. Fazendo os ajustes de curvas encontramos valores de difusividade muito menores que os encontrados quando se considera a amostra homogênea. Os valores encontrados para a difusividade após essas alterações se aproximaram muito dos encontrados por outras técnicas.

ATO 3 - 29/11/96 - Sala Caueira 10:50

**Efeito da Transferência de Carga sobre a Primeira Hiperpolarizabilidade de Defeitos Tipo Sóliton**

Demétrio A. da S. Filho, Celso Pinto de Melo  
UFPE

Apresentamos uma investigação *ab initio* do efeito da mudança do estado de carga sobre a primeira hiperpolarizabilidade  $\beta$  de cadeias poliênicas  $C_{2n+1}H_{2n+3}^{\pm}$  ( $n \leq 23$ ) contendo defeitos tipo sóliton carregados tanto positiva ( $S^+$ ) quanto negativamente ( $S^-$ ). Adotando a base 6-31G, para cada uma das moléculas consideradas a geometria foi inicialmente otimizada através do programa *Gaussian92* e as hiperpolarizabilidades obtidas analiticamente. Tanto para o  $S^+$  quanto para o  $S^-$ , a evolução de  $\beta$  com o crescimento do tamanho das cadeias depende da paridade de  $n$ , já que o sinal da primeira hiperpolarizabilidade é diferente para cada uma das famílias. Os resultados mostram que os valores de  $\beta$  oscilam em torno do zero e que são aproximadamente iguais em módulo para o sóliton carregado

positiva e negativamente. De fato, a diferença entre as hiperpolarizabilidades de cadeias do tipo  $S^+$  e  $S^-$  tem uma forma simples, do tipo gaussiano. É nossa expectativa que a convergência dos resultados com o aumento do tamanho das cadeias consideradas nos permita determinar o comprimento típico do sóliton em oligômeros do poliacetileno.

(Apoio CAPES, CNPq e FINEP)

ATO 3 - 29/11/96 - Sala Caueira 11:10

**Investigação da Ordem Estrutural de Filmes de Langmuir-Blodgett de Polímeros Condutores**

Alexandro C. Tenório, Francisco Luiz dos Santos, Celso P. de Melo

Depto. de Física-Universidade Federal de Pernambuco

A técnica de Langmuir-Blodgett (LB) permite um controle estrutural a nível molecular sobre os filmes orgânicos finos depositados em substratos sólidos. Para que sejam aumentadas as possibilidades de aplicações práticas das amostras resultantes, é necessário que a essa melhor organização estrutural estejam associadas melhores propriedades mecânicas e elétricas. Em nosso laboratório temos examinado as propriedades estruturais de filmes de LB do poly(5-acetoamido-4,5,6,7-tetrahidro-2H-indol), pACATI, um polímero conjugado derivado do pirrol. Devido à estrutura do monômero correspondente, em que apenas substituições nas posições 2 e 5 são permitidas, o polímero apresenta um número menor de ramificações que outros derivados do pirrol, o que em princípio deve levar a uma maior ordem estrutural e a uma marcante anisotropia em suas propriedades de transporte. Nesta comunicação serão apresentados resultados da utilização de diferentes técnicas espectroscópicas na região do infra-vermelho para a determinação da ordem estrutural e da orientação relativa das cadeias de pACATI depositadas sobre diversos substratos sólidos. Através do uso de radiação incidente com polarização perpendicular (tipo s) e paralela (tipo p) ao plano de incidência, em experimentos de absorção-reflexão, reflexão total atenuada e transmissão em incidência normal, se tornou possível estabelecer a direção preferencial das vibrações de diferentes grupos moleculares específicos no composto. (Apoio CNPq, FINEP)

**ANÁLISE CONFORMACIONAL  
ESTOCÁSTICA DA LEUPEPTINA USANDO  
GENERALIZED SIMULATED ANNEALING -  
GSA**

Marcelo A. Moret  
UEFS - UFRJ

Laurent E. Dardenne, Gabriela Barreiro, Eliezer J.  
Barreiro, Ricardo Bicca de Alencastro, Paulo M. Bisch  
UFRJ

O aléido peptídico Leupeptina (Ac-Leu-Leu-arginal) é um inibidor da enzima papaína. O complexo leupeptina-papaína pode estar envolvido na invasão e metástase de células cancerígenas, em síntese de proteínas e em distrofia muscular. Utilizamos nesse trabalho uma estratégia estocástica para estudar a hipersuperfície de potencial da leupeptina e determinar os seus estados de equilíbrio. Essa estratégia é baseada no método de otimização de processos Generalized Simulated Annealing (GSA), acoplado a um campo de força clássico (código computacional THOR). Também foram varridos, pela "força bruta", os principais diedros, com um incremento de 30°. Esses cálculos foram realizados usando-se o método semi-empírico AM1 (código computacional MOPAC 7.00). As geometria conformacionais de equilíbrio foram comparadas com a estrutura da leupeptina complexada com a papaína, obtida no "Protein Data Bank" (PDB). Como era previsível, os resultados obtidos pelo método estocástico THOR-GSA levaram o sistema para mínimos com energia mais baixa do que aqueles obtidos pela "força bruta". As estruturas mais próximas daquela obtida no PDB serão utilizadas para modelar a formação do complexo leupeptina-papaína.

**Core level photoemission study of the  
Sn/Si(111) reconstructed surfaces**

Humphrey Tah Anyele  
UFMA

Carl Griffiths, Clarence Matthai, Tony Cafolla, Robin  
Williams

University of Wales College of Cardiff, P. O. Box 913,  
Cardiff CF2 3YB, United Kingdom

In the last two decades, there has been considerable progress in understanding the major factors which control Schottky barrier formation. The most important development is the recognition of the role played by the interface structure, which is demonstrated in the case of  $NiSi_2/Si(111)$  and  $Pb/Si(111)$  interfaces. Like these two interface structures, the Sn/Si(111) system is an example of an abrupt unreacted interface which is ideal for Schottky barrier studies because there is no inter-diffusion at the interface.

When Sn is deposited onto atomically clean Si(111)  $7 \times 7$  surface, three main reconstructions can be formed, namely a  $7 \times 7$ ,  $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R30^\circ$ ,  $(2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3})R30^\circ$  as well as a  $1 \times 1$  geometry. These occur at approximately 0.1, 0.3, 1.1 and above 1.1 monolayers of Sn respectively. The structure of these reconstructions was probed with LEED and the interface bonding and Fermi level (FL) shifts by soft x-ray photoemission spectroscopy. The Si2p core level photoemission derived spectra recorded at 110eV photon energy (*bulk-like spectra*) show shifts to low binding energies with increasing Sn coverage. The  $\sqrt{3}$  and  $2\sqrt{3}$  surfaces show Si2p band bending shifts of  $(0.16 \pm 0.04)eV$  and  $(0.49 \pm 0.05)eV$  respectively. A pinning position of 0.99eV below the conduction band was seen for the  $2\sqrt{3}$  structure. The Sn4d core level photoemission studies show a single environment for the  $\sqrt{3}$  surface whereas two different environments were resolved for the  $2\sqrt{3}$  surface.

# Ensino de Física

ENS 1 - 29/11/96 - Sala Pontal 8:30

## O PAPEL DOS EXPERIMENTOS SIMPLES EM AULAS DE FÍSICA

Klaus Weltner  
Universitat Frankfurt  
Paulo Miranda  
UFBa  
Judite Miranda  
UFBa

Experimentos simples são elaborados com materiais do dia a dia. Experimentos assim são de baixo custo e frequentemente não possuem grande precisão. O fato de serem de baixo custo constitui uma vantagem, mas a falta de precisão é um pretexto para que eles sejam desprezados. É oportuno lembrar que experimentos construídos nas oficinas da época conduziram Galileu a inventar uma nova ciência: a Mecânica. Para o aluno do segundo grau, estes experimentos têm um valor inestimável. Se o aluno conhece bem o material, o destaque fica com o efeito, o fenômeno, a relação que são os aspectos novos que estão em jogo. Uma vez entendido ou observado o novo aspecto, a falta de precisão é um estímulo para a busca de aperfeiçoamento do arranjo experimental. Assim é que os aparelhos sofisticados, que muitas vezes atrapalham o entendimento, entram em cena pela necessidade. O construtivismo, tão em moda, enfatiza com razão o fato de que cada ser humano precisa construir os seus conhecimentos com a própria cabeça. Neste aspecto, o início dos estudos com material do dia a dia é imprescindível pois ele representa conhecimentos já adquiridos. O percurso desde os experimentos simples até os sofisticados – como dizemos, a escada dos experimentos – é demonstrado e discutido com exemplos da Termodinâmica (origem das nuvens), da Óptica Geométrica (formação de imagens em lentes de óculos), de Ondas (fenômeno de interferência de luz), e da Mecânica (elevador, looping).

ENS 1 - 29/11/96 - Sala Pontal 8:50

## INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA: QUE "ESPAÇO" É ESSE?

Severino José Bezerra Filho  
FFPG - UPE, NPGED - UFS  
José Fernandes de Lima  
Departamento de Física - UFS

Tendo em vista a preocupação das universidades no que se refere à qualidade e melhoria dos seus cursos de licenciatura em Física, estamos desenvolvendo um trabalho, com o objetivo de sondar a influência exercida pela disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física (IPEF)

nos referidos cursos. Até o momento, com base nas ementas e planos de curso da citada disciplina em várias universidades, temos detectado divergências quanto: às cargas horárias, às ementas, aos objetivos, aos planos de curso e à inter-relação dessa disciplina com as disciplinas pedagógicas. Detectamos também que várias mudanças têm ocorrido ou se encontram em tramitação, porém sem nenhum intercâmbio entre as instituições, de tal maneira que essas mudanças vêm ocorrendo de formas isoladas, quase sem divulgação, pouco contribuindo para o estado geral dos cursos de licenciatura. As entrevistas realizadas com professores que já lecionaram essa disciplina ou que a estão lecionando, permitiram-nos ver que há uma preocupação no sentido de solucionar possíveis deficiências conceituais. Os professores entrevistados destacaram a necessidade de treinar o licenciando para a elaboração de planejamentos de curso e de aulas (mesmo sem um intercâmbio com as disciplinas pedagógicas), bem como de um maior treinamento na elaboração de projetos experimentais de laboratório. Alguns desses professores não tiveram a disciplina de IPEF na sua graduação por terem cursado engenharia, bacharelado, ou licenciatura sem a disciplina de IPEF. Apesar deste quadro, há consenso que essa disciplina, se for reelaborada, a partir de uma discussão mais ampla, resgatando-se o seu objetivo original, o de inter-relacionar as disciplinas de conhecimento em Física com as disciplinas de conhecimento pedagógico, poderá vir a ser o "espaço" capaz de contribuir para melhoria dos cursos de licenciatura em Física.

ENS 1 - 29/11/96 - Sala Pontal 9:10

## UTILIZAÇÃO DO PACOTE COMPUTACIONAL "MATEMÁTICA 2.2.1" COMO FERRAMENTA DIDÁTICA A FIM DE FACILITAR A APRENDIZAGEM NO ENSINO DE CÁLCULO E DE FÍSICA

Fernando Miguel Pacheco Chaves, Everton Gomes de Santana  
UFS

Tem havido nos últimos anos diversas publicações de cursos de Cálculo Diferencial e Integral ministrados através do computador. Estes cursos se constituem em uma importante reforma pedagógica na medida em que, por um lado, a introdução do formalismo do cálculo vem precedida de uma motivação através de problemas concretos e um apelo muito mais direto à intuição, e por outro lado, recupera-se, com uma nova forma de aula, alguma coisa do ideário pedagógico do início dos anos sessenta, quando se propugnava por um ensino mais orientado para o desenvolvimento da criatividade e da reflexão crítica do aluno. No presente trabalho discutimos estas idéias, bem como sua importância para o ensino de Física, e ao mesmo tempo apresentamos algu-

mas sugestões quanto a maneira de se organizar a aula. Mostramos ainda como esta abordagem, pode ser complementada com proveito, com a introdução de alguns elementos sobre o desenvolvimento histórico na área.

ENS 1 - 29/11/96 - Sala Pontal 9:30

### **UTILIZAÇÃO DE UMA INTERFACE CASSY PARA INFORMATIZAÇÃO DE UM EXPERIMENTO SOBRE O PÊNDULO FÍSICO**

CARLOS MOYSES GRAÇA ARAÚJO (I.C.),  
ROBLEDO MARQUES DE OLIVEIRA (I.C.),  
ANTONIO SERGIO C. ESPERIDIÃO E ROBERTO  
FERNANDES SILVA ANDRADE, KLAUS  
WELTNER

INSTITUTO DE FÍSICA - DEPARTAMENTO DE  
FÍSICA GERAL - UFBA

Bem que este trabalho poderia ter o título de Pêndulo Físico Não-Linear - IV. Durante alguns EFNNE anteriores apresentamos vários trabalhos sobre o Pêndulo Físico Não-Linear, desta vez trazemos alguns resultados que foram obtidos de uma forma mais "moderna".

Usamos uma interface ( CASSY PACK-E 524 700) que acoplada ao experimento do pêndulo e a um computador tipo PC, possibilita a aquisição automática de dados, fornecendo gráficos que mostram as evoluções temporal do espaço, da velocidade e da aceleração do pêndulo e o que é mais interessante, podemos observar o espaço de fase do pêndulo para diferentes regimes de oscilação.

O arranjo experimental pode ser explorado de maneiras variadas, podendo ser observados regimes lineares (oscilador harmônico forçado) e não lineares (bi-estabilidades até n-estabilidades e caos) de acordo com a variação da amplitude e da frequência da força externa, bem como, das condições iniciais do pêndulo.

Com o auxílio da interface, e de um software CASSY, a observação dos regimes de oscilação fica mais clara para o estudante, possibilitando o entendimento dos fenômenos não-lineares, que constitui hoje em dia uma grande importância em quase todos os segmentos da física e de outras ciências

ENS 1 - 29/11/96 - Sala Pontal 9:50

### **UMA NOVA ABORDAGEM DA FÍSICA DO VÔO**

Klaus Weltner  
UFBA

O vôo de objetos mais pesados que o ar pode despertar interesse pela Física na sala de aula, mas normalmente este potencial não é usado. Uma razão disso pode ser a maneira pela qual este assunto é tratado convencionalmente. A explicação da sustentação da asa

é baseada na lei de Bernoulli e no fato do ar acima dela correr com maior velocidade. Essa explicação tem defeitos fundamentais e não permite entender o efeito, porque não é possível dar uma razão para a maior velocidade acima e a menor abaixo da asa. Uma nova abordagem elaborada por Smith(EU), Fletcher(UK) e Weltner(Alemanha) é baseada na segunda lei de Newton. A asa do avião tem um ângulo de ataque em relação ao ar e a direção do próprio movimento. A asa força o ar em torno dela a se mover para baixo assim acelerando o ar. Para que esta aceleração ocorra precisa-se de uma força para baixo. A contra força age na asa para cima e é a força de sustentação. Enquanto na explicação convencional faltou esclarecer como a força de sustentação depende do ângulo de ataque, na nova abordagem esta dependência é elementar: mais ângulo de ataque mais aceleração para baixo e consequentemente mais sustentação. Além disso a maior velocidade do ar acima da asa é uma consequência e não uma causa da baixa pressão nesta face da asa. O movimento do ar para baixo será demonstrado mediante experimentos simples, mas extremamente convincentes.

ENS 2 - 29/11/96 - Sala Pontal 10:30

### **A NECESSIDADE DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA**

Josefina Barrera Kalhil, José Carlos Teixeira de  
Oliveira, Ivonete Batista dos Santos

Departamento de Física da UFRR

Ijanílio Gabriel de Araújo

Departamento de Matemática da UFRR

O objetivo deste trabalho é o de relatar uma experiência que vem sendo realizada, na Cidade de Boa Vista, com a finalidade de como apresentar a Física aos alunos de 1, 2 e 3 graus. A apresentação da Física nessas etapas, encontra vários tipos de obstáculos e um deles, talvez o fundamental, seja, qual a forma adequada para a realização dessas tarefas? Podemos ainda perguntar, é possível apresentar a Física de forma que as pessoas possam vê-la de maneira positiva?, ou ainda, é possível conseguir a motivação da mesma? Respostas a estas perguntas vem através da abordagem macroscópica da Física e só se pode obtê-la por meio da experimentação. A Física é em essência uma ciência fenomenológica e experimental, então, para garantir a aprendizagem dos alunos, temos que utilizar as técnicas mais antigas de ensino: observação e experimentação. Psicologicamente, está demonstrado que tudo o que se vê, se ouve e se faz fica gravado em nossa memória. Então, como ensinar melhor a Física? Utilizando em cada aula o método da experimentação, contribuindo assim a motivar o interesse do aluno, perguntando-se o Por quê?

### **O PERFIL DO PROFESSOR DE FÍSICA DO 2o. GRAU DO NORDESTE A PARTIR DE UMA REUNIÃO ANUAL DA S.B.F.**

Ciclamio Leite Barreto, Luiz Carlos Jafélice  
Departamento de Física/ CCE/ UFRN

Neste trabalho discutimos resultados de questionário que passamos a professores de física do 2o. grau da região Nordeste. Um total de 75 professores o responderam em julho de 1993, estando assim distribuídos: 34 participaram da 27a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Física (SBF), realizada em Recife, PE, 25 do V Simpósio de Ensino de Física do Nordeste, em Campina Grande, PB, e 16 de um Encontro de Professores de Física de Pernambuco. Objetivamos diagnosticar o perfil e situação desses professores visando subsidiar e direcionar ações institucionais no encaminhamento de soluções aos problemas detectados e nas discussões relativas à formação docente. Do grupo de professores que participaram da Reunião da SBF, 56% o fez devido à iniciativa da diretoria desta Sociedade, mandato 1991/93, de financiar e apoiar essa participação. Destes, 94% não teriam participado se não tivessem contado com esta iniciativa. Dos professores deste grupo, 87% avaliam entre 8 e 10 (numa escala de 0 a 10) a importância da referida Reunião em seu trabalho futuro, e destacam, entre outros aspectos, a "possibilidade de aperfeiçoamento, atualização e motivação para a pesquisa" (32%), o "conteúdo de alta qualidade das aulas, mesas redondas e conferências" (28%) e a "possibilidade única de intercâmbio com outros colegas" (23%) que a mesma lhes ofereceu. Este exemplo é o resultado do levantamento envolvendo também os outros dois grupos de professores são analisados neste trabalho. O quadro obtido apresenta aspectos preocupantes quanto às carências e perspectivas desses docentes. Aproveitamos para discutir providências tomadas pelo Departamento de Física da UFRN no sentido de sanar, a nível estadual, algumas das carências detectadas. Também fica claro da pesquisa que ações institucionais em geral e, em especial, as da SBF, podem contribuir como providência de suporte, estímulo e oportunidades de aperfeiçoamento profissional ao professor de física do secundário no país.

### **ARGUIÇÃO ORAL COMO AVALIAÇÃO AUXILIAR.**

Gildemar Carneiro dos Santos  
Universidade Federal da Bahia

Relatamos uma experiência de sucesso realizada no curso de Física 4. Os alunos fazem duas mini-provas para avaliar a eficiência do aprendizado antes da prova principal. Cada mini-prova equivale em dificuldade a pelo menos uma questão da prova principal, e proporciona

ao aluno o acréscimo de até um ponto na nota, sendo que, somente os alunos que obtiverem nota maior ou igual a 4 na prova principal terão suas notas acrescidas dos pontos da mini-prova. Aqueles que não atingem esse patamar podem se inscrever para fazer uma prova oral de uma hora. A nota obtida nessa arguição oral será proporcional ao conhecimento que o aluno demonstrar saber, no prazo de uma hora. Obterá dez se mostrar que sabe TUDO o que foi ensinado na unidade. Apesar da tensão, os resultados têm sido excelentes.

### **UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA DA FÍSICA NUCLEAR.**

Maria Cristina Mesquita Martins  
UFBA

Trata-se de um texto dirigido para divulgação científica, na área de física nuclear. Apresentamos uma pequena contribuição no que diz respeito à tentativa de aproximar os conhecimentos sobre Física Nuclear daquelas pessoas que não tiveram oportunidade de obtê-los por diferentes vias. Mesmo não tendo pretensões à originalidade, fazemos um retorno às origens, mostrando os acontecimentos e descobertas ocorridas antes de ser conhecido o núcleo atômico, com o objetivo de situar o leitor quanto às condições que propiciaram o surgimento do campo de estudo. E desta forma possibilitar uma apreciação da situação sócio-política e econômica em que se encontrava no momento de desenvolvimento dessa área específica da Física.

### **A CIÊNCIA GALILEANA: UMA ILUSTRE DESCONHECIDA**

Elder Sales Teixeira, Olival Freire Jr  
UFBA

Investigou-se o significado de estudos históricos e epistemológicos na formação dos professores de Física. Selecionou-se o tópico "A Emergência da Física Galileana", devido à sua importância para o desenvolvimento da Física. A pesquisa consistiu de duas etapas: Na primeira foram feitas leituras e discussões sobre textos originais de Galileo, além de textos de especialistas como Koyré, Drake, Geymonat, Pierre Lucie, entre outros. A conclusão foi condensada em uma monografia onde evidenciou-se a ruptura conceitual e metodológica entre as Físicas Aristotélica e Galileana; Na segunda, aferiu-se num caso concreto, a compreensão de professores de Física acerca da natureza da Ciência Galileana. Foi entrevistada uma turma do curso de "Especialização em Física" (IFUFBA), formada por professores cuja qualificação é superior à média dos professores das escolas secundárias. Todos licenciados em Física exceto

dois: um matemático e um químico. A pesquisa consistiu das questões: I- Quais os traços distintivos da Mecânica (Galileo, Newton) face a Física Aristotélica? II- Assinalar o que você considera os principais êxitos da Física Clássica (Galileo a Maxwell). Para análise, classificou-se as respostas em: equívocos graves, incoerentes/inconsistentes e coerentes. Como resultado, as respostas equivocadas e incoerentes somaram-se 66,7% contra 33,3% coerentes na primeira questão e 75% contra 25% na segunda, revelando fragilidade no entendimento da mudança conceitual e metodológica da Ciência Galileana em ruptura ao Aristotelismo, bem como da importância dessa Nova Ciência para o mundo moderno e para o desenvolvimento científico. Concluiu-se que o sistema tradicional de ensino sob o qual se formam esses professores, onde os aspectos históricos e epistemológicos do conhecimento são subestimados, é insatisfatório pois, mesmo sendo uma turma privilegiada, revelou-se um desconhecimento da própria Ciência que eles ensinam.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P009

### **A Obscura Licenciatura Noturna**

Nildo Loliola Dias

Universidade Federal do Ceará

Em setembro de 1993, a Fundação Cearense de pesquisa e Cultura (FCPC) realizou uma pesquisa de opinião pública junto aos alunos e professores do segundo grau dos colégios da rede pública e privada de Fortaleza com o objetivo de verificar a demanda por cursos de licenciatura noturna, e concluiu ser apreciável. Neste trabalho apresentamos o resultado da pesquisa feita pela FCPC e a demanda real verificada pela licenciatura noturna em física após a criação deste curso. Fazemos também uma apresentação do perfil dos alunos até o momento matriculados no curso. Aproveitamos a oportunidade para denunciar o descaso do Ministério da Educação e do Desporto (MEC) para com esses cursos, uma vez que partiu do próprio MEC o incentivo para a criação dos mesmos com promessas de melhoria da infraestrutura das Universidades e contratação de novos professores.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P010

### **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE FENÔMENOS FÍSICOS**

Lukas Santos Macedo, Marcelo Andrade Macedo  
UFS

Este trabalho tem como objetivo apresentar um programa computacional para simulação de fenômenos da física básica. O projeto foi desenvolvido em C++, por ser uma linguagem versátil que permite vários níveis de programação, tanto para o ambiente DOS como para o Windows. A versão preliminar do projeto corresponde a

um simulador de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), onde o usuário pode escolher a velocidade do ponto material (representado por um círculo colorido), o qual se movimenta da esquerda para a direita na velocidade escolhida. Evidentemente este é um fenômeno muito simples de ser simulado, mas por outro lado, é o ponto de partida para simulações mais complexas e o entendimento do funcionamento da interface gráfica na linguagem C++. Melhorias no projeto estão sendo efetuadas, tais como: representação da trajetória, o tempo de partida do ponto material e simulação do MRU com dois corpos.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P011

### **MEDIÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DO AR EM CLASSE**

Klaus Weltner

UFBa/Universitat Frankfurt

O calor específico dos gases tem importância na Tecnologia e na Teoria da Termodinâmica e também na Meteorologia. Infelizmente para o ensino, a medição do calor específico dos gases é difícil e exige aparelhos sofisticados e caros. Mostramos aqui como é possível medir sob condição de pressão constante, mediante o uso de um secador e de conhecimentos elementares da mecânica. O secador aquece um fluxo de ar. A potência do secador e a diferença entre a temperatura do ambiente e a do jato do ar são facilmente medidas. A massa do ar aquecida por segundo é medida indiretamente. Pode-se medir a força reativa oriunda da aceleração do jato do ar. Com o valor desta força pode-se calcular a massa de ar acelerada por segundo. Enfim é possível medir a constante do calor específico do ar com uma precisão de 10%. Este experimento é simples e pode ser usado em classe sem dificuldades.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P012

### **ESPECTROS DE LINHAS DE GASES EXCITADOS**

João Furtado de Souza, Tereza Cristina Lira Bezerra  
Departamento de Física - UFPA

O estudo da radiação emitida por átomos de gases excitados em consequência de descarga elétrica foi intensamente desenvolvido no século XIX. A radiação eletromagnética emitida por um átomo livre representa um número discreto de comprimentos de onda, em que cada componente de comprimento de onda é denominado de linha. A investigação experimental de espectros produzidos por diferentes átomos, leva à conclusão de que cada átomo tem um espectro característico. Tais características são relevantes na prática. Quando a radiação é investigada através de um espectroscópio, apresenta-se como um conjunto de linhas discretas, cada

uma com uma cor ou comprimento de onda particular, posições e intensidades características de cada elemento. O espaçamento entre linhas adjacentes do espectro decresce continuamente, à medida que o comprimento de onda das linhas decresce. Os pequenos comprimentos de onda são muito difíceis de serem observados experimentalmente em consequência do mínimo espaçamento entre as linhas e por constituírem a região do ultravioleta. O experimento proposto para a investigação dos espectros de diferentes gases não utiliza o espectroscópio. O equipamento é constituído por um banco óptico, composto por uma rede de difração móvel de 570/mm, uma régua, marcadores e ampolas contendo gases diferentes. A visualização do espectro ocorre através da rede de difração e o espaçamento entre as linhas são medidas na régua posicionada à frente da ampola. Para determinação do comprimento de onda relativo às linhas foi usado a expressão  $m\lambda = d\sin\theta$ , em que  $d$  é o espaçamento da rede,  $\theta$  é o ângulo do triângulo formado pelas distâncias  $L$  (comprimento entre a rede de difração e a ampola de gás que é um cateto) e  $l$  (cateto oposto a  $\theta$ , distância entre a ampola e uma linha). Os valores encontrados para os diferentes comprimentos de onda estão compreendidos entre os parâmetros tabelados.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P013

### DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM NO AR UTILIZANDO FIGURAS DE LISSAJOUS

João Furtado de Souza, Karlúcio Heleno Castro  
Castello Branco

Departamento de Física - UFPA

O trabalho objetiva descrever um método alternativo para a determinação da velocidade do som no ar. Para isso, utilizamos as conhecidas figuras de Lissajous obtidas pela superposição de ondas. Assim, num tubo contendo água até certa altura, obtivemos a formação de uma coluna de ar na qual, por meio de um gerador de áudio conectado a um osciloscópio, geramos um sinal para obtermos ondas estacionárias no tubo. As ondas refletidas no nó-superfície da água foram enviadas também ao osciloscópio, onde, então, pudemos observar a superposição dessas ondas com os sinais provenientes do gerador de áudio. Isso permitiu-nos, então, de acordo com o processo de formação das figuras de Lissajous, determinar quais os comprimentos ressonantes da coluna de ar. Diante disso, conforme o estudo de ondas estacionárias, conseguimos determinar o comprimento de onda e, em consequência, a velocidade do som no ar.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P014

### O CALDEIRÃO COMO CALORÍMETRO DIDÁTICO

Klaus Weltner  
UFBA  
Paulo Miranda  
UFBA

Neste trabalho, mostraremos como é utilizado um aquecedor e um caldeirão como calorímetro para medir os calores específicos da água e do alumínio e além disso, os calores de ebulição e de fusão em classe. Ao invés de tentar eliminar o erro sistemático decorrente das perdas de energia com um isolamento sofisticado, nós medimos as perdas levando-as em conta como correções das medidas. Além de tudo, o raciocínio de levar em conta erros sistemáticos e controlá-los criteriosamente é um caminho usado muitas vezes na pesquisa e tem um valor educativo extra. Os resultados obtidos por este procedimento são bem estimulantes. O calor específico e o calor de ebulição da água podem ser medidos com precisão superior a 5%, usando somente utensílios do dia a dia.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P015

### SIMULANDO UM TUBO DE RAIOS CATÓDICOS

Norberto C. Ferreira, Ferdinand Martins da Silva,  
Maria Beatriz Fagundes  
Instituto de Física - USP

Projeto Rede de Instrumentação para Ensino - RIPE

O funcionamento de um tubo de raios catódicos de um osciloscópio, ou mesmo de um televisor, é um tema de difícil abordagem para estudantes do segundo grau. No entanto, são conhecidos experimentos simples que podem aclarar essa situação.

No nosso caso, utilizamos seringas que gotejam água dentro de um recipiente. Se carregamos a água utilizando uma máquina eletrostática podemos fazer com que as gotas sejam aceleradas e simular a placa aceleradora de um tubo de raios catódicos.

O dispositivo permite, além de deslocamentos do "feixe de água", escolher a carga do feixe ou de feixes adicionais.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P016

### UM EXPERIMENTO DE FÍSICA MODERNA PARA ESTUDANTES DE CURSOS DE TECNOLOGIA

Wilson Otto Gomes Batista, Marcus Vinicius Teixeira  
Navarro, Adriano de Jesus da Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia  
Na indústria de produção de plásticos e chapas metálicas é comum a utilização de radiações nucleares como instrumento de medida de espessura e densidade. Também

na indústria de construção mecânica as radiações estão presentes nos teste de solda, como um ensaio não destrutivo e na verificação de peças fundidas. Estas aplicações industriais foram as principais motivações do presete trabalho. Os Laboratórios de Física Básica do CEFET-Ba possui fontes radioativas com atividade de  $10 \mu\text{Ci}$  dos seguintes elementos  $^{241}\text{Am}$  (emissor  $\alpha, \gamma$ );  $^{90}\text{Sr}$  (emissor  $\beta$ );  $^{137}\text{Cs}$  (emissor  $\gamma$ );  $^{60}\text{Co}$  (emissor  $\gamma$ );  $^{226}\text{Ra}$  (emissor  $\alpha, \beta, \gamma$ ). Então montamos uma experiência na qual o estudante se familiariza com conceitos de Física Moderna e com a instrumentação de detecção de radiação nuclear e os aplica de forma semelhante aos trabalhos industriais. Sendo fornecido placas metálicas de densidades e espessuras conhecidas para que o estudante determine estas grandezas de outros materiais por ele não conhecido. Além disso também deve ser verificado a não homogeneidade de peças fundidas.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P017

### **DIMENSÃO EDUCATIVA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**

Maria Cristina Mesquita Martins  
UFBA

Este trabalho foi extraído da minha tese de doutoramento - A divulgação científica e o ensino de física nuclear, no primeiro e segundo graus - defendida na FEd-USP em setembro de 95. Trata-se de uma discussão sobre a divulgação científica e suas nuances, enfocando os seguintes aspectos: Seu significado e importância no atual contexto histórico e político, sua utilização histórica, sua ligação com a extensão universitária e sua relação com o ensino formal. Destacamos, a necessidade de olharmos a divulgação científica como uma forma de ensino e propomos formas de contribuições possíveis para o ensino formal. Além disto, indicamos parametros importantes na elaboração de uma exposição científica.

ENS 3 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P018

### **A IMPORTÂNCIA DA INTER-RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS FÍSICA E MATEMÁTICA PARA O ENSINO GERAL E PARA A PESQUISA**

Josefina Barrera Kalhil, José Carlos Teixeira de Oliveira, Guido Nunes Lopes  
Departamento de Física da UFRR  
Ljanielio Gabriel de Araújo  
Departamento de Matemática da UFRR

No transcurso do tempo o ensino de Física e Matemática tem constituído um problema muito sério para os professores que tem a responsabilidade de administrar estas disciplinas. A Física é uma ciência da natureza onde aplica-se as leis fundamentais da Matemática para dar explicação aos fenômenos físicos. A Matemática é a ferramenta fundamental que utiliza a Física para demons-

trar suas leis e princípios, porém, o ensino de 2o grau precisa utilizar vias e métodos onde a Matemática seja utilizada praticamente colocando exemplos que demonstrem a necessidade dos Físicos e Matemáticos trabalharem em conjunto. Quase sempre, no ensino esquece-se o axioma de que o conhecimento só é adquirido pelo aluno quando desperta o interesse pela matéria. É necessário, então, não só indicar como pode ser resolvido um determinado problema em Física, se não explicar a necessidade de um resultado ao qual chegou utilizando a Matemática. O trabalho foi iniciado nas escolas de 1o e 2o graus da rede estadual de ensino e se estendeu à Universidade Federal de Roraima. Os resultados obtidos desta experiência tem superado todas as expectativas previstas na aprendizagem dos alunos, demonstrando assim a necessidade de continuar vinculando as disciplinas Física e Matemática pela importância das mesmas na formação do alunado.

# Física Estatística

EST 1 - 28/11/96 - Auditório Abaís 8:30

## Leis de escala e expoentes críticos do modelo de propagação do vírus *Herpes Simplex* (HSV)

Gustavo Camelo Neto, Sérgio Coutinho

Laboratório de Física Teórica e Computacional  
Universidade Federal de Pernambuco

O modelo HSV foi introduzido por Landini *et al*[1] com a finalidade de descrever a evolução do vírus *Herpes Simplex* no tecido da córnea onde existem células com diferentes graus de resistência à infecção, ditas permisivas e resistentes. Esse modelo simula o desenvolvimento de uma única úlcera formada por células mortas pelo HSV, possibilitando o cálculo da *dimensão fractal* de seu contorno, parâmetro de classificação das úlceras dentríticas. Recentemente, propusemos um modelo dinâmico para a propagação vírus *Herpes Simplex* com objetivo de entender a evolução temporal das úlceras[2]. Para tanto, incluímos novas regras ao modelo de Landini *et al* para simular os processos de regeneração do tecido epitelial, e de reinfecção pela presença de vírus em estado latente como ocorre em certas classes de vírus tais como o *Herpes Simplex*. Através de um automaton celular apropriado descrevemos a evolução dinâmica das populações de úlceras para um estado estacionário onde realizamos medidas da sua distribuição espacial e temporal. Para determinado valor do grau de resistência das células e dos parâmetros que governam a regeneração celular e a reinfecção latente o modelo evolui para um estado crítico auto-organizado caracterizado por distribuições que obedecem a leis de potência. Os expoentes para o caso do modelo definido em uma rede quadrada foram calculados. Nosso modelo se reduz, como caso particular onde existem apenas células de um mesmo grau de resistência, ao modelo de incêndios florestais (*Forest-fire model*) que também apresenta leis de escala para a distribuição dos tamanhos e do tempo de formação das áreas de árvores queimadas.

[1] G. Landini, G. P. Mission e P. I. Murray, *Fractals in the Natural and Applied Sciences*, ed. M. M. Novak, North Holland (1994).

[2] G. Camelo e S. Coutinho *Dynamical Model for Virus Spread*, *Fractals*, 4, (1996).

EST 1 - 28/11/96 - Auditório Abaís 8:50

## SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MODELO *RUBBER BAND*

Ramires Nascimento da Silva, Ivon P. Fittipaldi, Borko Stosic

Laboratório de Física Teórica e Computacional Dep. de Física - UFPE

O *Rubber Band* (Bandas de borracha) é um modelo fenomenológico simples para polímeros, que pode ser visualizado como uma coleção de longas cadeias elásticas isoladas. Cada cadeia de  $N$  monômeros com unidade de comprimento bem definido. Neste modelo bidimensional, uma extremidade da cadeia é presa a um ponto fixo e a outra fica sujeita a uma tensão externa, aplicada na direção  $X$ . Os monômeros podem ocupar na cadeia orientações paralelas ou antiparalelas à direção  $X$ , associando-se energia zero a tais orientações. Por outro lado, cada monômero tem a possibilidade adicional de ocupar na direção perpendicular a  $X$ , orientações nas direções positiva ou negativa de  $Y$ , a cada uma dessas orientações é associada uma energia positiva  $E$ . Apesar de sua simplicidade tal modelo permite solução exata, prevendo assim o comportamento de um sistema físico real de polímeros. Portanto, pode-se fazer comparações entre os resultados apresentados pela simulação computacional e a solução analítica descrita por Callen[1]. O software desenvolvido através do método de Monte Carlo juntamente com o algoritmo Metrópolis, aborda em uma visão ampla os conceitos básicos de probabilidade e de Mecânica Estatística. Tal software realiza simulações com animação na tela em tempo real. Observa-se que com o aumento da temperatura o módulo de elasticidade decresce, sendo este resultado em total contraste com o comportamento de uma mola ou um fio metálico sob tensão. Em altas temperaturas o número de configurações acessíveis e a taxa de transições entre eles é muito grande, resultando numa grande tensão contrativa. Assim a entropia do *Rubber Band* causa a tendência de junção entre as extremidades.

[1] H. B. Callen, *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, John Wiley & Sons, inc.

EST 1 - 28/11/96 - Auditório Abaís 9:10

## Permeabilidade em Dutos Rugosos

Adriano Mesquita Alencar, José Soares de Andrade Júnior, Murilo Pereira de Almeida, Josué Mendes Filho  
Departamento de Física - UFC

Neste Trabalho, o efeito da rugosidade sobre a dinâmica de fluidos em dutos bidimensionais é investigado resolvendo-se numericamente a equação de Navier-Stokes. A parede rugosa destes dutos é simulada utilizando-se algoritmos computacionais específicos para a geração de interfaces auto-afins onde o coeficiente de rugosidade  $\alpha$  pode ser controlado. Para um valor de

a arbitrariamente determinado, observa-se que a contribuição de efeitos inerciais (convecção) sobre o escoamento de um fluido através do duto rugoso pode modificar consideravelmente o transporte de quantidade de movimento, e conseqüentemente, os campos de velocidade e pressão a ele associados. Como resultado, verifica-se que há uma influência significativa do número de Reynolds e do coeficiente de rugosidade sobre a permeabilidade global do meio.

EST 1 - 28/11/96 - Auditório Abais 9:30

### OPTIMIZATION OF NON-LINEAR GRAVITY MODELS THROUGH GSA

Kleber C. Mundim, Thierry J. Lemaire, Amin Bassrei  
Instituto de Física/UFBA

In this work we apply the Generalized Simulated Annealing (GSA) approach to the inversion of gravity data for 2-D and 3-D density distributions. The inversion of gravity data can lead to either linear or non-linear problems. The latter deals with a situation where any coordinate of the anomalous body is unknown, and for the former the only unknown is usually the density distribution. This work deals with the non-linear case, which is the main target of global search methods. However, in order to compare our result to a standard inversion method, one of our examples considers a linear case. There are different methods to attack this problem. The most usual technique is based on gradient methods principally if the cost function ( $f$ ) is convex, i.e. has a single minimum. But if  $f$  has multiple extrema (nonconvex function), more sophisticated methods must be used, in order to not get trapped in one of the local minima. This kind of method has the advantage to map local and global minima. Relatively recently, the called Simulated Annealing methods have demonstrated important successes for a variety of global minimization problems. The underlying principle of the simulated annealing method is in its analogy with the thermodynamics, especially with the way that liquids freeze and crystallize or metals cool and anneal. More recently Stariolo and Tsallis (*Annual Reviews of Computational Physics II*, D. Stauffer (ed.) World Scientific, 1994), based on the thermostatic theory have generalized this approach which is referred to GSA. It contains both Boltzmann and Cauchy machines as particular cases, with the supplementary bonus of providing an algorithm which is even quicker than the Fast Simulated Annealing. We verified the feasibility of this approach to solve inverse gravity problems. From the presented examples we conclude that GSA shows a precise performance, although the computation time is rather expensive, a problem present in all global search methods.

EST 1 - 28/11/96 - Auditório Abais 9:50

### RESIDUAL ENTROPY OF THE SQUARE ISING ANTIFERROMAGNET IN THE MAXIMUM CRITICAL FIELD: THE FIBONACCI MATRIX

Borko D. Stošić, Tatijana Stošić, Ivon P. Fittipaldi  
Laboratório de Física Teórica e Computacional,  
DF-UFPE

J. J. P. Veerman

Departamento de Matemática-UFPE

The ground state degeneracy of highly frustrated systems has attracted considerable attention over the past decades. Almost half a century ago, in 1951, Brooks and Domb have estimated that the entropy per spin of an Ising system on the square lattice with antiferromagnetic nearest-neighbor (NN) interaction  $J$ , in the maximum critical field  $H_c = 4J$ , retains at the absolute zero temperature over 50% of its maximum value  $\ln 2$ . Although the numerical value for the residual entropy has subsequently been established with high precision, the problem has up to date defied exact solution. In contrast, the problem of the residual entropy of an Ising antiferromagnet on the triangular lattice was analytically solved by Wannier in 1950 for the zero field case, and by Baxter in 1980 in the case of maximum critical field  $H_c = 6J$ .

In this work we show that the Fibonacci matrix of order  $n$  represents the transfer matrix relating the possible ground states of an  $n \times m$  system with those of an  $n \times (m + 1)$  system. The residual entropy can thus be represented in terms of the leading eigenvalue of the infinite Fibonacci matrix, which itself represents a quite regular, self-similar fractal object.

At this time we have not succeeded in finding the analytical expression for the largest eigenvalue of an infinite Fibonacci matrix, that should yield a closed form expression for the residual entropy, and thus the final solution to this fifty years old problem. Instead, we have engaged in several different attempts to test the validity of this approach. Although the results are not superior to the ones obtained via strictly numerical approach, the fact that they agree with the known numerical value and that they stem from consideration of a regular self-similar fractal object rather than a seemingly random transfer matrix, suggests that the more complicated cases, such as the three dimensional antiferromagnet, may become tractable via a similar approach. Moreover, this approach opens the possibility of unification of results pertinent to different lattices in two and three dimensions.

(CNPq)

### TEMPOS DE COBERTURA PARCIAL E ALEATÓRIO EM REDES UNIDIMENSIONAIS

Marcelo Sardelich, Maurício D. Coutinho-Filho  
Laboratório de Física Teórica e Computacional,  
Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

O Tempo de Cobertura Parcial<sup>1</sup> (PCT) é o tempo médio  $t_p$  que leva um caminhante (RW) para visitar uma certa fração ( $f$ ) dos  $N$  sítios da rede. Para o Tempo de Cobertura Aleatório<sup>1</sup> (RCT) os  $m = fN$  sítios que deverão ser visitados são escolhidos aleatoriamente antes do início da caminhada. Neste trabalho são consideradas redes unidimensionais ( $d = 1$ ) com condições periódicas de contorno. Ao contrário do que ocorre em  $d = 2$ , não existe uma relação de complementaridade entre o PCT e o RCT, isto é, em  $d = 1$  os problemas apresentam comportamentos assintóticos diferentes. Os dados obtidos são normalizados pelo Tempo de Cobertura na Rede<sup>2,3</sup> (LCT),  $t_c$ . A análise dos nossos dados numéricos, usando o método Monte Carlo, sugerem para o RCT uma transição descontínua ( $N \rightarrow \infty$ ):  $t_r/t_c = 1/3$  quando  $f = 0$  e  $t_r/t_c = 1$ ,  $0 < f \leq 1$  e um comportamento saturante para o PCT. Esta descontinuidade foi melhor estudada analisando  $t_r/t_c$  para uma dada fração ( $f$ ) fixa de sítios. Para a região fora da transição, inferimos um comportamento de escala para tamanho finito dado por:  $t_r/t_c \simeq 1 - CN^{-\beta}$ , onde  $C = C(f)$ . Encontramos para frações intermediárias ( $0.2 < f < 0.8$ )  $\beta \cong 1$ , representando de maneira satisfatória o primeiro termo de correção de escala numa expansão em potências de  $N$ . Assim temos,  $t_r/t_c \simeq 1 + (2.5) \frac{\ln f}{N}$ , ( $0.2 < f < 0.8$ ). Para pequenas frações ( $f < 0.1$ ), esperamos um comportamento do tipo:  $t_r/t_c \simeq 1 + (2/3) \frac{\ln f}{\ln N}$ , satisfazendo o comportamento próximo ao ponto crítico  $f = 0$ ,  $t_r/t_c = 1/3$ .

[1] K.R. Countinho, M.D. Coutinho, M.A. Gomes and A.M. Nemirovsky. Phys. Rev. Lett. **72**, 3745 (1994).

[2] A.M. Nemirovsky, H.O. Martín, M.D. Countinho. Phys. Rev. A **41** 761 (1990).

[3] C.O. Yokoy, A. Hándrez-Machado and L. Ramíres-Piscina. Phys. Lett. A **145** 82 (1990).

### O MODELO DE BAK-SNEPPEN NUMA REDE ALIMENTAR DILUIDA

Rodrigo de Paula Almeida Lima, Marcelo Leite Lyra  
UFAL

Acredita-se usualmente que a teoria de Darwin guia para uma evolução gradual e uniforme, e que extinções em massa devem ter sido causadas por choques externos. Entretanto recentemente tem sido observado que extinções em massa tem origem em fatores intrínsecos à

dinâmica de evolução de Darwin. Espécies tornam-se extintas e subitamente aparecem novas espécies devido a intermitentes avalanches de todos os tamanhos que se propagam através do globo ecológico. Estas idéias tem se caracterizado através de um simples e poderoso modelo matemático, introduzido por Per Bak e Kim Sneppen, de coevolução de espécies. O modelo apresenta criticidade auto organizável e pode ser visualizado como uma grande cadeia alimentar. Neste trabalho nós estendemos o modelo de Bak e Sneppen, colocando as espécies em uma rede mais complexa. As espécies neste sistema estão localizadas no maior cluster de uma rede quadrada diluída, com concentração  $p$  de sítios com espécie. Este modelo apresenta uma dependência do grau de adaptabilidade crítico com a concentração  $p$  e foi observado uma ligeira variação no valor do expoente crítico do primeiro retorno temporal com a concentração.

### CRITICALIDADE NO MODELO DE FOGO DE FLORESTA

Marcelo Henrique de Araújo Santos Costa, Adriano de Oliveira Sousa, Antonio Fernandes Siqueira  
Universidade Federal do Ceará

Consideramos um modelo de fogo de floresta em uma rede bidimensional  $100 \times 100$  com uma fração de ocupação  $f_0$ . Do total das árvores, uma fração  $f_0$  é de árvores ressequidas enquanto que o restante é de árvores verdes. As árvores são colocadas em posições aleatórias da rede. A floresta conta ainda com I incendiários, dispostos aleatoriamente, e G guardas-florestais, colocados em setores. Cada árvore ressequida pode pegar fogo em uma das seguintes situações: um incendiário atea fogo à árvore ou com probabilidade  $f$ , se tiver pelo menos uma árvore vizinha em chamas. Além disso, a presença de um vento, de intensidade uniforme ao longo de toda a floresta, favorece determinada direção de propagação do fogo. O fogo pode ser contido se em um tempo  $t_{min}$  aparecer um guarda florestal. O papel do guarda-florestal também pode ser de prender o incendiário, se este estiver próximo. Uma árvore verde é imune ao fogo, mas devido à influência da vizinhança ou dos incendiários, pode tornar-se matura, passando então a ter uma probabilidade de incendiar-se, de maneira análoga a uma árvore ressequida. Porém, no caso do fogo em uma árvore matura ser contido por um guarda-florestal, esta regenera-se em um tempo  $t_r$ . Os vários parâmetros foram investigados a fim de se encontrar aqueles relevantes. Dentre estes estão o vento, o tempo de queima das árvores e o número de guardas. Verifica-se que para determinados valores dos parâmetros o número de árvores remanescentes apresenta criticidade auto-organizada.

**Lei de Zipf na fragmentação**Ana Tereza Costa Silva, Marcelo A. F. Gomes  
Universidade Federal de Pernambuco

Relacionando empiricamente a frequência,  $F$ , que uma palavra era usada num texto com sua ordem de classificação,  $r$  ( $r = 1$  para a palavra mais freqüente,  $r = 2$  para a segunda mais freqüente, etc.), Zipf chegou em 1949 à lei,  $F \sim r^{-\xi}$ , que hoje leva o seu nome. Nos últimos poucos anos tem-se observado que um crescente número de problemas no âmbito da física estatística de sistemas complexos *exibe uma lei de escala análoga à de Zipf com expoente  $\xi$  muito robusto.*

Neste trabalho fazemos uma análise similar à de Zipf para a distribuição de fragmentos produzidos numa dinâmica de fragmentação muito estudada, onde o "texto" é a distribuição de fragmentos ou ilhas no tempo de máxima diversidade. Esta análise foi feita ordenando de forma decrescente a frequência de fragmentos de tamanho  $s$ ,  $n(s, t_D)$ , naquele tempo. Foram utilizadas redes de vários tamanhos e dimensão variando entre  $d = 1$  a 5, com redes sendo dizimadas com diferentes reatividades. Encontra-se que para  $d \geq 2$ , o expoente  $\xi$  de Zipf é próximo de 2, e para  $d = 1$  os expoentes são muito pequenos como os encontrados recentemente em outros sistemas unidimensionais por Stanley e colaboradores num estudo similar feito em longas cadeias de DNA.

**LEIS DE ESCALA ESPACIAIS PARA BLOCOMOTOS SOBRE SUPERFÍCIES RUGOSAS - DEPENDÊNCIA COM A DIMENSIONALIDADE DOS CONTATOS**Valdemiro da Paz Brito, Alexandre Gutemberg da Costa Moura  
UFPI  
Marcelo Andrade de Filgueiras Gomes, Erivaldo Montarroyos  
UFPE

Nos últimos anos tem havido um interesse crescente no estudo experimental e teórico da dinâmica sobre superfícies inclinadas, principalmente em conexão com criticalidade auto-organizada e fluxos granulares. Em particular, a distribuição de avalanches de grãos de areia e outros sólidos ou líquidos escoando sobre uma superfície inclinada podem dar origem a leis de potência não-triviais sobre amplas regiões das escalas espacial e temporal. Recentemente, estudamos a estatística de deslizamentos de blocos cilíndricos de alumínio, latão, PVC e teflon sobre uma calha de alumínio, encontrando leis de escala [1]. Aqui, apresentamos a distribuição de deslizamentos para blocos dos mesmos materiais e das mesmas massas, mas com seções transversais quadradas,

i. e. com contato 2d entre bloco e calha, diferentemente do contato 1d com os blocos cilíndricos. Nesses experimentos eram obtidas seqüências de 1000 deslizamentos dos blocos, provocados por uma pequena perturbação externa na base da calha. As distribuições acumuladas de deslizamentos permanecem robustas, na forma de leis de escala sem modificação substancial dos expoentes críticos, indicando possivelmente a existência de contatos distribuídos sobre um conjunto fractal de dimensionalidade pequena, próxima à unidade.

[1] V. P. Brito and M. A. F. Gomes, Phys. Lett. A, 201, 38(1995).

**CAOS NA DESCARGA ELÉTRICA EM UMA LÂMPADA DE HÉLIO**Evaldo A. O. Filho, P. C. de Oliveira, P. L. Christiano  
UFPPB

Através de experiências montadas em nosso laboratório, com posteriores análises espectrais e de funções de autocorrelação, observamos que a dinâmica das descargas elétricas numa lâmpada de Hélio [1] sofrem uma transição ordem-caos segundo o cenário de Ruelle-Takens [2] via Quasi-Periodicidade. Reconstruímos então a dinâmica do sistema através da caracterização dos atratores sob uma abordagem métrica [3], obtendo informações sobre a taxa de expansão de trajetórias inicialmente próximas, que caracterizam as oscilações na corrente como comportamento caótico determinístico.

[1] T. Braun et al., Phys. Rev. Lett. 59, 613 (1987).

[2] D. Ruelle e F. Takens, Comm. Math. Phys. 20, 167 (1971).

[3] N. Fiedler-Ferrara e C. P. Cintra do Prado, Caos uma Introdução, (1994).

**COMPORTAMENTO DE ESCALA DE REAÇÕES DE ANIQUILAÇÃO EM MEIOS ALEATÓRIOS**Édler Lins de Albuquerque e Marcelo Leite Lyra  
UFAL

Estudamos processos limitados por difusão, mais precisamente, o caso das reações de aniquilação em meios desordenados por impedimento espacial. Reações de aniquilação limitadas por difusão têm sido largamente estudadas recentemente principalmente pelo fato delas serem processos simples onde heterogeneidades espaciais podem causar alterações significativas na cinética das reações. Nós investigamos numericamente essas cinéticas em redes quadradas onde as partículas eram forçadas a difundir numa concentração  $p$  de sítios permitidos e distribuídos ao acaso. Encontramos que o decaimento

assintótico da concentração de partículas no regime percolativo era da forma  $C(t, p) - C_r(p) \propto t^{-d_s/2}$ , onde  $C_r(p)$  é a concentração residual de partículas e  $d_s$  é a dimensão espectral do meio onde se dá a difusão. Também confirmamos resultados bem conhecidos na literatura tais como  $d_s(p > p_c) = d = 2$  com correções logarítmicas, e  $d_s(p_c) = 1.34 \pm 0.02$ . Para  $p < p_c$ , empregamos a teoria de escala e colapso de dados e obtivemos uma função universal a qual representa bem os resultados de nossas simulações.

EST 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P005

### PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO DE COMPLEXIDADE

Marcelo Andrade de Filgueiras Gomes, Felipe Antonio Oliveira de Souza  
UFPE

Sadhan K. Adhikari  
Universidade Estadual Paulista

Muito esforço tem sido feito para classificar configurações complexas, assim como para definir medidas de complexidade. Neste trabalho propomos uma medida de complexidade de um sistema a qual chamamos diversidade. Configurações ordenadas como a de um cristal sólido, ou completamente desordenadas, como a de um gás ideal, não são realmente complexas. No entanto os sistemas físicos exibem comportamento verdadeiramente complexo em algum ponto entre esses dois extremos. O termo complexidade pode ser associado a uma variedade de propriedades de um sistema: no nosso caso, complexidade é associada com a diversidade em escalas de tamanhos. O conceito de diversidade é fundamental em um crescente número de contextos na literatura científica, ligados a problemas biológicos e evolucionários, aleatoriedade, autómatas celulares, fractais e fenômenos de não equilíbrio. Muitos aspectos da produção e manutenção de grande diversidade podem ser explicados por um enfoque estatístico, macroscópico, ao invés de um enfoque microscópico.

Através de simulações numéricas de processos estocásticos de fragmentação e agregação em redes de dimensionalidade variando de 1 a 5 e massas da ordem de  $10^7$ , configurações de grande diversidade são criadas a partir de configurações de baixa diversidade e sobrevivem por um longo tempo, após o qual são destruídas. Nossos estudos indicaram que a probabilidade de formação de configurações bastante complexas decaem exponencialmente com o crescimento da dimensão espacial  $d$ , para uma massa fixa, e que a probabilidade de sobrevivência dessas configurações cresce linearmente com  $d$ . Isso indica que dimensões intermediárias como  $d = 3$  talvez sejam ótimas para a produção e manutenção de um sistema complexo.

EST 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P006

### SISTEMA DE SPINS DE ISING S=1 NA GAXETA DE SIERPINSKI

Jean Carlos Lessa e Roberto Fernandes Silva Andrade  
Universidade Federal da Bahia

O sistema de spins de Ising  $S=1/2$  na gaxeta de Sierpinski tem um comportamento distinto dos demais fractais com ordem de ramificação finita. No caso ferromagnético, mesmo sem apresentar transição de fase, o comprimento de correlação diverge de maneira muito mais rápida para  $T \rightarrow 0$ . Para interações antiferromagnéticas se observa que a entropia residual é muito alta, maior do que a observada para a rede plana triangular. Comportamento similar foi observado [1] para o modelo de Potts na mesma rede. Neste trabalho usamos o método de matrizes de transferência para analisar um sistema de spins de Ising  $S=1$  na gaxeta de Sierpinski. Este método é baseado na utilização de mapas conectando as funções termodinâmicas para gerações sucessivas da construção do fractal e permite o cálculo numérico exato da energia livre e do comprimento de correlação. A lei de recorrência matricial é a mesma para qualquer modelo sobre um dado fractal, pois é diretamente ligada com a geometria da rede. A partir dela obtivemos os mapas que ligam os diferentes elementos de matrizes de gerações sucessivas. Para o sistema de Ising  $S=1$  derivamos um conjunto de 10 mapas não lineares acoplados. Com a implementação de programa numérico para a iteração destes mapas são obtidas as informações termodinâmicas do modelo.

[1] R.F.S. Andrade - Potts model on the Sierpinski gasket: a transfer-matrix approach - Phys. Rev. B **48**, 16095 (1993).

EST 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P007

### Universalidade em Vidros de Spin

Alexandre Soares Ramos, Jairo Rolim Lopes de Almeida

Dept. de Física da Univ. Federal de Pernambuco

Trabalhos recentes têm questionado sobre as técnicas tradicionais do grupo de renormalização e regras de universalidade utilizadas em sistemas uniformes quando aplicadas em sistemas desordenados, em particular nos vidros de spin. Neste trabalho fizemos cálculos de Monte Carlo em vidros de spin bidimensionais em uma rede quadrada utilizando o seguinte Hamiltoniano:

$H = -\sum J_{ij} S_i S_j - H \sum S_i$ , onde  $H$  é o campo magnético aplicado, e com os spins assumindo os seguintes valores  $S_i = \pm 1$ , e  $S_j = 0, \pm 1$ . Os valores de  $J_{ij}$ , que são as constantes de acoplamento entre os primeiros vizinhos, foram distribuídos aleatoriamente com distribuição de probabilidade gaussiana ou bimodal. A rede utilizada foi de  $60 \times 60$  com condições de contorno periódicas e

para cada amostra os valores de magnetização eram obtidos fazendo uma média sobre oito amostras. A taxa de resfriamento foi de :  $\frac{dT}{dt} = 2 \times 10^{-5} J/MCS$  a fim de assegurar que MFC (medido) fosse igual a M de equilíbrio. Como este modelo só apresenta uma transição de fase a uma temperatura nula ( $T_c = 0$ ) e como existe um patamar de saturação na magnetização facilitando o cálculo da mesma para  $T = 0$ , fizemos então gráficos da susceptibilidade magnética em função do campo aplicado para  $T=0$  e observamos uma divergência de acordo com uma lei de potência obtendo assim o expoente crítico associado  $\Delta$  e podendo compará-lo para as diferentes distribuições (gaussiana e bimodal) e para os diferentes graus de liberdade do spin ( $\pm 1$  e  $0, \pm 1$ ). O expoente  $\Delta$  depende da forma da distribuição de probabilidade dos  $J_{ij}$  e, para a mesma distribuição, independe do valor quântico do spin.

EST 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P008

### Exponentes críticos para processos dissipativos usando pequenas células

Ana Tereza Costa Silva, Marcelo A. F. Gomes  
Universidade Federal de Pernambuco

Muitos trabalhos nas últimas décadas mostram que a estimativa de expoentes críticos utilizando pequenas células e as idéias do grupo de renormalização no espaço real, podem apresentar resultados tão bons quanto os obtidos com grandes redes, como as utilizadas em simulações computacionais.

Neste trabalho usamos um método de contagem exata de configurações em pequenas células, para processos dissipativos de fragmentação com consumo de massa para estimar expoentes críticos de variáveis, tais como o tamanho médio de fragmentos,  $\langle s(t) \rangle$ , número médio de fragmentos de tamanho  $s$  no tempo de máxima diversidade,  $t_D$ ,  $n(s, t_D)$ , o número total de fragmentos,  $N(t)$  e a diversidade destes,  $D(t)$ . Células de diferentes topologias foram utilizadas e os resultados concordam, dentro das incertezas estatísticas, com aqueles encontrados através de simulações em grandes redes.

EST 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P009

### CRITICALIDADE AUTO ORGANIZADA EM UM MODELO PARA CHUVAS

Suani Tavares Rubim de Pinho, Roberto Fernandes  
Silva Andrade  
Universidade Federal da Bahia

Investigações sobre séries temporais de precipitações diárias colhidas por estações meteorológicas em diversas regiões do mundo mostram que a distribuição de eventos extremos e de intervalos entre precipitações obedecem a uma lei de potência. Isto sugere que fenômenos de precipitações possam ser explicados pelos mecanismos

propostos para a criticalidade auto organizada, que vem sendo usada na análise de outros tipos de fenômenos naturais como avalanches e terremotos. Introduzimos um modelo de autômato celular em uma rede bidimensional com a borda inferior aberta (de modo a garantir uma lei de conservação da massa) para descrever a formação de nuvens e posterior fenômeno de precipitação. Admitindo-se uma pressão de vapor saturado, gotículas são formadas aleatoriamente na rede. A nuvem assim formada é mantida na atmosfera por correntes ascendentes de ar. O acúmulo de gotículas em um dado sítio faz com que a força gravitacional não possa ser contrabalançada pelas forças de arrasto do ar. Em seu trajeto de queda a gota percorre um trecho dentro da nuvem onde interage com gotas e gotículas. Este processo dá origem a avalanches internas e/ou externas à nuvem. A estatística de eventos dentro da nuvem obedece a uma lei de potência mesmo para redes razoavelmente pequenas ( $50 \times 50$ ). Com este tamanho não é possível se identificar se a estatística de avalanches exteriores à nuvem (chuva) obedece a uma lei de potência ou é exponencial. Este ponto ficará esclarecido com a análise de redes maiores que estamos conduzindo no momento.

EST 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P010

### COMPORTAMENTO TRICRÍTICO NO MODELO SHERRINGTON-KIRKPATRICK EM UM CAMPO ALEATÓRIO BIMODAL

E. Nogueira Jr., F.D. Nobre, F.A. da Costa  
UFRN  
S. Coutinho  
UFPE

Vidros de spins e ferromagnetos em campos magnéticos aleatórios se destacam dentre os problemas mais estudados na Mecânica Estatística dos sistemas desordenados. Neste trabalho consideramos uma união destes dois sistemas, ou seja, estudamos o modelo Sherrington-Kirkpatrick (vidro de spins de Ising com interações de alcance infinito, obedecendo uma distribuição de probabilidades Gaussiana com média  $J_0/N$  e largura  $J/\sqrt{N}$ ) na presença de um campo magnético aleatório binodal ( $P(h_i) = p\delta(h_i - h_0) + (1-p)\delta(h_i + h_0)$ ). O problema é estudado através do método das réplicas e uma abordagem inicial é feita na aproximação de simetria entre réplicas. Dois parâmetros de ordem são necessários para a descrição do sistema, a magnetização  $m$  e o parâmetro de vidro de spins  $q$ . Devido à presença do campo aleatório o parâmetro  $q$  é sempre induzido, não havendo portanto transição de fase associada ao mesmo. Para  $p \neq 1/2$  a magnetização também é induzida, tornando o problema trivial. Entretanto, o caso  $p = 1/2$  apresenta uma transição de fase associada ao parâmetro  $m$ , produzindo uma fronteira crítica no plano  $T/J$  versus  $J_0/J$  sepa-

rando as fases Ferromagnética ( $m \neq 0$  ;  $q \neq 0$ ) e Independente ( $m = 0$  ;  $q \neq 0$ ). Determinamos esta fronteira para diferentes valores de  $h_0/J$  e verificamos uma transição contínua para  $h_0/J < 0.95$ . Entretanto para  $h_0/J$  acima do valor 0.95, encontramos um comportamento crítico interessante, com a presença de um, ou dois pontos tricríticos ao longo desta fronteira. A análise de estabilidade da solução de simetria entre réplicas nos permite dividir as fases descritas acima em duas partes cada: uma onde a solução com simetria entre réplicas é estável e outra, a baixas temperaturas, onde tal solução é instável.

EST 4 - 29/11/96 - Auditório Abaís 8:30

**Transições de Fases induzidas por campo: simulação computacional e teoria de campo médio**

Nazareno Getter Ferreira de Medeiros, Francisco G. Brady Moreira  
UFPE

Apresentamos um estudo de sistemas antiferromagnéticos diluídos em redes cúbicas de face centrada, com interações entre primeiros vizinhos  $J$  submetidos a um campo magnético externo  $H$ . Inicialmente consideramos uma abordagem na aproximação de campo médio, onde os efeitos da diluição são tratados na aproximação de cristal virtual. Utilizamos na determinação do diagrama de fases, um formalismo alternativo baseado na análise da divergência de uma suscetibilidade generalizada no lugar do formalismo usualmente utilizado, cujo desenvolvimento se faz através do emprego da energia livre de Helmholtz.

Consideramos ainda os resultados de simulações numéricas destes sistemas no ensemble microcanônico, onde utilizamos a técnica de múltiplas redes que permite a simulação de vários sistemas com a mesma energia. Para diversos valores da razão  $H/J$ , obtemos a dependência da magnetização e da energia com a temperatura do sistema. A partir destes resultados, determinamos o diagrama de fases no plano  $H/J$  versus  $T/J$ .

Os resultados obtidos no contexto da aproximação de cristal virtual e de simulações numéricas são comparados entre si e com os resultados disponíveis na literatura.

EST 4 - 29/11/96 - Auditório Abaís 8:50

**A dinâmica robusta do "Jogo da Vida": evolução de configurações correlacionadas**

Kathia M. Fehsenfeld, Marcelo A. F. Gomes  
Universidade Federal de Pernambuco

O autômato celular "Jogo da Vida" (JV) tem despertado muito interesse nos últimos anos, inicialmente em conexão com computabilidade universal e a seguir como

protótipo de dinâmica auto-organizada e, mais recentemente, pela sua capacidade de exibir leis de escala temporais antes de alcançar seu estado assintótico [1]. Neste último aspecto, as configurações iniciais eram distribuições não-correlacionadas de sítios vivos com uma probabilidade de ocupação  $p$ .

Neste trabalho apresenta-se um estudo sobre a evolução do JV em configurações iniciais **correlacionadas**, que crescem proporcionalmente ao tamanho da rede. Um estado inicial correlacionado é definido aqui como uma configuração escalável, isto é, em que o número de sítios vivos,  $M$ , escala com o tamanho,  $L$ , como  $M \sim L^D$ . Apesar da disparidade morfológica dos estados iniciais agora utilizados, em relação aos anteriores, não correlacionados, observou-se que quando a densidade de ocupação inicial era aproximadamente  $p > 0.2$ , existia uma tendência destes estados evoluírem de modo semelhante a configurações iniciais aleatórias, apresentando os mesmos expoentes críticos anteriormente obtidos.

[1] Garcia J.B.C, Gomes M.A.F., Jyh T.I., Ren T.I. e Sales T.R.M. Phys. Rev. E **48**, 3345 (1993).

EST 4 - 29/11/96 - Auditório Abaís 9:10

**Diagrama de Fases de um Modelo XY com Vórtices Inteiros e Semi-Inteiros**

Adauto José Ferreira de Souza  
UFRPE

Um modelo XY bidimensional, acrescido de um termo de interação biquadrática, é simulado através do algoritmo Monte Carlo de única illia. Além dos vórtices inteiros usuais do modelo XY, o presente sistema modelo exibe outros tipos de excitações como vórtices semi-inteiros que são mantidos ligados por cordas na fase de baixa temperatura.

O sistema apresenta duas fases em baixas temperaturas que podem ser identificadas pelo comportamento de funções de correlação de dois pontos adequadamente definidas. Calculamos a densidade dos dois tipos de vórtices em função da temperatura para vários valores do parâmetro de acoplamento do termo biquadrático. As fronteiras das várias fases são determinadas e a natureza das transições de fases correspondentes são investigadas. Uma técnica que combina grupo de renormalização com Monte Carlo é empregada para este fim. Em particular, conseguimos caracterizar completamente uma linha crítica de natureza Ising.

### GENERALIZAÇÃO DO TEOREMA DE SHANNON PARA A ESTATÍSTICA DE TSALLIS

Roberto Jorge Vasconcelos dos Santos  
UFAL

Fazendo uso das hipóteses de que a entropia deve (i) ser uma função contínua das probabilidades  $\{p_i\}$ , apenas; (ii) ser uma função monotonicamente crescente do número de estados  $w$ , no caso de equiprobabilidade; (iii) deve satisfazer a relação de pseudo-aditividade  $S_q(A+B)/k = S_q(A)/k + S_q(B)/k + (1-q)(S_q(A)/k)(S_q(B)/k)$  (onde  $A$  e  $B$  são dois sistemas independentes e  $k$  é uma constante positiva) e (iv) deve satisfazer a relação  $S_q(\{p_i\}) = S_q(p_L, p_M) + p_L^q S_q(\{p_i/p_L\}) + p_M^q S_q(\{p_i/p_M\})$ , onde  $p_L + p_M = 1$ . nós provamos, seguindo os passos de Shannon, que a única função que satisfaz todas essas propriedades simultaneamente é a entropia generalizada de Tsallis dada por  $S_q(\{p_i\}) = k(1 - \sum_{i=1}^w p_i^q)/(q-1)$ .

EST 4 - 29/11/96 - Auditório Abaís 9:50

### Vidros de Spin de Ising em Redes Hierárquicas de alta dimensão: Propriedades críticas

Edvaldo Nogueira Jr., Fernando Dantas Nobre  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Sérgio Coutinho  
Universidade Federal de Pernambuco  
Evaldo M. F. Curado  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Grandes esforços tem sido empregados até o momento, para se obter uma teoria satisfatória para os vidros-de-spin com interações de curto alcance em dimensões finitas, como parecem ser os vidros-de-spin reais. Torna-se relevante estudar modelos de vidros de spin, com interações de alcance finito, onde soluções exatas, analíticas ou numéricas, possam ser alcançadas. Neste trabalho, estudamos as propriedades críticas do modelo de vidro-de-spin de Ising na rede hierárquica tipo diamante com dimensão  $d = 4$ , usando a técnica do grupo de renormalização de Migdal-Kadanoff, que fornece resultados exatos nesta rede. Em estudos anteriores[1], mostramos que esta técnica quando aplicada para redes hierárquicas do tipo diamante com dimensão  $d=3$ , revela que a medida construída com o parâmetro de ordem de Edwards-Anderson (EA) local apresenta uma estrutura multifractal na temperatura crítica  $T_c$  e em toda a fase condensada ( $T < T_c$ ). Com o uso de um procedimento recursivo exato, é possível calcular o parâmetro de ordem de Edwards-Anderson (EA) local em função da temperatura utilizando diferentes distribuições de acoplamentos. Com esses resultados determinamos o expoente crítico  $\beta$  e através de uma análise de escala de tamanhos finitos obtivemos, também, o expoente crítico associado ao

comprimento de correlação  $\nu$ , de forma direta. Os resultados foram analisados e comparados com outros valores obtidos por diversas abordagens.

[1] E. Nogueira Jr., S. Coutinho, F. D. Nobre, E. M. F. Curado J. R. L. de Almeida, *Short Range Ising Spin-Glass: Multifractal properties*, submetido para Phys. Rev. E (1996).

EST 5 - 29/11/96 - Auditório Abaís 10:30

### Heisenberg anisotrópico com interação Dzyaloshinski - Moriya

Alberes Lopes de Lima, Borko Stosic, I. P. Fittipaldi  
Laboratório de Física Teórica e Computacional  
(LFTC), Departamento de Física-UFPE

Existe um crescente interesse no estudo do efeito de anisotropias sobre o comportamento crítico de sistemas magnéticos. Na maioria dos estudos, o interesse deve-se ao fato de que, em materiais magnéticos reais, anisotropias de diferentes origens sempre estão presentes, induzindo desvios do comportamento ideal. Em especial, a interação Dzyaloshinski - Moriya (DM) tem atraído atenção nos últimos anos e tem sido essencial no estudo do aparecimento do ferromagnetismo fraco observado na fase ortorrômbica a baixas temperaturas em materiais supercondutores constituídos de planos de CuO. Neste trabalho, investigamos um modelo de Heisenberg anisotrópico com interação DM. Nesse espírito, discutimos limites de estabilidade da fase ferromagnética de 2a. ordem para vários valores dos parâmetros de acoplamento DM, e de anisotropia de troca delta, assim como da transição de 1a ordem que possa ocorrer. Mostra-se que a aproximação MFA leva à predição de um ponto tricrítico (TCP) no modelo. Resultados preliminares de simulações Monte Carlo com técnicas simples de campo efetivo são também discutidos. Usando-se outras aproximações que levam em conta correlações, estuda-se a influência de um campo magnético externo e da estrutura da rede no fenômeno observado.

EST 5 - 29/11/96 - Auditório Abaís 10:50

### PROPAGAÇÃO DE DANOS EM FILMES FINOS FERROMAGNÉTICOS: PERFIL E EVOLUÇÃO AO TEMPORAL

Ayrton Vasconcelos Lima  
ETPFI, SEMEC  
Marcelo Leite Lyra, Uriel Medeiros de Souza Costa  
UFAL

A técnica de propagação de dano tem sido extensivamente usada no estudo do comportamento crítico de sistemas tipo Ising. A técnica baseia-se na atualização sincronizada Monte Carlo de duas redes com configurações distintas de spin. Neste trabalho a propagação de danos

em filmes finos ferromagnéticos de Ising com acoplamento superficial de troca variando é investigado com dinâmica de Metropolis. Próximo a temperatura crítica de propagação, o perfil da distância Hamming muda sua forma de uma curvatura positiva para valores de  $J_s/J < 1.4$  para um perfil com curvatura negativa para valores de  $J_s/J > 1.4$ , apresentando-se com um perfil completamente plano para valores de  $J_s/J \simeq 1.4$ , que é uma decorrência da transição especial superfície-volume que ocorre em sistemas semi-infinitos. A evolução temporal da frente do dano é monitorada e ela mostra diferentes regimes próximo e acima da temperatura crítica de propagação no volume, mudando de um crescimento exponencial para um comportamento difusivo na região crítica. O expoente crítico dinâmico é estimado tanto no caso da transição ordinária quanto no caso da transição especial, investigando-se o tempo que a frente do dano leva para atravessar o filme em função da temperatura.

EST 5 - 29/11/96 - Auditório Abaís 11:10

### **PROPAGAÇÃO DE DANOS EM UM FILME ISING COM CAMPO ALEATÓRIO NA SUPERFÍCIE**

Heber Ribeiro da Cruz, Uriel Medeiros de Souza Costa  
UFAL

O estudo da transição de fase em sistemas magnéticos finitos tem, recentemente, despertado considerável interesse. Uma das razões para este interesse é o efeito da espessura do filme nos resultados. Neste trabalho estudamos um filme, isto é, um sistema "infinito" em duas dimensões (ou seja, usamos condições cíclicas de contorno) e finito na terceira, tipo Ising com campo aleatório nas superfícies livres. Usamos o método da propagação de danos, com a dinâmica de Metropolis. Este método permite distinguir uma fase congelada, onde o dano não se propaga, de uma fase caótica, onde o dano se propaga. Obtivemos a distância de Hamming para diversas espessuras do filme, diversos valores do campo e temperaturas. A dependência com a temperatura obtida é aquela esperada para a dinâmica de Glauber: fase congelada nas baixas temperaturas e fase caóticas nas altas temperaturas. Observamos que para filmes mais espessos a temperatura de transição é mais alta, como seria de se esperar. Esta temperatura, entretanto, parece independe do campo. Para uma dada espessura do filme, quanto mais alto o campo magnético, menor é o valor máximo da distância de Hamming, ou seja, a distância de Hamming em altas temperaturas. Quando maior é a espessura do campo, no entanto, menor é o efeito do campo. Isto é esperado uma vez que o campo encontra-se apenas na superfície. Vemos então que este modelo apresenta um comportamento interessante e que reproduz, para valores limites, resultados conhecidos.

(CNPq, FINEP)

EST 5 - 29/11/96 - Auditório Abaís 11:30

### **CRESCIMENTO DE POLÍMEROS POR SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

Adriano de Oliveira Sousa, Antonio Fernandes Siqueira  
Universidade Federal do Ceará

Macromoléculas são representadas como longas cadeias compostas por pequenas unidades moleculares ligadas por ligações químicas. Desde que estas ligações possuem certos graus de liberdade para rotacionar, então as cadeias são flexíveis e podem exibir muitas formas espaciais. A aproximação estatística para o problema da descrição destas cadeias moleculares, seu tamanho médio e outras médias relacionadas com as várias distintas configurações está baseada na simulação das cadeias por uma classe de Self-Avoiding Walk (SAW), denominado Indefinitely Growing SAW (IGSAW). Para o IGSAW a condição de exclusão de volume não pode ser violada, deste modo o crescimento continua indefinidamente, pois o IGSAW analisa a existência de "gaiolas", evitando uma possível interceptação. Esta propriedade do IGSAW permite-nos gerar longas cadeias de self-avoiding. Investigamos a possibilidade da existência de "bridge", ou seja, a macromolécula conectar com as duas superfícies. Sendo assim, tratamos o problema segundo um modelo de crescimento localmente direcional e anisotrópico. Interpretamos por anisotropia a condição de que a probabilidade para um passo em uma dada direção é diferenciada em relação as outras, e por direcional como sendo que a macromolécula possui maior probabilidade para crescer em uma direção específica. Este fato simula quatro tipos de possibilidades de interação entre as macromoléculas e as paredes, oriundas de: A) interação fraca b) atração c) repulsão. São apresentados resultados das simulações para a função de correlação, distância end-to-end, número de ligações, dimensão fractal.

EST 5 - 29/11/96 - Auditório Abaís 11:50

### **CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA NO CRESCIMENTO DE POLÍMEROS RAMIFICADOS**

Liacir dos Santos Lucena, Joaquim Elias de Freitas  
Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

José Soares de Andrade Júnior, Adriano M. Alencar  
Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará

Um modelo de crescimento cinético que propusemos (Lucena et al. PRL vol. 72, p230, 1994) para descrever a polimerização ramificada num meio com desordem congelada (quenched) tem se revelado bastante rico em fenomenologia e conseguiu atrair a atenção dos físicos, chegando inclusive a gerar algumas controvérsias pelas suas características inesperadas (veja, por exemplo, Bunde, Havlin e Porto, PRL vol.74, p2714, 1995).

O sistema apresenta uma complexa criticalidade e fractalidade, como resultado da competição entre vários efeitos: a morfologia complexa das cadeias poliméricas longas, o efeito de volume excluído, a ocorrência estocástica de bifurcações e uma desordem do meio representada por obstáculos fixos (impurezas inertes), distribuídos ao acaso no espaço, equivalente a um ruído congelado. O modelo mostra duas transições de fase cinéticas, a primeira separando uma fase de crescimento finito de outra em que o polímero não para de crescer. Esta transição tanto pode ser considerada como uma transição de destravamento (de-pinning), como de auto-destravamento, no caso de ausência de obstáculos no meio. A segunda (Lucena, da Silva e Roux, in press) corresponde a uma transição LISA-RUGOSA (roughening) e fornece boas indicações ou pistas sobre o processo de formação de cristais poliméricos. Neste trabalho investigamos a ocorrência de criticalidade auto-organizada neste modelo. Incorporando uma regra dinâmica que simplesmente regula o fluxo de monômeros disponíveis para agregação, o sistema é levado espontaneamente para a linha crítica, sem necessidade de ajuste prévio dos parâmetros. Demonstramos também a possibilidade de realização de experiência para a comprovação do fenómeno.

EST 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P019

### COMPORTAMENTO CRÍTICO DE UM PROCESSO DE DESCARGA NÃO CONSERVATIVO

Pedro Valentim dos Santos, Marcelo Leite Lyra

UFAL

Um processo de descarga dissipativo é simulado a partir de uma variação dos modelos usuais de avalanches. A partir das respostas obtidas através de um algoritmo numérico que simula o processo, nós obtivemos a série temporal cuja característica é a de um movimento browniano, apesar das distribuições obtidas obedecerem à leis de escala com expoentes críticos bem definidos. As leis de escala foram obtidas através de uma análise de escala por tamanhos finitos. Essas leis controlam o comportamento das distribuições de intensidade de descarga e de intervalo de tempo entre descargas sucessivas. Os expoentes críticos que descrevem o caráter auto-organizável desse modelo foram obtidos. Em particular, nós estudamos a dependência desses expoentes com o parâmetro de dissipação.

EST 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P020

### TERMODINÂMICA DE UMA CADEIA LINEAR ALTERNADA COM SPINS 1 E S (GERAL) COM TERMOS DIPOLAR E ANISOTROPIA DE ÍON SIMPLES

Elton Casado Fireman, Roberto Jorge Vasconcelos dos Santos  
UFAL

A termodinâmica de cadeias lineares alternadas tem sido estudada extensivamente para spins quânticos e clássicos. Os resultados podem ser aplicados a compostos magnéticos quasi-unidimensionais como  $MM'(EDTA)6H_2O$ , onde M e M' são metais de transição divalentes. Estudamos uma cadeia linear alternada com spin 1 e S geral com termos de anisotropia de íon simples. Os resultados são obtidos dentro de um recente desenvolvimento de uma transformação de decoração para spin 1, considerando S como o spin decorador. A resolução da função de partição é feita exatamente via matriz de transferência. As propriedades termodinâmicas como: energia livre de Helmholtz, energia interna, calor específico são calculadas pelas relações usuais da mecânica estatística. Para calcularmos a susceptibilidade magnética a campo nulo, utilizamos a proposta de Suzuki et al, utilizando teoria de perturbação de segunda ordem. Os resultados são analisados para diversos valores de S, bem como de  $\Delta$  e  $\Delta'$ , termos de anisotropia de íon simples nos spins S e 1.

EST 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P021

### UMA NOVA FORMULAÇÃO EM TORNO DO ESTUDO DO FERROELÉTRICO $(NH_4)_2BeF_4$

Augusto Carlos Antonio Guimaraes Costa, Valéria Coêlho Costa, Ricardo C. de Miranda Filho, Aurino Ribeiro Filho  
UFBA

O material ferroelétrico  $(NH_4)_2BeF_4$  é caracterizado por um parâmetro de degenerescência  $n=4$  na expressão do seu potencial termodinâmico de energia livre, e apresenta um soft-mode que induz o surgimento de uma fase comensurável ferroelétrica  $Pm2_1$  a partir da sua fase normal (ou protótipa)  $Pnam$ , a qual pertence a uma representação bidimensional no ponto X na zona de Brillouin. Uma nova maneira de se obter expressões analíticas para algumas de suas propriedades físicas tem sido conseguidas através da discussão de analogias mecânicas que visam interligar o sistema original com a definição de um espaço do parâmetro de ordem com um sistema mecânico ordinário. A metodologia empregada tem sido utilizar o back-ground da teoria de campo médio de Ginzburg-Landau de transições de fases e a partir de algumas redefinições (relações de escala dos principais parâmetros fenomenológicos) temos obtido as expressões para a energia livre das fases incoensurável

e comensurável, respectivamente, além de cálculos envolvendo outros parâmetros a exemplo da entropia, temperaturas críticas e outras. Os resultados são comparáveis com alguns estabelecidos na literatura e tem sido obtidos de forma muito mais rápida o que demonstra as vantagens de nossa abordagem.

EST 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P022

### ESTUDO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO FERROELÉTRICO $K_2S_eO_4$

Valéria Coêlho Costa, Augusto Carlos Antonio  
Guimarães Costa, Aurino Ribeiro Filho  
UFBA

O cristal ferroelétrico  $K_2S_eO_4$  tem sido estudado frequentemente através de experimentos, enquanto os cálculos teóricos apresentam muitas dificuldades, o que motiva a procura de diferentes técnicas a fim de elucidar algumas de suas principais propriedades físicas. Este ferroelétrico é caracterizado por um parâmetro de degenerescência  $n=6$  na expressão do seu potencial termodinâmico de energia livre, e apresenta tres fases : normal-incomensurável-comensurável (ferroelétrico). Neste trabalho procuramos calcular as expressões das energias livres para as diferentes fases, além de outras propriedades a exemplo das temperaturas críticas, utilizando uma expressão generalizada do potencial termodinâmico, onde são incluídos termos ligados à presença de um campo elétrico externo e a um parâmetro de ordem secundário. Utilizamos a teoria de Landau de transições de fases e obtivemos as expressões envolvendo o arranjo multisolitônico, caracterizador da fase incomensurável, e , para isso tivemos de trabalhar com funções e integrais elípticas. Outros cálculos mais difíceis foram trabalhados numericamente com o auxílio do software Mathematica.

EST 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P023

### Modelo do Trion: Simulações Numéricas

Karim Aquere Filho, Rita M. C. Almeida  
IF-UFRGS  
Jorge A. Quillfeldt  
IB-UFRGS

O Modelo do Trion foi proposto por Gordon Shaw e colaboradores para simular o comportamento cooperativo encontrado no cérebro considerando a arquitetura sugerida pelo Princípio Organizacional das Funções Corticais sugerida por Mountcastle. Considera-se uma rede unidimensional, onde cada um dos sítios pode assumir um dentre três estados de spin  $S_i = -1, 0, 1$  para  $i = 1, \dots, N$  e uma dinâmica sincrônica dada por  $S_i(t) = \sum_j [V_{i,j} S_j(t-1) + W_{i,j} S_j(t-2)]$  onde  $V_{ij}$  e  $W_{ij}$  são acoplamentos entre  $S_i$  e seus primeiros e segundos vizinhos em seus dois passos de tempo precedentes.

São apresentados os resultados obtidos para grandes redes e verifica-se que o sistema mostra um comportamento dinâmico não trivial além de propriedades de recuperação de memória.

EST 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P024

### AVALANCHES NO CRESCIMENTO DE POLÍMEROS RAMIFICADOS

Joaquim Elias de Freitas, Liacir dos Santos Lucena  
Departamento de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

José Soares de Andrade Júnior

Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará

Avalanches são fenômenos raros na Natureza e ficam caracterizadas por uma distribuição estatística de magnitudes do tipo Lei de Potência. Exemplos de avalanches são encontrados em terremotos e deslizamentos em geleiras. Neste trabalho investigamos a possibilidade de ocorrência de avalanches num diferente contexto, mais precisamente durante o crescimento de polímeros ramificados num meio com desordem. Usamos um modelo de crescimento cinético que propusemos anteriormente (Lucena et al. PRL vol. 72, p230, 1994) o qual tem se revelado bastante rico em fenomenologia e conseguiu atrair a atenção dos físicos, chegando inclusive a gerar algumas controvérsias pelas suas características inesperadas (veja, por exemplo, Bunde, Havlin e Porto, PRL vol.74, p2714, 1995). O sistema apresenta uma complexa criticalidade e fractalidade, como resultado da competição entre vários efeitos: a morfologia complexa das cadeias poliméricas longas, o efeito de volume excluído, a ocorrência estocástica de bifurcações e uma desordem do meio representada por obstáculos fixos (impurezas inertes), distribuídos ao acaso no espaço, equivalente a um ruído congelado. Durante o crescimento, as pontas ativas, nas quais os monômeros se agregam, podem morrer devido aos efeitos de obstrução tanto por volume excluído, como devido aos obstáculos criados pelas impurezas. Ao mesmo tempo podem surgir novas pontas graças ao processo de ramificação. Como consequência o número de pontas ativas sofre flutuações, embora cresça com uma potência do tempo. Através de cálculos computacionais fomos capazes de estudar as variações da resistência elétrica, medida entre um eletrodo central e as pontas ativas, como uma função do tempo (admitindo que cada monômero tenha a mesma resistência). Os resultados, para os saltos da resistência total, são compatíveis com a existência de avalanches, com uma lei de potência não trivial.

**PROPAGACAO DE DANOS: UMA ANALISE  
DO ESPECTRO DE POTENCIA**

CARLOS ARGOLO PEREIRA ALVES

ESCOLA TECNICA FEDERAL DE ALAGOAS

ANANIAS MONTEIRO MARIZ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO  
NORTE

Investigamos a propagacao de danos no modelo de Ising, utilizando a tecnica do Espectro de Potencia. Examinamos a evolucao temporal do dano e, atraves de uma transformada de Fourier observamos a variacao com a frequencia, do quadrado da amplitude. Esta tecnica pode revelar estruturas de organizacao nao triviais como por exemplo a presenca de regularidades estatisticas em sinais aleatorios (exemplo ruído  $1/f$ ).

**Interface entre Polímeros**

Samuel Rodrigues Gomes Jr., Liacir dos Santos Lucena  
UFRN

Muito recentemente, o interesse no estudo de interfaces entre materiais poliméricos vem crescendo. Utilizando o modelo de crescimento de polímeros ramificados (BPGM) estudamos as propriedades da interface formada entre polímeros da espécie 1 e polímeros da espécie 2. As simulações foram realizadas numa rede quadrada de tamanho  $L$ , na qual foram distribuídas sementes poliméricas do tipo 1 numa linha de sítios de acordo com a concentração  $a_1$ , e sementes poliméricas do tipo 2 numa outra linha de sítios, de acordo com a concentração  $a_2$ . Obedecendo o algoritmo do modelo, os polímeros crescem, podendo se ramificar com probabilidade  $b$  (até não haver nenhuma direção possível de crescimento), e evitando as impurezas do meio, que podem ocupar um sítio qualquer com probabilidade  $c$ . As médias foram realizadas sobre um ensemble de 1000 amostras para cada valor da quadra  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b$  e  $c$ . Usamos redes com tamanhos variando de  $L = 100$  até  $L = 500$ . A medição da dimensão fractal revelou um significativa variação do expoente  $d_f$  com a probabilidade de ramificação. Definimos um parâmetro de coesão da interface através da quantidade de "elos" formados entre as pontas de polímeros de tipos diferentes. A grande variação deste parametro em torno de  $b = 0.12$  sugere a existência de fases de coesão neste modelo.

**D-DIMENSIONAL LONG-RANGE  
INTERACTION ISING FERROMAGNET:  
SPREADING OF DAMAGE WITH  
GLAUBER DYNAMICS**

Uriel Medeiros de Souza Costa, Heber Ribeiro da Cruz  
UFAL

Constantino Tsallis

CBPF

We perform a computer simulation of the spreading of damage of the long-range interaction ( $J_{ij} \propto 1/r_{ij}^\alpha$ ) of the  $d$ -dimensional Ising ferromagnet with Metropolis dynamics. We show that is possible to unify the extensive region ( $\alpha \geq d$ ) with the nonextensive one ( $0 \leq \alpha \leq d$ ) through  $D(N, T/N^*)/N$  where  $N^* = (N^{1-\alpha/d} - 1)/(1 - \alpha/d)$  ( $N \equiv$  number of spins). We show in particular that  $k_B T_s \propto 1/(\alpha - d)$  in the limit  $\alpha \rightarrow d_+$ , thus confirming the conjecture recently advanced by one of us.

# Fundamentos da Física e Física Matemática

FUN 1 - 28/11/96 - Sala Pontal 8:30

## A COVARIÂNCIA DA ELETRODINÂMICA DE MAXWELL

Karlúcio Heleno Castro Castello Branco  
Departamento de Física - UFPA

Em seu trabalho publicado em 1905, intitulado "Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento", Einstein discute "as assimetrias que surgiam quando da aplicação das equações da eletrodinâmica de Maxwell" a corpos em movimento, pois as equações de Maxwell quando aplicadas a sistemas em repouso e em movimento uniforme não se mantinham invariantes. Assim, para que pudesse eliminar aquelas assimetrias, Einstein formula os dois postulados da hoje chamada Teoria da Relatividade Restrita, que são o Princípio da Relatividade e a Constância da Velocidade da Luz, e, assim, determina as transformações lineares, admitindo a homogeneidade do espaço e do tempo, compatíveis com esses postulados, que eliminavam as referidas assimetrias. Tais transformações são conhecidas como Transformações de Lorentz. Assim, a eletrodinâmica de Maxwell passou a ser invariante em relação ao grupo das transformações de Lorentz. Tal invariância torna-se mais evidente, e pode ser melhor explorada, quando usamos o formalismo quadrimensional e a análise tensorial no espaço-tempo.

FUN 1 - 28/11/96 - Sala Pontal 8:50

## EQUAÇÃO DE LIOUVILLE GENERALIZADA NA TEORIA DE DUFFIN-KEMMER-PETIAU

Marco César B. Fernandes, J. D. M. Vianna  
Depto. de Física - Universidade de Brasília - CEP  
70910-900 Brasília/DF  
J. D. M. Vianna

Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia  
Campus de Ondina - CEP 40210-340 Salvador/BA

Uma das formulações da teoria quântica no espaço de fase é a proposta por Bohm e colaboradores. Nesta formulação, a ênfase é posta sobre os aspectos algébricos envolvidos na obtenção de equações do tipo Liouville e suas interpretações. Em particular, no caso relativístico, emprega-se como fundamento matemático as álgebras geométricas propostas por M. Schenberg. No presente trabalho, mostra-se explicitamente que, usando o enfoque algébrico de Schenberg para as álgebras de Duffin-Kemmer-Petiau, é possível obter uma equação do tipo Liouville relativística, correspondente a partículas escalares.

FUN 1 - 28/11/96 - Sala Pontal 9:10

## SOLUÇÃO PERTURBATIVA PARA EQUAÇÕES DESCREVENDO DEFEITOS INTERAGENTES

Sérgio Azevedo e Fernando Moraes  
UFPE

Estudamos a equação diferencial não-linear  $\dot{u} = \nabla^2 u + u - |u|^2 u$ , onde  $u$  é uma variável complexa, inicialmente no caso estático ( $\dot{u} = 0$ ), com condições de contorno especiais correspondentes a paredes refletoras formando um ângulo de  $2\pi/n$ . Isto possibilita simular, pelo método das imagens, a interação de  $n$  defeitos num cristal líquido nemático (L. M. Pismen and B. Y. Rubinstein, Phys. Rev. Lett. 69 (1992) 96). As condições de contorno são colocadas na função de Green do Laplaciano bidimensional que foi obtida exatamente. Usando teoria de perturbação obtemos soluções para  $u$  para diversos valores de  $n$ .

FUN 1 - 28/11/96 - Sala Pontal 9:30

## INVARIANTES PARA SISTEMAS DINÂMICOS HAMILTONIANOS

Zolacir T. O. Junior, Tarcísio M. Rocha Filho, J. D. M. Vianna

Depto. de Física - Universidade de Brasília - CEP  
70910-900 Brasília/DF

J. D. M. Vianna

Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia  
Campus de Ondina - CEP 40210-340 Salvador/BA

No estudo de sistemas dinâmicos hamiltonianos uma das questões é a determinação se um dado sistema é ou não integrável. Em particular, se o hamiltoniano  $H$  não depender explicitamente do tempo, o sistema é dito autônomo e tem-se que  $H$  se conserva. Para estes sistemas, se  $n$  for o número de graus de liberdade, ele será integrável no sentido de Liouville, se for possível encontrar, incluindo  $H$ ,  $n$  integrais  $I_i(p, q)$  que estejam em involução e sejam independentes. Neste trabalho considera-se sistemas com  $n = 2$  e sujeitos a potenciais  $V(q_1, q_2)$  pertencentes à classe de polinômios de até quarto grau. Utiliza-se então o critério de integrabilidade acima exposto para: (i) desenvolver um método matemático para determinar invariantes lineares e quadráticos nos momenta e (ii) explicitar, em consequência, a classe de potenciais para os quais o sistema é integrável. Discute-se como casos particulares do enfoque, os potenciais do tipo Hénon-Heiles e os potenciais quárticos analisados na literatura por outros métodos.

**ESTUDO DA ÁREA DO CONJUNTO DE  
MANDELBROT COMO FUNÇÃO DAS  
CONSTANTES ESTRUTURAIS DA  
ÁLGEBRA UTILIZADA**

Gildemar Carneiro dos Santos, José Édson Guimarães  
Junior

Universidade Federal da Bahia

O conjunto fractal de Mandelbrot, na sua forma padrão, é obtido no plano complexo utilizando a álgebra dos números complexos. A álgebra dos números complexos é apenas uma entre infinitas possibilidades de álgebras com dois elementos de base. Embora certas álgebras sejam equivalentes a outras, no sentido de que estão relacionadas entre si por transformações lineares, há uma infinidade de álgebras não equivalentes que são estruturalmente diferentes. Em trabalhos anteriores mostramos que o conjunto muda estruturalmente quando a estrutura da álgebra utilizada difere da dos números complexos. Como toda álgebra bidimensional pode ser reduzida a uma entre cinco formas padrões, onde no máximo duas constantes estruturais atuam como parâmetros, calculamos como a área do conjunto de Mandelbrot varia em função desses parâmetros. A área foi avaliada numericamente, dividindo-se o número de pontos físicos pertencente ao conjunto pela área matemática do gráfico.

**Caracterização de Caos Quântico através de  
Movimento Browniano para Ensembles de  
Matrizes Aleatórias**

Glauber J.F.T. da Silva, A.M.S. Macêdo  
UFPE

Neste trabalho fazemos uma caracterização completa de caos em sistemas quânticos, tipo cavidades balísticas em heteroestruturas ou grãos metálicos desordenados usando a teoria de matrizes aleatórias. Em particular, estudamos o problema de crossover entre as diferentes classes de universalidade, que são unitária, ortogonal e simplética. Estas classes estão associados à presença ou não de certas simetrias gerais: por exemplo um sistema é dito ortogonal se existe simetria de reversão temporal e é denominado unitário se esta simetria está quebrada pela aplicação de um campo magnético. Para estudar o problema de crossover nós construímos um movimento Browniano no espaço de matrizes aleatórias pertencentes a ensembles associados a polinômios ortogonais clássicos. Nosso tratamento permite uma solução exata da equação de Fokker-Planck resultante no caso de sistemas unitários. A grande vantagem de nossa abordagem, em comparação com a mais tradicional técnica diagramática, é que não fazemos uso de qualquer expansão perturbativa.

**ROOTS OF UNIT MATRICES AND FINITE  
ROTATION GROUPS**

Rudolf Muradian

Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia

A new direct method is suggested for constructing irreducible representations for *finite groups of rotations* - dihedral  $D_n$ , tetrahedral  $T$ , octahedral  $O$ , and icosahedral  $I$  - based on the extraction of the  $p^{\text{th}}$  root from *unit matrices* in a definite direction  $n = \{n_x, n_y, n_z\}$ .

For the  $2 \times 2$  unit matrix :

$$\sqrt[p]{\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}} = \cos \frac{2k\pi}{p} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} - i \sin \frac{2k\pi}{p} \begin{pmatrix} n_z & n_x - in_y \\ n_x + in_y & -n_z \end{pmatrix}$$

where  $p = 1, 2, 3, \dots$  ;  $k = 0, 1, 2, \dots, p-1$ . These equations may be considered as generalization of the usual formula for the roots of unity  $\sqrt[p]{1} = \cos 2k\pi/p + i \sin 2k\pi/p$  which gives the representation for the abelian cyclic group  $Z_p$ .

**THE WIGNER PARAMETERS AND SUSY  
QM FOR THE ANISOTROPIC  
RING-SHAPED OSCILLATOR**

R. de Lima Rodrigues<sup>(a)</sup>

Universidade Federal da Paraíba, Cajazeiras-PB

J. Jayaraman

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB

A. N. Vaidya

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física

Almost five decades ago Wigner posed an interesting question as to whether the equations of motion determine the quantum mechanical commutation relations and found an answer a generalised quantum commutation rule for the one-dimensional harmonic oscillator. The Wigner-Heisenberg super-oscillator technique extended here for two dimensions is effectively applied for the spectral resolution of the anisotropic ring-shaped oscillator potential  $ar^2 + b(rs\sin\vartheta)^{-2} + s(rcos\vartheta)^{-2} + dr^2\sin^2\vartheta + cr^2\cos^2\vartheta$ . Connections of the present method with the  $SO(2,1) \otimes SO(2,1)$  dynamical symmetry and also with the two dimensional supersymmetric quantum mechanical (SUSY QM) algebra for this system are pointed out. The free parameters of such supersymmetric model is identified with two Wigner parameters.

(a) E-mail: RAFAEL@TERRA.UFPB.BR or RAFAEL@DFJP.UFPB.BR. FAX (083)531.3046.

FUN 2 - 28/11/96 - Sala Pontal 11:30

### OS PRIMÓRDIOS DO CAOS EM MECÂNICA

Israel Fonseca Neto<sup>(\*)</sup>, R. de Lima Rodrigues<sup>(b)</sup>

Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB  
Apresentaremos os primórdios do caos na mecânica clássica, mostrando os principais resultados conhecidos hoje. Distinguiremos os conceitos de caos determinístico (CD), espaços de fases e de hipersensibilidade às condições iniciais. Mostraremos as seções de Poincaré e o famoso teorema de Kolmogorov-Arnold-Moser (KAM). Analisaremos também as limitações do estudo do caos na mecânica quântica, devido principalmente a não-existência do conceito de trajetória. Consideraremos uma alternativa para se implementar o caos em mecânica quântica, a qual até o momento é a mais plausível.

(\*) Bolsista PIBIC/CNPq/UFPB

(b) E-mail: RAFAEL@DFJP.UFPB.BR, FAX (083)531.3046.

FUN 2 - 28/11/96 - Sala Pontal 11:50

### CÁLCULO DE COMUTADORES UTILIZANDO O PROGRAMA MATHEMATICA

Marcus Vinícius Teixeira Navarro

Centro Federal de Educação Tecnológica Bahia -  
CEFET

Antonio Sergio C. Esperidião

Departamento de Física Geral - IF - UFBA

Desenvolvemos um algoritmo utilizando o programa Mathematica versão 2.1 para calcular comutadores envolvendo vários operadores quer sejam fermions ou bosons. O que nos levou a tentar esta alternativa foram as dificuldades algébricas para calcular o comutador de três ou mais operadores quando o cálculo se repete varias vezes, dificuldade esta que aumenta a medida que o número de operadores aumentam principalmente no que diz respeito ao tempo para realizar os cálculos e o cuidado para não trocar os índices. O programa permite realizar a comutação para vários operadores. Para termos confiabilidade utilizamos como teste, dentre outros, o Hamiltoniano para um sistema constituído por um gás de elétrons interagindo num campo coulombiano  $H = (E_k^e + E_g)c_k^\dagger c_k + E_k^h h_k^\dagger h_k + V(Q_1)c_{k_1+Q_1}^\dagger c_{k_2-Q_1}^\dagger c_{k_1} c_{k_2}$  e realizamos com sucesso o seguinte cálculo  $[H, c_{K+Q}^\dagger c_K]$  onde  $c^\dagger$  e  $c$  e  $h^\dagger$  e  $h$  são respectivamente os operadores criação e aniquilação de elétrons e buracos.

FUN 3 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 8:30

### MATEMÁTICA E REALIDADE FÍSICA (PARTE 1)

Jenner Barretto Bastos Filho

UFAL

As relações entre a Matemática e a Realidade Física são mais complexas do que poderia ser inferido num primeiro exame do problema. São emblemáticas as intuições de Pitágoras na Antiguidade Grega e de Galileu no século XVII. No final do século XVII e no começo do século XVIII, por ocasião, respectivamente, do problema da verdadeira força e da correspondência Leibniz-Clarke, Leibniz criticou tanto Descartes quanto Newton argumentando contra as reduções, respectivamente, da física à geometria e da física aos princípios matemáticos. No que concerne à argumentação contra Descartes, Leibniz criticou a adoção Cartesiana de um Deus Geômetra, que combina extensões corporais com velocidades, e considerou o princípio da identidade entre causa e efeito, o qual transcende a geometria. No que concerne à crítica a Newton, Leibniz considerou que para se construir os princípios matemáticos, apenas se requer o princípio da identidade, mas no que tange à física, faz-se mister, em adição a esse, a adoção do princípio da razão suficiente. Vários exemplos da física matemática mostram a fertilidade do argumento de Leibniz. São tomados para análise três exemplos: as ações instantâneas a distância, os potenciais avançados da eletrodinâmica, e o conceito de "entangled state" em mecânica quântica. Discute-se acerca da possibilidade de demarcação entre a descrição matemática da realidade e a realidade propriamente dita.

FUN 3 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 8:50

### MATEMÁTICA E REALIDADE FÍSICA (PARTE 2)

Jenner Barretto Bastos Filho

UFAL

Um enlace dialético entre matemática e realidade física, do tipo "contradizer para descrever", tem sido enfatizado por diversos autores. Sabemos que importantes aspectos do real são "captados" pela aritmética e pela geometria, não obstante o fato de, em certo sentido, haver uma espécie de negação da realidade por parte dessas disciplinas. Por exemplo, a aritmética é uma disciplina concernente à contagem e aos números não obstante o fato da realidade física ser concernente, não propriamente aos números, e sim às interações entre os corpos. A geometria, por seu lado, é uma disciplina cujos objetos são a extensão e o contínuo espacial não obstante a realidade atômica, em certo sentido, se contrapor a essa realidade do contínuo. Se o desiderato Cartesiano de Clareza e Distinção e a adoção da matemática como o expediente cognitivo mais confiável para "driblar" as artimanhas do "gênio maligno" conheceram barreiras com o teorema de Gödel, com a descoberta das antinomias em teoria dos conjuntos e com a descoberta dos fenômenos complexos, o programa Racionalista não deveria estar

vulnerável aos ataques obscurantistas fundados na "impossibilidade" de conhecer o mundo. A descoberta da incomensurabilidade na Antiga Grécia, foi um desafio à racionalidade que deu vazão à fertilidade. Trazemos à baila uma nossa apreciação crítica sobre alguns autores (Wigner, Feynman, Marmet). Mostramos que o argumento "mesma equação, mesma física" encontra sérias limitações, o que está em favor do argumento segundo o qual o significado atribuído aos símbolos e a interpretação das teorias físicas não são redutíveis ao formalismo.

FUN 3 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 9:10

### **ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA PERDA LINEAR NA FORMAÇÃO DO CHOQUE ÓTICO : UM TRATAMENTO ANALÍTICO**

Carlos Alberto de Lima Ribeiro, Jairo Ricardo Rocha de Oliveira, Marco Antonio de Moura  
Universidade Federal de Pernambuco

Estudamos o comportamento de pulsos óticos, do tipo soliton, que são propagados em meios não lineares. A dinâmica deste processo pode ser descrita através da equação não linear de Schrödinger (ENLS). Esta equação em particular tem sido aplicada em vários sistemas físicos (Física do Estado Sólido, de Partículas, de Plasma, etc). Daí a importância do conhecimento de suas soluções. Já é sabido que a perda normalmente deteriora a intensidade do pulso provocando o seu alargamento. Desenvolvemos um método puramente analítico onde conseguimos desacoplar as equações que são geradas quando separamos em parte real e imaginária da ENLS. Tal processo permite encontrar uma solução para a amplitude e a fase do pulso ótico, onde podemos ter tanto estreitamento quanto deterioração do mesmo. Sabemos que a presença de um termo de auto-encurtamento (self-steepening) provoca uma dependência na velocidade dos pontos do perfil do pulso com a intensidade, fazendo com que a parte trazeira do pulso ultrapasse a região central (o pico), levando ao choque ótico (também conhecido como "optical wave breaking"). No nosso sistema não temos a presença deste termo e ainda assim podemos prever a existência do choque ótico e determinar a distância crítica onde irá ocorrer.

FUN 3 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 9:30

### **w\*-Álgebra e Thermofield Dynamics**

A. Matos Neto, J. D.M. Vianna, A. E. Santana  
UFBA  
F. C. Khanna  
University of Alberta - Canada

Neste trabalho o conceito de w\*-álgebra, na representação padrão (representação de Tomita-Takesaki), é utilizado para se analisar a estrutura axiomática do formalismo conhecido por *Thermofield Dynamics* (TFD). A partir da representação padrão é então deduzida as regras de conjugação dual e a representação vetorial dos estados dinâmicos em TFD. Utilizando o espaço de Tomita-Takesaki como o espaço de representação para grupos de transformação, uma classe de representação de álgebra de Lie é desenvolvida, tendo como principais características a duplicação do número de geradores de uma simetria dada. Da análise do grupo de Galilei, introduz-se, em particular, o conceito de espaço de fase quântico, sendo que o estado do sistema fica representado por funções do tipo Wigner. (CAPES -Brasil; NSERC-Canadá).

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P028

### **DETERMINAÇÃO NUMÉRICA DO POTENCIAL E DO CAMPO ELÉTRICO NA VIZINHANÇA DE UM CONDUTOR COM GEOMETRIA DA CURVA DE KOCH**

Vinicius Alves de Almeida Sampaio, Caio Mário Castro de Castilho

Universidade Federal da Bahia

A equação de Laplace nem sempre apresenta solução algébrica para certos problemas, sendo assim necessário buscar soluções numéricas. No caso, determinamos o potencial elétrico na região compreendida entre uma reta e uma linha poligonal com geometria correspondendo ao terceiro estágio de uma curva de Koch, mantidas as duas linhas a potenciais constantes mas diferentes. A metodologia empregada utiliza o método de Liebmann para a solução da equação de Laplace na proximidade de superfícies condutoras. Tal método substitui as derivadas parciais por um quociente de diferenças. O domínio é dividido em uma malha e o potencial é calculado em cada nó a partir de condições de contorno pré-definidas. Para cada ponto do domínio associa-se uma propriedade que chamamos de "estado" e que assume sempre um dos seguintes valores: 1 ("estado fixo") ou 0 ("estado livre"). Os pontos que possuem "estado livre" serão recalculados iterativamente enquanto que os pontos que possuem "estado fixo" terão o seu valor de potencial mantido inalterado. Para resolver esse problema utilizou-se um programa desenvolvido em linguagem C previamente modificado para ser compilado e executado no supercomputador CRAY YMP-2E da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, visando aumentar a velocidade de execução e conseqüentemente diminuir o tempo computacional. Como resultado temos os valores do potencial elétrico próximo à superfície bem como a sua representação gráfica.

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P029

### POTENCIAL E CAMPO ELÉTRICO PRÓXIMO A SUPERFÍCIES PONTIAGUDAS

Cláudio Filardi Alves Souza, Nelson Pinheiro  
Andion, Caio Mário Castro de Castilho  
Universidade Federal da Bahia

A trajetória de partículas carregadas (íons ou elétrons), emitidas a partir de superfícies com formas pontiagudas ou próximas a elas e a determinação de quantidades relacionadas com a probabilidade de tunelamento requer o conhecimento do campo elétrico resultante da aplicação de uma diferença de potencial entre a superfície e o detector ou tela. Frequentemente é necessário o uso de métodos numéricos para se resolver a equação de Laplace como resultado das dificuldades em se obter uma expressão analítica. Para lidar com isso nós temos que considerar dois aspectos diferentes: i) a variação total do campo e do potencial que resulta da forma geral da amostra, desprezando as pequenas irregularidades presentes na superfície quando tratamos de problemas na escala atômica; ii) a variação local do campo e do potencial que resulta da escala atômica da estrutura mencionada. Nesse trabalho nos restringiremos a considerar apenas o primeiro caso. Pode-se mostrar que quando duas superfícies de um sistema ortogonal são mantidas a dois potenciais constantes, mas diferentes, é possível se obter uma solução analítica para o potencial de uma maneira relativamente simples. Usando essa propriedade geral de um sistema ortogonal, é apresentada uma solução para o potencial e campo elétrico na vizinhança de superfícies pontiagudas para vários casos de interesse prático em emissão de campo, "atome-probe field ion spectroscopy" e fenômenos relacionados. São também discutidos alguns casos de interesse prático, determinando a razão entre o campo e o potencial em pontos especiais de um condutor. Esses casos especiais estão dispersos na literatura apresentando algumas vezes conflito entre eles e nem sempre determinados sob a mesma ótica como o fazemos aqui.

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P030

### PATH INTEGRAL APPROACH TO FRICTIONAL QUANTUM FLUID DYNAMICS

Antonio Boughosa Nassar  
Department of Sciences - University of California, Los Angeles  
José Maria Filardo Bassalo, Paulo de Tarso Santos  
Alencar, Luiz Sérgio Guimarães Cancela  
Departamento de Física - UFPA  
Mauro Sérgio Dorsa Cattani  
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

We present a new propagator for the description of a frictional mechanism via a path-integral approach to quantum fluid dynamics. In the analogy between the

quantum mechanics of a point particle and the dynamics of a fluid, one transforms the Schrödinger equation into two fluid-dynamical equations a continuity equation and an Euler-type equation. This description involves the density  $\rho$  and the velocity field  $v$  as primary quantities. Thus, the fluid dynamicist can gather experience of its effects by translating analogously some of the situations of the quantum theory into their corresponding fluid mechanical statements and vice-versa. This analogy will be employed here as a stepping stone to develop a path-integral approach to a quantum fluid dynamics with a friction mechanism.

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P031

### Pressão de Casimir em cavidades retangulares d-dimensionais à temperatura finita

Juarez Caetano da Silva  
Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia  
Hebe Queiroz Plácido, Adenir Eugênio Santana, Arthur  
Matos Neto  
Instituto de Física, UFBA

Desenvolvemos um estudo do efeito Casimir a  $T = 0K$  e  $T \neq 0K$ , tomando o campo eletromagnético num espaço-tempo de Minkowski ( $d + 1$ )-dimensional. Para tanto, confinamos o campo em um hiperparalelepípedo de  $p$  lados de comprimentos finitos  $l_1, \dots, l_p$  e  $d - p$  lados de comprimento  $L \gg l_i$ . Em seguida escrevemos a energia livre de Helmholtz associada ao sistema, obtendo então a parcela para  $T = 0K$  da energia de Casimir bem como suas correções ao tomar-se a temperatura finita. Para regularizar a parte independente de temperatura, que é divergente, empregamos a técnica de extensão analítica via funções Zeta. Nas fronteiras impomos os vínculos compatíveis com o campo eletromagnético, vale dizer, aqueles de Dirichlet e Neumann. Desta forma construímos configurações homogêneas, pelo uso de vínculos idênticos, ou mistas, utilizando condições de contorno diversas. Como resultado obtemos a pressão de Casimir para diversas geometrias, algumas já conhecidas na literatura, acrescidas das correções de temperatura pertinentes. Além destas, outras configurações menos usuais são também examinadas.

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P032

### GERADORES INFINITESIMAIS DO GRUPO DE LORENTZ

Jussara Lincira de Araújo<sup>(\*)</sup>  
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB  
R. de Lima Rodrigues<sup>(b)</sup>  
Universidade Federal da Paraíba, Cajazeiras-PB

Os geradores do grupo de Lorentz são elementos infinitesimais de uma álgebra de Lie, cuja lei de composição, em (3+1)-dimensões, é um conjunto de qua-

tro equações lineares, denominadas de transformações de Lorentz ( $x^\mu \rightarrow x'^\mu = \Lambda^\mu_\nu x^\nu$ ), que governam o estudo de teorias relativísticas. Tais transformações ocorrem entre vetores do espaço de Minkowski, sobre o qual é construída a relatividade especial. Verifica-se a invariância do produto escalar e das equações de Maxwell em relação às transformações de Lorentz. As coordenadas do quadri-vetor posição contravariante ( $x^\mu$  ( $\mu = 0, 1, 2, 3$ )) no espaço-tempo da relatividade de Einstein são distinguidas em componente temporal  $x^0 = ct$  e coordenadas espaciais  $x^j$  ( $j = 1, 2, 3$ ), isto é,  $x^\mu = (ct, \vec{x})$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo. Utilizaremos a métrica de Bjorken-Drell ( $g^{\mu\nu}$ ), cujo elemento da diagonal é (1,-1,-1,-1) proveniente da invariância do elemento de linha  $ds^2 = c^2 dt^2 - d\vec{r}^2$  que caracteriza o espaço de Minkowski. Neste painel, apresentaremos uma abordagem pedagógica para uma realização da representação infinitesimal da álgebra de Lie do grupo de Lorentz SO(3,1). As transformações de Lorentz deixam a seguinte forma quadrática invariante:  $(ct)^2 - (x^1)^2 - (x^2)^2 - (x^3)^2$ , proporcionando três geradores de rotação correspondentes ao momento angular orbital e três geradores correspondentes aos boosts de Lorentz. Na relatividade especial de Einstein, é postulado que a velocidade da luz é a mesma para todos os referenciais inerciais.

(\*) Bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: CENDF176@VM.NPD.UFPB.BR

(b) E-mail: RAFAEL@DFJP.UFPB.BR. FAX (083)531.3046.

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P033

### EVIDÊNCIA DE INTERMITÊNCIA CAÓTICA NO MODELO DE DUFFING PARA UM OSCILADOR ELETRÔNICO NÃO LINEAR.

Luiz Cleber Tavares de Brito, Elinei Pinto dos Santos, Petrus Alcantara Jr.

Departamento de Física - UFPA

Um oscilador eletrônico composto da associação em série de um resistor, um indutor e um capacitor não linear, forçado por uma fonte externa periódica, mostra a ocorrência de uma rica dinâmica incluindo geração de harmônicos, sub-harmônicos e caos, dependendo da região de parâmetros de controle (amplitude e frequência da fonte externa). Um tal oscilador é descrito pela equação diferencial de Duffing e, até o presente, ao nosso conhecimento, caos ocorre segundo uma rota de Feigenbaum em virtude de não linearidades geradas pelo capacitor, em regiões específicas de frequência, pelo aumento da amplitude da voltagem externa aplicada. Simulações numéricas da equação de Duffing em condições específicas nos permitem, no entanto, observar a ocorrência de um regime caótico intermitente. Neste trabalho apresentamos resultados do estudo de efeitos não

lineares que podem ocorrer no modelo de Duffing para o oscilador eletrônico não linear, e mostramos que existem condições em que o sistema entra em regime de oscilações caóticas intermitentes. (CNPq, PROESP/UFPA)

FUN 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P034

### DINÂMICA NÃO LINEAR DE UM OSCILADOR ELETRÔNICO: EXPERIMENTOS

Samuel Maciel Correa, Luiz Cleber Tavares de Brito, Petrus Alcantara Jr.

Departamento de Física - UFPA

Apresentamos resultados experimentais da ocorrência de efeitos não lineares diversos em um circuito eletrônico constituído por uma associação série de um resistor, um indutor e um diodo retificador, excitado por uma tensão externa periódica. A não linearidade do circuito é gerada pelo diodo que, na fase reversa, apresenta características capacitivas não lineares. Os resultados mostram que a saída do circuito apresenta cascatas harmônicas e sub-harmônicas levando a comportamento caótico, dependendo da região de parâmetros de controle explorada. Os parâmetros de controle variados no experimento são a amplitude e a frequência da fonte de alimentação. Os resultados são comparados com um modelo teórico baseado numa equação tipo Duffing e observa-se bom acordo qualitativo entre os resultados numéricos e experimentais. (CNPq, PROESP/UFPA)

# Instrumentação

INS 1 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 8:30

## UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS RESSONANTES PARA CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS

ERIVALDO MONTARROYOS, VICTOR  
EMANNUEL ALECAR ARAÚJO MAIA, ANDRÉSSA  
JULIANA PIMENTEL  
UFPE

Neste trabalho apresentamos um resumo de algumas técnicas de sistemas ressonantes utilizadas para caracterização de materiais. Duas dessas técnicas estão sendo desenvolvidas no DF, uma delas "técnica REED AC" é utilizada para medidas de magnetização e susceptibilidade ac e dc, e a outra "Técnica REED RF" é utilizada para medidas de propriedades elásticas, magneto-elásticas, domínios magnéticos, defeitos etc. Resultados preliminares serão apresentados e analisados.

INS 1 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 8:50

## Desenvolvimento de uma Fonte de Alimentação Regulada, Estabilizada e Ajustável para o Controle da Corrente de uma Lâmpada de tungstênio

L. M. Abreu, I. Pepe  
Instituto de Física (LaPO) Universidade Federal da  
Bahia

O Laboratório de Propriedades Óticas em seus trabalhos em fotoacústica, teve necessidade de uma lâmpada de tungstênio que tivesse o seu brilho estabilizado e ajustável. Este equipamento é indispensável para a melhoria dos resultados obtidos nesse tipo de espectroscopia. A partir dessa necessidade, desenvolvemos uma fonte de alimentação regulada e estabilizada, de forma a obter um brilho constante da fonte de luz. Inicialmente dimensionamos a corrente de trabalho da lâmpada para uma intensidade máxima de aproximadamente 10 ampères, para uma tensão de aproximadamente 20 volts. A variação então poderia ser de 10 a 20 volts, faixa de variação adequada as nossas necessidades. Um circuito de rampa de corrente automática foi implementado, tanto para ciclo de energização, quanto no desligamento. Esta prática visa aumentar a vida útil da lâmpada. Utilizamos como base para o projeto uma fonte de alimentação de marca ITAÚ VOLT, modelo FA5140/50, que estava disponível no laboratório. Dela aproveitamos: o transformador, capaz de fornecer até 3400 VA; os diodos da ponte de retificação, de alta potência; os capacitores de filtragem, e finalmente, o banco de transistores de saída, formado por 14 transistores do tipo 2N3055, montados em paralelo. A partir deste do material recuperado, desenvolvemos o novo projeto, baseado

no circuito integrado regulador de tensão LM723, da National Semiconductors, que atende idealmente a todos os nossos requisitos de regulação (variação típica de 0.02% da tensão de saída) e estabilidade térmica (variação típica de 0.003% da tensão de saída).

INS 1 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 9:10

## Reativação de um equipamento de Termoluminescência

Alisson F.C.C., R.N.Naziazeno, I. Pepe, B. L. Pepe  
Instituto de Física (LaPO) - Universidade Federal da  
Bahia

Quando um cristal iônico, é exposto a uma radiação ionizante parte da energia fica armazenada nos centros de cor do cristal. Aquecendo-se então este cristal, e uma vez atingida a chamada temperatura de radiação, a energia pode ser liberada em forma de luz. O sólido que emite luz desta forma é dito termoluminescente e o fenômeno é denominado Termoluminescência. Nosso trabalho constituiu em revisar e reparar um equipamento de Termoluminescência, de forma a possibilitar a reativação do mesmo. Inicialmente desmontamos e testamos a base da fotomultiplicadora. Esta base é constituída por uma cadeia de divisores de tensão. Os resistores defeituosos assim como as conexões foram substituídas e/ou refeitas. Em seguida revisamos o circuito pre-amplificador (ganho 100) do sinal da fotomultiplicadora, sendo este constituído de um primeiro estágio inversor e um segundo estágio não inversor. Foi observado uma oscilação em torno de 10kHz, para corrigi-la foram adicionados quatro capacitores de desacoplamento ao circuito. Também foi adicionado um circuito de filtragem entre a saída do primeiro estágio e a entrada do segundo amplificador. A próxima etapa será o teste dinâmico da fotomultiplicadora, com o auxílio de diodos emissores de luz (LED) e uma fonte de corrente ajustável e estabilizada. Dependendo da estabilidade de emissão do LED, poderemos usar este tipo de teste como rotina de calibração da fotomultiplicadora. O forno assim como o circuito de controle de temperatura serão testados e eventualmente reparados.

INS 1 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 9:30

## Desenvolvimento de uma Câmara bi-Dimensional de Fios para ser usada no Experimento FOCUS - E-831/FERMILAB

I. Pepe  
Instituto de Física (LaPO) - Universidade Federal da  
Bahia  
A. F. Barbosa e J. Anjos

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - Rio de Janeiro  
A sistemática da produção de quarks pesados tem sido muito mais estudada, tanto teórica, quanto experimen-

tamente, através da investigação dos canais hadronicos de produç ao desses quarks. O esforço feito no estudo dos canais de fotoproduç ao, tem sido muito menor, tendo resultado num unico modelo aplicavel: o modelo da fusão Foton-Gluon (PGF model). O experimento FOCUS (E-831), em andamento no FERMILAB, tem por objetivo a acumulacão e o estudo spectroscopico de aproximadamente um milhão de eventos reconstruidos de particulas de Charme, assim como a investigação de diferentes canais de decaimento, dessas particulas. Este experimento é fruto da colaboração de mais de 10 de universidades e centros de pesquisa, da Europa, Asia e das Americas, sendo que o Brasil esta representado pelo CBPF- Rio. Na colaboraç ao da E-831, o grupo do CBPF ficou responsavel pelo desenvolvimento de uma camara de fios, capaz de detetar o perfil em duas dimensões, do feixe incidente no radiador. Este detetor deve poder contar ate  $10E7$  particulas / s. O prototipo é composto de 64 fios independentes, com um espaçamento de 1 mm entre os fios, e uma distância de 3.2 mm entre os fios de anodo e os de catodos. Os sinais independentes de cada fio, são inicialmente pre-amplificados e em seguida discriminados, gerando um sinal lógico, do tipo ECL, que sera transportado (300 pes) até a sala de contagem.

INS 2 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 10:30

**ENSAIOS PRELIMINARES DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA A CÂMARA DE ALTAS TEMPERATURAS DO DIFRATÔMETRO DE RAIOS-X RIGAKU RU-200**

Milton Souza Bastos, Paulo César Machado de Abreu Farias

Escola Politécnica - Universidade Federal da Bahia  
Iuri Pepe

Instituto de Física (LaPO) - Universidade Federal da Bahia

O objetivo deste trabalho é projetar um sistema de controle para a câmara de altas temperaturas do aparelho de raio X do Laboratório de Cristalografia do Instituto de Física da UFBA. O sistema é formado por uma placa para comunicação de dados, que digitaliza e transfere o sinal de temperatura da camara para um microcomputador (PC). Na determinação dos parâmetros dinâmicos do sistema, foi implementado um programa de aquisição que apresenta na tela do PC a evolução temporal da resposta do sistema a aplicação de uma função degrau de corrente. Com os dados adquiridos, ajustou-se um modelo para que fosse possível levantar a função de transferência do forno. Atualmente estamos trabalhando no sentido de obter o modelo discreto do forno; para em seguida testarmos sua estabilidade em função do período de amostragem na cadeia de aquisição, e finalmente gerar

um algoritmo de controle eficiente. O sinal do controlador digital será enviado de volta ao sistema via placa de interface e atuará sobre o ângulo de disparo dos tiristores no circuito de potência do forno.

INS 2 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 10:50

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA PARA ESTUDAR TENDÕES SOB TENSÃO**

M.L.C.Cavalcante, M.A.V.da Silva, J.A.D.Leite

Departamento de Cirurgia - UFC

F.E.A.Melo, J.Mendes-Filho, P.T.C.Freire e I.Guedes

Departamento de Física - UFC

A Hanseníase é uma doença dermato-neurológica que leva secundariamente à deformidades físicas decorrentes de lesões nevrosas. A elevada ocorrência de incapacitação física nos portadores desta doença, levou-nos a estudar o comportamento dos tendões, visto que a maioria das técnicas já descritas na literatura vêm neste tipo de estudo uma possível forma de recuperação dos pacientes portadores de hanseníase. Em nosso estudo, utilizamos tendões extensores da mão de cadáveres que foram submetidos ao estudo experimntal em laboratório através de uma máquina de pressão capaz de aplicar tensões acoplada a um equipamento de alta confiabilidade para medidas de força externa aplicada. Realizamos ensaios de tração, com carga lenta e progressiva e analisamos os diagramas obtidos para o estudo biomecânico dos tendões. Nesta análise levamos em conta os seguintes parâmetros: pressão, carga máxima tensão de ruptura, deformação máxima e tensão de microrupturas. Como resultado das análises, concluímos que a aplicação de tensões podem levar a falhas microscópicas das fibras de colágeno embora deixem o tendão intacto macroscopicamente. Tal efeito é importante no diagnóstico clínico sobre o uso de diversas técnicas que utilizam tendões após a divisão em bandaletas.

INS 2 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 11:10

**DESENVOLVIMENTO DE MICRODISPOSITIVO DE ONDAS ACÚSTICAS PARA APLICAÇÃO EM SENSORES**

Luiz C. G. e Silva

UFPE

Edval J. P. Santos

UFPE

Este trabalho visa o desenvolvimento de um microdispositivo para ser utilizado como sensor. O princípio de funcionamento é baseado na alteração da velocidade e amplitude (atenuação) das ondas acústicas que propagam na superfície do dispositivo. Ondas acústicas podem ser geradas em cristais piezoelétricos através do

acoplamento eletroacústico. Esses dispositivos são denominados de dispositivos S.A.W. ("Surface Acoustic Wave Devices"). Técnicas de microeletrônica (e.g., fotolitográfica, evaporação e pulverização de metais, etc) são utilizadas no processo de fabricação. Dispositivos S.A.W. tem uma larga faixa de aplicação, que vai de radares a aparelhos de TV, de sensores para indústria petroquímica a sensores biomédicos. Além de ser um dispositivo de interesse em física para se estudar efeitos fotoacústicos. Inicialmente os dispositivos S.A.W. estão sendo fabricados em substratos piezoelétricos. Porém, tem-se também como objetivo desenvolver dispositivos em filmes finos piezoelétricos, com a vantagem de que o sensor possa ser integrado em substratos de silício (que é um material não-piezoelétrico). Filmes finos piezoelétricos de óxido de zinco podem ser fabricados pela técnica de pulverização anódica de um alvo de zinco em um plasma de oxigênio. Uma outra vantagem de filmes finos piezoelétricos é a possibilidade de excitar outros tipos de ondas acústicas, e.g., ondas Lamb, ondas Love, as quais permitem a utilização desses sensores em líquidos, que é uma área de aplicação de grande interesse atual. Serão apresentados as etapas de processo para a fabricação do S.A.W., assim como os resultados de sua caracterização elétrica.

INS 2 - 28/11/96 - Auditório Pirambu 11:30

### PROCESSO ÓTICO DE FRANJAS PARA MEDIDAS DE ESPAÇO E TEMPO EM EXPERIÊNCIAS DE CINEMÁTICA

Erivaldo Montarroyos

Departamento de Física - UFPE

Medidas de espaço/tempo em experiências de cinemática sempre foram difíceis de serem implementadas. Para pequenos deslocamentos normalmente utiliza-se o interferômetro de Michelson que dá uma resolução de até 1/2 comprimento de onda. Quando queremos medir deslocamentos maiores que milímetros Michelson torna-se inconveniente devido ao grande número de pulsos (interferência) a serem contados, e a sua grande sensibilidade a pequenas vibrações. Neste nosso trabalho apresentamos uma nova opção para medidas de deslocamento/tempo baseado em um processo ótico de superposição de franjas claras e escuras. A resolução espacial deste sistema é igual a largura da franja ou a separação entre elas. No nosso caso trabalhamos com franjas de largura 0.247mm sendo esta a resolução espacial, podendo, no entanto ser menor. Do mesmo modo que o interferômetro de Michelson, a distancia é medida contando-se os pulsos em um detector ótico. O tempo é obtido medindo-se, em tempo real, o instante em que cada pulso acontece ou, para ter uma melhor resolução, o tempo em que cada transição de subida e de descida do sinal acontece. A resolução temporal vai depender da velocidade do sis-

tema de leitura dos dados, da separação entre as franjas e da velocidade máxima do objeto em estudo.

INS 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P011

### MEDIDA DE INTENSIDADE LUMINOSA VIA PORTA PARALELA DO MICRO PC

Richer Mota da Silva, Alessandra Souza Freitas, José  
Maurício de Souza Junior, Marcelo Andrade Macêdo  
UFS

A proposta deste trabalho é apresentar uma forma muito simples de medir intensidade luminosa via porta paralela do micro PC. O sensor de luz usado foi um resistor dependente de luz o qual faz parte de um circuito oscilador baseado no integrado LM 555. A saída deste oscilador é conectada à entrada de um frequencímetro composto de 3 contadores de quatro bits (74161) conectados em cascata, dando no total doze bits na saída. As saídas dos contadores estão conectadas a dois latches de oito bits (74273) que armazenam o valor digital da frequência para que o computador faça a aquisição. No presente momento, está sendo testado o protocolo de aquisição dos dados via a porta paralela para que em seguida seja efetuada as medidas de intensidade luminosa. O circuito acima descrito e o software para aquisição dos dados foram propostos originalmente por Fagundes et al [1] para medida de temperatura.

[1] Fagundes et al. Usando a Porta Paralela do Micro PC. Revista de Ensino de Física, V.17, 2 (1995).

INS 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P012

### ELABORAÇÃO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS PARA AQUISIÇÃO DE DADOS

Délio Costa Cavalcanti, Marcelo Andrade Macêdo  
UFS

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema computacional capaz de gerenciar todo o processo de medida dos filmes finos obtidos via processo sol-gel. O sistema é constituído de programas para aquisição de dados das medidas voltametria cíclica, pulsos potencioestáticos, pulsos galvanostáticos e transmissão ótica. A aparelhagem experimental utilizada foi composta por uma cela eletroquímica, que contém a amostra a ser caracterizada, a estação de aquisição de dados responsável pela aplicação de voltagem ou corrente e a leitura do sinal de resposta da amostra, uma ponte eletroquímica conectada a cela eletroquímica e um micro computador responsável pela automação experimental. O programa foi implementado na linguagem de programação Visual Basic versão 3.0 que possui como característica ser uma linguagem for windows orientada a eventos. De maneira geral o sistema é constituído basicamente de quatro subprogramas responsáveis pela aplicação das medidas

voltametria cíclica, pulsos potencioestáticos, transmissão ótica e pulsos galvanostáticos. Cada subprograma é composto por uma entrada de dados, onde o usuário entra com as informações referentes ao tipo de medida e uma tela de apresentação gráfica em que os resultados medidos são plotados em um gráfico permitindo o seu acompanhamento. Os teste práticos realizados no programa utilizaram amostras com respostas previamente conhecidas obtiveram resultados satisfatórios.

INS 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P013

### DESENVOLVIMENTO DE UM ISOLADOR ÓPTICO BASEADO NO EFEITO FARADAY

Mércia Liane de Oliveira, Luciene da Silva Demenicis, Antonio Azevedo, Anderson Stevens Leonidas Gomes, Cid Bartolomeu de Araújo, Sérgio Machado Rezende

Universidade Federal de Pernambuco

A necessidade de proteger o sistema de reflexões externas que, possam provocar distúrbios na frequência e na amplitude de lasers semicondutores, levou ao desenvolvimento de isoladores ópticos, que são dispositivos capazes de transmitir a luz num sentido e impedir o seu retorno. O isolador Magneto-Óptico (M-O) é um tipo de isolador bastante eficiente e cujo princípio de funcionamento se baseia na rotação gerada por Efeito Faraday. O isolador M-O consiste de um polarizador linear, um cristal M-O sujeito a um campo magnético longitudinal e um segundo polarizador defasado do primeiro de  $45^\circ$ . Neste projeto utiliza-se um cristal cilíndrico de YIG (yttrium iron garnet), que apresenta, para  $1.55 \mu\text{m}$ , uma excelente transparência associada a uma alta rotação (por Efeito Faraday) por unidade de comprimento. Como o ângulo de rotação é função do comprimento de onda e do comprimento do material (para o YIG em  $1.55 \mu\text{m}$  a relação entre o ângulo de rotação e o comprimento é de  $-17.30/\text{mm}$ ) faz-se necessário caracterizá-lo e assim saber com exatidão qual o comprimento necessário (aproximadamente 2.6 mm) para que a polarização rotacione de  $45^\circ$  quando a magnetização estiver saturada (1.2kG). Após concluída esta fase de caracterização e montagem do protótipo, se partirá para a confecção do isolador, que deverá apresentar as seguintes características: 60dB de isolamento, 1dB de perda por inserção e os menores comprimento e diâmetro possíveis (idealmente 6cm de comprimento e 2cm de diâmetro). Tais resultados só serão alcançados após a deposição de uma camada anti-refletora com um índice de refração de 1.48 (usualmente utiliza-se o  $\text{SiO}_2$ ), capaz de promover o casamento entre os índices de refração do ar, 1, e o do YIG, 2.2.

INS 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P014

### UTILIZAÇÃO DO EFEITO OVERHAUSER PARA AUMENTO DA RELAÇÃO SINAL-RUÍDO EM IMAGENS TOMOGRÁFICAS POR RMN EM CAMPOS MAGNÉTICOS ULTRA-BAIXOS

Paulo Loureiro de Sousa, Mario Engelsberg, Ricardo Emmanuel de Souza

Grupo de Espectroscopia e Imagens por RMN Dpto. de Física - UFPE - Recife - PE

A Tomografia por Ressonância Magnética Nuclear (MRI) tornou-se rapidamente uma ferramenta de grande importância nos diagnósticos médicos, logo após seu aparecimento em 1973 [1]. Apesar disso, sua difusão tem sido relativamente limitada devido aos altos custos de manutenção e instalação que acabam sendo repassados ao custo dos exames. Uma vez que o custo total é determinado pela intensidade do campo magnético utilizado, tem sido sugerido [2] que o desenvolvimento de tomógrafos de campos ultra-baixos ( $\sim 10\text{mT}$ ) pode ser uma opção aos aparelhos comerciais de campos altos ( $\sim 1\text{T}$ ). Assim, vários grupos de pesquisa vêm investindo no estudo de novas técnicas visando aumentar a relação sinal-ruído de MRI em campos baixos, tornando-as mais competitivas. Entre estas novas técnicas encontram-se a detecção de sinais com bobinas feitas de fios supercondutores de alta temperatura [3] e a utilização do efeito Overhauser para aumentar o contraste de imagens em MRI [4].

Neste trabalho apresentamos resultados preliminares da utilização do efeito Overhauser em MRI obtidos em um tomógrafo de 16 mT construído em nosso laboratório [5]. Um aumento no contraste de pelo menos 5 vezes foi obtido, até o momento. Esta é a fase inicial de um estudo mais longo que inclui como um dos objetivos o melhoramento das imagens de MRI em campos ultra-baixos.

[1] P. C. Lauterbur, *Nature* (London), 242, 190 (1973)  
P. Mansfield and P. K. Grannell, *J.Phys. C.*, 6, L422 (1973)

[2] D. Schneider, *Scientific American*, março, pg. 22 (1995)

[3] S. R. Jefferts, T. Heavner, P. Hayes, and G. H. Dunn, *Rev.Sci.Instrum.*, 64 (3), (1993);

[4] Lurie D.J., Bussel D.M., Bell L.H. and Mallard J.R. *J.Magn.Reson.* 76, 366-370 (1988);

[5] G.C.do Nascimento, M.Engelsberg and Ricardo E. de Souza, *Meas.Sci.Technol.* 3, 370-374 (1992) G.C.do Nascimento, R.E. de Souza, M.Engelsberg, *J.Phys.E: Sci.Instrum.* 22, 774-9 (1989)

**APLICAÇÃO DA CÉLULA FOTOACÚSTICA  
ABERTA(OPC) NO ESTUDO DO  $O_2$   
EVOLUÍDO E ENERGIA ARMAZENADA  
EM FOLHAS DE SOJA**

Antonio Carlos Pereira, José Raimundo Rodrigues  
Siqueira

Universidade Federal do Maranhão-UFMA

Antonio Manoel Mansanares, Edson Corrêa da Silva e  
Helion Vargas

Instituto de Física Gleb Wataghin-UNICAMP

Norberto Cella

Inst. Politécnico-Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro

O estudo de sistemas vegetais com uso da OPC *in vivo* e *in situ* nos últimos anos tem evoluído de forma significativa, pois permite o acompanhamento de processos fisiológicos de vegetais durante o crescimento. O sinal fotoacústico obtido de folhas vegetais, após absorção de luz modulada, é a soma de duas contribuições principais: fotobárica e fototérmica. A contribuição fotobárica é devido a liberação de oxigênio resultante do processo de fotossíntese e a fototérmica resulta do processo de desexcitação não radiativa das moléculas. Ambas as contribuições geram ondas de pressão detectadas pelo microfone de eletreto de baixo custo (na OPC). Essas contribuições são separadas com a incidência de luz branca contínua com intensidade de aproximadamente  $250W/m^2$ . A incidência da luz branca produz os efeitos positivo e negativo, que dependem da frequência de modulação, usualmente 17 Hz para o efeito negativo e acima de 200 Hz para o positivo. Os dados obtidos permitem determinar o oxigênio evoluído da folha e determinar o percentual de energia armazenada. Neste trabalho, monitoramos o oxigênio evoluído e a energia armazenada em folhas de soja tratada com  $Cd(NO_3)_2$ . Utilizamos dois grupos constituídos por cinco plantas sendo um deles denominado controle e o outro experimento. Aplicamos ao conjunto experimento várias doses de nitrato de cádmio a 100 ppm. Os resultados obtidos em três etapas do crescimento das amostras de soja, através dos efeitos negativo e positivo, mostraram uma redução em torno de 60% na taxa de evolução de  $O_2$  nas amostras tratadas após três semanas, seguida de sensível recuperação após seis semanas. Resultados semelhantes foram observados para a energia armazenada.

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM FORNO  
ESPECIAL PARA TRATAMENTOS  
TÉRMICOS EM ATMOSFERAS  
CONTROLADAS**

John Kennedy de Oliveira Fernandes, José Fernandes  
de Lima, Mário Ernesto Giroldo Valerio  
UFS

As propriedades dos sólidos de uma maneira geral podem sofrer alterações consideráveis quando submetidos a tratamentos térmicos prévios às medidas. Estes efeitos podem ser obtidos modificando-se as condições nas quais o tratamento térmico é feito. Neste projeto construímos um forno no qual todo o tratamento térmico é feito dentro de condições que podem ser especificadas pelo usuário. Nos fornos comerciais, para tratamentos térmicos a atmosfera, a qual está imerso o material não se mantém quando se deseja fazer um resfriamento rápido após um tratamento térmico. No nosso caso este problema é resolvido pela conexão da câmara de resfriamento ao forno o que nos dá melhores condições para um tratamento adequado. O forno foi projetado e construído em cinco partes básicas: i) o forno (região quente) propriamente dita; ii) entradas para a bomba de vácuo e gás; iii) pistão pneumático para a movimentação da amostra; iv) câmara de resfriamento; v) saída de gás. A medida de temperatura é feita por termopares localizados nas partes i) e iv). Os resultados parciais obtidos foram a construção e o funcionamento do forno, bem como da câmara de resfriamento. O equipamento descrito acima é de grande utilidade na investigação de "novos materiais" por apresentar características peculiares não encontrados nos fornos comerciais. (Apoio CNPq).

**Tentativa de sistematização do método para a  
reciclagem da sucata de alumínio**

E. Mascarenhas, I. Pepe  
Instituto de Física (LaPO) - Universidade Federal da  
Bahia

Face a escassez dos metais, torna-se necessário, por razões ambientais e econômicas, a reciclagem e a reutilização destes. Este é claramente o caso do alumínio, segundo metal mais usado pelo homem moderno.

Distinguimos dois diferentes tipos de sucata de alumínio, assim como o processo de reciclagem dos mesmos. O primeiro, é a sucata formada por utensílios de cozinha, esquadrias e chapas, cujo rendimento na reciclagem por fusão em forno de cadinho, é da ordem de 90%. Na reciclagem destes materiais, os gases de exaustão são normalmente pouco poluentes, e pouco abundantes. O segundo tipo de sucata, formado por latas de cervejas e refrigerantes, rejeito de usinagem, escória de

fusão e embalagens em geral, cujo processo de reciclagem necessita de fornos especiais do tipo rotativo, tem um rendimento na fusão, inferior a 70%. Este outro método de reciclagem, requer filtragem especial para os gases de exaustão, sendo que a maioria das indústrias não seguem estas determinações por motivo de custo, contaminando assim o meio ambiente. A proposta deste trabalho é determinar as causas desta diferença no rendimento na reciclagem dos dois tipos de sucata. E tentar, utilizando o segundo tipo de sucata, obter o mesmo rendimento do primeiro tipo, estabelecendo a sistematização do processo e a instrumentação necessária para tanto. Esta sistematização é de grande importância para as empresas e micro-empresas de reciclagem do Estado da Bahia, já que o percentual de rendimento na reciclagem do alumínio dessas empresas é consideravelmente inferior aos números acima citados.

INS 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P018

**AUTOMAÇÃO DAS MEDIDAS DE Z-SCAN**  
JANDIR MIGUEL HICKMANN, DILSON PEREIRA  
CAETANO  
UFAL

Dentre as diversas técnicas de medida da não linearidade de meios não lineares, a técnica z-scan se destaca por apresentar boa precisão nos resultados e um aparato experimental simples. Visando a automação da técnica, implementamos um sistema integrado de controle para motor de passo e aquisição de dados acoplado a um microcomputador, via interface de comunicação serial RS232. Desta forma pretendemos realizar tanto o movimento da amostra, de forma precisa, quanto a digitalização dos sinais provenientes dos detetores, que é a característica da técnica z-scan, à medida que a amostra é transladada. Desenvolvemos também o software necessário para as medidas. Com tal sistema montado, passamos a realizar a medida do índice de refração não linear de algumas amostras de forma a demonstrar a praticidade do sistema.

INS 4 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 10:30

**CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA  
AUTOMATIZADO PARA MEDIDAS DE  
RESISTIVIDADE E  
MAGNETORESISTÊNCIA EM CAMPOS  
ALTOS**

Nélio Oliveira Ferreira, José Albino Aguiar  
Departamento de Física - UFPE

Neste trabalho descrevemos a construção de um sistema automatizado para medidas de resistividade e magnetoresistência em amostras supercondutoras. O sistema, constituído por uma bobina supercondutora, um sistema criogênico e equipamentos de medida, utiliza o método

das quatro pontas para medir resistividade e magnetoresistência. Este método consiste em aplicar uma corrente na amostra, através de uma fonte de corrente, e medir a tensão que a amostra está submetida com um nanovoltímetro, simultaneamente a este processo a temperatura da amostra é variada e monitorada. Com esses dados e utilizando software desenvolvido em nosso laboratório, podemos traçar o perfil de resistividade em função da temperatura. Para aquisição dos valores de temperatura são utilizados dois sensores: um sensor de platina para temperaturas acima de 30K e um sensor de carbono para temperaturas abaixo de 30K. Esse sistema será acoplado a um susceptômetro e um magnetômetro. Para fazer tal acoplamento foi necessária a confecção das bobinas do susceptômetro que servirá de suporte para o criostato, local onde se localiza a amostra e os sensores de temperatura. Para as medidas de magnetoresistência, utilizamos a bobina supercondutora, que produz altos campos magnéticos, juntamente com o método das quatro pontas, responsável pela aquisição dos dados necessários para realizar o perfil da magnetoresistência em função da temperatura. Com esse sistema, poderemos realizar uma caracterização mais completa de amostras supercondutoras, visto que, além das medidas de resistividade e magnetoresistência, teremos a possibilidade de realizar medidas de magnetização, susceptibilidade ac e, futuramente, medidas de tensão Hall.

INS 4 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 10:50

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
CARACTERIZAÇÃO DE GUIAS DE ONDA**  
Márcio André Rodrigues Cavalcanti de Alencar, Cid  
Bartolomeu de Araújo, Ronaldo Pereira de Melo Jr.  
UFPE

Uma maneira de construir dispositivos opto-eletrônico e fotônicos está baseada na fabricação de guias de onda ópticos, porém, antes que se possa usá-los para este fim, é necessário fazer a caracterização dos mesmos. Nesta caracterização são obtidas as informações necessárias para avaliar o desempenho dos guias na síntese de dispositivos ópticos. A caracterização do guia é realizada analisando os índices de refração associados aos modos de propagação da luz no mesmo. O que é esquematizado da seguinte maneira: a amostra, acoplada a um prisma com índice e ângulo conhecido, é colocada sobre uma plataforma giratória controlada por um motor de passo. Utiliza-se um feixe de laser (modulado por um "chopper") incidindo sobre o prisma, e parte desta luz é acoplada no guia de onda. A plataforma gira, variando assim o ângulo de incidência da luz sobre o guia. Detecta-se a intensidade de luz acoplada no guia na saída do mesmo: os máximos de intensidade correspondem aos modos do guia e do substrato. Relaciona-se cada modos com seu respectivo ângulos de acoplamento, em relação ao do

substrato, que é a referência, e a partir daí calcula-se o índice de refração dos modos do guia. Anteriormente esse processo era realizado utilizando um controlador de motor de passo e um programa de aquisição de dados independentes, o que era uma fonte de erros para a medida. Para contornar este problema, foi desenvolvido um sistema automático de caracterização, onde o controle do motor, aquisição e os cálculos dos índices de refração são feitos por um único programa de controle, que funciona de forma interativa com o experimentador, que continua a ser responsável pela interpretação dos resultados obtidos. Além do programa, o sistema requer um circuito de interface entre o motor e o micro. Com este novo sistema, obteve-se uma diminuição de aproximadamente 2/3 no tempo de caracterização, além de evitar o erro de ser preciso comandar dois equipamentos simultaneamente.

INS 4 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 11:10

### **AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA LEITOR DE TSDC E TSPC**

Carlos Francisco Pereira Cardoso, Mário Ernesto  
Giroldo Valério, José Fernandes Lima  
Universidade Federal de Sergipe

A técnica da corrente de Despolarização e Polarização Termicamente Estimuladas (TSDC e TSPC) são utilizadas no estudo de materiais que contenham defeitos com características dipolares, que não contribuem para a condutividade iônica do cristal. De forma resumida, o método consiste em alinhar os dipolos existentes no material com a direção de um campo elétrico externo bastante intenso, à uma temperatura de polarização  $T_p$ , reduzir a temperatura ainda com o campo aplicado até uma temperatura de congelamento  $T_0$  suficientemente baixa para que a organização obtida não se perca com a agitação térmica e finalmente, elevar controladamente a temperatura e medir simultaneamente a corrente elétrica resultante. Neste trabalho efetuamos a automatização do sistema de medidas TSDC, através da instalação de uma estação de aquisição e controle de dados, a HP 3852A ligada a um microcomputador. O sinal de corrente é fornecido por um eletrometro KEITHLEY 237 e o sinal de temperatura por um termopar do tipo K. Esses sinais são recebidos através de um módulo voltímetro HP 44701A e um multiplexador HP 44705A. Os programas computacionais para comunicação entre estação, sistema leitor e microcomputador, bem como a interação com o usuário foram confeccionados em linguagem Visual Basic.

INS 4 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 11:30

### **MONTAGEM EXPERIMENTAL DE TÉCNICA ÓPTICA PARA AQUISIÇÃO DE CURVAS DE REFLECTÂNCIA DE FILMES FINOS VERSUS ÂNGULO DE INCIDÊNCIA**

Sami Rosenblatt, Antonio Azevedo, Erivaldo  
Montarroyos, Sergio Rezende  
UFPE

Foi desenvolvida uma técnica capaz de fazer aquisição automática de curvas de reflectância de filmes finos versus ângulo de incidência. Através destas medidas, é possível calcular-se simultaneamente espessuras ( $h$ ), índices de refração ( $n$ ) e coeficientes de atenuação ( $k$ ) dos filmes através do ajustamento numérico de expressões teóricas aos dados experimentais. O experimento consiste na medição da intensidade de um feixe de laser linearmente polarizado (comprimento de onda 679nm) refletido na amostra em função do ângulo de incidência. A aquisição do sinal e o controle da posição angular da amostra são realizados automaticamente através de um microcomputador PC-XT. Para possibilitar o deslocamento simultâneo do detector com o filme pesquisado, foi construído um estágio mecânico  $\Theta$ - $2\Theta$ . Foi estudado um filme magnético não-metálico de uma amostra absorvedora de luz de  $(YLa)_3Fe_5O_{12}$  crescida sobre substrato transparente de GGG ("Gadolinium-Gallium-Garnet") de índice de refração 1,96. Resultados preliminares indicam uma espessura da ordem de  $8\mu m$ , um índice de refração da ordem de 2,5 e um coeficiente de atenuação da ordem de 3. A técnica descrita neste trabalho também será utilizada para a medição de espessuras de filmes de polímeros e outros filmes com espessura de 500nm a algumas dezenas de micrometros.

INS 4 - 29/11/96 - Auditório Pirambu 11:50

### **DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AUTOMAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS EM UM SUSCEPTÔMETRO AC**

Clécio Clemente de Souza Silva, José Albino Aguiar  
Departamento de Física-UFPE

O susceptômetro ac é um equipamento largamente usado na caracterização de amostras supercondutoras. Ele baseia-se num transformador composto por uma bobina primária e duas bobinas secundárias, supostamente idênticas, enroladas em série mas em sentidos opostos, afim de obter um sinal de tensão nulo entre seus terminais quando expostas a um campo magnético produzido por um sinal ac aplicado em um dos terminais da bobina primária. Para garantir um sinal o mais próximo de zero possível foi utilizado um amplificador *Lock-in*. Para uma utilização mais prática e eficiente do susceptômetro, foi projetado, pela então aluna de mestrado Candida Schetini, um sistema de *hardware* e *software* para automação e aquisição de dados do susceptômetro, uti-

lizando um computador PC/XT. Visando a adaptação do *software* a um computador PC/AT, mais moderno, assim como seu melhoramento em termos de praticidade, o *software* foi totalmente reformado, sendo implementado e compilado pela linguagem de programação Borland Pascal 7.0. O *software* consiste em: uma unidade de endereçamento de *hardware*, dos sinais digitalizados de susceptibilidade e temperatura, que converte estes sinais provenientes do circuito de aquisição em dados numéricos, organizando-os em arquivos tipo ASCII, e exibe na tela do computador um gráfico susceptibilidade temperatura simultaneamente com a aquisição de dados; uma unidade que permite imprimir tanto os arquivos tipo ASCII quanto os gráficos que aparecem na tela; diversas unidades de apoio à interface com o usuário, como mouse, janelas pop-up entre outras; e um programa principal que organiza estas unidades e permite ao usuário selecionar entre algumas opções num menu principal. A unidade de endereçamento tem ainda uma função importante que é o da automação do equipamento. O programa faz o endereçamento do circuito controlador do motor de passo da haste do porta-amostras, permitindo ao usuário controlar seu movimento via teclado.

# Magnetismo

MAG 1 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P019

## Estudo da linha de irreversibilidade e momento remanente em filmes finos de Nb

Ana Luiza V. S. Rolim, J. Albino Aguiar, J. Marcílio Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco

Propriedades supercondutoras de filmes finos de Nb são analisadas através de medidas de susceptibilidade  $ac$ , magnetização  $dc$  e resistividade elétrica. Os filmes foram depositados em substratos dielétricos por "magnetron sputtering"  $dc$  e  $rf$ . As espessuras destes filmes variam entre 300 Å e 10000 Å.

O diagrama de fase campo magnético - temperatura ( $H - T$ ) obtido através de medidas de magnetização  $dc$  utilizando seqüências de esfriamento a campo nulo ( $ZFC$ ) e em campo ( $FC$ ), revela uma forte dependência da linha de irreversibilidade com a espessura do filme. Filmes mais finos apresentam uma região de irreversibilidade menor no diagrama  $H - T$ . Este efeito é atribuído a danos superficiais causados por tensões ou por defeitos.

É também estudada a fração Meissner em pequenos campos magnéticos obtida de medidas da magnetização  $FC$  normalizada pelo campo interno, bem como a magnetização remanente ( $M_{rem}$ ) em baixa temperatura. Observa-se que a diferença entre as magnetizações  $FC$  e  $ZFC$  ( $M_{FC} - M_{ZFC}$ ) no mesmo intervalo de campos magnéticos e temperatura, onde a fração Meissner varia fortemente com o campo, coincide com as medidas de  $M_{rem}$ , características explicadas através dos modelos de fluxo 'pinning' e de estado vítreo supercondutor. Resultados semelhantes foram observados em cerâmicas e cristais de  $Y - Ba - Cu - O$  por Malozemoff e colaboradores [1].

[1] Malozemoff A.P. et al. PRB 38, 6490 (1988).

Trabalho financiado pela FINEP e CNPq.

MAG 1 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P020

## COMPORTAMENTO DOS ACOPLAMENTOS BILINEAR E BIQUADRÁTICO COM A TEMPERATURA EM TRICAMADAS Fe/Cr/Fe CRESCIDAS POR "SPUTTERING"

Carlos Chesman, Antonio Azevedo, Flavio Aguiar e Sergio Rezende

Departamento de Física-UFPE

X. Bian, S. Parkin

IBM, Almaden Research Center

Em multicamadas magnéticas crescidas por "sputtering" a rugosidade entre as interfaces deve ter uma contribuição importante para o tipo de acoplamento entre as camadas magnéticas. Com o objetivo de verificar

esta contribuição, usamos a técnica de ressonância ferromagnética (FMR) para investigar a dependência com a temperatura dos acoplamentos bilinear e biquadrático de duas tricamadas, Fe(40Å)/Cr(11Å)/Fe(40Å) e Fe(40Å)/Cr(15Å)/Fe(40Å). Estas amostras foram crescidas por "sputtering" de vácuo ultra alto sobre substratos de MgO(100). A primeira amostra (11Å) está no máximo do primeiro pico antiferromagnético, enquanto que a segunda amostra (15Å) está na região onde o acoplamento antiferromagnético é fraco. Em ambas as amostras foi observado o acoplamento biquadrático. Estes acoplamentos foram caracterizados em temperatura ambiente por outras técnicas, tais como: efeito Kerr magneto óptico, magneto-resistência e espalhamento de luz Brillouin. As medidas de FMR foram realizadas na banda-X (9.4GHz) utilizando-se um espectrômetro fabricado no DF-UFPE. O intervalo de temperatura investigado foi de 10 K a 300 K. Nas medidas de FMR giramos a amostra com relação ao campo magnético externo para obtermos a dependência angular dos campos de ressonância dos modos acústico e óptico. Estes campos de ressonância são fortemente influenciados pela variação dos acoplamentos bilinear e biquadrático com a temperatura. Os modos acústico e óptico são os modos normais calculados a partir da equação de torque. Através de ajustes numéricos aos dados experimentais, determinamos o comportamento dos acoplamentos bilinear e biquadrático com a temperatura. Os resultados mostram que a dependência com a temperatura dos acoplamentos para ambas as amostras são diferentes. Uma possibilidade para entendermos este comportamento é supor que a rugosidade é um parâmetro determinante para o tipo de acoplamento entre filmes magnéticos. Agradecimentos: CNPq, CAPES, FINEP, PADCT e FACEPE.

MAG 1 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P021

## Magnetic anisotropies in Fe and Fe/Nd thin films deposited on Si(111)

José R. Fermin, Antônio Azevedo, Sergio M. Rezende  
UFPE

Luis G. Pereira, Sergio Texeira  
UFRGS

Ferromagnetic Resonance (FMR) technique have been used to study magnetic anisotropies on Fe and Fe/Nd thin films. The samples have been grown by electron beam epitaxy onto Si(111) substrates. The measurements were carried out at room temperature and enabled us to determine the in-plane angular dependance of the resonance field and line width. These data are discussed in the framework of a free energy density, including uniaxial and first and second order magnetocrystalline anisotropy. We found that the presence of the Nd increases the uniaxial anisotropy, while diminishes with increasing the Fe layer thickness. The first order mag-

netocrystalline anisotropy is also reduced in films with thinner Fe layer. The symmetry of the resonance field departs from the six-fold symmetry expected for a (111) film. This loss of symmetry is due to the mixture of the in-plane anisotropy with a small misorientation of the film plane respect to (111).

Suporte financeiro: LUZ(Venezuela),CNPq, CAPES, FINEP, PADCT e FACEPE

MAG 1 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P022

**Medidas de Efeito Kerr em filmes finos de (100)  
Fe (40 Å)/Cr (t)/Fe (40 Å)**

Márcio Cabral de Moura, Antonio Azevedo, Flavio  
Menezes de Aguiar, Sergio Machado Rezende

UFPE

Stuart Parkin

IBM Research Division - Almaden Research Center

Filmes finos metálicos magnéticos podem ser utilizados como meio para gravação de dados de grande densidade. As propriedades magnéticas desses filmes são bastante ricas, podendo exibir diferentes tipos de anisotropia. Estruturas artificiais mais sofisticadas são os sanduíches magnéticos: dois filmes magnéticos separados por um filme não magnético (espaçador). Os sanduíches, além das diversas anisotropias também podem apresentar uma mudança no acoplamento entre as camadas magnéticas, de acordo com a espessura do espaçador. Nesse trabalho iremos apresentar resultados obtidos para a magnetização no plano do filme em uma família de sanduíches de Fe (40 Å)/ Cr (t)/ Fe (40 Å), onde a espessura da camada de Cr varia de  $t=5$  Å a  $t=35$  Å e as camadas de Fe têm sempre a espessura de 40 Å. Nesse intervalo da espessura do cromo, o acoplamento entre as camadas de ferro oscila entre ferromagnético e antiferromagnético, com período de aproximadamente 20 Å, à medida que a espessura de cromo vai aumentando. Essas medidas foram feitas utilizando-se um magnetômetro de efeito Kerr equatorial, desenvolvido na UFPE, variando-se o ângulo entre o filme e o campo magnético aplicado de 0 a 180 graus, com incrementos de 10 graus. A variação foi feita no plano do filme. O objetivo dessas medidas detalhadas foi estudar as anisotropias presentes nos filmes. Através das medidas da magnetização paralela e perpendicular ao campo aplicado é possível entender o comportamento da magnetização, levando-se em conta os seguintes termos de energia magnética: Zeeman, acoplamentos de intercâmbio entre camadas bilinear e biquadrático, anisotropia uniaxial e anisotropia cúbica. Simulações numéricas estão em acordo quantitativo com os dados experimentais para um conjunto realístico de parâmetros fenomenológicos correspondentes a essas energias.

Suporte financeiro: CNPq, CAPES, FINEP, PADCT e FACEPE

# Ciência dos Materiais

MAT 1 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 8:30

## ESTUDO E CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS NORMAIS DE VIBRAÇÃO DA L-TREONINA EM T= 20 K

Benedito Lopes da Silva

Fundação Universidade Federal de Rondônia  
Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Ilde Guedes da Silva,  
Marcos Antonio Araújo Silva, Francisco Erivan de  
Abreu Melo, Josué Mendes Filho  
Universidade Federal do Ceará

A L-treonina cristaliza-se no grupo espacial  $D_2^4$  na estrutura ortorrômbica com quatro moléculas por célula unitária. Como acontece com outros cristais de aminoácidos a coesão das moléculas na estrutura cristalina ocorre por intermédio de pontes de hidrogênio. Neste trabalho apresentamos os espectros Raman da L-treonina na temperatura de 20 K nas 4 representações irredutíveis do grupo fator  $D_2$  e fazemos a identificação dos modos externos e dos modos internos baseado num estudo de teoria de grupo. Além disto usamos o conhecimento das vibrações das estruturas  $CH_3$ ,  $NH_3$ ,  $CO$ , em outros cristais de aminoácidos.

MAT 3 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 8:50

## Técnicas de Simulação Numérica para a Determinação das Constantes Óticas Paralela e Transversal de Filmes Orgânicos Finos

Alexandro C. Tenório, Celso P. de Melo

Depto. de Física-Universidade Federal de Pernambuco

Técnicas de simulação numérica e de modelagem molecular foram utilizadas para determinar, a partir de espectros experimentais, os valores dos índices de refração e do coeficiente de absorção ( $n$  e  $k$ ) de filmes orgânicos na região do infravermelho. Com esse método, espectros de reflexão externa, de reflexão interna e de transmissão podem ser simulados para quaisquer valores tanto do ângulo inicial de incidência e do estado de polarização da luz quanto da espessura da amostra. Nesta comunicação apresentamos resultados obtidos a partir de medidas de reflexão interna total com radiação incidente polarizada perpendicular (s-polarizada) e paralela (p-polarizada) ao plano de incidência para as constantes óticas nas direções paralela e transversal (np, nt, kp e kt) de filmes finos de ácido behênico preparados pela técnica de Langmuir-Blodgett (LB). Esses resultados também permitem ilustrar as diferenças que surgem no perfil espectral devido à variação das condições experimentais. Potenciais aplicações deste método incluem a determinação da espessura de filmes poliméricos bem como a melhor seleção da técnica experimental apropriada para a investigação

espectroscópica de uma amostra em particular. (Apoio CNPq, FINEP)

MAT 1 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 9:10

## Desvio do Comportamento tipo "Hopping" de Alcance Variável para Amostras de Polipirrol

Francisco L. dos Santos, Celso P. de Melo

Departamento de Física Universidade Federal de Pernambuco

O modelo de "hopping" de alcance variável, introduzido por Mott para a descrição da condutividade  $\sigma(T)$  de semicondutores inorgânicos amorfos como função da temperatura, tem sido normalmente utilizado para justificar os processos de transferência de carga em amostras de polímeros condutores. Segundo esse modelo, a condutividade desses materiais deveria variar como  $\sigma = \sigma_0 \exp \left[ - (T_0/T)^{-g} \right]$ , e a maior parte dos trabalhos sobre a condutividade de filmes poliméricos busca ajustar os resultados experimentais a esse comportamento. A partir de resultados obtidos em nosso laboratório para a condutividade de amostras de polipirrol, em que um desvio do comportamento padrão pode ser observado, iniciamos uma análise estatística sistemática das curvas  $\sigma(T) \times T$  para esse material disponíveis na literatura. Nossa conclusão é que essas curvas não obedecem ao modelo de condução por "hopping" de alcance variável e que a falta de ajuste deixa uma estrutura de resíduos característica. Em cada caso, o desvio observado pode ser corrigido ao se admitir o comportamento alternativo  $\sigma(T) = \sigma_0 \exp \left[ - (T_1/T)^g \pm (T_2/T)^{2g} \right]$ . Neste trabalho apresentaremos detalhes da análise estatística correspondente e discutiremos as possíveis explicações físicas para o comportamento proposto.

MAT 1 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 9:30

## LOCAL FIELD EFFECTS AND RAMAN SPECTROSCOPY OF THE ANISOTROPIC ORGANIC CRYSTALS

Alexander Ghiner

UFMA

Antonio Jeferson de Deus Moreno

UFMA

Usually the experimental data of the Raman scattering are related directly to a spectrum of the vibrational modes of the elementary cell. But the electromagnetic fields into a cell differ from the external macroscopic field of the incident radiation due to the interaction between the neighbouring cells. Therefore, the nonlinear susceptibilities and Raman scattering of a crystal will be different from those for an elementary cell. We applied results of generalized method of integral equations to calculate the local field factors for linear and non-

linear Raman susceptibilities of the anisotropic crystals. Owing to smallness of the nonlinear polarization it occurs that the vibrational modes resonant frequencies shifts due to the local field effects in the first approximation may be neglected. However, intensity of the scattering and, what is even more important, the tensor properties of the Raman nonlinear susceptibilities may change essentially in comparison with the case of an isolated elementary cell. The theoretical results are used for interpretation of the experimental data concerning the polarization dependencies of the Raman scattering in the organic nonlinear crystals alanin and monohidrated l-asparagin

MAT 1 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 9:50

### **Comportamento Não Ôhmico para Filmes de Polipirrol Condutor a Baixas Temperaturas**

Romero G. de Souza, Francisco L. dos Santos, Celso P. de Melo

Departamento de Física Universidade Federal de Pernambuco

Em sua forma dopada, o polipirrol é um polímero condutor que pode ser preparado em forma de filmes mecanicamente resistentes e estáveis nas condições ambientes. Neste trabalho analisaremos o efeito da temperatura sobre as características elétricas de filmes de polipirrol preparados eletroquimicamente, examinando em particular o comportamento da curva  $V \times I$  correspondente. O caracter ôhmico do material observado à temperatura ambiente (quando a curva  $V \times I$  é linear) é preservado até a temperatura de aproximadamente 80 K. Como seria de esperar para um semicondutor orgânico, o coeficiente angular das retas  $V \times I$ , ou seja a resistência da amostra entre os dois pontos de aplicação da corrente elétrica, diminui com a temperatura. Abaixo de 80 K, porém, começa a se fazer mais perceptível um desvio do comportamento ôhmico, especialmente para valores baixos de tensão e corrente, um desvio que se torna mais forte à medida em que a temperatura diminui. Nesta comunicação serão apresentados detalhes do resultados obtidos para temperaturas na faixa entre 300 K e 24 K. (Apoio CNPq e FINEP)

MAT 2 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 10:30

### **ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO CAULINITA-METACAULINITA ATRAVÉS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X EM TEMPERATURAS ELEVADAS**

Wilson Otto Gomes Batista

Centro Federal de Educação tecnológica da Bahia  
Zbigniew Baran, Dielson Pereira Hohenfeld, Iuri  
Muniz Pepe

Instituto de Física - UFBA

Propomos uma técnica de difração de raios-X em temperaturas elevadas para estimar o índice de cristalinidade de Hinckley - HI (Hinckley D.N., 1963, Clays Clay Miner., 11, 229-235), em qualquer temperatura dentro da faixa 25-600°C. Usamos uma amostra de caulinita bem cristalizada proveniente do Estado do Amazonas. Os difratogramas foram obtidos com uma câmara Rigaku de alta temperatura, usando radiação  $\text{CuK}\alpha$ . As sequências de reflexões 02l.11l e 13l.20l, e as reflexões basais 001 e 002 foram analisadas. Os picos 02l.11l são bem definidos com resolução das reflexões  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$  e  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ . A importante característica observada foi o baixo "background" entre as reflexões 02l e 11l. O grau de desordem estrutural presente na caulinita foi avaliado através do índice HI em função da temperatura. Os dados obtidos mostram que HI cresce de 1.53 (25°C) para 1.64 (160°C) e depois mantém-se constante até 450°C. Com o aumento da temperatura os picos de difração desaparecem após 450°C. Assim no primeiro estágio de aquecimento (25-160°C) certos tipos de defeitos estruturais são provavelmente recozidos, após 160°C a estrutura mantém-se estável. A inspeção dos picos basais 001 e 002 não revela qualquer mudança em posição, intensidade e largura. Com o aumento da temperatura após 450°C a posição dos picos permanecem inalteradas, contudo, é observado um decréscimo na intensidade em torno de 65% e em 510°C a reflexão 001 diminui para 20%. Em 600°C esta reflexão desaparece indicando o colapso da estrutura. Podemos concluir que a transformação da caulinita em metacaulinita inicia-se a partir de 450°C com a destruição da periodicidade da estrutura no plano das camadas (a,b), seguida pela dехidroxilação e remoção de OH da caulinita.

MAT 2 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 10:50

### **ESPECTROS RAMAN DA L-ASPARAGINA MONOHIDRATADA SUJEITA A BAIXAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS**

Antonio Jefferson de Deus Moreno  
Universidade Federal do Maranhão

Paulo de Tarso C. Freire, Francisco Erivan de Abreu  
Melo, Josué Mendes Filho

Universidade Federal do Ceará

Vólia Lemos

Unicamp

Existem evidências da ocorrência de uma transição de fase da l-asparagina monohidratada a aproximadamente 160 K. Como tanto a diminuição de temperatura quanto a aplicação de pressões hidrostáticas levam a redução dos parâmetros de rede, é admitido que o aumento da pressão hidrostática pode fortalecer a evidência da transição de fase supracitada, desde que seja observado uma transição de fase a baixas pressões. A diferença fundamental nestes processos é o vínculo associado a cada

caso. A redução de temperatura produz diminuição na energia do sistema e a aplicação de pressões leva a um estado de maior densidade. Os espectros Raman com pressões compreendidas entre 0 e 0.2 GPa apresentam várias alterações espectrais importantes. Na faixa de frequência correspondente aos modos externos ocorre o surgimento de um pico correspondente a um dos estiramentos  $\nu(A^- - H^- \dots - B)$ . Várias alterações espectrais também são observadas na região dos modos internos. Estas alterações correspondem a aparecimento e desaparecimento de modos. Observamos que todos os modos que surgiram ou desapareceram sempre correspondiam a estruturas ligadas às pontes de hidrogênio. As mudanças no número de modos translacionais somente podem ser explicadas por alterações nas regras de seleção impostas pela simetria do cristal. Portanto, de nossos estudos, afirmamos que a l-asparagina monohidratada apresenta uma transição de fase nesta faixa de pressão. Os valores baixos de pressão hidrostática e a semelhança entre as alterações espectrais apresentadas com pressão e temperatura sugerem que esta transição de fase corresponda à transição de fase sugerida com a temperatura.

MAT 2 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 11:10

### DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO DE EMISSÃO TERMOLUMINESCENTE DO TOPÁZIO

Divanizia do Nascimento Souza, José Fernandes de Lima, Mário Ernesto Giroldo Valerio  
UFS

Neste trabalho investigamos as propriedades termoluminescentes do topázio de diferentes origens visando a determinação dos parâmetros cinéticos. As amostras são provenientes de Minas Gerais e foram classificadas como a seguir: 1 - Topázio transparente, de Acari; 2 - transparente de Santo Antônio do Jacinto; 3 - cinza de Santo Antônio do Jacinto; 4 - azul de Ouro Preto; 5 - amarelo de Ouro Preto; e 6 - laranja de Dom Bosco. As amostras foram trituradas e apenas os grãos entre 0,075 e 0,150mm foram utilizados. As amostras foram divididas em grupos de acordo com os tratamentos térmicos, que variaram de 300 a 800°C, e formas de irradiação ou iluminação, com raios gama, luz ultravioleta e luz visível. Foi utilizado um leitor TL construído no Laboratório de Caracterização dos Materiais -DFI-UFS. A determinação da ordem ciética foi feita pelo método da forma do pico e método dos aquecimentos parciais. A energia de ativação foi obtida pelo método da subida inicial. No topázio 2 o pico 1 apresenta uma cinética de primeira ordem, o pico 2 de segunda ordem e o pico 3 apresenta-se como uma distribuição contínua de picos. As energias de ativação para esta mesma amostra correspondem a 1,27eV para o primeiro pico, 2,06eV para o segundo e 1,86eV para o terceiro. Estes parâmetros já

foram também determinados para as amostras 1, 3 e 4.

MAT 2 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 11:30

### IDENTIFICAÇÃO DOS CENTROS DE EMISSÃO TL DO QUARTZO VISANDO A APLICAÇÃO EM DATAÇÃO ARQUEOLÓGICA E GEOLÓGICA

Murilo da Silva Navarro, Mário Ernesto Giroldo Valerio, José Fernandes de Lima  
UFS

O quartzo é um material extremamente importante no estudo da datação arqueológica e geológica por termoluminescência. Nesse processo a datação é feita comparando-se a intensidade TL da amostra natural com a emissão das amostras submetidas a diferentes tratamentos térmicos e de radiação. A emissão TL está relacionada com a liberação de cargas armadilhadas em defeitos durante a irradiação. Esses defeitos podem ser modificados pelo tratamento térmico. Para que a comparação acima referida possa fazer sentido, é necessário que haja a garantia de que esses defeitos não foram modificados durante o tratamento térmico. Neste trabalho estudamos o efeito da temperatura de tratamento térmico sobre o espectro de emissão TL do quartzo natural. As curvas de emissão foram registradas desde a temperatura ambiente até 300°C. Antes da irradiação com raios gama de  $^{60}\text{Co}$ , as amostras foram recozidas durante 1 hora em um forno de atmosfera aberta, em temperaturas de até 900°C. O espectro de emissão foi medido na faixa de 340 a 600 nm. Identificamos os principais centros de luminescência e verificamos que o efeito da sensibilização decorrente do tratamento térmico é maior quando estudado através da medida da TL total. Propomos também, um modelo de explicação para os centros de emissão encontrados.

MAT 2 - 28/11/96 - Auditório Atalaia 11:50

### TERMOLUMINESCÊNCIA DO $\text{CaF}_2$ DOPADO COM $\text{Al}^{3+}$ E $\text{La}^{3+}$

Adeilson Pessoa de Melo, José Fernandes de Lima, Mário Ernesto Giroldo Valério  
UFS

Alan V. Chadwick  
Univ. of Kent-Canterbury  
Ana Maria G. Figueredo  
IPEN-São Paulo

Neste trabalho estudamos as características da emissão TL do  $\text{CaF}_2$  dopado com  $\text{Al}^{3+}$  comparadas com a TL de amostras puras de  $\text{CaF}_2$  e dopadas com  $\text{La}^{3+}$ . As amostras foram crescidas pelo método de Stockbarger com diferentes concentrações de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{La}^{3+}$ . As concentrações reais foram determinadas por análise de ativação com nêutrons. Após a pulverização e seleção

granulométrica as amostras foram divididas em 5 grupos: i) amostras sem nenhum tratamento; ii) amostras com dose de 200Gy do  $Co^{60}$ ; iii) amostras tratadas a  $600^{\circ}C$  por 10 min. seguidas de um resfriamento rápido e irradiadas com 200Gy do  $Co^{60}$ ; iv) e v) amostras submetidas ao mesmo tratamento térmico e expostas, respectivamente, a luz visível e UV por 1h. Os resultados mostraram que: i) existem 8 picos TL diferentes nas amostras em torno de: 55, 80, 100, 125, 160, 185, 200 e  $240^{\circ}C$ ; ii) o  $Al^{3+}$  induz no  $CaF_2$ , quando exposto aos raios gama, um sinal TL com picos 10 vezes mais intensos que os correspondentes picos das amostras dopadas com  $La^{3+}$  enquanto que as amostras puras têm uma maior sensibilidade a luz UV; iii) quando a concentração de  $La^{3+}$  aumenta, a intensidade TL dos picos aumenta e para as amostras dopadas com  $Al^{3+}$  a intensidade máxima ocorre para 0,2 mol% do dopante, iv) a emissão em 480 nm é devido a centros de recombinação de origem intrínseca enquanto que a emissão identificada em 570 nm é devida ao íon  $Al^{3+}$ .

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P023

### ESTUDO DOS DEFEITOS NO $BaLiF_3$ DOPADO COM $Pb^{2+}$ E $Ni^{2+}$ UTILIZANDO A TÉCNICA DE TSDC

Ana Gardênia Santos Manguiera, Jackson Araujo de  
Oliveira, Mário Ernesto Giroldo Valerio, José  
Fernandes de Lima

UFS

Lucia Prado, Sônia Lícia Baldochi, Nilson Dias Vieira  
Júnior, Spero Penha Morato

IPEN

O  $BaLiF_3$  é um cristal iônico de estrutura conhecida como perovskita invertida com os cátions  $Ba^{2+}$  e o  $Li^+$  e os íons  $F^-$  ocupando sítios de simetria  $O_h$  e  $D_{4h}$  respectivamente. O conhecimento da estrutura dos defeitos intrínsecos e os gerados por impurezas neste material é de grande importância no que se refere a aplicação em lasers e dispositivos ópticos. Trabalhos recentes demonstraram a possibilidade de dissolver íons divalentes na estrutura do  $BaLiF_3$ . Neste trabalho estamos estudando a influência destes íons relacionada com o mecanismo de despolarização do  $BaLiF_3$ . Para isto estamos utilizando a técnica de TSDC que consiste em medir, segundo um programa térmico escolhido, a corrente gerada pela despolarização de um sólido dielétrico inserido entre dois eletrodos. Na TSDC, polariza-se a amostra a uma certa temperatura seguida de um resfriamento congelando esta polarização a temperaturas próximas do  $N_2$  líquido. A despolarização é observada durante o aquecimento da amostra. As amostras foram crescidas pela técnica de Czochralski em atmosfera dinâmica hidrofúorinante. Estamos estudando amostras de  $BaLiF_3$  pura e dopadas com  $Pb^{2+}$  (em duas concentrações 0,3 e 1,0 mol%) e com

$Ni^{2+}$  (concentração de 0,95 mol%) aplicando-se tensões de polarização de 100 a 1000V num intervalo de temperatura de 90 a 350K. A taxa de aquecimento utilizada na fase de despolarização foi de 2K/min. Estamos fazendo análises no intuito de determinar quais são os parâmetros que conseguem modificar as características dos picos de TSDC e determinar a natureza dos fenômenos microscópicos das relaxações principais.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P024

### Efeito dos Parâmetros de Preparação sobre a Morfologia e a Condutividade de Filmes Poliméricos Auto-Montados

M. Virgínia Barbosa\*, Jayme D. R. Filho†,  
Clécio G. dos Santos\*, Celso P. de Melo\*

\*Departamento de Física †, Departamento de Química  
Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco

A auto-montagem é uma técnica simples de preparação de multicamadas organizadas a partir de soluções aquosas dos materiais de interesse. Usando substratos previamente tratados, através de adsorções sucessivas é possível preparar filmes poliméricos com ordem estrutural a nível molecular. Nesta comunicação apresentamos os resultados de um estudo sobre como as condições de preparação influenciam a qualidade dos filmes de polímeros conjugados, em especial filmes auto-montados obtidos a partir de soluções aquosas da polianilina (PAN) e do poli-3.ácido-tiofenoacético (P3ATA). Usando como critério inicial da qualidade dos filmes preparados a esperada linearidade no aumento da intensidade de um determinado pico de absorção na região do visível como função do número de bicamadas depositadas, examinamos para o sistema P3ATA/PAN a influência da variação nas condições de preparação sobre a morfologia e as propriedades das estruturas formadas. Fatores como a concentração dos polímeros nas soluções originais, o pH do meio, o tempo usado para a deposição em cada etapa e o tipo de tratamento inicial dado ao substrato foram examinados e as amostras foram caracterizadas espectroscopicamente na região do UV-visível, sendo sua estrutura investigada por microscopia eletrônica de varredura. Medidas iniciais da condutividade desses filmes foram também obtidas, e nossa expectativa é que a técnica de auto-montagem possa ser otimizada para a preparação regular de filmes poliméricos de alta condutividade e com boa organização estrutural.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P025

### MODELAMENTO PARA OS EFEITOS NÃO LINEARES EM CRISTAIS DE KDP

Antônio Gomes de Souza Filho, Francisco Erivan de Abreu Melo, Josué Mendes Filho, Paulo de Tarso C. Freire, Ilde Guedes, M. A. Araújo Silva

Universidade Federal do Ceará

O estudo de efeitos não lineares em cristais ferroelétricos tem sido muito estudado em virtude de seu grande potencial de aplicações em dispositivos optoeletrônicos. Além disto, nas últimas décadas tem-se investigado a possibilidade do uso desses ferroelétricos para dispositivos de memória de massa. Existe um grande número de trabalhos publicados a respeito de mecanismos de transição de fase, medidas de constante dielétrica e elástica, etc. Outra forma de investigar as propriedades desses materiais é observar a resposta piezoelétrica dos mesmos. Utilizando a técnica de três eletrodos, que consiste em colocar um sinal alternado no eixo piezoelétrico do cristal, foram observados efeitos não lineares em cristais de KDP. Os resultados de um modelo teórico fenomenológico que propomos e que foi derivado a partir da Energia Livre de Landau são comparados com os resultados experimentais obtidos.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P026

### ESPALHAMENTO RAMAN EM CRISTAIS DE SULFATOS MISTOS DE $\text{LiK}_{0.95}(\text{NH}_4)\text{SO}_4$

Antonio Paulo da Silva, Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Ilde Guedes da Silva, Marcos Antônio Araújo Silva, Josué Mendes Filho, Francisco Erivan de Abreu Melo

Universidade Federal do Ceará

Os cristais da família do  $\text{LiASO}_4$  (A: metal alcalino) apresentam diferentes transições de fase estruturais tanto com variação de temperatura quanto com variação de pressão. Entre 20 K e 1000 K o  $\text{LiKSO}_4$  apresenta quatro transições de fase enquanto que para temperaturas menores que 300 K o  $\text{LiNH}_4\text{SO}_4$  apresenta tres transições de fase. O objetivo do presente trabalho é investigar como os compostos puros ( $\text{LiKSO}_4$  e  $\text{LiNH}_4\text{SO}_4$ ) são afetados pela introdução aleatória na estrutura cristalina de diferentes cátions. Para isto realizamos um estudo de espalhamento Raman polarizado em cristais de  $\text{LiK}_{0.95}(\text{NH}_4)\text{SO}_4$  na temperatura de 300 K, comparamos estes espectros com aqueles dos compostos puros e fazemos a classificação de todos os modos normais de vibração do material.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P027

### ESTUDO DE ESPALHAMENTO RAMAN COM CAMPO ELÉTRICO DC APLICADO EM CRISTAL DE SAL DE ROCHELLE

E.F. Bezerra, N.M. Barbosa Neto, I. Guedes, P.T.C. Freire, M.A.A. Silva, J. Mendes Filho, F.E.A. Melo  
Universidade Federal do Ceará

É conhecido que a técnica de ressonância piezoelétrica é útil na investigação das transições de fase do cristal de Sal de Rochelle com a temperatura. Em temperaturas entre  $-18^\circ\text{C}$  e  $24^\circ$  o cristal de Sal de Rochelle apresenta uma estrutura monoclínea e em temperaturas diferentes deste intervalo, estrutura ortorrômbica. Apresentamos um estudo de espalhamento Raman em cristal de Sal de Rochelle com aplicação de diversos campos elétricos DC aplicado no mesmo. Os espectros Raman são discutidos com base na teoria de grupo dos possíveis sítios de simetria ocupados pelo íon na célula unitária do material.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P028

### PREPARAÇÃO DE ZEOLITAS Y EM FORNO DE MICROONDAS

Kílvia Mayre Farias, Lúcio Roberto Galvão de Araújo, Josué Mendes Filho, Célio Loureiro Cavalcante Jr, Ilde Guedes da Silva

Universidade Federal do Ceará

Sendo a adsorção um processo com larga utilização em química, bioquímica e indústrias petrolíferas para purificação e separação, as zeolitas, devido a seus poros uniformes e canais bem definidos promovem as reações químicas através do efeito seletivo do tamanho molecular e são apropriadas à função de adsorventes. A química das zeolitas vem sendo desenvolvida e constitui um ramo à parte na ciência. Atualmente, técnicas de microondas tem sido muito utilizadas em diversas áreas de pesquisas, como, por exemplo, na limpeza de superfícies metálicas, síntese de cerâmicas, desidratação de materiais sólidos, zeolitas e também a promoção de reações orgânicas e inorgânicas. De acordo com a literatura existente, o aquecimento por microondas pode ser, com sucesso, usado na preparação da zeolita A e da zeolita ZSM-5. Publicações recentes informam que zeolitas Y e ZSM-5, foram preparadas com um tempo bastante pequeno de cristalização usando radiação de microondas em relação ao tempo de cristalização quando se está usando o método isotérmico em estufa. Temos, em fase de desenvolvimento, um sistema para preparação de zeolitas com a utilização de um forno de microondas comandado por computador, via teclado. Sistema o qual armazena, quando necessário, os tempos em que o forno permanece ligado ou desligado, possibilitando uma calibração prévia para preparação de amostras de zeolitas Y com mesma quantidade de reagentes sem a necessidade de novo monitoramento. Estamos processando possíveis

espécies de zeólitas cujos resultados são analisados por difração de raios-X e identificados os materiais advindos desse processo.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P029

**Identificação por difração de raios-X de minerais pesados em amostras da plataforma continental do Estado do Ceará**

Vanessa Maria Mamede Cavalcanti, George Satander Sá Freire

Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará (UFC)

José Marcos Sasaki, José de Arimatea Freitas e Silva, Cleuton Freire

Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará (UFC)

Neste trabalho apresentaremos algumas medidas em amostras de minerais pesados utilizando um difratômetro de pó (geometria Bragg-Bretano) com radiação de Cu usando um monocromador/analizador curvo de grafite posicionado entre o detector e a amostra. As identificações destes minerais são feitas através de um software de procura da Rigaku. Esse software faz a procura das fases por um banco de dados (microfichas) da JCPDS que estão gravados em CD-ROM com mais de 90.000 materiais catalogados. A determinação destes minerais tem como objetivo avaliar a potencialidade em minerais pesados da plataforma continental do Estado do Ceará, visando determinar a distribuição de depósitos de interesse econômico, como por exemplo: ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ), zircônia ( $\text{ZrSiO}_4$ ), monazita ( $\text{Ce, Ln, Y, Th} \text{PO}_4$ ) e rutilo ( $\text{TiO}_2$ ).

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P030

**PROPRIEDADES FÍSICAS (ELÉTRICAS) EM AMOSTRAS CERÂMICAS SEMICONDUTORAS**

Fábio Henrique Silva Sales, José Alzamir Pereira da Costa  
UFERN

Atualmente, vem crescendo com rapidez, a quantidade de aplicações envolvendo materiais cerâmicos. Destacamos como principal motivo desta ascendência, suas propriedades de condução elétrica. Neste trabalho apresentaremos os primeiros resultados obtidos de um estudo que visa realizar medidas de resistividade elétrica, (a qual tem uma variação acentuada em função da temperatura de concentração do dopante utilizado) para entender sob o ponto de vista físico, os efeitos da composição, da estrutura, da temperatura, da concentração de portadores de carga, etc. Estas amostras são do tipo Titanato de Bário ( $\text{BaTiO}_3$ ) dopadas com aditivos que possam mudar substancialmente tais propriedades.

Mostraremos também toda a metodologia utilizada na preparação das amostras, assim como todo o processo de obtenção dos dados experimentais das mesmas.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P031

**EFEITOS DE CAMPO MAGNÉTICO NO TUNELAMENTO DE ELÉTRONS ATRAVÉS DE HETEROESTRUTURAS  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  COM INTERFACES GRADUAIS**

Márcio Luís Ximenes Feijão, Gil de Aquino Farias, Valder Nogueira Freire

UFC

Humphrey Tah Anyele e Maria Consuelo Alves Lima  
UFMA

Temos estudado efeitos da frequência de ciclotron no tunelamento ressonante de elétrons através de heteroestruturas, barreiras simples e barreiras duplas  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  com interfaces graduais submetidas a campos magnéticos perpendiculares a direção de crescimento do cristal. O potencial e massa efetiva dos portadores nas interfaces são descritos pelo método de Freire, Auto e Farias [1]. É observado redução da intensidade dos picos ressonantes e deslocamento dos mesmos para regiões de energia mais alta a medida que campos mais intensos são aplicados nas heteroestruturas. Por outro lado, a existência de interfaces graduais altera os picos ressonantes aumentando suas intensidades e deslocando-os para regiões de energia mais baixa. Os resultados mostram também que efeitos de campos magnéticos e efeitos de interfaces são mais fortemente evidentes em estruturas de barreiras duplas.

[1] V.N. Freire, M.M. Auto, G.A. Farias, *Superlattices and Microstructures* 1, 17 (1992).

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P032

**Mössbauer Study of Semiconductive Phosphate Glasses**

Dráulio B. de Araújo, Reginaldo S. de Figueiredo, Miguel A. B. de Araújo

Departamento de Física - Universidade Federal do Ceará

The local structure of oxide phosphate glasses matrix can be studied through the Mössbauer ions which can occupy specific sites of either network former (NWF) covalently bounded to the oxygen, constituting the skeleton structure of the glass, or network modifier (NWM) ionically bounded oxygen at interstitial sites. Low temperature Mössbauer measurements yield the Debye temperature  $\theta_d$  which reflects the magnitude of intramolecular force constants. Therefore the structural role of Mössbauer ions can be deduced from  $\theta_d$  since covalently bounded NWF and ionically bounded NWM have different intramolecular force constants. In phosphate glasses

iron sites has been found in two states of oxidation,  $Fe^{+2}$  and  $Fe^{+3}$ , but the features of the sites occupied by this ions are still controversial. In order to clarify the characteristics of the iron sites in several phosphate glasses given by the formula  $[xMnO \cdot 0.6P_2O_5 \cdot (0.4-x)Fe_2O_3]$ , with  $x$  ranging from 0 to 0.35, we measured the temperature dependence of the Mössbauer parameters such as isomer shift (IS), absorption area (AA) and quadrupole splitting (QS) for both iron ions. From the temperature dependence of IS and AA,  $\theta_d$  for both  $Fe^{+2}$  and  $Fe^{+3}$  were determined. Taking into account the thermal expansion of lattice for the Debye model, the temperature dependence of QS is given by  $QS(t) = QS(0) \cdot (1 - BT^{\frac{3}{2}})$  where B is related to the inverse of the "spring constant"  $(M\theta_d^2)^{-1}$  of the lattice, and thus to the site occupied by the iron ion. From the QS temperature dependence the parameter B, for both  $Fe^{+2}$  and  $Fe^{+3}$  is also determined.

MAT 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P033

### ALTERAÇÕES NA CONSTANTE DIELÉTRICA DO KCl INDUZIDAS POR PRESSÃO UNIAXIAL

Cláudio Márcio Rocha Remédios, Sanclayton Geraldo  
Carneiro Moreira

Departamento de Física - UFPA

Pressão uniaxial exercida sobre uma amostra cristalina é um estudo particularmente interessante na física do estado sólido porque pode provocar 3 tipos de efeitos diferentes: a) modificação nas suas propriedades devido ao efeito de deformação; b) quebra de degenerescência, quando for o caso e c) transição de fase. Tensionamos o cristal de KCl nas direções [100] e [110] devidamente cortados e preparados na forma de uma placa retangular, onde as faces maiores foram pintadas com tinta prata eletrocondutora, formando assim um capacitor de faces paralelas. A pressão uniaxial foi aplicada em uma direção e a constante dielétrica foi medida sempre numa direção perpendicular. Os resultados para a pressão uniaxial aplicada na direção [100] mostram um comportamento decrescente na constante dielétrica com o aumento da pressão de forma aproximadamente linear, o que pode ser explicado como efeito de pura deformação da rede cristalina. Porém quando a pressão tem a direção [110] os resultados mostram uma descontinuidade na constante dielétrica quando a pressão atinge aproximadamente 0.2 kbar. Acreditamos que esta descontinuidade pode estar associada a uma transição de fase estrutural sofrida pelo cristal, quando o mesmo passa da estrutura cúbica para uma estrutura ortorrômbica.

MAT 4 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 8:30

### Medida da Difusividade Térmica de vidros de CdS dopados com Selênio

ANTONIO CARLOS RODRIGUES DA COSTA,  
ANTONIO FERNANDES SIQUEIRA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

O CdS é um semicondutor de gap direto  $E_g = 2.4eV$ , sendo amplamente utilizado em componentes nas tecnologias de absorção óptica, por exemplo em células fotovoltaicas bem como em filtros de luz. Apesar de já ter sido exaustivamente estudado na sua caracterização óptica, pouco se lhe é conhecido do ponto de vista de suas propriedades térmicas de transporte. Neste contexto, a difusividade térmica representa importante propriedade na abordagem da caracterização térmica de um material, pois esta se constitui, tal como o coeficiente de absorção óptica, um parâmetro único independente de forma ou tamanho da amostra analisada. Neste trabalho utilizamos a técnica fotoacústica na determinação da difusividade térmica de vidros de CdS dopados com diferentes concentrações de selênio. Verificou-se que o aumento da concentração do selênio dopante produz uma diminuição na difusividade térmica da amostra. O resultado obtido para o CdS puro foi comparado com o mesmo dado reportado anteriormente e apresenta excelente concordância.

MAT 4 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 8:50

### EFEITOS DE INTERFACES NO TUNELAMENTO DE ELÉTRONS ATRAVÉS DE BARREIRAS TRIPLAS/POÇOS DUPLOS $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ SUBMETIDOS A CAMPO ELÉTRICO

Maria Consuelo Alves Lima  
UFMA

Gil de Aquino Farias e Valder Nogueira Freire  
UFC

Considerável atenção tem sido dada ao estudo de heteroestruturas semicondutoras de barreiras triplas/poços duplos (DQW-TD) desde que diodos tuneis de interbanda ressonante baseados nestas estruturas têm mostrado melhor desempenho do que os baseados em barreiras duplas/poços (SQW-DB). Entretanto, o papel das interfaces não foi considerado, embora possam influenciar o desempenho do dispositivo. Neste trabalho mostramos que o deslocamento e a separação entre picos ressonantes de transmissão de portadores aumenta com a ordem de ressonância. A quebra de simetria induzida por um campo elétrico aplicado muda significativamente o tunelamento ressonante, e essa mudança é muito dependente da largura da interface. Para DQW-TB  $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  (com 100 Å de poços e barreiras) sujeitos a campos elétricos de 50 kV/cm, interfaces com

larguras de ordem de  $10 \text{ \AA}$  podem deslocar a primeira ressonância de até  $16 \text{ m}\epsilon\text{V}$ .

MAT 4 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 9:10

**Estudo da deformação elástica do sal de Rochelle com aplicação do campo elétrico por difração de raios-x**

José de Arimatea Freitas e Silva, Cleuton Freire, José Marcos Sasaki, Ilde Guedes, Francisco Erivan de Abreu Mello, Josué Mendes Filho

Departamento de Física - Univ. Federal do Ceará (UFC)

Estudos das transições de fase no sal de Rochelle e KDP foram feitos por técnicas de espalhamento Raman com a aplicação do campo elétrico [ ]. Neste trabalho apresentaremos algumas medidas obtidas para o sal de Rochelle num difratômetro de pó utilizando a radiação de Cu com um monocromador/analizador de grafite. Aplicamos o campo elétrico na direção cristalográfica [100] e medimos a intensidade difratada na direção [010] para a fase ferroelétrica (monoclínica) desse cristal ( $-18^\circ\text{C} < T < 24^\circ\text{C}$ ). Observamos mudanças nas intensidade difratadas pelos planos 020, 040, 060 e 080 devido a conformação dos íons na estrutura cristalina. O mesmo não ocorreu para medidas feitas quando aplicamos o campo elétrico na direção [001].

MAT 4 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 9:30

**SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE VOZ ATRAVÉS DE EFEITO PIEZOELÉTRICO EM CRISTAL DE SAL DE ROCHELLE**

N.M.Barbosa Neto, I.Guedes, P.T.C.Freire, M.A.Arújo Silva, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo  
Universidade Federal do Ceará

O cristal de Sal de Rochelle é um material ferroelétrico que acima da temperatura de  $24^\circ\text{C}$  é encontrado na estrutura ortorrômbica apresentando uma fase paraelétrica. Abaixo de  $24^\circ\text{C}$  e até  $-18^\circ\text{C}$  o cristal é ferroelétrico e exibe estrutura monoclínica. Mostramos neste trabalho que fonemas oriundos da voz humana são reconhecidos seletivamente pelo cristal de Sal de Rochelle, ou seja, que cada pessoa emite fonemas com frequências bastante características. Tal fenômeno ocorre como consequência do efeito piezoelétrico que consiste na produção de um campo elétrico no material através da aplicação de uma onda de pressão, no caso, uma onda sonora. Como esta peculiaridade do material é observada na temperatura ambiente ( $\sim 27^\circ$ ) isto pode ser usado em dispositivos de reconhecimento de voz com aplicações em sistemas de segurança.

MAT 4 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 9:50

**MEMÓRIA FERROELÉTRICA EM CRISTAIS DE SAL DE ROCHELLE**

A.T.Varela, N.M.Barbosa Neto, P.T.C.Freire, I.Guedes, J.Mendes Filho, F.E.A.Melo

Universidade Federal do Ceará

O cristal de Sal de Rochelle (tartarato de sódio e potássio) apresenta duas transições de fase estruturais: uma a  $297\text{K}$  e outra a  $255\text{K}$ . Abaixo de  $255\text{K}$  e acima de  $297\text{K}$  o cristal apresenta uma estrutura ortorrômbica (fase paraelétrica) com simetria  $P_{2,2,2}$  e entre estes valores a estrutura é monoclínica com simetria  $P_{2,1}$ . Para temperaturas iguais a  $290\text{K}$  investigamos o efeito de um campo elétrico DC aplicado na direção do eixo ferroelétrico, sobre os dipolos induzidos nesta direção através da técnica de ressonâncias piezoelétricas. Observamos um comportamento diferenciado de alguns modos piezoelétricos compreendidos na região entre  $60$  e  $1000 \text{ kHz}$ . Em específico para o módulo em  $430 \text{ kHz}$  observamos que dependendo da intensidade do campo externo aplicado, podemos controlar a intensidade do sinal de saída e dessa forma codificarmos informações. Isto é possível devido ao fato que o efeito de polarização dos dipolos na fase ferroelétrica é irreversível. Apresentamos também um protótipo de memória de massa desenvolvido em nosso laboratório.

MAT 5 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 10:30

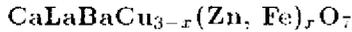
**Estudo estrutural do  $\text{LiK}_x(\text{NH}_4)_{(1-x)}\text{SO}_4$  por difração de raios-X**

José de Arimatea Freitas e Silva, Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Cleuton Freire, José Marcos Sasaki, Francisco Erivan, Josué Mendes Filho

Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará (UFC)

Um novo material  $\text{LiK}_x(\text{NH}_4)_{(1-x)}\text{SO}_4$ , crescido no Laboratório de crescimento de cristais do Dep. de Física da UFC, esta sendo estudado por técnicas de difratometria de pó, usando radiação de Cu e espalhamento Raman. Primeiramente foram observadas mudanças significativas nos difratogramas de Raios-X, para diferentes concentrações de potássio, levando-nos a uma suspeita de uma mudança estrutural na rede cristalina. Esta mudança ocorre como consequência do fato de que os íons  $\text{NH}_4$  entram como impurezas na estrutura do  $\text{LiKSO}_4$  à medida que aumentamos a concentração da impureza a estrutura modifica-se para acomodar os novos íons. Nesse estudo estamos utilizando o programa de refinamento de estrutura de Rietveld.

**SUPERCONDUTIVIDADE, ESTRUTURA E  
MAGNETISMO NO SISTEMA**



David Landinez Tellez, V.P.S Awana, J. M. Ferreira,  
José Albino Aguiar

Departamento de Física-UFPE

Supercondutividade, magnetismo no estado normal e estrutura cristalina do composto

CaLaBaCu<sub>3-x</sub>(Zn,Fe)<sub>x</sub>O<sub>7</sub> são estudados usando as técnicas de difração de raios-X e magnetometria SQUID. Os resultados de difração de raios-X mostram que tanto o Fe quanto o Zn entram no sistema iso-estruturalmente, garantindo assim para todas as substituições a presença de fases simples, sem vestígios de impurezas. Os resultados das medidas de susceptibilidade ac mostram que a temperatura crítica (T<sub>c</sub>), decresce com o incremento da concentração de Fe e Zn, sendo a taxa de decréscimo de T<sub>c</sub> respeito da concentração, (dT<sub>c</sub>/d<sub>x</sub>), de 6K% at e 12K % at respectivamente. Os resultados da magnetização de na região normal mostram um comportamento paramagnético tipo Curie-Weiss, para as amostras dopadas com Fe e Ni, enquanto no composto puro a suscetibilidade não mostra ser dependente da temperatura. Para o caso da substituição de Fe, o momento paramagnético efetivo criada, que é devido à impureza magnética parece ser menor que o valor intermediário de momento conhecido Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>4+</sup>, enquanto a substituição de Zn induz um momento magnético localizado presumivelmente nos planos de CuO, sendo este o principal responsável pelo decréscimo de T<sub>c</sub>. Finalmente discutimos o efeito da substituição La<sub>1-x</sub>Pr<sub>x</sub>BaCaCu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>, onde x=1.0; x=0.7; x=0.3, onde observamos que as amostras para x=1.0, x=0.7 não apresentam supercondutividade e sim uma transição antiferromagnética com TN = 8K e 4K respectivamente.

**MEDIDAS DE CORRENTE CRÍTICA E  
FORÇA DE PINNING EM MONOCRISTAIS  
DE Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8+y</sub>**

Leonardo Ribeiro Eulálio Cabral, David Landinez, José  
Albino Aguiar

Departamento de Física-UFPE

É conhecida a importância de se ter correntes críticas altas em supercondutores devido às eventuais aplicações tecnológicas e científicas dos mesmos. Observa-se que correntes críticas altas ocorrem quando existem forças de *pinning* fortes. Daí a importância do estudo do comportamento da corrente crítica e da força de *pinning* com a temperatura e o campo magnético aplicado. Neste trabalho apresentamos medidas da dependência da magnetização com o campo magnético em amostras monocristalinas de Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8+y</sub>. O campo foi

aplicado paralelo ao eixo c em temperaturas de 10 à 80 K. Curvas de histerese no diagrama *M* versus *H* foram estudadas. Entre 20 K e 35 K, é visto um pico anômalo (*anomalous peak*). Destas medidas são obtidas a corrente crítica e a força de *pinning* usando as formulas dadas por Wei [1]. Um segundo pico (devido ao pico anômalo) é observado na corrente crítica entre 25 e 40 K. Com o aumento da temperatura este pico tem sua intensidade e largura muito diminuída. A força de *pinning* apresenta um máximo em campo não nulo, é muito forte para temperaturas baixas e que cai rapidamente com o aumento da temperatura. Foram também estudadas as dependências da força de *pinning* máxima (F<sub>pM</sub>) e do campo onde F<sub>pM</sub> ocorre (H<sub>FM</sub>) com a temperatura. Os resultados de F<sub>pM</sub>(T) e de H<sub>FM</sub>(T) indicam que existem três mecanismos de força de *pinning* dependendo da faixa de temperatura.

[1] C.D.Wei, Z.X.Liu, H.T.Ren, L.Xiao, Physica C 260 (1996) 130-136.

**Compósitos Obtidos a partir da Adição de Ag  
e/ou PbO ao Supercondutor de Alta  
Temperatura HoBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>**

Cristiana G. Gameiro, M. Virginia Barbosa, David  
Landinez Tellez, Anaelson Ferreira Dutra, J. Albino  
Aguiar, J.M. Ferreira

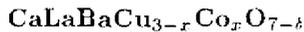
Departamento de Física - UFPE

Amostras ceramicas de composição HoBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> são preparadas por reação sólida dos óxidos constituintes. Grãos micrométricos obtidos pela pulverização dessas amostras foram revestidos por uma fina película de prata depositada por processo químico utilizando-se uma solução de AgNO<sub>3</sub> e/ou misturados com óxido de chumbo. Em seguida são compactados e sinterizados a elevadas temperaturas em atmosfera de oxigênio. Os resultados das medidas de caracterização magnética dos compósitos obtidos a partir da adição de Ag e/ou PbO ao supercondutor de alta temperatura crítica HoBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>, mostram que para a adição desses metais, a otimização do processo de sinterização é alcançada quando a temperatura de sinterização é de 900°C durante 12 horas para a prata e 800°C durante 24 horas para o chumbo. Amostras sinterizadas abaixo ou acima dessas temperaturas apresentaram uma clara deterioração em suas propriedades supercondutoras. Neste trabalho apresentaremos os resultados de magnetização dos compósitos obtidos a partir da adição de Ag ou do PbO. Apresentaremos, também, os resultados de magnetização do compósito obtido quando adicionamos simultaneamente Ag e PbO. Discutiremos os resultados obtidos, através de medidas de susceptibilidade magnética, para as amostras do tipo HoBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> com prata e/ou chumbo.

(CNPq, FINEP)

MAT 5 - 29/11/96 - Auditório Atalaia 11:50

### **SUPERCONDUTIVIDADE NO COMPOSTO**



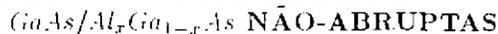
George Caminha Maciel Filho, David Landinez Tellez,  
J.M. Ferreira, José Albino Aguiar  
Departamento de Física-UFPE

O sistema  $\text{CaLaBaCu}_3\text{O}$  (CLBO) é um protótipo do tipo estrutura:  $\text{YBaCu}_3\text{O}_7$  (Y:123), no qual átomos de Y e Ba são substituídos parcialmente por átomos de Ca e La, tal que 40% dos íons de Ca ocupam as posições do íon de Y. Ao contrário do Y(123), este composto permanece tetragonal para todos os possíveis valores de oxigênio. Observamos que tanto a deficiência de oxigênio, quanto o incremento da substituição do íon cobalto no lugar do íon cobre, afetam drasticamente a temperatura crítica do sistema. Apresentamos também curvas de magnetização para o sistema CLBO dopado com Co e comparamos com os resultados para o composto deficiente de oxigênio, encontramos para os dois casos que, o comportamento da susceptibilidade é dependente da temperatura e ajustamos as curvas à equação de Curie-Weiss, obtendo assim, os valores de  $\chi$  momento paramagnético efetivo. Finalmente discutimos as causas deste tipo de comportamento paramagnético em termos de criação de um momento intermediário do Co por impureza magnética e da indução de um momento paramagnético localizado nos planos de  $\text{CuO}_2$  para a amostra deficiente de oxigênio.

Trabalho financiado pelo CNPq e FINEP

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P035

### **EFEITOS DE INTERFACES NAS RESSONÂNCIAS DE CAMPO ELÉTRICO INTENSO EM BARREIRAS DUPLAS**



Maria Consuelo Alves Lima, José Raimundo Rodrigues  
Siqueira  
UFMA

Gil de Aquino Farias e Valder Nogueira Freire  
UFPA

Poços triangulares quânticos formados pela aplicação de um campo elétrico de alta intensidade ( $> 10^2 \text{ kV/cm}$ ) em barreiras duplas são responsáveis por ressonâncias no seu coeficiente de transmissão. Condições de ressonâncias em campos elétricos intensos (HEFR) são modificadas, desde que a largura e altura efetiva dos pseudos poços quânticos são alterados pela existência de interfaces. Neste trabalho investigamos como as interfaces modificam as HEFR de barreiras duplas não-abruptas  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ . Os resultados mostram

que HEFR estão presentes em perfis de interfaces abruptas ou quando as larguras interfaciais existentes são pequenas mas tendem a desaparecerem com o aumento da largura das interfaces. Obtemos que a comparação com resultados experimentais por cálculos teóricos da transmissão realizados com perfis não-abruptos para barreiras duplas fornecem melhores estimativas das larguras interfaciais reais que as obtidas com perfis abruptos. O potencial e a massa efetiva dos portadores nas interfaces foram obtidos através da hipótese de uma variação linear interfacial da fração molar de alumínio.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P036

### **ASPECTOS TEÓRICOS DOS DISPOSITIVOS DE EMISSÃO DE CAMPO TIPO SPINDT**

Hebert Carvalho Palma

Escola Politécnica - UFBA

Caio Mário Castro de Castilho

Instituto de Física - UFBA

Emissão por campo ( Field Emission - FE ) é o processo de emissão de elétrons a partir de uma superfície, tendo como causa a aplicação de um campo elétrico. Várias são as aplicações tecnológicas que utilizam, de algum modo, o mecanismo de FE. Os arranjos de emissores de campo ( Field Emission Arrays - FEA ) constituem exemplo da aplicação de FE na formação de imagens em telas de dispositivos. São tipicamente formados por uma base sobre a qual encontra-se o cátodo ( emissor ), de formato normalmente parabólico, cônico ou cilíndrico e o anodo ( receptor ), geralmente na forma de uma placa plana, dispostos frontalmente e separados entre si. Possuem dimensões de altura, largura e comprimento da ordem de alguns micrometros e operam a baixa pressão, cerca de  $10^{-9}$  tor. Aplica-se um diferença de potencial elétrico entre o cátodo e o anodo de maneira que este esteja positivo em relação àquele, proporcionando o aparecimento de um campo elétrico que será responsável pelo fluxo de elétrons do cátodo para o anodo ( corrente elétrica). Recentes estudos mostram como a cobertura de emissores metálicos com silício poroso ou de diamante sobre um substrato de silício proporcionam aumento da corrente emitida. O objetivo deste trabalho é o estudo dos fenômenos físicos envolvidos na operação dos FEAs. Abordamos os aspectos relativos às probabilidades de tunelamento bem como ao modelamento do campo e do potencial elétrico na vizinhança dos arranjos. Serão apresentadas as curvas características de operação dos dispositivos, seu processo de fabricação e seu uso potencial.

**Estudo de Algumas Propriedades Físicas do  
DOBAMBC através de um Modelo  
Generalizado**

Cláudio de Carvalho Aguiar, Dionícarlos Soares de  
Vasconcelos, Aurino Ribeiro Filho  
Instituto de Física - Universidade Federal da Bahia

O potencial termodinâmico de energia livre introduzido por Zeks, Huang, Viner, Carlsson e Dahl, tem sido utilizado no estudo de transições de fase e cálculo de diferentes propriedades do cristal líquido ferroelétrico esmétrico DOBAMBC [p-(n-decyloxybenzylidene)-p-amino-(2-methyl-butyl)cinnamate], a exemplo de temperaturas críticas, para as fases: Sm A (ou normal), Sm\* C (incomensurável) e Sm C (comensurável) do material; polarização, ângulo "tilt", "pitch" e outros, com a introdução, de um campo magnético externo ao modelo original, obtendo, com isso, resultados que estendem aqueles recentemente obtidos por K. C. Mundin, P. Pitanga e A. Ribeiro Filho (1993-1995). Utilizamos o formalismo Hamiltoniano (canônico) ao modelo generalizado de Landau, dos citados autores, isto é a partir de uma analogia formal entre o espaço de fase de um corpo num sistema bidimensional e o espaço das coordenadas do parâmetro de ordem (diretor  $n$ ) do mencionado cristal líquido, observamos as vantagens deste novo "approach" na obtenção de expressões novas e/ou generalizadas para as equações de movimento, bem como na discussão sobre a análise de estabilidade do sistema, através da obtenção da matriz simplética do citado sistema. Este formalismo que usa os métodos da Mecânica neo-qualitativa de Poincaré explícita e facilita a obtenção dos resultados do problema de transição de fase em sistemas, tipicamente, incomensuráveis como é o caso do DOBAMBC (UFBA, CNPq).

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P038

**EMISSÃO TERMOLUMINESCENTE DA  
CALCITA DOPADA COM  $Mn^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  E  $Mg^{2+}$**

Zélia Soares Macêdo, Mário Ernesto Giroldo Valerio,  
José Fernandes de Lima  
UFS

No presente trabalho estudamos a emissão Termoluminescente (TL) da calcita crescida artificialmente, dopada com  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Sr^{2+}$ . Os cristais foram produzidos pelo processo de precipitação através do gotejamento de uma solução de  $(NH_4)_2CO_3$  em uma solução contendo  $CaCl_2$  e pequenas alíquotas das impurezas. Nas medidas de TL, foram utilizados cristais de tamanho entre  $75\mu m$  e  $150\mu m$ . Nas medidas das curvas de emissão, registradas em um intervalo de temperaturas entre  $30^\circ C$  e  $300^\circ C$ , empregou-se uma taxa de aquecimento de  $8^\circ C/s$ . Os espectros de emissão foram varridos entre 500 e 650nm. As amostras foram irradiadas com 150Gy de raios gama do

$^{60}Co$  48 horas antes da medida. A calcita dopada apenas com  $Mn^{2+}$  apresentou três picos bem pronunciados, em torno de  $120^\circ C$ ,  $170^\circ C$  e  $220^\circ C$ . Por outro lado, as amostras contendo apenas  $Sr^{2+}$  ou  $Mg^{2+}$  apresentaram sinais de baixíssima intensidade, atribuídos a traços de outras impurezas. Medidas de TL em cristais dopados com  $Mn^{2+}$  e  $Sr^{2+}$  ou com  $Mn^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  simultaneamente revelaram um aumento no deslocamento deste pico para temperaturas mais baixas quando a medida era feita com  $CaCO_3 : Mn^{2+}, Sr^{2+}$ , enquanto as medidas com  $CaCO_3 : Mn^{2+}, Mg^{2+}$  revelaram um deslocamento do mesmo pico para temperaturas mais altas. Este comportamento sugere a presença de dois picos sobrepostos em torno de  $120^\circ C$ . Embora tenham sido observadas diferenças nas intensidades, os espectros de todas as amostras revelaram um máximo de emissão em torno de 620nm. Estes resultados indicam que o  $Mn^{2+}$  continua sendo o principal centro de luminescência da calcita, e que as impurezas  $Mg^{2+}$  e  $Sr^{2+}$  agem como estabilizadoras das armadilhas.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P039

**ESTUDO FOTOACÚSTICO E  
FOTOTÉRMICO DA ARGAMASSA  
ARMADA**

Manoel Marcos Freire d'Aguiar Neto  
UFBA

Materiais de construção em países tropicais devem atender a duas condições principais: ter boa isolamento térmica em presença de alta umidade atmosférica e ser de baixo custo sem que isto implique numa ameaça à estabilidade mecânica da construção. A argamassa armada, uma mistura de cimento e areia, algumas vezes contendo também mica em sua composição, tem custo bastante reduzido enquanto que a estabilidade mecânica não muda significativamente. Contudo, as propriedades térmicas parecem ser fortemente dependentes da densidade, da porosidade e naturalmente, da quantidade de água contida na mistura. O desempenho térmico da argamassa, que influencia o nível de conforto e o custo da construção, vem sendo elucidado através da investigação das suas características termofísicas em função dos diferentes parâmetros do material, e da determinação dos valores da difusividade térmica e da efusividade, usando técnicas fotoacústicas e fototérmicas combinadas. As medidas estão sendo feitas com uma célula fotoacústica cuja construção permite a detecção do sinal em transmissão e em reflexão nas amostras e com radiometria infravermelha, em temperatura ambiente e em função da frequência de modulação da radiação incidente (laser de Argônio ou lâmpada de Xenônio). As espessuras das amostras variam de 0.80 mm a 3.00 mm e o tijolo vazado, de argila vermelha, vem sendo usado como parametro de comparação. Para se estabelecer um modelo para o material seco, as amostras foram aquecidas a 400 K

durante 24 hs. Para o estudo da influência da umidade contida no material, as amostras foram colocadas em água por períodos diferentes de tempo. Os dados experimentais obtidos até o momento, indicam que o sinal fotoacústico é fortemente dependente da umidade do material, a difusividade térmica decresce com o aumento da umidade. Em geral, a caracterização quantitativa empírica da umidade contida no material é possível por medidas fototérmicas e o processo de secagem e a dinâmica da propagação da umidade podem ser monitorados por ondas térmicas. Portanto, a radiometria infravermelha está sendo usada principalmente para a detecção da umidade e de fendas na argamassa em função da profundidade.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P040

### **CÁLCULO DA FASE ATRAVÉS DE UM FORMALISMO AUTO-CONSISTENTE DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X**

Helio Silva Campos, Dionicio Soares de Vasconcelos, Włodzimierz Aleksander Keller

Universidade Federal da Bahia

A determinação da fase do campo difratado, constitui parâmetro importante para analisar o comportamento do campo em um meio cristalino. Authier (1986), com a teoria dinâmica de Ewald-Lane, obteve curvas da variação da fase da onda refletida para o GaAs[111]. Neste trabalho, aplicando um formalismo auto-consistente para a difração de raios-X, em modelos de cristais perfeitos, calculamos o campo difratado, no caso simétrico de Bragg. Foram adotados os parâmetros do Si, GaAs e Si-GaAs, na direção [111]. Três situações foram estudadas com monocristal: a) infinito; b) finito, sem absorção; c) finito, com absorção. Na primeira situação, os resultados reproduziram a curva obtida por Authier ou seja, a fase tem valor igual a  $+\pi$  na região anterior à faixa angular central de incidência e, tem valor igual a 0, na região posterior. No caso de cristal finito, sem absorção, a fase da reflexão oscila entre  $+\pi/2$  e  $-\pi/2$  na região anterior faixa central de reflexão e, entre  $-\pi$  e  $+\pi$  na região posterior, enquanto que a fase da transmissão nestas regiões oscila entre  $-\pi$  e  $+\pi$ . Introduzindo-se um fator de absorção, o perfil da fase mostra a atenuação sofrida pelo campo. Para o heterocristal Si-GaAs[111], os perfis das oscilações alternam-se entre  $+\pi$  e 0 e  $+\pi$  e  $-\pi$ . Estes resultados iniciais indicam a obtenção de padrões de difração de raios-X em modelos de cristais perfeitos, independente da espessura e da radiação utilizada.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P041

### **OTIMIZAÇÃO DOS MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE CRISTAIS DE CALCITA POR PRECIPITAÇÃO**

Luiz Augusto Carvalho Sobral, Mário Ernesto Giroldo Valerio, José Fernandes de Lima  
UFS

Existe um interesse no conhecimento das propriedades termoluminescentes da calcita devido ao fato de que as medidas termoluminescentes permitem a determinação da idade de formações geológicas e de fósseis. Para que esse conhecimento seja atingido de uma forma mais eficiente é importante a obtenção de cristais que apresentem um rigoroso controle sobre os tipos e quantidades de impurezas. Neste trabalho realizamos o crescimento de cristais de calcita utilizando o método de precipitação estudando os vários parâmetros que influenciam na determinação da fase calcita, no tamanho dos cristais e na qualidade da cristalização. Iniciamos com a reação de carbonato de amônia e cloreto de cálcio, variamos as concentrações, a temperatura dos reagentes, a velocidade de adição dos mesmos e o pH. Foi encontrado que as condições mais favoráveis para obtenção de calcita na forma cristalina é na temperatura de  $26^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 9,0$  e mantendo as concentrações das soluções de carbonato de amônia e cloreto de cálcio em 0,5 molar e 1,0 molar, respectivamente. A redução da velocidade de reação mediante a realização do gotejamento em cadinho de vidro sinterizado aumentou a eficiência do processo permitindo obtenção de cristais bem definidos de arestas superiores a  $160 \mu$  em um tempo inferior a 48 horas.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P042

### **DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO TERMOLUMINESCENTE DO $\text{CaCO}_3 : \text{Pb}$**

Débora de Gois Santos, Mário Ernesto Giroldo Valério, José Fernandes de Lima  
UFS

Neste trabalho estamos estudando o efeito da presença de íons  $\text{Pb}^{2+}$  na matriz do  $\text{CaCO}_3$  visando a entender o mecanismo de emissão termoluminescente da calcita natural. As amostras foram produzidas pelo processo de precipitação através do gotejamento de uma mistura de cloreto de cálcio com cloreto de chumbo sobre uma solução de carbonato de amônia. Após a decantação e secagem, os microcristais foram separados granulometricamente com o uso de peneiras analíticas para seleção de cristais com diâmetro entre 0,075 e 0,150 mm. As medidas de termoluminescência foram efetuadas com um leitor de TL desenvolvido no próprio laboratório. A curva de emissão TL do  $\text{CaCO}_3 : \text{Pb}^{2+}$ , irradiado com raios gama, apresenta dois picos principais localizados nas temperaturas de  $110^{\circ}\text{C}$  e  $250^{\circ}\text{C}$ . A análise dos parâmetros cinéticos do processo de emissão responsável

pelo pico de  $110^{\circ}\text{C}$  foi feita usando o método da forma do pico e da subida inicial. O fator de simetria obtido ( $0.53 \pm 0.01$ ) concorda com cinética de segunda ordem.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P043  
**RESPOSTA TERMOLUMINESCENTE DO  
QUARTZO EM FUNÇÃO DA EXPOSIÇÃO A  
RADIÇÃO GAMA**

Antônio José de Jesus Santos, Mário Ernesto Giroldo  
Valério, José Fernandes de Lima  
UFS

Neste trabalho estudamos a emissão termoluminescente do quartzo exposto à radiação gama de cobalto por diferentes intervalos de tempo. Foram utilizadas amostras em forma de pó com granulação entre 0.075 e 0.150 mm. As medidas foram efetuadas em um sistema leitor de TL desenvolvido no próprio laboratório. As curvas de emissão TL foram obtidas no intervalo de temperatura de  $-135^{\circ}\text{C}$  a  $10^{\circ}\text{C}$ . Os tratamentos térmicos das amostras foram realizadas em um forno de atmosfera aberta, enquanto que a irradiação foi feita na temperatura ambiente e a iluminação UV foi realizada no próprio aparato de medida na temperatura de  $-135^{\circ}\text{C}$ , antes do registro da curva de emissão. Foi encontrado que a área dos picos TL cresce monotonicamente com o tempo de exposição atingindo rapidamente a saturação. A amostra virgem, ou seja, sem tratamento térmico em laboratório, apresentou dois picos nas temperaturas de  $-50^{\circ}\text{C}$  e  $-22^{\circ}\text{C}$ . A amostra recozida a  $800^{\circ}\text{C}$  por uma hora apresentou cinco picos localizados entre as temperaturas de  $-70^{\circ}\text{C}$  e  $+10^{\circ}\text{C}$  sendo que o pico de  $-8^{\circ}\text{C}$  apresenta uma intensidade bem maior do que os outros levando a crer que o mesmo esteja relacionado com o pico de  $110^{\circ}\text{C}$  usado na datação arqueológica.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P044  
**EFEITO DE MEMÓRIA NA CONSTANTE  
DIELÉTRICA DO SAL DE ROCHELLE,  
INDUZIDO POR UM CAMPO ELÉTRICO  
EXTERNO DC**

Daniel P. Pereira, Petrus Alcantara Jr., Sanclayton G.  
C. Moreira  
Departamento de Física - UFPA

No cristal de sal de Rochelle (SR), a constante dielétrica tem sido estudada a várias décadas, onde se verifica, por exemplo, as duas transições de fase que ocorrem em  $-18^{\circ}\text{C}$  e  $24^{\circ}\text{C}$ . Nosso trabalho consiste em aplicar campos DC e observar o que acontece com a constante dielétrica desse cristal. As medidas foram realizadas numa amostra de SR em forma de placa, a qual foi pintada com tinta eletrocondutora em faces opostas constituindo-se, assim, um capacitor de faces paralelas cujo meio dielétrico é o próprio cristal. A capacitância foi medida, em função da temperatura, com a utilização de uma ponte de alta sensibilidade fabricada

pela General Radio, mod. 1620 AP, e em seguida obtida a constante dielétrica a partir da equação que descreve um capacitor plano de faces paralelas. Primeiramente, foi medida a capacitância com o campo DC nulo e em seguida foram aplicados os campos variados de 250 até 3000 V/cm, na direção  $[0,1,0]$ , sendo que, após a cada aplicação, mede-se a capacitância no intervalo de temperatura entre  $10^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ , ou seja, observando apenas o comportamento da constante dielétrica durante a transição de  $24^{\circ}\text{C}$ . A análise feita nos gráficos revela que a todo campo aplicado a constante dielétrica sofre um decréscimo do valor máximo (na transição) e que este obedece a uma lei de decaimento com o campo E (bias) do tipo  $K = K_0 \cdot \exp(-bE)$ , onde b é o coeficiente de amortecimento. O fato mais interessante dessas experiências é a não reversibilidade da constante dielétrica ao se retirar o campo "bias" DC aplicado. Isto nos leva a concluir que a aplicação do campo no cristal, armazena de alguma forma, informações no seu interior.

MAT 6 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P045  
**DETERMINAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS  
GERADORAS DE HARMÔNICOS  
ACÚSTICOS ATRAVÉS DO ESPECTRO DE  
FASE USANDO O SISTEMA DE 3  
ELETRODOS**

Rubens Silva, Sanclayton Geraldo Carneiro Moreira  
Departamento de Física - UFPA

O sistema de 3 eletrodos tem-se mostrado bastante eficiente na observação de efeitos interessantes, como: geração de harmônicos ou subharmônicos acústicos, caos, ressonâncias piezoelétricas, monitoração de transições de fase e medida da velocidade do som em cristais piezoelétricos. Neste trabalho, mostraremos como obter as frequências geradoras de harmônicos acústicos a partir do espectro de fase tirado de uma amostra de sal de Rochelle, usada como exemplo simples preparada como um sistema de 3 eletrodos. Para obtenção do sistema de 3 eletrodos devemos cortar o cristal na forma de uma placa retangular e pintar com tinta eletrocondutora 3 regiões distintas: uma é o eletrodo de entrada de um sinal AC, outra é o de saída e a terceira funciona como terra. O espectro de fase é obtido medindo-se a diferença de fase em função das frequências dos sinais de entrada e saída na amostra. Isto é feito com ajuda de um amplificador sensível à fase (lock-in) controlado por um PC-486. Analisando-se os espectros de fase, observamos algumas anomalias na forma de picos, presentes nos gráficos, para determinadas frequências: quando observados no osciloscópio, os sinais referentes a essas frequências mostram harmônicos do sinal de entrada. Devido à sensibilidade à fase, o lock-in permite medir a fase dos harmônicos gerados de forma bastante simples e com alta precisão.

# Óptica

OTI 1 - 28/11/96 - Sala Crasto 8:30

## **Cálculo dos Coeficientes de Reflexão e Transmissão de "Slab" Multicamadas ou não Homogêneo através do Método dos Momentos**

Esdras S. Santos, Thierry J. Lemaire  
UFBA

A técnica de empilhamento de camadas dielétricas finas é correntemente encontrada na construção de filtros para óculos, na fabricação de espelhos para cavidade Laser e interferômetros, ...etc. Neste trabalho os fenômenos de reflexão e transmissão no "Slab" são formulados através de uma equação integral, usualmente utilizada na descrição de fenômenos de espalhamento, que descreve o campo elétrico. A fim de tratar o problema consideramos uma onda incidente perpendicular ao "Slab", o que conduz a uma simplificação da equação citada para uma dimensão. A resolução desta equação é feita utilizando o Método dos Momentos permitindo assim o cálculo dos coeficientes de transmissão e reflexão de um "Slab" multicamadas ou não homogêneo. Sendo que neste último caso torna-se necessário, em geral, a utilização de um método de resolução numérica. O Método dos Momentos é largamente utilizado para o tratamento de problemas descritos por equações lineares contínuas transformando-as em um sistema discreto. Os coeficientes de reflexão e transmissão, função do comprimento de onda (no visível, infravermelho e ultravioleta), para vários tipos de "Slab" de índices de refração variando continuamente ou de maneira discreta, foram calculados. Gráficos são apresentados para mostrar a capacidade de filtragem do "Slab".

OTI 1 - 28/11/96 - Sala Crasto 8:50

## **GERAÇÃO DE SEGUNDO HARMÔNICO EM AMOSTRAS VÍTREAS**

A. S. Oliveira, M. T. de Araújo, A. S. Gouveia-Neto  
Universidade Federal de Alagoas  
J. A. Medeiros Neto  
UNICAMP  
A. S. B. Sombra  
Universidade Federal do Ceará

Os calcogenetos são compostos cujos ânions pertencem ao grupo VI da tabela periódica. Os vidros calcogenetos são bem conhecidos por suas propriedades ópticas e eletrônicas. As propriedades eletrônicas originam das mudanças na condutividade elétrica. Em uma voltagem específica os vidros calcogenetos sofrem mudanças estruturais e mudam para um mais alto estado de condução, útil em dispositivos para chaveamento de circuitos. O estudo desses vidros mostrou a possibilidade de serem

usados em fibras ópticas, dispositivos semicondutores, etc. Recentemente, tem sido mostrado que os vidros Ga:La:S podem ser operados como um eficiente amplificador a base de fibras ópticas. Nos últimos anos, tivemos uma grande procura dos materiais que emitem no infravermelho para serem usados em dispositivos de segurança, fotocopiadoras e dispositivos para chaveamento de circuitos. Além disso, vários estudos foram feitos para sua utilização em fibras ópticas. Neste trabalho utilizamos amostras de vidros calcogenetos Ga:La:S (Gálio-Lantânio-Enxofre) e investigamos experimentalmente a geração de segundo harmônico ao bombearmos estas amostras com radiação em  $1.064\mu\text{m}$  proveniente de um laser de Nd:YAG. Amostras de vidros Niobatos (a base de nióbio-Nb) também foram utilizadas para a investigação de suas não-linearidades.

OTI 1 - 28/11/96 - Sala Crasto 9:10

## **SUPERPOSITION OF NUMBER AND SQUEEZED STATES OF THE QUANTIZED LIGHT FIELD**

Geusa A. Marques, Adelsindo L. de Brito  
Depto. de Física - UFPB - C. Postal 5008 - CEP -  
58.059-970, João Pessoa - PB.  
Basílio Baseia, Hélio Dias  
Instituto de Física - USP - C. Postal 66.318 - CEP -  
05.389 - 970, São Paulo - SP.

A recent paper in the literature [Mod. Phys. Lett., **B9**, 1673(1995)], introduced the Intermediate Number Squeezed States (INSS) of the quantized radiation field, which interpolates between the number state  $|n\rangle$  and the squeezed-coherent state  $|z, \alpha\rangle$ , and exhibits various nonclassical states - as sub-Poissonian statistics, antibunching and squeezing. Here, for comparison, we introduce an alternative state, which also interpolates between those limiting states,  $|n\rangle$  and  $|z, \alpha\rangle$ . It is found that nonclassical effects in this new intermediate state can be greater than those exhibited by the INSS, depending on the choice of the interpolating parameters.

OTI 1 - 28/11/96 - Sala Crasto 9:30

## **Conversão Ascendente de Energia em Guias de Onda Canal de Sílica Dopada com Túlio**

J. F. Martins-Filho, A.G. Bezerra Jr., A. S. L. Gomes.  
Cid B. de Araújo  
Departamento de Física - UFPE  
J.R. Bonar, M.V.D. Vermelho, A.J. McLaughlin,  
P.V.S. Marques, J.S. Aitchison  
Department of Electronics and Electrical Engineering,  
University of Glasgow

O uso de substratos de silício para a fabricação de dispositivos fotônicos como amplificadores e lasers vem ganhando interesse principalmente pelo baixo custo de

numéricos. Também obtivemos autoestados de um sistema de acoplamento triplo de fibras óticas.

OTI 2 - 28/11/96 - Sala Crasto 11:30

**ON THE REDUCTION OF QUANTUM FLUCTUATIONS IN TWO INTERACTING TWO-LEVEL ATOMS**

Basilio Baseia

Instituto de Física - USP - C. Postal 66.318 - CEP - 05.389 - 970, São Paulo.

Adelsindo Liberato de Brito

Depto. de Física - UFPB - C. Postal 5008 - CEP - 58.059 - 970, João Pessoa (PB).

Reeta Vyas

Physics Department, University of Arkansas, USA.

We obtain exact solutions for the time evolution of a quantum system constituted by two interacting two-level atoms. We study two models of interactions: (i)  $V = \gamma(\hat{\sigma}_1\hat{\sigma}_2^+ + \hat{\sigma}_1^+\hat{\sigma}_2)$  where  $\hat{\sigma}_i^+(\hat{\sigma}_i)$  is the raising(lowering) operator for a two-level atom, and (ii)  $V = \gamma(\hat{\sigma}_1 \cdot \hat{\sigma}_2)$ , in analogy with the traditional spin-spin interaction. From the solutions obtained for the observables  $\hat{\sigma}_{i\mu}(t)$ ,  $i = 1, 2$ ;  $\mu = x, y, z$  we obtain their variances, allowing us to investigate possible occurrence of reduction of quadrature fluctuations in these observable.

OTI 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P034

**CORRELAÇÃO ENTRE AS QUADRATURAS DE DOIS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS CO-PROPAGANDO EM UM MEIO NÃO LINEAR**

Francisco Anacleto Barros Fidelis de Moura, Marcelo Leite Lyra

UFAL

Neste trabalho estudamos um sistema, exatamente solúvel, composto de dois campos eletromagnéticos, inicialmente coerentes, co-propagando em um meio não linear de terceira ordem. Estudamos as correlações entre as quadraturas dos campos. Trabalhos anteriores mostraram que os campos apresentam um entrelaçamento multifractal dentro do meio. Analisando o comportamento temporal da função de correlação entre as quadraturas observamos que esta apresenta comportamento periódico de colapsos e ressurgimentos com superestruturas para períodos longos. A função de correlação entre as quadraturas tem valores máximos e mínimos bem definidos, que podem ser obtidos analiticamente, considerando o entrelace dos campos.

OTI 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P035

**GERAÇÃO DE HARMÔNICO E CONVERSÃO ASCENDENTE DE FREQUÊNCIA EM FIBRAS ÓPTICAS DE GERMANOSILICATO BOMBEADA EM 1,319  $\mu\text{m}$**

Heron Teixeira Amorim, George Cunha Cardoso, Maria Tereza De Araújo, Marcos Vinícios Dias Vermelho, Evandro Araújo Gouveia, Artur da Silva Gouveia Neto  
UFAL

Neste trabalho tratamos a geração de luz visível através de geração de segundo e terceiro harmônicos e conversão ascendente de frequência em fibras ópticas monomodais de germanosilicato dopadas com praseodímio, bombeadas por um laser de Nd:YAG operando no regime "Q-switched" e "modelocked" em 1,319  $\mu\text{m}$ , isto é, na região de comprimento de onda da segunda janela de telecomunicações. A taxa do crescimento do processo de dobra de frequência semeada pelo sinal de fluorescência por conversão ascendente foi estudada. Também é demonstrado geração instantânea eficiente de terceiro harmônico. No espectro de emissão, também obtivemos bandas largas em torno de 630 nm e 710 nm, correspondentes à emissão de fluorescência do nível do estado excitado  $^3P_0$  para um estado de energia mais baixo  $^3F_3$ . O mecanismo de bombeamento utilizado para popular o estado  $^3P_0$  é completado por um primeiro passo de transição de um fóton conectando o estado fundamental  $^3H_4$  ao estado excitado  $^3F_4$ , seguido de uma transição de dois fótons a partir do estado excitado  $^3F_4$ , conectando-o ao estado excitado  $^3P_0$ .

OTI 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P036

**OPTIMIZAÇÃO DAS MEDIDAS DE NÃO LINEARIDADES EM GUIAS DE ONDAS**

Jandir Miguel Hickmann, Jonathas Matias de Oliveira  
UFAL

Atualmente existe um grande interesse na caracterização do índice de refração não linear de alguns materiais com a finalidade de desenvolver dispositivos ópticos. Para tanto, tem-se desenvolvido técnicas que tornam possível essa caracterização. Dentre estas, temos uma nova técnica chamada c-scan, que explora a variação não linear da fase devido a uma varredura imposta em um pulso de luz, que é adequada para guias de ondas. Este trabalho tem por finalidade otimizar a técnica c-scan. Para que seja possível a aprimoração da técnica, faz-se necessário a simulação numérica das situações experimentais utilizadas e o ajuste dos parâmetros envolvidos na experiência. Os parâmetros obtidos poderão ser utilizados em outros experimentos e na determinação de uma melhor abertura espectral. A otimização da abertura espectral proporcionará uma maior precisão na medida dos guias de ondas.

produção em larga escala, utilização da já bem desenvolvida tecnologia de crescimento e fabricação de dispositivos microeletrônicos, facilidade de formação de guias de onda em camadas dielétricas crescidas a partir do silício, e possibilidade de integração híbrida de vários dispositivos sobre uma micro-bancada-ótica de silício (silicon optical bench), interconectados por guias passivos de baixas perdas. Uma das aplicações mais recentes e de grande interesse consiste do estudo de processos de conversão ascendente de energia, em particular a conversão de luz do infravermelho para o azul. Neste trabalho apresentamos a primeira observação de conversão ascendente de energia para o azul em um guia de onda canal de SiO<sub>2</sub> dopado com túlio, fabricado sobre um substrato de silício. A sílica dopada com terra rara foi depositada sobre uma pastilha de silício por hidrólise por chama, e o guia de onda foi formado por fotolitografia e "reactive ion etching". Para o bombeamento ótico do guia foram utilizados o fundamental (1,06 μm), primeiro Stokes (1,12 μm) e segundo Stokes (1,18 μm) do espalhamento Raman estimulado gerado numa fibra ótica bombeada por um laser de Nd:YAG. A emissão do guia de onda foi observada em ≈ 473 nm e ≈ 650 nm, indicando a ocorrência da absorção de três ftons pelos átomos de túlio. O mecanismo envolvido foi o mesmo identificado previamente no estudo da amplificação de emissão espontânea em fibras óticas monomodo. Estes resultados indicam a possibilidade da obtenção de um laser de estado sólido emitindo no azul, construído com técnicas de microfabricação.

Agradecimentos ao CNPq, FACEPE, CAPES e Conselho Britânico.

OTI 2 - 28/11/96 - Sala Crasto 10:30

### ESTADOS COMPRIMIDOS DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO GERADOS POR HAMILTONIANAS QUADRÁTICAS

Fábio C. Carvalho, Adelsindo L. de Brito  
 UFPB

Recentemente um grande número de trabalhos têm dedicado especial atenção ao estudo dos estados comprimidos do campo eletromagnético. Estes estados generalizam a classe dos conhecidos estados coerentes e são caracterizados pelo fato de que a indeterminação em uma das duas componentes de quadratura do campo é menor do que nos estados coerentes usuais. Neste trabalho mostramos que a Hamiltoniana de Bateman pertence a classe de Hamiltonianas quadráticas em termos de  $\hat{a}$  e  $\hat{a}^\dagger$  e conforme Yuen [H. P. Yuen, Phys. Rev. **A13**, 2226(1976)], gera os estados comprimidos. Também mostramos que é possível a geração de squeezing para um oscilador que sofre uma mudança brusca de massa.

OTI 2 - 28/11/96 - Sala Crasto 10:50

### AZZAM UNIVERSAL RELATIONSHIP METHOD FOR DETERMINATION OF A SAMPLE SURFACE QUALITY

Ritta Vitlina  
 UNICAMP  
 Alexander Ghiner,  
 UFMA  
 Gregory Surdutovich  
 UNICAMP  
 Vitor Baranauskas  
 UNICAMP

The universal relationship between Fresnel coefficients for s- and p- polarized light at the flat ideal interface between two isotropic semi-spaces is generalized for the case of the uniaxial and biaxial anisotropic medium. In this case the universal relationship acquires universal angular dependence. The parameters of this new universal function are determined by the values of the principal refractive indices. It gives a direct method for the determination of an optical anisotropy by the ellipsometric technique. Moreover, the deep analysis revealed that for not so rough surfaces it is possible apply not the ellipsometric but much more simple reflectometry technique for determination of the Fresnel coefficients in the frameworks of the known jump-like model for the phase of the p-polarized light in the vicinity of the Brewster angle. The experimental confirmation of such approach was performed with a natural calcite crystals and rough crystalline silicon samples.

OTI 2 - 28/11/96 - Sala Crasto 11:10

### ESTUDO DO DESEMPENHO DE ACOPLADORES DIRECIONAIS DE FIBRA ÓTICA

Márcio Gomes da Silva, Carlos Alberto Feitosa,  
 Antônio Sérgio Bezerra Sombra  
 Depto. de Física, Universidade Federal do Ceará

Dispositivos de chaveamento totalmente óticos, tem despertado grande interesse como componentes de chaveamento rápido em futuros sistema de comunicação. Os acopladores de fibras óticas tem sido estudados por suas potenciais aplicações no processamento de sinais óticos. Estudos anteriores de chaveamento de solitons, em acopladores de fibras, tem revelado uma eficiencia de chaveamento em torno de 96 incidentes. Neste presente trabalho, desenvolvemos uma forma analítica para investigar a propagação e chaveamento de solitons num acoplador triplo de fibras por meio de um método variacional, usando a Formulação de Densidade Lagrangeana. A solução analítica foi obtida diretamente da equação não linear de Schrödinger. As características de transmissão de um soliton de primeira ordem obtidas pelo procedimento analítico concorda com os resultados

OTI 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P037

### **ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE COERÊNCIA DE UM LASER NO LIMIAR**

W. Diógenes, J. Reis e Silva, E. Fonseca, C. H. Monken, S. Pádua

Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais

Recentemente, iniciamos um estudo onde o comprimento de coerência da luz gerada na luminescência paramétrica estimulada está sendo estudado em função da potência do laser auxiliar estimulador. Como estudo preliminar estudamos a variação do comprimento de coerência da luz emitida por um laser de diodo em função da corrente aplicada no mesmo. Nosso objetivo é entender como o comprimento de coerência varia quando este opera abaixo, no, e acima do limiar. Nesta transição, o comprimento de coerência da luz emitida passa de algumas dezenas de microns para uns poucos metros. As medidas foram realizadas com um interferômetro de Michelson e utilizamos a técnica de contagem de fótons. Estudamos a visibilidade do padrão de interferência em função da diferença de caminhos para a luz no interferômetro, para diferentes correntes no laser.

OTI 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P038

### **Fabricação de Lasers Semicondutores Tipo Oxide Stripe em Poços Quânticos de GaAs/AlGaAs**

D. N. da Silva, J. F. Martins-Filho  
Departamento de Física - UFPE  
C. N. Ironside

Department of Electronics and Electrical Engineering,  
University of Glasgow

Lasers semicondutores são compactos, robustos, eficientes, de baixo consumo de potência e de baixo custo. Por isso o laser de diodo é o principal dispositivo emissor ótico em sistemas optoeletrônicos e de comunicações óticas. O desenvolvimento dos processos de fabricação de lasers, assim como a caracterização do material semicondutor utilizado são importantes passos na direção da capacitação científico-tecnológica e para o desenvolvimento de dispositivos e estruturas inovadoras. Neste trabalho apresentamos a fabricação de lasers tipo oxide stripe, de guiamento por ganho, em material semicondutor com 4 poços quânticos de GaAs e barreiras de  $\text{Al}_{20}\text{Ga}_{80}\text{As}$ , ambos com 100 Å de largura. Serão descritas a estrutura do material semicondutor usado, a estrutura do laser fabricado, como também cada processo envolvido na fabricação do dispositivo em sala limpa, nomeadamente, limpeza das amostras, deposição de filme fino de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) por sputtering, fotolitografia, etching químico, polimento do substrato, deposição metálica por evaporação térmica e clivagem dos lasers. A janela de injeção de corrente no laser tem

75  $\mu\text{m}$  de largura, e por isso os efeitos de espalhamento de corrente injetada podem ser desprezados. Com esse tipo de dispositivo pode-se obter a caracterização do material semicondutor como laser, através da obtenção da eficiência quântica externa e interna, coeficiente de perdas, densidade de corrente de limiar, densidade de corrente de transparência, e o ganho diferencial do material. Serão apresentados resultados da caracterização ótica, através de curvas de potência ótica emitida versus corrente elétrica injetada ( $L \times I$ ) e corrente versus tensão ( $V \times I$ ). Para um laser de 800  $\mu\text{m}$  de comprimento de cavidade obteve-se a eficiência externa de 0.53 W/A, corrente de limiar de 280 mA, o que corresponde a uma densidade de corrente de limiar de 466.6 A/cm<sup>2</sup>, e a resistência dinâmica de 11  $\Omega$ .

Agradecimentos ao CNPq, FACEPE, CAPES e Conselho Britânico.

OTI 3 - 28/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P039

### **EFEITOS DE RELAXAÇÃO NA DINÂMICA CAÓTICA DE LASERS COM MEIOS SATURÁVEIS**

Péricles Oliveira Jr, Petrus Alcantara Jr.

Departamento de Física, UFPA

Andrea Regina Zeni

Instituto de Física, UFRGS

Lasers com perdas saturáveis apresentam comportamento caótico interpretado dinamicamente como decorrendo da homoclinicidade de órbitas no espaço de fases. Embora, sob o ponto de vista da teoria de sistemas não lineares, essa dinâmica esteja bem interpretada, ainda ressurte-se da interpretação física dos processos responsáveis pela ocorrência de caos nesses sistemas. Supõe-se que a ocorrência de caos nesses sistemas seja decorrente de efeitos transientes nos processos de relaxação molecular que ocorrem tanto no meio de ganho como no meio absorvedor do laser. Neste trabalho analisamos a dinâmica de um laser de  $\text{CO}_2$  contendo uma célula com gás absorvedor saturável intracavidade considerando a influência de diferentes processos de relaxação que podem ocorrer nos meios de ganho e de absorção. Apresentamos uma análise da dinâmica baseada na construção de mapas de tempo de retorno. (CNPq, PROPESP/UFPA)

**Conversão Ascendente de Frequência por Absorção Sequencial de Dois Fótons em Vidros Dopados com Érbio**

Nikifor Rakov Gomez, Cid Bartolomeu de Araújo,  
 Ronaldo Pereira de Melo Júnior  
 Departamento de Física - UFPE  
 Younes Messaddeq, Michel Aegerter  
 Departamento de Química- UNESP

Atualmente existe um grande interesse no estudo de vidros fluoretos dopados com íons de terras raras devido a várias aplicações possíveis em Fotônica. Estes materiais apresentam alta transparência na região do ultravioleta ao infravermelho, e baixas perdas não-radiativas devido à relaxação multifonônica. Em particular, os vidros fluoroindatos têm sido objeto de estudos recentes devido às suas propriedades mecânicas, alta resistência à umidade e grande eficiência em processos de conversão ascendente de frequências. Neste trabalho apresentamos resultados de experiências de absorção, fluorescência e conversão ascendente de frequências em vidros fluoroindatos dopados com Érbio. As amostras utilizadas têm a seguinte composição:  $20ZnF_2-20SrF_2-2NaF-16BaF_2-6CaF_2-(36-x)InF_3-xErF_3$   $x=1,2,3$  mol %. A fonte de excitação foi um laser de He-Ne (632.8nm) de baixa potência (5mW). A primeira etapa no processo de excitação da fluorescência observada em 540 nm ( $^4S_{3/2} - ^4I_{15/2}$ ) é devida à absorção assistida por fônons ("phonon sideband") do estado fundamental  $^4I_{15/2}$  para o estado  $^4F_{9/2}$ . A partir deste estado ocorre relaxação rápida para os estados  $^4I_{13/2}$  e  $^4I_{11/2}$ . Subsequentemente ocorre absorção ressonante para o estado  $^4F_{5/2}$  seguida de relaxação rápida para o estado  $^4S_{3/2}$ . A intensidade do sinal detectado varia com o quadrado da intensidade do laser. Os comportamentos estacionário e transiente da fluorescência foram estudados detalhadamente e sua descrição teórica quantitativa foi feita através de equações acopladas envolvendo a população dos níveis participantes do processo. Além dos efeitos de relaxação espontânea foi também necessário considerar processos de relaxação cruzada envolvendo pares de átomos de  $Er^{3+}$ . A partir dos resultados obtidos, foi possível estabelecer as condições para observação do processo de avalanche de fótons nas amostras estudadas.

**Conversão Ascendente de Frequências em Vidros Fluoroindatos Dopados com Neodímio**

Leonardo de Souza Menezes, Cid Bartolomeu de Araújo  
 UFPE  
 Y. Messaddeq  
 UNESP  
 M. A. Aegerter  
 Institut fuer neue Materialien

Os vidros fluoroindatos dopados com terras raras tem se revelado como bons materiais para aplicações em fotônica devido principalmente ao fato de a matriz vítrea ser capaz de incorporar grandes quantidades de dopantes e ao baixo valor da energia máxima de seus fônons ( $\sim 507 \text{ cm}^{-1}$ ). Neste trabalho, investigamos o fenômeno da Conversão Ascendente de Energia (CAE) nos vidros fluoroindatos dopados com  $Nd^{3+}$ , ie, a geração pela amostra de radiação com energia maior do que aquela do laser usado como fonte de excitação. Em dois regimes de bombeamento (pulsado e contínuo), espectros de emissão de CAE foram obtidos e cada uma de suas linhas estudada. No primeiro conjunto de experiências, um laser de Nd:YAG foi usado para bombear um laser de corante, que foi sintonizado em 577 nm, excitando os íons de  $Nd^{3+}$  para os níveis  $^2G_{7/2}$ ,  $^4G_{5/2}$  a partir do estado fundamental. Emissões em 354, 382, 414 e 449 nm foram detectadas e suas origens foram atribuídas à transferência de energia entre pares (emissões ultravioletas) e absorção ressonante de dois fótons num íon (emissões azuis). No regime de bombeamento contínuo, um laser de Ti:Safira sintonizado em 866 nm (de forma a promover os elétrons opticamente ativos do estado fundamental para o nível  $^4F_{3/2}$ ) foi usado. Observamos a "fluorescência branca" do  $Nd^{3+}$ , refletindo um espectro de CAE rico em linhas de emissão (354, 382, 414, 425, 449, 522, 590, 660 e 753 nm). Apenas as emissões ultravioletas foram plenamente caracterizadas e suas origens atribuídas à transferência de energia entre tríades de íons de  $Nd^{3+}$ .

**Não-linearidades ópticas em vidros dopados com terras-raras utilizando luz incoerente**

Glauco Santos Maciel, Ricardo Rego Bordalo Correia,  
 Cid Bartolomeu de Araújo  
 Departamento de Física - UFPE  
 Celso Mello Donegá, Ana Cláudia Vaz de Araújo  
 Departamento de Química Fundamental- UFPE

O estudo de fenômenos ultra-rápidos com tempos característicos de picosegundos e femtosegundos requer medidas espectroscópicas de alta resolução nesta escala temporal. Tais medidas podem ser efetuadas com lasers de pulsos ultra-curtos. Devido a algumas limitações de tais lasers, um outro método utilizando luz parcialmente coerente pode ser empregado. Neste procedimento o sinal obtido através de não-linearidades ópticas no material é analisado através da correlação entre o feixe de excitação e o feixe de prova [1]. O experimento envolve mistura degenerada de quatro ondas, onde através do fenômeno conhecido como auto-difração é possível medir o tempo de relaxação da coerência ( $T_2$ ) da polarização não-linear induzida na amostra e também determinar a susceptibilidade não-linear de terceira ordem,  $\chi^{(3)}$ . A

resolução temporal neste caso é determinada pelo tempo de correlação e não pela duração do pulso da fonte de excitação. A fonte de excitação é um laser de corante (RhB) de banda larga ( $\Delta\lambda=5$  nm) com um estágio amplificador emitindo em 590 nm, o qual é bombeado pelo segundo harmônico de um laser pulsado de Nd:YAG (5 Hz, 10 ns). As amostras utilizadas são vidros dopados com Neodímio, Nióbio e Disprósio. Serão apresentados resultados de  $T_2$  em função da temperatura das amostras acompanhados de interpretação teórica dos resultados com base em modelos disponíveis na literatura [2].

[1]Acioli et al., IEEE J. Quantum Electron. v.26, p.1277 (1990)

[2]Ver por exemplo: Schmidt et al., Phys. Rev. Lett. v.71, p.3031 (1993)

OTI 4 - 29/11/96 - Sala Crasto 9:30

### RECONSTRUCTION OF THE DIELECTRIC CHARACTERISTICS OF A 3-DIMENSIONAL OBJECT BY USE OF THE COUPLED DIPOLES METHOD

Thierry J. Lemaire, Amin Bassrei, Kleber C. Mundim  
Instituto de Física/UFBA

The electromagnetic scattering phenomena are of great importance because of their numerous applications in various fields. One of these applications is the study of the dielectric properties of an object, using microwave imagery technics, a non invasive and non destructive one. Numerical methods such the moment method [1] are currently used to solve this kind of inverse problem, using the integral formulation of the field. In this work, we propose an algorithm to reconstruct the dielectric permittivity of a single object of dimensions comparable to the wavelength, using the knowledge of the near electric field in a discrete set of points. In order to describe the scattered electric field, the coupled dipoles method, a powerful and flexible low frequency method introduced in 1973 by Purcell and Pennypacker [2], is employed. In this model, the scatterer is modeled by a set of polarizable spherical subunits located at the sites of a cubic lattice, and whose polarizabilities are given by the Clausius-Mossotti relation. The formulation of the inverse problem leads to a system of linear complex equations that we solve by the use of the singular value decomposition method when the number of dipoles is small (about 100), and a gradient method in the other cases. Some synthetic examples related to objects of simple geometries are presented and show the feasibility of the method for dielectric weakly absorbing objects of moderate refractive indexes (close to 1).

I. S. Caorsi, G.L. Gragnani and M. Pasorino. "Redundant electromagnetic data for microwave imaging of three dimensional dielectric objects". IEEE Trans. Ant. Prop. 42, p. 581-589 (1994).

2. B.T. Draine and P.J. Flatau, "Discrete dipole approximation for scattering calculations". J. Opt. Soc. Am. A11, p. 1491-1499 (1994).

OTI 5 - 29/11/96 - Sala Crasto 10:30

### FOTOESTIMULAÇÃO COM LASER NO PROCESSO DE MICROPROPAGAÇÃO EM DIANTHUS SINENSIS

Josefina Barrera Kalhil, Guido Nunes Lopes  
Departamento de Física da UFRR

No presente trabalho estudou-se em condições de laboratório o efeito estimulador da radiação laser de baixa potência, com densidade de potência de 0,6 mW/cm<sup>2</sup> e comprimento de onda  $\lambda = 632,8$  nm, no processo de micropropagação "in vitro" em *Dianthus Sinensis*, com o objetivo de aumentar a taxa de multiplicação estilar de crescimento do comprimento das vitroplantas. Foi confirmado que a radiação com  $\lambda = 632,8$  nm, proveniente do laser de He-Ne de baixa potência promove a formação de brotos e raízes novas, assim como, o crescimento dos novos tecidos como aparecem na bibliografia sobre o tema. Foram determinados os picos de estimulação dos novos tecidos crescidos, a taxa de multiplicação e o comprimento dos tecidos. Desde 1975, o cultivo "in vitro" de plantas superiores tem tido um espetacular desenvolvimento. Os trabalhos desenvolvidos baseiam-se fundamentalmente no cultivo de plantas, sementes, embriões, tecidos, células, protoplastos em meios nutritivos esterilizados, para a produção e regeneração de indivíduos de muitas espécies de plantas. A tecnologia "in vitro" utiliza-se para estudar diferentes aspectos da vida vegetal nos processos de diferenciação celular, metabolismo, nutrição mineral, síntese de macromoléculas entre outras. Atualmente, esta linha de pesquisa tem se convertido em uma potencial área da nova biotecnologia moderna.

OTI 5 - 29/11/96 - Sala Crasto 10:50

### SOBRE A EFICIÊNCIA DAS ARMADILHAS MAGNETO-ÓPTICAS COM FEIXES AUXILIARES

Ascânio Dias Araújo, Ilde Guedes  
UFC

Aumentar o número de átomos aprisionados na armadilha magneto-óptica AMO vem sendo um desafio constante a ser superado. Sabemos que no regime de gás ideal o número de átomos aprisionados é dado por  $N \propto v_c^4 w^2$ , ou seja é proporcional a velocidade de captura  $v_c$  e a região de aprisionamento, definida pela cintura dos feixes  $w$ . Assim, para aumentarmos o número de átomos aprisionados na AMO, podemos aumentar  $w$  ou aumentar  $v_c$ . Aumentar  $w$  significa aumentar a região de interação átomo-laser. Entretanto para mantermos o

mesmo parâmetro de saturação, devemos aumentar a potência dos campos de radiação. É claro então, que esta técnica tem sua aplicabilidade limitada. Resta-nos tentar aumentar o número de átomos aprisionados na AMO via aumento da velocidade de captura. Várias técnicas têm sido desenvolvidas para este fim. Entre as quais podemos mencionar: inclusão de frequências laterais nos feixes de aprisionamento e "frequência chirping". De acordo com resultados já conhecidos nenhuma das teorias acima fornecem resultados satisfatórios. Recentemente, A. Sinclair<sup>(1)</sup> et al e Flemming Neto<sup>(2)</sup> et al demonstraram a possibilidade do aumento da velocidade de captura pela modificação da geometria da armadilha magneto-óptica. Esta modificação se dá pela inclusão de outros feixes com valores maiores de dessintonia para o vermelho da transição atômica. Devido ao aumento do deslocamento Doppler, podemos desacelerar e aprisionar átomos bem mais rápidos que na AMO convencional. Assim o propósito deste trabalho foi o de entender, usando um modelo teórico bastante simples baseado na Teoria Doppler de resfriamento, o princípio de funcionamento destas novas configurações. Com isto, calculamos o número de átomos aprisionados e comparando a eficiência destas novas configurações com AMO convencional. Verificamos que de forma geral, obtemos um aumento em torno de uma ordem de grandeza no número de átomos aprisionados.

(1) A.G.Sinclair et al J.Opt.Soc.Am.B 11,2333

(2) J.Flemming Neto et al Opt.Letters

OTI 5 - 29/11/96 - Sala Crasto 11:10

**JAYNES-CUMMINGS MODEL WITH  
INTENSITY INDEPENDENT  
INTERACTION AND INITIAL STATE IN  
THE BINOMIAL STATE**

Basilio Baseia, Gil C. Marques

Instituto de Física - USP - C. Postal 66.318 - CEP  
-05.389 - 970, São Paulo (SP).

Adelsindo Liberato de Brito

Depto. de Física - UFPB - C. Postal 5008 - CEP -  
58.059 - 970, João Pessoa (PB).

Sérgio B. Duarte

CBPF - Rio de Janeiro - (RJ) - CEP. 22290 - 180,

Recently, we introduced a new version of the Jaynes-Cummings model [Mod. Phys. Lett. **B9**, 1199(1995)], in which the interaction Hamiltonian is independent of the excitation number, or field intensity. Exact solution for this model was found allowing the study of nonclassical effects exhibited by the atom and the field, the latter initially in a coherent state. Here, we extend this study to the case of a field initially in the binomial state [Optica Acta, **32**, 345(1985)], to investigate those nonclassical effects as function of the interpolating parameters of this state. The previous results are obtained from par-

ticularization of the present, in the limit of a coherent state, allowed by the binomial state.

OTI 5 - 29/11/96 - Sala Crasto 11:30

**Medidas de Ganho em Guias de Planares de  
Polimida Dopados com Corante**

Martin Weiss, Ramakant Srivastava

University of Florida

Ricardo Rego Bordalo Correia, Joaquim F.

Martins-Filho, Cid Bartolomeu de Araújo

Departamento de Física-UFPE

A procura de novos materiais de fácil processamento para aplicações em óptica integrada levou ao desenvolvimento de dispositivos de filmes poliméricos de boa qualidade. Em especial, guias de onda planares de polimida, fabricados através de técnicas de recobrimento por rotação, apresentam perdas menores que 0.1dB/cm. Os avanços recentes da tecnologia de fabricação de lasers de diodo no vermelho e de fibras plásticas indicam a necessidade do desenvolvimento de componentes poliméricos ópticamente ativos. Neste sentido a utilização de guias de onda de polímeros dopados com corantes de laser tem recebido grande atenção. Neste trabalho descrevemos a obtenção de 14dB de ganho em um laser de sinal em 670 nm por um guia de onda planar de polimida dopada com o corante cresil violeta 670. O polímero foi depositado sobre um substrato de SiO<sub>2</sub> crescido termicamente numa pastilha de silício. Esta é a primeira demonstração de ganho em um guia de onda de polimida dopada com corante. A amplificação foi obtida através do bombeamento óptico transversal da região de propagação do laser de sinal acoplado no guia utilizando um laser de corante em 590 nm. Também será apresentado o estudo da dependência do ganho com o modo óptico acoplado no guia e com as potências dos lasers de sinal e de bombeamento.

# Semicondutores

SEM 1 - 28/11/96 - Sala Aruana 8:30

## Proposta de Aprimoramento do Método de Análise na Determinação da Energia de Gap de Semicondutores: Uma Aplicação em Espectroscopia Fotoacústica

Alexandre Vieira Batista da Silva, Iuri Muniz Pepe  
Universidade Federal da Bahia  
Jailton Caetano de Souza  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
Antonio Ferreira da Silva  
Linkopings Universitet

A determinação da energia de gap desempenha relevante papel no processo de caracterização de semicondutores. Utilizando a técnica da espectroscopia fotoacústica procedemos a medida da absorção óptica de amostras semicondutoras em função do comprimento de onda. A partir dos espectros de absorção dessas amostras e considerando a relação  $(1) \alpha(h\nu) = A(h\nu - E_g)^{n-1}$ , podemos determinar a energia de gap tomando o quadrado ou a raiz quadrada (semicondutor de transição direta e indireta respectivamente) da intensidade da absorção e efetuando uma regressão linear<sup>2</sup>. A simplicidade matemática desse método permite sua utilização mesmo com baixa disponibilidade de recursos computacionais. A maior disponibilidade desses recursos atualmente nos motivou e possibilitou a investigação da variação do valor da energia de gap determinada utilizando um ajuste numérico dos pontos do espectro de absorção com a própria expressão (1), em relação à encontrada pela regressão linear. Também verificamos a variação do expoente  $n$  na relação (1) com o valor da energia de gap encontrado. Realizamos esse estudo com amostras dopadas e não dopadas de  $Si_{1-x}Ge_x$ , cuja análise pela regressão linear já havíamos efetuado<sup>3</sup>. Conclusões: Sendo a barra de erro um retrato da qualidade dos ajustes, os dois métodos são compatíveis. Sistemáticamente, nos quatro casos estudados, o valor absoluto da energia de gap mostrou-se inferior para o ajuste com a expressão (1). Mantendo-se fixo no ajuste o valor de  $E_g$  encontrado e deixando-se livre o expoente  $n$ , encontramos valores para o mesmo completamente compatíveis com o valor teórico.

<sup>1</sup>J.I. Pankove, Optical Properties in Semiconductors (Dover, New York, 1975)

<sup>2</sup>A. Ferreira da Silva et al. Appl. Phys. Lett. Vol.69 No.13 (1996, in press) e referencias citadas

<sup>3</sup>A. Ferreira da Silva et al. Optical Characterization of Highly Boron-doped  $Si_{1-x}Ge_x$  Alloy by Photoacoustic Spectroscopy (14th European Conference on Thermophysical Properties, Lyon, 1996)

SEM 1 - 28/11/96 - Sala Aruana 8:50

## SIMULAÇÃO E FABRICAÇÃO DE GUIAS DE ONDA CANAL EM ESTRUTURAS DO TIPO $SiO_2/Si_3N_4/SiO_2/Si$

Márcia B. Costa e Silva, Joaquim F. Martins-Filho,  
Eronides F. da Silva Jr.

Departamento de Física-UFPE

Devido ao avançado grau de desenvolvimento das tecnologias de fabricação de dispositivos microeletrônicos a óptica integrada em substratos de silício cristalino tem ganho um forte impulso em anos recentes, principalmente devido a uma variedades de aplicações na área de telecomunicações. em particular, a fabricação de guias de onda, amplificadores ópticos e lasers semicondutores.

Dando continuidade ao nosso trabalho na área, apresentamos os resultados de simulações computacionais de estruturas de guias de onda canal do tipo  $SiO_2/Si_3N_4/SiO_2/Si$ , onde o meio guiante é o  $Si_3N_4$ , indicando o acoplamento dos modos de propagação. Baseado nas simulações desenvolvemos o processo de fabricação dos guias canal, utilizando as técnicas de oxidação térmica, sputtering reativo e corrosão química em sistema de refluxo fechado a 140 °C. Este último com o objetivo de corroer o  $Si_3N_4$  e para melhor uniformidade no filme. Apresentaremos os resultados do acoplamento de um laser HeNe (632.8 nm) no guia para a obtenção do coeficiente de perdas e número de modos guiados. O desenvolvimento desses processos para fabricação de guias de onda nos permitirá caminhar em direção a outros dispositivos e circuitos optoeletrônicos avançados em substratos de silício.

(RHAÉ, FINEP)

SEM 1 - 28/11/96 - Sala Aruana 9:10

## CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE CAPACITORES MOS EM ALTAS E BAIXAS FREQUÊNCIAS

Armando T. Neto, Elder A. de Vasconcelos e Eronides F. da Silva Jr.

Departamento de Física-UFPE

Dispositivos com estrutura Metal/Óxido/Semiconductor (MOS) são de importância fundamental nas tecnologias de fabricação de circuitos integrados avançados. Com o objetivo de estudar propriedades físicas e elétricas de filmes finos e estruturas microeletrônicas, foram fabricados capacitores MOS em substratos de silício tipo p e tipo n. Os dispositivos foram caracterizados eletricamente utilizando-se as técnicas de  $C \times V$  a altas (1 MHz) e baixas (Quasi-estática) frequências.

Descrevemos neste trabalho os processos de fabricação e caracterização elétrica dos capacitores e, em particular, apresentamos resultados experimentais mostrando a geração de defeitos próximo à interface  $SiO_2/Si$  e suas

consequências para a degradação dos dispositivos. As distribuições de carga positiva e armadilhas de interface são estudadas em função das dimensões do dispositivo, tipo de substrato e dose de radiação ionizante proveniente de uma fonte de raios-X, usada para simular o ambiente de funcionamento dos dispositivos.

A densidade de armadilhas de interface através do gap do silício e as variações observadas na concentração aparente de dopantes no substrato mostram um comportamento com a dose de radiação ionizante na forma de uma lei de potência do tipo  $\Delta X/X_0 \sim (dose)^\alpha$  ( $X = D_{it}$ , N), onde  $1/2 \leq \alpha \leq 1$ . Discutiremos os mecanismos físicos associados aos efeitos observados no decorrer destes experimentos.

(RHAÉ, FINEP)

SEM 1 - 28/11/96 - Sala Aruana 9:30

### EFEITOS DE INTERFACES GRADUAIS NOS MODOS ACÚSTICOS EM SUPER-REDES Si/SiGe: UM ESTUDO ATRAVÉS DE UM MODELO ANALÍTICO

Alexandre Magno Rodrigues Teixeira, Valder Nogueira Freire, Marcos Antônio Araújo Silva  
UFC

A análise microscópica de interfaces em super-redes Si/SiGe através de microscopia por transmissão eletrônica de alta resolução (HRTEM) tem mostrado que efeitos de interdifusão ocorrem durante o processo de crescimento. Interfaces graduais  $Ge_xSi_{1-x}$  existem então nas regiões interfaciais, que podem se estender por algumas células unitárias do cristal [1]. Um modelo (com solução estritamente numérica) para obtenção da relação de dispersão de fônons acústicos em super-redes com interfaces graduais Si/ $Ge_xSi_{1-x}$  foi recentemente proposto [2]. Ele mostrou a dependência dos mini-gaps de energia dos fônons acústicos com o alargamento das interfaces graduais. Neste trabalho apresentamos um modelo baseado no contínuo elástico que permite a obtenção de expressões analíticas para a relação de dispersão dos fônons acústicos em super-redes graduais. Quando é feita a hipótese da variação linear interfacial da densidade local da liga semicondutora. Obtemos que a existência de interfaces é responsável por uma redução significativa dos mini-gaps dos fônons acústicos, em geral de forma menos acentuada do que aquela prevista pelo modelo da cadeia linear com uma ou duas interfaces. Finalmente, um esquema é apresentado para a obtenção da relação de dispersão dos fônons acústicos para outros tipos de variação da composição interfacial da liga semicondutora.

[1] C. Kisielowski, Z. Liliental-Weber e E. R. Weber, *Brazilian Journal of Physics* **26**, 83 (1996).

[2] X. Liu, D. Huang, Z. Jiang, e Wang, *Phys. Rev. B* **53**, 4699 (1996).

SEM 1 - 28/11/96 - Sala Aruana 9:50

### TEXTURIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES DE SILÍCIO PARA APLICAÇÃO EM CÉLULAS SOLARES

Breno de A. P. Néri  
UFPE  
Edval J. P. Santos  
UFPE

Texturização da superfície de lâminas de silício foi obtida pela corrosão em solução de hidróxido de potássio (KOH). Esse processo de corrosão é anisotrópico, i.e., o plano cristalino (100) é corroído mais rápido do que o plano (111). Com isso é possível tanto texturizar a superfície, diminuindo sua refletividade, como também fabricar vales com paredes bem definidas, se uma máscara apropriada for utilizada. Nos dois casos os raios solares incidentes são aprisionados, aumentando assim a eficiência da célula solar. Foram preparadas soluções de KOH com concentrações de 3%, 5%, 15% e 45% em massa. As lâminas foram corroídas a temperaturas de 50°C até 120°C e tempos de 1 min até 8 min. Foram feitos dois tipos de teste, no primeiro procurou-se reduzir a refletividade da superfície e no segundo, o objetivo foi formar vales com paredes bem definidas. No primeiro teste, observa-se que a solução com 5%, 1 min e a 60°C e com 45%, 1 min, 100°C apresentam baixa refletividade e boa uniformidade. No teste para obter uma vale, a lâmina foi oxidada para formar uma camada de óxido de 500Å, após isso foi feita uma etapa de litografia e posteriormente corrosão do óxido de silício em solução de ácido fluorídico. Com as janelas abertas no óxido, a lâmina foi colocada em uma solução de 45% a 100°C por 30min. O processo será integrado com o processo para formação de junções PN e para isso novas máscaras litográficas estão sendo projetadas.

SEM 2 - 28/11/96 - Sala Aruana 10:30

### Transporte AC de Portadores Minoritários Quentes em p-GaAs no Regime de Altas Frequências

Ewerton Wagner Santos Caetano, Elissandro Aquino Mendes, Valder Nogueira Freire  
Universidade Federal do Ceará

Os transientes de transporte em campo intenso [A. M. Alencar, F. A. S. Nobre, A. J. C. Sampaio, V. N. Freire, and J. A. P. da Costa, *Appl. Phys. Lett.* **59**, 558 (1991)] e da relaxação ultra-rápida do excesso de energia de portadores minoritários quentes [A. M. Alencar, A. J. C. Sampaio, V. N. Freire, and J. A. P. da Costa, *J. Appl. Phys.* **74**, 2122 (1993)] em p-GaAs são dependentes da interação elétron-buraco no caso de dopagem elevada ( $\geq 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ). Neste trabalho se investiga as propriedades de transporte AC de portadores minoritários quentes em p-GaAs no regime de al-

tas frequências. Equações para a velocidade  $v$  e a temperatura  $T$  dos portadores na aproximação dos tempos de relaxação de energia e momentum são resolvidas numericamente no regime de altas frequências ( $\omega \sim \text{THz}$ ), e a mobilidade complexa é calculada através da transformada de Fourier da resposta temporal da velocidade dos portadores minoritários. Obtém-se que a resposta não-harmônica de  $v$  e  $T$  ao campo elétrico aplicado  $E_1 + E_2 \cos(\omega)$  depende da frequência aplicada e do nível de dopagem. Finalmente, demonstra-se que as componentes real e complexa da mobilidade dos portadores minoritários decrescem com o aumento do nível de dopagem para uma dada frequência.

SEM 2 - 28/11/96 - Sala Aruana 10:50

### INVESTIGAÇÃO DA DEPENDÊNCIA DA ENERGIA DE GAP DO CdSe COM A TEMPERATURA

Álvoro Santos Alves, Adriano de Jesus da Silva, Jailton Souza de Almeida, Zbgniew Baran, Juri Pepe  
Instituto de Física-Universidade Federal da Bahia  
Antônio Ferreira da Silva  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE,  
Laboratório Associado de Sensores e Materiais-LAS

Utilizando a técnica de fotocondutividade, investigamos experimentalmente a dependência com a temperatura da energia do Gap do CdSe. Esta investigação possibilita, além da determinação indireta da energia do gap a 0K, o estabelecimento da temperatura de Debye da amostra. Na literatura encontramos[1] que esta dependência deve ser do tipo  $E_g(T) = E_0 - T^2 / (T + T_0)$ . O aparato experimental consiste de um espectrômetro, tendo como fonte de luz uma lâmpada de tungstênio. A varredura do espectro visível é feita por uma rede de difração móvel. Adicionamos a este dispositivo óptico um forno, onde a amostra foi fixada. A temperatura na qual os espectros foram feitos, pode ser ajustada e estabilizada com a ajuda de um controlador de temperatura, desenvolvido no próprio laboratório e apresentado no XIII-ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE (in resumo pg.85); um termômetro digital modelo MT-306 de fabricação Minipa foi usado para monitorar a temperatura da amostra que variou desde a temperatura ambiente até 130C. Esta monitoração foi conseguida pelo acoplamento direto de um termopar à amostra. Após fixarmos a temperatura, através do circuito de controle, obtivemos a fotoresposta da amostra varrendo o espectro visível e medindo a condutividade desta. A energia de Gap encontrada, à temperatura ambiente, é de  $1.640 \pm 0.011$  eV, sendo este um resultado preliminar. No presente trabalho, apresentaremos o conjunto de resultados para diferentes temperaturas, assim como a técnica utilizada para as medidas.

[1] E. López-Cruz, J. Appl. Phys. 65, 2 (1989).

SEM 2 - 28/11/96 - Sala Aruana 11:10

### Níveis de Energia de Elétrons e Buracos em Poços Duplos GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As Não-Abruptos Dopados

José Alexander de King Freire, Gil de Aquino Farias,  
Valder Nogueira Freire  
Universidade Federal do Ceará

Um modelo teórico baseado na descrição da interface GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As de Freire *et al* [Superlatt. Microstruct. 17, 351 (1995)] é utilizado para calcular os níveis de energia dos portadores em poços duplos GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As não-abruptos dopados. Analisa-se a influência nos níveis de energia sofrida pela variação da largura das interfaces, da dopagem e da distância entre os poços, bem como do tipo de portador. Mostra-se que um aumento da largura das interfaces desloca os níveis para energias mais elevadas. Estes deslocamentos diminuem com o crescimento do nível de dopagem nos poços. Mostra-se também que o desdobramento característico dos níveis de energia dos portadores é dependente da largura das interfaces. As funções de onda simétrica e anti-simétrica para cada nível de energia desdobrado apresentam penetração nas bordas dos poços que depende também da largura das interfaces.

SEM 2 - 28/11/96 - Sala Aruana 11:30

### A Camada de Acumulação e os Efeitos Interfaciais em Poços Simples GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As Não-Abruptos Dopados

José Alexander de King Freire, Gil de Aquino Farias,  
Valder Nogueira Freire  
Universidade Federal do Ceará

Recentemente, mostrou-se que os efeitos da camada de acumulação e da interface em heterojunções GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As não-abruptas dopadas podem modificar os seus níveis de energia [Freire *et al*, Superlatt. Microstruct. 17, 351 (1995)]. Investigando as interfaces de multicamadas GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As altamente dopadas com Be ( $\geq 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ), Salemk *et al* [Phys. Rev. B45, 6946 (1992)] observaram com medidas de espectroscopia de tunelamento uma região interfacial de dois a três parâmetros de rede nos contornos da densidade de carga, e uma região de transição de seis a nove parâmetros de rede. Neste trabalho utilizamos o modelo de Freire *et al* para estudar os níveis de energia dos portadores em poços simples GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As não-abruptos dopados. Mostra-se que os efeitos da interface nos níveis de energia e nas funções de onda são muito importantes e sensíveis ao nível de dopagem. Quando interfaces de somente dois parâmetros de rede e uma dopagem de 40 meV são consideradas, o estado fundamental (primeiro estado excitado) sofre um acréscimo de 5 meV (19 meV).

### Magneto-Transporte e Dinâmica Ultra-Rápida de Elétrons Quentes em InSb

Ewerton Wagner Santos Caetano, Elissandro Aquino Mendes, Valder Nogueira Freire  
Universidade Federal do Ceará

Enquanto considerável esforço tem sido dedicado ao estudo da dinâmica e transporte de portadores quentes em semicondutores, poucos trabalhos foram publicados relacionados ao magneto-transporte e a dinâmica ultra-rápida de portadores quentes em semicondutores, onde campos elétricos ( $E \sim \text{kV/cm}$ ) e magnéticos ( $B \sim T$ ) são considerados. A influência de um campo magnético ( $\vec{B}/\vec{E}$ ) no magneto-transporte e na dinâmica ultra-rápida de elétrons em InSb é investigada neste trabalho. No caso do magneto-transporte, mostra-se que o efeito de *overshoot* na velocidade dos elétrons em InSb é dependente das intensidades dos campos elétricos e magnéticos aplicados. O *overshoot* na velocidade de arraste dos elétrons diminui consideravelmente quando a intensidade do campo magnético cresce de  $2T$  para  $25T$  quando  $E = 2.5 \text{ kV/cm}$ , e praticamente desaparece quando  $E = 0.5 \text{ kV/cm}$ . No caso da dinâmica, demonstra-se que campos magnéticos de até  $25T$  praticamente não modificam a taxa de relaxação do excesso de energia dos portadores quentes em InSb.

SEM 3 - 29/11/96 - Sala Aruana 8:30

### CRESCIMENTO DE FILMES DE $\text{SiO}_2$ NO REGIME ULTRA FINO

Mehdi Afsharpour, Eronides F. da Silva Jr.  
Departamento de Física-UFPE

Com a evolução da tecnologia MOS (Metal-Óxido-Semicondutor) a caminho da escala de ULSI (escala de integração ultra grande), os filmes de  $\text{SiO}_2$  comumente utilizados nestas tecnologias alcançam o regime ultra-fino ( $\leq 100 \text{ \AA}$ ) onde os fenômenos físicos e químicos associados à sua cinética de crescimento não são ainda completamente compreendidos.

Neste trabalho apresentamos resultados para filmes de  $\text{SiO}_2$  crescidos térmicamente à seco e a vapor em temperaturas na faixa de  $900\text{-}1100 \text{ }^\circ\text{C}$  no regime ultra fino e na sua vizinhança ( $0 \leq x \leq 1000 \text{ \AA}$ ), e que abrange os regimes de crescimento linear e parabólico, corriqueiramente referidos como reação limitado e difusão limitado respectivamente.

Analisamos os resultados experimentais em termos da sua cinética de crescimento à luz de uma dependência temporal na forma de uma lei de potência e comparamos com teorias existentes que tentam explicar as origens físicas do processo, com especial atenção para o regime ultra fino, onde as diferenças entre taxas de crescimento de filmes de  $\text{SiO}_2$  crescidos à seco e a vapor

são mais acentuadas. Apresentamos também, resultados de caracterização por microscopia de força atômica (AFM) que sugerem a natureza fractal de filmes ultra finos quando as espessuras típicas de  $\text{SiO}_2$  são menores que  $40 \text{ \AA}$ . Discutiremos as implicações da incorporação de conceitos fractais à descrição física do processo de crescimento.

(RHA, FINEP)

SEM 3 - 29/11/96 - Sala Aruana 8:50

### EFEITOS DE CAMADAS ANTIREFLETORAS NAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DE CÉLULAS SOLARES DE SILÍCIO CRISTALINO

B. J. P. da Silva, L. C. G. Silva, E. F. da Silva Jr.  
Departamento de Física-UFPE  
G. F. da Sá

Departamento de Química Fundamental-UFPE

O desenvolvimento da tecnologia de fabricação de dispositivos fotovoltaicos é assunto de intensa pesquisa na atualidade no mundo inteiro, em particular, pela procura de novos materiais que contribuam para melhoramentos substanciais na eficiência do processo de conversão *fóton-corrente elétrica*, assim como um melhor controle de limitações inerentes aos materiais semicondutores envolvidos. No Brasil, em especial na região Nordeste, é de grande interesse o desenvolvimento destas tecnologias devido à abundância, potencial e distribuição do espectro de energia solar aqui presente.

Camadas antirefletoras (ARC) de filmes finos tem sido demonstradas nos últimos anos produzir melhoramentos na eficiência dos processos de conversão por fatores de mais de cem por cento. Neste trabalho apresentamos os detalhes experimentais de diversos processos de fabricação e caracterização elétrica de células solares em substratos de silício cristalino e, em particular, os melhoramentos alcançados com o uso de camadas ARC de filmes finos de materiais dielétricos ( $\text{SiO}$ ,  $\text{SiO}_2$ , etc.) comumente usados e completamente compatíveis com processos e tecnologias avançadas. Além destes, apresentamos pela primeira vez (ao nosso conhecimento) o desenvolvimento de um processo com o uso de filmes finos dielétricos orgânicos ( $\beta$ -dicetonas fluoradas) como ARC que utiliza suas propriedades intrínsecas de conversão de frequências do ultra violeta para o visível para melhorar substancialmente a eficiência de células solares de silício. Os resultados de caracterização elétrica destas células são comparados em termos dos melhoramentos obtidos na tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ), corrente de curto circuito ( $I_{sc}$ ), fator de enchimento, e outros parâmetros importantes que afetam o rendimento dos dispositivos.

(CNPq, FACEPE)

**OPERADORES ENERGIA CINÉTICA E  
PROPRIEDADES DE TRANSMISSÃO EM  
BARREIRAS SIMPLES E DUPLA**

*GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As/GaAs*

José Ribeiro Filho, Valder Nogueira Freire, Gil de  
Aquino Farias  
UFCE

Calcula-se as propriedades de transmissão e corrente de tunelamento em barreiras simples e duplas, abruptas e não-abruptas de *GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As/GaAs* submetidas a diferentes valores de campo elétrico. Utiliza-se para o cálculo dessas propriedades, diferentes operadores energia cinética com massa efetiva dependente da posição existentes na literatura que são: Gora and Williams[1], Zhu and Kroemer[2], Li and Kuhn[3] e Ben Daniel and Duke[4]. Encontra-se em alguns casos que as propriedades de transmissão em barreiras abruptas podem diferir da ordem de 20% dependendo da forma do operador energia cinética utilizado no cálculo das propriedades de transmissão.

- [1] T. Gora and Williams, Phys. Rev. 177, 1179(1969).  
[2] Q. G. Zhu and H. Kroemer, Phys. Rev. B27, 3519(1983).  
[3] T. L. Li and K. J. Kuhn, Phys. Rev. B47, 12760(1993).  
[4] D. J. Ben Daniel and C. B. Duke, Phys. Rev. 152, 683(1966).

**Semi-empirical tight binding studies of Ga  
adsorption on Si(100) surface**

Humphrey Tah Anyele  
UFMA

Over recent years there has been much work done on investigating the atomic and electronic structure of adatoms on semiconductor surfaces. The motivation for such work is the desire to understand both the structural and electronic properties of semiconductor interfaces which provide the basis of VLSI technology. Tight binding methods are increasingly being used to investigate various problems in condensed matter physics. This is no doubt due to the local description of the problem which is physically appealing and in addition gives deep insight into the nature of chemical bonds at or near the surface. The self-consistency built into the extended Huckel tight binding method (EHTBM) allows the study of systems where charge transfer is important. It has been proved to give an excellent description of the band alignment at metal-semiconductor interfaces. The success in describing such systems gives confidence in the suitability of the approach to study Ga adatoms on the Si(100) surface.

Many reconstructed phases have been found on Ga adsorbed Si(100) surface, amongst these, the  $2 \times 2$  superstructure which is completed at 0.5 monolayer is the most fundamental. A structural model (*i.e. the paradimer model*) where adsorbed dimers are situated in troughs of the Si dimer rows has been proposed. We have employed the EHTBM to calculate the electronic structure of the Si(100) $2 \times 2$ -Ga reconstructed surface using atomic positions of the paradimer model. The on-site excess charge calculations reveal charge transfer from the Ga adatoms to the sub-surface layer. This is attributed to the elongation of the Si dimer back-bond in the optimized paradimer model when compared to the bulk bond length. This is the opposite case to the clean surface ( $2 \times 1$ ) structure where the contractions of the Si dimer back-bond contribute to the formation of  $\pi$  bonds between dimer atoms.

**FÔNONS EM SUPER-REDES COM  
INTERFACES GRADUAIS: UM ESTUDO  
ATRAVÉS DO MODELO DA CADEIA  
LINEAR**

Alexandre Magno Rodrigues Teixeira, Valder Nogueira  
Freire, Marcos Antônio Araújo Silva  
UFC

Super-redes semicondutoras Si/Ge têm sido objeto de estudo tanto teóricos como experimentais. Há consenso na importância do papel das interfaces nas propriedades óticas, de transporte e nos modos de vibração destas hetero-estruturas. A espectroscopia Raman tem sido uma técnica útil na investigação dos modos de vibração, e com o aprimoramento desta foi possível observar um modo interfacial que numa super-rede Si/Ge tem sido atribuído a vibração local Si-Ge [1]. A interpretação que tem sido dada na maioria dos modelos teóricos tem sido a de constituir a interface de uma liga de composição de 50%. Porém, embora alguns desses modelos consigam até prever as intensidades dos picos relacionados as interfaces e associados as vibrações Si-Ge, eles carecem de uma verdadeira descrição da morfologia interfacial da super-rede, de modo a levar em consideração a exata variação da liga nas regiões interfaciais [2-3]. Neste trabalho apresentamos uma descrição mais convincente com o real perfil de composição da super-rede, por assumirmos a presença de uma composição gradual de ligas nas interfaces, duas no presente caso. Este estudo é realizado através do modelo da cadeia linear com aproximação do cristal virtual nos mini-gaps de energia dos fonons acústicos é dependente da representação da gradualidade das interfaces, *i.e.* quanto maior a graduação maior a redução dos mini-gaps de energia dos fonons acústicos. Resultados são apresentados para a reduções dos mini-gaps nas extremidades da mini-zona de Brillouin.

- [1] J. Zi, W. Ludwig, K. Zhang, e X. Xie. *Phys. Rev B* 51, 7886 (1995).  
 [2] C. Kisielowski, Z. Liliental-Weber e E. R. Weber, *Brazilian Journal of Physics* 26, 83 (1996).  
 [3] G. S. Spencer, J. Menéndez, L. N. Pfeiffer, e K. W. West. *Phys. Rev. B* 52, 8205 (1995).

SEM 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P047

**EFEITOS DE IMPUREZAS LOCALIZADAS NAS PROPRIEDADES DE TRANSMISSÃO DE HETERO-ESTRUTURAS DE**

**GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As**

Luiz Ozorio de Oliveira Filho, Gil Aquino Farias,

Valder Nogueira Freire

UFC

Impurezas exercem influência apreciável e às vezes determinante nas propriedades dos semicondutores. Experimentos indicam que impurezas doadoras do tipo substitucional em GaAs apresentam características de protuberâncias que se estendem por cerca de 25Å [J. F. Zhen *et al.* *Phys. Rev. Lett.* 72, 1490 (1994); M. B. Johnson *et al.* *Appl. Phys. Lett.* 63, 2923 (1993)]. Neste trabalho, investigamos a influência de impurezas localizadas nas propriedades de transmissão de portadores em ligas GaAs e Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As, e em suas heterojunções, barreiras e poços. A origem destas impurezas localizadas pode ser associada, por exemplo, à contaminação na câmara de crescimento MBE das hetero-estruturas. No nosso modelo, a impureza é representada por uma estrutura de confinamento na banda de condução, que é descrita por um dado tipo de potencial. Demonstra-se que as propriedades de transmissão de portadores variam com a representação do confinamento associado à impureza localizada, bem como o posicionamento da impureza em relação à interface nas barreiras e poços. A influência nas propriedades de transmissão de múltiplas impurezas localizadas é também obtida para vários tipos de hetero-estruturas. Em relação às interfaces, obtém-se que a modificação produzida por uma impureza localizada é tão significativa quanto aquela produzida pela existência de interfaces não-abruptas, o que enfatiza a necessidade de elevado controle no nível de contaminação durante o crescimento de hetero-estruturas de alta qualidade.

SEM 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P048

**Microscopia Eletrônica em Filmes Finos Semicondutores de CdSe e CdTe**

João Guilherme Nogueira Matias

Universidade Federal do Ceará

José Francisco Julião

Universidade de Fortaleza

Roberto de Toledo Assumpção

Universidade Estadual de Campinas

O estudo de filmes finos semicondutores, com a finalidade de um posterior uso na fabricação de células fotovoltaicas, tem se difundido rapidamente em função da maior facilidade de crescimento desses filmes e de seu custo reduzido quando comparado aos dos monocristais. Como esses filmes são poli ou nanocristalinos, é de fundamental importância o conhecimento de suas propriedades microestruturais e como as mesmas influenciam nas características elétricas e ópticas dos filmes. O seleneto de cádmio, CdSe, e o telureto de cádmio, CdTe, são dois dos filmes semicondutores mais estudados. Neste trabalho apresentamos os resultados de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EED) em filmes de CdSe e CdTe crescidos por eletrodeposição catódica. Morfológicamente, os filmes apresentam uma estrutura semelhante a uma couve-flor, bastante comum para filmes finos. Da análise por EED verificamos razões atômicas que variavam de Cd(55%)/Se(45%) a Cd(11%)/Se(89%) para diferentes filmes de CdSe e de Cd(48%)/Te(52%) a Cd(21%)/Te(79%) para diferentes filmes de CdTe, dependendo das condições de crescimento. Nos filmes não homogêneos a razão entre os elementos componentes varia entre regiões diferentes do mesmo filme, como por exemplo Cd(56%)/Se(44%) e Cd(20%)/Se(80%) em diferentes regiões da amostra CdSe 18. Trabalho em andamento está sendo realizado de modo que possamos relacionar a razão composicional (relações Cd/Se e Cd/Te) dos filmes com as características elétricas e ópticas dos mesmos. A influência de tratamento térmico, posterior ao crescimento dos filmes, nestas características também será analisada.

FINANCIAMENTO: CAPES

SEM 4 - 29/11/96 - Pav. de Exposições 14:00 P049

**MODELING OF THE EARLY STAGES OF SiO<sub>2</sub>/Si INTERFACE GROWTH**

Borko D. Stosić, Eronides F. da Silva Jr.

Departamento de Física-UFPE

Being of crucial interest for the development and production of advanced microelectronic devices, the ultra thin thermal SiO<sub>2</sub> growth processes has been a topic of active research nowadays. To better understand the physical mechanisms which govern the growth process we turn to computer simulations, which may be expected to provide additional insight into the details of thermal SiO<sub>2</sub> growth, especially for very thin films.

We have developed a simple algorithm for modeling the silicon oxidation process. While various ingredients (local rules) may be incorporated into the algorithm to make it more realistic, they do not seem to be mandatory for successful fitting of the experimental data. The oxidation rate in the early stages of simulation is governed by the rapid initial formation of a fractal oxidation

front, which thereafter retains a constant depth, and its subsequent diffusion. The combination of these two effects produces the experimentally observed "anomalous oxidation region" behavior on very short time scales, as well as the linear-parabolic behavior at longer times. In fact, these seem to be the two basic ingredients responsible for the observed rate of thermal SiO<sub>2</sub> film formation.

While existing phenomenological and more basic theories rather successfully describe growth of SiO<sub>2</sub> films for a large amount of published experimental data, numerical simulations provide means of modeling this process with a very small and simple set of assumptions. They point to the conclusion that the kinetics of thin SiO<sub>2</sub> film growth is governed by simple properties of the oxygen diffusion itself, rather than by more complicated time (or depth) dependence of the diffusion constant or other associated parameters.

(CNP<sub>q</sub>)

# ÍNDICE DE AUTORES

Abreu, L. M. ....	61	Araújo, Cid Bartolomeu de .....	88
Adhikari, Sadhan K. ....	47	Araújo, Cid Bartolomeu de .....	88
Aegerter, M. A. ....	88	Araújo, Cid Bartolomeu de .....	88
Aegerter, Michel .....	88	Araújo, Cid Bartolomeu de .....	90
Afiatpour, Mehdi .....	94	Araújo, Dráulio B. de .....	76
Aguiar, Cláudio de Carvalho .....	81	Araújo, Miguel A. B. de .....	76
Aguiar, Flavio .....	69	Araújo, Ascânio Dias .....	89
Aguiar, Flavio Menezes de .....	70	Araújo, Ijanílio Gabriel de .....	42
Aguiar, J. Albino .....	69	Araújo, Ijanílio Gabriel de .....	38
Aguiar, J. Albino .....	79	Araújo, Jussara Limeira de .....	59
Aguiar, José Albino .....	80	Araújo, Lúcio Roberto Gaivão de .....	75
Aguiar, José Albino .....	66	Araújo, M. T. de .....	34
Aguiar, José Albino .....	67	Araújo, Maria Tereza De .....	86
Aguiar, José Albino .....	79	ARAÚJO, CARLOS MOYSES GRAÇA .....	38
Aguiar, José Albino .....	79	Araujo, M. T. de .....	84
Aitchison, J. S. ....	84	Assumpção, Roberto de Toledo .....	96
Albuquerque, Édler Lins de .....	46	Awana, V. P. S. ....	79
Albuquerque, José Sidou .....	28	Azevedo, Antônio .....	64
Alcantara Jr., Petrus .....	60	Azevedo, Antônio .....	69
Alcantara Jr., Petrus .....	60	Azevedo, Antonio .....	67
Alcantara Jr., Petrus .....	83	Azevedo, Antonio .....	69
Alcantara Jr., Petrus .....	87	Azevedo, Antonio .....	70
Alencar, Adriano M. ....	51	Azevedo, Sérgio .....	55
Alencar, Adriano Mesquita .....	43	Baldochi, Sônia Lícia .....	74
Alencar, Márcio André Rodrigues Cavalcanti de ...	66	Baran, Zbgniew .....	93
Alencar, Paulo de Tarso Santos .....	59	Baran, Zbigniew .....	72
Alencastro, Ricardo Bicca de .....	36	Baranauskas, Vitor .....	85
Alisson, F. C. C. ....	61	Barbosa Neto, N. M. ....	75
ALMEIDA, CARLOS ALBERTO SANTOS DE ...	26	Barbosa Neto, N. M. ....	78
Almeida, Jailton Souza de .....	93	Barbosa Neto, N. M. ....	78
Almeida, Jairo Rolim Lopes de .....	47	Barbosa, A. F. ....	61
Almeida, Murilo Pereira de .....	43	Barbosa, M. Virgínia .....	74
Almeida, Rita M. C. ....	53	Barbosa, M. Virgínia .....	79
Alves, Álvaro Santos .....	93	Barreiro, Eliezer J. ....	36
ALVES, CARLOS ARGOLO PEREIRA .....	54	Barreiro, Gabriela .....	36
Amorim, Heron Teixeira .....	86	Barreto, Ciclamio Leite .....	39
Andion, Nelson Pinheiro .....	59	Baseia, Basilio .....	84
Andrade Júnior, José Soares de .....	43	Baseia, Basilio .....	86
Andrade Júnior, José Soares de .....	51	Baseia, Basilio .....	90
Andrade Júnior, José Soares de .....	53	Bassalo, José Maria Filardo .....	59
ANDRADE, ROBERTO FERNANDES SILVA ...	38	Bassrei, Amin .....	28
Andrade, Roberto Fernandes Silva .....	47	Bassrei, Amin .....	29
Andrade, Roberto Fernandes Silva .....	48	Bassrei, Amin .....	30
Anjos, J. ....	61	Bassrei, Amin .....	31
Anyele, Humphrey Tah .....	36	Bassrei, Amin .....	44
Anyele, Humphrey Tah .....	76	Bassrei, Amin .....	89
Anyele, Humphrey Tah .....	95	Bastos Filho, Jenner Barretto .....	57
Aquere Filho, Karim .....	53	Bastos Filho, Jenner Barretto .....	57
Araújo, Ana Cláudia Vaz de .....	88	Bastos, Milton Souza .....	62
Araújo, Cid B. de .....	84	Batista, Wilson Otto Gomes .....	41
Araújo, Cid Bartolomeu de .....	64	Batista, Wilson Otto Gomes .....	72
Araújo, Cid Bartolomeu de .....	66	Bazeia Filho, Dionísio .....	21
		Bezerra Filho, Severino José .....	37
		Bezerra Jr., A. G. ....	84
		Bezerra, E. F. ....	75
		Bezerra, Tereza Cristina Lira .....	40

BEZERRA, VALDIR BARBOSA .....	27	Costa, Augusto Carlos Antonio Guimarães .....	52
BEZERRA, VALDIR BARBOSA .....	26	Costa, Augusto Carlos Antonio Guimarães .....	53
Bezerra, Valdir B. ....	22	Costa, F. A. da .....	48
Bian, X. ....	69	Costa, José Alzamir Pereira da .....	76
Bisch, Paulo M. ....	36	Costa, Marcelo Henrique de Araújo Santos .....	45
Blagov, Evgenii .....	32	Costa, Ronaldo Rodrigues da .....	28
Blagov, Evgenii .....	32	Costa, Uriel Medeiros de Souza .....	50
Bonar, J. R. ....	84	Costa, Uriel Medeiros de Souza .....	51
Bonelli, Enivaldo .....	29	Costa, Uriel Medeiros de Souza .....	54
Bonelli, Enivaldo .....	30	Costa, Valéria Coêlho .....	52
Branco, Karlúcio Heleno Castro Castello .....	41	Costa, Valéria Coêlho .....	53
Branco, Karlúcio Heleno Castro Castello .....	55	Coutinho, S. ....	48
Brandão, Iara O. ....	28	Coutinho, Sérgio .....	43
Brito, Adelsindo L. de .....	84	Coutinho, Sérgio .....	50
Brito, Adelsindo L. de .....	85	Coutinho-Filho, Maurício D. ....	45
Brito, Adelsindo Liberato de .....	86	Cruz, Heber Ribeiro da .....	51
Brito, Adelsindo Liberato de .....	90	Cruz, Heber Ribeiro da .....	54
Brito, Francisco de Assis de .....	21	Curado, Evaldo M. F. ....	50
Brito, Luiz Cleber Tavares de .....	60	d'Aguiar Neto, Manoel Marcos Freire .....	81
Brito, Luiz Cleber Tavares de .....	60	Dardenne, Laurent E. ....	36
Brito, Valdemiro da Paz .....	46	Demenicis, Luciene da Silva .....	64
Cabral, Leonardo Ribeiro Eulálio .....	79	Diógenes, W. ....	87
CAETANO, DILSON PEREIRA .....	66	Dias, Gilmar S. ....	21
Caetano, Ewerton Wagner Santos .....	92	Dias, Hélio .....	84
Caetano, Ewerton Wagner Santos .....	94	Dias, Niilo Loidola .....	40
Cafolla, Tony .....	36	Di Lorenzo Filho, Orlando .....	33
Cahú, L. C. B. ....	23	Donegá, Celso Mello .....	88
Camelo Neto, Gustavo .....	43	Duarte, S. B. ....	24
Campos, Hélio Silva .....	82	Duarte, Sérgio B. ....	90
Campos, Vanicson Lima .....	21	Dutra, Anaelson Ferreira .....	79
Campos, Vanicson Lina .....	21	Eugelsberg, Mario .....	64
Cancela, Luiz Sérgio Guimarães .....	59	Ervan, Francisco .....	78
Cardoso, Carlos Francisco Pereira .....	67	ESPERIDIÃO, ANTONIO SERGIO C. ....	38
Cardoso, George Cunha .....	86	Esperidião, Antonio Sergio C. ....	57
Carvalho, Fábio C. ....	85	Fagundes, Maria Beatriz .....	41
Castilho, Caio Mário Castro de .....	58	Farias, Franz Peter Alves .....	20
Castilho, Caio Mário Castro de .....	59	Farias, Franz Peter Alves .....	20
Castilho, Caio Mário Castro de .....	80	Farias, Franz Peter Alves .....	23
Cattani, Mauro Sérgio Dorsa .....	59	Farias, Gil Aquino .....	96
Cavalcante Jr, Célio Loureiro .....	75	Farias, Gil de Aquino .....	76
Cavalcante, M. L. C. ....	62	Farias, Gil de Aquino .....	77
Cavalcante, S. B. ....	34	Farias, Gil de Aquino .....	80
Cavalcanti, Délio Costa .....	63	Farias, Gil de Aquino .....	93
Cavalcanti, Vanessa Maria Mamede .....	76	Farias, Gil de Aquino .....	93
Cella, Norberto .....	65	Farias, Gil de Aquino .....	95
Chadwick, Alan V. ....	73	Farias, Kílvia Mayre .....	75
Chagas Filho, Washington Figueiredo .....	21	Farias, Paulo César Machado de Abreu .....	62
Chaves, Fernando Miguel Pacheco .....	37	Fehsenfeld, Kathia M. ....	49
Chesman, Carlos .....	69	Feijão, Márcio Luís Ximenes .....	76
Chevrollier, Martine .....	33	Feitosa, Carlos Alberto .....	85
Christiano, P. L. ....	46	Fermin, José R. ....	69
Correa, Samuel Maciel .....	60	Fernandes, John Kennedy de Oliveira .....	65
Correia, Ricardo Rego Bordalo .....	88	Fernandes, Marco César B. ....	55
Correia, Ricardo Rego Bordalo .....	90	Ferreira, J. M. ....	79
Costa, Alexandre Araújo .....	31	Ferreira, J. M. ....	80
COSTA, ANTONIO CARLOS RODRIGUES DA .....	77	Ferreira, J. Marcílio .....	69

Ferreira, J.M.	79	Gomes, Marcelo A. F.	46
Ferreira, Nélio Oliveira	66	Gomes, Marcelo A. F.	48
Ferreira, Norberto C.	41	Gomes, Marcelo A. F.	49
Figueiredo, Reginaldo S. de	76	Gomes, Marcelo Andrade de Filgueiras	46
Figuereado, Ana Maria G.	73	Gomes, Marcelo Andrade de Filgueiras	47
Fireman, Elton Casado	52	Gomez, Nikifor Rakov	88
Fittipaldi, I. P.	50	Gonçalves, M.	24
Fittipaldi, Ivon P.	43	Gouveia Neto, Artur da Silva	86
Fittipaldi, Ivon P.	44	Gouveia, Evandro Araújo	86
Fonseca Neto, Israel	57	Gouveia-Neto, A. S.	84
Fonseca, E.	87	Griffiths, Carl	36
França, Carlos A. S. da	28	Guedes, I.	34
Freire Jr, Olival	39	Guedes, I.	62
Freire, Cleuton	76	Guedes, I.	75
Freire, Cleuton	78	Guedes, I.	78
Freire, Cleuton	78	Guedes, I.	78
Freire, George Satander Sá	76	Guedes, Ilde	33
Freire, José Alexander de King	93	Guedes, Ilde	75
Freire, José Alexander de King	93	Guedes, Ilde	78
Freire, P. T. C.	62	Guedes, Ilde	89
Freire, P. T. C.	75	Guimarães Junior, José Édson	56
Freire, P. T. C.	78	Helayel Neto, J. A.	21
Freire, P. T. C.	78	HICKMANN, JANDIR MIGUEL	66
Freire, Paulo de Tarso C.	72	Hickmann, Jandir Miguel	86
Freire, Paulo de Tarso C.	75	Hohenfeld, Dielson Pereira	72
Freire, Paulo de Tarso Cavalcante	71	Ironside, C. N.	87
Freire, Paulo de Tarso Cavalcante	75	Jafelice, Luiz Carlos	39
Freire, Paulo de Tarso Cavalcante	78	Jayaraman, J.	56
Freire, Vaider Nogueira	76	Julião, José Francisco	96
Freire, Valder Nogueira	77	Kalhil, Josefina Barrera	42
Freire, Valder Nogueira	80	Kalhil, Josefina Barrera	38
Freire, Valder Nogueira	92	Kalhil, Josefina Barrera	89
Freire, Valder Nogueira	92	Keller, Wlodzimierz Aleksander	82
Freire, Valder Nogueira	93	Khanna, F. C.	58
Freire, Valder Nogueira	93	Klimchitskaya, Galina	32
Freire, Valder Nogueira	94	L.Borba, Gilvan	29
Freire, Vaider Nogueira	95	L.Borba, Gilvan	30
Freire, Valder Nogueira	95	Landinez, David	79
Freire, Valder Nogueira	96	Leite, J. A. D.	62
Freitas, Alessandra Souza	63	Leite, S. R.	23
Freitas, Joaquim Elias de	51	Lemaire, Thierry J.	44
Freitas, Joaquim Elias de	53	Lemaire, Thierry J.	84
Frischkorn., Horst	30	Lemaire, Thierry J.	89
Furtado, Claudio	25	Lemos, Vólia	72
Furtado, Claudio	26	Lessa, Jean Carlos	47
Gameiro, Cristiana G.	79	Lima, Alberes Lopes de	50
Ghiner, Alexander	32	Lima, Ayrton Vasconcelos	50
Ghiner, Alexander	71	Lima, Eneida G.	33
Ghiner, Alexander	85	Lima, José Fernandes de	37
Gitman, Dmitri Maksimovich	22	Lima, José Fernandes de	65
Gitman, Dmitri Maksimovich	25	Lima, José Fernandes de	67
Gomes Jr., Samuel Rodrigues	54	Lima, José Fernandes de	73
Gomes, A. S. L.	84	Lima, José Fernandes de	73
Gomes, Anderson Stevens Leonidas	64	Lima, José Fernandes de	73
Gomes, M.	20	Lima, José Fernandes de	74
GOMES, MÁRCIO ANDRÉ DE MELO	26	Lima, José Fernandes de	81

Lima, José Fernandes de	82	Medeiros Neto, J. A.	84
Lima, José Fernandes de	82	Medeiros, E. L.	24
Lima, José Fernandes de	83	Medeiros, Nazareno Getter Ferreira de	49
Lima, Maria Consuelo Alves	76	Medeiros, Rui T.	29
Lima, Maria Consuelo Alves	77	Medeiros, Rui T.	30
Lima, Maria Consuelo Alves	80	Mello, Eugênio R. Bezerra de	24
Lima, Olivar P.	28	Mello, Eugênio R. Bezerra de	25
Lima, Rodrigo de Paula Almeida	45	Mello, Francisco Erivan de Abreu	78
Lopes, Guido Nunes	42	Melo Júnior, Ronaldo Pereira de	88
Lopes, Guido Nunes	89	Melo Jr., Ronaldo Pereira de	66
Lucena, Liacir dos Santos	51	Melo, Adeilson Pessoa de	73
Lucena, Liacir dos Santos	53	Melo, Celso P. de	35
Lucena, Liacir dos Santos	54	Melo, Celso P. de	71
Lyra, M. L.	34	Melo, Celso P. de	71
Lyra, Marcelo Leite	45	Melo, Celso P. de	72
Lyra, Marcelo Leite	46	Melo, Celso P. de	74
Lyra, Marcelo Leite	50	Melo, Celso Pinto de	35
Lyra, Marcelo Leite	52	Melo, F. E. A.	62
Lyra, Marcelo Leite	86	Melo, F. E. A.	75
Macedo, A. M. S.	56	Melo, F. E. A.	78
Macêdo, Marcelo Andrade	40	Melo, F. E. A.	78
Macedo, Marcelo Andrade	63	Melo, Francisco Erivan de Abreu	71
Macêdo, Marcelo Andrade	63	Melo, Francisco Erivan de Abreu	75
Macêdo, Zélia Soares	81	Melo, Francisco Erivan de Abreu	75
Macedo, Lukas Santos	40	Melo, Francisco Erivan de Abreu	72
Machado, Fabiano Rabelo	25	Mendes Filho, J.	75
Maciel Filho, George Caminha	80	Mendes Filho, J.	78
Maciel, Glauco Santos	88	Mendes Filho, J.	78
Maia, Márcio roberto de Garcia	25	Mendes Filho, Josué	30
MAIA, VICTOR EMANUEL ALECAR ARAÚJO	61	Mendes Filho, Josué	43
Malbouisson, J.M.C.	20	Mendes Filho, Josué	71
Malbouisson, L. A. C.	33	Mendes Filho, Josué	72
Malbouisson, Luiz A. C.	34	Mendes Filho, Josué	75
Mangueira, Ana Gardênia Santos	74	Mendes Filho, Josué	75
Mausanares, Antonio Manoel	65	Mendes Filho, Josué	75
MARIZ, ANANIAS MONTEIRO	54	Mendes Filho, Josué	78
Marques, Geusa A.	84	Mendes Filho, Josué	78
Marques, Gil C.	90	Mendes Filho, Josué	78
Marques, P. V. S.	84	Mendes, Elissandro Aquino	92
Martins, Maria Cristina Mesquita	39	Mendes, Elissandro Aquino	94
Martins, Maria Cristinaa Mesquita	42	Mendes-Filho, J.	62
Martins-Filho, J. F.	84	Menezes, Leonardo de Souza	88
Martins-Filho, J. F.	87	Messaddeq, Y.	88
Martins-Filho, Joaquim F.	90	Messaddeq, Younes	88
Martins-Filho, Joaquim F.	91	Miranda Filho, Ricardo C. de	52
Mascarenhas, E.	65	Miranda, Judite	37
Matias, João Guilherme Nogueira	96	Miranda, Paulo	37
Matos Neto, A.	33	Miranda, Paulo	41
Matos Neto, A.	58	Monken, C. H.	87
Matos Neto, Arthur	20	Montarroyos, Eivaldo	46
Matos Neto, Arthur	20	MONTARROYOS, ERIVALDO	61
Matos Neto, Arthur	23	Montarroyos, Eivaldo	63
Matos Neto, Arthur	59	Montarroyos, Eivaldo	67
Matthai, Clarence	36	Moraes, Fernando	26
McLaughlin, A. J.	84	Moraes, Fernando	55
		Moraes, Fernando S.	25
		Morato, Spero Penha	74

Moreira, Francisco G. Brady	49	Pepe, I.	61
Moreira, Sanclayton G. C.	83	Pepe, I.	61
Moreira, Sanclayton Geraldo Carneiro	77	Pepe, I.	65
Moreira, Sanclayton Geraldo Carneiro	83	Pepe, Iuri	62
Moreno, António Jeferson de Deus	72	Pepe, Iuri	93
Moreno, Antonio Jeferson de Deus	71	Pepe, Iuri Muniz	72
Moret, Marcelo A.	36	Pepe, Iuri Muniz	91
Mostepanenko, Vladimir	22	Pereira, Antonio Carlos	65
Mostepanenko, Vladimir	32	Pereira, Daniel P.	83
Moura, Alexandre Gutemberg da Costa	46	Pereira, Luis G.	69
Moura, Francisco Anacleto Barros Fidelis de	86	Pereira, Manouel da Costa	28
Moura, Márcio Cabral de	70	PIMENTEL, ANDRÉSSA JULIANA	61
Moura, Marco Antonio de	58	Pina, S. R. de	24
Mundim, Kleber C.	44	Pinheiro, Carlos	21
Mundim, Kleber C.	89	Pinho, Suani Tavares Rubim de	48
Muradian, Rudolf	23	Plácido, Hebe Queiroz	59
Muradian, Rudolf	56	Prado, Lucia	74
Néri, Breno de A. P.	92	Queiroz, Francisco Carlos Pataro de	29
Nakamura, Ossamu	35	Quillfeldt, Jorge A.	53
Nassar, Antonio Boulhosa	59	Quirino, Danielle de Sá	25
Navarro, Marcus Vinícius Teixeira	57	R. Filho, Jayme D.	74
Navarro, Marcus Vinicius Teixeira	41	Ramos, Alexandre Soares	47
Navarro, Murilo da Silva	73	Remédios, Cláudio Márcio Rocha	77
Naziazeno, R. N.	28	Rezende, Sérgio Machado	64
Naziazeno, R. N.	61	Rezende, Sergio	67
Nobre, F. D.	48	Rezende, Sergio	69
Nobre, Fernando Dantas	50	Rezende, Sergio M.	69
Nogueira Jr., E.	48	Rezende, Sergio Machado	70
Nogueira Jr., Edvaldo	50	Ribeiro Filho, Aurino	52
Novaes, Alberto Brum	29	Ribeiro Filho, Aurino	53
O. Filho, Evaldo A.	46	Ribeiro Filho, Aurino	81
O. Junior, Zolacir T.	55	Ribeiro Filho, José	95
Oliveira Filho, Luiz Ozorio de	96	Ribeiro, Carlos Alberto de Lima	58
Oliveira Jr, Péricles	87	Ribeiro, Pedro R.	30
Oliveira, A. S.	84	Rocha Filho, Tarcísio M.	55
Oliveira, Carlos F.P.	29	Rocha Neto, J. Francisco da	34
Oliveira, Carlos Jacinto de	31	Rodrigues, R. de Lima	23
Oliveira, Jackson Araujo de	74	Rodrigues, R. de Lima	24
Oliveira, Jairo Ricardo Rocha de	58	Rodrigues, R. de Lima	24
Oliveira, Jonathas Matias de	86	Rodrigues, R. de Lima	26
Oliveira, José Carlos Parente de	28	Rodrigues, R. de Lima	56
Oliveira, José Carlos Parente de	31	Rodrigues, R. de Lima	57
Oliveira, José Carlos Teixeira de	38	Rodrigues, R. de Lima	59
Oliveira, José Carlos Teixeira de	42	Rolim, Ana Luiza V. S.	69
Oliveira, Mércia Liane de	64	Romero, Carlos	22
Oliveira, P. C. de	46	Rosenblatt, Sami	67
OLIVEIRA, ROBLEDO MARQUES DE	38	S. Filho, Demétrio A. da	35
Oliveira, Silvanio Bezerra de	26	Sá, G. F. da	94
Oriá, Marcos	33	Sales, Fábio Henrique Silva	76
Pádua, S.	87	Sampaio, Vinicius Alves de Almeida	58
Palma, Hebert Carvalho	80	Santana, A. E.	58
Parkin, S.	69	Santana, Ademir E.	33
Parkin, Stuart	70	Santana, Ademir Eugénio	59
Paschoal, Carlos William de Araujo	33	Santana, Everton Gomes de	37
Pepe, B. L.	61	Santiago, Marlúcia Freitas	30
Pepe, I.	61	Santos, António José de Jesus	83

Santos, Clécio G. dos	74	Silva, M. A. Araújo	78
Santos, Débora de Gois	82	Silva, M. A. Araújo	75
Santos, Edval J. P.	62	Silva, M. A. V.da	62
Santos, Edval J. P.	92	Silva, Márcia B. Costa e	91
Santos, Elinei Pinto dos	60	Silva, Márcio Gomes da	85
Santos, Esdras S.	84	Silva, Manassés Araújo da	24
Santos, Francisco L. dos	71	Silva, Marcos Antônio Araújo	75
Santos, Francisco L. dos	72	Silva, Marcos Antônio Araújo	92
Santos, Francisco Luiz dos	35	Silva, Marcos Antônio Araújo	95
Santos, Gildemar Carneiro dos	39	Silva, Marcos Antonio Araújo	71
Santos, Gildemar Carneiro dos	56	Silva, Ramires Nascimento da	43
SANTOS, IVONETE BATISTA DOS	26	Silva, Richer Mota da	63
SANTOS, IVONETE BATISTA DOS	27	Silva, Rubens	83
Santos, Ivonete Batista dos	38	Silva, Scheilla M. R. da	25
Santos, Pedro Valentim dos	52	Silva, Tenilson Souza da	35
Santos, Roberto Jorge Vasconcelos dos	50	Siqueira, Antonio Fernandes	45
Santos, Roberto Jorge Vasconcelos dos	52	Siqueira, Antonio Fernandes	51
Sardelich, Marcelo	45	SIQUEIRA, ANTONIO FERNANDES	77
Sasaki, José Marcos	76	Siqueira, José Raimundo Rodrigues	65
Sasaki, José Marcos	78	Siqueira, José Raimundo Rodrigues	80
Sasaki, José Marcos	78	Sobral, Luiz Augusto Carvalho	82
Segundo, Pedro C. S.	33	Sombra, A. S. B.	84
Silva Jr., E. F. da	94	Sombra, Antônio Sérgio Bezerra	85
Silva Jr., Eronides F. da	91	Sousa, Adriano de Oliveira	45
Silva Jr., Eronides F. da	91	Sousa, Adriano de Oliveira	51
Silva Jr., Eronides F. da	94	Sousa, Paulo Loureiro de	64
Silva Jr., Eronides F. da	96	Souza Filho, Antônio Gomes de	75
Silva Jr., Osmar S.	34	Souza Junior, José Maurício de	63
Silva, A.J. da	20	Souza, Adauto José Ferreira de	49
Silva, Adriano de Jesus da	41	Souza, Cláudio Filardi Alves	59
Silva, Adriano de Jesus da	93	Souza, Divanizia do Nascimento	73
Silva, Alexandre Vieira Batista da	91	Souza, Felipe Antonio Oliveira de	47
Silva, Ana Tereza Costa	46	Souza, Jailton Caetano de	91
Silva, Ana Tereza Costa	48	Souza, João Furtado de	40
Silva, Antônio Ferreira da	93	Souza, João Furtado de	41
Silva, Antônio Paulo da	75	Souza, Manoelito Martins de	22
Silva, Antonio Ferreira da	91	Souza, Ricardo Emmanuel de	64
Silva, B. J. P. da	94	Souza, Romero G. de	72
Silva, Benedito Lopes da	71	Srivastava, Ramakant	90
Silva, Carla Maria Salgado Vidal	30	Stošić, Borko D.	44
Silva, Clécio Clemente de Souza	67	Stošić, Borko D.	96
Silva, D. N. da	87	Stošić, Tatijana	44
Silva, Edson Corrêa da	65	Stosic, Borko	43
Silva, Ferdinand Martins da	41	Stosic, Borko	50
Silva, Glauber J. F. T. da	56	Surdutovich, Gregory	32
Silva, Ilde Guedes da	71	Surdutovich, Gregory	85
Silva, Ilde Guedes da	75	T. Neto, Armando	91
Silva, Ilde Guedes da	75	Tavares, Deilson de Melo	25
Silva, J. Reis e	87	Teixeira, Alexandre Magno Rodrigues	92
Silva, José de Arimatea Freitas e	76	Teixeira, Alexandre Magno Rodrigues	95
Silva, José de Arimatea Freitas e	78	Teixeira, Elder Sales	39
Silva, José de Arimatea Freitas e	78	Tellez, David Landinez	79
Silva, Juarez Caetano da	59	Tellez, David Landinez	79
Silva, L. C. G.	94	Tellez, David Landinez	80
Silva, Luiz C. G. e	62	Tenório, Alexandre C.	35
Silva, M. A. A.	75	Tenório, Alexandre C.	71

Texeira, Sergio .....	69
Toledo Filho, Demétrio Florentino .....	20
Tsallis, Constantino .....	54
Tsuzuki, Hélio .....	35
Vaidya, A. N. ....	24
Vaidya, A. N. ....	24
Vaidya, A. N. ....	56
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	65
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	67
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	73
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	73
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	73
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	74
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	81
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	82
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	82
Valerio, Mário Ernesto Giroldo .....	83
Varela, A. T. ....	78
Vargas, Helion .....	65
Vasconcelos, Dionicarlo Soares de .....	81
Vasconcelos, Dionicarlo Soares de .....	82
Vasconcelos, Elder A. de .....	91
Veerman, J. J. P. ....	44
Vermelho, M. V. D. ....	84
Vermelho, Marcos Vinícios Dias .....	86
Vianna, J. D. M. ....	33
Vianna, J. D. M. ....	33
Vianna, J. D. M. ....	34
Vianna, J. D. M. ....	34
Vianna, J. D. M. ....	55
Vianna, J. D. M. ....	55
Vianna, J. D. M. ....	55
Vianna, J. D. M. ....	55
Vianna, J. D. M. ....	58
Vieira Júnior, Nilson Dias .....	74
Vitlina, Ritta .....	85
Vyas, Reeta .....	86
Weiss, Martin .....	90
Weltner, Klaus .....	37
WELTNER, KLAUS .....	38
Weltner, Klaus .....	38
Weltner, Klaus .....	40
Weltner, Klaus .....	41
Williams, Robin .....	36
Zeni, Andrea Regina .....	87
Zlatev, Stoian Ivanov .....	21
Zlatev, Stoian Ivanov .....	22
Zlatev, Stoian Ivanov .....	25