

DESTAQUES DA SEMANA**A transição de Kosterlitz-Thouless: argumento heurístico e prova matemática**

Domingos H. U. Marchetti

Aproveito a ocasião do prêmio Nobel concedido este ano aos pesquisadores J. M. Kosterlitz, D. J. Thouless e F. D. M. Haldane para fazer uma breve exposição sobre a transição de fase de Kosterlitz-Thouless (KT), exibida em sistemas físicos bidimensionais tão distintos como ferromagnetos com spins que variam continuamente no plano, filmes finos de superfluidos, filmes finos desordenados de supercondutores, arranjo planar de junções por tunelamento supercondutoras e vibrações de um sólidos na passagem em que suas ligações elásticas tornam-se fluidas. Em comum a cada um destes destaca-se a presença de excitações topológicas do tipo vórtices, cuja energia excede a energia de seu estado fundamental.

O que rege a transição de fase de KT é um balanço entre energia e entropia de suas excitações elementares. Ocorre porém que este mecanismo não distingue esta de qualquer outra transição incluindo, como veremos, a transição de fase em sistemas cuja simetria é quebrada espontaneamente. Para tornar evidente esta distinção, é conveniente contrastar dois modelos simples, a saber: o modelo de Ising e o modelo XY , que exibem, respectivamente, uma transição com quebra de simetria e de KT. Estes modelos são definidos da seguinte maneira: a cada sítio i de uma rede cristalina bidimensional associamos uma variável de spin S_i que no caso de Ising assume valores ± 1 mas que no caso XY assume valores em S^1 (circunferência unitária), $S_i = (\cos \theta_i, \sin \theta_i)$, $0 \leq \theta_i < 2\pi$. Considerando que os spins na rede interagem entre si, a energia de uma configuração $\{S_i\}$ é, em ambos modelos, $H = -J \sum_{\langle ij \rangle} S_i \cdot S_j$, onde $J > 0$ é a interação (ferro) magnética e a soma percorre todos os pares $\langle ij \rangle$ de sítios vizinhos. Para efeito de comparação, fixamos $J = 1/(8\pi^2)$.

O modelo de Ising apresenta uma transição do tipo ordem-desordem. Seu estado fundamental consiste em todos os spins alinhados no mesmo sentido. Para selecionar um entre os dois possíveis estados de menor energia, o valor dos spins na fronteira do sistema é fixado em $+1$ (todos eles) ou -1 . As excitações neste modelo são *domínios* formados por ilhas de spins apontados no sentido oposto ao mar de spins com o mesmo valor da fronteira. A transição de fase é revelada pelo famoso “argumento de Peierls” que analisa o balanço entre as contribuições de energia e do logaritmo da entropia destes domínios. Embora estas contribuições sejam ambas proporcionais ao comprimento $|\gamma|$ de seus contornos γ , a competição se dá por intermédio do inverso da temperatura $\beta = 1/KT$ na relação $f(\gamma) = \log S(\gamma) - \beta E(\gamma)$, onde $E(\gamma)$ e $S(\gamma)$ denotam energia e entropia de γ . O fator (peso estatístico) $\exp(f(\gamma))$ é proporcional à probabilidade de haver uma excitação (domínio) cujo contorno é γ . Para temperaturas baixas o suficiente, os domínios são desfavoráveis estatisticamente implicando ordem de longo alcance e

quebra espontânea da simetria $S_i \rightarrow -S_i$ de H . Para altas temperaturas, a entropia prevalece no balanço com a energia favorecendo a formação de domínios que, por sua vez, desordenam o sistema.

Pouco antes de se propor a transição de KT, denominada pelos proponentes de “ordem topológica de longo alcance”, alguns autores questionaram a possibilidade do modelo XY exibir ordem de longo alcance no sentido de Ising. Pelos argumentos e desigualdades lá utilizados ficava evidente que os estados deste modelo com spins alinhados eram instáveis por perturbações do tipo ondas de spin. Havia também evidências de uma transição de fase porém não do tipo usual, com quebra espontânea da simetria contínua $\theta_i \rightarrow \theta_i + \varphi$, $\varphi \in [0, 2\pi)$, de H . Além das excitações do tipo ondas de spins, Kosterlitz e Thouless observaram que as excitações do tipo vórtices (e anti-vórtices) poderiam inibir a formação de ondas de spin. Estas excitações são denominadas vórtices por analogia de cada configuração $\{S_i\}$ com um campo vetorial de velocidades $v(x)$ de um fluido e em movimento estacionário planar cuja circulação $(1/2\pi) \int_C v(x) \cdot dx = q$, ao longo de um contorno C , é um inteiro não nulo. Para um movimento planar de um fluido no plano XY o campo de vorticidade $\xi = \nabla \times v$ aponta na direção Z e pode ser considerado um escalar. Pelo teorema de Stokes, q é a vorticidade total através da superfície que tem como borda a curva C . Vemos, por uma fórmula análoga para a circulação: $(1/2\pi) \sum_{\langle ij \rangle}^C (S_i - S_j) \cdot (i - j)$, que os vórtices no modelo XY tem um caroço formado pelo menor contorno C (ao redor de uma plaqueta) que mantém constante a vorticidade através de C (Figura 1).

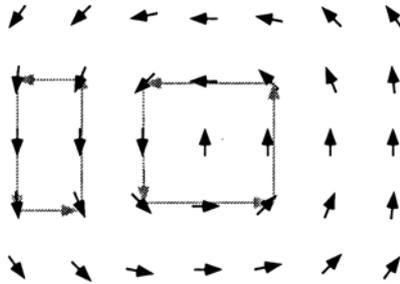


Figura 1: Excitações do tipo vórtice no modelo XY . O contorno da direita possui vorticidade diferente de zero enquanto que o da esquerda possui vorticidade zero.

É conhecido que a coleção de pontos no plano XY por onde atravessam as linhas de vórtices alinhadas na direção Z , para manter o movimento planar, são objetos (pontuais) que interagem aos pares por um potencial ϕ . O fato da interação ser Coulombiana decorre da função corrente deste movimento calculada por Kirchhoff. Em duas dimensões, $\phi(r) = -(1/2\pi) \log r$, onde r é a distância que separa o par de pontos. A energia de interação de cada par é $E^{par} = (1/2) pq \phi(r)$, com p e q as respectivas vorticidades. As contribuições de energia $E^{par} = (1/4\pi) \log r$ e de entropia $S^{par} = 2\pi r$ para um par vórtice/anti-vórtice de intensidades $p=1$ e $q=-1$ à distância r , mantendo um deles fixo na origem, podem ser usadas para estimar as correspondentes contribuições no modelo XY . O peso estatístico $e^{f^{par}}$ associado ao par vórtice/anti-vórtice é estimado pela integral (devido ao caroço, $r=1$ é a menor aproximação do par)

$$e^{f^{par}} \cong \int_1^\infty S^{par} e^{-\beta E^{par}} dr = 2\pi \int_1^\infty r^{1-(\beta/4\pi)} dr$$

e esta quantidade é finita se, e somente se, $\beta > 8\pi$. O valor $\beta_0^{cr} \equiv 8\pi$ é o ponto crítico da transição de KT, no limite da densidade de vórtices, no “ensemble” à temperatura T , tendendo a zero. Convém enfatizar que este “ensemble de vórtices” requer, por razões de estabilidade termodinâmica, que a vorticidade total do sistema seja nula.

Retorno ao argumento de Peierls para o modelo de Ising. Sendo ambas contribuições de energia e log da entropia de um contorno γ proporcionais ao seu comprimento $|\gamma| = n$, onde n é um inteiro devido ao

espaçamento entre sítios vizinhos ser igual a 1, a soma de $S(\gamma)e^{-\beta E(\gamma)}$ sobre todos contornos γ é, portanto, majorada por uma série geométrica que converge (diverge) se a formação de um domínio de contorno γ for desfavorável (favorável). Analisando as excitações de pares de vórtices conclui-se, de maneira análoga, que o evento: “pares de vórtices/anti-vórtices se encontram dissociados e livres no sistema” é estatisticamente desfavorável se a integral acima convergir (dominância da energia) e favorável se a integral divergir (dominância da entropia).

Estamos agora em posição para responder a pergunta: por que, afinal, a transição de KT é diferente da transição em Ising? Uma resposta heurística, tendo por base os argumentos delineados acima é a seguinte: porque há tipos de excitações elementares diferentes competindo nos sistemas que exibem esta transição. No modelo XY temos as excitações ondas de spin e as excitações topológicas de vórtices. As ondas de spin excluem a possibilidade de ordem de longo alcance com quebra espontânea de simetria. Os vórtices, por outro lado, estão sujeitos a um balanço de entropia-energia podendo por conseguinte aparecer ligados em pares de sinais opostos ou livres. Se ligados, o que ocorre a baixas temperaturas, ondas de spin se manifestam; se livres, o que ocorre a temperaturas altas, as ondas de spin são inibidas.

Esta caracterização da transição de KT parece-nos bastante razoável e se encontra em concordância com as observações do fenômeno. O balanço das contribuições de energia e entropia das excitações é bastante elegante porém destituído de rigor. Uma versão matematicamente rigorosa do argumento de Peierls, segundo a qual o modelo de Ising é tratado como uma gás de contornos, foi proposta por Griffiths (64). O surpreendente é que este balanço de energia-entropia aplicado à transição de KT pode ser feito escala-por-escala e, justamente nesta parte, pode dar uma pequena contribuição à área. Demonstra-se em Marchetti e Klein (91), com rigor matemático, que o ponto crítico β_0^{cr} é, de fato, 8π para uma família de gases de Coulomb em uma rede bidimensional, incluindo a versão do modelo XY devido a Villain. Na demonstração emprega-se o método conhecido hoje por análise em múltiplas-escalas, uma técnica desenvolvida para lidar com o fenômeno de localização de Anderson em modelos (tight-binding) desordenados para condução de elétrons.

Comentários e referências:

1. Para a ausência de quebra de simetria no modelo XY , veja N. D. Mermin e H. Wagner, Phys. Rev. Lett. **22**, 1133-1136 (1966); F. Wegner, Z. Phys. **206**, 465-470 (1967) e V. L. Berezinski, Sov. Phys.-JETP **32**, 493-500 (1970).
2. Devido à dominância das ondas de spin, as correlações $\langle S_i \cdot S_j \rangle$ entre pares de spins S_i e S_j decaem polinomialmente quando a distância $|i - j|$ tende a infinito e a fase de baixas temperaturas do modelo XY é inteiramente crítica. As propriedades críticas do modelo XY foram investigadas em J. M. Kosterlitz e D. J. Thouless, J. Phys. C: Solid St. Phys. **6**, 1181-1203 (1973) e J. M. Kosterlitz, J. Phys. C: Solid St. Phys. **7**, 1046-1060 (1974), empregando a técnica de grupo de renormalização (GR). O fluxo da transformação de GR envolve apenas alguns parâmetros. As equações satisfeitas por estes parâmetros se assemelham às obtidas em P. W. Anderson e G. Yuval J. Phys. C: Solid St. Phys. **4**, 607-620 (1971). Neste trabalho sobre o efeito Kondo, os autores modelam a dinâmica de um spin sob a influência de elétrons livres por um modelo de Ising unidimensional com interação ferromagnética entre os pares S_i e S_j variando com $1/|i - j|^2$. Este modelo também exibe uma transição de KT.
3. No artigo Commun. Math. Phys. **21**, 269-283 (1971), F. J. Dyson propôs um modelo hierárquico de Ising unidimensional relacionado com o efeito Kondo. As transformações de GR neste modelo são exatas e operam no espaço das distribuições de probabilidades de um único spin. Vários fenômenos podem ser examinados com rigor matemático sem o excesso de tecnicidades. Para uma análise via GR da transição de KT em modelos hierárquicos de gases de Coulomb veja D. H. U. Marchetti e J. F. Perez, J. Stat. Phys. **55**, 141-156 (1989).
4. A estatística do modelo XY , e sua versão devida a Villain, está relacionada com as propriedades de gases de Coulomb na rede bidimensional através da transformação de sine-Gordon. A transição de KT pode ser analisada por esta perspectiva e caracterizada por um parâmetro de ordem. Para uma excelente revisão, veja J. Fröhlich e T. Spencer, J. Stat. Phys. **24**, 617-701 (1981); Neste mesmo ano os autores provaram, neste contexto, a existência da fase dipolar de KT em Comm. Math. Phys. **81**, 527-602 (1981) para β suficientemente grande. Esta prova foi modificada e estendida para $\beta > 8\pi$ em D. H. U. Marchetti e A. Klein, J. Stat. Phys. **64**, 135-192 (1991).



Pesquisa descobre novos mecanismos de produção de partículas atmosféricas e de impacto em nuvens na Amazônia

Assessoria de Imprensa do IFUSP

Resultados do experimento GoAmazon publicados na revista Nature de 24 de outubro mostram forte produção de partículas em altas altitudes (6 a 15 Km), e o crítico papel da convecção e das nuvens no transporte de partículas entre a superfície da floresta e a alta atmosfera Amazônica. Mecanismos eram desconhecidos e foram procurados por mais de 25 anos.

Há mais de 25 anos cientistas que estudam a população de partículas e núcleos de condensação de nuvens na Amazônia procuravam os mecanismos de produção dessas partículas. Sabia-se que parte delas vinha da própria floresta, pelas emissões biogênicas, mas os números não fechavam. Faltavam partículas. Um estudo divulgado hoje, na revista Nature, solucionou esse mistério que intrigava os pesquisadores. Foi, enfim, descoberta a origem dos aerossóis atmosféricos que alimentam as nuvens da região amazônica em condições livres de poluição, e repõe aqueles que foram retirados pela chuva.

Os aerossóis são fundamentais para a formação das nuvens e para o controle do balanço de radiação solar que atinge a superfície do planeta. Esta radiação fornece ingrediente essencial para a fotossíntese e mantém a temperatura do ecossistema. Elas também são as responsáveis pela formação das gotas de nuvens, atuando como núcleos de condensação. Na Amazônia, as partículas biogênicas primárias emitidas eram insuficientes para nuclear tantas gotículas de nuvens, conforme o estudo. Sem essas gotículas, não há nuvens e não há chuva.

Essa descoberta foi feita no escopo do experimento Green Ocean Amazon Experiment (GoAmazon), desenhado para estudar o efeito da poluição de Manaus nas propriedades da atmosfera amazônica. Contudo, inesperadamente, os cientistas chegaram a esse novo mecanismo de formação de partículas e aos processos convectivos (movimentos verticais de massas de ar) com nuvens que transportam essas partículas de cima para baixo. Por esses mesmos processos, os VOCs (gases conhecidos como compostos orgânicos voláteis, da sigla em inglês) são transportados da superfície da floresta até a alta atmosfera.

A chuva limpa a atmosfera removendo os aerossóis, o mistério era como a atmosfera reestabelecia a concentração de aerossóis rapidamente. Este estudo mostra que as nuvens através de suas correntes descendentes trazem uma grande concentração de nano partículas que foram encontradas em alta concentração em altos níveis, essas nano partículas se combinam com VOCs e crescem rapidamente ao tamanho de núcleos de condensação para auxiliar na formação das nuvens que serão formadas com correntes ascendentes.

Paulo Artaxo, professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP) e coautor do artigo explica que há muito tempo seu grupo vem tentando medir no solo a formação de novas partículas de aerossóis na Amazônia e o resultado era sempre zero. “As novas partículas nanométricas simplesmente não apareciam. As medições eram sempre feitas em solo ou com aviões voando até no máximo três mil metros de altura. Mas a resposta, na verdade, estava ainda muito mais no alto da atmosfera amazônica”, disse o pesquisador.

A floresta, em seu metabolismo, naturalmente emite VOCs, entre eles terpenos e isoprenos. O que a equipe descobriu foi que as nuvens transportam pela forte convecção esses gases da superfície para a alta atmosfera, podendo chegar a 15 mil metros de altitude. Nessa altitude, a temperatura é em torno de 55°C negativos, o que faz com que gases semivoláteis se condensem e formem novas partículas nanométricas (entre 1 a 5 nm).

As medidas foram feitas por dois aviões que participaram do experimento GoAmazon2014/15, um deles americano, o Gulfstream-1, pertencente ao Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), dos Estados Unidos, cujos resultados figuram no paper. Contudo, um segundo avião, o HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft), confirmou essas medidas por meio de voos a altitudes de até 15km.

“Nós ainda estamos analisando o conjunto de dados coletados pelo HALO, que pertence ao Instituto Max Planck e ao DLR (Centro Alemão de Aeronáutica). Mas as análises feitas até o momento confirmaram os achados”, explicou Artaxo.

Medidas em solo

Esse resultado descrito no paper também foi confirmado com medidas em solo realizadas no laboratório Torre Alta de Observação da Amazônia (ATTO, na sigla em inglês), laboratório operado pelo INPA como parte do experimento LBA. Os dados coletados por essa torre, que possui 320 metros de altura e está situada na Reserva Biológica de Uatumã, mostraram que as correntes convectivas descendentes transportam estas nanopartículas até a superfície.

“Essas observações são surpreendentes”, segundo Luiz Augusto Machado do INPE, um dos coordenadores do experimento e co-autor do estudo, porque quando se ultrapassa a chamada camada limite planetária – altitudes superiores a 2500 metros – ocorre uma inversão de temperatura que costuma inibir o transporte vertical de partículas. “O transporte através das nuvens convectivas quebra essa barreira e permite o mecanismo funcionar em regiões tropicais”, acrescenta.

Artaxo esclarece que os VOCs oriundos das plantas fazem parte de um mecanismo fundamental para a produção de aerossóis em áreas continentais. “O conjunto dos VOCs emitidos pela floresta e as nuvens fazem uma dinâmica muito peculiar e produzem enormes quantidades de partículas em altas altitudes, onde acreditava-se que elas não existiriam. São mecanismos biológicos da floresta atuando junto com as nuvens para manter o ecossistema Amazônico em funcionamento”.

Segundo ele, esses gases são jogados para a alta atmosfera, onde a velocidade do vento é muito grande, e são redistribuídos pelo planeta de forma muito eficiente. “Estamos atualmente realizando trabalhos de modelagem para precisar as regiões afetadas pelas emissões de VOCs da Amazônia e transportadas pela circulação atmosférica”, salienta o professor da USP.

Como tais mecanismos eram até agora desconhecidos, essa produção de aerossóis não está contemplada em nenhum modelo climático. “É um conhecimento que terá de ser incluído, pois ajudará a tornar as simulações de chuva na Amazônia mais precisas”, conclui Machado.

A pesquisa foi financiada pela FAPESP e outras fontes. O trabalho foi liderado pelo Dr. Jian Wang, do Brookhaven National Laboratory, e teve participação da Universidade de Harvard, Instituto Max Planck, INPA, UEA, USP e INPE. O artigo **“Amazon boundary layer aerosol concentration sustained by vertical transport during rainfall ”** foi publicado na revista Nature em 24 de outubro e pode ser acessado através do link: <http://dx.doi.org/10.1038/nature19819>

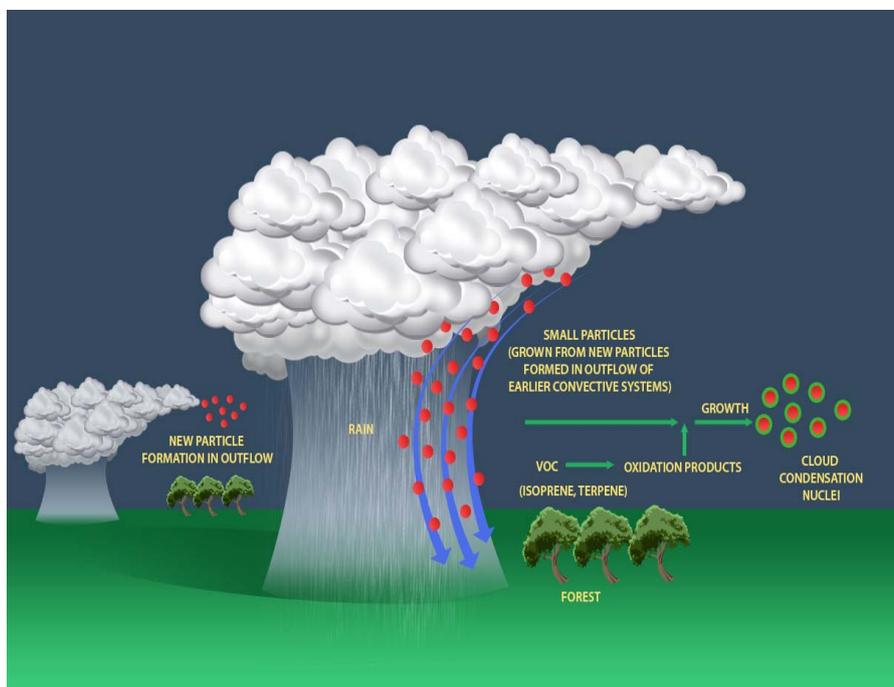


Figura ilustrando os processos de transporte vertical de partículas e gases na Amazônia.



Ilustração do processo de formação de novas partículas na Amazônia, recém descoberto.

COLÓQUIO GLEB WATAGHIN

“Pushing Quantum Limits: teleportation, trajectories without uncertainties and other tricks”

Prof. Eugene S. Polzik - Niels Bohr Institute, University of Copenhagen
 31 de outubro, segunda-feira, Auditório Abraão de Moraes, às 16h
 Entrada franca - Transmissão via www.iptv.usp.br

The famous Heisenberg uncertainty principle places limits on what can be learnt about the world around us. For example, the position and the momentum of an object or a spin of a particle cannot be measured with arbitrary accuracy. However, quantum mechanical limits do not preclude transmitting those “unknown” variables from one place to another. A famous example is teleportation, a disembodied transfer of a quantum state, which allows for both the position and the momentum be transferred, in principle, without adding noise. It turns out, perhaps even more surprisingly, that a trajectory of an object can be measured with an accuracy exceeding that predicted by the Heisenberg uncertainty. The conditions for this counterintuitive scenario are that the trajectory is monitored in the reference frame with an effective negative mass. In the talk I will describe our experiments on quantum teleportation and the measurement of motion beyond standard quantum limits.

Informações sobre o Prof. Polzik.

O Prof. Eugene Polzik é um especialista de grande reconhecimento internacional nas áreas de ótica quântica, física atômica e informação quântica. Ele ocupou diversas posições acadêmicas relevantes, no Caltech, no ICFO (Barcelona), na Universidade de Aarhus e, atualmente, é professor no Instituto Niels Bohr e diretor científico do Centro Dinamarquês para Ótica Quântica (QUANTOP). Entre os prêmios e distinções que recebeu, destacam-se o Gordon Moore Distinguished Scholar Award, European Research Council Advanced Grant award, membro da Academia Dinamarquesa de Ciências e “fellow” da American Physical Society, do Institute of Physics e da Optical Society of America. Ele é expert externo do Comitê Nobel para Física. Entre suas principais contribuições, estão a primeira demonstração de teletransporte quântico incondicional, a demonstração de uma memória quântica para luz e o teletransporte quântico de informação entre luz e matéria.

COLÓQUIO

“Fukushima: Passado, Presente e Futuro”

Prof. Johnny Ferraz Dias - UFRGS
 03 de novembro, quinta-feira, Auditório Abraão de Moraes, às 16h
 Entrada franca - Transmissão via www.iptv.usp.br

Em 11 de março de 2011, um terremoto de magnitude 9 na escala Richter, seguido de um tsunami, atingiu a província de Fukushima, na região de Tohoku, localizada no leste do Japão. Tais eventos causaram o desastre nuclear mundialmente conhecido como o acidente de Fukushima. Desde então, o Japão adotou

uma série de medidas para a remediação e recuperação de áreas afetadas pelo desastre nuclear. Nesta palestra, serão discutidos conceitos básicos de física nuclear relacionados com o acidente, incluindo os princípios de funcionamento dos reatores de Fukushima Daichii. Iremos discutir também os eventos que levaram ao derretimento do núcleo do reator e suas consequências. Além disso, serão discutidas as medidas adotadas pelos japoneses para a remediação dos problemas causados pela contaminação radioativa de solos, água e alimentos em geral. Finalmente, discutiremos o futuro da utilização da energia nuclear, destacando seus benefícios e riscos.

Informações sobre o palestrante:

O Prof. Johnny Ferraz Dias fez a graduação (1986) e o mestrado (1989) no IFUSP, o doutorado em Ciências Físicas na Universiteit Gent (1994), na Bélgica, e o pós-doutorado no Louisiana Accelerator Center da University of Louisiana at Lafayette (Estados Unidos) entre 2007 e 2008. Atualmente, é Professor Titular do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul onde é Coordenador dos aceleradores do Laboratório de Implantação Iônica. Ele atua tanto em física básica como em física aplicada, utilizando principalmente as técnicas PIXE (Particle-Induced X-ray Emission), Micro-PIXE, RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry), RBS canalizado, NRA (Nuclear Reaction Analysis) e MEIS (Medium Energy Ion Scattering).

JOURNAL CLUB DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA DOS MATERIAIS E MECÂNICA

Nesta semana Eduardo Diaz Suarez, pós-graduando do Grupo Teórico de Materiais, apresentará o artigo: “Mössbauer Spectroscopy of Iron Carbides: From Prediction to Experimental Confirmation”

01 de novembro, terça-feira, Sala de Seminários José Roberto Leite
Ed. Alessandro Volta (bloco C) – Sala 110, IFUSP, às 12h10

Abstract: The Mössbauer spectroscopy of iron carbides (α -Fe, γ '-FeC, η -Fe₂C, ζ -Fe₂C, χ -Fe₅C₂, h-Fe₇C₃, θ -Fe₃C, o-Fe₇C₃, γ '-Fe₄C, γ "-Fe₄C, and α '-Fe₁₆C₂) is predicted utilizing the all electron full-potential linearized augmented plane wave (FLAPW) approach across various functionals from LDA to GGA (PBE, PBEsol, and GGA + U) to meta-GGA to hybrid functionals. To validate the predicted MES from different functionals, the single-phase χ -Fe₅C₂ and θ -Fe₃C are synthesized in experiment and their experimental MES under different temperature (from 13 K to 298 K) are determined. The result indicates that the GGA functional (especially, the PBEsol) shows remarkable success on the prediction of Mössbauer spectroscopy of α -Fe, χ -Fe₅C₂ and θ -Fe₃C with delocalized d electrons. From the reliable simulations, we propose a linear relationship between B_{hf} and μ_B with a slope of 12.81 T/ μ_B for iron carbide systems and that the proportionality constant may vary from structure to structure.

Scientific Reports 6, Article number: 26184 (2016)

doi:10.1038/srep26184

<http://www.nature.com/articles/srep26184>

DISSERTAÇÕES E TESES

Dissertação de Mestrado

Uiran Umbelino da Silva

“Estudo do espalhamento e transferência elástica para o sistema ${}^7\text{Be}+{}^9\text{Be}$ ”

Comissão Examinadora: Profs. Drs. Kelly Cristina Cezaretto Pires (orientadora - IFUSP), Julian Marco Barbosa Shorto (IPEN) e Andrés Arazi (Tandar/Argentina).

03/11/2016, quinta-feira, Ed. Principal, sala 211, térreo, Ala 2, IFUSP, às 14h.

Tese de Doutorado

Juan Alejandro García Alvarez

“Seções de choque de bremsstrahlung de elétrons, estudo experimental no Acelerador Microtron de São Paulo”

Comissão Examinadora: Profs. Drs. Nora Lia Maidana (orientadora - IFUSP), Marcia de Almeida Rizzutto (IFUSP), Manfredo Harri Tabacniks (IFUSP), Johnny Ferraz Dias (UFRG) e Josep Sempau Roma (UPC/Espanha).

04/11/2016, sexta-feira, Ed. Principal, sala 211, térreo, Ala 2, IFUSP, às 9h30min.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Ensino de Física, Ensino de Química e Ensino de Biologia)

Dissertações de Mestrado

Mônica Elizabeth Craveiro Theodoro

“Proposta e avaliação de uma sequência didática para aulas prático-laboratoriais no ensino superior em química”

Comissão Examinadora: Prof. Dr. Guilherme Andrade Marson (IQ - USP), Prof. Dr. Agnaldo Arroio (FE - USP) e Prof. Dr. Eduardo Galembeck (UNICAMP - USP)

31/10/2016, segunda-feira, Auditório Adma Jafet, IFUSP, às 14h

Leandro dos Reis Oliveira

“Análise da apropriação de ideias freireanas de educação por professores em uma proposta de aulas sobre aquecimento global”

Comissão Examinadora: Prof. Dr. Ivã Gurgel (IF - USP), Profa. Dra. Maria Beatriz Fagundes (UFABC) e Profa. Dra. Simoni Tormohlen Gehlen (UESC)

01/11/2016, terça-feira, Auditório Novo 2, Edifício Principal, IFUSP, às 14h

Tese de Doutorado

André Luis Tato Luciano dos Santos

“Atividades multissensoriais para o ensino de física”

Comissão Examinadora: Prof. Dr. Eder Pires de Camargo (UNESP), Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos (IF - USP), Prof. Dr. Ivã Gurgel (IF - USP), Prof. Dr. Acácio Alexandre Pagan (UFS) e Profa. Dra. Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima (UERJ)

31/10/2016, segunda-feira, Auditório Novo 2, Edifício Principal, IFUSP, às 14h

2ª. FEIRA, 31.10.16

Colóquio Gleb Wataghin

“Pushing Quantum Limits: teleportation, trajectories without uncertainties and other tricks”

Prof. Eugene S. Polzik - Niels Bohr Institute, University of Copenhagen

Auditório Abraão de Moraes, às 16h

3ª. FEIRA, 01.11.16

Journal Club do Departamento de Física dos Materiais e Mecânica

“Mössbauer Spectroscopy of Iron Carbides: From Prediction to Experimental Confirmation”

Eduardo Diaz Suarez, pós-graduando do Grupo Teórico de Materiais

Sala de Seminários José Roberto Leite, Ed. Alessandro Volta (bloco C) – Sala 110, IFUSP, às 12h10

5ª. FEIRA, 03.11.16

Seminário do Grupo de Física Molecular e Modelagem

“Desvio químico de RMN do Xenônio em solvente: relatividade, correlação eletrônica e condição supercrítica”

Dr. Evanildo Gomes Lacerda Junior, Pós-doutorando do DFGE/IFUSP

Sala 201 – Ala I (sala de seminários), às 14h

Colóquio

“Fukushima: Passado, Presente e Futuro”

Prof. Johnny Ferraz Dias - UFRGS

Auditório Abraão de Moraes, às 16h

6ª. FEIRA, 04.11.16

Seminário do Grupo de Biofísica

“Tamponamento em sistemas biológicos e equilíbrio ácido-básico”

Prof. Dr. Julio H. K. Rozenfeld

Departamento de Biofísica Unifesp / Escola Paulista de Medicina

Edifício Principal, Ala I, sala 201, às 13h

Seminário do INCT/NAP/GFCx

“Uso de SAXS para estudo de sistemas proteicos em solução”

Maximilia Frazão de Souza, Aluna do GFCx

Auditório Adma Jafet, às 15h

B I F U S P - Uma publicação semanal do Instituto de Física da USP
Editor: Prof. Dr. Fernando Tadeu Caldeira Brandt
Secretário: Iran Mamedes de Amorim
Textos e informações assinados são de responsabilidade de seus autores.
São divulgadas no BIFUSP as notícias encaminhadas até 4ª feira, às 12h, impreterivelmente.
Tel.: 3091-6900 - Fax: 3091-6701 - e-mail: bifusp@if.usp.br - Homepage: www.if.usp.br