



**Solução exata da equação de Boltzmann relativística
para o plasma de quarks e glúons**

O que acontece com a matéria que nos cerca quando sujeita à condições extremas de pressão e temperatura? Essa questão fundamental, que é ao mesmo tempo bastante simples e inacreditavelmente profunda, vem sendo investigada experimentalmente através das colisões de íons pesados ultra-relativísticos em colisores de hádrons como o Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) em Long Island, NY, EUA e também o Large Hadron Collider (LHC), em Genebra, Suíça. O resultado desses experimentos (que contaram com participação ativa de pesquisadores brasileiros e, em especial, do IFUSP) é consistente com a predição teórica de que para temperaturas da ordem de duas vezes a massa do pión (equivalente à $\sim 3.5 \times 10^{12}$ K), os prótons e neutrons que compõem os núcleos dos átomos se “desfazem” e quarks e glúons se tornam os graus de liberdade adequados para a descrição da força forte.

Entretanto, esse novo estado da matéria é na realidade um plasma de quarks e glúons e, devido as características de sua produção via colisões de íons pesados como o ouro e o chumbo, esse sistema evolui muito rapidamente no espaço-tempo. De fato, tal expansão é consistente com a idéia de que esse sistema se comporta com um tipo de fluido relativístico no qual efeitos de viscosidade são mínimos (menores até que do que em superfluidos!).

A união entre a relatividade (especial e geral) e dinâmica de fluidos, embora já venha sendo estudada há quase cem anos, ainda apresenta vários problemas de caráter conceitual. Dessa forma, é fundamental encontrar sistemas nos quais seja possível estudar de forma exata a dinâmica de fluidos relativísticos dissipativos. A equação de Boltzmann relativística [1] serve de “laboratório teórico” para o estudo da teoria cinética no domínio relativístico e também da hidrodinâmica relativística, que aparece como uma teoria efetiva válida no limite de pequenas frequências e grandes comprimentos de onda.

Em um artigo recente publicado no jornal *Physical Review Letters* [2], o **Prof. Jorge Noronha** do Departamento de Física Experimental juntamente com colaboradores da McGill University (Canadá) e Ohio State University e Kent State University (EUA), encontraram a **primeira solução exata da equação de Boltzmann relativística** (no limite de Anderson-Witting) que descreve um plasma de quarks e glúons que se expande no espaço de forma similar àquele formado em colisões de íons pesados ultra-relativísticos.

Tal solução é baseada em um método geral [3], válido no limite onde as massas das partículas no fluido são muito menores do que a temperatura, que a primeira vista parece ser bastante inusitado. Basicamente, ao invés de se resolver o problema original que envolve um sistema expandindo de forma complicada em um espaço-tempo plano (espaço de Minkowski), realiza-se uma transformação conforme [4] que torna o espaço-tempo curvo (porém ainda bastante simétrico) e coloca o fluido em repouso. Por incrível que pareça, no espaço-tempo curvo os cálculos simplificam e é possível encontrar uma solução exata para a equação de Boltzmann. Uma vez encontrada essa solução, invertemos a transformação conforme e obtivemos a

B

I

F

U

S

P

primeira solução da equação de Boltzmann relativística com relevância para o plasma de quarks e glúons.

Um dos vários temas que podem agora ser estudados de forma exata, devido aos resultados de [2,3], é a questão da irreversibilidade temporal (no contexto da produção da entropia) em sistemas relativísticos de muitos corpos. Além disso, existem várias outras aplicações desses resultados no contexto da física de íons pesados ultra-relativísticos que já estão sendo pesquisadas pelo grupo do Prof. Jorge Noronha e colaboradores.

Prof. Jorge Noronha
Departamento de Física Experimental

REFERÊNCIAS

- [1] Para uma revisão, veja, S. R. de Groot, W. A. van Leeuwen and Ch. G. van Weert, *Relativistic kinetic theory - Principles and applications*, (North-Holland, 1980).
- [2] G. S. Denicol, U. Heinz, M. Martinez, J. Noronha, and M. Strickland, *New Exact Solution of the Relativistic Boltzmann Equation and its Hydrodynamic Limit*, Phys. Rev. Lett. **113**, 202301 – Published 14 November 2014. DOI:10.1103/PhysRevLett.113.202301
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.202301>
- [3] G. S. Denicol, U. Heinz, M. Martinez, J. Noronha, and M. Strickland, *Studying the validity of relativistic hydrodynamics with a new exact solution of the Boltzmann equation*, aceito para publicação no Physical Review D, e-Print: arXiv:1408.7048 [hep-ph].
- [4] Para uma revisão, veja, P. Di Francesco, P. Mathieu, and D. Sénéchal, *Conformal Field Theory, Graduate Texts in Contemporary Physics*, 1997 Springer-Verlag New York.

COMUNICADO DA DIRETORIA

HOMENAGEM AO PROF. CELSO ORSINI

Neste 25 de novembro de 2014 faleceu o Professor Celso Maria de Queiroz Orsini, nosso ex-orientador e colega de IFUSP. Ao lado do natural sentimento de tristeza pela perda de uma pessoa querida, reavivamos na memória gratas lembranças da época de criação do GEPA - Grupo de Estudos da Poluição do Ar, nucleado pelos Profs. Orsini, após passar um período de estudos nos Estados Unidos em meados dos anos 70, e o Prof. Luiz C. Bouères do DFN.

Jovens e em início de carreira, preocupados com questões sócio-ambientais, encontramos no GEPA guarida para desenvolver trabalhos científicos inovadores em uma área interdisciplinar com impactos em políticas públicas. O GEPA desenvolveu novas metodologias de análises de aerossóis atmosféricos e manteve no Brasil uma instalação pioneira de análise PIXE (Particle Induced X-Ray Emission), alocada então em uma das linhas do Laboratório Pelletron do Departamento de Física Nuclear. Hoje temos um sistema com diversos outros recursos operando no Laboratório de Materiais e Feixes Iônicos - LAMFI, enquanto que o GEPA deu lugar ao Laboratório de Física Atmosférica – LFA, no IFUSP, e ao Laboratório de Análise de Processos Atmosféricos – LAPAt, no IAG.

Em 1982, o GEPA realizou medidas em Cubatão que representaram um marco na quantificação da grave situação de contaminação do ar daquele polo industrial. Entre 1982 e 1986, o Prof. Orsini coordenou um grande projeto, "Avaliação de Qualidade do Ar de Áreas Críticas e Naturais Brasileiras", financiado pela FINEP e apoiado pela SEMA (Secretaria Especial de Meio Ambiente), realizando medidas em São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Salvador, Vitória, Belo Horizonte e na Estação Ecológica de Juréia. O grupo participou ainda de vários outros projetos em Cubatão, em São Paulo (SPACEX-1989) e na Amazônia. No início da década de 1980, o GEPA também instalou a primeira estação de amostragem de aerossóis atmosféricos na Estação Brasileira na Antártica, Estação Comandante Ferraz, que gerou relevantes informações científicas em mais de 10 anos de funcionamento.

Estes projetos trouxeram importantes resultados acadêmicos: fundamentaram a tese de Livre Docência do Prof. Orsini e foram a base dos trabalhos de mestrado e/ou doutorado de Manfredo H. Tabacniks, Américo Sansigolo Kerr, Maria de Fátima Andrade, Maristela Olzon, Samuel A. Pessoa, Paulo Artaxo e outros.

Por fim lembramos que o prof. Celso Orsini implantou no IFUSP o curso de Física da Poluição do Ar, bastante procurado por estudantes de licenciatura e de bacharelado.

Nossa homenagem ao Professor Celso Orsini. Sua visão científica, sua paciência e capacidade de trabalhar coletiva e articuladamente foram qualidades fundamentais para propiciar o desenvolvimento de grupos de pesquisa que têm projeção internacional em física aplicada. Fomentou o desenvolvimento de bases importantes para a pesquisa, o ensino e a extensão em física atmosférica, que continuarão criando frutos numa temática afeita aos problemas de perturbações ambientais, natural e antropogênica, em níveis urbano e global.

Manfredo Tabacniks, Paulo Artaxo, Américo Kerr e Maria de Fátima Andrade (IAG-USP)

COLÓQUIO DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA MATEMÁTICA - FMA

“Hadamard state in Schwarzschild-de Sitter spacetime”

Dr. Marcos Brum de Oliveira (UFRJ)

10 de dezembro, quarta-feira, Auditório Sul, IFUSP, às 11h

We construct a state in the Schwarzschild-de Sitter spacetime which is invariant under the action of its group of symmetries. Our state is not defined in the whole Kruskal extension of this spacetime, but rather in a subset of the maximally extended conformal diagram. The construction is based on a careful use of the bulk-to-boundary technique. We will show that our state is Hadamard and that it is not a KMS state, differently from the case of states constructed in spacetimes containing only one event horizon (based on arXiv:1405.7916 - accepted for publication in CQG, in collaboration with Sergio Jorás).

SEMINÁRIO DO LABORATÓRIO DO ACELERADOR LINEAR

“Procura por Decaimento Beta Duplo sem Neutrinos com o Experimento EXO”

Caio Licciardi - Research Associate em Carleton, Canada

17 de dezembro, quarta-feira, Sala 105, Edifício Basílio Jafet, às 14h

Resumo: O programa experimental EXO (Enriched Xenon Observatory) investiga a natureza de neutrinos com xenônio líquido. Enquanto o decaimento beta duplo com dois neutrinos ($2\nu\beta\beta$) já foi observado e é descrito pelo Modelo Padrão, o mesmo decaimento sem neutrinos ($0\nu\beta\beta$) é um modo hipotético que se observado demonstrará que neutrinos são suas próprias antipartículas, além de indicar a escala da massa delas. Em sua primeira fase, o EXO-200 produziu a primeira observação de $2\nu\beta\beta$ em xenônio líquido e a mais precisa atualmente. Além disso, usando os dois primeiros anos de dados, o EXO-200 determina um limite de 1.1×10^{25} anos com 90% de nível de confiança para a meia-vida do $0\nu\beta\beta$. Nesse seminário serão mostrados os resultados mais recentes do projeto e a sua próxima fase, o detector nEXO, também será brevemente apresentada.

SEMINÁRIO DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA NUCLEAR -FNC

“Terrestrial and space radiation effects on CMOS electronics: the case of non-volatile memories”

Alessandro Paccagnella, Department of Information Engineering, University of Padova / Italy

17 de dezembro, quarta-feira, Sala de Seminários do DFN, às 16h

The main degradation phenomena affecting CMOS devices exposed to ionizing radiation are the total ionizing dose (TID) effects and the single event effects (SEE). TID derives from the accumulation of dielectric trapped charge and Si/oxide interface states, as a consequence of irradiation with many particles with low ionization power, i.e, low linear energy transfer (LET) coefficient. In general TID produces parametric shifts of electrical characteristics (e.g., V_t , g_m) of the irradiated devices. SEEs derive from the charge released by a single high-LET ionizing particle, crossing the IC close to a sensitive node. SEEs may give rise to both

recoverable soft errors (i.e., bit flip of one or more logic nodes or memory cells) and irreversible hard failures, such as gate oxide breakdown or device burn-out. While TID effects are deterministic, SEEs are stochastic in nature. In this seminar, we'll present the variety of TID and SEE phenomena occurring in CMOS components exposed to ionizing radiation, and their evolution with Moore's law. In the last part of the seminar, we'll focus on the effects affecting non-volatile memories (NVM), which feature the most advanced scaled technologies and even true 3-D integration, leveraging the results obtained during more than 10 years of work in the field by our group. This part will be mainly focused on floating gate NVMs featuring NOR or NAND architectures, including also results for novel memories, such as the phase change ones. Finally, we'll examine reliability implications, significant for both the terrestrial and the space radiation environments.

SEMINÁRIO DO LABORATÓRIO DO ACELERADOR LINEAR

“Procura por Decaimento Beta Duplo sem Neutrinos com o Experimento EXO”

Caio Licciardi - Research Associate em Carleton, Canada
17 de dezembro, quarta-feira, Sala 105, Edifício Basílio Jafet, às 14h

Resumo: O programa experimental EXO (Enriched Xenon Observatory) investiga a natureza de neutrinos com xenônio líquido. Enquanto o decaimento beta duplo com dois neutrinos (2vbb) já foi observado e é descrito pelo Modelo Padrão, o mesmo decaimento sem neutrinos (0vbb) é um modo hipotético que se observado demonstrará que neutrinos são suas próprias antipartículas, além de indicar a escala da massa delas. Em sua primeira fase, o EXO-200 produziu a primeira observação de 2vbb em xenônio líquido e a mais precisa atualmente. Além disso, usando os dois primeiros anos de dados, o EXO-200 determina um limite de 1.1×10^{25} anos com 90% de nível de confiança para a meia-vida do 0vbb. Nesse seminário serão mostrados os resultados mais recentes do projeto e a sua próxima fase, o detector nEXO, também será brevemente apresentada.

TESES E DISSERTAÇÕES

DISSERTAÇÕES DE MESTRADO

Gilderlon Fernandes Oliveira

“Caracterização magnética de filmes finos e micro objetos baseados em metais de transição e terras raras”
Comissão Examinadora: Profs. Drs. Antonio Domingues dos Santos (orientador – IFUSP), Daniel Reinaldo Cornejo (IFUSP) e Luiz Carlos Sampaio Lima (CBPF)
09/12/2014, terça-feira, Ed. Principal, Ala 2, sala 209, IFUSP, às 14h.

Gabriela Lima Lichtenstein

“Fenomenologia de teorias quiver da quebra da simetria eletrofraca”
Comissão Examinadora: Profs. Drs. Gustavo Alberto Burdman (orientador – IFUSP), Oscar José Pinto Éboli (IFUSP) e Pedro Galli Mercadante (UFABC)
10/12/2014, quarta-feira, Ed. Principal, Auditório Novo I, IFUSP, às 14h.

Alejandro Heyner Lopez Gonzales

“Estudo experimental das relações entre kerma no ar e equivalente de dose ambiente em barreiras secundárias de salas radiológicas”
Comissão Examinadora: Profs. Drs. Paulo Roberto Costa (orientador – IFUSP), Márcia de Almeida Rizzutto (IFUSP) e Maria do Socorro Nogueira (CNEN)
12/12/2014, sexta-feira, Ed. Principal, Ala 2, sala 209, IFUSP, às 14h.

Dennis Gerardo Brenes Badilla

“Melhoramento de células solares poliméricas de heterojunção no volume através da implantação iônica de ouro na camada de PEDOT: PSS”
Comissão Examinadora: Profs. Drs. Maria Cecília Barbosa da Silveira Salvadori (orientadora – IFUSP), Adriano Mesquita Alencar (IFUSP) e Vladimir Jesus Trava Airoldi (INPE)
18/12/2014, quinta-feira, Ed. Principal, Auditório Novo II, IFUSP, às 14h.

TESE DE DOUTORADO

Fabiana Rodrigues Arantes

“Sistemas de nanopartículas magnéticas: estudos experimentais e simulações Monte Carlo”

Comissão Examinadora: Profs. Drs. Daniel Reinaldo Cornejo (orientador – IFUSP), Giancarlo Espósito de Souza Brito (IFUSP), Gabriel Teixeira Landi (UFABC), Marcos de Abreu Ávila (UFABC) e Elis Helena de Campos Pinto Sinnecker (UFRJ)

10/12/2014, quarta-feira, Ed. Principal, Ala 2, sala 209, IFUSP, às 14h.

Anastasia Burimova

“Distribuições espectrais e angulares da radiação síncrotron no âmbito da teoria quântica”

Comissão Examinadora: Profs. Drs. Dmitri M. Guitman (orientador – IFUSP), Josif Frenkel (IFUSP), Renato Higa (IFUSP), Anatoliy Shabad (LPI) e Viktor V. Dodonov (UnB)

15/12/2014, segunda-feira, Ed. Principal, Ala 2, sala 209, IFUSP, às 14h.

Wagner Wlysses Rodrigues de Araujo

“Modificação de superfícies para o uso em cultura de células”

Comissão Examinadora: Profs. Drs. Maria Cecília Barbosa da Silveira Salvadori (orientadora – IFUSP), Adriano Mesquita Alencar (IFUSP), Nemitala Added (IFUSP), Silvio Eduardo Duailibi (UNIFESP) e Vladimir Jesus Trava Airoldi (INPE)

16/12/2014, terça-feira, Ed. Principal, Ala 2, sala 209, IFUSP, às 14h.

Daniel Câmara de Souza

“Eletrodinâmica variacional e o problema eletromagnético de dois corpos”

Comissão Examinadora: Profs. Drs. Jayme Vicente de Luca Filho (orientador – UFSCar), Domingos Humberto Urbano Marchetti (IFUSP), Ricardo Luiz Viana (UFPR), Clodoaldo Grotta Ragazzo (IMEUSP) e Sávio Brochini Rodrigues (UFSCar)

18/12/2014, quinta-feira, Ed. Principal, Ala 2, sala 209, IFUSP, às 14h.

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

DISSERTAÇÕES DE MESTRADO

Thiago Marinho Del Corso

“Indicadores de alfabetização científica, argumentos e explicações - Análise de relatórios no contexto de uma sequência de ensino investigativo”

Comissão Examinadora: Profa. Dra. Silvia Luzia Frateschi Trivelato – (FE - USP), Profa. Dra. Fabiana Maris Versuti Stoque – (FFCLRP - USP), Profa. Dra. Lucia Helena Sasseron Roberto – (FE - USP), Profa. Dra. Rosana Louro Ferreira Silva – (IB - USP) e Profa. Dra. Daniela Lopes Scarpa – (IB - USP)

12/12/2014 - sexta-feira - 14h - Auditório Novo 2 - Ala Central - Ed. Principal - IFUSP

TESE DE DOUTORADO

Marta Máximo

“Memória mediada na aprendizagem de Física: problematizando a afirmação “Não me lembro de nada das aulas do ano passado!”

Comissão Examinadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Vital do Santos Abib (orientadora FE - USP), Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes (IQ - USP), Profa. Dra. Deise Miranda Vianna (IF - UFRJ), Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida (FaE-UNICAMP) e Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos (IF - USP)

11/12/2014 – quinta - feira – 14h - Auditório Novo 2 - Ala Central - Ed. Principal - IFUSP

Tathiana Popak Maria

“O Saber Ecológico em atividades de Educação Ambiental desenvolvidas num parque municipal da cidade de São Paulo”.

Comissão Examinadora: Prof. Dr. Mauricio dos Santos Matos (orientador FFCLRP - USP), Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano (IQ - USP), Profa. Dra. Fernanda da Rocha Brando Fernandez (FFCLRP - USP), Profa. Dra. Ana Maria Andrade Caldeira (UNESP) e Profa. Dra. Rosana Louro Ferreira Silva (IB - USP)

19/12/2014 - sexta-feira - 14h - Auditório Novo 2 - Ala Central - Ed. Principal - IFUSP

COMUNICADOS DA COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

MATRÍCULA NA PÓS-GRADUAÇÃO PELA INTERNET

AOS ALUNOS, ORIENTADORES E PROFESSORES DE DISCIPLINAS DE PÓS-GRADUAÇÃO

As matrículas dos alunos já inscritos nos programas de mestrado e doutorado da pós-graduação do IFUSP, referentes ao **primeiro semestre de 2015**, serão efetuadas pela Internet através do site: <http://janus.usp.br>.

Os alunos que se matricularem pela primeira vez no mestrado ou doutorado farão sua matrícula na forma tradicional, ou seja, através de formulários a serem entregues na Secretaria de Pós-Graduação, de **26 a 30/01 de 2015**. A matrícula dos alunos especiais se dará de **02 a 06 de fevereiro de 2015**.

O calendário e os procedimentos das matrículas pela Internet se dará da seguinte forma:

Janeiro/15: Consulta ao menu Disciplinas Oferecidas;

12/01/15: Alunos, orientadores e ministrantes de disciplina receberão um e-mail informativo e calendário Web do semestre.

19/01 a 01/02/15: **Pré-matrícula dos estudantes regulares. A CPG informa que não receberá matrícula fora do prazo aqui estipulado.**

02 a 08/02/15: Aval dos orientadores

09 a 15/02/15: Deferimento dos ministrantes

09/03/2015: Data início da turma da disciplina

PROCEDIMENTO BÁSICO:

Endereço Internet: <http://janus.usp.br>. Aqui deve-se entrar com código de acesso. Entrando no sistema, o menu do lado esquerdo da tela indicará os procedimentos a serem seguidos. As disciplinas oferecidas neste semestre aparecem no botão “Disciplinas Oferecidas”. Surge uma tela onde o estudante poderá verificar a relação das disciplinas dando um click no final da tela em “Comissões de Pós-Graduação”. Em seguida click na lista “Instituto de Física”. Em seguida, na tela sobre Programa e Áreas de Concentração, click somente a área 43134 – Física que aparecerá a relação das disciplinas.

MENU ESPECÍFICO:

- **“Pré-matrícula em disciplinas” (19/01 a 01/02/15)** para os alunos que cursarão disciplinas no 1º semestre de 2015.
- **“Solicitar matrícula de acompanhamento” (19/01 a 01/02/15)** para os alunos que não cursarão disciplinas no 1º semestre de 2015.
- **“Avalizar pré-matrícula em disciplinas” e “Aceitar matrícula de acompanhamento” (02 a 08/02/15)** aval dos orientadores para a matrícula de seus orientandos.
- **Deferir pré-matrícula em disciplinas (09 a 15/02/15)** deferimento feito pelos ministrantes das disciplinas para os alunos inscritos.

COMUNICADO DA ASSISTÊNCIA ACADÊMICA

Às 9h do dia 16 de dezembro, na sala 207 da Ala I, terá início o Concurso Público de Títulos e Provas para obtenção do título de Livre Docência, junto ao Departamento de Física dos Materiais e Mecânica - Edital IF-32/14, no qual está inscrito os Prof. Dr. Daniel Reinaldo Cornejo.

Seminários do Prof. Giorgio Turchetti - Universidade de Bologna

O Prof. Giorgio é um físico teórico que trabalha com o modelo de PIC para modelar a aceleração de partículas e a interação do laser com o plasma, dentro do programa europeu de aceleradores a laser.

Programação

IPEN – quarta-feira – 10 de dezembro- 16:00h

Giorgio Turchetti

Dipartimento di Fisica e Centro Galvani UNIBO, INFN Sezione di Bologna

Laser plasma acceleration for electrons and hybrid acceleration for protons

Optical acceleration of charged particles and generation of quasi coherent X ray beams has progressed enormously since the initial proposal by Tajima and Dawson [1] in their seminal paper due the CPA pulse compression technique proposed by M. Morou [2]. At present one can reach the GeV threshold for quasi mono-energetic collimated electron beams [3] with a 40 TW laser using millimetric under-critical (gas) targets and a few tens of MeV for protons [4] with a sub-PW (100-300 TW) laser using overcritical (metal or plastic) submicrometric targets. These results open the way to several applications in physics and medicine: time resolved spectroscopy, and contrast phase imaging using the Thomson X rays scattered from the head on collision of the laser split beam with the laser accelerated electrons, hadron therapy and plasma radiography with protons or ions beams. The Bologna group has developed two PIC codes AlaDyn and Jasmine [5] running on standard HPC clusters and GPU clusters in order to interpret the results of experiments performed at the Pisa ILIL (<http://ilil.ino.it/>) laboratory and Munich MAP (<http://www.munich-photonics.de/>) consortium, and to plan new ones especially the design of new targets. In collaboration with ILIL and MAP we have recently submitted the EU-Open FET proposal AOX for a fully optical X Thompson source aimed at producing quasi coherent X rays in the range 20-60 KeV for time resolved spectroscopy, X fluorescence imaging of biomolecules aggregates and phase contrast radiography. Our experience in beam dynamics and the long standing collaboration with CERN lead us to propose the feasibility study of a new project PROMETEUS for a hybrid compact accelerator (laser+transport-line+linac) aimed at reaching the threshold of interest for hadron therapy ($5 \cdot 10^6$ proton per shot at 60 MeV and 10 Hz rep. rate). The feasibility study will last two years from now and will involve UNIBO, ILIL, CERN, MAP, UNI-FRANKFURT and some industrial partners. The design study and the preliminary tests of new targets (foils with pre-plasma, nanowires, nanotubes and near critical gas jets), the design of the transport line and the new design of a high field compact linac, required for the final specifications of the project, will take the next two years and require an extended international collaboration.

[1] T. Tajima and J. M. Dawson [Laser Electron Accelerator](#) Phys. Rev. Lett. **43**, 267 (1979)

[2] D. Scrickland G. Morou [Compression of amplified chirped optical pulses](#) Optics Communications **55**, 447 (1985)

[3] W.P. Leemans et al [GeV electron beams from a centimetre-scale accelerator](#), Nature Physics **2**, 696, (2006)

[4] K. Ogura et. al. Opt. Lett. **37**, 2868 (2012).

[5] C Benedetti, A Sgattoni, G Turchetti, P Londrillo [A High-Accuracy PIC Code for the Maxwell-Vlasov Equations](#) Plasma Science, IEEE Transactions **36**, 1790 (2008)

[6] S. Sinigardi. G. Turchetti et al. [Transport and energy selection of laser generated protons for postacceleration with a compact linac](#) Phys. Rev. ST Accel. Beams **16**, 031301 (2013)

[7] CERN CAS School nov 24-28 <http://indico.cern.ch/event/285444/other-view?standard> (2014)

LNLS - terça-feira - 9 de dezembro 2014 – 16:00h

Non linear beam dynamics and normal forms

Giorgio Turchetti

Dipartimento di Fisica e Centro Galvani UNIBO, INFN Sezione di Bologna

The linear Courant-Snyder theory is the theoretical framework on which modern accelerators are based. However the presence of non-linear magnetic fields due to chromatic sextupoles, higher order multipoles or to the multipolar errors in superconducting dipoles as in LHC requires its extension to analyze the transverse particles motion and its stability. The nonlinear theory of betatron motion was first proposed by the Bologna group in a seminal paper [1] of 1988. The key issue is the introduction of the Birkhoff normal forms for symplectic polynomial maps such as the truncated one turn map. The section invariant nonlinear tune and nonlinear resonances parameters are analytically determined whereas the nonlinear optical functions are obtained by varying the section plane. Efficient algorithms are available to compute high orders even though these are limited by the asymptotic nature of the series. The remainder can be minimized leading to Nekhoroshev type exponential stability estimates [2] whereas the KAM theory insure the existence of a set of quasi-periodic orbits whose relative measure approaches 1 as the design orbit is approached. The numerical counterpart of the normal forms, applicable to tracking data, is the frequency map analysis [3] developed by Laskar in a seminal paper of 1992. Both methods were use in the design phase of LHC in order to compute the correctors of the multipolar errors, and to estimate the dynamic aperture [4,5]. At present the normal forms are applied to the adiabatic trapping into resonance islands by varying the linear tune in order to achieve a slow extraction of the beam as an alternative to the fast extraction based on the unstable order 3 resonance [6]. Another application proposed for the synchrotron light sources is to use the normal forms to correct the linear and nonlinear couplings of the horizontal and vertical planes and to the reverse the extraction process namely to use the resonance capture and the islands motion in with the linear tune order to refill the core of the beam [7].

[1] A. Bazzani, P. Mazzanti, G. Servizi, G. Turchetti [Normal forms for Hamiltonian maps and nonlinear effects in a particle accelerator](#) Il Nuovo Cimento B Series **102**, 51 (1988)

[2] A. Bazzani, S. Marmi, G. Turchetti [Nekhoroshev estimates for non resonant symplectic maps](#) Cel. M. **47**, 333 (1990)

[3] J. Laskar [Frequency analysis for multi-dimensional systems. Global dynamics and diffusion](#) J. Physica D: Nonlinear Phenomena **67**, 257-281 (1992)

[4] E. Todesco, M. Giovannozzi [Dynamic aperture estimates and phase space distortion in nonlinear betatron motion](#) Phys. Rev. **E 53**, 4067 (1996)

[5] M. Giovannozzi, W. Scandale, E. Todesco [Inverse logarithmic decay of long term dynamic aperture](#) <https://cds.cern.ch/record/328009/files/lhc-project-report-118.pdf> CERN LHC Project Report 118 (1997)

[6] Giovannozzi, D. Quatraro, G. Turchetti [Generating unstable resonances for extraction schemes based on transverse splitting](#) Phys. Rev. ST Accel. Beams **12**, 024003 (2009)

[7] S. Franchi et al. [Vertical emittance reduction and preservation in electron storage rings via resonance driving terms correction](#) Phys. Rev. ST Accel. Beams **14**, 034002 (2011)

Tempo estimado - 60 (45 +15) min

Prof. Dr. Ricardo Magnus Osório Galvão

2ª. FEIRA, 08.12.14

SEMINÁRIO DO GRUPO DE FÍSICA MOLECULAR E MODELAGEM - FGE

"Encapsulamento de Fármacos através de Simulações Computacionais"

Profa. Monica Pickholz – Faculdade de Farmácia e Bioquímica, Universidade de Buenos Aires/Argentina
Ed. Principal, Ala 1, Sala 201 (sala de seminário do FGE), IFUSP, às 11h.

3ª. FEIRA, 09.12.14

SEMINÁRIO DE ENSINO

"Debate: Propostas de Mestrado Profissional no Programa Interunidades em Ensino de Ciências"
Auditório Adma Jafet, IFUSP, às 16h

4ª. FEIRA, 10.12.14

COLÓQUIO DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA MATEMÁTICA – FMA

"Hadamard state in Schwarzschild-de Sitter spacetime"

Dr. Marcos Brum de Oliveira (UFRJ)

10 de dezembro, quarta-feira, Auditório Sul, IFUSP, às 11h

6ª. FEIRA, 12.12.14

SEMINÁRIO DO INCT/GFCx

"DLS II"

Eva Lemmi Giovanini Dialetachi

Aluna de Mestrado do Grupo de Fluidos Complexos

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