

Ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação

Luciana Barbosa de Oliveira Santos

Diretor do CBPF

Márcio Portes de Albuquerque

Responsável pelo PROVOC no CBPF

Sebastião Alves Dias

Secretária

Mônica Ramalho Silveira

Comitê de Vocação Científica do CBPF

Emil de Lima Medeiros

Marcos de Castro Carvalho

Sebastião Alves Dias

Convidados

Álvaro Luís Martins de Almeida Nogueira – CEFET/RJ

Gerson Bazo Costamilan – IME



Bem-vindos ao XXVII Seminário de Vocação Científica do CBPF!

O Seminário de Vocação Científica do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas chega à sua 27ª edição celebrando os frutos de um ano inteiro de dedicação, curiosidade e descoberta. Neste encontro, apresentamos os resultados dos projetos desenvolvidos por estudantes do Ensino Médio de escolas públicas e privadas do estado do Rio de Janeiro, orientados por pesquisadores, tecnologistas, técnicos, doutorandos, mestrandos e colaboradores desta Casa.

O Programa de Vocação Científica (PROVOC) do CBPF, com seus 28 anos de história, tem sido uma porta de entrada para o universo da pesquisa científica. Já passaram por ele cerca de 700 jovens, muitos dos quais seguiram carreira acadêmica, cursando graduação, mestrado e doutorado. Outros tomaram rumos diferentes, mas guardam com carinho as experiências vividas ao longo do ano que passaram conosco — como demonstram as inúmeras mensagens que recebemos ao longo dos anos.

Este Seminário é mais do que uma apresentação de resultados: é um momento de reflexão, partilha e celebração. É quando vemos, com alegria, o impacto que o PROVOC tem na formação de jovens mentes curiosas e comprometidas com o conhecimento.

Este evento é fruto de um trabalho coletivo, e expressamos aqui nossa profunda gratidão a todos que tornaram esta edição possível: ao Roberto Sarthour e à equipe da COEDU; ao Fabiano Oliveira e ao pessoal da Vigilância; ao João Paulo Sinnecker e a toda equipe do NCS; ao Nilton Alves e ao colaboradores do NIB; à Sônia Ferreira; à Cristiane Machado e ao grupo de trabalho da Manutenção; aos pós-graduandos que generosamente dedicaram seu tempo à orientação dos estudantes; aos pais, familiares e a todos que vieram prestigiar este momento tão especial.

Sebastião Alves Dias
Responsável pelo PROVOC-CBPF

20 de agosto - quarta		
HORÁRIO	ALUNO(A) / COLÉGIO	ORIENTADOR(A)
11:00h	ABERTURA - DIRETOR DO CBPF	
11:20h	Lucas Bessa Lisboa da Silva - Colégio Pedro II Engenho Novo	Pedro Bessa
11:45h	Lucas Jalles Barcellos - Colégio de Aplicação da UFRJ	Francisco Lustosa
12:10h	INTERVALO - ALMOÇO	
14:00h		
14:00h	Bernardo de Abreu Jurisch - Colégio de Aplicação da UERJ e Gabriel Carlos do Nascimento dos Reis - Colégio Pedro II S. Cristóvão	Sebastião A. Dias
14:25h	Anthony Mário Batista Duarte - Colégio Pedro II S. Cristóvão	Elmo Brandão
14:50h	Miguel Araújo Bastos da Silva - CEFET Maria da Graça	Edine Silva dos Santos
15:15h	Karina He Chan - Colégio Pedro II Centro	Alexandre de Souza
15:40h	Bernardo Mattos Lage - Colégio Pedro II Humaitá	Leonardo Ospedal
16:05h	Felipe Rezende Pazos - Colégio de Aplicação da UERJ	Matheus Poltronieri
16:30h	João Gabriel Lemos de Oliveira Dias - Colégio Pedro II Tijuca	Munique Araújo
16:55h	Laura de Freitas Almeida - Colégio Pedro II Niterói	Rodrigo Turcati

21 de agosto - quinta		
HORÁRIO	ALUNO(A) / COLÉGIO	ORIENTADOR(A)
10:30h	Kaylane Beatriz Almeida da Silva - Colégio Pedro II D. Caxias	Joaquim de Miranda e Laís Anjos
10:55h	Pedro Rocha da Silva - Colégio Pedro II Realengo	João Paulo de Melo
11:20h	Maria Fernanda Gonçalves Land - Colégio São Vicente de Paulo e João Vitor Assumpção Pereira - Colégio Pedro II Niterói	Bernardo Fraga
11:45h	Isabela de Souza Santos - Colégio de Aplicação da UERJ	Ulisses Ribeiro
12:10h	INTERVALO - ALMOÇO	
14:00h		
14:00h	Isabella Arêas Mello Braga - Colégio Pedro II Niterói	Mirian Reetz
14:25h	Laura Edith Licea Oliva - Colégio Pedro II Humaitá	Fernanda de L. Quintão e Suzana dos Anjos - Coord. Elena Mavropoulos
14:50h	Aline dos Santos Barreto - Colégio Pedro II Tijuca e Maria Carrara Hardman de Castro - Colégio Pedro II Humaitá	José Helayël
15:15h	Aurora Andrade Mendonça - Colégio Pedro II Humaitá e Miguel D'Oliveira Echebarrena - Colégio S. Vicente de Paulo	Vivian Andrade e Bruno Pimentel
15:40h	Nicole Li - Colégio Pedro II Engenho Novo	Lying Liu e Marcos de Castro Carvalho
16:05h	Rebeca Albuquerque de Medeiros - Colégio Pedro II S. Cristóvão	Felipe Sobrero
16:30h	Otávio Augusto V. Wanderley - Colégio São Vicente de Paulo	Tiago Dourado
16:55h	Emanuel Lourenço C. de Oliveira - Colégio Pedro II Realengo e Raquel Zendron T. dos Santos - Colégio São	Emil de Lima Medeiros
17:20h	COFFEE BREAK - REUNIÃO DA BANCA	
18:00h	DIVULGAÇÃO DOS PREMIADOS E ENCERRAMENTO	

Sumário

Aluno: Lucas Bessa Lisboa da Silva – Colégio Pedro II Engenho Novo	1
Um estudo introdutório de lentes gravitacionais	1
Aluno: Lucas Jalles Barcellos – Colégio de Aplicação da UFRJ	2
Glitches em pulsares híbridas com núcleo de energia escura (Gás Chaplygin)	2
Alunas: Bernardo de Abreu Jurisch – Colégio de Aplicação da UERJ e Gabriel Carlos do Nascimento dos Reis – Colégio Pedro II – campus São Cristóvão	3
Perplexidade em Eug Ahn Poc.....	3
Aluno: Anthony Mário Batista Duarte	4
Caracterização de Motor Aerospike: Uma abordagem experimental	4
Aluno: Miguel Araújo Bastos da Silva – CEFET Maria da Graça	5
Supercondutividade aplicada a circuitos eletrodinâmicos	5
Aluna: Karina He Chan – Colégio Pedro II Centro	6
Cinemática com programação: cálculo de trajetórias	6
Aluno: Bernardo Mattos Lage – Colégio Pedro II Humaitá	7
Transições de fases e analogias com sistemas mecânicos.....	7
Aluno: Felipe Rezende Pazos – Colégio de Aplicação da UERJ	8
Aluno: João Gabriel Lemos de Oliveira Dias – Colégio Pedro II Tijuca.....	9
Da Amazônia ao laboratório: produção de materiais vítreos a partir de	9
resíduos orgânicos de frutos da floresta amazônica	9
Aluna: Laura de Freitas Almeida – Colégio Pedro II Niterói.....	10
Estrelas de nêutrons e os efeitos de campos magnéticos intensos.....	10
Aluna: Kaylane Beatriz Almeida da Silva – Colégio Pedro II Duque de Caxias	11
Como surge o magnetismo?.....	11
Aluno: Pedro Rocha da Silva – Colégio Pedro II Realengo	12
Ondulatória, matemática e música	12
Alunos: João Vitor Pereira – Colégio Pedro II Niterói e Maria Fernanda Land – Colégio São Vicente de Paulo	13
Introdução à cosmologia e à astrofísica.....	13
Aluna: Isabela de Souza Santos – Colégio de Aplicação da UERJ.....	14
Mergulhando em um buraco negro	14
Aluna: Isabella Arêas Mello Braga – Colégio Pedro II Niterói	15
O modelo-padrão e a origem do Universo.....	15
Aluna: Laura Edith Licea Oliva – Colégio Pedro II Humaitá	16
Estudo da viabilidade celular: células tumorais e células não tumorais.....	16
Alunas: Aline dos Santos Barreto – Colégio Pedro II Tijuca e Maria Carrara Hardman de Castro – Colégio Pedro II Humaitá.....	17
A mecânica quântica, seus princípios e novas categorias de partículas na Natureza	17

Alunos: Aurora Andrade e Miguel Echebarrena	18
SpiRobs: Robôs inspirados em espirais logarítmicas.....	18
Aluna: Nicole Li – Colégio Pedro II Engenho Novo.....	19
Análise da composição cristalina do fotocatalisador Evonik P25	19
Aluna: Rebeca Albuquerque de Medeiros – Colégio Pedro II São Cristóvão.....	20
Entre força e movimento: o código escondido do Universo.....	20
Aluno: Otávio Augusto V. Wanderley – Colégio São Vicente de Paulo	21
Da interação luz-matéria à geração de energia solar	21
Alunos: Emanuel Lourenço Camelo de Oliveira – Colégio Pedro II Realengo e Raquel Zendron Torres dos Santos – Colégio São Vicente de Paulo	22
O fogo primitivo dos hominídeos na era paleolítica: um marco na evolução humana	22

Um estudo introdutório de lentes gravitacionais

O projeto abordou o estudo das lentes gravitacionais, fenômenos de grande relevância para a astrofísica. Tais objetos, caracterizados pela concentração de grandes quantidades de matéria – independentemente de sua natureza – exercem intensa influência gravitacional sobre outros corpos celestes e sobre a trajetória da luz. Em função dessa gravidade, a luz desvia de sua rota original, podendo sofrer deformações e distorções ou mesmo originar múltiplas imagens na radiação observada a partir da Terra. A análise detalhada desse fenômeno possibilita a determinação da distribuição de massa formada por matéria bariônica e matéria escura, além de viabilizar a investigação de objetos extremamente distantes, cuja luz é amplificada pela lente gravitacional.

Para o desenvolvimento do estudo, inicialmente foram examinados os fundamentos do Universo, com aprofundamento no campo da Cosmologia. Nessa etapa, foram tratados temas como métodos de medição e relatividade das distâncias, dinâmica do espaço-tempo, expansão e geometria do Universo, bem como a distribuição de sua energia. Com essa base teórica consolidada, empregaram-se conceitos como *redshift*, geometria plana e raio de Schwarzschild para a análise das equações que descrevem o ângulo de deflexão da luz e suas relações com as distâncias fonte-lente, observador-fonte, observador-lente e com o ângulo de formação das imagens.

Na etapa final, foram estudados conceitos básicos de programação na linguagem Python e suas principais funcionalidades. Com base nesses conhecimentos, as equações das lentes gravitacionais foram implementadas em código, possibilitando sua resolução automática e a consequente representação gráfica simplificada do fenômeno.

Glitches em pulsares híbridas com núcleo de energia escura (Gás Chaplygin)

O estudo teve como objetivo investigar possíveis relações entre energia escura e pulsares. Estas são estrelas de nêutrons que emitem feixes de radiação em intervalos regulares, cuja perturbação periódica pode ser explorada para a análise de fenômenos não observáveis de forma direta. Por essa característica, são amplamente utilizadas na detecção de matéria escura e de ondas gravitacionais. Considerando esse potencial, buscou-se compreender uma possível correlação entre tais objetos e a energia escura, responsável pela aceleração da expansão do Universo.

Para embasar a pesquisa, foram analisados dois artigos científicos centrais para o desenvolvimento do trabalho, um deles com participação de pesquisadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). A partir desse estudo, extraiu-se o núcleo do modelo adotado, reproduzindo-se diversos gráficos com base em suas equações de estado e equações TOV (sigla para *Tolman–Oppenheimer–Volkoff*). O modelo consistia em uma pulsar híbrida com núcleo de gás Chaplygin e crosta bariônica. O gás Chaplygin, alternativa ao modelo Λ CDM, representa simultaneamente a matéria e a energia escura, além de contribuir para a compreensão da evolução da estrutura do Universo. Com base no segundo artigo, o modelo foi combinado a novos conceitos para a obtenção dos resultados finais. Foi analisada a possível relação entre variações no núcleo de energia escura e seus efeitos sobre a chamada *frequência kepleriana* (fK), parâmetro que estabelece o limite de rotação da estrela.

Os resultados indicaram que um núcleo mais extenso de energia escura pode estar associado a valores mais elevados de fK, hipótese que pode contribuir para a explicação de eventos do tipo *glitch*.

Alunas: Bernardo de Abreu Jurisch – Colégio de Aplicação da UERJ e Gabriel Carlos do Nascimento dos Reis – Colégio Pedro II – campus São Cristóvão
Orientador: Sebastião Alves Dias (CBPF)

Perplexidade em Eug Ahn Poc

Apresentaremos uma representação teatral de uma questão fundamental da mecânica quântica, relativa à influência do observador na determinação do estado do sistema observado. Por meio de uma fábula encenada, vamos ilustrar o processo de observação e sua influência na situação final do que é observado. A peça propõe reflexões sobre como a consciência participa do processo de medida física. Ao final, estabelecemos um paralelo com experiências quânticas reais, o que reforça a estranheza de seus resultados – aspecto nem sempre ressaltado em abordagens mais técnicas da mecânica quântica.

Aluno: Anthony Mário Batista Duarte
Orientador: Elmo dos Santos Brandão Junior

Caracterização de Motor Aerospike: Uma abordagem experimental

No imaginário coletivo, uma nave espacial é frequentemente representada com o material propelente, na forma de pluma incandescente, saindo através de uma estrutura em formato de sino em sua parte anterior, sendo praticamente uma característica *sine qua non* para os foguetes.

Formatos alternativos de bocais vêm sendo estudados há décadas, destacando-se uma classe de motores equipada com defletores em formato de espigão. Pela forma como interagem com a aerodinâmica do fluxo dos gases de exaustão, esses motores são conhecidos pelo nome em inglês *Aerospike*.

O benefício-chave dessa tecnologia seria operar com alta eficiência, independentemente da pressão atmosférica – diferentemente do design tradicional, que é projetado para alcançar rendimento máximo em uma faixa específica de altitude. Seriam então essas tubeiras a melhor opção? Nesse caso, por que apenas as tubeiras tradicionais são vistas em uso comercial?

Aproveitamos essas questões como ponto de partida para testar sua manufatura, aplicar uma metodologia experimental na verificação de sua eficiência e discutir os paradigmas da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na indústria aeroespacial.

Supercondutividade aplicada a circuitos eletrodinâmicos

Com o avanço das pesquisas sobre o fenômeno da supercondutividade, torna-se natural o surgimento de questionamentos acerca de suas possíveis aplicações. Além da eficiência energética decorrente da resistividade nula e do aproveitamento de seu comportamento magnético estável em equipamentos e sistemas de transporte, a utilização de materiais em estado supercondutor na composição de circuitos elétricos viabiliza análises e investigações de grande potencial.

Partindo dessa perspectiva, direcionou-se a atenção a estudos que associassem supercondutores a componentes eletrônicos, como capacitores e indutores. Nesse contexto, destacam-se as contribuições de Brian Josephson e o desenvolvimento do dispositivo denominado junção Josephson, cuja constituição se assemelha à de um capacitor, mas com supercondutores substituindo as placas condutoras.

Com o objetivo de examinar os efeitos CC (*corrente contínua*) e CA (*corrente alternada*) previstos por Josephson – caracterizados, respectivamente, pela presença de tensão constante e de corrente alternada – realizaram-se, em linguagem Python, simulações de circuitos elétricos contendo a junção Josephson associada a resistores e capacitores, dispostos em série ou em paralelo, para posterior comparação com resultados descritos na literatura.

Os estudos evidenciaram que a aplicação da supercondutividade em componentes eletrodinâmicos – exemplificada pela junção Josephson – oferece uma ampla gama de funcionalidades, destacando-se, entre elas, a capacidade de converter tensão em frequência, o que abre caminho para aplicações inovadoras e de alto desempenho.

Cinemática com programação: cálculo de trajetórias

Neste trabalho, explorou-se a cinemática de objetos e suas trajetórias por meio da linguagem de programação Python na interface Jupyter Notebook. Inicialmente, foram desenvolvidos códigos para o estudo do Movimento Uniforme (M.U.) e do Movimento Uniformemente Variado (M.U.V.), que incluíram cálculos e gráficos de posição, velocidade e aceleração em função do tempo.

Em seguida, para abordar trajetórias mais complexas, nas quais a aceleração não é necessariamente constante, implementou-se um método de discretização que aproxima a aceleração variável por meio de uma sequência de intervalos com aceleração constante, permitindo representar o movimento como uma sucessão de trechos de M.U.V. Essa abordagem possibilitou gerar gráficos de aceleração, velocidade e posição aproximadas em cada instante de tempo, bem como da trajetória do objeto. O trabalho resultou em uma ferramenta computacional interativa e didática para a análise e a visualização de movimentos complexos no contexto da mecânica clássica.

Transições de fases e analogias com sistemas mecânicos

Nessa contribuição, procuramos apresentar uma introdução da teoria de Landau para as transições de fases e estabelecer paralelos com sistemas mecânicos. Primeiramente, abordamos conceitos básicos de termodinâmica, com a identificação de algumas variáveis responsáveis pelas transições de fases clássicas (alterações na pressão, temperatura e volume), bem como a definição das energias de Helmholtz e Gibbs e os cálculos de grandezas físicas como entropia, magnetização, calor específico, entre outros. Em seguida, compreendemos as classificações das transições de fases de primeira e segunda ordem por meio da análise das descontinuidades das derivadas das energias com relação às variáveis termodinâmicas. Também introduzimos os conceitos de parâmetro de ordem e ponto crítico, cuja importância se evidencia na descrição das transições de fases. Para o caso de transições de fase de segunda ordem (ou contínuas), vimos aplicações das leis de potência, expoentes críticos e as inequações de Rushbrooke e Griffiths. Por último, efetuamos aplicações em dois sistemas mecânicos.

Aluno: Felipe Rezende Pazos – Colégio de Aplicação da UERJ

Orientador: Matheus Poltronieri

Simulação de órbitas planetárias via equações de movimento

O objetivo desse trabalho é simular as órbitas planetárias do sistema solar resolvendo equações de movimento com um computador. Para realizarmos esse objetivo, foi utilizado o sistema massa-mola como uma motivação para a resolução de equações de movimento com o computador e codificar essas equações com as informações dos planetas na linguagem de programação Python, executando os programas no ambiente virtual do Google Colab. A constante da mola será utilizada como a atuação da gravidade do sol em relação aos planetas que irá ajustar a velocidade inicial dos planetas para manter a órbita circular em um plano cartesiano. E para executar os cálculos, foi necessário aprender a codificar em Python com o capítulo 2 do livro *Computational Physics*, escrito por Mark Newman.

Aluno: João Gabriel Lemos de Oliveira Dias – Colégio Pedro II Tijuca
Orientadora: Munique Eva P. de A. Monteiro de Barros
Coorientadora: Fernanda Costa de Medeiros

Da Amazônia ao laboratório: produção de materiais vítreos a partir de
resíduos orgânicos de frutos da floresta amazônica

O vidro é um material não cristalino que apresenta uma temperatura de transição vítrea. É amplamente versátil, com aplicações que vão desde as mais usuais — como em embalagens, janelas e telas de smartphones — até as mais complexas, como os biovidros e a imobilização de resíduos radioativos. Essa variedade de usos está diretamente relacionada às múltiplas composições possíveis. Tão essencial para a sociedade, que 2022 foi declarado pela Organização das Nações Unidas (ONU) o Ano Internacional do Vidro. Devido à sua capacidade de influenciar, transformar e impactar a comunidade na qual está inserido, estudiosos acreditam que estamos vivendo a Era do Vidro.

Neste trabalho, foram produzidos vidros a partir de biomassa residual — especificamente cascas e caroços de frutos brasileiros — com o objetivo de explorar uma nova vertente e aproveitar um resíduo descartado em larga escala, mas com potencial de valor agregado.

Foram sintetizados vidros a partir de casca de andiroba, casca de cumaru e caroço de açaí. Em seguida, sua morfologia foi analisada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), enquanto a composição química elementar foi determinada por Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS) e Espectroscopia de Fotoelétrons excitados por Raios-X (XPS). A natureza não cristalina do material foi confirmada por Difração de Raios-X (DRX).

Portanto, a partir do entendimento das técnicas utilizadas e da análise dos resultados obtidos, foi possível confirmar que os resíduos orgânicos foram reaproveitados e transformados em vidros. Pesquisas futuras poderão aprofundar o conhecimento sobre o material, mas este trabalho já representa um avanço relevante na produção de materiais sustentáveis.

Aluna: Laura de Freitas Almeida – Colégio Pedro II Niterói

Orientador: Rodrigo Turcati

Estrelas de nêutrons e os efeitos de campos magnéticos intensos

Estrelas de nêutrons, formadas após a morte de estrelas na sequência principal, despertam grande interesse no meio acadêmico. Por isso, diversas teorias buscam descrever esses objetos astrofísicos, visando compreender sua estrutura e comportamento.

Este projeto – continuação de nosso trabalho anterior sobre evolução estelar – investiga a relação entre massa, pressão e raio de uma estrela de nêutrons, considerando um gás de nêutrons livres. Para isso, utilizamos equações de estado aplicadas às equações de equilíbrio hidrostático de objetos compactos e desenvolvemos, no LibreOffice Calc, um código computacional que permite analisar a dinâmica dessas estrelas de forma acessível a estudantes do Ensino Médio. Além disso, descrevemos os efeitos de diferentes campos magnéticos intensos e como esses campos alteram a estrutura desses objetos densos.

Como surge o magnetismo?

Nosso projeto tem como tema central o estudo da origem do magnetismo em materiais físicos. Para isso, analisou-se o Modelo de Ising, um modelo matemático simples que descreve como os spins – dipolos magnéticos intrínsecos, ou “pequenos ímãs” presentes nas partículas – interagem entre si nesses materiais, sendo amplamente empregado para investigar transições de fase magnética.

Foram desenvolvidos códigos computacionais que implementam o Algoritmo de Metrópolis, o que permitiu determinar o estado de equilíbrio do sistema para uma temperatura específica e calcular propriedades relevantes, como magnetização e energia. A mesma implementação foi empregada para gerar imagens e gráficos dessas propriedades, o que facilitou a compreensão visual das simulações. Essas representações são essenciais para identificar a transição de fase magnética, momento em que o material passa de um estado normal (paramagnético) para um estado magnetizado (ferromagnético) ou vice-versa.

Como resultado, obteve-se um modelo computacional capaz de descrever o comportamento de materiais magnéticos desde a fase “desordenada” (sem magnetização, spins desalinhados) até a fase “ordenada” (magnetização estabelecida, spins alinhados), que considerou diferentes parâmetros físicos. Essa abordagem possibilitou compreender de forma mais clara e prática como esses materiais se comportam ao longo de suas transformações.

Ondulatória, matemática e música

Fenômenos que provocam perturbações em um meio e transportam energia ao longo do espaço e do tempo são conhecidos, formalmente, como ondas. Elas apresentam propriedades fundamentais — como refração, difração, ressonância e interferência — que se manifestam em diversos contextos da natureza: no movimento das ondas do mar, na propagação do som, nos tremores sísmicos, na luz que enxergamos e até mesmo em certos comportamentos das partículas que constituem os átomos.

Num primeiro momento, o estudo das ondas — denominado **ondulatória** na física — é dividido em duas categorias principais:

- i. *Ondas eletromagnéticas*, capazes de se propagar tanto em meios materiais quanto no vácuo, como a luz visível, ondas de rádio, micro-ondas, radiação ultravioleta e raios gama;
- ii. *Ondas mecânicas*, que exigem um meio material para se propagar, como, por exemplo, as vibrações das cordas de um instrumento musical.

A modelagem matemática das ondas harmônicas pode ser realizada com o auxílio de conceitos básicos de trigonometria, funções e álgebra linear. A partir dos parâmetros fundamentais do movimento ondulatório — frequência, comprimento de onda e amplitude — é possível construir uma formulação que descreve a evolução da onda no espaço e no tempo. Essa abordagem é ilustrada por meio de uma demonstração musical, que evidencia o movimento harmônico das cordas de um violão em conformidade com a descrição matemática desenvolvida.

Alunos: João Vitor Pereira – Colégio Pedro II Niterói e Maria Fernanda Land – Colégio São Vicente de Paulo
Orientador: Bernardo Fraga

Introdução à cosmologia e à astrofísica

Durante a iniciação científica júnior, iniciamos uma jornada de exploração pelos mistérios do cosmos, investigando como medir distâncias no universo e compreender suas estruturas. Entre cálculos e observações, exploramos desde a paralaxe – chave para desvendar as distâncias de corpos celestes próximos – até a magnitude absoluta, capaz de revelar o alcance de estrelas e galáxias distantes. Derivamos as fórmulas da cosmologia newtoniana, desvendando como este modelo descreve as propriedades do universo.

No horizonte, vislumbramos novos desafios: aprofundar as técnicas de medição para calcular a constante de Hubble com base em supernovas e ondas gravitacionais, abrindo caminho para novas percepções sobre a expansão cósmica. Além disso, iniciaremos incursões na cosmologia relativística e no estudo da tensão de Hubble – passos firmes em direção a um entendimento cada vez mais preciso e fascinante do lugar que ocupamos no imenso tecido do espaço-tempo.

Mergulhando em um buraco negro

Suponha uma tripulação cuja missão seja estudar o que acontece dentro de um buraco negro. Para isso, um astronauta muito curioso se voluntariou a mergulhar em direção ao seu centro e, junto à sua equipe, investigar ao máximo o experimento. Este trabalho tem como objetivo explorar os fenômenos que ocorrem com o mergulhador, tanto sob a perspectiva dele quanto da tripulação. Perguntas como “Como ele se sente?”, “A que tipos de força é submetido?”, “O que consegue enxergar?” e “Como a tripulação observa o mergulho?” são respondidas de forma conceitual, com base na relatividade de Einstein. Por fim, aplicamos esses conceitos para investigar se o processo de mergulho no buraco negro seria doloroso para o astronauta.

O modelo-padrão e a origem do Universo

Steven Weinberg, em seu livro *Os três primeiros minutos*, aborda a origem do Universo e o papel da física de partículas nesse período inicial. A partir dessa leitura, discutimos a expansão do Universo, a lei de Hubble, o conceito de desvio para o vermelho, bem como a origem da radiação cósmica de fundo e suas implicações. Com base nessas ideias, Weinberg nos convida a retroceder no tempo para compreender os processos que ocorreram no Universo primordial e que resultaram nas características observadas atualmente. Nessa trajetória, para entender a constituição desse Universo inicial, estudamos os conceitos fundamentais que estruturam o modelo-padrão da física de partículas, como as simetrias e suas quantidades conservadas, formuladas pelo teorema de Noether, além da organização das partículas elementares, divididas entre partículas de matéria (férmions) e partículas mediadoras das interações fundamentais (bósons).

Aluna: Laura Edith Licea Oliva – Colégio Pedro II Humaitá

Orientadoras: Fernanda de Lima Quintão e Suzana dos Anjos Mota Pimenta

Coordenadora: Elena Mavropoulos Oliveira Tude

Estudo da viabilidade celular: células tumorais e células não tumorais

Biomateriais – naturais ou sintetizados em laboratório – podem ser utilizados para substituir ou reparar tecidos no organismo humano, estabelecem contato direto com o corpo após sua implantação. Entre os exemplos mais comuns está a hidroxiapatita (HA), amplamente empregada como substituto ósseo. Para garantir aplicações seguras, é fundamental que esses materiais apresentem biocompatibilidade, ou seja, não desencadeiem reações inflamatórias. Com esse objetivo, o laboratório de cultivo celular do CBPF foi criado para avaliar a citotoxicidade e a interação celular de biomateriais produzidos, e examina seu comportamento frente a células tumorais e não tumorais.

A rotina do laboratório de cultura de células inclui o monitoramento das garrafas de células por meio da técnica de contraste de fase em microscópio invertido (Olympus CKX41). Células confluentes passam por tripsinização — método enzimático que destaca as células do substrato — para utilização em experimentos de rotina, enquanto linhagens sem previsão de uso são congeladas em nitrogênio líquido. Cada tipo celular apresenta particularidades: é cultivado em meio específico, possui tempo de crescimento próprio e morfologia distinta.

Além de acompanhar essa rotina, o projeto teve como objetivo estudar a viabilidade celular de duas linhagens: a primária CDD 1072SK e a tumoral MG63. Ambas foram cultivadas *in vitro* e, por meio de microscopia de fluorescência, observaram-se estruturas como núcleo, citoplasma e pontos de contato focal. Foram registradas variações morfológicas entre as linhagens, características essenciais para a escolha adequada do modelo celular em estudos experimentais.

Alunas: Aline dos Santos Barreto – Colégio Pedro II Tijuca e Maria Carrara Hardman de Castro – Colégio Pedro II Humaitá
Orientador: José Abdalla Helayël-Neto

A mecânica quântica, seus princípios e novas categorias de partículas na Natureza

Em 1924, Louis de Broglie defende a sua tese de doutorado onde apresenta e discute o seu consequente princípio da dualidade onda-partícula. Em seguida, em 1925, Werner Heisenberg e Paul Dirac, independentemente, publicam os trabalhos que marcam a fundação da mecânica quântica. Na celebração deste auspicioso centenário, o PROVOC fundamentou-se em dois marcos: (i) discutir as bases epistemológicas e filosóficas da revolução quântica; (ii) averiguar as categorias de partículas – algumas delas bizarras – que emergem na descrição da Natureza pela mecânica quântica.

Partículas e antipartículas reais e virtuais, partículas taquiônicas, partículas-fantasmas, fótons escuros e partículas mutantes desafiam nossa visão clássica do que é a matéria do Universo, remetendo-nos a Anaximandro de Mileto, que, no século VI a.C., já afirmava que a Natureza é muito diferente de quanto se apresenta a nós.

Na parte inicial do programa, foram trabalhados textos de Thomas Kuhn, Henri Poincaré e Karl Popper para se compreender a estrutura das teorias científicas, em especial a mecânica quântica. Com esta parte cumprida, passou-se ao estudo da dualidade, da incerteza e, finalmente, de como esses aspectos naturalmente conduzem às novas categorias de partículas mencionadas anteriormente.

Alunos: Aurora Andrade e Miguel Echebarrena
Orientadores: Bruno Pimentel e Vivian M. Andrade
Coordenador: Flávio Garcia

SpiRobs: Robôs inspirados em espirais logarítmicas

Em 2025, foi publicado na *Cell Press – Device* um estudo sobre um robô inspirado em padrões logarítmicos encontrados na natureza, com o objetivo de desenvolver dispositivos eficientes para alcançar e segurar objetos de forma simples e eficaz. Inspirados no formato dos tentáculos de polvos, os autores desenvolveram o design desses sistemas e os disponibilizaram para impressão 3D. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi reproduzir o dispositivo a fim de compreender os processos de automatização do sistema. Assim, integrando diferentes áreas de pesquisa – como Arduino, impressão 3D, matemática e biologia – este estudo propõe uma abordagem interdisciplinar voltada à compreensão e à replicação de sistemas bioinspirados, evidenciando o potencial da tecnologia aliada aos princípios naturais para soluções inovadoras em robótica.

Para isso, utilizamos impressão 3D com filamento flexível (TPU) para produzir a estrutura espiral do robô. O controle de movimento foi implementado com Arduino e motores servo, acionados por cabos que percorrem o interior da espiral. Diante da necessidade de adaptar os motores ao sistema, modelamos e imprimimos peças auxiliares usando o Tinkercad, o que permitiu a fixação dos cabos e a conversão do movimento rotacional em tração linear.

Os testes demonstraram uma movimentação semelhante à proposta original, embora com limitações na precisão e na força de preensão. O sistema de controle ainda requer ajustes para aprimorar a estabilidade e a resposta dos braços, especialmente em movimentos mais complexos ou contínuos.

Referência:

1. **WANG, Z.; FRERIS, N. M.; WEI, X.** SpiRobs: logarithmic spiral-shaped robots for versatile grasping across scales. *Device*, v. 3, n. 4, 2025. DOI: 10.1016/j.device.2024.100646.

Análise da composição cristalina do fotocatalisador Evonik P25

Neste trabalho, foi realizado um estudo da microestrutura do dióxido de titânio (TiO_2) P25, conhecido por sua alta atividade fotocatalítica. Este material é utilizado na degradação de poluentes, sendo sua superfície ativada pela luz para gerar espécies reativas. O P25 apresenta uma mistura de fases cristalinas – anatase (80%) e rutilo (20%) – produzidas por *spray* pirólise, técnica que consiste em pulverizar uma solução precursora em pequenas gotículas atomizadas. Ao entrarem em contato com um substrato aquecido, essas gotículas evaporam o solvente, precipitando o TiO_2 .

A fase anatase, ao encontrar o substrato aquecido (600-800 °C), pode sofrer transformação para rutilo, formando partículas mistas com coexistência das duas fases ou, dependendo do tamanho, transformando-se completamente em rutilo. As fases também podem se fragmentar, originando particulados isolados.

O objetivo deste estudo é determinar o diâmetro das partículas e caracterizar a distribuição das fases anatase e rutilo, visando compreender os mecanismos de formação de espécies químicas com potencial oxidante, em especial os radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), que contribuem para a elevada eficiência fotocatalítica do P25 em comparação aos demais fotocatalisadores à base de TiO_2 .

Palavras-chave: TiO_2 P25, fotocatalise, fotodegradação.

Entre força e movimento: o código escondido do Universo

A célebre frase de Neil Armstrong – “um pequeno passo para um homem, um grande salto para a humanidade” – simboliza avanços científicos que transformaram a compreensão da realidade física. Esses progressos não se limitam à exploração espacial: contribuições fundamentais, como as de Isaac Newton, estabeleceram os princípios que tornaram possíveis tais conquistas. As leis que relacionam força e aceleração, formuladas por Newton, constituem a base para a construção de modelos matemáticos capazes de descrever e prever o comportamento dos corpos em movimento. Este projeto aplica essas leis, em conjunto com técnicas de cálculo diferencial e integral, para deduzir as equações que regem o movimento.

Um dos exemplos centrais deste projeto é o oscilador harmônico simples. Trata-se de um sistema físico em que uma força restauradora, proporcional à posição, atua continuamente para conduzir o corpo de volta ao ponto de equilíbrio. Ao aplicar a Segunda Lei de Newton, essa força é expressa por uma equação diferencial cuja solução revela um movimento periódico. Mais do que um simples exemplo, esse caso evidencia como estruturas matemáticas aparentemente simples podem ressoar em diversas áreas do conhecimento, despertando a curiosidade para revelar padrões recorrentes que se repetem em todo o Universo. Por trás dessas oscilações, esconde-se uma das chaves mais poderosas e fundamentais para decifrar a linguagem da ciência.

O mesmo raciocínio que descreve a vibração de uma mola também explica o balanço de um pêndulo, as oscilações dos átomos em um cristal, a propagação das ondas sonoras e até o funcionamento de circuitos elétricos. O oscilador harmônico parece ser um idioma secreto da natureza — uma estrutura recorrente, ecoando em diferentes escalas e contextos. Em cada oscilação, revela-se uma chave sutil e poderosa para decifrar os padrões que regem o mundo físico.

Da interação luz-matéria à geração de energia solar

O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 por Alexandre Edmond Becquerel e aplicado de forma prática, pela primeira vez, em 1883, por Charles Fritts, com uma célula de selênio revestida de ouro cuja eficiência energética era de aproximadamente 0,5%. Em 1905, Albert Einstein elucidou o efeito fotoelétrico — base conceitual da conversão fotovoltaica — demonstrando que fótons com energia suficiente podem liberar elétrons de um material.

A partir da década de 1950, surgiram as primeiras células solares de silício, que atualmente alcançam até 25% de eficiência. Seu funcionamento baseia-se nas propriedades dos semicondutores – materiais com *gap* de energia intermediário que permitem controlar a condução elétrica por meio de dopagem e da formação de junções PN. Essa estrutura, composta por regiões do tipo P e do tipo N, estabelece na interface uma região de depleção dotada de campo elétrico interno, responsável por separar as cargas fotogeradas quando a luz solar incide sobre o dispositivo, gerando, assim, uma corrente elétrica contínua. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar os princípios fundamentais da física que sustentam a geração de energia solar.

Alunos: Emanuel Lourenço Camelo de Oliveira – Colégio Pedro II Realengo e Raquel Zendron Torres dos Santos – Colégio São Vicente de Paulo
Orientador: Emil de Lima Medeiros

O fogo primitivo dos hominídeos na era paleolítica: um marco na evolução humana

Os primeiros indícios de uso controlado do fogo natural por humanos datam de aproximadamente 1,5 milhão de anos atrás, embora não haja consenso sobre tais registros. No entanto, a produção intencional de fogo por *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens* teria ocorrido bem mais tarde, por volta de 750 mil anos atrás. Chamamos de fogo primitivo aquele produzido exclusivamente com materiais disponíveis no período paleolítico, como paus, pedras, cipós, cascas de árvore, folhas e gramas secas. Também é possível o uso de ferramentas – como machadinhas, facas, arco e flecha – desde que confeccionadas apenas com esses materiais.

Neste trabalho, buscamos produzir fogo de forma primitiva utilizando alguns dos métodos descritos na literatura: broca manual (*hand drill*), broca com arco (*bow drill*), acendedor a quatro mãos (*two-person bow drill*) e rolo de algodão com cinzas (*cotton fire roll*).

Apesar das inúmeras tentativas sem êxito – frustrantes e significativamente mais frequentes que os casos bem-sucedidos – a experiência nos conduziu a estudos minuciosos sobre aspectos físicos, químicos e interdisciplinares envolvidos nessa atividade. Os resultados obtidos apontam caminhos promissores para o aprimoramento da eficiência dos métodos utilizados.

Referências:

- 1) GOWLETT, J. A. J. The discovery of fire by humans: a long and convoluted process. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1696. DOI: [10.1098/rstb.2015.0164](https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0164).
- 2) CONTROLE do fogo pelos primeiros humanos. Wikipedia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Controle_do_fogo_pelos_primeiros_humanos. Acesso em: 5 ago. 2025.
- 3) MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física, v. 1. São Paulo: Ed. Scipione, 2006.
- 4) HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentals of Physics. 7. ed. Hoboken: John Wiley Inc., 2005