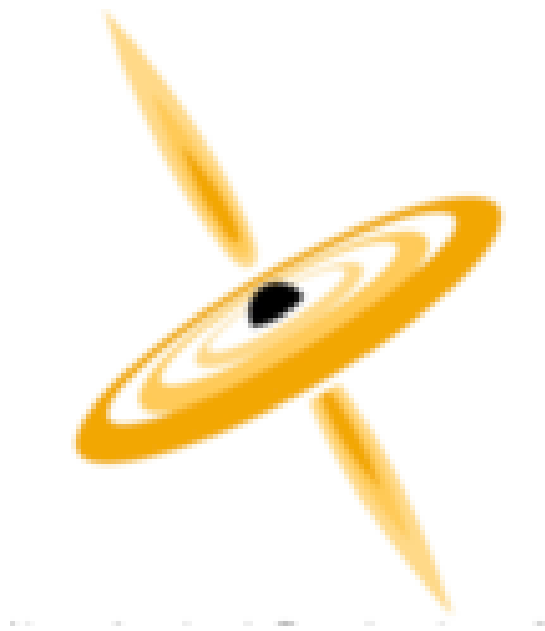


I Workshop de Astronomia e Astrofísica do Paraná - 2022

segunda-feira, 15 de agosto de 2022 - sexta-feira, 26 de agosto de 2022



Livro de Resumos

Contents

Matéria superdensa no Universo: um zoológico de pulsares	1
Exoplanetas e a descoberta do CoRoT-32b	1
Minicurso: Python para Astronomia	1
Educação em Astronomia: uma área em construção	2
Raios cósmicos de ultra-altas energias a partir de AGNs?	2
CTA and SWGO: the future in gamma-ray searches looking for dark matter particles	2
Minicurso: Astronomia multimessageira - O que os raios gama nos falam sobre os cosmos?	3
Minicurso: Python para Astronomia	3
Inflação Cósmica	3
Colisões entre aglomerados de galáxias	3
Minicurso: Astronomia multimessageira - O que os raios gama nos falam sobre os cosmos?	4
Minicurso: O pacote python SORA para análise de ocultações estelares	4
Simulações de gelos astrofísicos sob efeito de um campo de radiação ionizante com o código PROCODA	4
No princípio era o Caos: Universos de Bianchi e suas aplicações	5
Minicurso: O pacote python SORA para análise de ocultações estelares	5
Minicurso: Cosmologia numérica e observacional usando a biblioteca NumCosmo	6
Minicurso: Cosmologia numérica e observacional usando a biblioteca NumCosmo	6
Astronomia Solar	7
Astrofísica dos raios cósmicos ultra-energéticos	7
Minicurso: Propagação de raios cósmicos de alta energia com CRPropa3	7
Minicurso: Simulações gravitacionais de N-corpos	8

Minicurso: OOMAO - Simulador de Óptica Adaptativa para Matlab	8
Minicurso: Simulações gravitacionais de N-corpos	8
Minicurso: Propagação de raios cósmicos de alta energia com CRPropa3	8
Inteligência Artificial na Astronomia: minha experiência com o S-PLUS	9
Minicurso: OOMAO - Simulador de Óptica Adaptativa para Matlab	9
Paradigmas, anomalias e as novas estruturas na astronomia/cosmologia ao longo da história	9
Galaxy Dynamics and Modified Gravity from Velocity Dispersion in Einstein Rings Systems	10
RELATO DE EXPERIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO SOBRE O SATELITE SUTNIK.	10
THE USE OF ASTEROIDS IN CARGO TRANSPORT FROM EARTH TO MARS USING THE COMET HITCHHIKER CONCEPT	11
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE JATOS RELATIVÍSTICOS	11
APPLYING THE CYCLOID IN THE OBLIQUE LAUNCH: Another way to demonstrate the escape velocity of planets and the orbital speed of satellites.	12
Cosmological simulations to investigate the concentration of halos in universes with and without baryons	12
Anisotropia de raios cósmicos de altíssimas energias	13
Estrelas Be em Sistemas Binários	13
Composição de raios cósmicos de altas energias e a distribuição em suas direções de chegada	14
Chuveiros de Pártons em Raios Cósmicos	14
Emissão de raios cósmicos de altas energias pela SGR J1935+2154 e sua hospedeira SNR G57.2+0.8	17
Dinâmica de partículas próximas a buracos negros.	18
Buraco Negro de Schwarzschild na Formulação de Kerr-Schild	18
ESTUDO DE DEFLEXÕES DE UHECRs NA PRESENÇA DE GMF-JF2012	19
Reprodução e Análise de Curvas de Luz de Binárias Eclipsantes Utilizando Software PHOEBE	20
Many fields quantization formalism	20
Caracterização de Sistemas Binários Eclipsantes	20
Cosmologia Newtoniana	21
Sloshing spirals crossed by galaxies under ram pressure stripping	21

Studying the red fraction on LSST DESC DC2 and DP0 with the Wavelet Z-Photometric Cluster Finder	22
Abordagens modernas da educação astronômica fora da escola	22
PeVatrons na Via Láctea: Identificação e mecanismos de aceleração de raios cósmicos galácticos.	23
Modelo de unificação do setor escuro a partir do gás de Chaplygin	23
Efeito da radiação cósmica de fundo na propagação e composição (X_{\max}) de raios cósmicos ultra-energéticos	23
Sombras de Buracos Negros	24
ACOPLAMENTO ENTRE ONDAS GRAVITACIONAIS E PLASMAS FORTEMENTE MAGNETIZADOS EM BINÁRIAS DE ESTRELAS DE NÊUTRONS	24
Effects of ram pressure stripping on jellyfish galaxies	25
Extragalactic Magnetic Fields and the Arrival Direction of Ultra-high-energy Cosmic Rays	26
Análise observacional e experimental de espectros na região do infravermelho: detecção dos precursores químicos das bases nitrogenadas em protoestrelas Classe 0	26
Testing the symmetries of the universe at sub-angular scales	27
The origin of the H α stellar stream: exploring possibilities via N-body simulations.	27
Rádio-galáxias como possíveis fontes de raios cósmicos ultra-energéticos	28
Geometria Simplética e o Problema do Tempo	28
Curvas de luz de estrelas B/Be com telescópios Kepler e TESS	29

1

Matéria superdensa no Universo: um zoológico de pulsares

Recentemente, inauguramos a era da astronomia multimessageira com grandes experimentos, interpretações teóricas e modelos. Avançamos em muitas questões sobre ondas gravitacionais, objetos compactos e física de altas energias, por exemplo. Há razões para acreditar que o século 21 será o melhor de todos os tempos para a astrofísica. Emolduradas por este fundo, as estrelas compactas representam laboratórios astrofísicos únicos para a compreensão teórica da microfísica (equação de estado, composição, etc.) e da estrutura macrofísica da matéria superdensa em objetos compactos. Nos últimos anos, observações de multimessageiros dessas fontes compactas em binárias, bem como isoladas, com emissão em raios-X (e.g. NICER, XMM-Newton, Chandra, Swift), raios gama (HESS, Fermi, e outros) e rádio (e.g. LOFAR, FAST, CHIME, etc.), juntamente com análises de ondas gravitacionais e neutrinos deram origem a novas janelas de observação e restrições na estrutura de estrelas compactas. Em 2022, celebramos 55 anos desde a descoberta dos pulsares. Nesse tempo, encontramos mais de 2.600 pulsares e os usamos para testar a teoria da relatividade geral e buscar ondas gravitacionais. Na verdade, os pulsares mudaram nossa compreensão do universo, e sua verdadeira importância ainda está se revelando. Cinquenta e cinco anos depois, temos uma compreensão muito melhor (mas ainda incompleta) desses objetos extremos. Os pulsares são uma população de estrelas muito diversificada, tanto em suas propriedades físicas quanto observacionais. Do ponto de vista da física fundamental, eles são muito importantes, por possuírem forte gravidade, altos campos magnéticos e enormes densidades, são talvez os melhores laboratórios para se estudar física sob condições tão extremas. Os pulsares preferem irradiar a maior parte de sua energia em comprimentos de onda de rádio, raios X e gama. No entanto, sua emissão pode ser alimentada pela rotação, ou acreção, calor, e campos magnéticos intensos. Portanto, diferentes espécies do mesmo “reino animal”, cujo diversos fenômenos permanecem um mistério, incluindo sua composição interna e a natureza de campos magnéticos extremos. Este seminário irá revisar brevemente as propriedades dos habitantes deste zoológico de estrelas na era da astrofísica multimessageira, com ênfase em suas propriedades fundamentais e nas grandes questões ainda em aberto. Nas próximas décadas, esperamos aprofundar nossa compreensão da natureza dessas fontes. Além disso, comentarei sobre o futuro da astrofísica com o Cherenkov Telescope Array (CTA) e nossas contribuições recentes, que ampliarão as descobertas e compreensão do Universo em altíssimas energias.

2

Exoplanetas e a descoberta do CoRoT-32b

Até a década de 90 os únicos planetas conhecidos eram os do nosso sistema solar. Um grande número de descobertas se seguiu desde então graças a persistência de astrônomos e da evolução tecnológica de instrumentos e detectores. Até a presente data foram confirmados mais de 5.000 planetas extrasolares também denominados exoplanetas. Nesta palestra abordaremos os aspectos históricos da descoberta de exoplanetas, os métodos de descobertas utilizados e o que sabemos desses exoplanetas. Falaremos também da descoberta do planeta 32b, o primeiro exoplaneta descoberto por uma equipe formada apenas por brasileiros.

3

Minicurso: Python para Astronomia

Introdução à biblioteca Astropy para python, com conceitos básicos de calibração de imagens astronômicas e fotometria.

4

Educação em Astronomia: uma área em construção

Nesta palestra, abordarei um pouco da história da área de educação em astronomia como um braço da parte de divulgação dos físicos, astrônomos e professores/pedagogos nas escolas. Também discutirei tópicos de pesquisa atuais da área, focando nas concepções alternativas e estudos que demonstram como as crianças aprendem conceitos que envolvem as compreensões de astronomia.

5

Raios cósmicos de ultra-altas energias a partir de AGNs?

A fonte, origem e mecanismos de aceleração de raios cósmicos de energia ultra-alta (além do limite GZK) permanecem incertos e obscuros. As principais explicações estão associadas a mecanismos particulares, como o mecanismo de Fermi, no qual partículas carregadas podem ser aceleradas por nuvens de gás magnetizado movendo-se dentro de nossa galáxia. No entanto, a recente observação de neutrinos extragalácticos pode sugerir que a fonte de UHECRs seja provavelmente AGNs. Na presente palestra apresentaremos a possibilidade de que partículas carregadas podem ser aceleradas a ultra-altas energias em órbitas marginais ao redor do horizonte de buracos negros de rotação quase extrema. Essa aceleração pode ser desencadeada por diversos mecanismos e discutiremos em particular a possibilidade de colisões a partir de ventos magnetocentrífugos. O disco de acreção ao redor do buraco negro forneceria esses ventos. Quando o raio interno do disco de acreção coincide com as órbitas circulares estáveis ao redor do buraco negro, uma série de partículas do vento magnetocentrífugo pode desencadear um processo de aceleração até ultra-altas energias.

6

CTA and SWGO: the future in gamma-ray searches looking for dark matter particles

The search for dark matter particles remains one of the most intriguing aims of several experiments nowadays. In this talk, we will make a brief review of the dark matter problem, which leads to the main dark matter particle candidates, the weakly interacting massive particles, or simply WIMPs, then we will review the main ways to look for these particles. In the following, we will focus on indirect dark matter particle searches and explore the future gamma-ray observatories, the Cherenkov Telescope Array (CTA), and the Southern Wide-field Gamma-ray Observatory (SWGO). In order to see the impact of these future experiments, we will address the so-called secluded models, which are

alternative scenarios to the standard WIMPs, exploring two distinct targets, the galactic center, and the Sun.

7

Minicurso: Astronomia multimensageira - O que os raios gama nos falam sobre os cosmos?

Raios gama são a forma mais energética de radiação eletromagnética, com mais de 10.000 vezes mais energia do que os fótons de luz visível. Se você pudesse ver raios gama, o céu noturno pareceria estranho e desconhecido. As visões familiares de estrelas e galáxias constantemente brilhantes seriam substituídas por algo em constante mudança. Sua visão de raios gama perscrutaria os corações de explosões solares, supernovas, estrelas de nêutrons, buracos negros e galáxias ativas. A astronomia de raios gama apresenta oportunidades únicas para explorar esses objetos exóticos. Venha comigo compreender o que os raios gama dizem sobre os cosmos.

9

Minicurso: Python para Astronomia

Introdução à biblioteca Astropy para python, com conceitos básicos de calibração de imagens astronômicas e fotometria.

10

Inflação Cósmica

A expressão “Não existe almoço grátis” se popularizou por sintetizar um fato constante nas nossas vidas: não há ganho sem esforço. No contexto da física clássica (i.e., a física anterior ao século XX) essa expressão pode ser entendida como um resumo da lei de conservação de energia. Porém, a teoria da relatividade geral de Einstein nos ensina que, em escalas cosmológicas, a energia não se conserva. Longe de ser um problema, esse fato abre a possibilidade de que todo o universo observável possa ter surgido do nada (ou de muito pouco). Essa ideia é conhecida como “Inflação Cósmica”, e afirma que toda massa e energia que atualmente observamos pode ter surgido de um período de expansão exponencial do nosso universo nos seus primeiros instantes de vida. Nesta palestra, pretendo fazer um apanhado das principais motivações e consequências observacionais desse período hipotético de evolução do universo.

11

Colisões entre aglomerados de galáxias

Os aglomerados de galáxias são as maiores estruturas colapsadas do Universo. Quando aglomerados colidem, surgem notáveis distúrbios no gás, como frentes de choque e frentes frias, observadas em raios-X. Dependendo da configuração da colisão, o gás pode se separar da matéria escura. Nesta palestra veremos como simulações computacionais são usadas para compreender e interpretar as observações de aglomerados em colisão.

12

Minicurso: Astronomia multimensageira - O que os raios gama nos falam sobre os cosmos?

Raios gama são a forma mais energética de radiação eletromagnética, com mais de 10.000 vezes mais energia do que os fótons de luz visível. Se você pudesse ver raios gama, o céu noturno pareceria estranho e desconhecido. As visões familiares de estrelas e galáxias constantemente brilhantes seriam substituídas por algo em constante mudança. Sua visão de raios gama perscrutaria os corações de explosões solares, supernovas, estrelas de nêutrons, buracos negros e galáxias ativas. A astronomia de raios gama apresenta oportunidades únicas para explorar esses objetos exóticos. Venha comigo compreender o que os raios gama dizem sobre os cosmos.

13

Minicurso: O pacote python SORA para análise de ocultações estelares

Uma ocultação estelar ocorre quando um objeto do Sistema Solar passa na frente de uma estrela com respeito a um observador, o qual observará uma queda no fluxo de luz total medido durante o evento. Quando a observação de uma ocultação é feita por diversos observadores na Terra é possível obter características do objeto ocultador, como tamanho, forma, albedo, detecção de satélites, atmosfera, anéis, entre outras. Com a publicação do catálogo Gaia e o início das atividades do Legacy Survey of Space and Time (LSST), espera-se uma explosão na quantidade de ocultações preditas e observadas. Com isso, é crucial que as ferramentas de redução destes eventos sejam atualizadas, sendo capazes de auxiliar o cientista na obtenção dos resultados de forma mais rápida, precisa e eficiente. Baseado nessa premissa, apresentarei o pacote SORA (Stellar Occultation Reduction and Analysis), uma biblioteca python baseada em classes criada a partir da experiência de pesquisadores da colaboração Lucky Star (Rio-Paris-Granada). Nele estão incluídas ferramentas para a obtenção de informações da estrela, do objeto do Sistema Solar, do observador e da curva de luz, os quais podem ser integrados a uma metodologia de redução dinâmica e eficiente de ocultações estelares.

14

Simulações de gelos astrofísicos sob efeito de um campo de radi-

ação ionizante com o código PROCODA

Gelos astrofísicos são expostos à radiação ionizante em ambientes espaciais, desencadeando novas reações e processos de dessorção. Em laboratório, esse processamento da radiação revelou o surgimento de várias novas espécies e complementa o estudo da evolução química de cenários astrofísicos congelados. Apresentaremos uma nova metodologia computacional desenvolvida para esclarecer a evolução química de amostras de gelos astrofísicos simulados sob processos de fotólise/radiólise até atingir o equilíbrio químico (EC). Resumidamente, o código (denominado PROCODA) resolve um sistema de equações diferenciais acopladas e descreve a evolução das abundâncias moleculares com o tempo de irradiação para gelos sob processamento por radiação (Pilling et al. 2022, ApJ, 925, 147). Será apresentada a evolução química de gelos puros contendo CO₂, CO e CH₃CN irradiados com diferentes fontes ionizantes. O código resolve um grande conjunto de equações químicas acopladas (incluindo reações de dissociação direta, reações bimoleculares e termoleculares, bem como processos induzidos por dessorção) e mapeia espécies observadas e não observadas nos espectros infravermelho das amostras. Os melhores ajustes obtidos pelo código fornecem as taxas de reação, diversos parâmetros de dessorção, bem como a caracterização da fase de equilíbrio químico. Os valores determinados podem ser empregados em futuros modelos astroquímicos para mapear a evolução química de espécies moleculares sob a presença de um campo de radiação ionizante.

15

No princípio era o Caos: Universos de Bianchi e suas aplicações

O universo que observamos é homogêneo e isotrópico em larga escala. Porém, nos instantes iniciais do universo é possível que modelos anisotrópicos sejam aplicáveis. Modelos homogêneos anisotrópicos de universo recebem sua classificação através da classificação de Bianchi. Alguns modelos apresentam comportamento caótico, acarretando em diversas aplicações interessantes. Nesta palestra vamos abordar algumas destas aplicações.

16

Minicurso: O pacote python SORA para análise de ocultações estelares

Uma ocultação estelar ocorre quando um objeto do Sistema Solar passa na frente de uma estrela com respeito a um observador, o qual observará uma queda no fluxo de luz total medido durante o evento. Quando a observação de uma ocultação é feita por diversos observadores na Terra é possível obter características do objeto ocultador, como tamanho, forma, albedo, detecção de satélites, atmosfera, anéis, entre outras. Com a publicação do catálogo Gaia e o início das atividades do Legacy Survey of Space and Time (LSST), espera-se uma explosão na quantidade de ocultações previstas e observadas. Com isso, é crucial que as ferramentas de redução destes eventos sejam atualizadas, sendo capazes de auxiliar o cientista na obtenção dos resultados de forma mais rápida, precisa e eficiente. Baseado nessa premissa, apresentarei o pacote SORA (Stellar Occultation Reduction and Analysis), uma biblioteca python baseada em classes criada a partir da experiência de pesquisadores da colaboração Lucky Star (Rio-Paris-Granada). Nele estão incluídas ferramentas para a obtenção de informações

da estrela, do objeto do Sistema Solar, do observador e da curva de luz, os quais podem ser integrados a uma metodologia de redução dinâmica e eficiente de ocultações estelares.

17

Minicurso: Cosmologia numérica e observacional usando a biblioteca NumCosmo

Existem hoje diversos projetos de cálculo científico com o objetivo de criar plataformas comuns de cálculo numérico para cosmologia. Um dos objetivos compartilhados desses projetos é a produção de códigos capazes de calcular quantidades de interesse para a cosmologia (observáveis cosmológicos) com precisão suficiente para análise dos dados dos próximos grandes levantamentos de dados astrofísicos e cosmológicos (e.g., Eucid, LSST, DESI, J-PAS, etc). Discutiremos como podemos usar conceitos de orientação objeto, como objetos abstratos e interfaces para estruturar o cálculo dos observáveis de forma modular e reutilizável. Além disso, esses códigos precisam ser conectados às devidas ferramentas estatísticas, por exemplo, análise via Markov Chain Monte Carlo (MCMC) de uma posterior, cálculo do melhor ajuste de modelos, teste da razão das verossimilhanças, entre outras. Nesse minicurso iremos discutir a implementação da biblioteca `\emph{Numerical Cosmology}` (NumCosmo), feita em C usando a ferramenta GObject, que implementa conceitos de orientação objeto em C e pode ser usada para criar automaticamente interfaces da biblioteca para outros linguagens (e.g., python, perl, java, etc). Mostraremos também, exemplos simplificados de como usar a biblioteca para resolver problemas atuais, tanto para o cálculo de observáveis quanto para análise estatística.

19

Minicurso: Cosmologia numérica e observacional usando a biblioteca NumCosmo

Existem hoje diversos projetos de cálculo científico com o objetivo de criar plataformas comuns de cálculo numérico para cosmologia. Um dos objetivos compartilhados desses projetos é a produção de códigos capazes de calcular quantidades de interesse para a cosmologia (observáveis cosmológicos) com precisão suficiente para análise dos dados dos próximos grandes levantamentos de dados astrofísicos e cosmológicos (e.g., Eucid, LSST, DESI, J-PAS, etc). Discutiremos como podemos usar conceitos de orientação objeto, como objetos abstratos e interfaces para estruturar o cálculo dos observáveis de forma modular e reutilizável. Além disso, esses códigos precisam ser conectados às devidas ferramentas estatísticas, por exemplo, análise via Markov Chain Monte Carlo (MCMC) de uma posterior, cálculo do melhor ajuste de modelos, teste da razão das verossimilhanças, entre outras. Nesse minicurso iremos discutir a implementação da biblioteca `\emph{Numerical Cosmology}` (NumCosmo), feita

em C usando a ferramenta GObject, que implementa conceitos de orientação objeto em C e pode ser usada para criar automaticamente interfaces da biblioteca para outros linguagens (e.g., python, perl, java, etc). Mostraremos também, exemplos simplificados de como usar a biblioteca para resolver problemas atuais, tanto para o cálculo de observáveis quanto para análise estatística.

20

Astronomia Solar

O Sol é a estrela mais próxima do nosso planeta e isso permite que seja possível observar os fenômenos que ocorrem em sua atmosfera com alta resolução espacial e temporal. Nos últimos anos diversas missões espaciais foram projetadas para observar o Sol e, em particular, o satélite SDO (Solar Dynamic Observatoty) vem produzindo desde 2010 medidas da emissão eletromagnética produzida a partir da atmosfera solar em diferentes comprimentos de onda. A partir destas observações é possível obter informações sobre diversos parâmetros físicos como a velocidade doppler e o vetor campo magnético na superfície solar. Nesta palestra iremos apresentar alguns resultados da investigação da evolução das manchas solares e da emissão na faixa do extremo ultravioleta, obtidos utilizando os dados do satélite SDO, associados a região ativa NOAA 12673. Essa região ativa é de interesse particular pois produziu diversas explosões solares e ejeções de massa coronal, dois dos eventos mais energéticos ocorrendo na superfície solar, sendo uma das regiões mais ativas do ciclo solar 24.

21

Astrofísica dos raios cósmicos ultra-energéticos

Neste seminário apresentarei as questões em aberto relacionadas aos raios cósmicos de energia ultra alta, partículas mais energéticas existentes no Universo. Discutirei alguns dos principais resultados obtidos com o Observatório Pierre Auger, dando ênfase às minhas contribuições. Apresentarei uma estimativa do fluxo de neutrinos cosmogênicos a partir dos dados do espectro de energia e composição química medidos pela Colaboração Auger e como sua detecção, possivelmente com o experimento GRAND, nos ajudaria a descobrir as fontes dos raios cósmicos ultra-energéticos. Finalmente, como as medições dos raios cósmicos dependem das propriedades atmosféricas do local do experimento, comentarei como isso é realizado no Observatório Auger e como temos usado a mesma ideia para monitorar a atmosfera em Volta Redonda.

22

Minicurso: Propagação de raios cósmicos de alta energia com CR-Propa3

O estudo de raios cósmicos de ultra-alta energia (UHECRS) continua sendo de grande interesse. Embora essas partículas de alta energia tenham sido detectadas desde o 1960, suas fontes, composição química, mecanismo de aceleração nas fontes e como elas se propagam para a Terra ainda são questões em aberto.

Para tentar resolver a origem dos raios cósmicos de energia mais alta, são necessárias ferramentas de simulação detalhadas para poder interpretar os dados experimentais e resolver questões dos raios cósmicos energéticos no universo.

Uma ferramenta utilizada é o CRPropa3, que é um código de Monte Carlo, usado para propagação galáctica e extragaláctica de raios cósmicos com energias acima de 10^{17} eV, e no que este mini curso será baseado.

O CRPropa3 simula interações como produção de pares de elétrons, produção de píons e fotodesintegração de núcleos com radiação de fundo extragaláctica difusa, bem como decaimento nuclear, e inclui partículas secundárias criadas nessas interações.

23

Minicurso: Simulações gravitacionais de N-corpos

Simulações de N-corpos são uma técnica computacional bastante empregada na astronomia, para estudar a evolução gravitacional de sistemas estelares, dentre outros. Neste minicurso, teremos uma introdução a alguns dos conceitos usados nos cálculos numéricos. Veremos também exemplos de aplicações em simulações cosmológicas e simulações de galáxias.

26

Minicurso: OOMAO - Simulador de Óptica Adaptativa para Matlab

Introdução ao simulador de Óptica Adaptativa para Matlab OOMAO. Desenvolvimento de uma simulação básica incluindo laço completo: Turbulência atmosférica, espelho deformável, sensor de frente de onda e sistema de controle integral.

27

Minicurso: Simulações gravitacionais de N-corpos

Simulações de N-corpos são uma técnica computacional bastante empregada na astronomia, para estudar a evolução gravitacional de sistemas estelares, dentre outros. Neste minicurso, teremos uma introdução a alguns dos conceitos usados nos cálculos numéricos. Veremos também exemplos de aplicações em simulações cosmológicas e simulações de galáxias.

28

Minicurso: Propagação de raios cósmicos de alta energia com CR-Propa3

O estudo de raios cósmicos de ultra-alta energia (UHECRS) continua sendo de grande interesse. Embora essas partículas de alta energia tenham sido detectadas desde o 1960, suas fontes, composição química, mecanismo de aceleração nas fontes e como elas se propagam para a Terra ainda são questões em aberto.

Para tentar resolver a origem dos raios cósmicos de energia mais alta, são necessárias ferramentas de simulação detalhadas para poder interpretar os dados experimentais e resolver questões dos raios cósmicos energéticos no universo.

Uma ferramenta utilizada é o CRPropa3, que é um código de Monte Carlo, usado para propagação galáctica e extragaláctica de raios cósmicos com energias acima de 10^{17} eV, e no que este mini curso será baseado.

O CRPropa3 simula interações como produção de pares de elétrons, produção de píons e fotodesintegração de núcleos com radiação de fundo extragaláctica difusa, bem como decaimento nuclear, e inclui partículas secundárias criadas nessas interações.

30

Inteligência Artificial na Astronomia: minha experiência com o S-PLUS

Nessa palestra farei uma introdução geral sobre a relevância de aplicar métodos de inteligência artificial, em especial aprendizado de máquina, na análise de dados astronômicos. Apresentarei alguns resultados obtidos com o levantamento fotométrico S-PLUS para redshifts fotométricos e classificação morfológica de galáxias, entre outros. Vou concluir com alguns desafios que considero ser necessário enfrentar no futuro para permitir que estas técnicas continuem a contribuir para ampliar nosso conhecimento do cosmos.

31

Minicurso: OOMAO - Simulador de Óptica Adaptativa para Matlab

Introdução ao simulador de Óptica Adaptativa para Matlab OOMAO. Desenvolvimento de uma simulação básica incluindo laço completo: Turbulência atmosférica, espelho deformável, sensor de frente de onda e sistema de controle integral.

33

Paradigmas, anomalias e as novas estruturas na astronomia/cosmologia

ao longo da história

A abordagem é aquela de fazer uma síntese da história da Astronomia/Cosmologia dos povos originários à contemporaneidade, com foco na distinção entre os sistemas de mundo pré e pós-telescópio. A estrutura destes sistemas, suas compreensões paradigmáticas de mundo, as anomalias que dispararam revoluções científicas serão tratadas. Será dada especial atenção à dúvida bruniana, em seu copernicanismo radical, para um universo infinito, que rompe a velha astronomia aristotélica-ptolomaica e coloca, ainda hoje, dificuldades paradigmáticas para a cosmologia contemporânea.

Apresentações / 34

Galaxy Dynamics and Modified Gravity from Velocity Dispersion in Einstein Rings Systems

Autor Grasielle Bezerra¹

Co-autores Martin Makler²; Cristina Furlanetto³

¹ CBPF

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Autores Correspondentes: cristina.furlanetto@ufrgs.br, bezerragrasiele@gmail.com, martinmakler@gmail.com

A popular test of General Relativity is to use strong gravitational lensing systems in which the lens object is an early-type galaxy (ETG). In such case there are two independent ways to measure the lens mass, first through the light deviation using the Einstein ring (M_E), second through the velocity dispersion of the lens' stars (M_{dyn}). Both of these quantities are related through the post-Newtonian parameter γ_{PPN} , that should be equal to one in General Relativity, as opposed to some modified gravity theories, such as $f(R)$, in which $\gamma_{PPN} \neq 1$. This approach was first used by Bolton et al. in 2006 and, since then, due to the considerable increase in the number of lens systems available, the most recent papers in the matter have presented a substantial reduction in the statistical uncertainties. Nevertheless, the measurement of γ_{PPN} by this method still presents a few sources of systematic errors, a specially concerning one is caused by a simplified assumption on the dynamics of the ETG, namely that the parameter that measure the anisotropy between the radial and tangential components of the velocity dispersion, $\beta = 1 - \sigma_t^2/\sigma_r^2$, is assumed to be constant, whereas literature in galaxy dynamics suggests that it should be radially dependent. The main objective of this work is to investigate the interplay between modelling the dynamics of the ETG acting as a lens and the constraints on γ_{PPN} in Einstein Ring systems. In particular we aim at obtaining the systematic uncertainties on γ_{PPN} when we consider more general models of $\beta(r)$.

Apresentações / 35

RELATO DE EXPERIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO SOBRE O SATELITE SUTNIK.

Autor Liz Leal Mota Capistrano¹

¹ Secretaria Municipal de Educação Serrinha - Bahia

Autor Correspondente: alizleal@hotmail.com

Esta pesquisa é um relato de experiência que teve como objetivo desenvolver uma proposta de sequência didática para o Ensino Médio sobre o satélite Sputnik, capaz de proporcionar aos estudantes uma visão global dos conteúdos envolvidos e as relações entre o saber científico e o cotidiano, na busca de se possibilitar que o conhecimento seja relacionado à estrutura cognitiva dos estudantes de modo significativo, sendo ancorado nela. Para o desenvolvimento das atividades de ensino foram utilizadas várias modalidades didáticas, tais como questionário, jogo, pesquisa, problematização, vídeo, entre outras, na tentativa de se atender às diferenças individuais dos estudantes. Os achados indicam que a sequência didática desenvolvida favoreceu os processos de ensino e aprendizagem. As réplicas do satélite Sputnik dos estudantes revelaram ainda que as atividades tiveram diferentes níveis de significância para os mesmos.

Apresentações / 37

THE USE OF ASTEROIDS IN CARGO TRANSPORT FROM EARTH TO MARS USING THE COMET HITCHHIKER CONCEPT

Autor Tiago Floriano^{None}

Autor Correspondente: tiagofloriano@proton.me

One of the biggest obstacles to space exploration, in addition to the long distances and technological limitations to reduce them, are the high costs involved for development in this area. We are living at a time when private companies are working on the development of technologies to explore space, and in particular, the Space X, which aims to colonize Mars. The possibility of using asteroids, both to house research equipment and to facilitate space travel, has even been launched by NASA in 2015, where the objective is to develop equipment capable of attaching itself to an asteroid and landing on it to continue its journey. The Jet Propulsion Laboratory/NASA, Scielo and Astrophysics Data System/NASA databases are being used to develop the research that led to this abstract, in order to filter the best candidates for the Earth-Mars route. What we hope with this research is to find an object that is large enough that the landings and weight do not significantly affect its orbit, velocity and rotation. As for the speed, it shouldn't be too fast, however, it is interesting that it completes an orbit in no more than 2 years, aiming to use it for a periodic supply, for example, from a colony on the red planet. Finally, your rotation should not have a spin capable of throwing the equipment off its surface. For the research, we are using the Small Body Database Query interface, including all asteroid classes in the search, and restricting to bodies whose proximity to Earth is up to 0.1 AU (astronomical units), proximity to Jupiter of up to 1 AU, period of up to 600 days, and diameter greater than 300 meters. Preliminary research has pointed to candidates such as 14827 Hypnos (1986 JK), which is almost 1 km in diameter, passes just 0.015 AU from Earth's orbit, and passes equally close to Mars' orbit, but takes around 4,7 years to complete an orbit, and has variable speed, which can indicate collisions along the way, in addition to being at high speed (between 10 and 20 km/s). At the end of this research, it is expected as a conclusion that we will obtain a mapping of the best candidates among the asteroids close to Earth, for use as a means of transporting cargo between our planet and Mars.

Apresentações / 38

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE JATOS RELATIVÍSTICOS

Autor Jefferson Karkow¹

Co-autor Rita de Cassia Dos Anjos

¹ Universidade Federal do Parana

Autores Correspondentes: jeffersonkarkow@gmail.com, ritacassia@ufpr.br

Este trabalho tem como fundamento a execução e análise, qualitativa e quantitativa de simulações computacionais de jatos relativísticos, jatos são estruturas de altíssimas energias responsáveis por emissão de radiação varrendo todo o espectro do infravermelho ao ultra violeta, passando pelo espectro visível. Essas estruturas são encontradas em diferentes escalas, desde jatos, dos presentes na alta atmosfera terrestre por meio de tempestades elétricas até jatos relativísticos provenientes de sistemas binários ou Núcleos de galáxias ativas, onde as simulações foram realizadas com o programa computacional PLUTO com o objetivo de representar o comportamento de jatos relativísticos de altas energias. Além do entendimento básico de jatos relativísticos, o estudo buscou a idealização de jatos que favorecem o processo de aceleração de partículas, variando as características físicas do jato e do meio ao qual o mesmo se encontra. O estudo partiu de análises bibliográficas de artigos com estudos de simulações de jatos e suas estruturas, em seguida, reproduzimos séries de simulações a partir das referências com o objetivo de reproduzirmos jatos com altas luminosidades, focando na qualidade gráfica e otimização de tempo. Os gráficos fornecidos através das simulações nos descrevem com precisão a estrutura e as características resultantes da variação de fatores físicos, tendo conhecimento das equações que descrevem a hidrodinâmica relativística foi possível analisar a estrutura dos jatos, identificando os fatores físicos que favorecem a formação de jatos denominados quentes e frios. Calculamos as características de cada jato simulado: a razão entre as densidades do ambiente e do interior do jato, sendo eles: o fator de lorentz, mach number e a luminosidade ou potência do jato. Dentre os valores físicos encontrados, a alta luminosidade é um fator essencial na identificação de jatos quentes capazes de acelerar raios cósmicos de altas energias.

Apresentações / 39

APPLYING THE CYCLOID IN THE OBLIQUE LAUNCH: Another way to demonstrate the escape velocity of planets and the orbital speed of satellites.

Autor Diego Nonato Bastos Dias¹

¹ *Uninter*

Autor Correspondente: diegonbd.eso@gmail.com

In the Cold War, the space race began, which encouraged the production of technologies that use orbital velocity and escape velocity. Today, these concepts are again needed in the second space race. This work aimed to compare the mathematical derivation of these quantities already established in the literature with another method developed here, which uses the cycloid. The methodology was to use the equations of the vertical and horizontal position of the cycloid and the equations of height and range of oblique launches to obtain the escape and orbital velocity. We then compare these alternative derivations with those already established. We conclude that the demonstrations from the cycloid are better, as it allows us to observe the importance of the launch angle and the angle of the orbit in relation to the body when performing an orbital launch or an orbital escape, we can also observe that the rotation movement of the planet in the its axis is cycloidal.

Apresentações / 40

Cosmological simulations to investigate the concentration of halos in universes with and without baryons

Autor Richards Albuquerque¹

Co-autor Rubens Machado²

¹ *Universidade Federal do Paraná*

² *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Autores Correspondentes: richards_pereira12@hotmail.com, rgmachado@gmail.com

Dark matter halos are equilibrium structures that are gravitationally bound, where the average density of dark matter is 200 times the critical density of the Universe. These structures enabled the formation of galaxies and clusters, which are the brightest objects found in the Cosmos. In this work, we investigate how the presence of baryons affects the concentration parameter of halos, where this parameter is defined in terms of the characteristic radius of the Navarro-Frank-White radial density profile and the virial radius of the dark matter halo. Therefore, we used the code GADGET-2 to perform two cosmological simulations, the first without the presence of baryons and the second with baryons. The main features of the represented Universe were the same, so we kept a volume $(10 \text{ Mpc})^3$ and 256^3 dark matter particles for both cases and 256^3 gas particles for hydrodynamic simulation. From this simulation, the halos were found, at the instant $z = 0$, using the ROCKSTAR code. As a result, we found that the concentration parameter in the simulation without baryons was 18% lower on average, compared to the hydrodynamic simulation. Finally, in the model without baryons, the concentration of dark matter halos was relatively lower, moreover, there was a strong correlation between the concentration curve of our model and the theoretical results for high-mass halos.

Apresentações / 41

Anisotropia de raios cósmicos de altíssimas energias

Autor Maria Clara Dari Gomes¹

Co-autor Rita de Cássia dos Anjos¹

¹ Universidade Federal do Paraná - UFPR

Autores Correspondentes: darimariaclara@gmail.com, ritacassia@ufpr.br

Resultados recentes na direção de chegada de raios cósmicos de altíssimas energias (UHECRs) medidos pelos Observatórios Pierre Auger [1] e Telescope Array [2] mostraram a descoberta de hotspots nos hemisférios norte e sul. Neste trabalho, apresento discussões recentes destas descobertas com base em análises estatísticas de nível de significância Li-Ma [3] e $P_{\nu} \text{ value}$ [3], associando estes resultados com possíveis fontes do catálogo Swift BAT 70-Month Hard X-ray Survey. Os UHECRs sofrem desvios devido aos efeitos dos campos magnéticos, resultando numa perda de informações da sua origem, perda essa que hoje é a principal dificuldade encontrada pelos pesquisadores. As simulações aqui apresentadas entre as possíveis fontes e a Terra, assumem que a mesma se dispõe dos campos magnéticos galácticos e extragalácticas. Os resultados por sua vez possuem dependência da distribuição assumida, intervenção dos campos magnéticos e da densidade das fontes UHECRs.

Apresentações / 42

Estrelas Be em Sistemas Binários

Autor Danilo Ferreira da Rocha¹

Co-autor Marcelo Emilio²

¹ Observatorio Nacional

² Universidade Estadual de Ponta Grossa

Autores Correspondentes: danilorocha@on.br, marcelo_emilio@yahoo.com

As estrelas Be são estrelas luminosas, branco-azuladas, com uma temperatura de superfície entre 10.000K e 30.000K. Suas principais características são a presença de um disco circunestelar e linhas de emissão de Balmer (T. Rivinius, 2013). Além disso, devido à sua peculiaridade dentro do ramo

de estrelas B, tais objetos são muito relevantes para entender a evolução de estrelas de alta massa. Além de sua rotação rápida, pulsações não radiais (NRP) são propostas para explicar os fenômenos Be (T. Rivinius, 1998). A combinação do deslocamento Doppler de elementos da superfície estelar está associada a variações de temperatura devido à compressão/expansão causada pela passagem das ondas pela fotosfera. Além disso, a binaridade domina os padrões evolutivos das estrelas que vivem com uma companheira (H. Sana, 2012); isso ocorre devido à troca de matéria e alta rotação entre os componentes do sistema, resultando em altos níveis de mistura química interna das estrelas.

Nosso objetivo é estudar séries temporais fotométricas do TESS de estrelas Be pertencentes a um sistema binário com observações espectroscópicas terrestres simultâneas para nossos alvos. Temos acesso a telescópios terrestres em ambos os hemisférios capazes de obter espectros ópticos de média resolução (380-860 nm), permitindo-nos: (a) determinar parâmetros físicos das estrelas; e (b) rastreamento de mudanças nos observáveis de emissão H α , como largura equivalente (EW) e razão vermelho-violeta, que podem estar ligadas a explosões na estrela (C. Neiner, 2012). As estrelas Be, como objetos facilmente observáveis que dão uma visão privilegiada da estrutura de estrelas em rotação rápida, estão entre os laboratórios mais adequados para investigar problemas fundamentais da astrofísica contemporânea, como os efeitos da rotação rápida na evolução estelar. As mudanças nas frequências NPR durante as explosões observadas na curva de luz estão ligadas a mudanças na estrutura interna da estrela. Além disso, essas observações reforçam que a NPR é o mecanismo desencadeante do fenômeno Be, uma vez que essas explosões são propostas como um mecanismo para a criação do disco circunstelar nessas estrelas.

Apresentações / 43

Composição de raios cósmicos de altas energias e a distribuição em suas direções de chegada

Autor Jorge Mendonça Junior¹

¹ *Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR*

Autor Correspondente: webzjunior@gmail.com

Os raios cósmicos tratados nesse trabalho possuem energias maiores que 10^{18} eV. Esses raios cósmicos são núcleos de elementos químicos e, portanto, possuem cargas elétricas características, sofrendo interações eletromagnéticas e deflexões durante seu percurso. Estas deflexões dificultam a identificação de suas fontes. Neste trabalho tratamos algumas Galáxias Starburst, com distâncias inferiores 15 Mpc, como possíveis fontes de raios cósmicos de altas energias. Como referência, utilizamos os dados do Observatório Pierre Auger. Realizamos simulações para determinar o melhor índice espectral para cada galáxia com diferentes composições de emissão na fonte. Para estas simulações foi utilizado o software CRProp3 e para simular a deflexão dessas partículas em nossa Galáxia foi utilizado o software CRT. O presente trabalho pretende contribuir para a descoberta de fontes de partículas energéticas.

Apresentações / 44

Chuveiros de Pártons em Raios Cósmicos

Autor Gabriel Vian¹

Co-autores Danuce Dudek²; Leonardo Lima²

¹ *UFFS*

² *UTFPR*

Autores Correspondentes: gabrielvian2010@hotmail.com, danucedudek@utfpr.edu.br, leonardodelima@gmail.com

Introdução

Ao longo do século XX, o modelo padrão da Física de Partículas se desenvolveu possibilitando uma descrição da matéria e suas interações. Há quatro interações fundamentais, a interação forte, a fraca, a eletromagnética e a gravitacional. A matéria se subdivide em três classes de partículas elementares: os quarks, os léptons e as partículas mediadoras. Os quarks são responsáveis por formar a matéria hadrônica, i.e., os hádrons. Um exemplo de hádron é o próton, formado por dois quarks up e um quark down.

Um fenômeno muito presente nas interações entre hádrons é o surgimento de chuveis de pártons (partón é um termo genérico para quarks e glúons), que desempenham um papel muito importante no processo de hadronização, e na criação das partículas dos chuveis atmosféricos dos raios cósmicos.

Tendo em vista a importância desse fenômeno em diversas interações que envolvam hádrons, o presente trabalho objetiva falar sobre chuveis de pártons de forma conceitual, a fim de introduzir o leitor ao assunto. Além disso, serão também expostas duas aplicações desse fenômeno, uma na Física de Partículas e outra em chuveis atmosféricos de Raios Cósmicos. A justificativa para este trabalho reside no fato de que tal fenômeno abriga uma profunda relevância em múltiplas áreas relacionadas a Física de Partículas, de modo que o conhecimento, mesmo que qualitativo, desse processo se faz de grande importância para pesquisadores de áreas correlatas.

Noções preliminares

A matéria é constituída de átomos, que por sua vez são feitos de léptons e quarks. Os léptons, do grego leptos que significa leve, presentes nos átomos são os elétrons, que estão na eletrosfera. Já os quarks, partículas fundamentais que formam os hádrons, estão presentes no interior do prótons e nêutrons.

Um hádron, do grego hadros que significa forte, é uma partícula composta por quarks, exemplos destes são prótons, nêutrons, píons, káons, etc. Existem seis quarks, segundo o Modelo Padrão da Física de Partículas, estes são: quark up (u), down (d), strange (s), charm (c), top (t) e bottom (b). Os quarks constituem estados ligados, que são chamados de hádrons, através da força forte, i.e. a força responsável por manter os hádrons coesos, e também responsável pela estabilidade do núcleo dos átomos.

As forças fundamentais da natureza podem ser descritas a partir da troca de partículas mediadoras, no caso da força forte, a partícula mediadora da força forte é um bóson (bóson é uma partícula com número quântico de spin inteiro) eletricamente neutro chamado glúon (g). Já a partícula mediadora da força eletromagnética é o fóton, outro bóson eletricamente neutro.

Assim, no interior de um hádron há dois a três quarks, interligados por intermédio da força forte, que se manifesta pela troca de glúons.

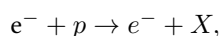
A força entre quarks é atrativa e cresce conforme a distância entre eles aumenta, mas quando estes estão próximos ela é fraca, fazendo os quarks comportam-se como se fossem livres – esse fenômeno é chamado de liberdade assintótica. Os quarks não podem ser encontrado livres, sempre estando confinados a estados ligados. O potencial de interação entre dois quarks confinados é dado por

$$V(r) = -4 \alpha_s \frac{1}{3r+kr},$$

onde r é a distância entre dois quarks, k é uma constante com valor aproximado de 1 GeV/fm e α_s é a constante de acoplamento da força forte (EICHTEN et al, 1975; SOUZA, 2013)

****Chuveis de Pártons****

Quando um hádron interage com outro objeto – seja um outro hádron ou um lépton –, e a energia das partículas interagentes for suficientemente alta pode ocorrer a criação de um chuveiro de pártons. Tomando-se a interação abaixo com exemplo



onde um elétrons interage com um próton através de uma interação eletromagnética. O X na equação representa os possíveis hádrons que são criados a partir dessa interação.

Se a energia do elétron estiver acima do limite da ordem de 1 GeV, ao interagir com o próton, este trocará um fóton γ com o hádron cujo comprimento de onda é da ordem de magnitude do diâmetro

do mesmo. Assim, o γ penetrará no interior do próton, não interagindo com este como um todo, mas sim com um dos quarks que o constitui. Ao interação γ - q fará com o q adquira uma grande energia cinética. Como resultado disso, o elétron será defletido por um ângulo grande, como se tivesse interagido com um “caroço” rígido, e o quark irá emitir novas partículas que constituirão um chuveiro de pártons.

O chuveiro de pártons se constitui em uma série de novas partículas, geradas a partir do quark. Tais partículas, chamadas de pártons, são quarks e glúons. O termo párton foi cunhado por Feynman (1988, p. 292) em 1969 para designar constituintes rígidos e pontuais dos hádrons. Atualmente, o termo párton é usado para se referir genericamente a constituintes dos hádrons, sejam estes quarks ou glúons.

A medida em que os pártons do chuveiro se afastam a força forte entre eles aumenta. Quando a distância entre os pártons fica da ordem do diâmetro de um hádron, que é 10^{-15} m, estes começam o processo de hadronização. O processo de hadronização é a aglutinação de quarks e glúons em estados ligados, o que resulta na criação de hádrons. Os chuveiros de pártons geram uma miríade de novas partículas, desse modo, após a hadronização do chuveiro muitos hádrons novos aparecem. Na expressão da interação do e^- com o próton, o X representa os muitos hádrons que aparecem após a hadronização do chuveiro de partons.

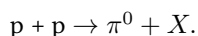
Os processos de hadronização e criação de chuveiro de partons são sempre presentes em processos que envolvam hádrons, e estejam acima de um dado limite de energia. Além disso, esse fenômeno reflete a impossibilidade de isolar um quark, visto que o quark, com o qual houve a interação, não se “desgruda” do seu estado ligado, a energização dele promove a emissão de um chuveiro e a posterior hadronização.

A seguir, serão abordados alguns fenômenos em que esses processos se fazem presentes.

Chuveiro de Pártons: Aplicações na Física de Partículas

A Física de Partículas lança mão colisões entre partículas a fim de averiguar seus constituintes. Quando mais energia as partículas que colidem possuem, mais fundo é possível sondar os constituintes desses objetos.

Nas colisões em aceleradores de hádrons, tais como o *Large Hadron Collider* (LHC) ou *Relativistic Heavy Ion Collider* (RHIC), os chuveiros de pártons são muito presentes. Um exemplo de colisão muito frequente no LHC é a colisão entre prótons, conforme a interação expressa abaixo:



Nessa interação em particular, estudada por Büsser et al. (1973), devido à alta energia dos feixes, os prótons se aproximam de modo que os quarks dos mesmos interajam, via troca de glúons, espalhando um dos quarks de um dos prótons. Este quark posteriormente produz um chuveiro de pártons que se hadroniza, formando um pión neutro com momentum similar ao do quark inicial e outros hádrons quaisquer, denotados por X . O quark que emitiu o glúon também contribui com X , visto que a partir deste desencadeiam-se também chuveiros de pártons.

Chuveiro de Pártons: Aplicações em Raios Cósmicos

Segundo De Angelis e Pimenta (2018, p. 21) raios cósmicos são partículas de origem extraterrestre, sendo boa parte destes prótons, e o restante átomos de hélio (10

Raios cósmicos têm energias que chegam até 10^{22} eV, podendo ser provenientes do sol (partículas de até 10^9 eV) (BANDEIRA e MACKEDANZ, 2019, p. 5), da Via Láctea (partículas de até 10^{15} eV) ou de origem extragaláctica (partículas de até 10^{22} eV) (DE ANGELIS e PIMENTA, 2018, p. 20).

Para os raios mais energéticos, i.e. os de origem extragaláctica, Bandeira e Mackedanz (2019, p. 5-6) apontam galáxias com núcleos ativos, estrelas de nêutrons e explosões de raios gama como sendo as possíveis fontes. Os raios cósmicos que atingem a Terra são chamados de raios primários, ao entrarem em contato com partículas da camada mais alta da atmosfera, estes geram novas partículas que chegam até a superfície da Terra através de chuveiros atmosféricos.

Os chuveiros atmosféricos são sequências de hádrons e léptons que se propagam ao longo da atmosfera a partir do raio cósmico inicial. Muitos destes são instáveis, principalmente os hádrons, de modo que na superfície da Terra normalmente chegam léptons. A ocorrência de chuveiros atmosféricos

é muito importante, pois estes podem ser reconstruídos a fim de entender-se mais sobre os raios cósmicos.

O fenômeno de chuva de pártons, bem como o da hadronização, se encontram presentes na origem dos chuviscos atmosféricos dos raios cósmicos. Quando uma partícula elementar, ou hádron, de um raio cósmico primário, interage com um hádron no topo da atmosfera terrestre, devido a alta energia do raio cósmico este energiza os quarks do hádron atmosférico, fazendo com que este emita um chuva de pártons, qual se hadroniza gerando hádrons conhecidos como raios cósmicos secundários.

Os raios cósmicos secundários são frequentemente os três hádrons π , isto é, o π^+ , π^- e o π^0 (PERKINS, 2009, p. 239). Esses píons são instáveis e tendem a decair em léptons como múons μ^- e neutrinos ν^- . Os múons são as partículas mais abundantes detectadas nos chuviscos, estes são instáveis e podem decair antes de percorrerem toda a altura da atmosfera dependendo da sua energia (PERKINS, 2009, p. 239).

Os aceleradores de partículas construídos com tecnologia atual conseguem chegar a energias da ordem de 10^{12} eV por feixe, ao passo que os raios cósmicos mais energéticos chegam a uma energia 10^{10} ordens de magnitude superior. Isso mostra a importância dos raios cósmicos para a Física de Partículas, visto que estes se constituem como poentes aceleradores naturais, possibilitando estudos das partículas e suas interações em escalas de energia nunca antes alcançadas pela humanidade.

Conclusão

O presente trabalho teve por objetivo expor de forma qualitativa o fenômeno de chuva de pártons, bem como duas aplicações. Esse fenômeno, apesar de pouco conhecido, é muito importante e muito recorrente em interações envolvendo hádrons. É por meio deste que se faz possível entender o surgimento de jatos de hádrons em colisões nos aceleradores, bem como o surgimento dos chuviscos atmosféricos.

Tendo em vista o exposto no trabalho, pode-se dizer que o objetivo do mesmo foi satisfeito.

Referências:

BANDEIRA, Y. B.; MACKEDANZ, L. F. . Mecanismos de limitação da energia de raios cósmicos durante sua propagação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2019.

BÜSSER, F. et al. Observation of π^0 mesons with large transverse momentum in high-energy proton-proton collisions. **Physics Letters B**, Elsevier, v. 46, n. 3, p. 471–476, 1973.

DE ANGELIS, A.; PIMENTA, M.. **Introduction to particle and astroparticle physics: multimessenger astronomy and its particle physics foundations**. 2° ed. [S.l.]: Springer, 2018.

EICHTEN, E. et al. Spectrum of charmed quark-antiquark bound states. **Physical review letters**, v. 34, n. 6, p. 369, 1975.

FEYNMAN, R. P. The behavior of hadron collisions at extreme energies. In: **Special Relativity and Quantum Theory**. [S.l.]: Springer, 1988. p. 289–304.

PERKINS, D. H. **Particle astrophysics**. 2° ed. [S.l.]: Oxford University Press, 2009.

SOUZA, U. G. **Medida da produção de hádrons estranhos e estudo do processo de hadronização em colisões entre íons pesados relativísticos**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Apresentações / 45

Emissão de raios cósmicos de altas energias pela SGR J1935+2154 e sua hospedeira SNR G57.2+0.8

Autores Luana Natalie Padilha¹; Rita De Cassia dos Anjos²; Jaziel Goulart Coelho³

¹ UTFPR² UFPR³ UFES**Autores Correspondentes:** jaziel.coelho@ufes.br, ritacassia@ufpr.br, luanapadilha@alunos.utfpr.edu.br

A produção de partículas energéticas no Universo é um dos grandes mistérios da ciência atual. Nas últimas décadas, alguns esforços têm sido feitos para identificar fontes Galácticas capazes de acelerar partículas até 1 PeV, conhecidas como PeVatrons. Descoberta em 2016 a Soft Gamma Repeater (SGR) J1935+2154, é uma das fontes mais ativas da atualidade, tendo emitido várias rajadas de raios-X nos últimos anos. Além disso, o Sistema Estereoscópico de Alta Energia (H.E.S.S.) fez observações da SGR 1935+2154 em 28 de abril de 2020 por 2 horas, tais observações coincidem com as explosões de raios-X detectadas pelo INTEGRAL e pelo Fermi/Gamma-ray Burst Monitor (GBM). Estas são as primeiras observações de raios gama de alta energia de um SGR em seu estado de queima. Esta SGR também é conhecida como sendo a primeira Fast-Radio Burst galáctica. No presente trabalho, obtivemos a contribuição da emissão de raios gama de altas energias ($E > 100 \text{ GeV}$) proveniente da aceleração e propagação dos raios cósmicos da Soft Gamma Repeater (SGR) J1935+2154 e sua hospedeira SNR G57.2+0.8 [1,2]. Para tal fim, levamos em consideração a associação SNR + SGR como uma fonte única perto do centro galáctico. Além disso, analisamos as contribuições desta associação para o fluxo total de raios cósmicos Galácticos observado, considerando a propagação de raios cósmicos dentro da Galáxia com todas as perdas de energia e interações de partículas. A nova versão do software GALPROP, foi utilizada e explorada a fim de obter bons resultados. Propomos que a configuração acima pode fornecer um rico cenário para a geração de gamas GeV-TeV e de raios cósmicos até PeV dentro da Galáxia.

[1] High-energy gamma-ray emission from SNR G57.2+0.8 hosting SGR J1935+2154. JCAP 10, 023 (2021)

[2] An updated view and perspectives on high-energy gamma-ray emission from SGR J1935+2154 and its environment. Submitted to JCAP, 2022

Palavras-chaves: Raios Cósmicos. Radiação Gama. Soft Gamma Repeater. Altas Energias

Apresentações / 46

Dinâmica de partículas próximas a buracos negros.

Autor Rodrigo Sasse^{None}

Co-autor Carlos Henrique Coimbra Araújo

Autores Correspondentes: carlos.coimbra@ufpr.br, rodrigossasse1@gmail.com

Partículas que realizam órbitas estáveis próximas ao horizonte de eventos de um buraco negro podem fornecer as condições necessárias para a aceleração de raios cósmicos até altíssimas energias. O estudo a respeito da dinâmica e colisões entre partículas nesses cenários extremos já mostram a possibilidade de UHECR serem formados nestas circunstâncias. A presença do campo gravitacional e eletromagnético gerado pelo buraco negro pode desviar a trajetória das partículas em suas órbitas estáveis, possibilitando colisões entre elas que formam um sistema de energia de centro de massa, que por sua vez, proporcionam a energia necessária para que as partículas escapem em direção ao Universo. De forma geral, a dinâmica de partículas neutras ou carregadas próximas a buracos negros, podem fornecer informações importantes sobre os fenômenos de altíssimas energias, tanto relacionados à UHECR, como também na formação dos jatos relativísticos e dos discos de acreção.

Apresentações / 47

Buraco Negro de Schwarzschild na Formulação de Kerr-Schild

Autor Istenio Nunes de Moraes¹

Co-autor Érico Goulart de Oliveira Costa¹

¹ Universidade Federal de São João del-Rei

Autor Correspondente: isteniom@hotmail.com

Das recentes confirmações da cosmologia, a mais surpreendente foi a detecção das ondas gravitacionais, que comprovam uma das mais interessantes previsões de Einstein: os buracos negros. De forma simplificada, buracos negros são regiões no espaço-tempo onde a matéria está concentrada em um ponto infinitesimal, e sua gravidade é tão intensa que nem uma partícula ou mesmo a radiação eletromagnética, como a luz, pode escapar do seu horizonte de eventos. Estes objetos surgem das equações de Einstein da relatividade geral, que prevê que o espaço-tempo pode ser deformado por uma massa suficientemente compacta, tendo soluções distintas que definem suas características como a presença, ou não, de momento angular, matéria e carga elétrica. Este trabalho, faz parte da dissertação de mestrado, em desenvolvimento, intitulada “Buracos Negros na formulação de Kerr-Schild” que tem como objetivo estudar as soluções do tipo buraco negro, no contexto da relatividade geral, do ponto de vista da formulação de Kerr-Schild. Neste sentido, buscamos, aqui, investigar com detalhes as estruturas causais referentes às métricas de Schwarzschild, que foi a primeira solução para as equações de Einstein da relatividade geral, sendo uma solução exata que descreve a geometria exterior a um buraco negro estático, ou seja, que não possui momento angular, sem carga elétrica e que é simétrico na direção axial do vetor momento. Para isso partimos das equações de Einstein da relatividade geral e formulamos a solução obtida por Schwarzschild em 1916, e então, buscamos desenvolver uma abordagem para essa solução utilizando da formulação de Kerr-Schild a partir desta solução de fundo conhecida. O método de Kerr-Schild é uma deformação do espaço-tempo de Minkowski, de modo que uma métrica pseudo-riemanianna é dada pela transformação $g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + H l_{\mu} l_{\nu}$, onde $\eta_{\mu\nu}$ é a métrica de Minkowski, e a deformação é causada pela função escalar H e pelo vetor l_{μ} . Sendo o vetor l_{μ} nulo com respeito a ambas as métricas ($g_{\mu\nu}$ e $\eta_{\mu\nu}$). Mostraremos algumas propriedades do método, uma breve introdução histórica e a aplicação na obtenção da solução de Schwarzschild.

Apresentações / 48

ESTUDO DE DEFLEXÕES DE UHECRs NA PRESENÇA DE GMF-JF2012

Autor Larissa Cristina^{None}

Autor Correspondente: cristinalarissa75@gmail.com

RESUMO

A produção e aceleração de partículas energéticas no Universo continua sendo um dos grandes mistérios da ciência moderna. Os mecanismos de aceleração de partículas altamente energéticas em fontes astrofísicas são ainda desconhecidos e resultados recentes apontam para a necessidade de uma abordagem mais ligada à propagação e interação destas partículas. O principal objetivo deste trabalho é estudar as deflexões de partículas de altas energias (raios cósmicos) na presença do campo magnético galáctico da farrar (JF2012). Raios cósmicos (ou partículas energéticas) são acelerados até altas energias, propagando-se com a velocidade da luz e atingindo constantemente a Terra. No entanto, sabemos pouco sobre suas fontes; como elas são aceleradas e o papel que desempenham na nossa galáxia e fora dela. A proposta geral é explorar as potencialidades das partículas diante do efeito do campo e assim analisar a chegada dessas partículas na Terra, sabendo que boa parte desses raios acabam não chegando, pois, são desviados durante essa interação, esse processo ajuda compreender a geração e propagação dos raios cósmicos de altíssimas energias. Para o estudo da propagação das partículas nos campos magnéticos galácticos será utilizado o programa computacional CRT (ver <http://crt.osu.edu/>). O CRT é um programa com código aberto que possui implementado diversos modelos de campos magnéticos atuais para simulação de núcleos carregados dentro da galáxia. O programa não contém interações entre os núcleos, ou seja, perdas de energia, mas será utilizado para a quantificação dos desvios das partículas considerando os seguintes parâmetros: distância da

fonte à Terra, localização da fonte dentro ou fora da galáxia (latitude, longitude) e carga/massa da partícula a ser propagada.

Apresentações / 49

Reprodução e Análise de Curvas de Luz de Binárias Eclipsantes Utilizando Software PHOEBE

Autor Luciano Correa¹

¹ UEPG

Autor Correspondente: lucianocorrea1298@gmail.com

No PHOEBE é possível construir sistemas editando parâmetros de um sistema construído internamente padrão (default binary) e extrair dados fotométricos sintéticos desse sistema, chamado de forward model. Na versão mais atualizada, é possível realizar justamente o oposto disso, que seria fornecer dados observacionais para que o programa possa determinar parâmetros do sistema em questão, chamado de problema inverso.

Nesse trabalho de iniciação científica fazemos uso do software e funções do problema inverso para determinar parâmetros de curvas de luz do satélite CoRoT da CNES (Centre national d'études spatiales) e também se tornou alvo de interesse alguns objetos observados pelo TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite).

Apresentações / 50

Many fields quantization formalism

Autores Luiz Felipe Demétrio¹; Sandro Vitenti^{None}

¹ Universidade Estadual de Londrina - UEL

Autores Correspondentes: demetrio.luizfelipe@uel.br, vitenti@uel.br

In this work, we review a quantization formalism that can be applied for systems which are described by many fields. Such systems occur in lots of models for the primordial universe, such as many fields inflation and perturbed Bianchi models. We begin with a classical theory by defining a n -dimension configuration manifold whose associated cotangent bundle is defined as the system's phase space. In phase space, we define the usual canonical symplectic 2-form Ω , which is used to rewrite the Hamilton equations. We then proceed to show that Ω is preserved by the time evolution. Next, we diagonalize the Laplace operator and show that its normal modes can be used to obtain the usual canonical commutation relations for the creation and annihilation operators in the associated quantum theory. We conclude by showing that such modes are equivalent up to class equivalence to an imaginary matrix J and a real matrix M , which can be used to define a vacuum state for the theory.

Apresentações / 51

Caracterização de Sistemas Binários Eclipsantes

Autor Alessandro Melo¹

Co-autor Marcelo Emílio ¹

¹ *Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)*

Autores Correspondentes: alessandromelo310@gmail.com, memilio@uepg.br

Um sistema binário é constituído por duas estrelas ligadas gravitacionalmente que se movem em órbitas limitadas em torno de um centro de massa em comum (Hilditch, 2001). Devido a extensos programas observacionais, estima-se que pelo menos 50% dos sistemas estelares observados são constituídos por sistemas múltiplos, isto é, com duas ou mais estrelas ligadas gravitacionalmente (HILDITCH, 2001). Tais sistemas são de grande interesse na astronomia, uma vez que fornecem aos astrônomos uma maneira direta para calcular a massa individual das suas componentes e uma série de outras características físicas tais como raio, temperatura, inclinação orbital, etc (CAROLL e OSTLIE, 2014).

O objetivo deste estudo é fazer o tratamento e modelagem de curvas de luz de sistemas binários eclipsantes observados durante a missão CoRoT, selecionados do trabalho de Reis (2019), com o uso do código Wilson & Devinney (WILSON; DEVINNEY, 1971). Com isso, serão obtidos os seguintes parâmetros: razão entre as massas das componentes, inclinação orbital do sistema, temperatura da estrela secundária e potenciais de ambas as componentes.

Apresentações / 52

Cosmologia Newtoniana

Autores Gabriel V Silva Vieira de Souza^{None}; Thiago Pereira^{None}

Autores Correspondentes: tspereira@uel.br, gvieira@uel.br

No presente trabalho buscamos compreender a física da formação de estruturas do universo a partir da gravitação newtoniana e da mecânica dos fluidos. Essa abordagem é justificada pelo fato de que, acima da escala de Schwarzschild de estruturas colapsadas e abaixo do raio de Hubble, os efeitos da curvatura do universo são desprezíveis. Futuramente, o formalismo será aplicado para o cálculo de espectros e bispectros da matéria em universos espacialmente anisotrópicos.

Apresentações / 53

Sloshing spirals crossed by galaxies under ram pressure stripping

Autor Elvis Mello¹

Co-autor Rubens Eduardo Garcia Machado ²

¹ *Universidade Federal do Paraná*

² *UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Autores Correspondentes: rgmachado@gmail.com, elvis.mello@outlook.com

In off-axis collisions involving galaxy clusters cold gas fronts may be induced if conditions are met, called sloshing spirals. These spirals are composed of gas removed from the cluster core, which is cool and has low entropy, forming discontinuities in temperature and density.

Galaxy properties, such as star formation rate and gas stripped, are aimed to be analyzed in order to spot the significant effects in galaxy evolution that can be caused by crossing these kinds of discontinuities.

A sequence of simulations are done using Gadget-4, an N -body simulation code that implements smoothed particle hydrodynamics. Two idealized galaxy clusters are generated and conditions are set to induce the sloshing spiral from a collision. From this a snapshot is selected when there is a well defined spiral, used subsequently as part of the initial conditions for another simulation. In this second simulation a relaxed idealized galaxy is inserted into an undisturbed region in the main cluster, heading into its core to cross the cold gas front. The same idealized galaxy is also inserted in a different region where there is no discontinuity, forming a third simulation and making it possible to isolate different interactions caused solely due to crossing the spiral in the first galaxy.

Current preliminary results suggest that ram pressure is indeed affected by the intracluster medium properties, while a more detailed analysis would provide a better picture for the effects in star formation rate.

Further simulations with better tailored conditions and resolution should allow a clearer understanding of the effects imposed by a sloshing spiral onto a galaxy crossing its temperature and density discontinuities.

Apresentações / 54

Studying the red fraction on LSST DESC DC2 and DP0 with the Wavelet Z-Photometric Cluster Finder

Autor ANDRESSA WILLE¹

¹ UTFPR

Autor Correspondente: adressawille@alunos.utfpr.edu.br

In color-magnitude diagrams of galaxy clusters is possible to distinguish two regions: the red sequence and the blue cloud. The red sequence include reddish and generally elliptical galaxies. With data from surveys and algorithms we can investigate this feature and their relation with cluster evolution. In this study we aim to study the evolution of red fraction of cluster members of Data Preview 0 and Data Challenge 2 from Legacy Survey of Space and Time identified by the Wavelet Z-Photometric Cluster Finder (WaZP), in order to evaluate its performance. We investigated color histograms and fitted gaussians to characterize the red and blue galaxy populations to calculate the red fraction. The preliminary results indicate a good agreement between the evolution of the red sequence of the samples, despite the catalogs having different types of magnitude and redshift, which may be a sign of the good performance of WaZP.

55

Abordagens modernas da educação astronômica fora da escola

Neste seminário apresentarei diferentes abordagens da educação astronômica em ambientes não formais. Vários conceitos de astronomia em áreas como: ciência moderna, educação escolar e educação extra-escolar, que muitas vezes estão relacionadas à astronomia observacional. Acredita-se que a astronomia como ciência esteja disponível desde o ensino médio. No entanto, a característica da astronomia é que qualquer pessoa possa ter contato com ela desde a infância. Assim, o conhecimento dos elementos da astronomia que ajudam a formar uma visão de mundo e explicar os objetos e fenômenos observados no céu deve começar muito cedo. A educação astronômica desde a infância, sua relação com a matemática e a física, bem como com a geografia, a química, a biologia e outras ciências podem servir de estímulo adicional ao estudo das ciências básicas na escola. Neste seminário apresento o programa original de educação astronômica fora da escola para crianças menores de 14 anos, que foi aplicado com sucesso na Escola de Astronomia Infantil de Kyiv.

Apresentações / 56

PeVatrons na Via Láctea: Identificação e mecanismos de aceleração de raios cósmicos galácticos.Autor Débora Beatriz Götz¹Co-autores Jaziel Goulart Coelho²; Rita de Cassia Dos Anjos¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR² UFES

Autores Correspondentes: ritacassia@ufpr.br, deboragotz@alunos.utfpr.edu.br, jaziel.coelho@ufes.br

Os chamados raios cósmicos são partículas carregadas que se propagam pelo espaço e chegam até a Terra com diferentes energias. Um dos maiores objetivos da astrofísica de partículas é estudar as fontes desses raios, para isso, deve-se levar em consideração as várias interações dessas partículas, como a colisão com outras partículas, o desvio de suas trajetórias pelos campos magnéticos, aceleração, entre outras. Neste trabalho são estudados os raios cósmicos galácticos, partículas vindas da nossa galáxia. Uma possível fonte de aceleração dessas partículas dentro da galáxia até energias de 10^{15} eV são os PeVatrons (PeV = 10^{15} eV). Para identificar os PeVatrons é utilizada a emissão de raios gama com energia de GeV (10^9 eV) e TeV (10^{12} eV). Foram detectadas pela colaboração H.E.S.S. prótons com energia de 0,04 PeV na região central da galáxia, essas partículas carregadas evidenciam PeVatrons nesta região. Resolvendo a equação de transporte (propagação) de raios cósmicos dentro da galáxia através do software GALPROP, tem-se como resultado a distribuição (espectro) dos raios cósmicos e raios gama, dado uma possível fonte e ajustando vários parâmetros. Fazendo essas simulações pode-se comparar os espectros de várias possíveis fontes com os dados obtidos pelos Observatórios na Terra. Com a análise dessas simulações e dados, é esperado que possamos contribuir com os estudos de PeVatrons, com sua identificação e compreensão de seus mecanismos de aceleração. Neste trabalho, apresentamos os espectros de raios cósmicos e gama de alguns PeVatrons identificados pela colaboração H.E.S.S. recentemente. Progredir nos estudos de PeVatrons irá contribuir na identificação de fontes de raios cósmicos galácticos.

Apresentações / 57

Modelo de unificação do setor escuro a partir do gás de ChaplyginAutor Kelvis Andrei Kulhcamp¹Co-autores Abraão Jessé Capistrano de Souza¹; Carlos Henrique Coimbra Araújo²¹ Universidade Federal da Integração Latino-Americana² Universidade Federal do Paraná

Autores Correspondentes: kelvisandrei@gmail.com, carlos.coimbra@ufpr.br, : abecapistrano@gmail.com

Discutiremos a possibilidade de utilizar o gás de Chaplygin generalizado como componente constituinte da energia escura e da matéria escura através de um modelo de unificação do setor escuro. Iremos comparar os resultados do modelo cosmológico Λ CDM com o modelo cosmológico de unificação com gás de Chaplygin generalizado. As análises e comparações, em um regime de *background*, estão relacionadas à evolução do parâmetro de Hubble, do parâmetro de densidade, do parâmetro de desaceleração, ao parâmetro da equação de estado e à velocidade do som do modelo proposto.

Apresentações / 58

Efeito da radiação cósmica de fundo na propagação e composição (X_{\max}) de raios cósmicos ultra-energéticos

Autor Clara Carolina de Almeida¹

Co-autor Rita de Cassia Dos Anjos

¹ *Universidade Tecnológica do Paraná*

Autores Correspondentes: 1claracarolina@gmail.com, ritacassia@ufpr.br

Os raios cósmicos ultra-energéticos (UHECR) são potenciais fontes de informação sobre os objetos astrofísicos mais extremos presentes em nosso Universo: supernovas, pulsares, núcleos galácticos ativos, Galáxias Starburst, entre outros. Ao deixarem sua fonte, os raios cósmicos se propagam pela radiação cósmica de fundo e são defletidos por campos magnéticos extragalácticos e Galácticos. As principais perdas de energia destas partículas durante sua propagação são a fotodesintegração, a produção de pares e píons, originando multimessageiros (neutrinos e raios gama) que originam cascatas em ordens de energias de GeV-TeV. Para compreender as informações que obtemos ao detectar estas partículas de altíssimas energias precisamos compreender os mecanismos de aceleração, propagação e interações destas partículas. Este trabalho busca estudar quais os processos envolvidos nesta correlação e como melhor descrevê-la utilizando análises de propagação no meio intergaláctico. Para o estudo destas interações utilizamos o programa CRPropa3, programa com código aberto para a simulação de propagação de partículas carregadas, considerando as diversas interações entre partículas com a radiação cósmica de fundo (EBL) e suas conseqüentes perdas de energia. Os resultados mostram um nível de interação altamente correlacionado à composição dos raios cósmicos (obtida através do valor de X_{\max}). Com estes resultados, esperamos contribuir para uma maior compreensão e identificação das fontes destas partículas assim como o comportamento destas partículas com as radiações cósmicas de fundo (rádio, microondas e infravermelho). Atualmente, a física de raios cósmicos é a única possibilidade de estudarmos o Universo em altíssimas energias ($> EeV$).

Apresentações / 59

Sombras de Buracos Negros

Autor Mário Raia Neto¹

Co-autor Luiz Claudio Lima Botti²

¹ *Universidade Federal de São Carlos*

² *Instituto de Pesquisas Espaciais*

Autores Correspondentes: luiz.botti@inpe.br, mraianeto@gmail.com

Em 2019 o Event Horizon Telescope (EHT) divulgara a imagem do buraco negro da galáxia Messier 87 (M87). A imagem revelou as estruturas previstas pela astrofísica e relatividade geral: discos de acreção de matéria e a região escura vulgarmente denominada “horizonte de eventos”. No presente projeto foram estudadas as trajetórias tipo-luz e tipo-tempo ao redor de um buraco negro de Schwarzschild, tal como estruturas importantes como a órbita de fótons, e a última órbita estável (Innermost Stable Circular Orbit). Dada a dinâmica orbital de raios de luz e partículas massivas, foi possível então entender teoricamente o que são sombras de buracos negros. Posteriormente, foi utilizado o pacote EinsteinPy para criar o raytracing dos raios de luz ao redor do buraco negro e determinar o aspecto da sombra destes objetos compactos.

Apresentações / 60

ACOPLAMENTO ENTRE ONDAS GRAVITACIONAIS E PLASMAS FORTEMENTE MAGNETIZADOS EM BINÁRIAS DE ESTRELAS DE NÊUTRONS

Autor ADAM SMITH GONTIJO BRITO DE ASSIS¹

¹ SEEDF

Autor Correspondente: adam.smith@edu.se.df.gov.br

A coalescência de binárias de estrelas de nêutrons produz quantidade significativa de ondas gravitacionais. A fonte GW170817 detectada pelo Advanced LIGO e Virgo associada ao GRB170817A inaugurou a astronomia multi-mensageira, confirmando o modelo de que as estrelas de nêutrons são também progenitores de eventos Gamma-Ray Bursts de curta duração. A massa total da binária detectada foi de $2,73M_{\odot}$, produziu um GRB de curta duração $2 \pm 0,5$ s e com energia isotrópica equivalente de $\sim 10^{39} - 10^{40}$ J. Essas emissões são produzidas de acordo com o modelo de *fireball*, que consiste em pares elétron-pósitron, radiação e matéria bariônica. Esta última absorve a maior parte da energia da explosão, chegando a alcançar fatores de Lorentz (γ) da ordem de 10^2-10^3 . Devido aos intensos campos magnéticos de estrelas de nêutrons e ao plasma fortemente magnetizado circundante a essas fontes de OGs, os modos Alfvén e magneto-acústico de ondas magneto-hidrodinâmicas são excitados pelas polarizações das OGs, \times e $+$, respectivamente. As ondas MHD excitadas, por sua vez, carregam energia através do plasma, sugerindo um mecanismo alternativo para a aceleração da matéria com altos fatores de Lorentz. A amplitude da OG depende da frequência do sistema, por conseguinte, a energia depositada no plasma depende da frequência da radiação gravitacional. Nós encontramos o conjunto fechado de equações que descrevem o plasma MHD ideal excitado pelas OGs emitidas pela binária de estrelas de nêutrons. Calculamos a energia transferida entre as ondas durante a fase *inspiral* da coalescência. Nossos resultados mostram que as frequências mais baixas contribuem significativamente para a absorção da energia no plasma e que, para o modo magnetossônico, a energia armazenada pode alcançar valores $\sim 10^{36}$ J, quando nós consideramos as condições do sistema GW170817 emitindo OG na faixa ~ 100 Hz até $\sim 1,61$ kHz. Com cálculo análogo, para o modo Alfvén, a energia armazenada pelo acoplamento pode alcançar valores $\sim 10^{35}$ J dentro da faixa de frequências. Mostramos que o vector de *Poynting* e a pressão de radiação produzidos pela interação da OG e plasma podem ter papéis importantes na geração do fluxo ultrarrelativístico de GRBs. A energia observada para o GRB170817A, em princípio, pode ser explicada se o ângulo θ formado entre a orientação do campo magnético ambiente e a direção de propagação das OGs é de $\pi/2$. Todos os resultados são obtidos, semi-analiticamente, para as ondas MHD interagindo coerentemente com as OGs.

Apresentações / 61

Effects of ram pressure stripping on jellyfish galaxies

Autores Caroline Fernandes de Oliveira Grinberg¹; Rubens Machado¹

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Autores Correspondentes: olifercar@gmail.com, rgmachado@gmail.com

Numerical simulations are an excellent tool to study astrophysical phenomena, considering the huge scales of time and space in which they occur. Ram pressure is an effect that galaxies crossing the intracluster medium (ICM) experience, causing the removal of the galaxy's gas, i.e. ram pressure stripping (RPS), and in more intense cases, a gas tail forms behind it, characterizing the so-called "jellyfish galaxy", in which most or all of the gas is removed. Exploring such effects can help us understand certain galaxy evolution processes. Using the GADGET-2 and GADGET-3 codes, we ran hydrodynamical N -body simulations of a galaxy moving face-on or edge-on towards the center of a galaxy cluster, including star formation in some cases, with the aim of analyzing the effects of ram pressure in this scenario. Regarding these simulations, we characterize properties of the tail of the jellyfish galaxy, such as length and mass, investigate correlations

between different variables related to the phenomenon, represent the position of the particles in a phase space, and verify characteristics of the star formation in the gas tail. We found similar gas masses in the tails of galaxies moving face-on to those moving edge-on, and this value is lower in galaxies with star formation. We identified strong correlations between the ram pressure and the gas density, for both face-on and edge-on cases, which is significant from an observational point of view, since the density can be obtained more easily than the gas velocity of the ICM gas, necessary to measure the ram pressure.

Apresentações / 62

Extragalactic Magnetic Fields and the Arrival Direction of Ultra-high-energy Cosmic Rays

Autores Cainã de Oliveira¹; Vitor de Souza²

¹ *Instituto de Física de São Carlos - IFSC/USP*

² *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo*

Autores Correspondentes: caina.oliveira@usp.br, vitor@ifsc.usp.br

Ultra-high-energy cosmic rays (UHECR) are highly relativistic charged particles, first detected in 1960s. Even after a large number of events have been collected using the Pierre Auger Observatory and the Telescope Array, the two main experiments in operation, the fundamental question remains unanswered: Where do they come from? In this work, we focus on understanding how the extragalactic magnetic field (EGMF) affects the determination of the source distribution based on the arrival directions of UHECR. Using the CRPropa3, we simulated 10^{10} protons from sources uniformly distributed until 100 Mpc. The proton momentum is randomly oriented, and the energy spectrum follows a power-law with spectral index -1 between 32 and 1000 EeV. We compare the resulting anisotropy signal detected in three EGMF models with the data published by the Pierre Auger Collaboration. We show for the first time that the EGMF can imprint its structure in the arrival direction distribution of UHECR even if the original flux leaving the sources is isotropic. Particularly, we show that some EGMF models may generate anisotropies with a dipolar amplitude and direction similar to the measured by the Pierre Auger Observatory.

Apresentações / 63

Análise observacional e experimental de espectros na região do infravermelho: detecção dos precursores químicos das bases nitrogenadas em protoestrelas Classe 0

Autor Caroline Rosa¹

Co-autores Alexandre Bergantini²; Claudia Lage¹; Eduardo Janot-Pacheco³; Laerte Andrade⁴; Marcelo Emílio⁵

¹ *Universidade Federal do Rio de Janeiro*

² *CEFET-RJ*

³ *Universidade de São Paulo*

⁴ *Universidade Estadual de Ponta Grossa*

⁵ *Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)*

Autores Correspondentes: memilio@uepg.br, cantunesbio@gmail.com

Bases nitrogenadas são moléculas biológicas centrais em processos genéticos, evolutivos e hereditários em todas as formas de vida terrestres, e, por esta razão, desempenham um papel central na

manutenção da vida na Terra. Em estudo recente, todas as bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) foram detectadas em extratos dos meteoritos de Murchison, Tagish Lake e Murray (Oba et al., 2022). Além disso, experimentos reportando a síntese de bases nitrogenadas a partir da irradiação de análogos de gelos astrofísicos contendo água, metanol, amônia e monóxido de carbono foram publicados, acentuando a plausibilidade destas moléculas se formarem em ambientes fora da Terra (Oba et al., 2019). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apontar possíveis alvos astrofísicos onde seria plausível a síntese abiótica de bases nitrogenadas e sua detecção utilizando telescópios de alta resolução espectral.

A partir de dados coletados pelo telescópio espacial Spitzer, foram tratados e analisados espectros na região do infravermelho de 10 protoestrelas classe 0, para a detecção das espécies químicas precursoras das bases nitrogenadas, sendo elas: água, metanol e amônia. Foi possível a detecção das espécies químicas nos 10 alvos analisados.

Também foram realizados experimentos em laboratório com o objetivo de construir análogos de gelos astrofísicos contendo água, metanol, amônia e monóxido de carbono em diferentes proporções, para comparação entre os dados observacionais e os dados de laboratório. Os espectros de laboratório e os espectros observacionais foram normalizados e comparados nas regiões onde se encontram as bandas de água ($\sim 6.0 \mu\text{m}$), amônia ($\sim 9.0 \mu\text{m}$) e metanol ($\sim 9.75 \mu\text{m}$). Foi possível identificar as bandas correspondentes a cada molécula de interesse com alto índice de similaridade, indicando a presença destas moléculas na fase condensada nos alvos observados.

Apresentações / 66

Testing the symmetries of the universe at sub-angular scales

Autor Ricardo Gonzatto Rodrigues¹

Co-autor Thiago Pereira ¹

¹ Universidade Estadual de Londrina

Autores Correspondentes: ricardo.gonzatto11@uel.br, tspereira@uel.br

In this project we implemented a code in C language to test the symmetries of the universe using the Cosmic Microwave Background data at all available angular scales. Making use of the mathematical tool known as Multipole Vectors, we performed tests that are independent of the angular spectrum C_l on scales with angular apertures of $\theta \ll 1^\circ$.

Apresentações / 67

The origin of the Hríd stellar stream: exploring possibilities via N-body simulations.

Autor Nicholas S. Souza¹

Co-autor Rubens E. G. Machado ²

¹ UFPR

² UTFPR

Autores Correspondentes: nicholas9357@gmail.com, rgmachado@gmail.com

Hríd is a low-latitude stream that is very difficult to detect because it is located at dense regions of the disk. Additionally, the recently discovered globular cluster (GC) VVV-CL160 has kinematic properties distinct from almost all other known GCs in our Galaxy. Surprisingly, these two objects have very similar kinematics, metallicities and are also relatively close to each other. It has been proposed that Hríd and VVV-CL160 might be related with an yet undiscovered dwarf galaxy. Hence,

this work aims to make use of N -body simulations in order to investigate the existence of links between VVV-CL160 and Hríd regarding their dynamics.

In all simulations, we have used semi-analytic models: N -body system (the clusters) immersed in analytical potentials (a realistic representation of the Milky Way's potential). We studied possible scenarios that could have led to the formation of Hríd only due to VVV-CL160. For the initial conditions, we used the known mean values of this cluster's positions and proper motions, then we explored the plausible values for its mean radial velocity in order to integrate its orbit back in time. Also, we considered orbits of 150 Myr (about its last pericentric passage), 600 Myr and 1 Gyr. Regarding the N -body models, we took into account the known structural parameters of VVV-CL160 and, as a starting point, we used two King's models with a total mass of $2 \times 10^4 M_{\odot}$, derived from an average mass-to-light ratio of approximately 2 for GCs, with 10^4 particles, but different concentrations. After this investigation, although it remains unlikely that Hríd was formed only due to this cluster, it was possible to produce streams similar to Hríd. Therefore, our preliminary results are additional arguments towards the idea that, at least, this stream and this cluster may share an intertwined history of formation and evolution, reinforcing their dynamical link.

Apresentações / 68

Rádio-galáxias como possíveis fontes de raios cósmicos ultra-energéticos

Autores Augusto Ohtuka^{None}; Rita de Cassia Dos Anjos^{None}

Autores Correspondentes: ritacassia@ufpr.br, ohtuka@alunos.utfpr.edu.br

Raios cósmicos de altíssimas energias (acima de 1 EeV) são fenômenos astrofísicos sem uma origem definida. Considera-se as rádio-galáxias próximas à Terra (< 50Mpc de distância), especialmente a Centaurus A, a M87 e a Fornax A, como as principais candidatas a fontes de raios cósmicos ultra-energéticos, resultado este mostrado pela Colaboração Pierre Auger. Raios cósmicos sofrem desvios no ambiente intergaláctico e intragaláctico, ocasionados por interações com campos magnéticos e/ou outras partículas. Neste trabalho estudamos com detalhes rádio-galáxias e descrevemos a influência das possíveis características dos ambientes de aceleração dos raios cósmicos como possíveis fontes de raios cósmicos utilizando o programa CRPRopa3. Nossos resultados são comparados com os dados do Observatório Pierre Auger para compreendermos quais mecanismos estão envolvidos na aceleração e quais os efeitos das interações das partículas provenientes destas fontes durante sua propagação pelo Universo.

Apresentações / 69

Geometria Simplética e o Problema do Tempo

Autores Sandro Vitenti¹; William Souza¹

¹ *Universidade Estadual de Londrina*

Autores Correspondentes: vitenti@uel.br, william.araujo@uel.br

Este trabalho teve como enfoque o estudo do formalismo simplético com o objetivo de entender a parametrização da dinâmica de alguns sistemas clássicos vinculados, através de diferentes escolhas de tempo. Por fim foi realizado uma revisão sob a ótica do formalismo simplético do artigo "Quantum empty Bianchi I spacetime with internal time" onde os autores lidam com o problema do tempo no contexto da gravitação quântica. Essas escolhas de tempo são caracterizadas como folheações em espaços pré-simpléticos respectivos a esses sistemas. Esse é o caso em que a ação é invariante por reparametrização do parâmetro temporal, resultando em uma hamiltoniana vinculada no espaço de fase. Nesse contexto, o trabalho se ateve ao estudo do cálculo diferencial de variedades diferenciáveis, com enfoque no fibrado cotangente, onde uma estrutura simplética canônica emerge naturalmente,

definindo uma dinâmica hamiltoniana no espaço de fase. Além disso, será explorada a característica do simplectomorfo local dos fibrados cotangentes, garantido pelo Teorema de Darboux, permitindo assim, via transformações canônicas, parametrizar os sistemas físicos para diferentes escolhas possíveis de um tempo interno ao problema. Ao final foram revisados os resultados da quantização para o universo Bianchi I no vácuo, reduzido à uma partícula livre em uma dimensão na variedade de configuração, para duas classes distintas tempos internos (tempo rápido e tempo lento). Para o caso do tempo lento evitamos a singularidade que emerge das equações de campo de Einstein quando o “volume” do universo tende a zero ($V \rightarrow 0$), pode-se também avaliar como os operadores quânticos do modelo se relacionam, e a evolução deles no espaço de fase semiclássico para diferentes escolhas de relógio referentes ao tempo lento, e por consequência avaliar a dinâmica do universo em diferentes relógios e regimes.

Apresentações / 70

Curvas de luz de estrelas B/Be com telescópios Kepler e TESS

Autor Alan Wagner Pereira¹

Co-autor Marcelo Emílio²

¹ *Observatório Nacional*

² *Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)*

Autores Correspondentes: alanpereira@on.br, memilio@uepg.br

Apesar de criados para busca sistemática de planetas, os telescópios Kepler e TESS oferecem oportunidades de estudo de diversos outros fenômenos, dos quais destacamos o estudo de variabilidade de estrelas massivas. Oscilações com período ao redor de um dia são muito comuns em estrelas B, o que historicamente dificultou o estudo dessas oscilações com observações em solo. Apresentaremos alguns métodos que nosso grupo adotou para o estudo de variabilidade de estrela tipo B, como *prewhitening* das séries temporais, uso de espectros obtidos em solo e obtenção de parâmetros físicos. Discutiremos como esses métodos possibilitam o estudo de estrelas SPB, β Cep, pulsadoras híbridas e em especial de estrelas Be. Estrelas Be clássicas são estrelas do tipo espectral B que apresentam linha de Balmer em emissão. A emissão se deve à existência de um disco de matéria ao redor da estrela. A aparição do disco está associada com eventos de ejeção de matéria, mas o mecanismo que leva à esses eventos ainda não é conhecido. Os telescópios espaciais oferecem oportunidade inédita de acompanhamento da atividade dessas estrelas e suas pulsações, que muitas evidências apontam como mecanismo fundamental na formação do disco. Discutiremos resultados das pesquisas nesse campo e nossas contribuições.