

CADERNOS DE ASTRONOMIA

ISSN 2675-4754

www.periodicos.ufes.br/astronomia

CORPO EDITORIAL

Prof. Dr. Felipe Tovar Falciano (CBPF)
ftovar@cbpf.br

Prof. Dr. Hermano Velten (UFOP)
hermano.velten@ufop.edu.br

Prof. Dr. Júlio C. Fabris (Ufes)
julio.fabris@cosmo.ufes.org

Prof. Dr. Júnior Diniz Toniato (Ufes)
junior.toniato@ufes.br

CONSELHO CIENTÍFICO

Prof. Dr. Adriano Mesquita Oliveira (Ifes)
adriano.oliveira@ifes.edu.br

Prof. Dr. José A. F. Pacheco (OCA, França)
pacheco@oca.eu

Prof. Dr. Sergio Mascarello Bisch (Ufes)
sergiobisch@gmail.com

DESIGN E LAYOUT

Julia Rocha de Oliveira
julia.oliveira.73@edu.ufes.br

Bruna da Silva Amorim Bragato
bruna.bragato@edu.ufes.br

Denis Campos Rodrigues
deniscr@gmail.com

ENDEREÇO

Núcleo de Astrofísica e Cosmologia.
Universidade Federal do Espírito Santo.
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras.
Vitória - ES. CEP 29075-010

E-mail: cadernos@cosmo-ufes.org



SOBRE A REVISTA

A revista Cadernos de Astronomia é uma publicação semestral do Núcleo Cosmo-Ufes da Universidade Federal do Espírito Santo e que conta também com recursos humanos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e da Universidade Federal de Ouro Preto (vide o Corpo Editorial).

Propõe-se a publicar artigos destinados à divulgação científica, história da ciência, ensino e pesquisa em astronomia e áreas correlatas. O objetivo é tornar acessível a um amplo público, que inclui estudantes secundários, graduandos e simpatizantes da área, o conhecimento científico relacionado à astronomia, cosmologia e gravitação.

Possuindo acesso totalmente gratuito, cada número dedica uma seção inteira a um tema específico, onde especialistas nacionais e internacionais discutem em detalhes aspectos qualitativos e quantitativos do tópico em questão.

SUBMISSÕES

A revista Cadernos de Astronomia aceita artigos inéditos versando sobre temas de divulgação científica, história da ciência, ensino e pesquisa nas áreas de astronomia, cosmologia e disciplinas afins. Além de artigos que busquem traduzir para uma linguagem simples tópicos avançados de ciências, também se aceita a submissão de textos que introduzam aspectos técnicos de temas variados visando estudantes de graduação e início de pós-graduação. Espera-se assim contribuir para a ampliação de uma bibliografia qualificada para a formação de jovens cientistas.

Para mais informações acesse:
<https://periodicos.ufes.br/astronomia/about/submissions>

ARTE DE FUNDO DA CAPA E CONTRACAPA

Imagens geradas através de inteligência artificial usando a ferramenta online Reve AI, Inc.

Carta ao Leitor

A mecânica quântica e a teoria da relatividade geral constituem os principais pilares da Física Contemporânea, tendo ambas suas origens no início do século XX. Em contraste com a teoria da relatividade geral, cuja formulação definitiva é tradicionalmente associada ao ano de 1915, com a publicação seminal de Albert Einstein que apresenta suas equações fundamentais e consolida a descrição do fenômeno gravitacional, o desenvolvimento da mecânica quântica caracteriza-se por um processo mais extenso e intrincado. A trajetória da mecânica quântica inicia-se em 1900, quando Max Planck, ao propor que a interação entre radiação e matéria ocorre de forma discreta, resolve a discrepância observada no espectro de radiação do corpo negro entre os dados experimentais e as previsões clássicas. Essa hipótese introduz a constante de Planck, atualmente designada como h , que se tornou um símbolo dos fenômenos quânticos. Nos anos subsequentes, a proposta de quantização foi ampliada a outros contextos: em 1905, foi aplicada ao efeito fotoelétrico, e em 1913, Bohr utilizou o conceito nos níveis de energia do átomo de hidrogênio. O efeito Compton, descoberto em 1923, contribuiu decisivamente para elucidar a natureza da interação entre luz e partículas. Em 1924, Louis de Broglie introduz a noção de dualidade onda-partícula, segundo a qual tanto a radiação eletromagnética quanto partículas como o elétron podem exibir comportamentos ondulatórios ou corpusculares, dependendo do experimento realizado. Finalmente, entre 1925 e 1927, a mecânica quântica assume sua forma moderna, com a formulação de suas equações fundamentais e de sua estrutura matemática característica, a partir dos trabalhos fundamentais de pesquisadores como Heisenberg, Jordan, Schrödinger, Dirac, entre outros.

Apesar deste longo processo de gestação, o ano de 2025 foi escolhido para se comemorar o centenário do surgimento da mecânica quântica e as incríveis tecnologias que dela emergiram. O motivo pode ser atribuído às publicações de Jordan e Heisenberg no ano de 1925, que estabeleceram os princípios sobre os quais a mecânica quântica adquiriria seu formato atual, aquele que encontramos nos principais livros-texto da área. Com este novo número, os *Cadernos de Astronomia* também participam dessa importante celebração, apresentando uma seção temática dedicada aos fenômenos quânticos, com uma ênfase especial em suas aplicações à astrofísica e cosmologia, mas também discutindo os fundamentos e as particularidades da física quântica.

A discussão sobre se a mecânica quântica já possui uma formulação definitiva ou ainda está em processo de construção surge com frequência. O chamado problema da medida, por exemplo, que trata de como — e por que — o ato de medir uma grandeza faz um sistema quântico “escolher” um único resultado observável entre as várias possibilidades existentes inicialmente. Esse mistério revela que a teoria talvez ainda busque uma formulação mais abrangente, capaz de conectar melhor o mundo quântico e o mundo clássico. O Prêmio Nobel de Física deste ano de 2025 foi concedido a pesquisas que exploram a manifestação de fenômenos tipicamente quânticos

em sistemas de tamanho intermediário (nem microscópicos, nem propriamente macroscópicos). Isso reflete bem essa busca por uma compreensão mais profunda da mecânica quântica, e uma nota científica é publicada ao fim desta edição com comentários de alguns dos maiores especialistas brasileiros no assunto.

Apresentam-se neste número as traduções comentadas de dois textos clássicos. A primeira é do artigo de Werner Heisenberg, publicado em 1925 — um marco que motivou a escolha de 2025 como o [Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quântica](#) — e que, agora, ganha sua primeira versão em português nas páginas dos Cadernos de Astronomia. Trata-se de um texto notoriamente desafiador, tanto por seus aspectos conceituais quanto pelo esforço de distinguir as ideias fundamentais da nova mecânica quântica em relação à física clássica. Ainda assim, é uma leitura essencial para quem deseja compreender os alicerces teóricos dessa revolução científica. A segunda tradução cumpre o papel de valorizar o trabalho pioneiro de Guido Beck, também publicado há cem anos, no estudo de ondas gravitacionais. É um artigo que apresenta a primeira solução exata da relatividade geral que descreve o transporte de energia por ondas gravitacionais.

O presente número dos CdA traz também um artigo que introduz o método de formação de estruturas do universo considerando os halos de matéria escura, e um artigo sobre a determinação da distância até a Grande Nuvem de Magalhães com o uso de dados de estrelas Cefeidas. Na Seção Ensino, um trabalho aborda a acessibilidade na prática da astronomia e com o uso de inteligência artificial. Por fim, uma nota científica discute uma das mais relevantes novidades científicas recentes, como a detecção dos chamados pequenos pontos vermelhos (*little red dots*, na terminologia inglesa), resultado das observações do universo jovem obtidas através do telescópio James Webb.

Boa leitura.

Os editores

Sumário

Seção Temática - Efeitos Quânticos na Astrofísica e Cosmologia

A sinfonia matemática do mundo quântico

Giuseppe Dito 6

A mecânica quântica em construção

Nelson Pinto Neto 16

Efeitos quânticos em espaços curvos: do conceito de partícula à teoria de campos

Sandro Dias Pinto Vitenti 27

Testes de gravitação quântica no laboratório

Francisco Bento Lustosa 42

Efeitos quânticos na gravitação e em análogos gravitacionais

Lucas Tobias de Paula, Murillo Spadin Domingues e Maurício Richartz 62

O paradoxo da (des)informação em buracos negros

André G. S. Landulfo 72

O problema do tempo na gravitação e cosmologia quânticas

Leonardo Chataignier 87

Teoria do funcional da densidade: fundamentos, desafios e novos horizontes na mecânica quântica de átomos, moléculas e sólidos

Matheus S. Barbosa et al. 110

Degenerescência quântica e anãs brancas

M. Moriconi e R. Negreiros 139

Seção Divulgação Científica, Ciência e Sociedade

Niède Guidon, a Serra da Capivara e os registros celestes na arte rupestre: ciência, cultura e arqueoastronomia na caatinga piauiense

Viviana Borges Corte e Rizalva dos Santos Cardoso Rabelo 162

Seção Artigos

Formação e evolução de estruturas em grande escala sob a perspectiva de modelos de halo

Emanuelly Silva e Rafael C. Nunes 171

Medindo a distância à Grande Nuvem de Magalhães usando Cefeidas tipo II

Anna Carolyn B. Breda, Adriano M. Oliveira e Augusto C. T. Monteiro 181

Seção Ensino

Inovação na acessibilidade em astronomia: automação de telescópio e descrição de astros com inteligência artificial

Aloisio de Sousa Oliveira et al. 188

Seção Textos Clássicos

Tradução comentada do artigo de Heisenberg, “Sobre a reinterpretação das relações cinemáticas e mecânicas na teoria quântica”

Júlio C. Fabris e Oliver F. Piattella 194

Um pioneiro esquecido: Guido Beck e a previsão da existência de ondas gravitacionais

Alexandre Sampaio da Cruz, Rafael Velloso e Antonio Augusto Passos Videira 209

Notas

O Prêmio Nobel de Física de 2025

Júlio C. Fabris 226

Pequenos pontos vermelhos

Stéfani Faller 229