

Página intencionalmente deixada em branco

Capa da Revista Sitientibus Série Ciências Físicas
Cover of the Sitientibus Journal *Physical Science Series*



Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Reitora: Amali de Angelis Mussi

Vice-Reitora: Evanilda Souza de Santana Carvalho



Departamento de Física – DFIS

Diretor: Dagoberto da Silva Freitas

REVISTA SITIENTIBUS SÉRIE CIÊNCIAS FÍSICAS
SITIENTIBUS JOURNAL PHYSICAL SCIENCE SERIES

Editor Geral
General Editor

Dr. Franz Peter Alves Farias

Departamento de Física – UEFS

Comitê Editorial
General Committee

Dr. Álvaro Santos Alves

Departamento de Física – UEFS

Dr. Milton Souza Ribeiro, Miltão

Departamento de Física – UEFS

Dr. Franz Peter Alves Farias

Departamento de Física – UEFS

Corpo Editorial
Editorial Board

Dr. Ademir Eugênio de Santana

Instituto de Física – UnB

Dr. Antônio Delson Conceição de Jesus

Departamento de Física – UEFS

Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Departamento de Física – UEFS

Dr. Eduardo Brescansin de Amôres

Departamento de Física – UEFS

Dr. Franz Peter Alves Farias

Departamento de Física – UEFS

Dr. Gilney Figueira Zebende

Departamento de Física – UEFS

Dr. José Carlos Oliveira de Jesus

DCET – UNEB

Dra. Katemari Diogo da Rosa

Instituto de Física – UFBA

Dr. Marildo Geraldete Pereira

Departamento de Física – OAA – UEFS

Dr. Mirco Ragni

Departamento de Física – UEFS

Dr. Rainer Karl Madejsky

Departamento de Física – UEFS

Dr. Roberto Rivelino de Melo Moreno

Instituto de Física – UFBA

Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin

Departamento de Física – UEFS

Dr. Álvaro Santos Alves

Departamento de Física – UEFS

Dr. Antônio Ferreira da Silva

Instituto de Física – UFBA

Dr. Dielson Pereira Hohenfeld

Instituto Federal de Educação Tecnológica – IFBA

Dr. Érico Gonçalves de Figueiredo

CETENS – UFRB

Dr. Germano Pinto Guedes

Departamento de Física – UEFS

Dr. José Abdalla Helayël-Neto

P&D COSMO – CBPF

Dr. José David Manguera Vianna

Instituto de Física – UnB

Dra. Maria Cristina M. Penido

Instituto de Física – UFBA

Dr. Milton Souza Ribeiro, Miltão

Departamento de Física – UEFS

Dr. Paulo César da Rocha Poppe

Departamento de Física – OAA – UEFS

Dr. Roberto Fernandes Silva Andrade

Instituto de Física – UFBA

Dr. Thierry Jacques Lemaire

Instituto de Física – UFBA

Dr. Zolacir Trindade de Oliveira Júnior

Depto. de Ciências Exatas e Tecnológicas – UESC

Árbitros *Ad Hoc* para este volume
***Ad Hoc* Referees for this issue**

Dr. Fredson Braz Matos dos Santos
Departamento de Física – UEFS



Universidade Estadual de Feira de Santana
Departamento de Física



REVISTA SITIENTIBUS

Série Ciências Físicas

SITIENTIBUS JOURNAL
Physical Science Series

ISSN: 2675–3286 (Online)

Esta revista é dedicada a publicação de artigos de pesquisa, artigos resumos de monografias, resenhas de livros e cartas ao editor nas áreas da Física.

This journal is dedicated to the publication of research articles, summaries of dissertations, book reviews as well as letters to the editor in the field of Physics.

Revista Sitientibus *Série Ciências Físicas*, Feira de Santana, Vol. 19, Jan.– Dez. 2023

Página intencionalmente deixada em branco

REVISTA SITIENTIBUS

Série Ciências Físicas

VOLUME 19, JANEIRO – DEZEMBRO DE 2023

Sitentibus Série Ciências Físicas é uma publicação anual da Universidade Estadual de Feira de Santana, editorada sob a responsabilidade do Departamento de Física.

Índice

Editorial ix

Física Atômica e Molecular

Implementação de uma caminhada quântica em um ciclo de quatro nós utilizando um método alternativo com base na porta Swap scf20231905-1

Dagoberto S. Freitas, Aisis R. Barbosa

Teoria da Relatividade e Gravitação

Deslocamento perpendicular à direção do movimento na teoria da relatividade especial scf20231910-1

Davi Antonio Assunção, Samuel Soltau

Instruções aos Autores 45

Página intencionalmente deixada em branco

SITIENTIBUS JOURNAL

Physical Science Series

VOLUME 19, JANUARY – DECEMBER, 2023

Sitentibus Physical Science Series is an annual publication of the State University of Feira de Santana,
published under responsibility of the Physics Department.

Contents

Editorial	xi
Atomic and Molecular Physics	
Implementation of a quantum walk in a cycle of four nodes using an alternative method based on the Swap gate	scf20231905-1
<i>Dagoberto S. Freitas, Aisis R. Barbosa</i>	
Theory of Relativity and Gravitation	
Perpendicular displacement to the direction of motion in special relativity theory	scf20231910-1
<i>Davi Antonio Assunção, Samuel Soltau</i>	
Instructions to Authors	47

Página intencionalmente deixada em branco

Apresentamos o décimo nono volume da *Revista Sitientibus Série Ciências Físicas*, do Departamento de Física da UEFS. Nosso empenho é o de renovar a missão da revista de constituir-se num espaço para a divulgação dos trabalhos científicos desenvolvidos tanto por professores quanto estudantes de Física da UEFS, quanto de outras instituições.

Este volume conta com artigos nas áreas da Física Atômica e Molecular, e da Teoria da Relatividade e Gravitação. Esta última seção foi incluída para destacar a demanda de trabalhos submetidos à revista nesta área do conhecimento.

Intitulado *Implementação de uma caminhada quântica em um ciclo de quatro nós utilizando um método alternativo com base na porta Swap*, o artigo de autoria de Dagoberto S. Freitas e Aisis R. Barbosa, foca a questão da implementação de uma caminhada quântica de tempo discreto, baseada na moeda de Hadamard, com a reali-

zação de simulações de algoritmos através da *framework Qiskit* e de um processador real disponibilizado pela IBM através de acesso remoto. As simulações obtidas apresentam probabilidades satisfatórias.

Por sua vez, o artigo da seção da Teoria da Relatividade e Gravitação, *Deslocamento perpendicular à direção do movimento na teoria da relatividade especial*, de autoria de Davi A. Assunção e Samuel Soltau nos traz a discussão acerca da quantidade de movimento de um projétil lançado perpendicularmente contra um alvo, a partir da perspectiva de observadores em dois referenciais distintos, buscando desenvolver a intuição física e a habilidade no uso das equações e conceitos Relatividade Especial.

Uma vez mais, nossos agradecimentos a todos e todas que contribuíram com mais esse volume da revista, ao tempo em que desejamos uma proveitosa leitura!

Franz A. Farias
Editor Geral

Página intencionalmente deixada em branco

We present the eighteenth volume from *Sitientibus Journal Physical Science Series*, from the Department of Physics at UEFS. Our commitment is to maintain the journal's mission of becoming a space for the dissemination of scientific works developed both by professors and students of Physics at UEFS, as well as other institutions.

This edition we have articles in Atomic and Molecular Physics section, as well as in Theory of Relativity and Gravitation. This last section was included to taking into account the demand of works submitted to our journal in this knowledge area.

Entitled *Implementation of a quantum walk in a cycle of four nodes using an alternative method based on the Swing gate*, this article have authors Dagoberto S. Freitas and Aisis R. Barbosa, and brings to us the discussion of a quantum walk in discrete time based on Hadamard

coin. The simulations taken in a real processor through the IBM facility by remote access and using algorithms on Oiskit framework they have been showing satisfactory probabilities.

The article in the Theory of Relativity and Gravitation section, *Perpendicular displacement to the direction of motion in special relativity theory*, from Davi A. Assunção and Samuel B. Soltau shows a discussion about the quantity of motion of a projectile launched perpendicularly against a target, from the perspective of observers in two different frames of reference, and seeks to develop physical intuition and the ability to use Special Relativity equations and concepts.

We renewed our thanks to all who contributed with this volume of the journal, and we wish to everyone fruitful readings!

Franz A. Farias
General Editor

Página intencionalmente deixada em branco

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Sitientibus Série Ciências Físicas, revista do Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, publica trabalhos científicos originais dedicados a qualquer ramo da Física, além de artigos de resumo de monografias, resumos de teses/dissertações, revisões de livros e cartas aos Editores.

Os artigos devem estar redigidos em português ou inglês. Os trabalhos devem ser submetidos pelo autor através de seu prévio cadastro na página da revista (<http://periodicos.uefs.br/index.php/SSCF>) com envio dos dados solicitados, seguindo as normas detalhadas a seguir.

Para submissão de artigo, o autor deve baixar da página da revista **Sitientibus Série Ciências Físicas**, <http://periodicos.uefs.br/index.php/SSCF> o arquivo ‘Modelo para Autor’ em formato LaTeX, preferencialmente utilizando o estilo RevTeX 4. Neste arquivo constam campos a serem preenchidos como nome, endereço da instituição do(s) autor(es), e-mail para contato, título do trabalho e tradução do título para o inglês, resumo (com um máximo de 150 palavras), abstract, palavras-chaves (com um número mínimo de três e máximo de cinco) e key-words, a tradução para o inglês das palavras-chaves. O espaço dedicado ao corpo do artigo também está destacado.

Ainda no arquivo ‘Modelo para Autor’ são colocados exemplos dos variados comandos em LaTeX para inserção de figuras, tabelas, equações e referências. A formatação das equações e referências também é exemplificada no supracitado arquivo. Explicitamos a seguir os formatos. As referências devem ser sequenciadas, i.e., citadas de acordo com a ordem com que aparecem no texto.

1. **Na primeira página** devem constar: a) título do artigo, b) versão em inglês do título do artigo, c) nome(s) do(s) autor(es), endereços profissional e eletrônico, instituição a que pertence(m).
2. **Resumo e Abstract**, cada um com no máximo 150 palavras, incluindo objetivo, método e resultado. Após o resumo e o abstract seguem as **Palavras-chave** e **Keywords**, cujo número aceito é de um mínimo de três e um máximo de cinco. **Cabe aos autores enviar traduções de boa qualidade para a adequada aceitação do trabalho.**
3. **Manuscritos**: os artigos devem ser digitados utilizando o editor científico LATEX com o estilo RevTeX 4. Para montar o artigo é disponibilizado aos autores um artigo padrão contendo os comandos que definem a formatação geral do artigo.
4. **Figuras, Tabelas e Gráficos**: Toda e qualquer figura, tabela ou gráfico deve ser enviado no formato JPG (máxima qualidade) ou PDF. As fi-

guras, tabelas e gráficos pequenos (comparativamente ao tamanho do papel A4) podem ser enviados já inseridos no corpo do trabalho. Quando forem grandes (comparativamente ao tamanho do papel A4), devem ser enviados separadamente do corpo do artigo.

5. Não é necessário destacar um campo para as referências. O compilador LaTeX automaticamente define o campo a partir dos comandos *thebibliography* e das entradas para citação *bibitem*. Veja os exemplos abaixo:
 - a) Artigo de periódico sem o título explicitado:
D.C. McCollum, J. Callaway. Phys. Rev. Lett. **9**, (9) 376 (1962).
A notação no final acima é volume em negrito, separado do restante por uma vírgula. Número da publicação entre parênteses, página inicial do artigo e ano da publicação entre parênteses.
 - b) Artigo de periódico com o título explicitado:
D.C. McCollum, J. Callaway, *Spin-Wave Contribution to the Specific Heat of EuS*. Phys. Rev. Lett. **9**, (9) 376 (1962).
 - c) Livro com um autor:
R. Boczko, *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blucher (1984).
 - d) Livro com vários autores:
A.C.S. Friaça, E. Dal Pino, L. Sodré Jr., V. Jatenco-Pereira, *Astronomia: Uma Visão Geral do Universo*. São Paulo: EDUSP (2003).
 - e) Capítulo de livro:
S.L. Ferreira, *A internet como espaço de construção de conhecimento*. In: L. Alves, C. Nova (orgs.), *Educação e Tecnologia*. Salvador: EDUNEB (2003).
 - f) Artigo de Jornais:
R. Drewnick, *Tipos muito esquisitos: Como quem lê é visto por quem não lê*. Veja Bahia, Salvador 06 jan. (1993).
 - g) Trabalho publicado em Congresso, Encontro, Simpósio:
C.S. Cardassi, *Geometria de Espaços de Banach e Novos Ideais Clássicos de Operadores*. In: Colóquio Brasileiro de Matemática, 16^o, Ata, 1988. Rio de Janeiro: IMPA (1988).

h) Instruções Normativas, Resoluções, Decretos, Leis: Bahia. Lei nº 8352 de 12 de setembro de 2002. *Dispõe sobre o Estatuto do Magistério Público de Nível Superior*. Salvador – BA. Legislação Estadual.

i) Monografias, dissertações e teses:

V.A.F. Martin, *Contribuição ao estudo dos efeitos sistemáticos, sistemas de referência e movimentos próprios*. Tese (Doutorado) – Instituto Astronômico e Geofísico da USP, São Paulo (1998).

As notas de rodapé devem ser tratadas como citações ordinárias, sequenciadas pela ordem de apresentação e

aparecem no campo de referências do artigo.

As colaborações encaminhadas à revista são submetidas à análise do Corpo Editorial, atendendo os critérios das normas de editoração aqui apresentadas e de seleção de conteúdo. A análise é realizada sem identificação do(s) autor(es) para preservar a isenção e neutralidade da avaliação.

O texto do artigo, seu teor gramatical e redação científica, independente de idioma, são de inteira responsabilidade do(s) seu(s) autor(es).

Versão atualizada em Setembro/2023.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Sitentibus *Physical Science Series*, a journal of the Physics Department from the State University of Feira de Santana (UEFS), publishes original scientific work dedicated to any field of Physics, as well as summaries of dissertations, book reviews and letters to the Editor.

The articles must be written in Brazilian Portuguese or English. The article must be submitted by the author through your previous register in the journal site (<http://periodicos.uefs.br/index.php/SSCF>) with the data required, according to the rules detailed below.

To make easier the submission of an article, we offer a template file in LaTeX code named ‘Template for Author’ and preferably in RevTeX 4 style, available at the journal site (<http://periodicos.uefs.br/index.php/SSCF>). In this file there are fields to be filled by the author with his/her name, institution(s) address(es) of author(s), electronic mail for contact, title of the work and translation to Brazilian Portuguese, abstract (with a maximum of 150 words), keywords (with a minimum of three and a maximum of five), summary in Brazilian Portuguese and the translation of the keywords to Brazilian Portuguese. The body of the article has a dedicated space for it there.

In the file ‘Template for Author’ there are examples of many commands in LaTeX like insertion of figures, tables, equations and citations. The formatting of equations and citations also is exemplified in that file. We detail below this formatting. The citations must be put in sequence, i.e., cited according to the order of appearance.

1. **On the first page** must appear: a) article title, b) English version of article title, c) author(s) name(s), permanent address and electronic mail, institution to which belongs each author.
2. **Abstract and Summary in Brazilian Portuguese**, each one with a maximum of 150 words, including objective(s), method(s) and result(s). Abstract and Summary in Brazilian Portuguese should be followed by **Keywords** and **Palavras-chave** respectively, with a minimum number of three and maximum of five. **The authors are encouraged to send acceptable translations in order to get the approval of the article.**
3. **Manuscripts:** the articles should be typed using the LaTeX scientific editor using the RevTeX 4 style. To prepare the article we provide a template containing the commands which define the general formatting of the article.
4. **Figures, Tables and Graphics:** Any figure, table or graphic should be sent in JPG (better qual-

ity) or PDF format. When the figures, tables and graphics are smaller than A4, they can be sent within the body of the article. When they are bigger than A4, they must be sent on a separate file.

5. It is not necessary to create a reference section. The LaTeX compiler automatically defines a field from the command *thebibliography* and the entries of citations *bibitem*. See the examples below:
 - a) Article from a journal without title:
D.C. McCollum, J. Callaway. Phys. Rev. Lett. **9**, (9) 376 (1962).
The number of the volume is written in bold font, detached from the rest by a colon. The issue of the volume in parenthesis, first page of the article and the year of the publication in parenthesis.
 - b) Article from a journal with title:
D.C. McCollum, J. Callaway, *Spin-Wave Contribution to the Specific Heat of EuS*. Phys. Rev. Lett. **9**, (9) 376 (1962).
 - c) Book from a single author:
D.J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*. New Jersey: Prentice Hall, Inc. (1995).
 - d) Book with several authors:
J.O. Bennett, M.O. Donahue, N. Schneider, M. Voit, *The Cosmic Perspective with Mastering Astronomy*. 4th Ed. San Francisco: Benjamin Cummings (2006).
 - e) Chapter of a book:
S.L. Ferreira, *A internet como espaço de construção de conhecimento*. In: L. Alves, C. Nova (orgs.), *Educação e Tecnologia*. Salvador: EDUNEB (2003).
 - f) Article from a newspaper:
R. Drewnick, *Tipos muito esquisitos: Como quem lê é visto por quem não lê*. *Veja Bahia*, Salvador 06 jan. (1993).
 - g) Article presented at Congress, Meeting, Symposium:
C.S. Cardassi, *Geometria de Espaços de Banach e Novos Ideais Clássicos de Operadores*. In: Colóquio Brasileiro de Matemática, 16^o, Ata, 1988. Rio de Janeiro: IMPA (1988).
 - h) Normative Statements, Resolutions, Decrees, Laws:
Bahia. Lei n^o 8352 de 12 de setembro de 2002. *Dispõe sobre o Estatuto do Magistério Público de Nível Superior*. Salvador – BA. Legislação Estadual.

i) Monographs, Dissertations and Theses:

V.A.F. Martin, *Contribuição ao estudo dos efeitos sistemáticos, sistemas de referência e movimentos próprios*. Tese (Doutorado) – Instituto Astronômico e Geofísico da USP, São Paulo (1998).

Footnotes should be treated like simple citations, and should follow the sequence of order of appearance, as they are automatically placed in the appropriate position of the article.

The articles submitted to the journal are subject to analysis by the Editorial Board, observing the criteria of the standards presented here and the publisher's selection of contents. The analysis is done without author's identification in order to guarantee an objective appraisal.

The body of the article, its content and opinions, independently of language, are the responsibility of the author(s).

Updated version at September, 2023.

Projeto Gráfico da Capa da Revista Sitientibus *Série Ciências Físicas*

Graphics Project for the Cover of the Sitientibus Journal *Physical Science Series*

Estagiário: Daniel de Jesus Ferreira

Orientador: Prof. Esp. Robérico Celso Gomes dos Santos

NÚCLEO DE DESENHO E ARTES – DLA – UEFS