

# I Bahia Theoretical Physics Workshop

Itapetinga, Bahia

May 28, 29 and 30, 2024



# Welcome to the I BTPW in Itapetinga!

The I Bahia Theoretical Physics Workshop (I BTPW) brings together researchers working in theoretical and mathematical physics with all sorts of connections to the Brazilian Bahia state. Whether possessing original roots, being currently based or involved in scientific collaborations in Bahia, we welcome working scientists colleagues to gather around and share their recent academic interests and discoveries within the art of mathematical theoretical model construction and exploration to describe the observed behaviour and intricacies of our physical world. In this first BTPW edition, it is a pleasure to shelter lectures, communications and poster presentations on extended uncertainty relations, Lie algebras, quantum and black hole thermodynamics, timbre, quantum field theory, constrained hamiltonian systems, holographic QCD, relativistic fluids, SUSYQM, coherent states and position dependent mass problems. We wish a warm and profitable scientific meeting to all participants, fostering a health interplay among the different conference topics leading to mutual benefits and further developments in theoretical physics.

Edilson Ferreira Batista, Ignacio Sebastián Gomez, Pedro Javier Gómez Jaime, João Alfíeres Andrade de Simões dos Reis, Camila Messias Barbosa dos Santos, Letícia Lisboa dos Santos and Ronaldo Thibes

The Organizing Comitee

	Monday (May 27)	Tuesday (May 28)	Wednesday (May 29)	Thursday (May 30)
14.30	Registration	Opening	L. A. H. Mamani	J. J. Correia
15.00	Registration	A. S. Martinez	J. Ananias Neto	B. G. da Costa
16.00		R. L. Rodrigues	C. M. B. Santos	A. S. Miranda
16.30		Coffee break	Posters+CB	Coffee break
17.00		L. L. dos Santos	Posters+CB	M. B. Menezes
17.30		P. S. Correia	E. F. Batista	R. Thibes
18.00		P. J. G. Jaime	W. D. Morais	Closing
18.30 19.00		J. G. G. Oliveira Jr.	J. J. Correia	



# Contents

<b>Welcome to the I BTPW in Itapetinga!</b>	<b>iii</b>
<b>Tuesday</b>	<b>1</b>
Opening Ceremony ( <i>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia</i> ) . . . . .	1
Soluções de sistemas simples da mecânica quântica deformada baseada em um novo princípio de incerteza estendido ( <i>Alexandre Souto Martinez</i> )	1
Técnica Algébrica de Supersimetria em Mecânica Quântica Relativística ( <i>Rafael de Lima Rodrigues</i> ) . . . . .	2
Non-Minimal Planar Electrodynamics and Applications in Condensed-Matter Systems ( <i>Letícia Lisboa dos Santos</i> ) . . . . .	2
Inferência de Estados Quânticos a partir de Descrições Efetivas: Análise e Aplicações em Termodinâmica Quântica ( <i>Pedro Silva Correia</i> ) . . . . .	3
Percepção timbrística do Lá: das consonâncias aos descritores timbrísticos de González e Prati ( <i>Pedro Javier Gómez Jaime</i> ) . . . . .	3
Técnicas de Álgebra de Lie na Solução de Problemas da Mecânica Quântica ( <i>José Geraldo Gonçalves de Oliveira Júnior</i> ) . . . . .	4
<b>Wednesday</b>	<b>5</b>
Transport properties in holographic QCD ( <i>Luis Alex Huahuachampi Mamani</i> ) . . . . .	5
Termodinâmica de buracos negros e entropia dual de Kaniadakis ( <i>Jorge Ananias Neto</i> ) . . . . .	5
Análise do movimento relativístico cônico como um sistema de segunda classe ( <i>Camila Messias Barbosa Santos</i> ) . . . . .	6
Flow equations for the Nambu-Jona-Lasinio (NJL) model ( <i>Edilson Ferreira Batista</i> ) . . . . .	6
Método gauge-unfixing aprimorado no modelo protótipo de segunda classe ( <i>Widervan de Deus Moraes</i> ) . . . . .	7
Significação das Equações de Maxwell ( <i>Jornandes Jesús Correia</i> ) . . . . .	7
<b>Thursday</b>	<b>9</b>
Uma Representação E-Digraph para as Energia Potenciais da Termodinâmica ( <i>Jornandes Jesús Correia</i> ) . . . . .	9
Estados coerentes para osciladores deformados com massa efetiva dependente da posição ( <i>Bruno Gomes da Costa</i> ) . . . . .	9

Dinâmica de fluidos relativísticos em um frame hidrodinâmico geral: relações de dispersão e coeficientes de um plasma dual ( <i>Alex dos Santos Miranda</i> ) . . . . .	10
Fatoração e Hierarquia de Hamiltonianos na Mecânica Quântica Simplética ( <i>Miralvo Bispo de Menezes</i> ) . . . . .	11
The massive Fierz-Pauli Lagrangian from the string theory Siegel-Zwiebach action – assuring a smooth massless limit propagator with finite-field-dependent BRST transformations ( <i>Ronaldo Thibes</i> ) . . . . .	12
Closing Ceremony ( <i>Organizing Committee</i> ) . . . . .	12
<b>Author Index</b>	<b>13</b>

# Tuesday

## Opening Ceremony

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Opening of the First Bahia Theoretical Physics Workshop. Itapetinga campus of Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

---

— Opening —  
Tuesday  
14:30 pm  
May 28 2024

## Soluções de sistemas simples da mecânica quântica deformada baseada em um novo princípio de incerteza estendido

Alexandre Souto Martinez

Universidade de São Paulo - FFCLRP/USP  
Departamento de Física e Matemática - Ribeirão Preto, SP

— P 1 —  
Tuesday  
15:00 pm  
May 28 2024

Transformações integrais servem como ferramentas matemáticas potentes para converter funções entre diferentes domínios, oferecendo uma maneira versátil de analisar sistemas a partir de perspectivas variadas devido à sua linearidade e invertibilidade. Aqui, introduzimos um novo núcleo para uma transformação integral, que desempenha um papel fundamental na definição de um princípio de incerteza estendido. Nosso núcleo de transformação integral proposto expande significativamente a aplicabilidade de funções exponenciais generalizadas dentro da mecânica estatística não aditiva, permitindo que essas funções abranjam valores negativos ou complexos. Além disso, demonstra analiticidade por ser mapeável para a transformada de Fourier padrão dentro do plano complexo. As funções derivadas deste novo núcleo, denominadas ‘funções deformadas’, exibem propriedades que lembram funções trigonométricas (hiperbólicas e circulares). Essas funções deformadas se apresentam como soluções para sistemas simples dentro do arcabouço da álgebra quântica deformada, alinhando-se com o princípio de incerteza estendido que introduzimos. Nosso trabalho se concentra em estender o formalismo da mecânica quântica por meio de um princípio de incerteza inovador, aproveitando transformações integrais e núcleos especializados para gerar funções deformadas que aderem a este princípio estendido e exibem características semelhantes às funções matemáticas bem conhecidas.

---

# Técnica Algébrica de Supersimetria em Mecânica Quântica Relativística

— C01 —  
Tuesday  
16:00 pm  
May 28 2024

Rafael de Lima Rodrigues

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG - Cuité, PB

Em teoria de campos a supersimetria (SUSY) é uma transformação que relaciona as partículas bosônicas e fermiônicas em um único multiplete. Em mecânica ela relaciona os estados quânticos, os operadores têm uma representação em termos dos operadores de momento linear e da coordenada posição. Em teoria de campos os operadores não têm representação e fazem partes dos próprios campos. Devido a analogia com a álgebra SUSY em teoria de campos dizemos que existe uma supersimetria em mecânica quântica. A SUSY foi aplicada primeiro para resolver a equação de Schrödinger, que governa a mecânica quântica não-relativística. Apresentaremos uma comunicação oral, dividida em duas partes: i) SUSY em MQ não-relativística e o caso relativístico. A técnica algébrica supersimétrica será utilizada para resolver a equação de Dirac para um potencial em 3 dimensões.

---

# Non-Minimal Planar Electrodynamics and Applications in Condensed-Matter Systems

— C02 —  
Tuesday  
17:00 pm  
May 28 2024

Letícia Lisboa dos Santos

Universidade Federal do Ceará  
DF/UFC, Campus do Pici - Fortaleza, CE

In this work, we consider a planar electrodynamics endowed with Lorentz-violating higher derivative terms. The Lorentz-violating contributions are constructed by following the procedure of the nonminimal Standard-Model Extension, which is based on an operator series of an increasing number of derivatives. Based on these studies, we propose a nonminimal planar electrodynamics by including higher derivatives into the CS term. To do so, the third-rank tensor  $\kappa_{\epsilon\mu\rho}$  is generalized to a tensor-valued background operator, say  $\hat{Q}^{\mu\nu\rho}$ , which implies Lorentz violation in  $(2+1)$ -dimensional spacetime. The latter is suitably contracted with an increasing number of additional derivatives. In the following, after examining basic aspects of the higher-derivative structure, we propose a general Lagrange density containing the usual Maxwell and CS terms, which encompasses several possibilities of planar models. After several analyses, we made the connection with condensed-matter systems. Predictions on momentum- and direction-dependent corrections of the Hall resistivity are made at the level of effective field theory, which could be tested in experiments. Thus, the  $(2+1)$ -dimensional models proposed are potentially applicable to model electromagnetic phenomena in certain planar condensed-matter systems.

---



## **Inferência de Estados Quânticos a partir de Descrições Efetivas: Análise e Aplicações em Termodinâmica Quântica**

Pedro Silva Correia

PROFÍSICA/UESC

Universidade Estadual de Santa Cruz - Ilhéus, BA

— C03 —

Tuesday

17:30 pm

May 28 2024

A caracterização de sistemas físicos depende das propriedades observáveis acessíveis. Neste trabalho, considerando acesso apenas a propriedades efetivas ('coarse-grained'), analisamos duas metodologias para inferir estados a um sistema quântico. Especificamente, comparamos o método do Princípio da Máxima Entropia (MEP), notável por sua capacidade de inferir o estado quântico que maximiza a entropia de von Neumann respeitando as restrições conhecidas, com um método recentemente proposto e inspirado na inferência Bayesiana, chamado Mapa de Atribuição Média ('Average Assignment Map'). Embora as descrições atribuídas ao sistema subjacente por ambos os métodos respeitem as restrições observacionais e compartilhem as mesmas bases conceituais, em geral, diferem nos estados atribuídos. Discutimos a física por trás dessas diferenças e exploramos suas consequências na termodinâmica quântica, particularmente na descrição do trabalho realizado por um sistema em processos termodinâmicos e na aplicação da segunda lei da termodinâmica.

---

## **Percepção timbrística do Lá: das consonâncias aos descritores timbrísticos de González e Prati**

Pedro Javier Gómez Jaime

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

DCEN/UESB - Itapetinga, BA

— C04 —

Tuesday

18:00 pm

May 28 2024

Debruçar-se sobre o estudo das consonâncias musicais e assim verificar o vínculo que estas guardam com relações numéricas é um tema cujas bases estão nas inquietações surgidas nos Pitagóricos, aproximadamente desde o século quinto antes de Cristo. Desde então e até os nossos dias, uma série de sujeitos curiosos a respeito desse e outros assuntos correlatos vêm tratando, investigando e refinando as pesquisas ao redor das consonâncias e do timbre, especificamente. Isto sem a pretensão, no caso deste último elemento, de atingir um ponto culminante e/ou definitivo enquanto à caracterização e à análise timbrística se refere. De maneira muito particular, os autores que aqui citarei voltam as suas pesquisas à complexidade e à análise estrutural do timbre como atributo sonoro. Destacam-se as contribuições de McAdams (2017), Riera (2015), Grey (1977), Le Groux e Verschure (2009), Jaime e Zebende (2023) e González e Prati (2023). A abordagem que se propõe sobre o tema, pretende mostrar aos interlocutores, diversos enfoques que estudiosos têm adotado, para de forma cada vez mais precisa, caracterizar o comportamento timbrístico de sinais sonoros diversos.

---

— C13 —  
Tuesday  
18:30 pm  
May 28 2024

## Técnicas de Álgebra de Lie na Solução de Problemas da Mecânica Quântica

José Geraldo Gonçalves de Oliveira Júnior  
PROFÍSICA/UESC  
Universidade Estadual de Santa Cruz - Ilhéus, BA

Grosso modo, podemos afirmar que uma Álgebra de Lie é um espaço vetorial equipado por uma Operação Binária que satisfaz as propriedades de Bilinearidade, Anticomutatividade e a Identidade de Jacobi. Neste seminário apresentaremos brevemente sobre Álgebras de Lie e abordaremos como esta técnica funciona na solução de problemas reais de pesquisa em Sistemas Quânticos em geral, sejam Fechados ou Abertos.

---

# Wednesday

## Transport properties in holographic QCD

Luis Alex Huahuachampi Mamani

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - CETEC/UFRB - Cruz das Almas, BA  
Universidade Estadual de Santa Cruz - PROFÍSICA - Ilhéus, BA

— C05 —  
Wednesday  
14:30 pm  
May 29 2024

In this talk, I will present and discuss some results about the transport coefficients within a holographic QCD model we are working with. The model was developed in the context of the gauge/gravity duality. The gravitational side of the duality is described by solutions of the Einstein-dilaton (scalar field) equations. In order to calculate the transport properties, we investigate linear perturbations on the gravitational background. Solving the perturbation equations in the hydrodynamic regime, we read off some transport coefficients arising in the non-conformal field theory.

---

## Termodinâmica de buracos negros e entropia dual de Kaniadakis

Jorge Ananias Neto

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF  
DF/ICE - Juiz de Fora, MG

— P 2 —  
Wednesday  
15:00 pm  
May 29 2024

Nesta apresentação, começaremos com uma revisão concisa da termodinâmica convencional dos buracos-negros. Em seguida, faremos uma breve análise da entropia de Tsallis, uma extensão amplamente reconhecida da entropia de Boltzmann-Gibbs, destacando suas propriedades essenciais. Apresentaremos então a entropia de Kaniadakis, que em conjunto com Tsallis, visa estender os princípios da entropia de Boltzmann-Gibbs, discutindo suas características fundamentais. Abordaremos também a motivação por trás da obtenção da entropia modificada ou dual de Kaniadakis. Por fim, aplicaremos essa entropia modificada na descrição da termodinâmica dos buracos-negros, evidenciando que, para uma faixa específica de valores do parâmetro que caracteriza a entropia de Kaniadakis, a capacidade calorífica dos buracos-negros assume valores positivos, indicando a possibilidade de estabilidade para esses sistemas.

---

## Análise do movimento relativístico cônico como um sistema de segunda classe

— C06 —  
Wednesday  
16:00 pm  
May 29 2024

Camila Messias Barbosa Santos  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
DCEN/UESB - Itapetinga, BA

Sistemas de segunda classe com vínculo são uma categoria específica de sistemas físicos que desempenham um papel fundamental em uma variedade de campos da ciência, incluindo física, engenharia e ciência dos materiais. Esses sistemas se destacam por exibirem características dinâmicas complexas de modo que a utilização de métodos matemáticos classicamente empregados não permite descrever a evolução desses sistemas, visto que apresentam vínculos. Estes são um conjunto de relações entre as variáveis canônicas das partículas envolvidas no problema. Para descrever o movimento de partículas sujeitas ao sistema igual ao apresentado aqui há métodos modernos para encontrar as possíveis equações do movimento. O método BRST (Becchi-Rouet-Stora-Tyutin) é uma técnica que permite lidar de forma consistente com simetrias de gauge em sistemas físicos, simetrias que surgem a partir das transformações matemáticas aplicadas às variáveis dinâmicas apresentadas pelos vínculos existentes nesses sistemas mecânicos complexos. Vale destacar que o principal objetivo do método BRST é incorporar essas simetrias de forma sistemática no formalismo da teoria quântica de campos, garantindo a consistência física do modelo. Neste sentido esse trabalho aplicou com sucesso o método BRST para estudar o movimento relativístico de uma partícula massiva sujeita a uma trajetória cônica. E como resultado obtivemos a álgebra completa dos colchetes de Dirac, assim como os operadores na forma diferencial.

---

## Flow equations for the Nambu-Jona-Lasinio (NJL) model

— C07 —  
Wednesday  
17:30 pm  
May 29 2024

Edilson Ferreira Batista  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
DCEN/UESB - Itapetinga, BA

We study the renormalization group invariance in the two-flavor NJL model by numerically solving two different flow equations: one based on the invariance of the transition amplitude (T-based) and the other based on the invariance of the effective mass (M-based). We then determine the corresponding running of the contact interaction and calculate some usual quantities in the NJL model with the running couplings and compare the results to the standard fixed coupling case. We find that M-based flow equation provides the weakest cutoff dependence of physical quantities, like the quark condensate, pion decay constant and pion mass, apart from keeping the effective mass invariant.

1. Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, Phys. Rev. 122 (1961), 345-358.
  2. Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, Phys. Rev. 124 (1961), 246-254.
  3. T. Frederico, V. S. Timóteo and L. Tomio, Nucl. Phys. A 653 (1999) 209.
-

# Método gauge-unfixing aprimorado no modelo protótipo de segunda classe

Widervan de Deus Morais  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas  
CBPF - Rio de Janeiro, RJ

— C08 —  
Wednesday  
18:00 pm  
May 29 2024

Teorias de calibre tem sido desenvolvido em conjunto com modelos de teoria de campos em geral, de modo que seja possível descrever teorias cujas Lagrangianas possuem simetrias locais e tal junção se torna imprescindível, uma vez que todas as teorias convergem para interações fundamentais deste tipo. Desta forma, neste trabalho utilizamos um método chamado de “gauge-unfixing aprimorado” que transforma modelos de segunda classe dos quais não possuem simetria de calibre, para sistemas de primeira classe de modo que retomam naturalmente sua simetria. Apesar de existirem diversos métodos de conversão de calibre na literatura, o “gauge-unfixing aprimorado” possui vantagens por não incluir graus de liberdade extra na teoria, o que resulta em um procedimento simples e o surgimento natural da simetria de calibre no modelo. Escolhemos por fim aplicar este método no modelo de sistema protótipo de segunda classe por possuir uma considerável relevância em teoria de campos.

---

## Significação das Equações de Maxwell

Jornandes Jesús Correia  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
DCET/UESB - Vitória da Conquista, BA

– UG Lec –  
Wednesday  
18:30 pm  
May 29 2024

Esta palestra tem por objetivo discutir, fenomenológica e epistemologicamente, as quatro Equações de Maxwell nas representações Integral e Diferencial. Pretende-se “ressignificar” os campos  $D$ ,  $B$  e  $H$  e ressaltar a importância do rigor quanto ao uso de  $D$  e  $B$  nas equações de superfícies fechadas, e o rigor quanto ao uso dos campos  $E$  e  $H$  nas equações de curvas fechadas.

---



# Thursday

## Uma Representação E-Digraph para as Energia Potenciais da Termodinâmica

Jornandes Jesús Correia

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
DCET/UESB - Vitória da Conquista, BA

— C09 —  
Thursday  
14:30 pm  
May 30 2024

Esta palestra artigo tem como objetivo apresentar uma estrutura cúbica com dois dígrafos. Em um desses dígrafos as oito energias potenciais da Termodinâmica encontram-se distribuídas (direcionalmente - E-dígrafo) nos vértices de um cubo e tem como objetivo apresentar um modelo alternativo para a obtenção das Identidades de Maxwell, das Relações Diferenciais de Euler, de Gibbs, de Gibbs-Duhem e de Euler, sem fazer uso das Transformadas de Legendre. No outro dígrafo, as seis variáveis livres da termodinâmica estão ligadas, duas a duas, num sistemas de eixos ortogonais tridimensionais, a fim de facilitar a compreensão dos significados da energia Térmica, Química e Mecânica. Esse modelo cúbico para as energias termodinâmicas está publicado na Revista do Professor de Física da UnB e originou outro artigo graficodirecionado para as Funções Cartacterísticas de Massieu publicado pela revista RBBA.

---

## Estados coerentes para osciladores deformados com massa efetiva dependente da posição

Bruno Gomes da Costa

Instituto Federal do Sertão Pernambuco  
IFSertãoPE - Petrolina, PE

— P 3 —  
Thursday  
15:00 pm  
May 30 2024

O conceito de estado coerente foi inicialmente introduzido por Glauber na óptica quântica no início dos anos 60, e agora tem sido amplamente aplicado em muitos campos da física. Seguindo a definição introduzida por Glauber, os estados coerentes são os autoestados do operador de aniquilação do oscilador harmônico quântico usual. O estado coerente apresenta incerteza mínima e é considerado um estado quase-clássico. Em um trabalho recente, revisitamos o problema do oscilador deformado com massa dependente da posição [da Costa et al., J. Math. Physics 64 012102 (2023)] nos formalismos clássico e quântico introduzindo o efeito da função massa em ambos termos da energia cinética e potencial. O hamiltoniano resultante é mapeado em um oscilador Morse por meio de uma transformação canônica que

leva o sistema de um espaço de fase usual para um espaço de fase deformado. Semelhante ao potencial de Morse, o oscilador deformado apresenta trajetórias abertas e fechadas no espaço de fase correspondente a um movimento oscilatório anarmônico. Empregando o método de fatorização e supersimetria, investigamos as propriedades dos estados coerentes, tais como evolução temporal e suas relações de incerteza.

---

## **Dinâmica de fluidos relativísticos em um frame hidrodinâmico geral: relações de dispersão e coeficientes de um plasma dual**

Alex dos Santos Miranda

PROFÍSICA - Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC - Ilhéus, BA

— C10 —  
Thursday  
16:00 pm  
May 30 2024

A hidrodinâmica é atualmente compreendida como uma teoria de campos efetiva que descreve a dinâmica das flutuações lentas e de grandes comprimentos de onda de uma teoria microscópica subjacente. Neste trabalho, estendemos a hidrodinâmica relativística até a terceira ordem na expansão em gradientes para fluidos com carga conservada em espaços-tempo curvos de  $d$  dimensões. Adotamos um frame hidrodinâmico geral e introduzimos o algoritmo de Estruturas Irredutíveis, que se baseia em derivadas do escalar de expansão e dos tensores de cisalhamento e vorticidade. Resolvemos as equações para as flutuações lineares no espaço de momentos, produzindo relações de dispersão para os modos de cisalhamento, difusão e onda sonora, expressas em termos de um conjunto de coeficientes de transporte invariantes por mudanças no frame hidrodinâmico. Como uma aplicação, obtemos alguns desses coeficientes, no caso de um fluido conforme relativístico neutro em três dimensões, utilizando a correspondência AdS/CFT. O dual gravitacional das flutuações neste fluido conforme é descrito pelas perturbações gravitacionais de branas negras anti-de Sitter de quatro dimensões. Para encontrar os modos quasi-normais hidrodinâmicos do setor escalar, utilizamos a mecânica quântica SUSY das perturbações gravitacionais, o que nos permite obter a função de onda do setor escalar (ou de som) no limite hidrodinâmico, diretamente da função de onda do setor vetorial (ou de cisalhamento).

---



# Fatoração e Hierarquia de Hamiltonianos na Mecânica Quântica Simplética

Miralvo Bispo de Menezes

Instituto de Física - Universidade de Brasília - UnB  
Campus Darcy Ribeiro, Brasília - DF

— C11 —  
Thursday  
17:00 pm  
May 30 2024

Uma maneira de aproximar a Mecânica Quântica de uma descrição clássica mais intuitiva é descrever um sistema quântico no espaço de fase  $(q, p)$  conforme fez E. P. Wigner [1] que tinha como objetivo efetuar correções quânticas à fórmula de Boltzmann. Nesse trabalho, ao invés de representar o estado de um sistema quântico como uma função de onda complexa como fez E. Schrödinger, Wigner usa uma função  $F(q, p)$  contendo a mesma informação que a função de onda, mas com a vantagem de ser uma função de valores reais podendo ser ilustrada em um espaço de fase com eixos de posição e momento. Porém, não se trata de uma distribuição de probabilidade conjunta de posição e momento, porque isso contradiria o Princípio de Incerteza, fala-se então em “distribuição de quase-probabilidade”. Uma peculiaridade da função de Wigner é que ela possui forte ligação com a formulação Ondulatória da Mecânica Quântica uma vez que, para obtê-la devemos resolver a equação de Liouville-von Neumann. Com o intuito de contornar essa situação, Oliveira *et al* desenvolveram a Mecânica Quântica Simplética [2]; essa mecânica parte das ideias da representação do grupo de Galilei no espaço de fase e produto estrela (produto de Weyl). Nesse trabalho, Oliveira *et al* conseguiram obter a equação de Schrödinger e identificar a função de Wigner. As complicações para resolver a equação de Schrödinger e encontrar a função de Wigner devido a introdução do produto estrela levou-nos a desenvolver a Mecânica Quântica Simplética Supersimétrica [3]. Nesse trabalho, introduzimos à álgebra da Supersimetria [4] para generalizar o método de fatoração e construir a Hierarquia de Hamiltonianos; essas ideias, transformaram-se em um elegante método de resoluções espectrais de sistemas físicos no espaço de fase.

[1] E. P. Wigner, Phys. Rev. 40 (1932) 749.

[2] M. D. Oliveira, M. C. B. Fernandes, F. C. Khanna, A. E. Santana, e J. D. M. Vianna, Ann. Phys. 312 (2004) 492.

[3] M. B. de Menezes, M. C. B. Fernandes, M. G. R. Martins, A. E. Santana e J. D. M. Vianna, Ann. Phys. 389 (2018) 111-135.

[4] E. Witten, Nucl. Phys. B185 (1981) 513.

# The massive Fierz-Pauli Lagrangian from the string theory Siegel-Zwiebach action – assuring a smooth massless limit propagator with finite-field-dependent BRST transformations

— C12 —  
Thursday  
17:30 pm  
May 30 2024

Ronaldo Thibes

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - DCEN/UESB - Itapetinga, BA  
Universidade Estadual de Santa Cruz - PROFÍSICA - Ilhéus, BA

We discuss the divergent graviton propagator massless limit problem in  $D=26$  and show how it can be rigorously approached by interconnecting distinct gauge-fixed Siegel-Zwiebach generating functionals from string theory in the critical dimension through proper finite-field-dependent BRST (FFBRST) transformations. The massive Fierz-Pauli Lagrangian can be obtained from the gauge-invariant Siegel-Zwiebach one in the unitary gauge as a particular case, however suffering from the van Dam-Veltman-Zakharov discontinuity and possessing an ill-defined propagator in the massless limit. Nevertheless, alternatively working in a more suitable generalized Lorenz type gauge, including the transverse-traceless case, the graviton propagator for the Siegel-Zwiebach Lagrangian in the massless limit can be made finite. Gauge attainability and nilpotent BRST symmetries are explicitly worked out.

---

## Closing Ceremony

Organizing Committee

— Closing —  
Thursday  
18:00 pm  
May 30 2024

Closing and final analysis of the event.

---

# Author Index

Ananias Neto

Jorge, 5

Batista

Edilson Ferreira, 6

Correia

Jornandes Jesús, 7, 9

Pedro Silva, 3

Costa

Bruno Gomes da, 9

Jaime

Pedro Javier Gómez, 3

Mamani

Luis Alex Huahuachampi, 5

Martinez

Alexandre Souto, 1

Menezes

Miralvo Bispo de, 11

Miranda

Alex dos Santos, 10

Morais

Widervan de Deus, 7

Oliveira Júnior

José Geraldo Gonçalves, 4

Rodrigues

Rafael de Lima, 2

Santos

Camila Messias Barbosa, 6

Letícia Lisboa dos, 2

Thibes

Ronaldo, 12