

Teoria de Cordas e Supercordas

**Henrique Boschi Filho
Instituto de Física
UFRJ**

**III Encontro de Ciências do Universo, Núcleo de Pesquisas em Ciências,
4 de Julho de 2015**

Ideia Central

- A hipótese central é que o objeto fundamental na Natureza é um fio ou uma corda com comprimento bem definido e não uma partícula
- As partículas observadas na Natureza (elétrons, quarks, fótons, etc) correspondem às vibrações da corda
- Essa corda é muito pequena e portanto não a observamos diretamente

Unificação

- A teoria de Cordas (e Supercordas) é uma teoria que descreve as 4 interações fundamentais da Natureza
- Portanto, a teoria de Cordas é uma teoria que UNIFICA as 4 interações fundamentais

As Interações Fundamentais

- Força (ou Campo) Gravitacional
- Força (ou Campo) Eletromagnética(o)
(Eletricidade + Magnetismo + Ótica)
- Força (ou Campo) Nuclear Forte
- Força (ou Campo) Nuclear Fraca(o)

Pilares da Física

- No início do século XX foram descobertos os fundamentos da Física atual:
- A Mecânica Quântica
- A Teoria da Relatividade

Mecânica Quântica

- Descreve a física na escala atômica e subatômica
- Explica, por exemplo, a Tabela Periódica dos elementos (química) e o diagrama de Pauling ($1s^2, 2s^2, 2p^6, \dots$)
- Todos os aparelhos eletrônicos usam a M. Q.
- Para grandes números quânticos, a Mecânica Newtoniana é recuperada

Teoria da Relatividade

- Em 1905 Einstein apresenta a Teoria da Relatividade Especial:
- Referenciais Inerciais ($v = \text{cte}$)
- Velocidade da LUZ = $\text{cte} = C$ para todos os referenciais inerciais
- Conceito de espaço-tempo (dilatação temporal e contração espacial)

Teoria da Relatividade (2)

- Em 1915 Einstein apresenta a Teoria da Relatividade Geral:
- Referenciais Não Inerciais
- Espaço-tempo curvo = Gravitação
- Corrige a Lei da Gravitação Universal de Newton

Mecânica Quântica + Relatividade

- Mecânica Quântica + Relatividade Especial
- = Teoria Quântica dos Campos
- Campos (quânticos) se propagam com a velocidade da LUZ, ou com velocidade menor no caso massivo.
- Conceito de Força a distância instantânea é inapropriado.

Teoria Quântica dos Campos

- Os campos são tratados como partículas puntiformes
- Descreve bem 3 interações fundamentais:
- As interações Nucleares Forte e Fraca quânticas
- A interação Eletromagnética quântica
- Não descreve bem a Gravitação (quântica)

Teoria de Cordas

- Baseada na Mecânica quântica e na Relatividade Especial
- O objeto fundamental não é uma partícula mas uma corda
- As partículas observadas na Natureza correspondem às vibrações da corda fundamental, como as notas musicais de uma corda de violão

Teoria de Cordas (2)

- Descreve naturalmente todas as interações fundamentais inclusive a Gravitação
- As excitações da corda podem ter massa (como o elétron) ou ser sem massa (como o Fóton)

Teoria de Cordas (3)

- Problema 1: Contém táquions (partículas que andam com velocidade maior que a da Luz)
- Problema 2: Não contém Férmions (partículas de spin $1/2$, $3/2$, etc)
- Problema 3: Tem 26 dimensões (1 dimensão tipo tempo e 25 tipo espaço)

Partículas Observadas

(Fundamentais ou Elementares)

FÉRMIONS (Spin 1/2)

- Campos de Matéria
- quarks
(u, d, s, c, t, b)
- léptons
(e, ν_e , μ , ν_μ , τ , ν_τ)

BÓSONS (Spin 1)

- Campos de Interação
- Fótons
- W^+ , W^- , Z
- glúons
- Higgs (Spin 0)
(Prêmio Nobel 2013)

+ Excitações e Estados Ligados

Teoria de Supercordas

- Descreve naturalmente todas as interações fundamentais inclusive a Gravitação
- Não contem táquions
- Contem Férmions e Bósons
- Problema: Tem 10 dimensões (1 temporal + 9 espaciais)

O que é Supersimetria?

- Simetria entre Férmions e Bósons
- Nesta teoria, para cada Bóson existe um Férmion de mesma massa
- Supercorda = Corda com Supersimetria
- Problema: Supersimetria ainda não foi observada na Natureza (o LHC e outros experimentos estão procurando...)

Dimensões Extras

- As cordas e supercordas tem mais dimensões do que observamos
- Como resolver essa questão?
- Solução tradicional: Compactificação.
- As dimensões extras (6 p/ a supercorda) são pequenas e enroladas como numa esfera

Outra solução: Holografia

- Na teoria holográfica, as supercordas com dimensões extras são mapeadas em teorias com menos dimensões.
- Por exemplo, uma teoria de supercordas (com gravitação) em 10 dim. é equivalente a uma teoria quântica de campos em 4 dimensões (sem gravitação).

Aplicações da Holografia

- A holografia entre a teoria de cordas e a teoria de campos pode ser usada para entender melhor as duas teorias.
- Por exemplo alguns problemas difíceis em cordas podem ser mapeados em problemas mais simples em teoria de campos e vice-versa.

Aplicações da Holografia (2)

- Exemplo: Em teoria de campos é difícil calcular massas de partículas. Porém esse problema é simples em teoria de cordas.
- Usamos a holografia para calcular nas cordas em 10d a massa de algumas partículas em 4d, que são observadas.

Sugestões de leitura (divulgação)

- The little book of String Theory, Steven Gubser, 2010
- Warped passages, Lisa Randall, 2005
- Knocking on Heaven's door, Lisa Randall, 2011
- O Universo elegante, Brian Greene, 2001
- O tecido do Cosmos, Brian Greene, 2005
- A realidade oculta, Brian Greene, 2012
- A Física do futuro, Michio Kaku, 2011
- Hiperespaço, Michio Kaku, 2000
- Mundos Paralelos, Michio Kaku, 2009
- O Universo numa casca de noz, Stephen Hawking, 2001
- Uma breve história do tempo, S. Hawking, 1998
- ...

• *Obrigado!*