

# **“O Modelo-Padrão, Além e Sua Influência nos Processos EM<sub>s</sub>”**

**(EM<sub>s</sub> no Século XXI)**

**J. A. Helayël-Neto**

**CBPF**

**GFT-JLL**

**PVNC**



# #1. Interações Fundamentais

- *O que são as Interações Fundamentais :*
- **Gravitação**
- **Eletrofraca** (**EM** - *um novo cenário*)
- **Nuclear Forte**
- **Modelo - Padrão**
- **Grande-Unificação**
- *5º campo de interação?*



# #2. GRAVITAÇÃO

$G_N$  - massa / energia (origem da massa)  
( bóson de Higgs; aqui, entra a Eletrofraca)

leis de Kepler

matéria escura (Hubble, Planck, WMAP, ESO)

constante cosmológica (questões recentes)

energia escura (*novo regime para o campo gravitacional*)



# #3. Relatividade (c)

c - Os **3 Princípios de Newton** revistos  
(tempo e espaço) x espaço-tempo  
dilatação/contração (fator- gamma)  
massa e energia  
luz x gravidade e buracos negros  
carga x massa e campo/bóson de Higgs



# #4. INTERAÇÃO NUCLEAR FRACA

## Interação Eletrofraca

$G_F$  - Interação nuclear fraca – **eletrofraca**:

Escala de distâncias,  $G_F = 10^{-5} \text{ m}_p^{-2}$

Léptons carregados / neutrinos  
(Unificação; por quê?)

Quarks (3 gerações)

Mediadores (  $W^+$  e  $W^-$ ,  $Z^0$ ;  $\gamma$  )

(O **Higgs**: matéria /radiação e identidade do fóton.)



# #5. Fenômenos Eletromagnéticos

e - **Eletricidade**

**Magnetismo**

**Ondas eletromagnéticas**

**CMB, explosões de raios-gama**

**Átomo de hidrogênio muônico:  
idéia de uma “nova Física”**

**Anti-H por 17 min (o que aprenderemos com isto?).**



# #6. Efeitos Quânticos ( $h$ )

$h$  - *Relação entre matéria e radiação*

*dualidade*

*átomo de Bohr (JUL 1913)*

*(Possível sem o Higgs ? Onde entra o Higgs?)*

*conceito de spin (1912-1925)*

*anti-matéria (abstração e experimentação)*

*$h$ ,  $e$ ,  $c$  : novos materiais*

*há alguma interação relacionada a  $h$  ?*



# #7. Interações Nucleares Fortes

Escalas de distância e tempo

Quarks e confinamento (influência do Higgs)

Carga destas interações

Glúons e confinamento

Novo estado da matéria: plasma quarks/glúons

Densidades e temperaturas extremas

LHC: ALICE e LHCb.



# Simetrias

## “A Beleza é o Método”.

- Aspectos gerais.
- Importância na Física.
- Relações com a nossa percepção do espaço-tempo.
- Simetrias, energia, matéria. Previsões!



# Espaço - Tempo

- Qual a nossa visão hoje do espaço-tempo?
- A abordagem da simetria.
- O que percebemos e o que pode ser imperceptível.
- A simetria e a previsão de nova Física.
- Completando o nosso cenário espaço-tempo: dimensões suplementares.



# Supersimetria

- Uma nova concepção de espaço-tempo:  
o “quântico” está no próprio espaço-tempo!
- Novas partículas na Natureza.
- Uma nova visão do fenômeno da gravidade.
- A busca de uma visão sempre mais fundamental da Natureza.
- Possibilidades de efeitos indiretos em nosso regime de observação da Natureza.



# SUSY: novas partículas e uma nova gravidade

- Novas formas de matéria
- Novas modalidades de radiação
- Uma nova concepção de espaço-tempo



# Explorações Teóricas x Medições

- Uma nova versão do método científico.
- Reais perspectivas de detecção da SUSY.
- SUSY e a estabilidade de nosso Universo.
- O bóson de Higgs e a formação da matéria atômica.
- Novas visões do *Eletromagnetismo*  
(Maxwell - macroscópico e mesoscópico).
- Colisor de fótons (Breit – Wheeler): Nature, 18 MAI 2014  
produção de pares.



# Novas Teorias Eletromagnéticas

Equações de Maxwell

+

35 Extensões (Nova Física)



# Novas Teorias Eletromagnéticas

- **Eletrodinâmica Axiônica** (Isolantes topológicos),
- **ED Topológica** (Scondutores topológicos),
- **ED com portadores de spin-0**,
- **ED com portadores de spin-1**,
- **ED com portadores de spins superiores**,
- Um grande desafio experimental de 2013:  
medição do **MDE do elétron** :  $8.7 \times 10^{-29}$  e.cm .



# Novas Teorias Eletromagnéticas

- Efeitos de não-linearidade:  
PVLAS e LSW;
- Relações de dispersão estendidas para o fóton;
- Um Eletromagnetismo com efeitos induzidos por alguma “nova Física”, mais fundamental:  
MDM do múon e, há 6 meses atrás, também o MDM do  $e^-$ .



# Matéria Topológica

## Extensões Não-Maxwellianas

- Spintrônica
- Isolantes topológicos
- Supercondutores topológicos
- Semi-metais de Dirac
- Semi-metais de Weyl



# Cálculos e Medidas de Altíssima Precisão

Magnetismo das partículas: **compartilhado**.

MDM do **elétron**:

$$\mu_e = g_e \mu_B s$$

$$2 a_e = g_e - 2$$

$$a_e = 0.001\,159\,652\,18\,18264\,2 \text{ (teoria)}$$

$$a_e = 0.001\,159\,652\,18\,073 \text{ (exp'l)}$$



# Cálculos e Medidas de Altíssima Precisão

Magnetismo das partículas: **compartilhado**.

MDM do **múon**:

$$\mu_{\mu} = g_{\mu} \mu_B s \qquad 2 a_{\mu} = g_{\mu} - 2$$

$$a_{\mu} = 0.001\,165\,9\,1801 \text{ (teoria)}$$

$$a_{\mu} = 0.001\,165\,9\,2089 \text{ (exp'l)}$$

$$\Delta a_{\mu} = 288 \times 10^{-11} \text{ } (\Phi \text{ nova} > \text{escala eletrofraca})$$

# Novos Encaminhamentos na Biofísica

## (Origem Eletrofraca do EM)

1991 – 1992, Abdus Salam (trabalhos pioneiros):

“The Rôle of Chirality in the Origin of Life”

J. Mol. Evol. 33 (1991) 105;

“Chirality, Phase Transitions and their Induction in Amino-Acids”

Phys. Lett. B288 (1992) 153.



# Novos Encaminhamentos na Biofísica

12 SET 2014: o **Physical Review Letters** publica

**“Chirally-Sensitive Electron-Induced Molecular Breakup and the Vester-Ulbricht Hypothesis”**

**Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 11810,**

**J. M. Dreiling and T. J. Gay:**

*elétrons polarizados produzidos nos processos de decaimento-beta cósmicos origem da quiralidade de moléculas biológicas (açúcares e amino-ácidos).*



# Lição sempre mais evidente

Com a evolução dos modelos e teorias, com o advento de novas técnicas e tecnologias sempre mais refinadas, e a lição Diraqueana de que

“A beleza é o método”,

já **não** faz mais sentido **recortarmos** a interação eletromagnética como uma física isolada, a não ser por uma (in)útil simplificação disciplinar.

Novos **EM<sub>s</sub>** surgem no Século XXI !

