

Open Questions in  
Particle Physics, for the

XXI Century

Gustavo Castelo- Branco

CFTP/IST, Universidade de Lisboa

8th Feb. Sesimbra  
2017

Q: What is the goal of Particle Physics?

A: Search for the "Fundamental Laws of Nature"

Everything that exists is made of elementary particles.

By definition an elementary particle cannot be divided. Nobody has ever seen half an electron ...

# Some of the Open Questions

- The Mass Problem

What is the Origin of Fermion replication?

How to "understand" the pattern of quark and lepton masses and mixing? Flavour Problem

- The Scalar Sector

How many Higgs doublets? Scalar Singlets?

Flavour-Changing - Scalar Neutral currents

How to suppress them?

Can one go beyond Glashow-Weinberg NFC?

yes! Example BGL models

- CP Violation

What is the Origin of CP Violation?

The breaking of CP is explicit or spontaneous?  
Important work done by the *Lisbon Group*

- Creation of Matter in the Universe (BAU)

*The importance of CP violation*

Baryogenesis and Leptogenesis

The Standard Model cannot generate BAU

- Neutrino Masses and Mixing

In the SM neutrinos are *strictly massless*  
*Leptogenesis?*

- Grand - unification

Proton decay : *an experimental question !!*

- Dark Matter ?

Needs Physics beyond SM.

Very exciting experimental searches and theoretical models.

- Quantum Gravity ?

Remember Bell and think slowly!

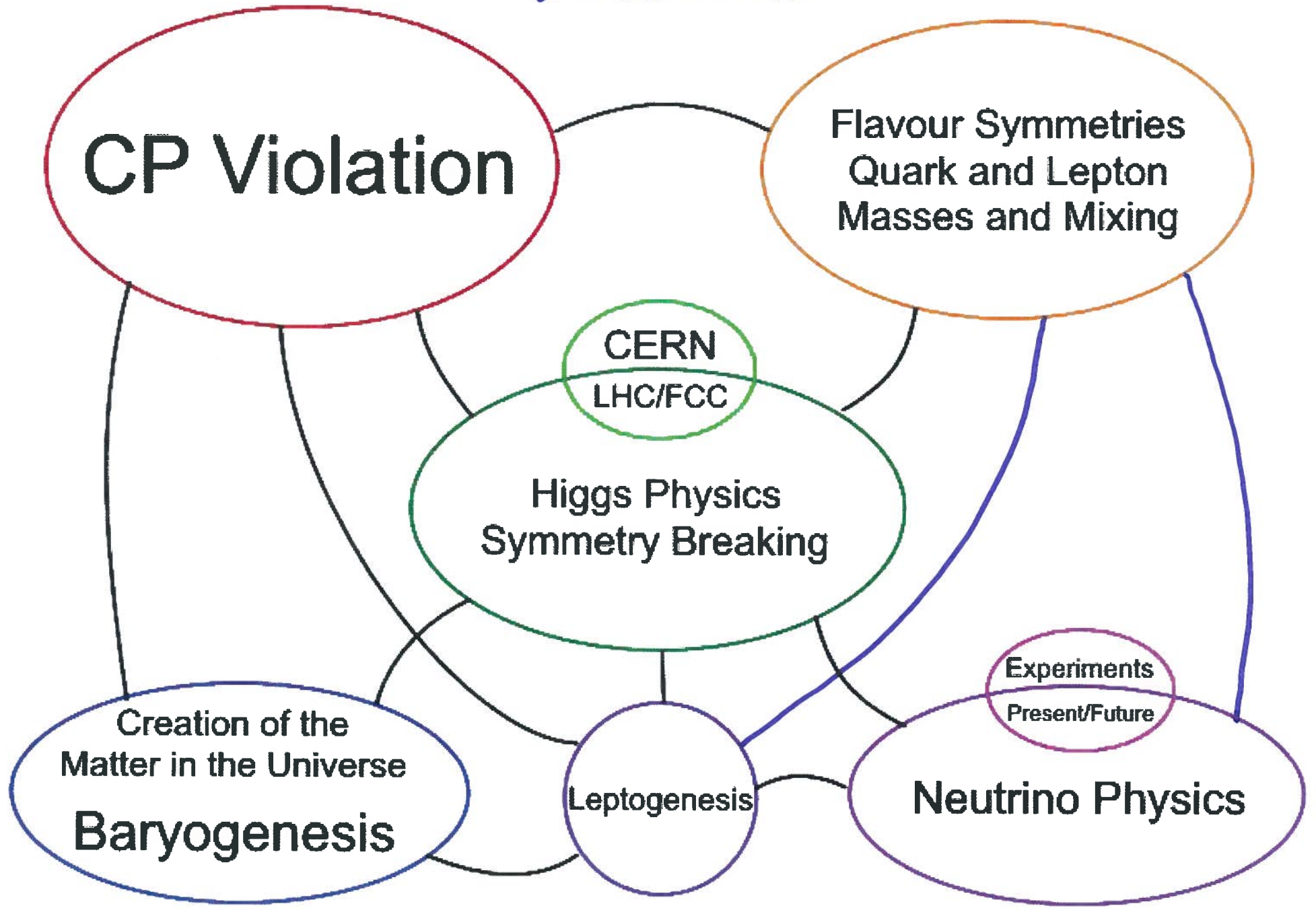
The Standard Model of Electroweak  
and Strong Interactions:

$$G_{SM} = SU(2) \times U(1) \times SU(3)_c$$

generalization of electromagnetism!

$$\begin{array}{ccc} U(1) & \longrightarrow & SU(2) \times U(1) \times SU(3)_c \\ \downarrow & & \underbrace{\hspace{10em}} \\ \text{photon} & & 12 \text{ gauge bosons} \end{array}$$

Topics



**CP Violation**

**Flavour Symmetries  
Quark and Lepton  
Masses and Mixing**

**CERN  
LHC/FCC**

**Higgs Physics  
Symmetry Breaking**

**Creation of the  
Matter in the Universe  
Baryogenesis**

**Leptogenesis**

**Experiments  
Present/Future**

**Neutrino Physics**

Two offers for research topics:

- New Physics in the Scalar Sector
- Neutrinos and New Physics, including  
Leptogenesis

Done in collaboration with M.N. Rebelo

There are "bolsas"

See details in the Edital



(BL10/2017-IST-ID)

**EDITAL PARA A ATRIBUIÇÃO DE BOLSAS NO ÂMBITO DE PROJETOS E INSTITUIÇÕES DE I&D**

**Quatro (4) Bolsas de Iniciação Científica**

**CERN/FIS-NUC/ 0010/2015, RD 0496,**

**Local de trabalho:** O trabalho será desenvolvido no CFTP do IST, sob a orientação científica de um Membro Doutorado do Projecto.

**Requisitos de admissão:** Ser Estudante Universitário na área da Física. Estar interessado em vir a fazer uma tese de mestrado em Física de Partículas Teórica.

**Duração da(s) bolsa(s):** A bolsa terá à duração de 6 meses, com início previsto logo que cumpridas as formalidades burocráticas.

**Valor do subsídio de manutenção mensal:** O montante da bolsa corresponde a €385.

**Prazo de candidatura e forma de apresentação das candidaturas:**

9 a 22 de fevereiro de 2017.

As candidaturas devem ser formalizadas, obrigatoriamente, através do envio dos seguintes documentos: Formulário B1 – Candidatura a Bolsa de Investigação ( HYPERLINK "http://drh.tecnico.ulisboa.pt/bolseiros/formularios/" <http://drh.tecnico.ulisboa.pt/bolseiros/formularios/> ), *Curriculum Vitae*, certificado de habilitações com a indicação de cadeiras já concluídas e respetiva classificação e carta de motivação com o nome de um referee, e deverão ser enviadas via e-mail:

Professor Gustavo Castelo Branco

[gbranco@tecnico.ulisboa.pt](mailto:gbranco@tecnico.ulisboa.pt)

## **Membros Doutorados do Projecto**

**Gustavo Castelo-Branco**

**Ricardo Gonzalez Felipe, Igor Ivanov, Luís Lavoura,  
João Pulido, Margarida Nesbitt Rebelo,  
Jorge C. Romão, João P. Silva, Joaquim Silva-Marcos**

**<http://cftp.ist.utl.pt/>**