

Partículas Elementares (2015/2016)

Introdução



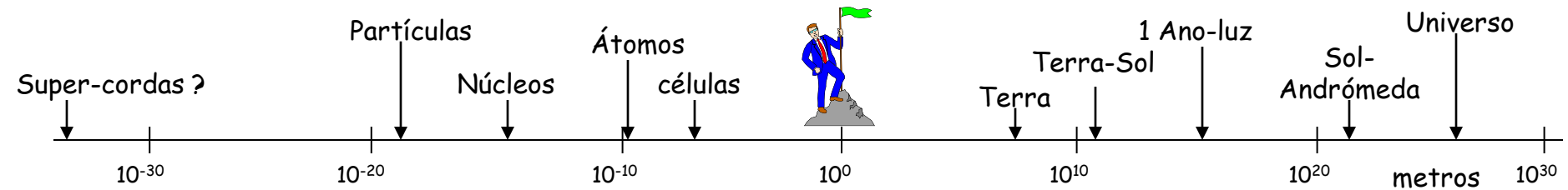
TÉCNICO
LISBOA

Mário Pimenta, Jorge Romão,
Ruben Conceição

A Física de Partículas



Ordens de grandeza



Átomo $\approx \text{Å} = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m}$
 Núcleo $\approx \text{fm} = 10^{-15} \text{ m}$

Tempos (vidas médias):

estrela = 10^{18} s ; Homem = 10^9 s

neutrão = 886 s (15')

muão = $2 \times 10^{-6} \text{ s}$; $Z^0 = 2.6 \times 10^{-25} \text{ s}$

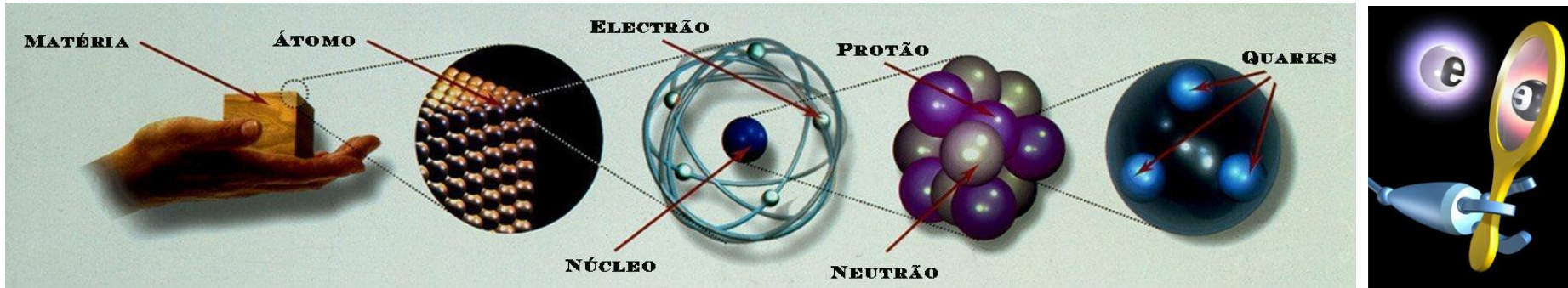
interacção	vidas médias
forte	10^{-23} s
e.m.	10^{-16} s
fraca	$10^{-13} \text{ s} : 10^3 \text{ s}$

Apresentação: As potências de 10...

As imagens estão disponíveis em

<http://www.powersof10.com>

A "matéria"

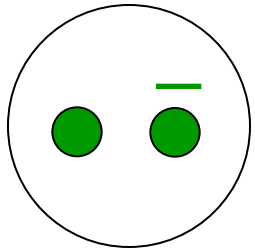


Leptões:

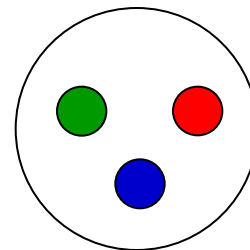
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e^- \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{pmatrix}$$

Quarks:

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$$



Mesão = (q \bar{q})



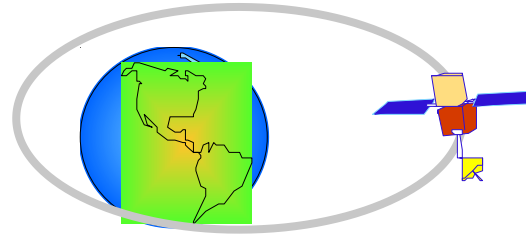
Barião = (q q q)

As interações

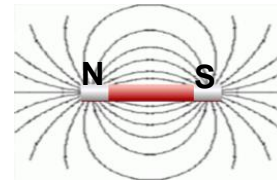
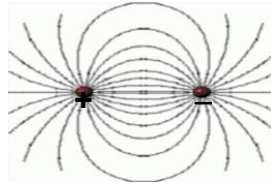
Unificação e Simetrias (locais)

?

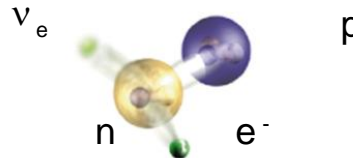
gravítica



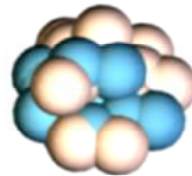
electromagnética



fraca

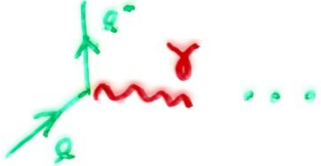


forte



Simetrias de gauge

QED

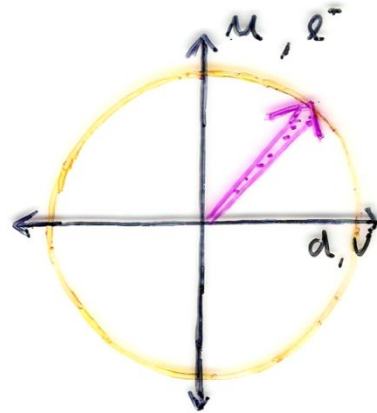
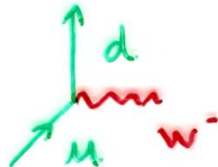
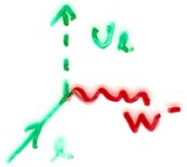


$U(1)$

$$\Psi_i \sim \Psi_j e^{i q \theta(x)}$$

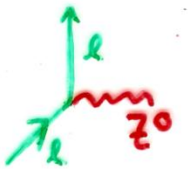
$$A'_k(x) \sim A_k(x) + \partial_k \theta(x)$$

Fraca

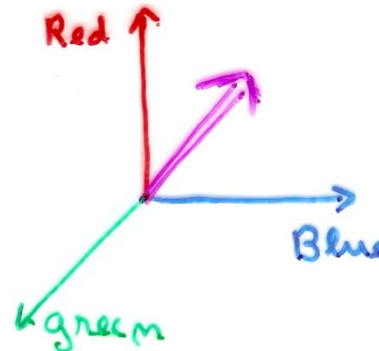
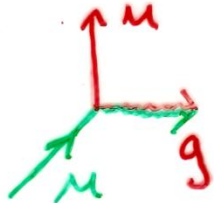


$SU(2)$

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$$



Forte (QCD)



$SU(3)$

$$\begin{pmatrix} u \\ u \\ u \end{pmatrix}$$



E o Higgs !

Mas as partículas têm massa!

(em eV)

$$m_\nu \sim 10^{-1} \quad m_e = 500 \times 10^3$$

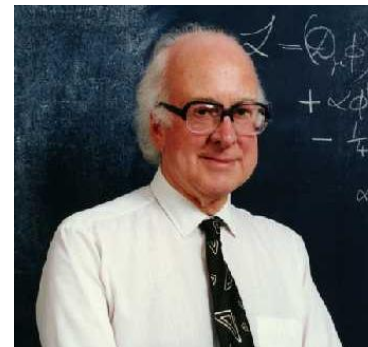
$$m_u = 5 \times 10^6 \quad m_t = 174 \times 10^9$$

$$m_\gamma = 0$$

$$m_W = 80 \times 10^9$$

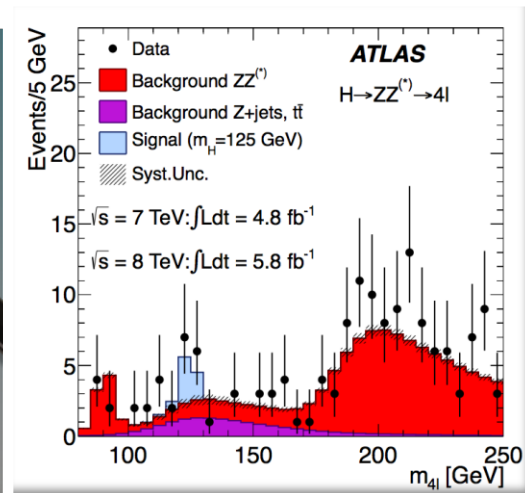
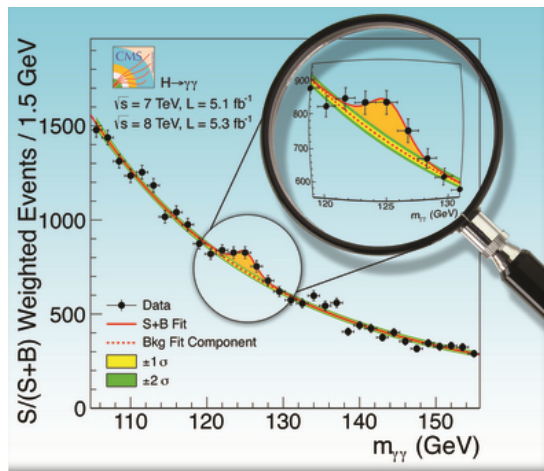
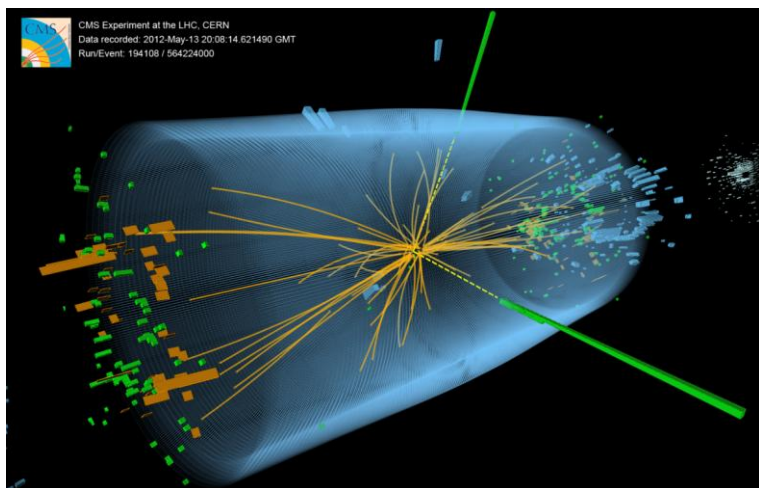
$$m_Z = 91 \times 10^9$$

Peter Higgs

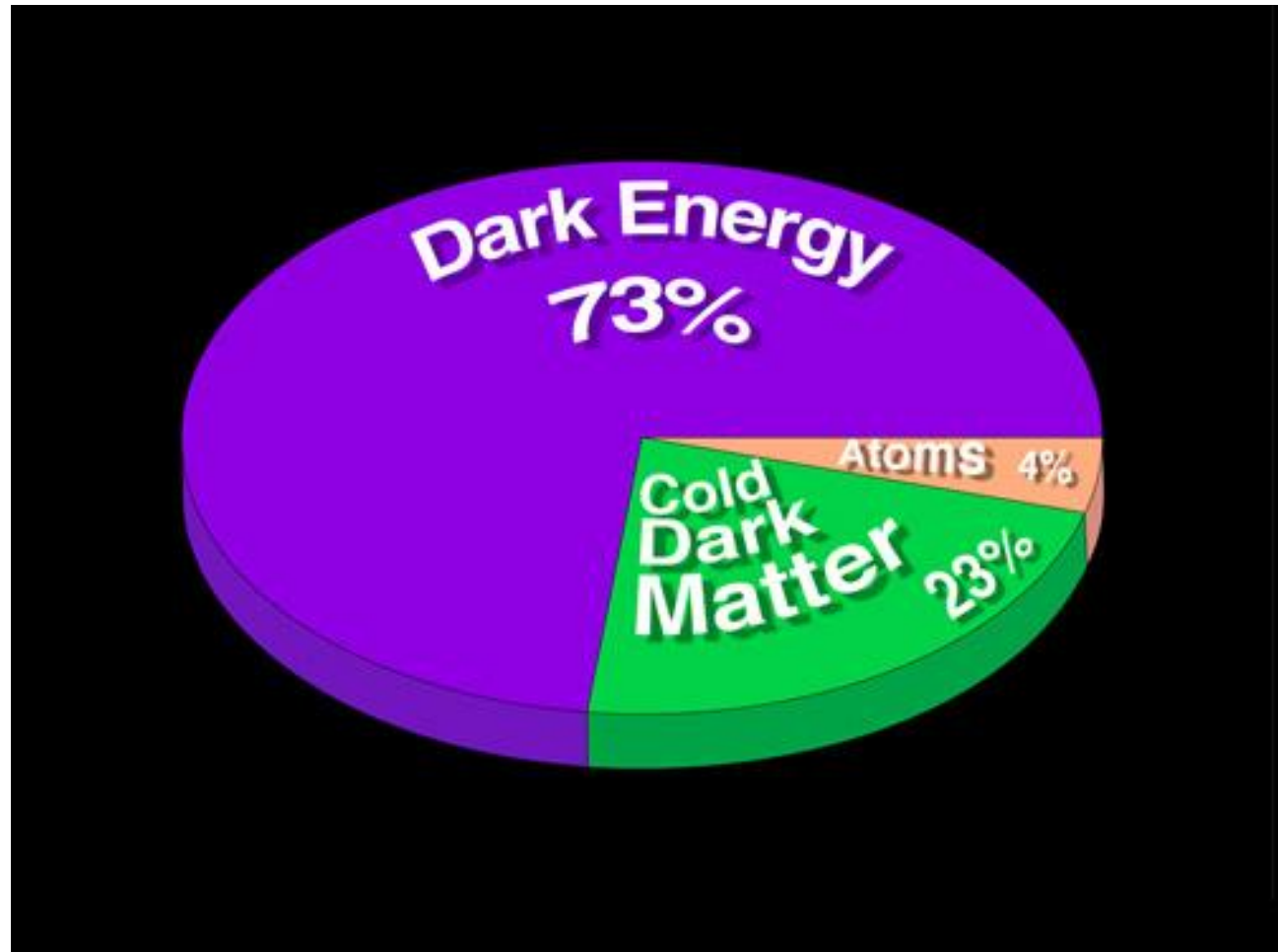


Interacções com um campo de fundo. Um novo “éter” ...

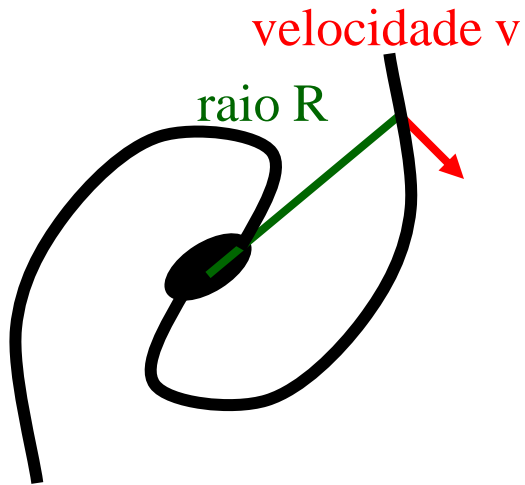
4 July 2012: “CERN experiments observe particle consistent with long-sought Higgs boson”



O que (não) sabemos

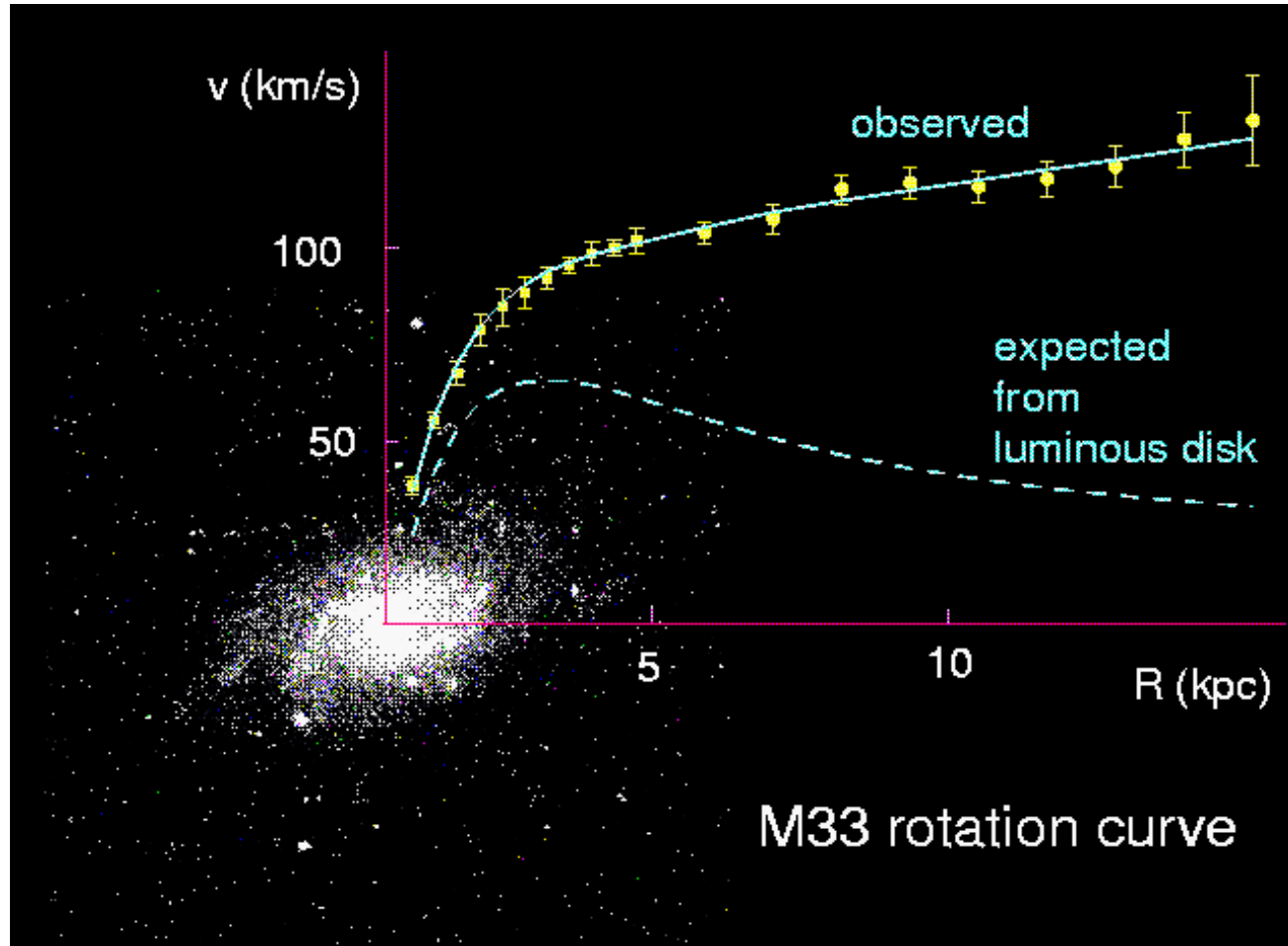


A matéria escura



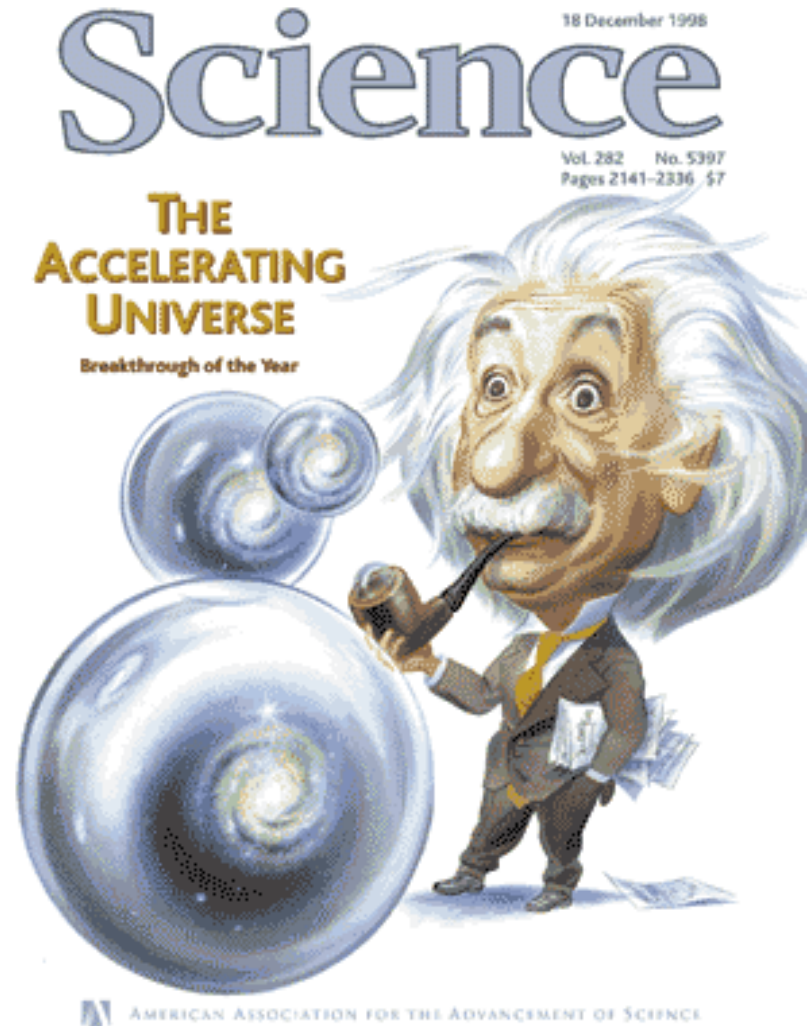
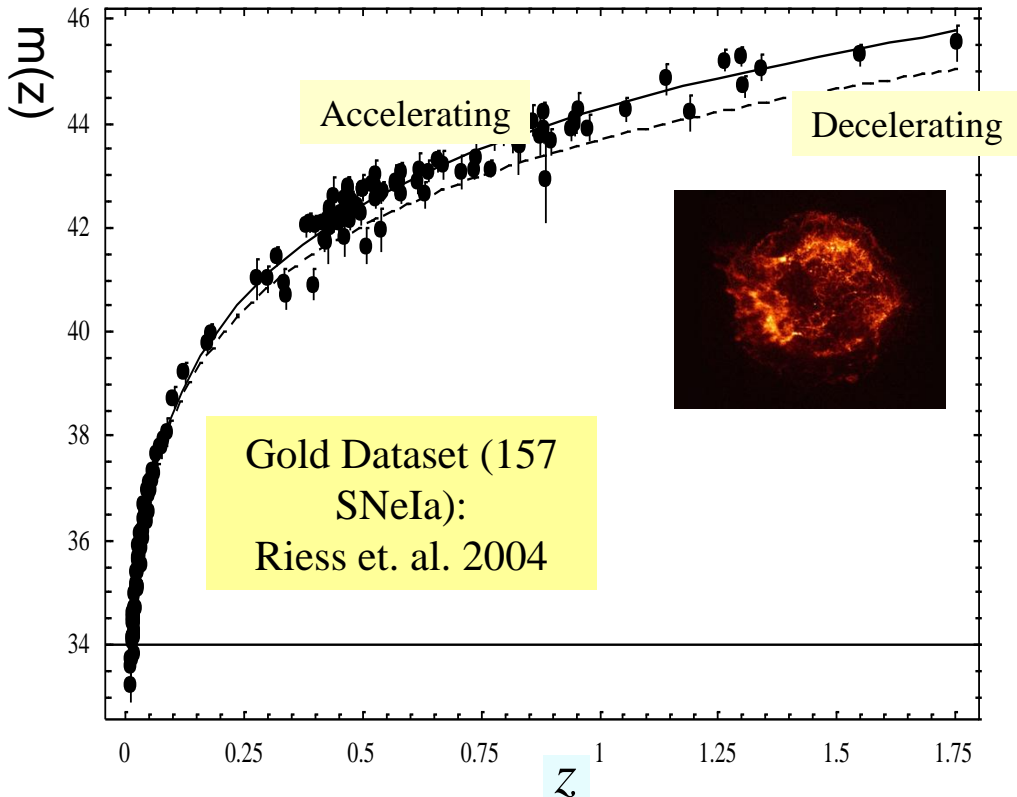
Gravidade :

$$G M(r) / r^2 = v^2 / r$$



A energia escura !

Diagrama de Hubble



O Universo encontra-se numa expansão acelerada !!!
Energia escura – anti-gravítica

Programa/Cronograma da cadeira de Partículas Elementares (2015/2016)

Semana 14/9

1 - Terça – 15/9 – (Mário), Jorge, Ruben

Introdução. Programa. Avaliação.

Os constituintes e as interacções fundamentais

2 - Quinta – 17/9 – Mário

A Hipótese Atómica: A experiência de Rutherford em física Clássica.

Secção eficaz total e diferencial, elástica e inelástica.

O decaimento β e a hipótese do neutrino. O neutrão.

Semana 21/9

3 - Terça – 22/9 – Mário

Breve revisão Cinemática Relativista.

Unidades naturais.

4 - Quinta – 23/9 – Jorge

Mecânica Quântica não relativista

Fermi Golden Rule.

A experiência de Rutherford em Mecânica Quântica

Semana 28/9

5 - Terça – 29/9 – Ruben

Interacção das partículas com a matéria

6 - Quinta – 1/10 – Ruben

Detectores e Aceleradores.

Semana 5/10

7 - Terça – 6/10 – Jorge

Mecânica Quântica Relativista: Colisões e decaimentos

A - Quinta – 8/10 Ruben

Aula prática

Semana 12/10

8 - Terça – 13/10 – Mário

A descoberta dos raios cósmicos.

A anti-matéria. O mesão de Yukawa: Piões e muões. A estranheza

9 - Quinta – 15/10 – Jorge

Grupos e simetrias

Semana 19/10

10 - Terça – 20/10 – Mário

O Zoo das partículas: Leptões, mesões e bariões

Isospin. “The eightfold way”: Os Quarks.

O PDG.

B - Quinta – 22/10 – Ruben

Aula prática

Sábado - 24/10 - 1 Teste

Semana 26/10.

11 - Terça – 27/10 – Mário

Difusão inelástica profunda de electrões em protões

Quarks e partões. A côr.

12 - Quinta – 29/10 – Jorge

Eq. de Klein-Gordon e de Dirac

Semana 2/11

13 - Terça – 3/11 - Jorge

Teoria quântica dos campos e diagramas de Feynman.:QED

O campo eletromagnético. Invariância de gauge.

14 - Quinta –5/11 – Jorge

As interacções fracas. O modelo de Fermi

A violação da Paridade. A teoria V-A

Semana 9/11

15 - Terça – 10/11 – Mário

Testes experimentais: QED e interacões Fracas

A descoberta do Z e do W

16 - Quinta – 12/11 – Jorge

Quebra espontanea de Simetria: O mecanismo de Higgs

Semana 16/11

17 - Terça – 17/11 – Jorge

O Modelo Standard Electrofraco:

$SU(2)_L \times U(1)$

18 - Quinta – 19/11 – Mário

A descoberta do Higgs

Semana 23/11

19 - Terça – 24/11 – Mário

Testes experimentais da Teoria Electrofraca

C - Quinta – 26/11 – Ruben

Aula prática

Semana 30/11

20 - Terça – 1/12 – Mário

As interacções fortes e a QCD

21 - Quinta – 3/12 – Jorge

A matriz Kobayashi-Maskawa

A violação de CP

Semana 7/12

Terça – 8/12 – Feriado

22 - Quinta – 10/12 – Mário

Raios gamma

Semana 14/12

23 - Terça – 15/12 - Mário

Neutrinos e Oscilações de Neutrinos

24 - Quinta – 17/12 - Jorge

Para além do Modelo Padrão

Main bibliography (2015/2016)

“Modern Particle Physics”

Mark Thomson

Cambridge University Press (2013)

Complementary bibliography

- “O Modelo Standard das Interações Eletrofracas”

Jorge Romão, <http://porthos.ist.utl.pt/ftp/textos/ElectroWeakSM.pdf>

- “An introduction to particle and Astroparticle Physics”

Alessandro De Angelis, Mário Pimenta, Springer (available in ebook in September, printed in October)

- “Introduction to Elementary Particles”

David Griffiths

John Wiley and Sons

(1st edition -1987, 2nd edition 2008)

- “Introduction to Elementary Particle Physics”

Alessandro Bettini

Cambridge University Press (2008)

- “Introdução à Teoria de Campo (ITC)”

Jorge Romão, <http://porthos.ist.utl.pt/ftp/textos/itc.pdf>

Avaliação da cadeira de Partículas Elementares (2015/2016)

A avaliação consta de duas componentes:

Testes/Exame (75%)

Artigo (25%)

Testes/Exame

Esta componente comporta dois testes e/ou um exame com duas datas. A data do segundo teste coincide com a primeira data do exame. Na segunda data de exame os alunos podem optar por recuperar um dos testes. A nota final será a melhor nota obtida via teste ou via exame. Cada teste tem a duração de 1.5 horas. O exame tem a duração de 3h. Será autorizada a consulta de um formulário com uma folha A4 e do PDG. O primeiro teste será **no sábado 24/10**.

Artigo

Esta componente comporta a realização (individual ou num grupo de dois alunos) de um pequeno artigo (4 paginas) com o formato de um “proceeding” de conferencia em que se discuta teórica e experimentalmente uma observável em física de partículas e/ou astropartículas. Sugestões de temas serão dadas até 9/10, os temas serão escolhidos até 9/11 e o artigo entregue até 17/12.

Escalas de energia

