



Anjos, Demónios, Matéria e Antimatéria!

Pedro Abreu
LIP e IST
29 de agosto de 2019

*Visita de Professores
Brasileiros ao LIP*



Adaptado de uma palestra preparada pela Colaboração



TM & © 2009 Columbia Pictures Industries, Inc. All Rights Reserved.

preâmbulo:

Para quê estudar Física ?!

O Problema:



A Solução ?



Não era bem isto...



Oops!... E agora ?!



Bom, vamos lá a ver agora...



Parece que desta vai...

$$a_P > A_p$$

Moral da história:
A Física tem um papel crucial no dia-a-dia!



FIM DO PREÂMBULO



Como cientistas também interessados no cinema, ficámos entusiasmados ao ver *Angels and Demons* trazer a Física fascinante do CERN à atenção do público.

Esta é uma palestra preparada pela Colaboração ATLAS sobre as ligações entre o Filme e a Experiência ATLAS no CERN, e para obter mais informação siga:

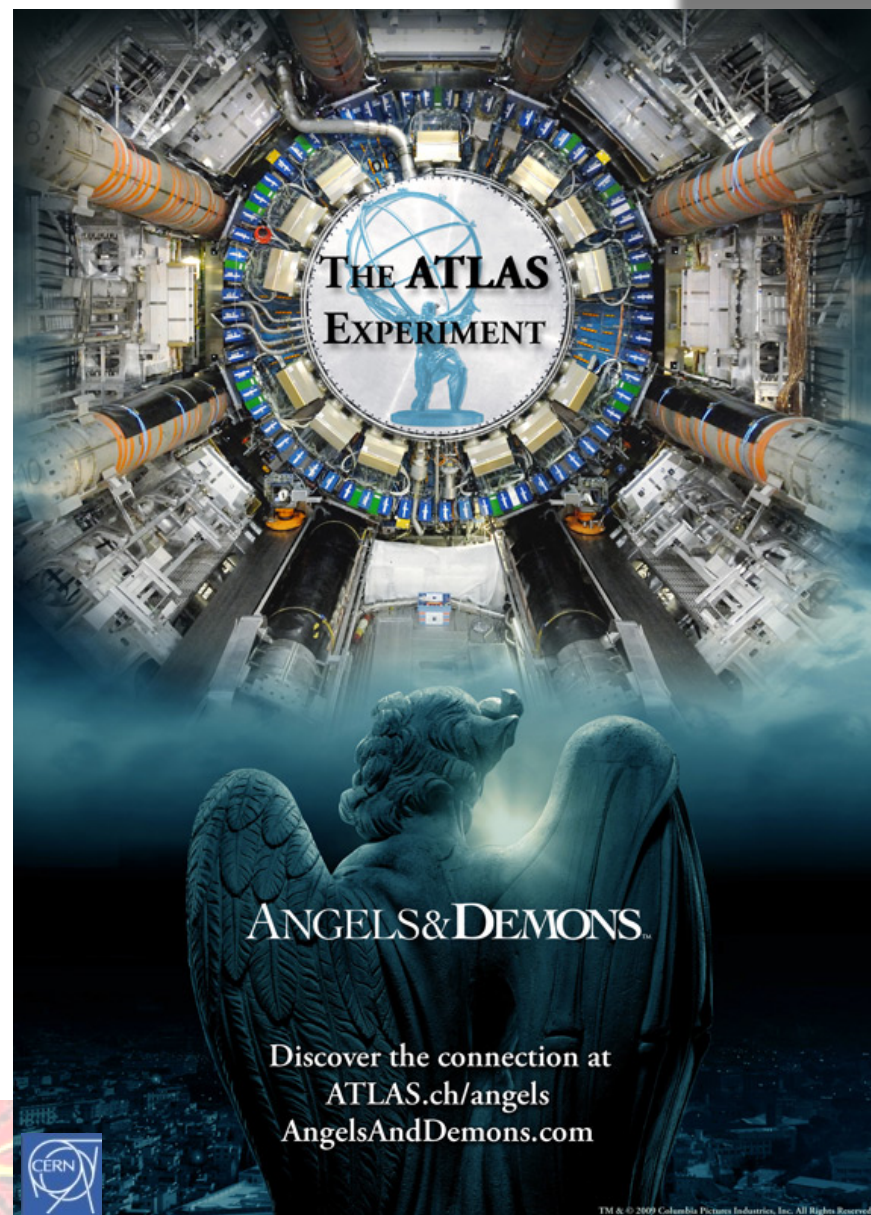
ATLAS.ch/angels

e

AngelsAndDemons.com

e

<http://angelsanddemons.cern.ch/>





ANGELS & DEMONS

TM & © 2009 Columbia Pictures Industries, Inc. All Rights Reserved.

No argumento do filme “Anjos e Demónios”, os maus da fita vão a um laboratório chamado “CERN”.

Roubam meia grama de antimatéria num termo, que depois levam para Roma para usar como uma bomba.



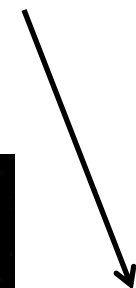
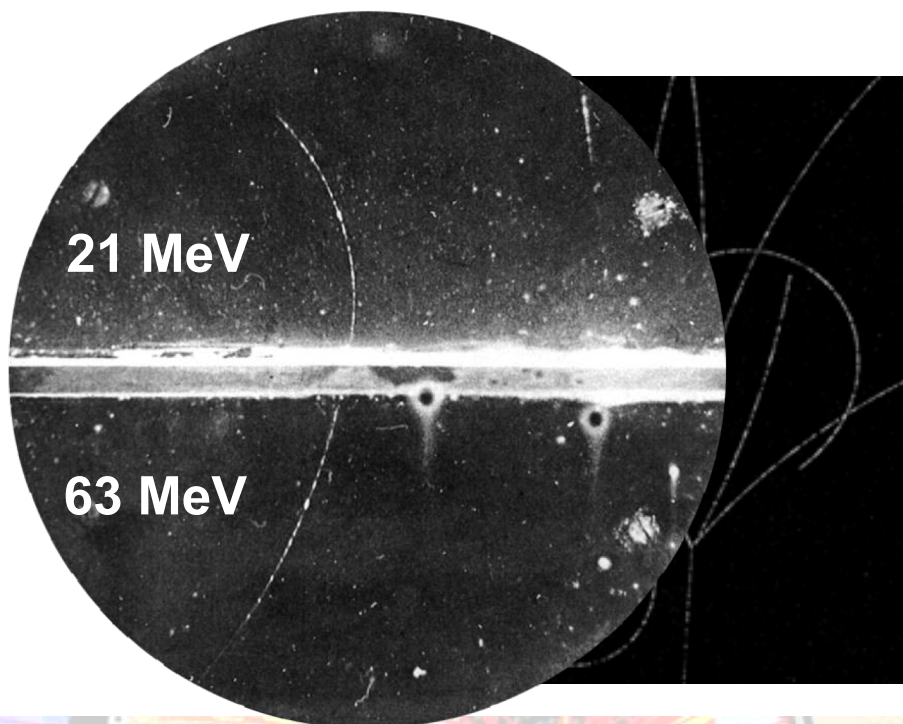
Uma nota de 5 euros pesa 1 grama.
Uma pena pesa aprox. 1/2 grama.



A Antimatéria Existe! Foi prevista por Paul Dirac

em 1928-30, e descoberta nos Raios Cósmicos por Carl Anderson em 1931

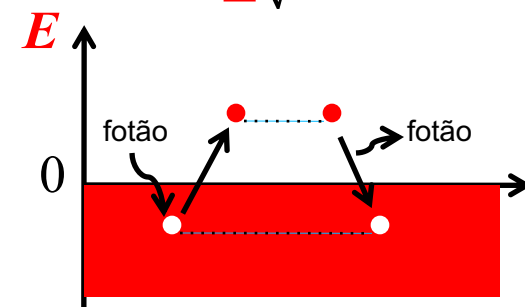
$$\left\{ i\hbar \left(\frac{\partial}{\partial x} + \alpha \cdot \frac{\partial}{\partial x} \right) + \alpha mc \right\} \psi = 0$$



$$E = mc^2$$

$$E^2 = m^2c^4 + c^2p^2$$

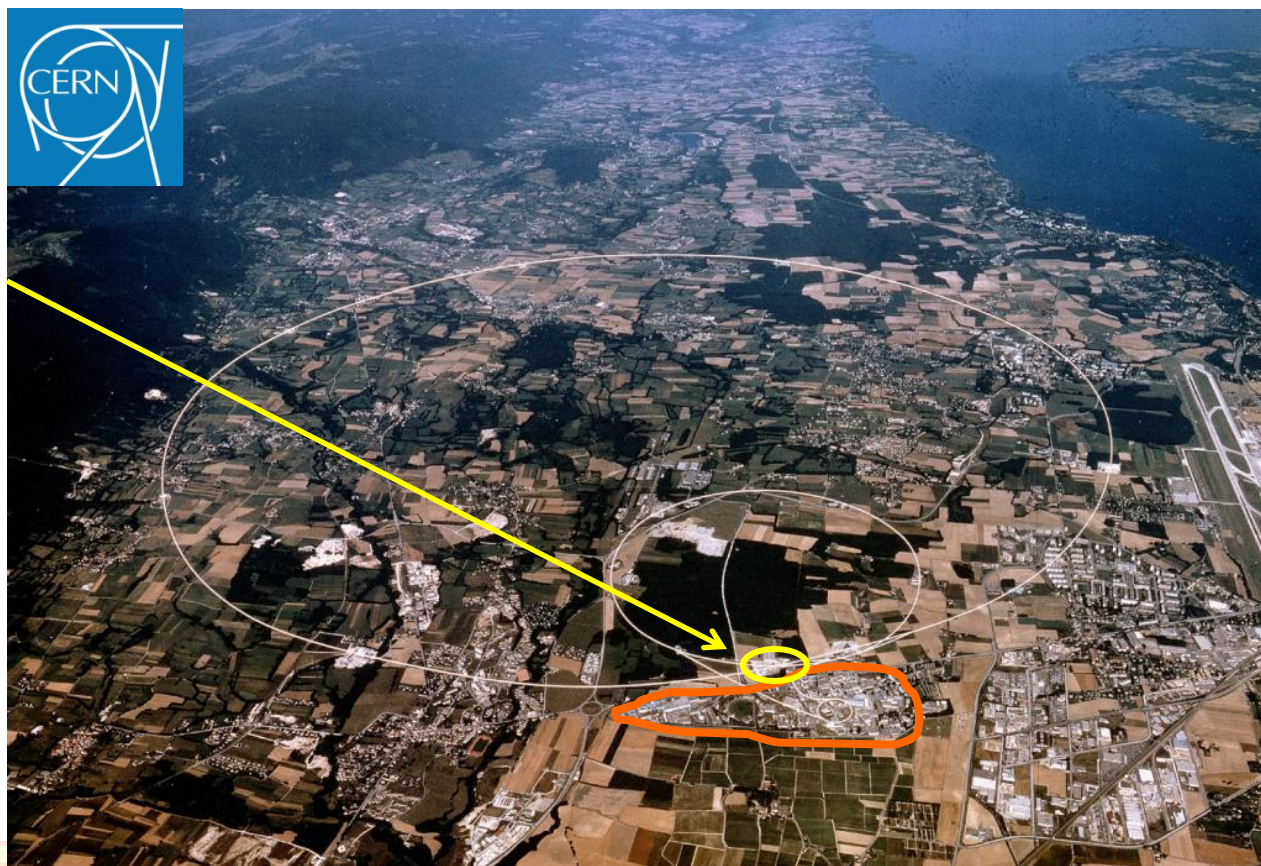
$$E = \pm \sqrt{m^2c^4 + c^2p^2}$$





**CERN é um laboratório real localizado em Genebra, Suíça
da Organização Europeia de Pesquisa Nuclear**

**Algumas cenas do
filme foram
filmadas na
Experiência ATLAS
no laboratório
CERN.**

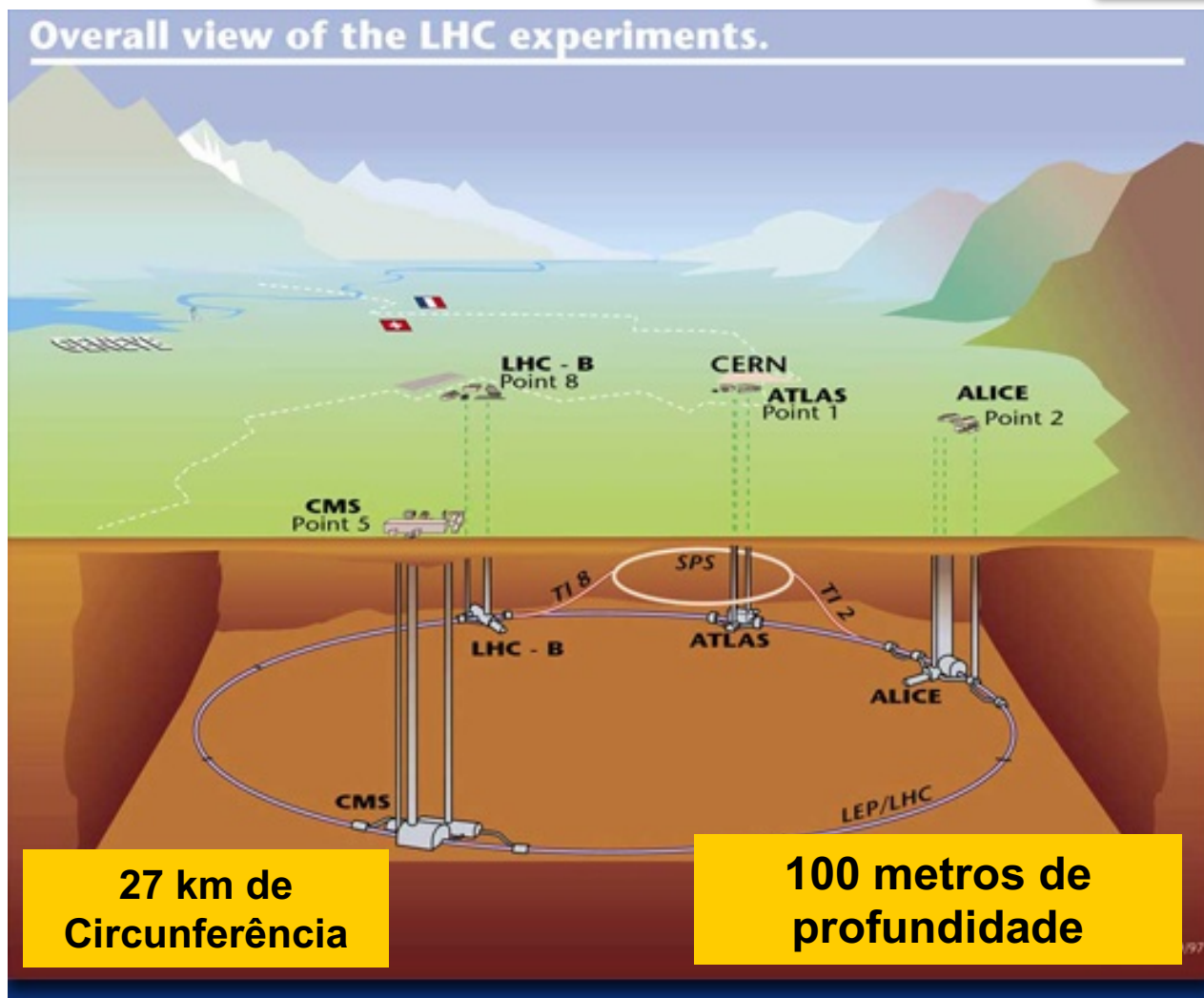


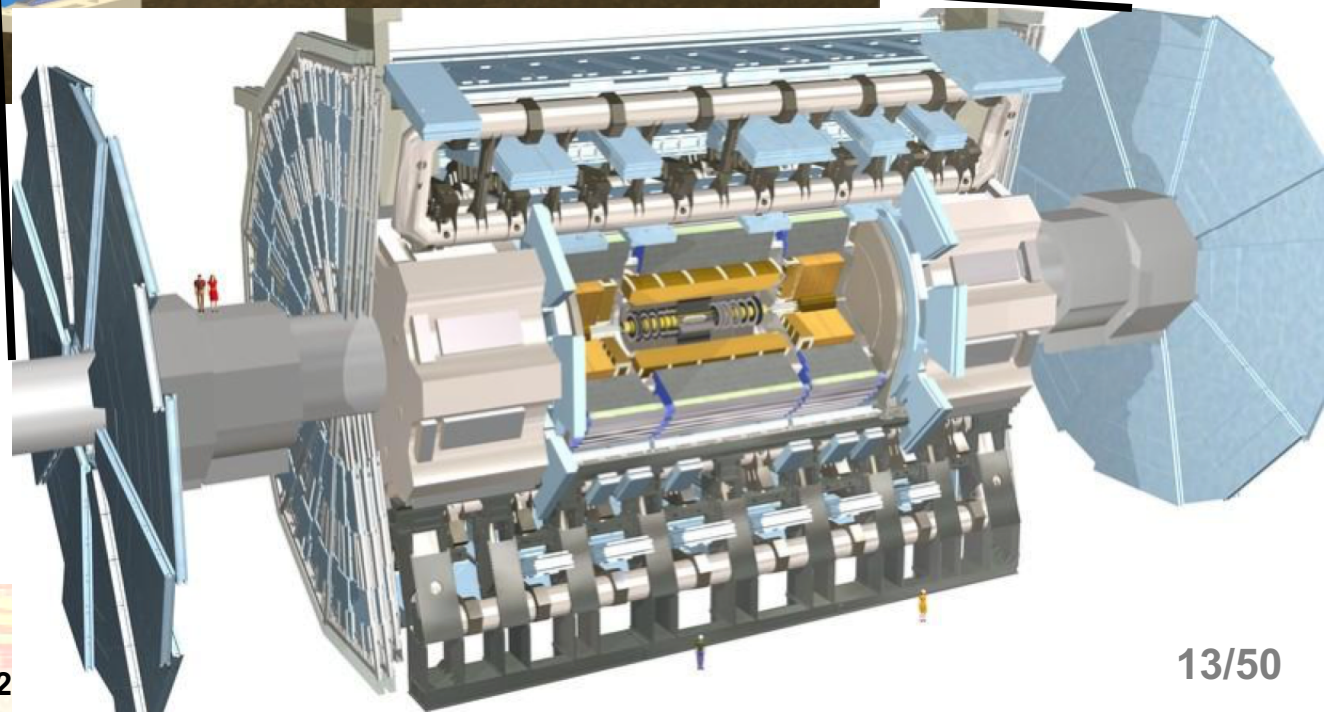


Então, o que é o LHC?

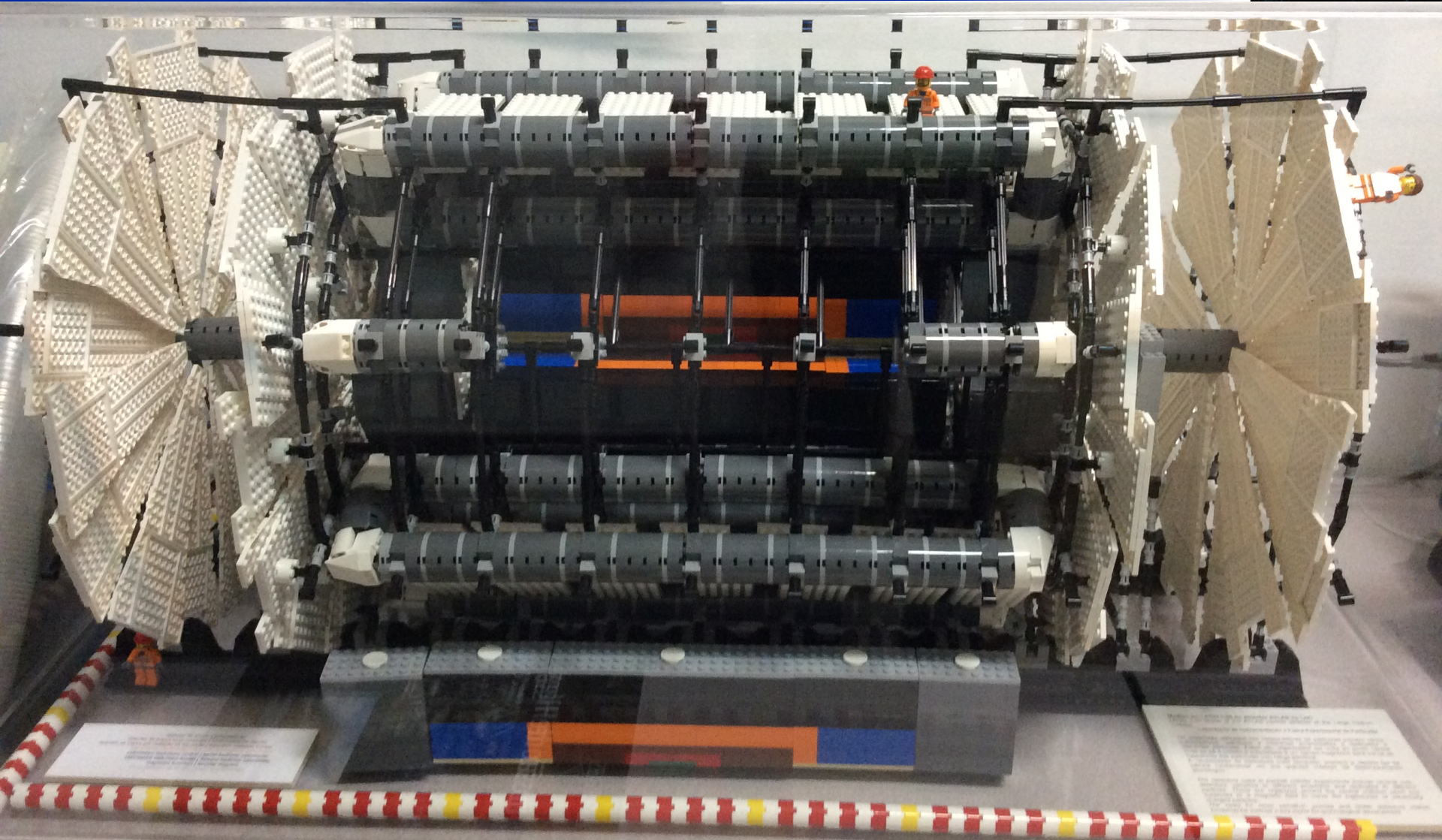
O LHC é um acelerador localizado no CERN

Protões circulam em sentidos opostos e colidem dentro das áreas experimentais





O Detetor ATLAS no LIP

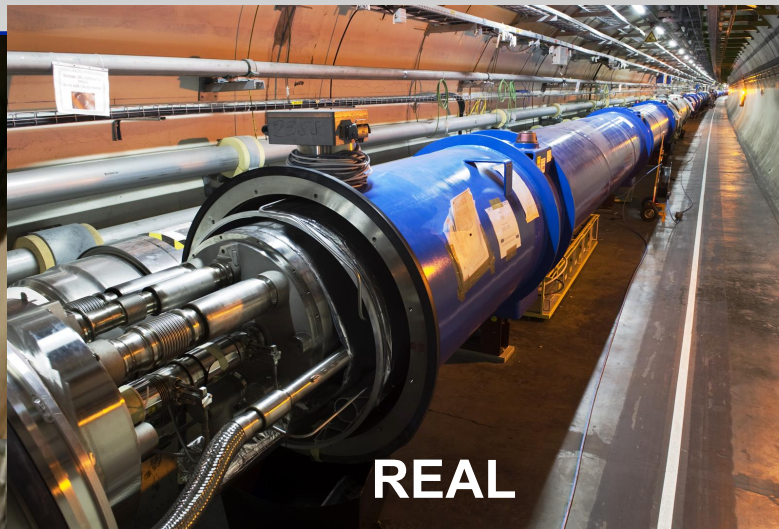




O CERN real no filme A.&D.



REAL



REAL



REAL

REAL

REAL

LHC a injectar protões, feixe um.



O CERN ficção no filme A.&D.



FICÇÃO



PALERMICE



FICÇÃO



FICÇÃO

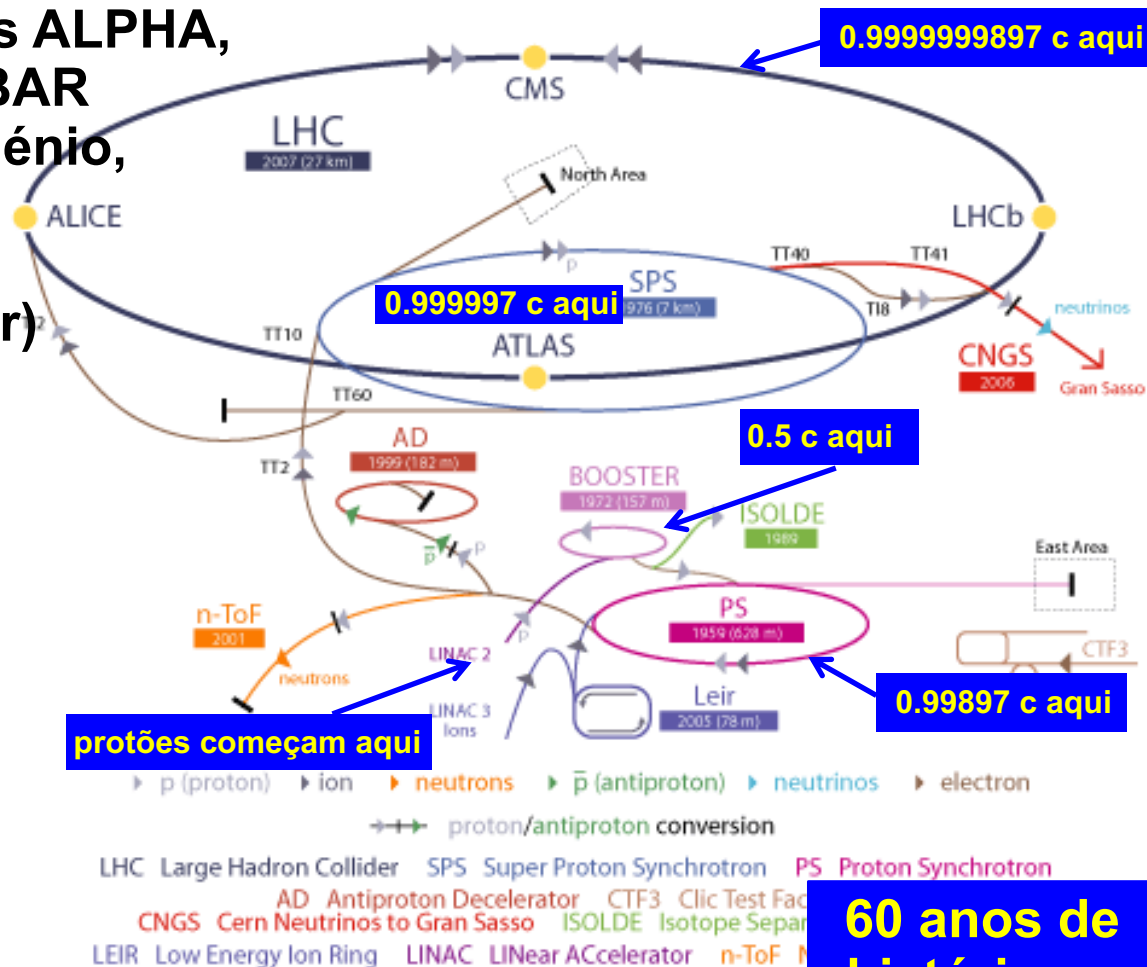
FICÇÃO



Mas **NÃO** em quantidades!

No CERN, é nas Experiências ALPHA, AeGIS, ASACUSA, BASE, GBAR que se estuda o ANTI-Hidrogénio, usando o desacelerador de Antiprotões (AD / Antiproton Decelerator)

CERN Accelerator Complex



60 anos de história no CERN ainda operacionais



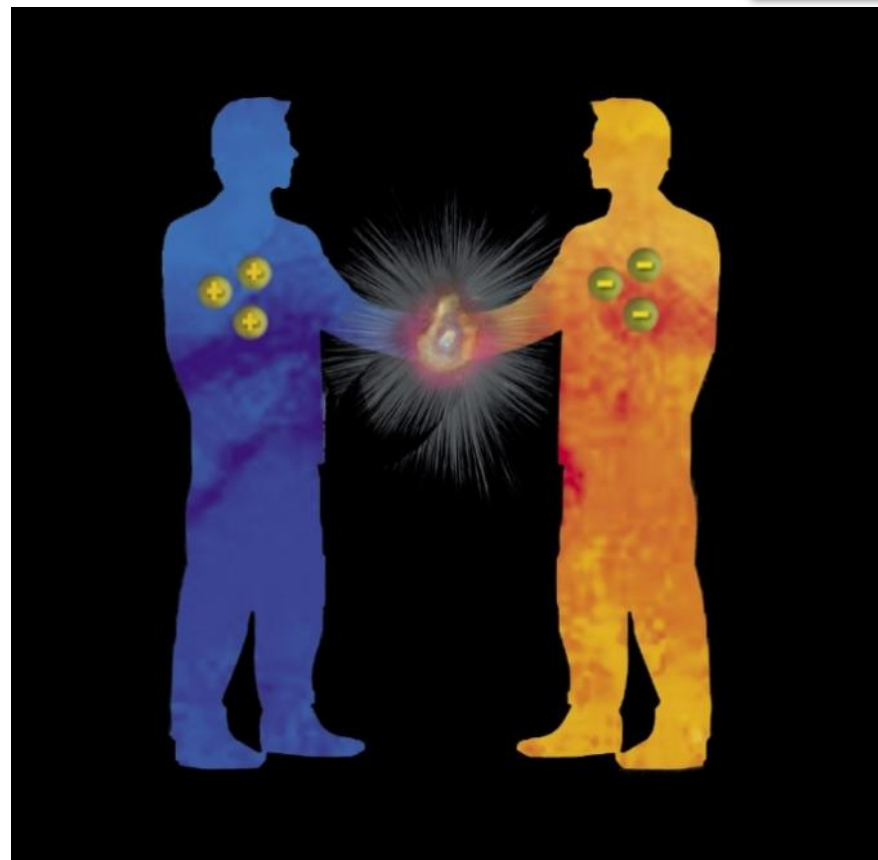
Também é verdade que quando a matéria e a antimatéria se encontram, aniquilam-se mutuamente.

As suas massas totais são convertidas em energia através da Equação de Einstein:

$$E = mc^2 \Leftrightarrow (m+m)c^2 \Rightarrow E$$

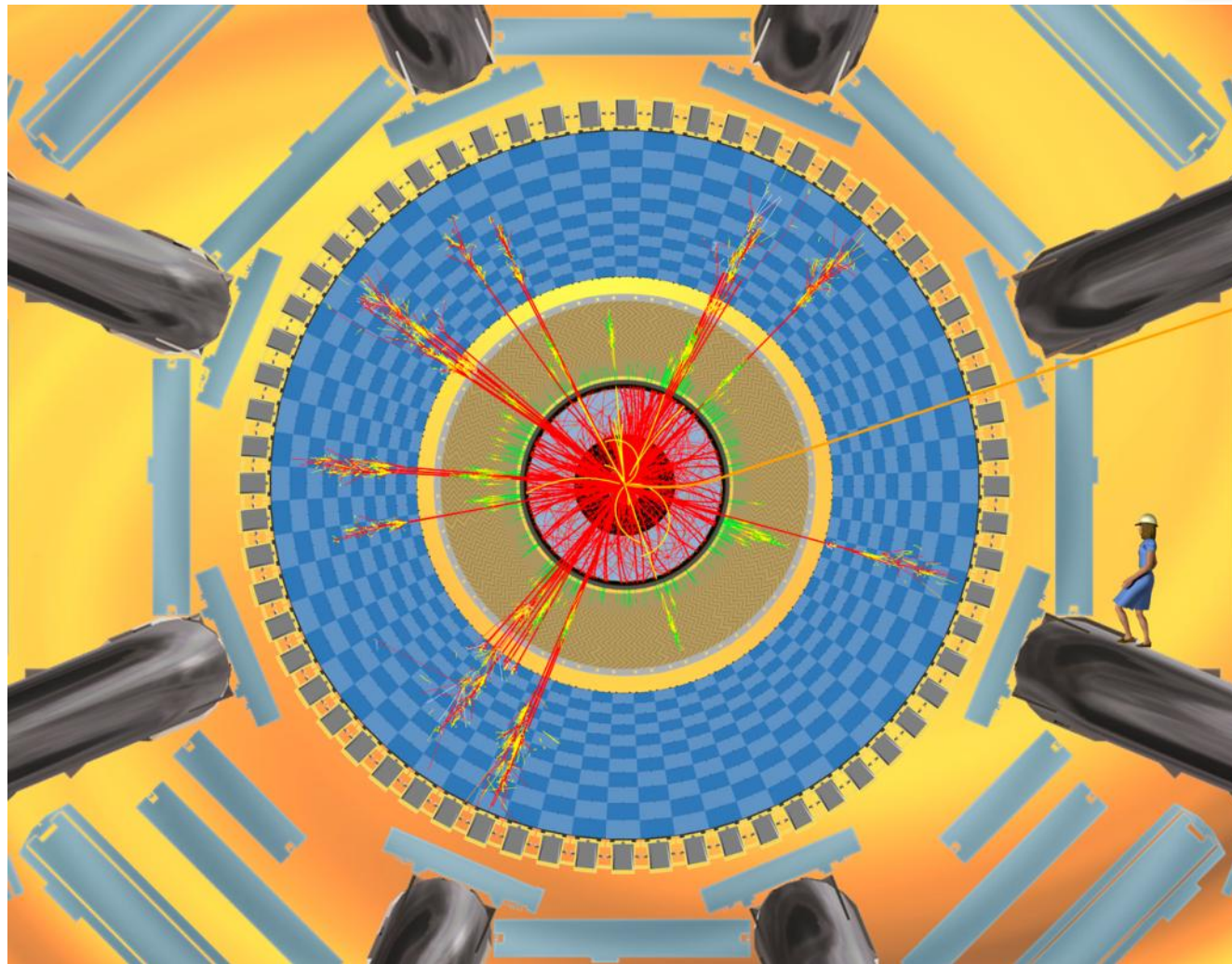
$$(0,0005 \text{ kg} + 0,0005 \text{ kg}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 9 \times 10^{-3+16} \approx 9 \times 10^{13} \text{ J} \dots \text{buuum!}$$

(\approx 21 kton TNT; bomba nuclear Hiroshima = 15 kton TNT)





(aproximadamente)
**Metade dos
 traços aqui
 mostrados são
 antipartículas**





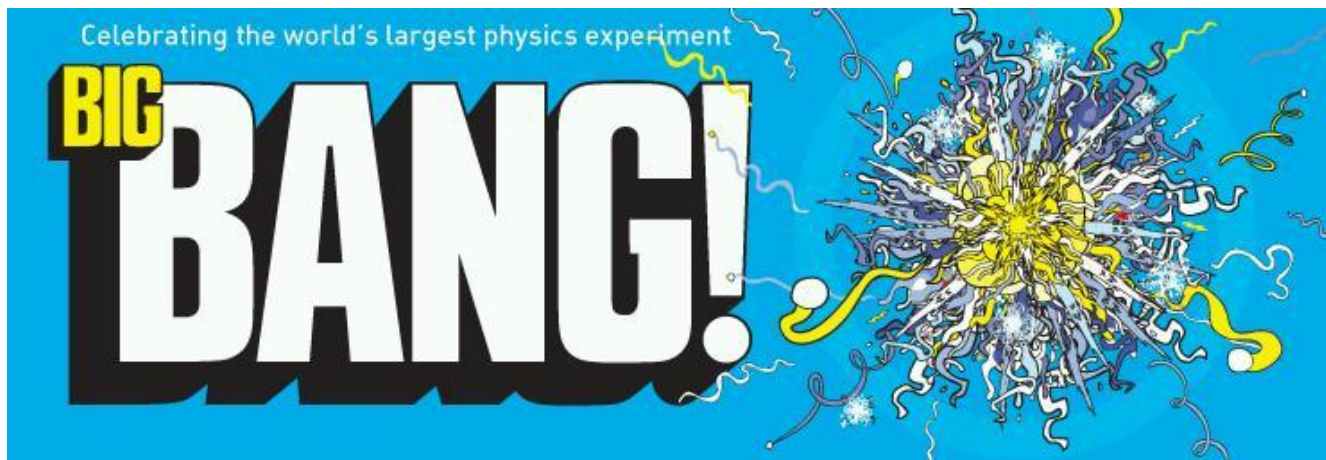
**TODA a antimatéria
produzida em ATLAS
aniquila-se numa fração de
segundo.**



ANGELS & DEMONS

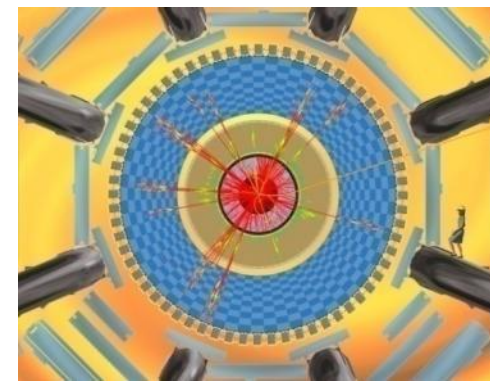


De facto, o



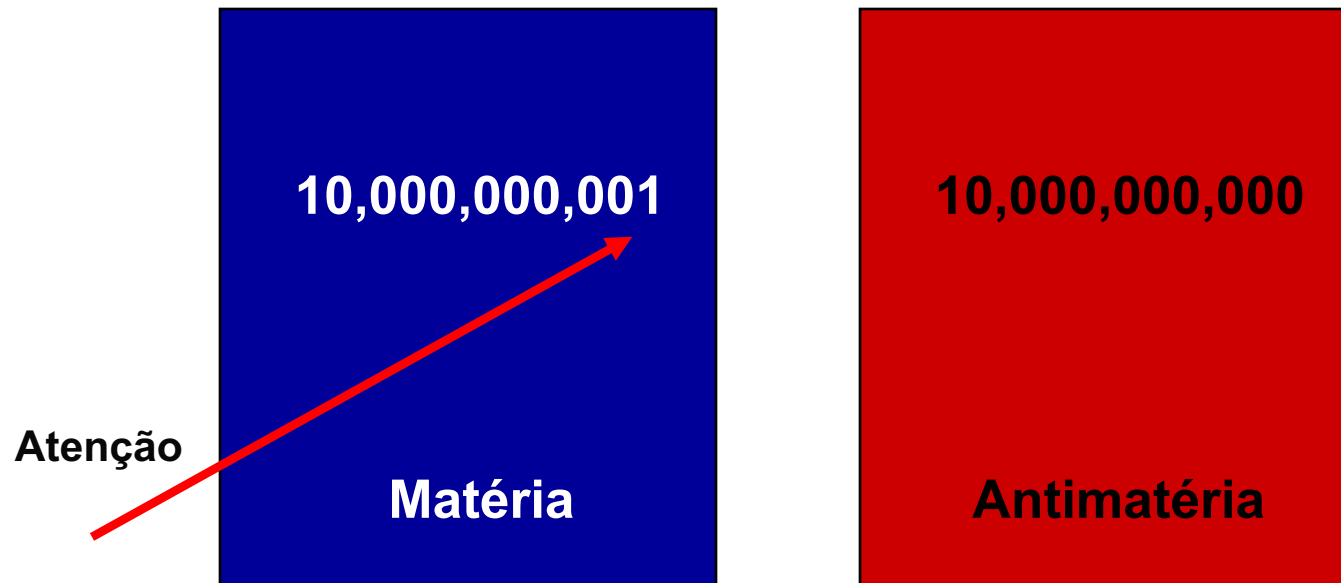
produziu quantidades iguais
de matéria e de antimatéria.

Tal qual a Experiência ATLAS!





Muito pouco tempo depois do Big Bang, as quantidades de matéria e de antimatéria... não são exatamente iguais



Para cada 10 MIL MILHÕES de partículas que se aniquilaram, sobrou UMA “inteira”



TODA a antimatéria, e TODA a matéria exceto um bocadinho desapareceram... e este bocadinho somos nós!

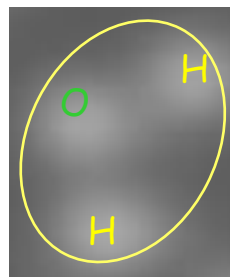
O Que é então a Antimatéria?



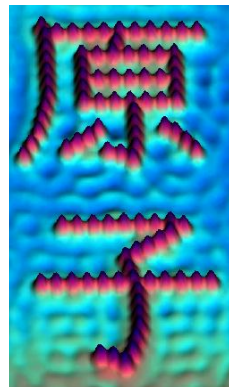
“EXATAMENTE” a mesma coisa que a Matéria:

Substâncias como **água**, proteínas, gorduras, açúcares, sais, ...

Constituídas por elementos (átomos) como



**Hidrogénio,
Cálcio,
Ferro,
Carbono,
Azoto,
Oxigénio,
Cloro,
[Hélio],
e outros 100
elementos ...**



Reihen	Gruppe I. R ² O	Gruppe II. RO	Gruppe III. R ² O ³	Gruppe IV. RH ⁴ RO ²	Gruppe V. RH ³ R ² O ⁵	Gruppe VI. RH ² RO ³	Gruppe VII. RH R ² O ⁷	Gruppe VIII. RO ⁴
1	H = 1							He = 4
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	- = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co=59 Ni=59, Cu=63
5	(Cu = 63)	Zn = 65	Ga = 68	- = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Er = 90	Nb = 94	Mo = 96	- = 100	Ru=104, Rh=104 Pd=106, Ag=108
7	Ag = 108	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140				
9	(-)							
10			?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184		Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208			
12				Th = 231		U = 240		

...ESTRUTURA ELETRÓNICA!



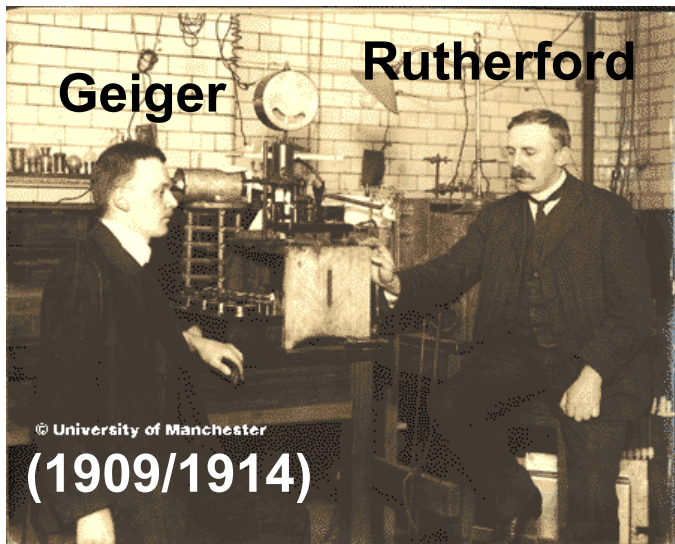
O Átomo é feito de Espaço!

VAZIO

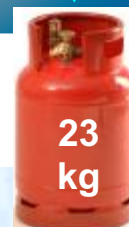
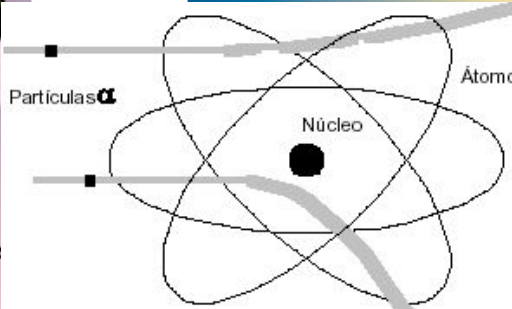
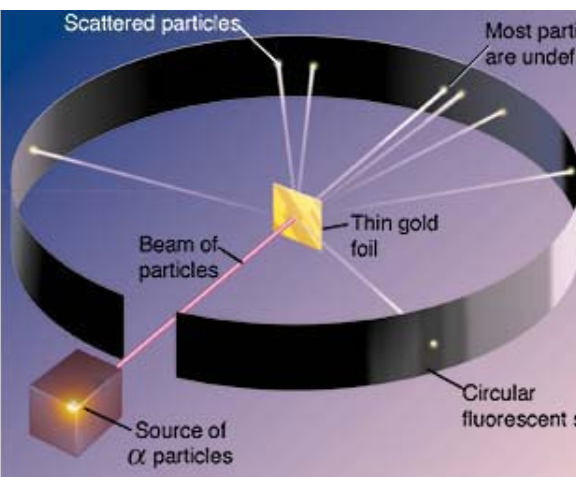
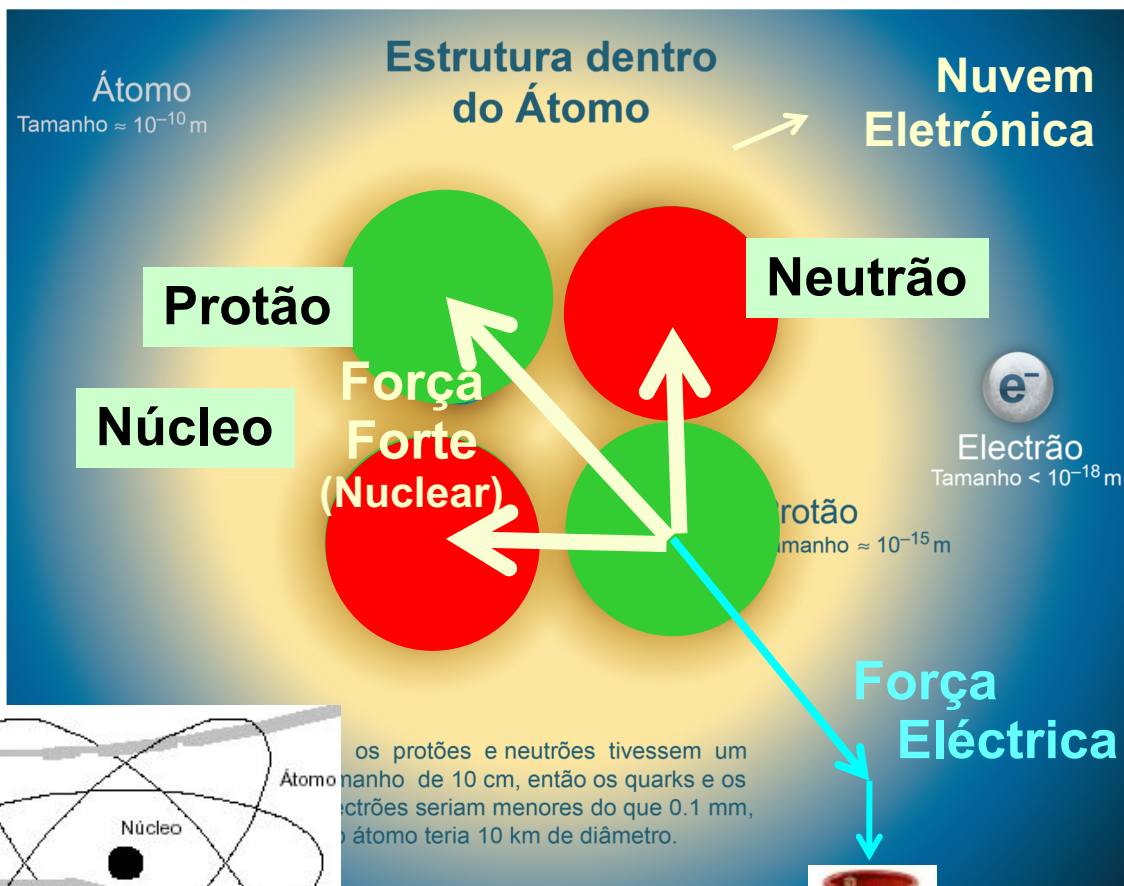
(99,999 999 999 9% do volume)

(núcleo x100)



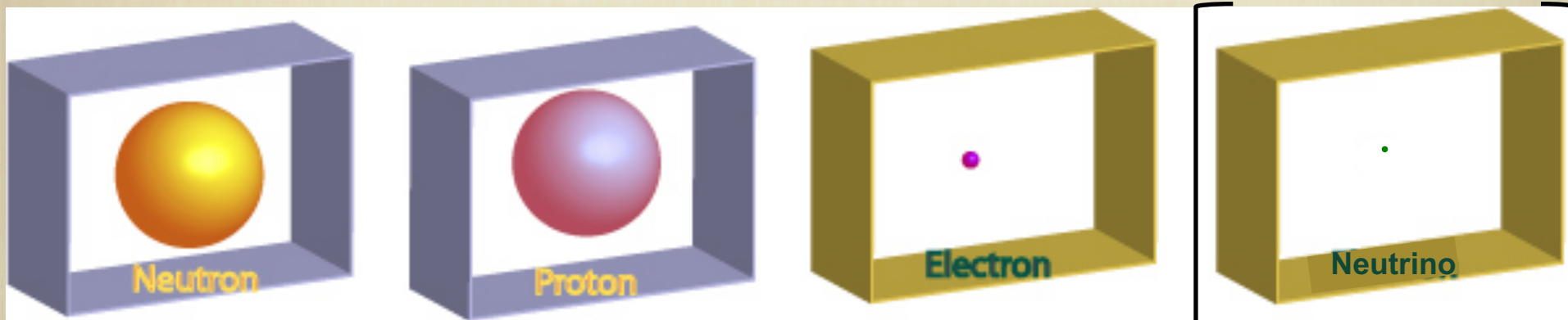


Núcleo rodeado por uma nuvem eletrónica!



PARTÍCULAS

Espectro de Partículas Elementares (1932)



neutrão

protão

eletrão

[neutrino]

**Simple, fácil de fixar
Ainda ensinado nas Escolas**

**Jardim
Zoológico**

Com novos aceleradores e detetores,
o "Zoo das Partículas" tem mais de ~ 200 'partículas elementares'!

HADRÕES

$\pi^+ \pi^- \pi^0$
Pions

$K^+ K^- K^0$
Kaons

η'
Eta-Prime

η
Eta

ϕ
Phi

$\rho^+ \rho^- \rho^0$
Rho

(todas instáveis)

MESÕES

$\Delta^{++}, \Delta^+, \Delta^0, \Delta^-$
Delta

p, n
protão, neutrão

Λ^0
Lambda (estranho!)

$\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-$
Sigma (estranho!)

Ξ^0, Ξ^-
Xi (muito estranho!)

(decaem até ao protão)

BARIÕES

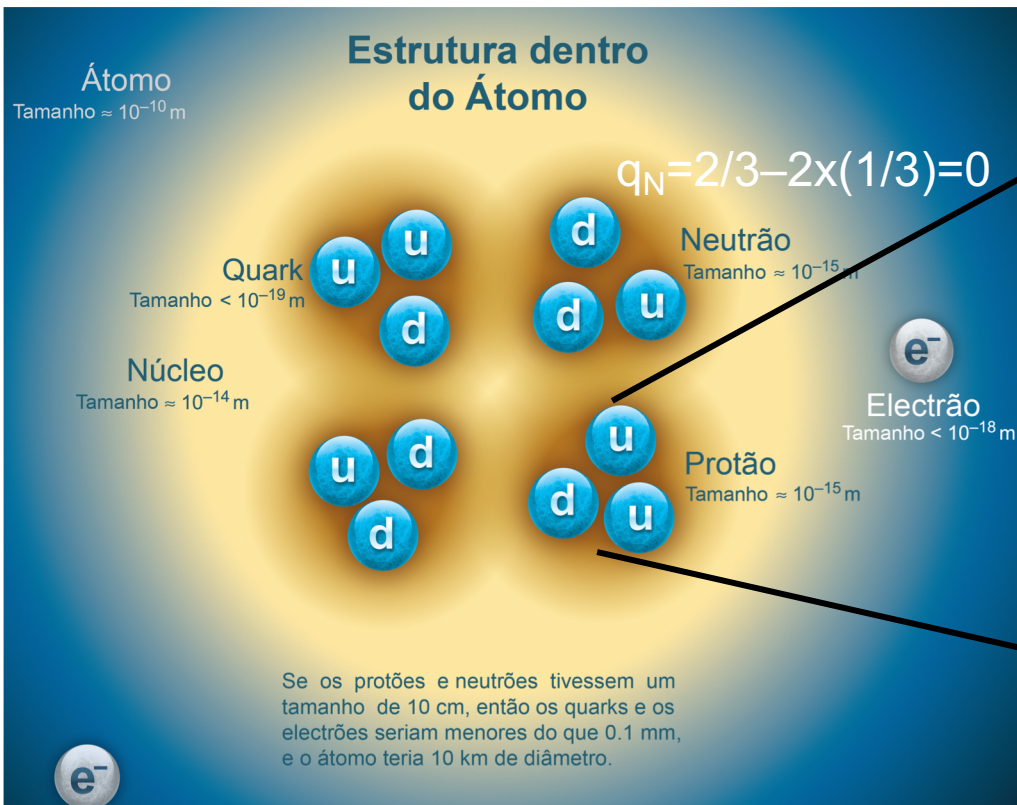
Qual seria a estrutura de base, a 'nova tabela periódica' ?
Porque é que o protão é absolutamente estável?

E os Protões?

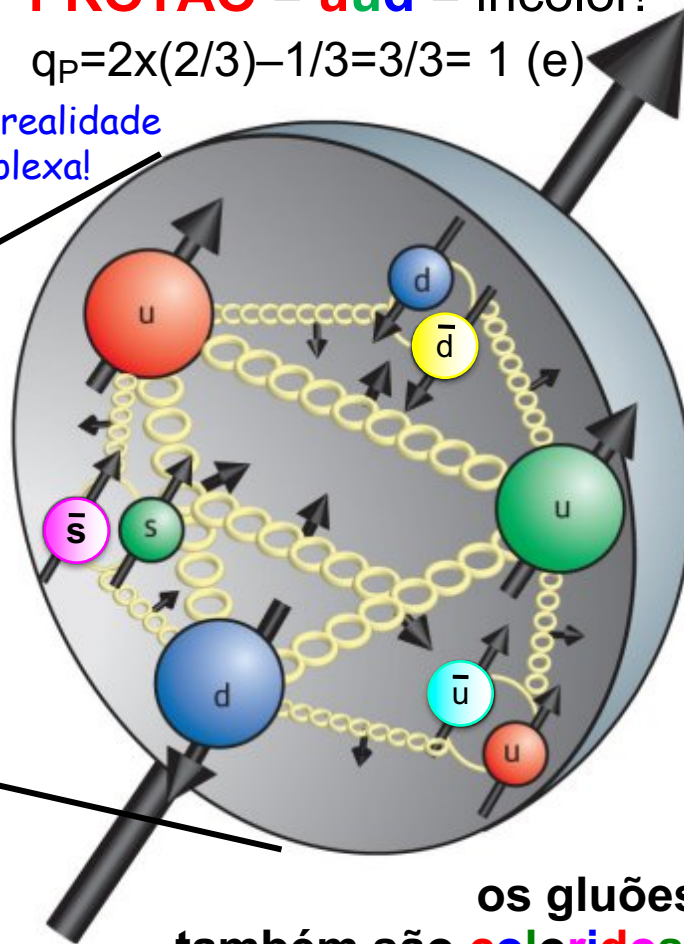
Nome Quark	Carga Eléctrica	Spin [h/(2π)]	“Cor” (r,g,b)
u (up)	+2/3 (e)	+1/2	● ● ●
d (down)	-1/3 (e)	+1/2	● ● ●

Protões e neutrões feitos de Quarks, Anti-Quarks ...e Gluões!

PROTÃO = **uud** = incolor!
 $q_p = 2 \times (2/3) - 1/3 = 3/3 = 1$ (e)



mas realidade complexa!



Contudo, $m_p = 0,938 \text{ GeV}/c^2 \approx 1 \text{ GeV}/c^2 \gg \Sigma m_q$

O MODELO PADRÃO DAS PARTÍCULAS E INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS



O Modelo Padrão é uma teoria quântica que resume o nosso conhecimento actual da física das partículas e interacções fundamentais (as interacções manifestam-se através das forças e dos decaimentos das partículas instáveis).

FERMIÕES

constituintes da matéria
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptões spin = 1/2			Quarks spin = 1/2		
Sabor	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica	Sabor	Massa Aprox. GeV/c ²	Carga Eléctrica
ν_L neutrino* mais leve	$(0-2) \times 10^{-9}$	0	u up	0.002	2/3
e electrão	0.000511	-1	d down	0.005	-1/3
ν_M neutrino* intermédio	$(0.009-2) \times 10^{-9}$	0	c charm	1.3	2/3
μ muão	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3
ν_H neutrino* pesado	$(0.05-2) \times 10^{-9}$	0	t top	173	2/3
τ tau	1.777	-1	b bottom	4.2	-1/3

*Ver em baixo o parágrafo sobre neutrinos.

Spin é o momento angular intrínseco das partículas. O spin é dado em unidades de \hbar , que é a unidade quântica de momento angular, com $\hbar = h/2\pi = 6.58 \times 10^{-25}$ GeV s = 1.05×10^{-34} J s.

Cargas eléctricas são dadas em unidades de carga eléctrica do próton. Em unidades SI, a carga eléctrica do próton é 1.60×10^{-19} coulomb.

A unidade de **Energia** em física de partículas é o electrão volt, que é a diferença de potencial de um volt. Mas em que 1 GeV = 10^9 eV = 1.60×10^{-10} joule. A massa do próton é 0.938 GeV/c² = 1.67×10^{-27} kg.

Neutrinos

Os neutrinos são produzidos no Sol, supernovas, reactores nucleares, colisões em aceleradores, e muitos outros processos. Qualquer neutrino pode ser descrito como um de três estados de sabor de neutrinos: ν_e , ν_μ , ou ν_τ , de acordo com o tipo de leptão associado na sua produção. Cada estado destes é uma mistura quântica de três estados de massa de neutrinos ν_L , ν_M , e ν_H , para os quais os intervalos de massas são indicados na tabela. O estudo dos neutrinos pode ajudar à compreensão da assimetria matéria-antimatéria e da evolução das estrelas e das estruturas das galáxias.

Matéria e Antimatéria

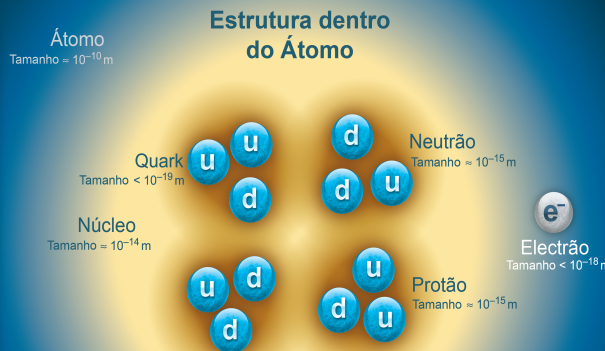
Para cada tipo de partícula existe o correspondente tipo de antipartícula, indicado com uma barra sobre o símbolo da partícula (excepto se se mostrar a carga + ou -). A partícula e a antipartícula têm a mesma massa e spin mas cargas eléctricas opostas. Alguns bósons electricamente neutros (por ex., Z^0 , γ , e $\eta_c = c\bar{c}$, mas não $K^0 = d\bar{s}$) são as próprias antipartículas.

Processos com Partículas

Estes diagramas são concepções artísticas. Áreas alaranjadas representam as nuvens de glúons.

Um neutrão livre (udd) decai para um próton (uud), um electrão, e um antineutrino, através de um bóson W virtual (mediador). Este é o decaimento β (beta) do neutrão.

Um electrão e um positrão (antielectrão), colidindo a altas energias, podem aniquilar-se para produzir mesões B^0 e \bar{B}^0 por meio de um bóson Z ou fóton virtuais.



Se os prótons e neutrões tivessem um tamanho de 10 cm, então os quarks e os electrões teriam um tamanho de 10 micrometros.

BOSÕES

mediadores das forças
spin = 0, 1, 2, ...

Electrofraca spin = 1			Forte (cor) spin = 1		
Nome	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica	Nome	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica
γ fóton	0	0	g glúão	0	0
W⁻ bósons W	80.39	-1	Bosão de Higgs spin = 0		
W⁺ bósons W	80.39	+1	Nome	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica
Z bóson Z	91.188	0	H Higgs	126	0

Bosão de Higgs

O bóson de Higgs é um elemento fundamental do Modelo Padrão. A sua descoberta confirma o mecanismo pelo qual as partículas elementares adquirem massa.

Carga de cor

Só os quarks e os glúons é que possuem "carga de cor" e são sensíveis à interacção forte. Cada quark pode ter uma de três cores ("vermelho", "verde", "azul"). Mas estas não têm nada que ver com as cores que vemos. As partículas carregadas interagem trocando ou interagendo trocando glúons.

<http://www.cpepphysics.org/particles.html>

Propriedade	Interacção Gravitica	Interacção Fraca (Electrofraca)	Interacção Electromagnética	Interacção Forte
Actua em:	Massa – Energia	Sabor	Carga Eléctrica	Carga de cor
Partículas afectadas:	Todas	Quarks, Leptões	Electricamente carregadas	Quarks, Glúões
Partículas mediadoras:	Gravitão (ainda por observar)	W⁺ W⁻ Z⁰	γ	Glúões
Intensidade a $\left\{ \begin{array}{l} 10^{-18} \text{ m} \\ 3 \times 10^{-17} \text{ m} \end{array} \right.$	10^{-41}	10^{-4}	1	25
	10^{-41}	10^{-4}	1	60

Os quarks e os glúons — estão confinados em partículas compostas chamadas hádrons. Este confinamento (ligação) resulta das interacções fortes entre os constituintes "coloridos". Quando as partículas "coloridas" (quarks e glúons) se afastam, a energia no campo de forças de cor entre elas aumenta. Esta energia pode ser convertida em sucessivos pares quark-antiquark. Estes quarks (q) e antiquarks (\bar{q}) combinam-se em hádrons, que são as partículas observáveis.

Dois tipos de hádrons foram observados na natureza: mesões $q\bar{q}$ e bárions qqq . Entre os muitos tipos de bárions observados temos o próton (uud), antipróton ($\bar{u}\bar{u}\bar{d}$), e neutrão (udd). As cargas eléctricas dos quarks somam-se para o próton ter carga 1 e o neutrão carga 0. Entre os vários tipos de mesões temos o pião π^+ (u \bar{d}), kaão K^+ (u \bar{s}), e B^0 (db).

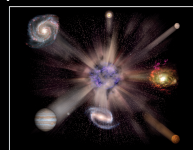
Saiba mais em ParticleAdventure.org



Mistérios por resolver

Motivados por novas questões na nossa compreensão física do Universo, os físicos de partículas seguem caminhos diferentes na direcção de novas descobertas maravilhosas. As experiências poderão vir a encontrar dimensões extra de espaço, buracos negros microscópicos, ou sinais da teoria das cordas.

Porque acelera o Universo?



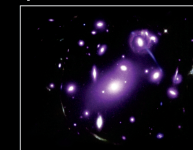
A expansão do Universo parece estar a acelerar. Será devido à Constante Cosmológica de Einstein? Se não, poderão as experiências vir a revelar novas forças da Natureza ou até dimensões (escondidas) de espaço?

Onde está a Antimatéria?



Matéria e antimatéria terão sido criadas em iguais quantidades no Big Bang. Porque é que agora vemos só matéria, à excepção de quantidades diminutas de antimatéria criadas em laboratório ou nos Raios Cósmicos?

O que é a Matéria Escura?



Grande parte da massa observada nas galáxias e aglomerados de galáxias é formada por matéria invisível. Pode esta matéria escura ser feita de novos tipos de partículas que apenas interagem fracamente com a matéria normal?

Existem Dimensões Extra?



Uma indicação para dimensões extra de espaço pode ser a baixíssima intensidade da força gravitica, quando comparada com as outras três forças fundamentais da Natureza (um íman pode levantar um clipe, sobrepondo-se à gravidade exercida por todo o planeta Terra).



FERMIÕES

constituintes da matéria
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptões spin = 1/2			Quarks spin = 1/2		
Sabor	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica	Sabor	Massa Aprox. GeV/c ²	Carga Eléctrica

Sobre as unidades de massa: **Equação de Einstein: $E = mc^2$**

(massa m em kg, energia E em J (joule), $c = 3 \times 10^8$ m/s)

protão: $m_p \approx 1$ u.m.a. $\approx 1,67 \times 10^{-27}$ kg e $E_p \approx 1,5 \times 10^{-10}$ J

com $m = E/c^2$, usamos para **unidade de massa** J/c² ou

GeV/c², pois $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$\Leftrightarrow 1 \text{ GeV}/c^2 = (1,6 \times 10^{-10} / 9 \times 10^{16}) \text{ kg} = 1,78 \times 10^{-27} \text{ kg}$

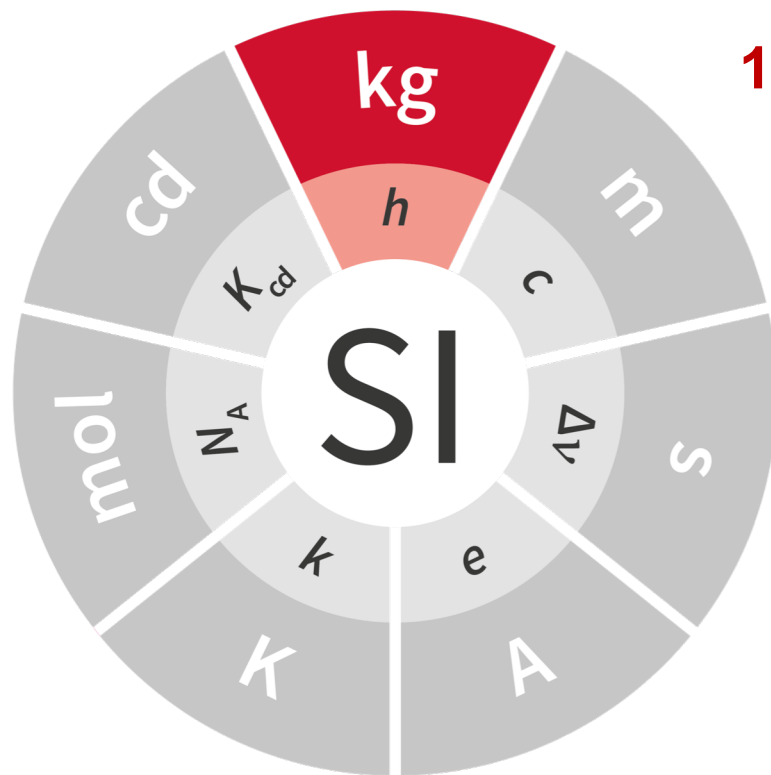
protão: $m_p \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} \approx 0,938 \text{ GeV}/c^2 \approx 1 \text{ GeV}/c^2$

Novas unidades no sistema SI



$$1 \text{ kg} = (h / 6.626 \ 070 \ 15 \times 10^{-34}) \text{ m}^{-2} \text{ s}$$

$$[1 \text{ GeV}/c^2 = (2 \ 686 \ 358.52) h \text{ m}^{-2} \text{ s}]$$



$$1 \text{ A} = (e / 1.602 \ 176 \ 634 \times 10^{-19}) \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ K} = (1.380 \ 649 \times 10^{-23} / k) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$[1 \text{ mol} = 6.022 \ 140 \ 76 \times 10^{23} / N_A]$$

$$1 \text{ s} = 9 \ 192 \ 631 \ 770 / \Delta\nu_{\text{Cs}} \quad 1 \text{ m} = (c / 299 \ 792 \ 458) \text{ s}$$

(*) o novo SI foi adotado a 20/Maio/2019

Constituintes fundamentais da Matéria (e da Antimatéria!)



$$1 \text{ GeV}/c^2 = 1.78 \times 10^{-27} \text{ kg} \approx m(\text{protão}) = 0,938 \text{ GeV}/c^2$$

FERMIÕES

constituintes da matéria
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

$p = \{uud\}$
 $n = \{udd\}$

Leptões spin = 1/2

Quarks spin = 1/2 3 'cores'

	Sabor	Massa GeV/c^2	Carga Eléctrica	Sabor	Massa Aprox. GeV/c^2	Carga Eléctrica	
1956	ν_L neutrino* mais leve	$(0-2) \times 10^{-9}$	0	u up	0.002	2/3	1964
1897	e electrão	0.000511	-1	d down	0.005	-1/3	1964
1962	ν_M neutrino* intermédio	$(0.009-2) \times 10^{-9}$	0	c charm	1.3	2/3	1974
1937	μ muão	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3	1964
2001	ν_H neutrino* pesado	$(0.05-2) \times 10^{-9}$	0	t top	173	2/3	1996
1975	τ tau	1.777	-1	b bottom	4.2	-1/3	1977



Propriedades das Interações

Propriedade	Interação Gravítica	Interação Fraca (Electrofraca)	Interação Electromagnética	Interação Forte
Actua em:	Massa – Energia	Sabor	Carga Eléctrica	Carga de cor
Partículas afectadas:	Todas	Quarks, Leptões	Electricamente carregadas	Quarks, Gluões
Partículas mediadoras:	Gravitão (ainda por observar)	W^+ W^- Z^0	γ fotão	Gluões
Intensidade a $\left\{ \begin{array}{l} 10^{-18} \text{ m} \\ 3 \times 10^{-17} \text{ m} \end{array} \right.$	10^{-41} 10^{-41}	0.8 10^{-4}	1 1	25 60



↓
**Gravítica
(Peso)**

↓
**Força Fraca
(Radioatividade)**

↘
**Electromagnética
(Corrente eléctrica, luz,
ímans)**

↘
**Força Forte
(Coesão dos
Núcleos
Atómicos)**

Bosão de Higgs
+ Bosão de Higgs

...e ainda outras interações (Relações Humanas, etc.)

Também há partículas para as interações => BOSÕES!



BOSÕES

mediadores das forças
spin = 0, 1, 2, ...

Electrofraca		spin = 1
Nome	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica
γ fotão	0	0
W^-	80.39	-1
W^+ bosões W	80.39	+1
Z^0 bosão Z	91.188	0

Forte (cor)		spin = 1
Nome	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica
g gluão	0	0

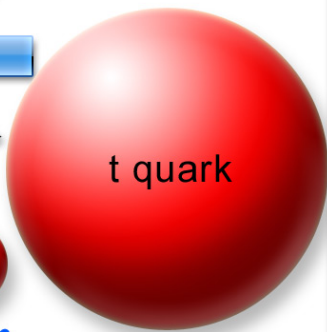
Bosão de Higgs		spin = 0
Nome	Massa GeV/c ²	Carga Eléctrica
H Higgs	126	0



As partículas e as antipartículas têm exatamente a mesma massa! Mas qual a origem dessas massas?

O que é que dá massa às partículas fundamentais como os quarks e os eletrões, e porque é que são tão diferentes?

LEPTONS		
ν_e Electron Neutrino	ν_μ Muon Neutrino	ν_τ Tau Neutrino
e Electron	μ Muon	τ Tau
QUARKS		
u Up	c Charm	t Top
d Down	s Strange	b Bottom



 t quark

Fundamental particles do not have any size. Here the different sizes are just a graphical way to show how different the masses are.



O Professor Peter Higgs e colegas propuseram que todo o espaço esteja preenchido por um meio invisível, o “campo de Higgs”.

A Mecânica quântica afirma que a todos os campos estão associadas partículas, e neste caso...
Um Bosão de Higgs.



O Higgs já descobriu a Experiência Atlas, mas este é o Prof. Higgs...não o bosão de Higgs.

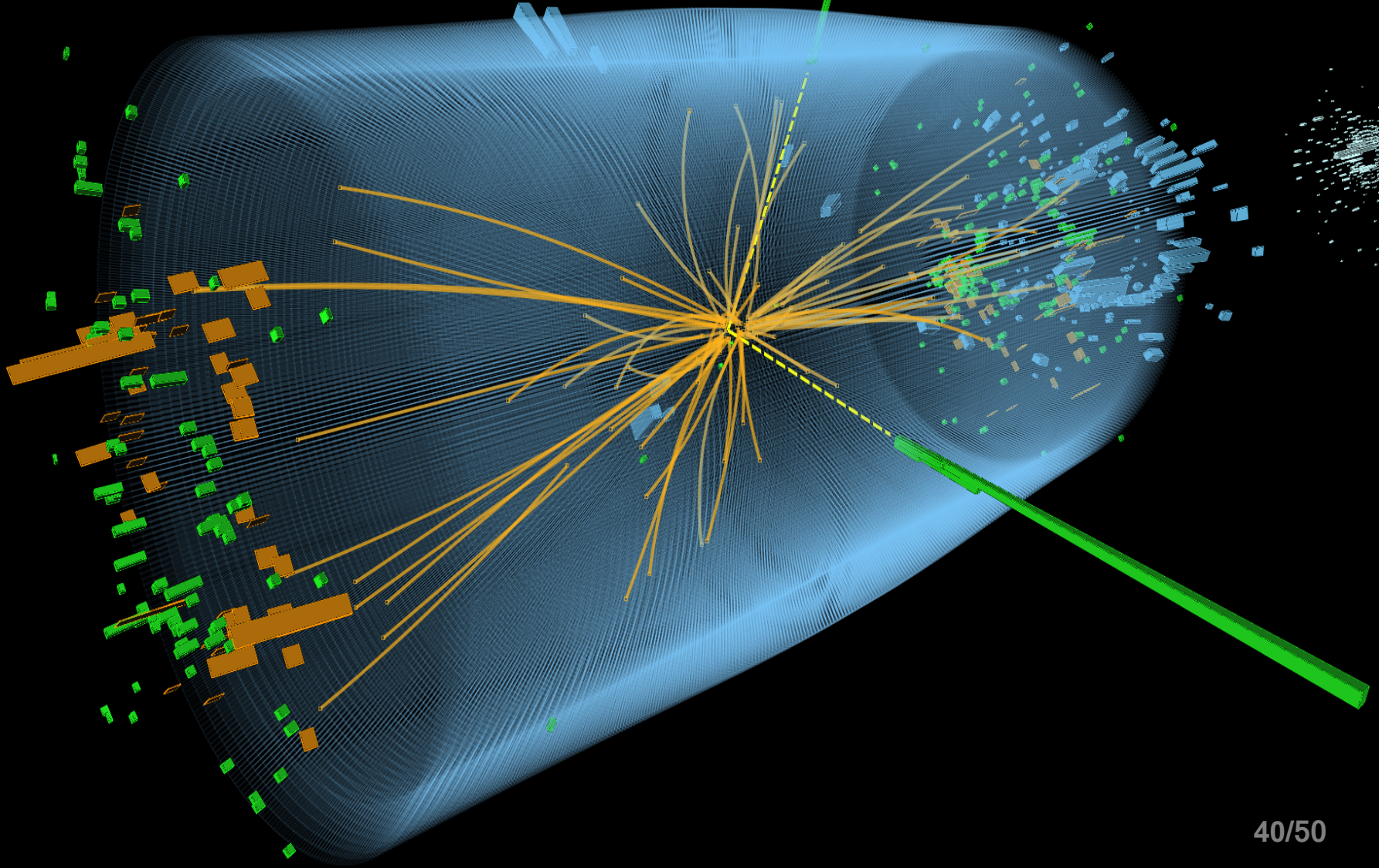




CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT
Run/Event: 194108 / 564224000

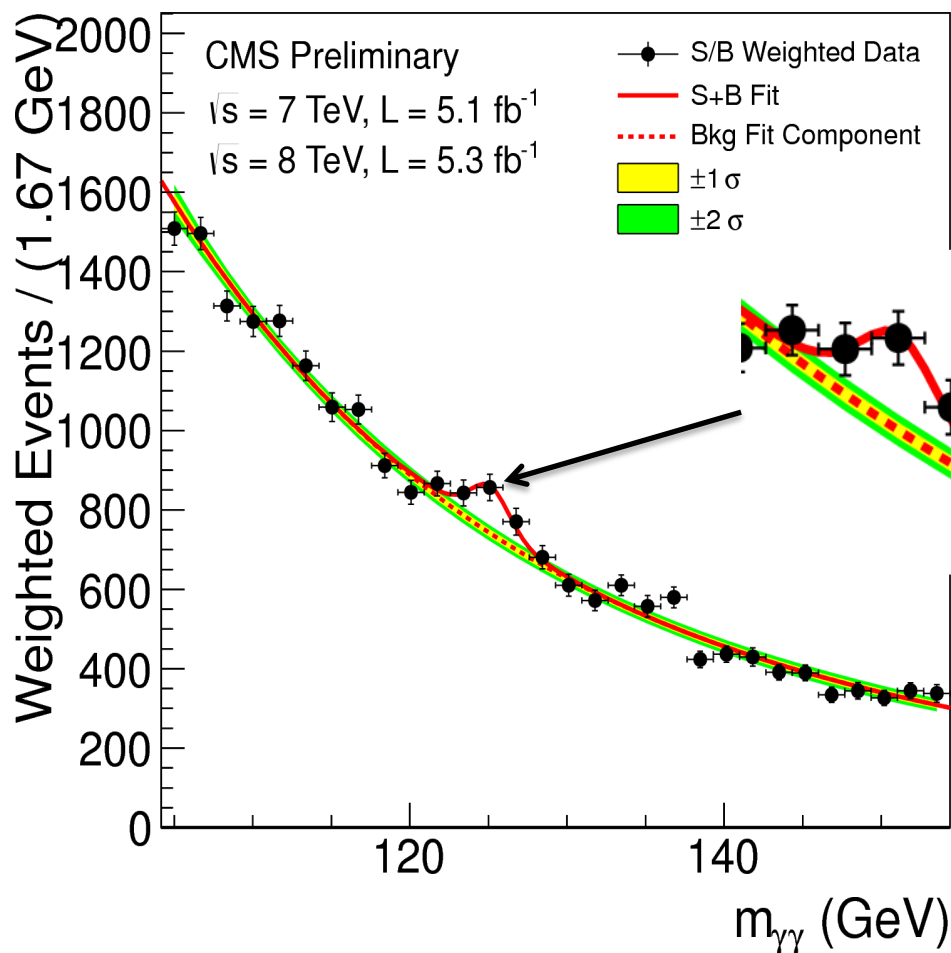
A descoberta: $H \rightarrow \gamma\gamma$

($H \rightarrow 2$ fótons)



Distribuição de massa dos 2 fótons, $m(\gamma\gamma)$

Soma das distribuições de cada classe de acontec., ponderada por S/B

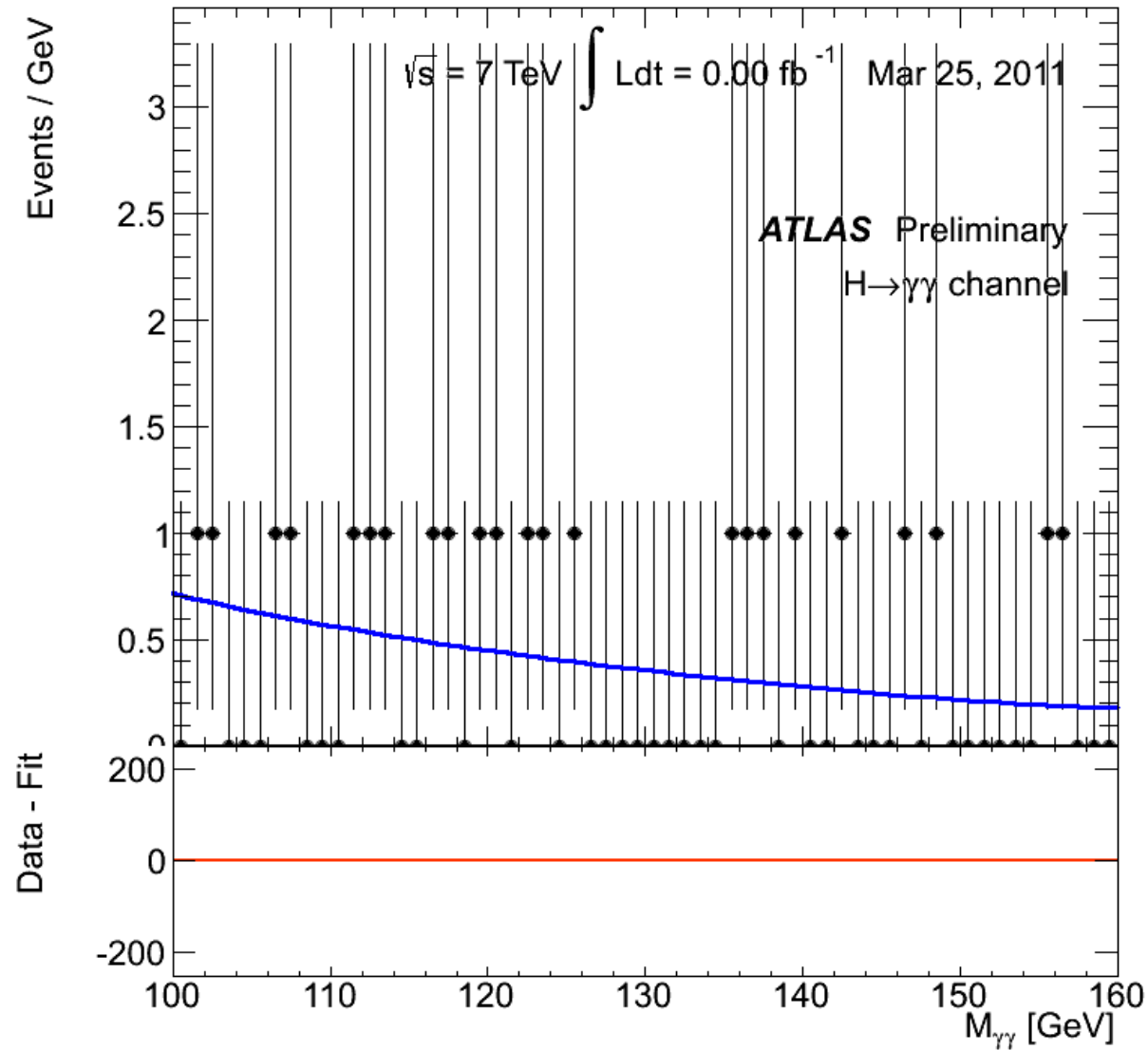


Na distribuição de massa $\gamma\gamma$ há um excesso de acontecimentos sobre o fundo, para massas $\sim 125 \text{ GeV}/c^2$.

A observação do estado final em 2 fótons implica que a **nova partícula é um bóson**, não um fermião, e que **não pode ser uma partícula de “spin 1”**.

Não há outra partícula fundamental com estas propriedades!

Resultados ATLAS para $H \rightarrow \gamma\gamma$:



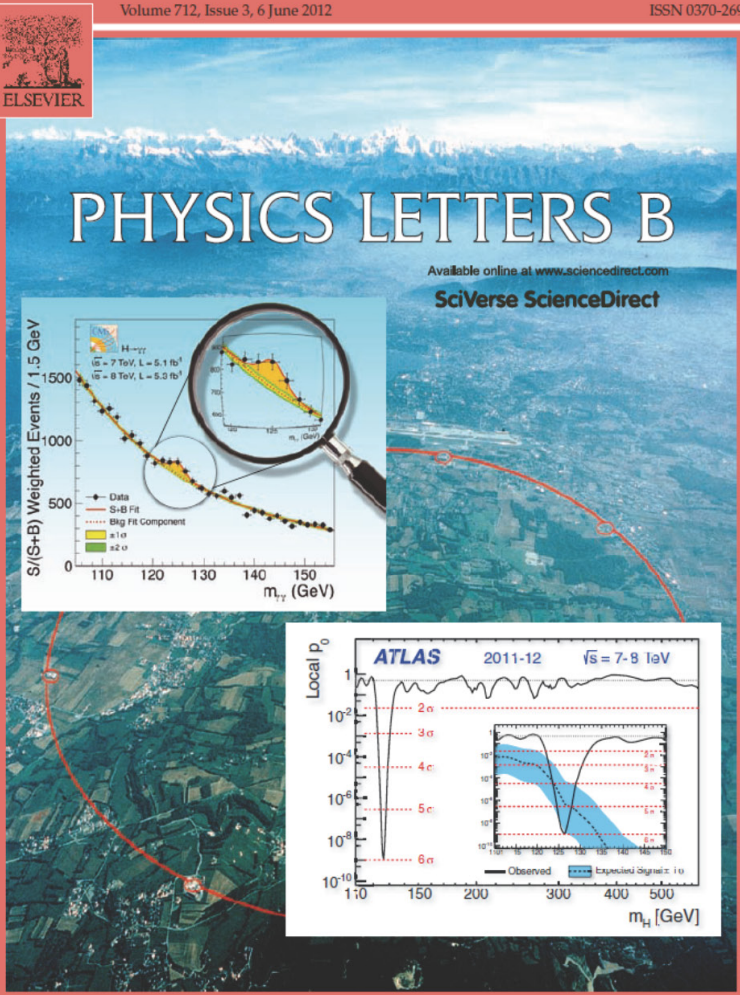
A Descoberta do bóson de Higgs

Volume 712, Issue 3, 6 June 2012 ISSN 0370-2693

ELSEVIER

PHYSICS LETTERS B

Available online at www.sciencedirect.com
SciVerse ScienceDirect



The cover features two main plots. The top plot shows the signal-to-background ratio $S/(S+B)$ versus the Higgs boson mass m_H (GeV) for $\sqrt{s} = 7$ TeV and $\sqrt{s} = 8$ TeV. The bottom plot shows the local p-value versus m_H (GeV) for the ATLAS experiment in 2011-12 at $\sqrt{s} = 7-8$ TeV, with a shaded region indicating the observed signal and a legend for observed and expected signal.

$S/(S+B)$ Weighted Events / 1.5 GeV

m_H (GeV)

ATLAS 2011-12 $\sqrt{s} = 7-8$ TeV

Local p_0

m_H [GeV]

<http://www.elsevier.com/locate/physletb>

The Economist

JULY 7TH - 13TH 2012 Economist.com

In praise of charter schools
Britain's banking scandal spreads
Volkswagen overtakes the rest
A power struggle at the Vatican
When Lonesome George met Nora

A giant leap for science



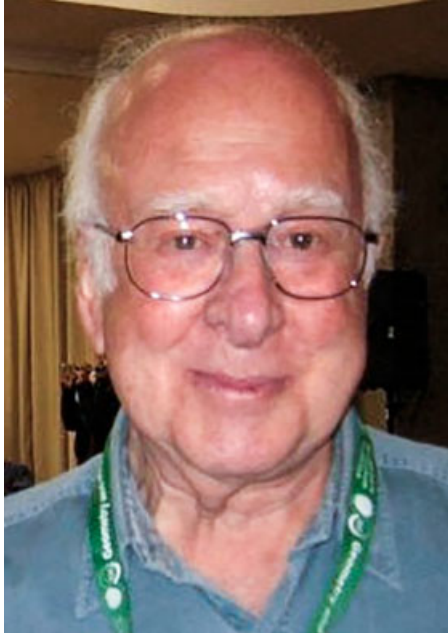
The cover features a man in a suit jumping over a colorful nebula. The text 'A giant leap for science' is prominently displayed in white. The title 'Finding the Higgs boson' is written in yellow at the bottom right.

Finding the Higgs boson

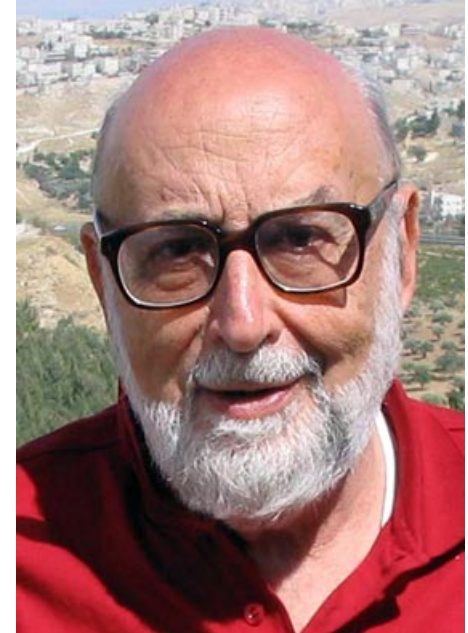
A Descoberta do bóson de Higgs... ...premiada com o Prémio Nobel 2013:



**Peter Higgs,
Inglês,
nascido em
1929,
Univ.
Edimburgo**



**François Englert,
Belga,
nascido em 1932,
U. Libre
de Bruxelles**



*"for the **theoretical discovery** of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the **discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider**"*

It's collaborative!

Bloomberg
BusinessWeek

VIEWPOINT May 20, 2009, 11:57AM EST

CERN's Collaborative Management Model

Business leaders could learn valuable leadership lessons from the collaborative management style at the Large Hadron Collider at CERN

By [Krisztina Holly](#)

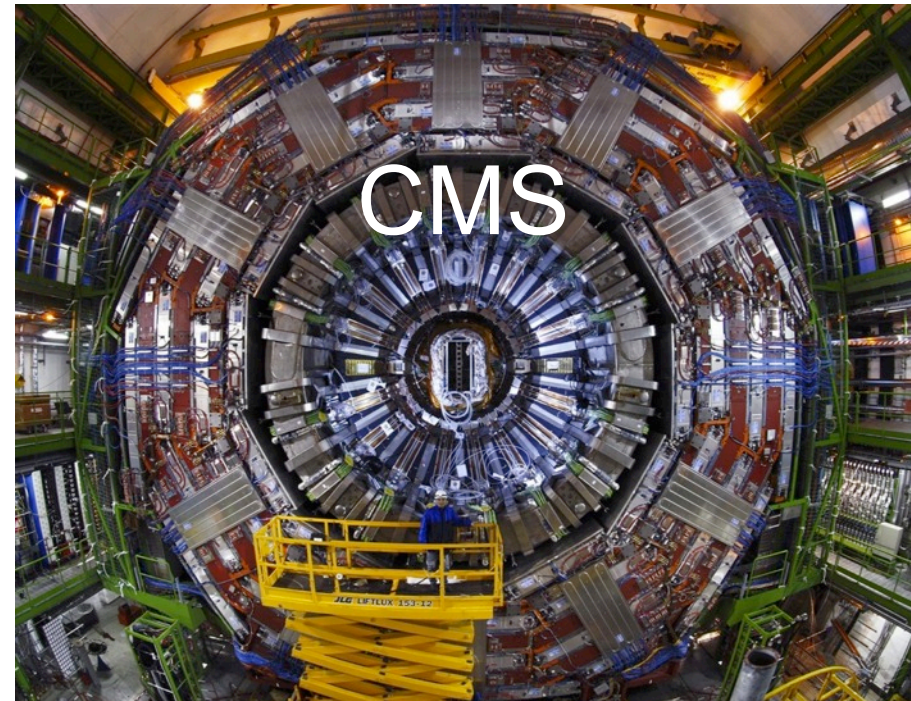
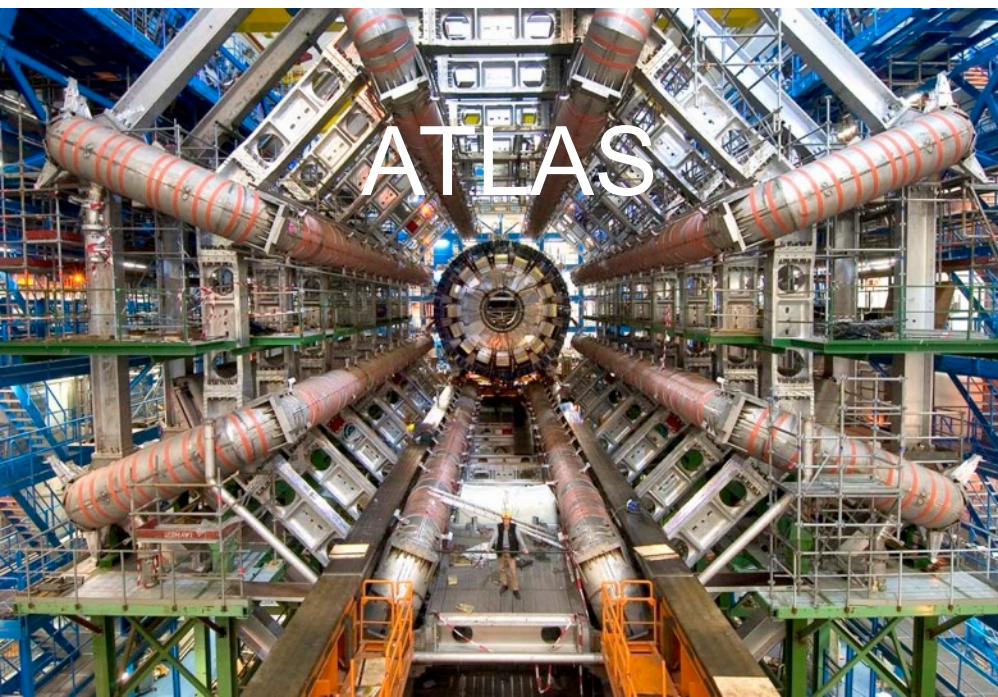
As a business [leader](#), imagine trying to [manage](#) more than 7,000 scientists from 85 countries around the world—with their own languages, cultures, and expertise—on a 20-year collaboration to create the most complex system ever built.



Acelerador LHC



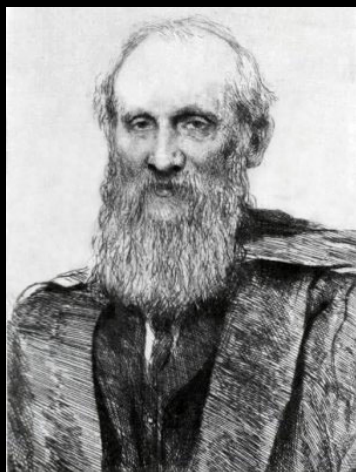
Detectores LHC envolvidos na descoberta do B.Higgs



No final do Séc. XIX com a natureza descrita pela mecânica, termodinâmica, e electromagnetismo, a Física parecia completa:

"Tudo o que falta fazer em Física resume-se a preencher o valor da 6ª casa decimal"

(Albert Michelson, 1894)



**William Thomson
(Lord Kelvin)**

Mensagem à British Association for the Advancement of Science, 1900 :

"Não há nada fundamentalmente novo para ser descoberto. Tudo o que há a fazer é medir com mais precisão..."

(Lord Kelvin, 1900)

Mas Lord Kelvin também mencionou 'duas nuvens' no horizonte da Física:

- 1) Radiação do Corpo Negro
- 2) Experiências de resultado nulo de

(Albert)Michelson – (Edward)Morley

No final do Séc. XX com a *nova* natureza descrita pela Teoria Quântica de Campos e pelo {partículas elementares} constituindo o Modelo Padrão das partículas e interações fundamentais, também aqui a Física parece resolvida:

“Com a descoberta iminente do bóson de Higgs, não há nada fundamentalmente novo para ser descoberto. Tudo o que há a fazer é medir com mais precisão...” (trad. livre, adaptado)
(Stephen Hawking, 1998)

Mas ainda há algumas questões a resolver no horizonte da Física:

- 1) Matéria e energia escuras
- 2) Experiências de resultado nulo na pesquisa de sinais de nova física até ~ 1 TeV
(e Origem da enorme e pequeníssima assimetria matéria-antimatéria)



...e temos muitas Nuvens!!!

- (Matéria e Energia Escuras!)
- Onde pára a Antimatéria (ou a Assimetria M-aM ?)
- Porquê 3 famílias ?
- Porque é que as massas das partículas elementares são o que são?
- Porque é que os neutrinos são muito mais leves do que os leptões carregados e os quarks?
- Será que as 3 (ou 4) forças se unificam a alguma escala?
- Será que as partículas elementares são mesmo elementares?

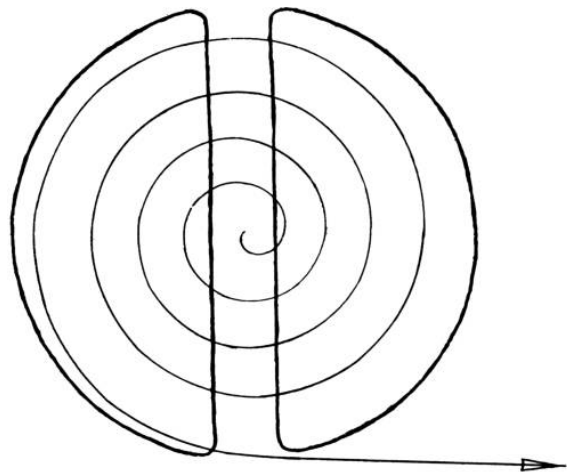
Obrigado pela v/ atenção



Albert Einstein [P.N.1921]: (Com o conhecimento...)

*“podemos olhar para o Universo como se não existissem milagres.
Mas também podemos olhar para o Universo como se tudo fosse um milagre!”*

As diferentes perspectivas do CERN



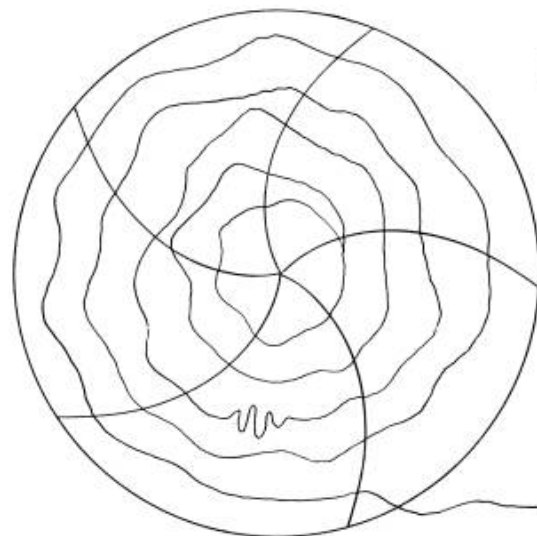
...o inventor

XBD9705-02291.TIF



$p: 37.945067 \pm .00023 \text{ MeV}$
 $0.03 \times 0.05 \text{ cm:}$
 $\pm 0.000075 \text{ m rad.}$

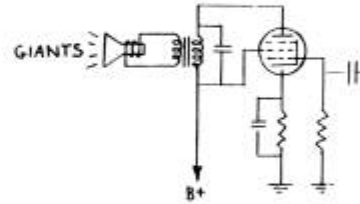
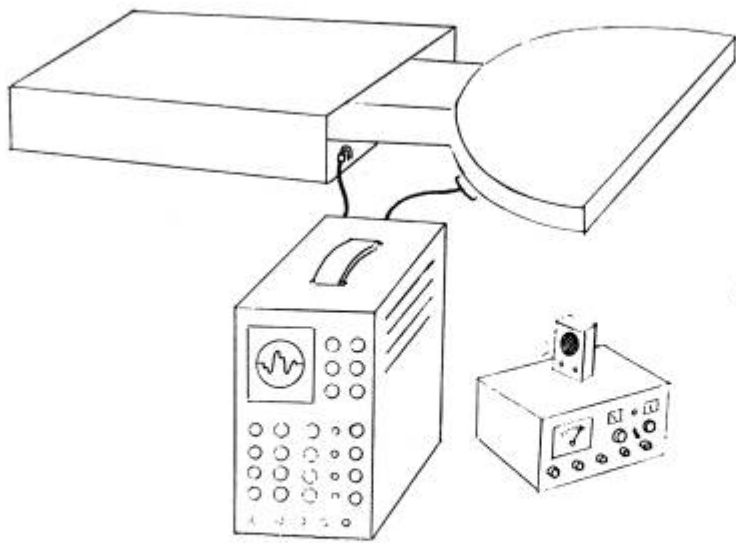
...o físico experimental



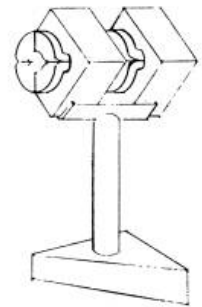
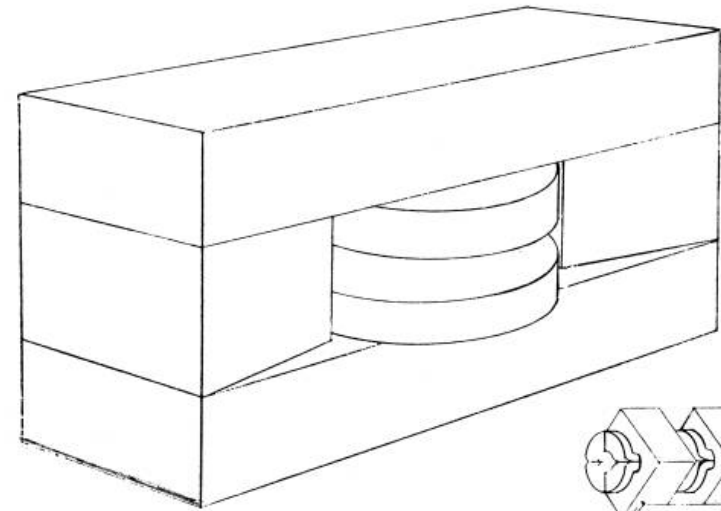
$$r = r_0 \left[1 + \left(\frac{r\omega}{c} \right) \cos(3\theta + \delta_0 + \delta_1 r) + \left(\frac{r\omega}{c} \right)^2 \cos(5\theta + \delta_3 - \delta_5 r^2) + \left(\frac{r\omega}{c} \right)^3 \cos(7\theta + \delta_7 - \delta_7 r^2) + \dots \right] \times \left\{ \frac{e^{\frac{3}{2} r^2 \ln Z}}{1 + \left(\frac{r}{Z} \right)^{\frac{3}{4}}} \right\}$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \left[\sin(\omega t - k\phi) - \sin k\phi - \frac{3}{5} f f f f f' \right] \frac{eV_0}{2\pi\omega}$$

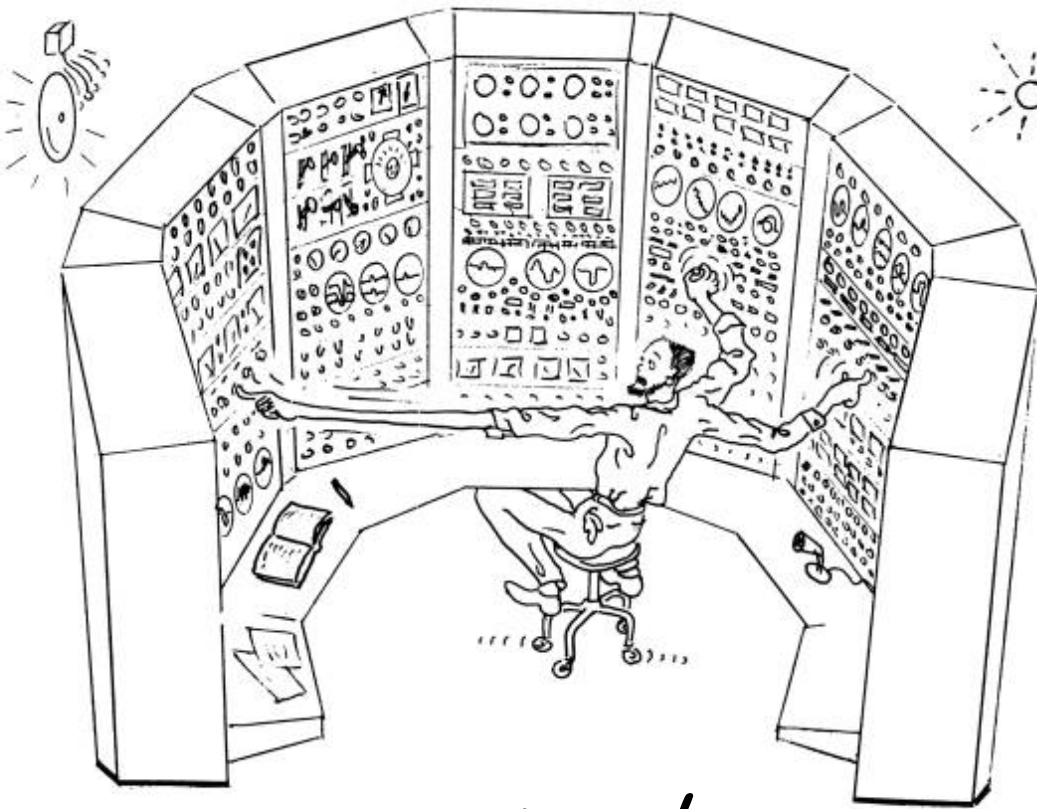
...o físico teórico



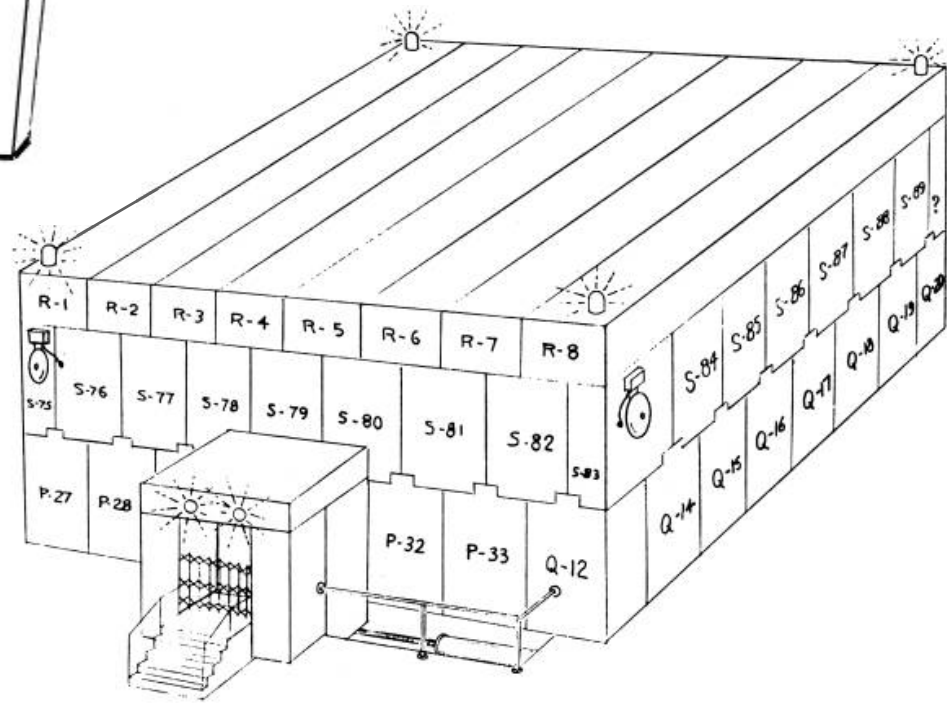
...o engenheiro electrotécnico



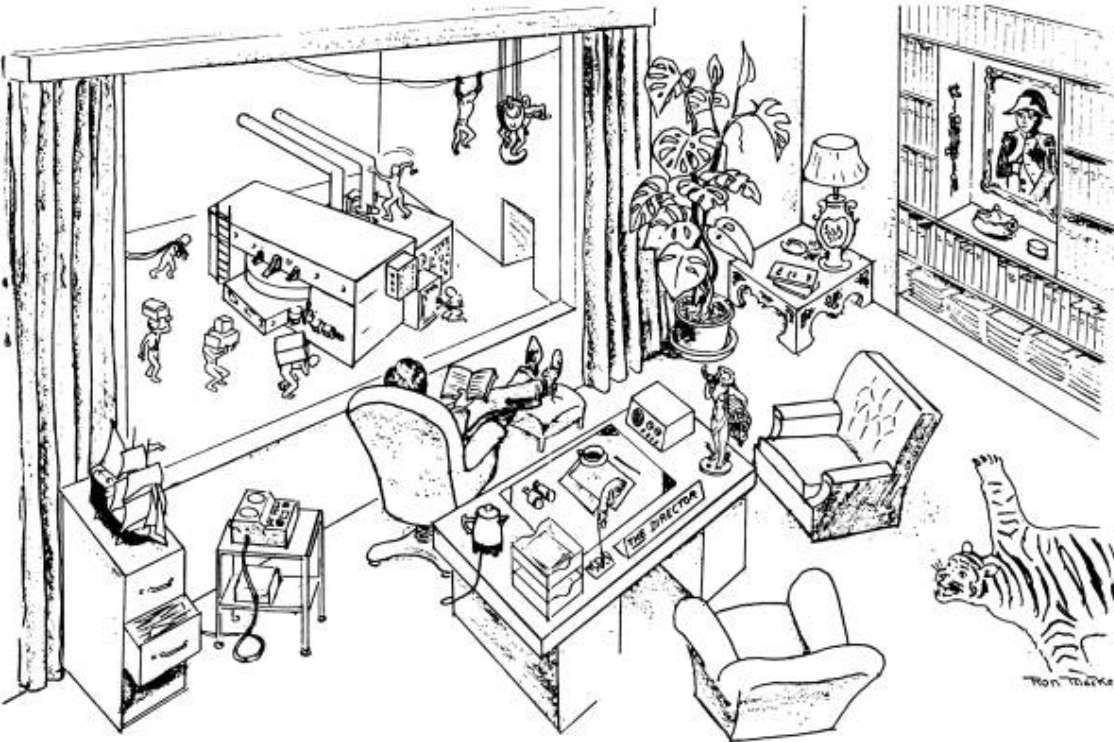
...o engenheiro mecânico



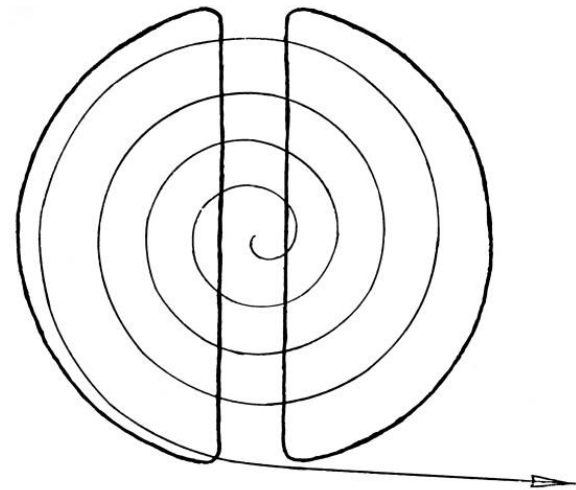
...o operador



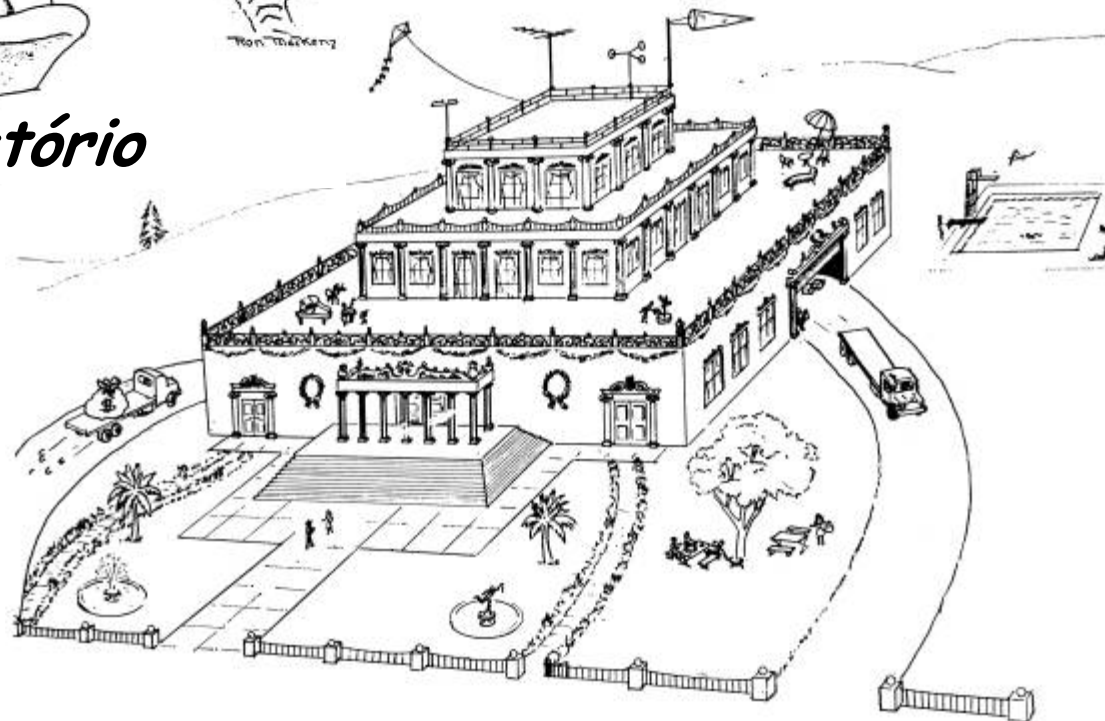
...o médico



...o director do laboratório



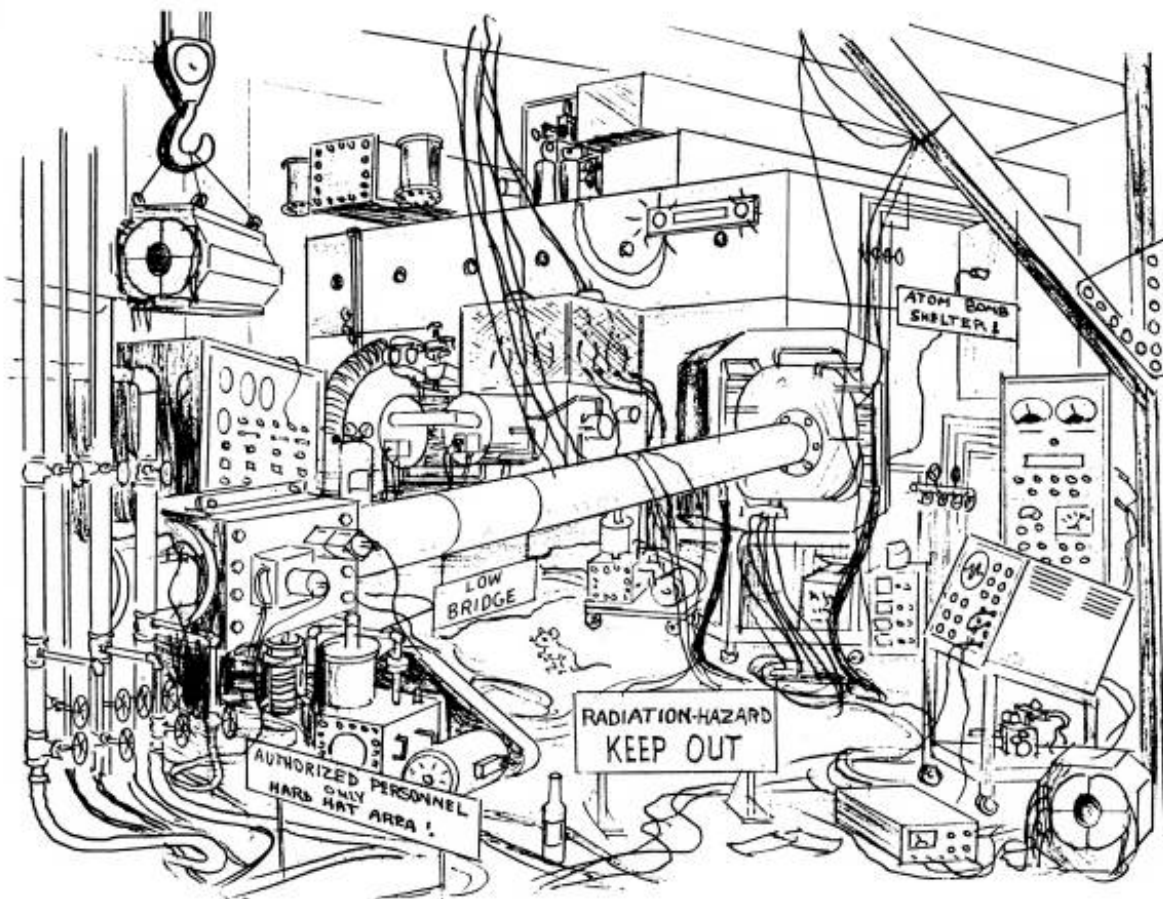
...o estudante



...a agência de financiamento

As diferentes perspectivas do CERN

A VOSSA!



...o visitante