

Viagem ao Infinito



Um caminho para

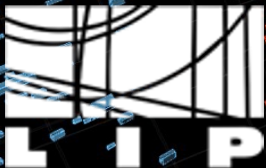
A nossa compreensão da estrutura da matéria

Um caminho para

A nossa **I**ncompreensão da estrutura do universo

Pedro Abreu
LIP, IST

Ciência Viva no Laboratório
7.07.2025



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

NOSSO Universo!

~~**Porquê?!
Universo!**~~

O QUÊ?

COMO?

Descrição do Universo: Egípcios (Nut Deusa dos Céus), ~2000 a.C.

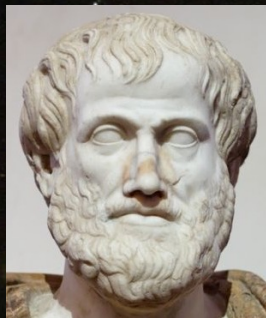
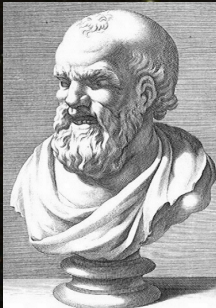
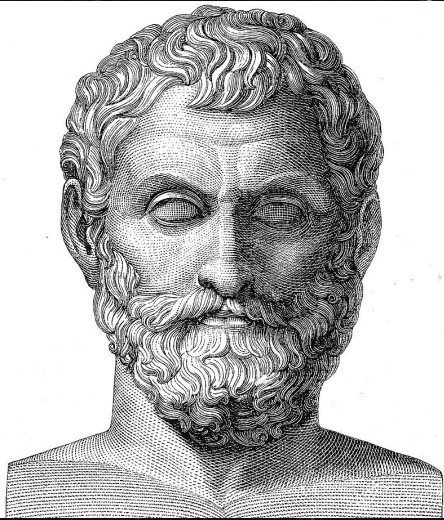


DE QUE É QUE SOMOS FEITOS?!

Thales de Mileto, séc.VII a.C.: tudo é água!

Leucipo e Demócritos, séc. V a.C.: A-Tomos(*)

Empédocles, séc.V a.C.: os 4 elementos!



+a quintessência
(Aristóteles, séc.III a.C.)

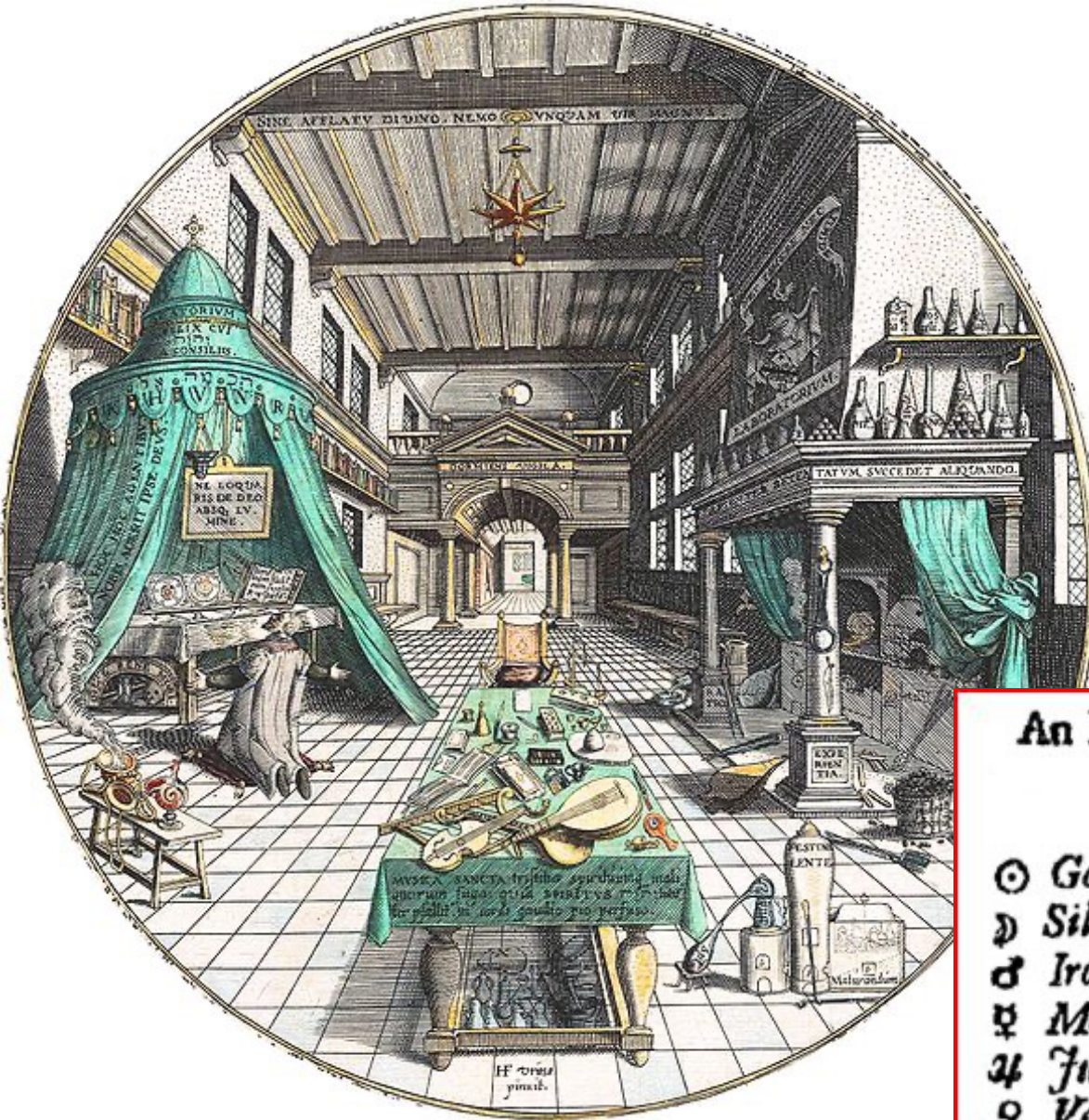


(*)ideia de átomos tb. introduzida na Índia no séc. VI a.C.)

Idade média, Europa:

EXPERIMENTAÇÃO!

Laboratório de Alquimista

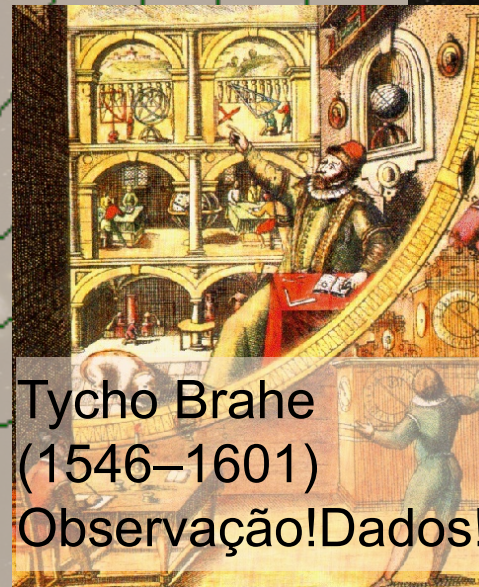
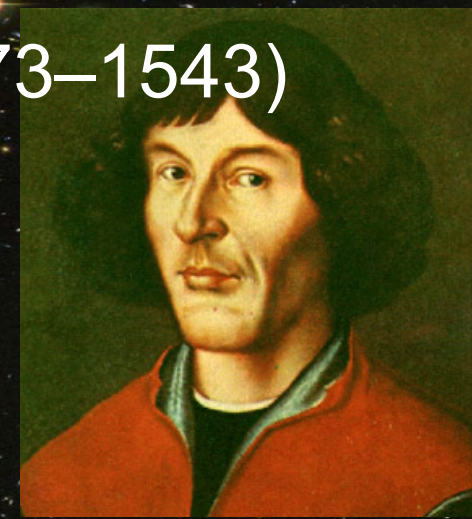
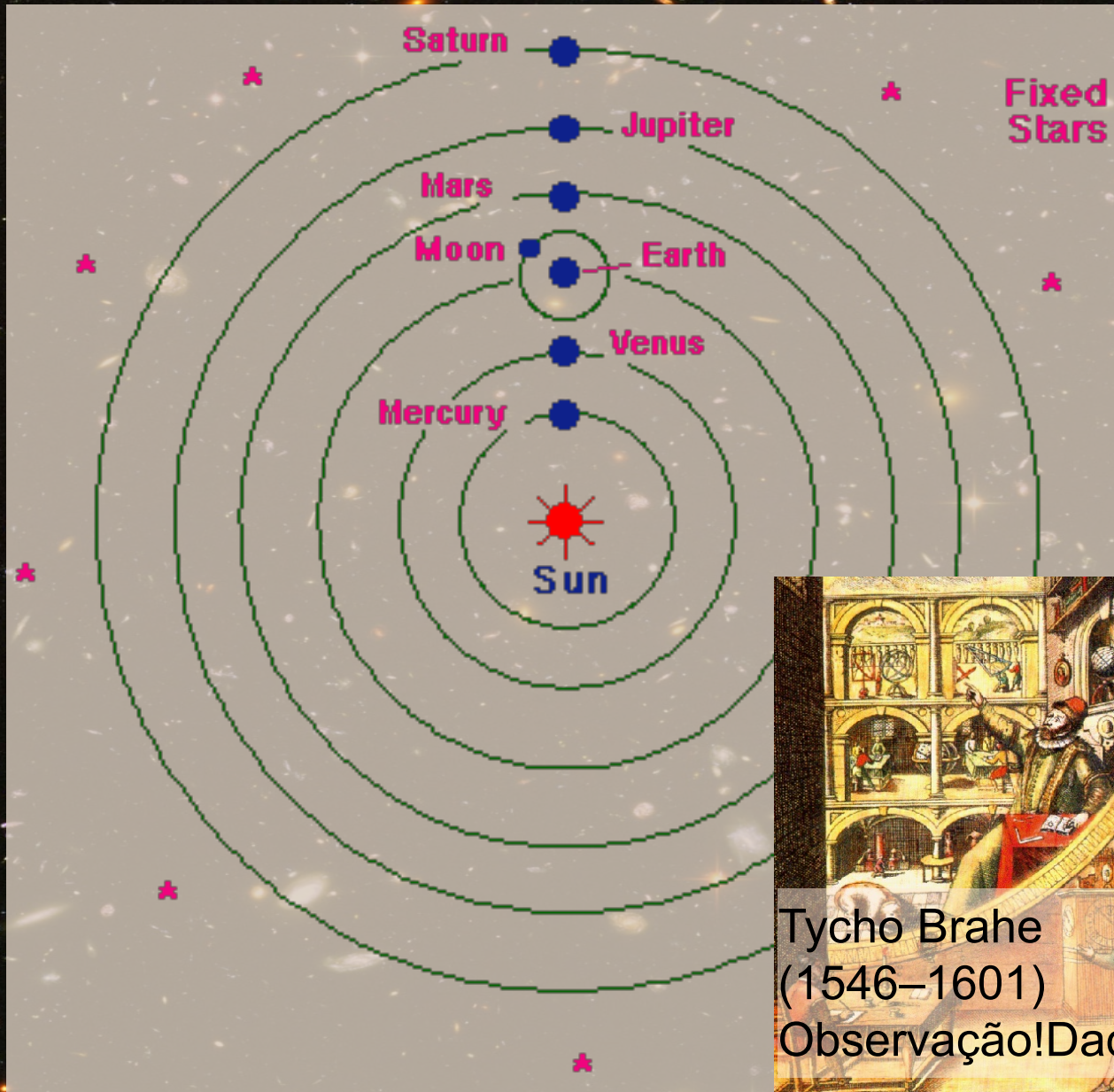


An Explication of the Characters which
are used in this Book.

☉ Gold.
☽ Silver.
♂ Iron.
☿ Mercury.
♃ Jupiter.
♀ Venus.
♁ Lead.
♂ Antimony.
✱ Sal armoniac.

A. F. *Aqua Fortis.*
A. R. *Aqua Regis.*
S. V. *Spirit of Wine.*
☿ Sublimate,
☿ Precipitate.
āāā *Amalgama.*
▽ *Water.*
△ *Fire.*

Uma REVOLUÇÃO! COPERNICUS (1473–1543)



Tycho Brahe
(1546–1601)
Observação! Dados!

Sobre a **revolução** das
órbitas celestiais

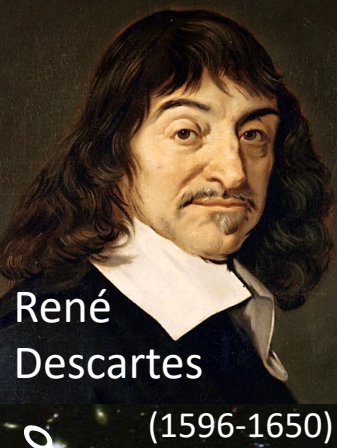
Idade moderna, Europa: EXPERIMENTAÇÃO $\approx$ TEORIA!



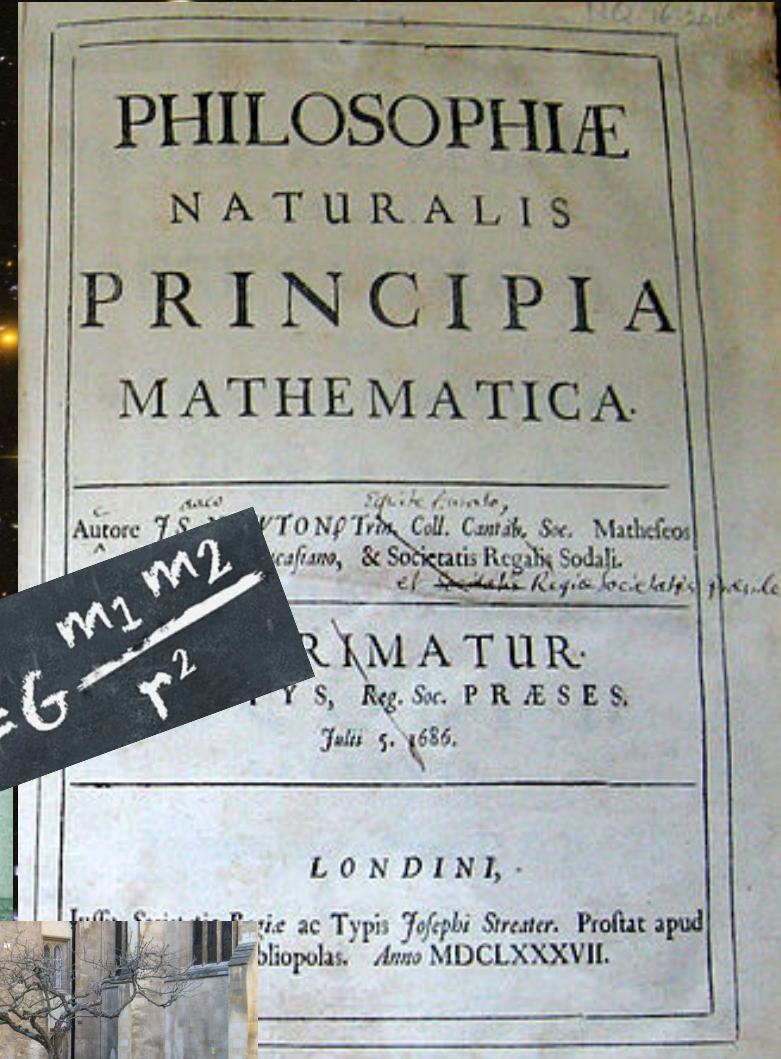
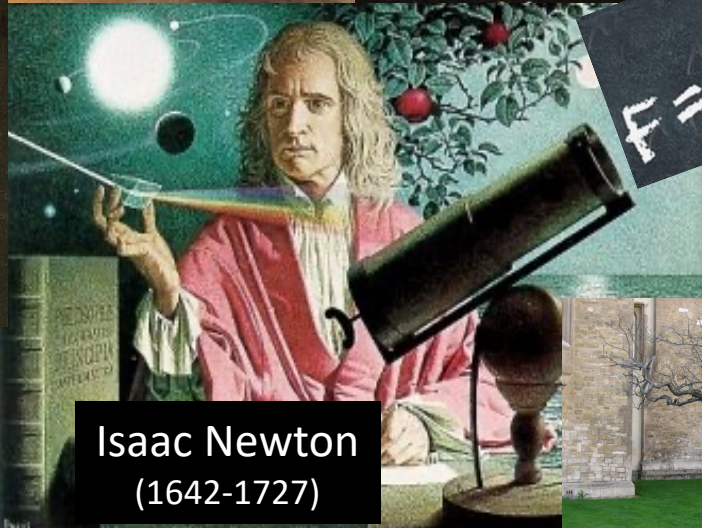
Física!:

Princípios
Matemáticos
da Filosofia
da Natureza!

Galileo Galilei
(1564-1642)



*cogito
ergo sum*



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

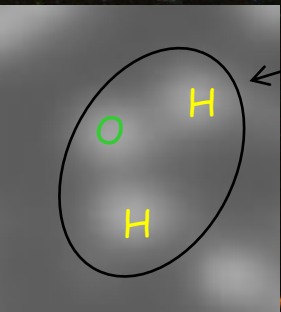
A Estrutura da Matéria



Somos feitos de quê ?

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

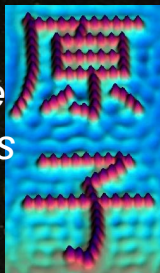
Constituídos por elementos (átomos) como



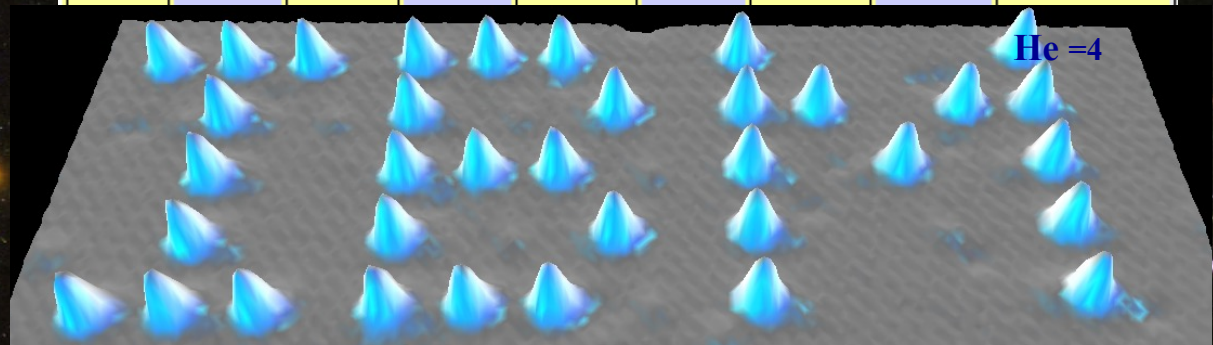
Hidrogénio,
Cálcio,
Ferro,
Carbono,
Azoto,
Oxigénio,
Cloro,
[Hélio],
e outros 110
elementos ...

1989: foto
de átomos Xe

1999:
foto de
átomos
de Fe



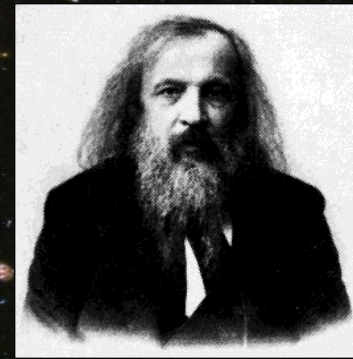
	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.	Gruppe IV.	Gruppe V.	Gruppe VI.	Gruppe VII.	Gruppe VIII.
Reihen	R ² O	RO	R ² O ³	RH ⁴ RO ²	RH ³ R ² O ⁵	RH ² RO ³	RH R ² O ⁷	RO ⁴



7	Ag = 108	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	I = 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	-	- - -

©1869 Dmitri Mendeleev

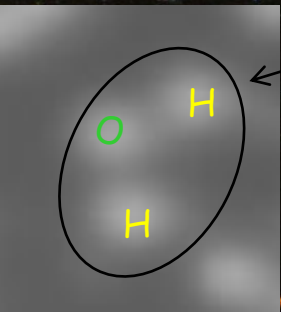
A Estrutura da Matéria



Somos feitos de quê ?

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

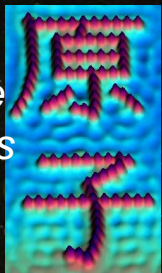
Constituídos por elementos (átomos) como



Hidrogénio,
Cálcio,
Ferro,
Carbono,
Azoto,
Oxigénio,
Cloro,
[Hélio],
e outros 110
elementos ...

1989: foto
de átomos Xe

1999:
foto de
átomos
de Fe



1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	-71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Known in antiquity
also known when {
akw Mendeleev pu
akw Deming publis

akw Seaborg published his periodic table (1945)

...DISTRIBUIÇÃO ELECTRÓNICA!

7 de julho
2025

pedro abreu – Viagem ao infinito!

15/45

O Átomo é feito de:

VAZIO

(99,999 999 999 9% do volume)

(núcleo x100)

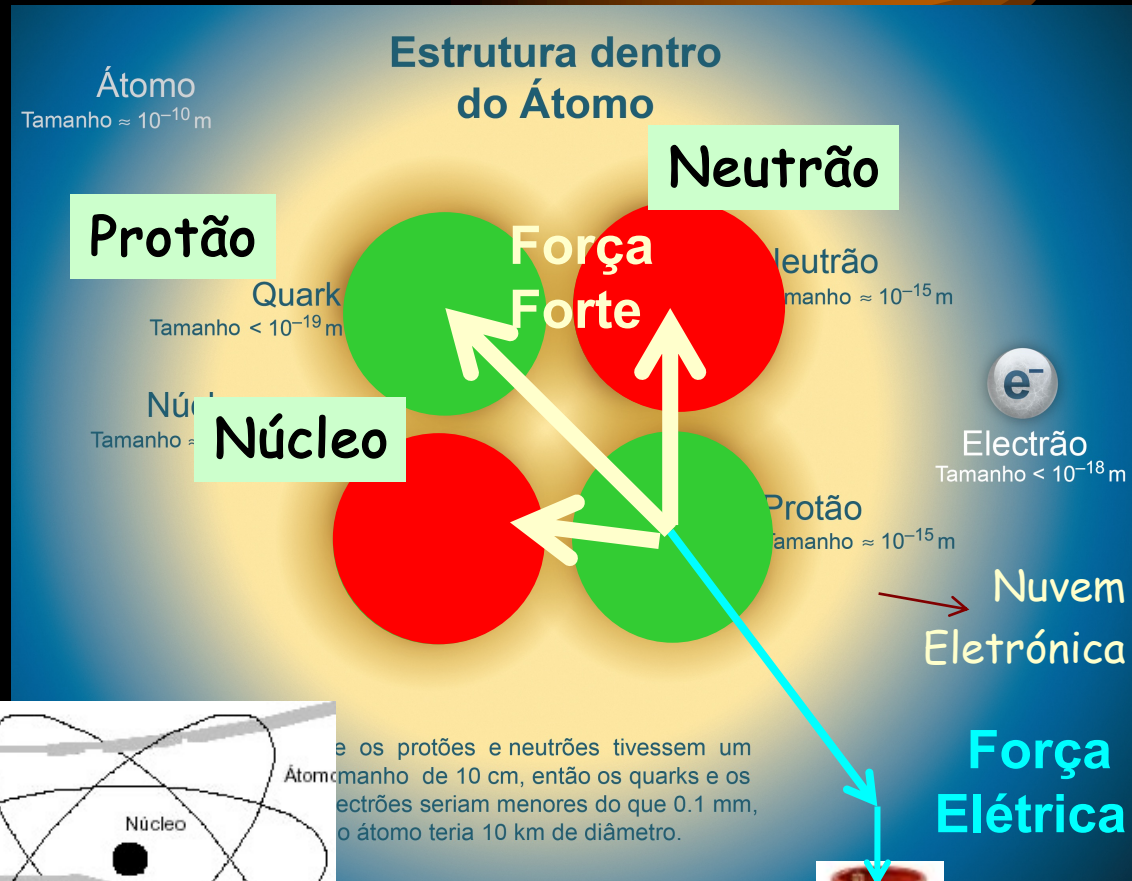
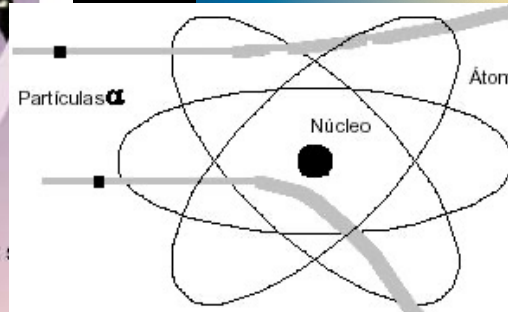
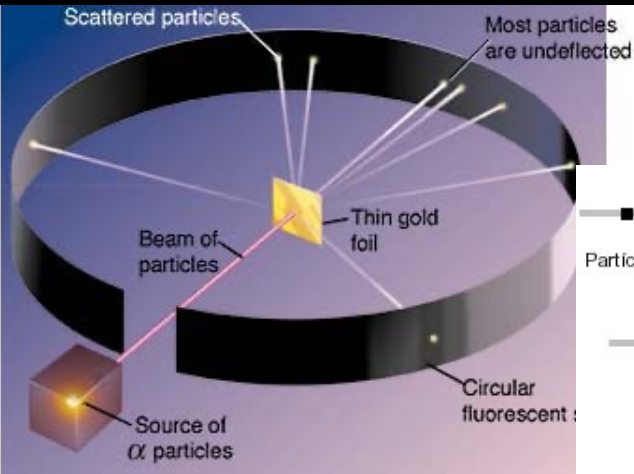
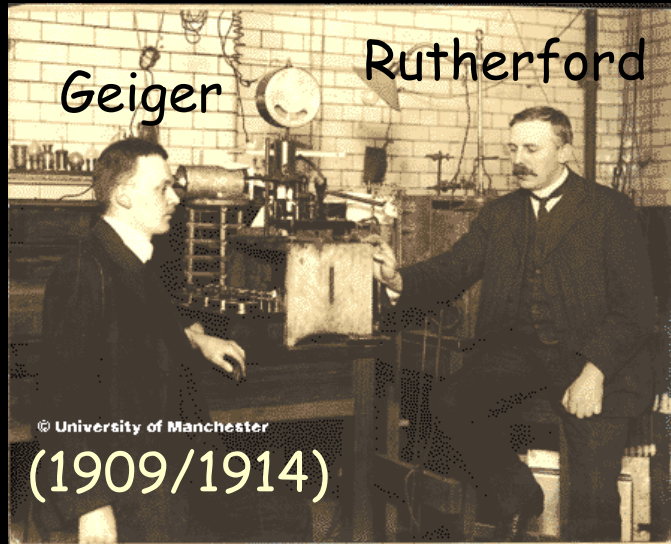
(raio médio órbita dos electrões)

Uma questão de escala!



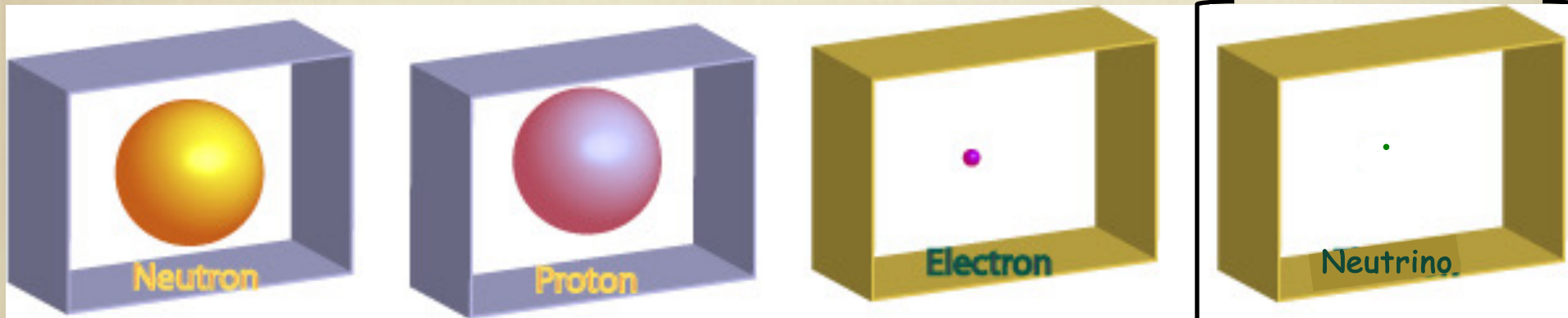
E os Núcleos ?!

Núcleos rodeados por uma nuvem eletrónica!



PARTÍCULAS

Tipos de Partículas Elementares (1932)



neutrão

protão

eletrão

[neutrino]

Simples, fácil de fixar
Ainda ensinado nas Escolas

**Jardim
Zoológico**

(partículas com interação forte)

Com novos aceleradores e detetores,
o “Zoo das Partículas” tem mais de ~ 260 ‘partículas elementares’!

HADRÕES

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

Piões

$K^+ K^- K^0$

η'

Eta-Prime

η

Kaões

ϕ

Eta

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

Rho

Phi

(todas instáveis)

Mesões

$\Delta^{++}, \Delta^+, \Delta^0, \Delta^-$ p, n
Delta protão, neutrão

Λ^0

Lambda (estranho!)

$\Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-$

Sigma (estranho!)

Ξ^0, Ξ^-

Xi (muito estranho!)

(decaem até ao protão)

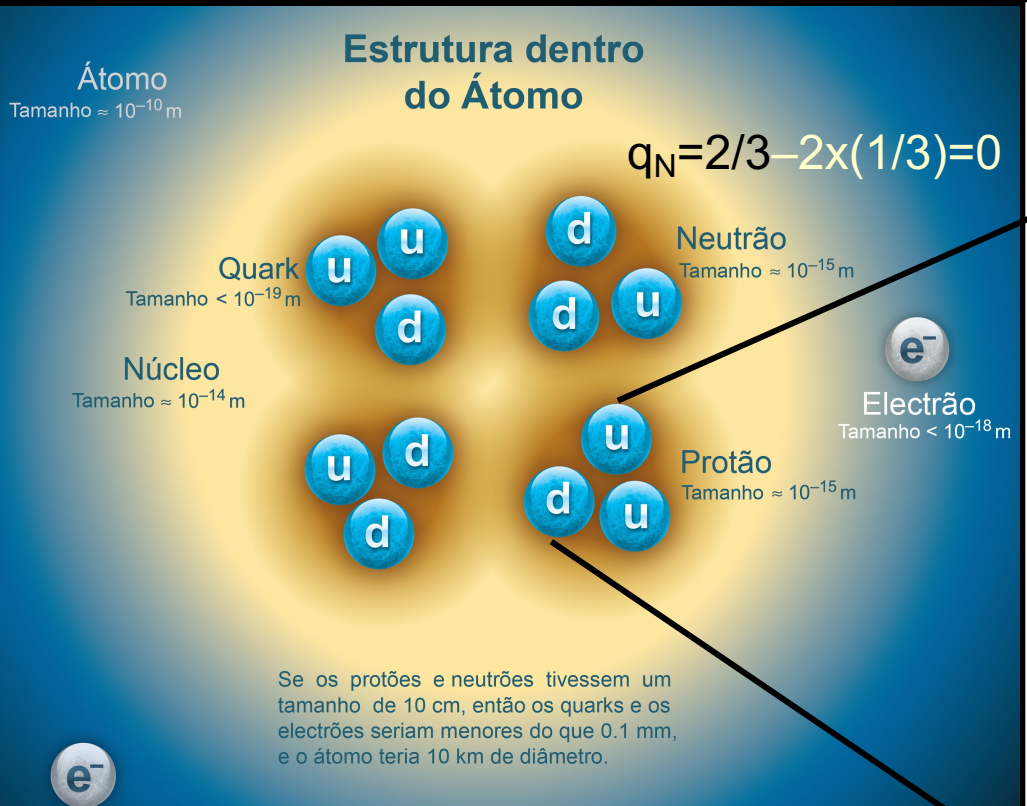
BARIÕES

Qual a nova estrutura de base, a ‘nova tabela periódica’ ?

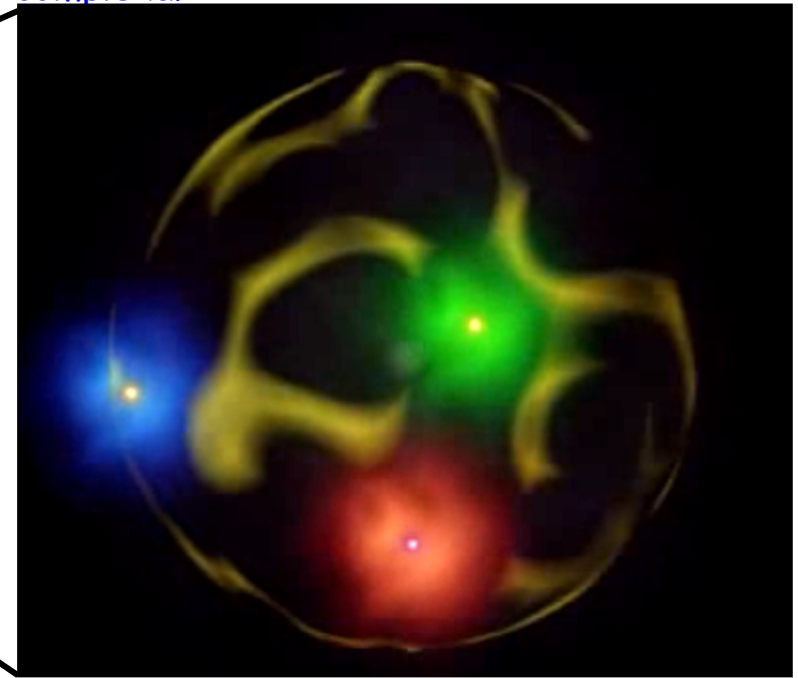
Porque é que o protão é absolutamente estável?

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

Nome Quark	Carga Eléctrica	Spin [h/(2π)]	
u (up)	+2/3 (e)	+1/2	● ● ●
d (down)	-1/3 (e)	+1/2	● ● ●



PROTÃO = **u****d****u** = incolor!
 $q_P = 2 \times (2/3) - 1/3 = 3/3 = 1 \text{ (e)}$
mas realidade complexa!



os gluões também são coloridos

Contudo, $m_P = 0,938 \text{ GeV}/c^2 \approx 1 \text{ GeV} \gg \sum m_q$
 $1 \text{ GeV}/c^2 = 1.78 \times 10^{-27} \text{ kg}$

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 interações fundamentais (as interações 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 $\approx 1.05 \times 10^{-34}$ 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 ao atravessar a diferença de potencial de 1 GeV = 10^9 eV $\approx 1.60 \times 10^{-10}$ J. A massa do próton é 0.938 GeV.

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.

$n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$

$e^+ e^- \rightarrow B^0 \bar{B}^0$



BOSÕES

mediadores da força
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 glúon	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 glúons.

<http://www.cpepphysics.org/fundamental-particles/>

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

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 píon π^- ($d\bar{u}$), kaão K^- ($s\bar{u}$), e B^0 ($d\bar{u}$).

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 gravítica, quando comparada com as outras três forças fundamentais da Natureza (um ímã pode levantar um clipe, sobrepondo-se à gravidade exercida por todo o planeta Terra).

Unidades de massa:



$$1 \text{ GeV}/c^2 = 1.78 \times 10^{-27} \text{ kg} \approx m(\text{protão}) = 0.938 \text{ GeV}/c^2$$

FERMIÕES

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

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), $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

protão: $m_p \approx 1 \text{ u.m.a.} \approx 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ e $E_p \approx 1.5 \times 10^{-10} \text{ J}$

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

GeV/c^2 , pois $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\Leftrightarrow 1 \text{ GeV}/c^2 = (1.6 \times 10^{-10} / 9 \times 10^{16}) \text{ kg} = 1.78 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{protão: } m_p \approx 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg} \approx 0.938 \text{ GeV}/c^2 \approx 1 \text{ GeV}/c^2$$

O Modelo Padrão (MP) – Matéria:



$$1 \text{ GeV}/c^2 = 1.78 \times 10^{-27} \text{ kg} \approx m(\text{protão}) = 0.938 \text{ GeV}/c^2$$

FERMIÕES

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

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

Leptões spin = 1/2			Quarks spin = 1/2		
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
1897 e electrão	0.000511	-1	d down	0.005	-1/3
1962 ν_M neutrino* intermédio	$(0.009-2) \times 10^{-9}$	0	c charm	1.3	2/3
1937 μ muão	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3
2001 ν_H neutrino* pesado	$(0.05-2) \times 10^{-9}$	0	t top	173	2/3
1975 τ tau	1.777	-1	b bottom	4.2	-1/3

E em relação às forças/interacções?



Propriedades das Interações

Propriedade	Interacção Gravítica	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, 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}	0.8	1	25
	10^{-41}	10^{-4}	1	60



Gravítica (Peso)

Força Fraca
(Radioactividade)

Electromagnética
(Corrente eléctrica,
luz, ímans)

Força Forte
(Coesão dos
Núcleos
Atómicos)

<Força Eletrofraca>

- Gravidade fora do Modelo Padrão
- Partícula de massa nula: alcance infinito
- Alcance muito reduzido: partícula muito massiva!

+bosão de Higgs
+bosão de Higgs

mas note-se:...muitas interacções incompreendidas! (Relações Humanas, etc.)



Interações: Troca de Partículas!

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

Bosão de Higgs => CAMPO DE HIGGS!!!



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

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

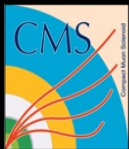
Um bosão de Higgs.



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

Bosão de Higgs => CAMPO DE HIGGS!!!

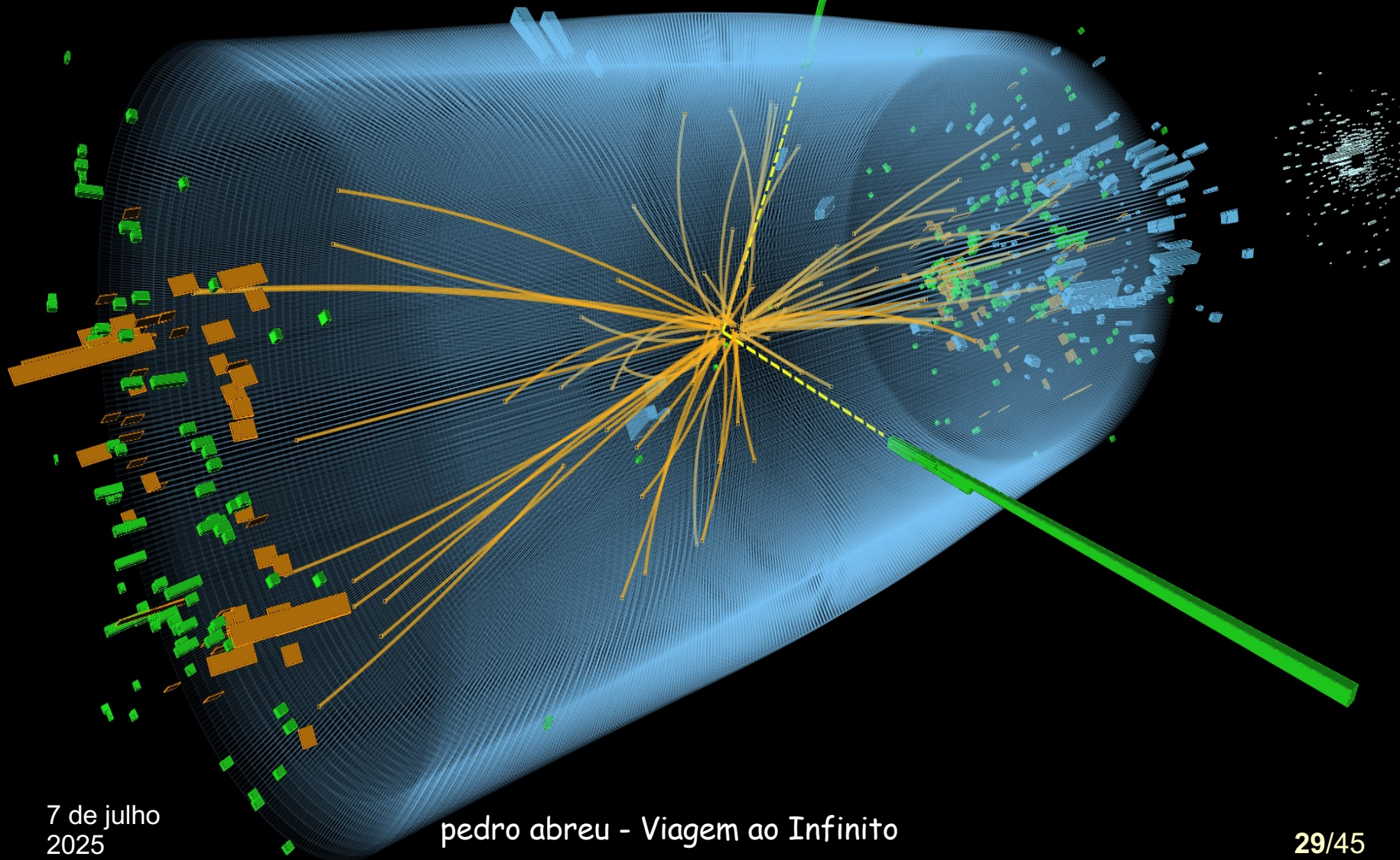




CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT
Run/Event: 194108 / 564224000

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

(possível decaimento do bóson H em 2 fótons)



7 de julho
2025

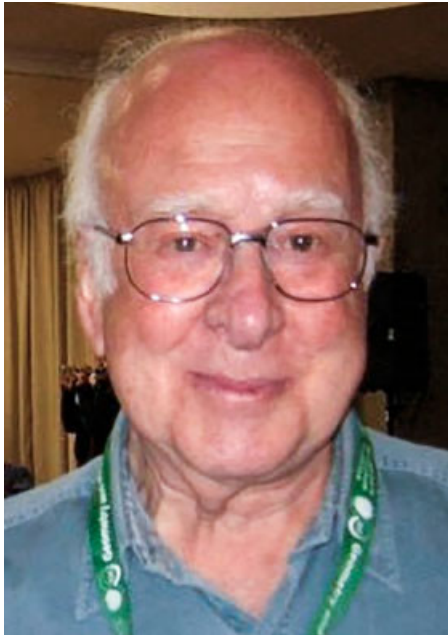
pedro abreu - Viagem ao Infinito

29/45

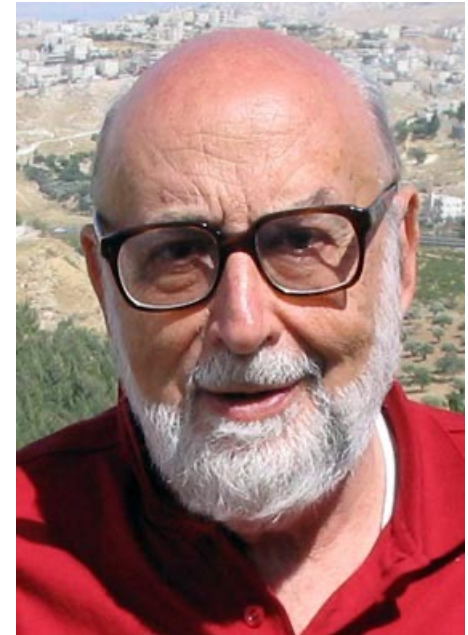
A Descoberta do bóson de Higgs... ...premiada com o Prémio Nobel 2013:



**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!



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

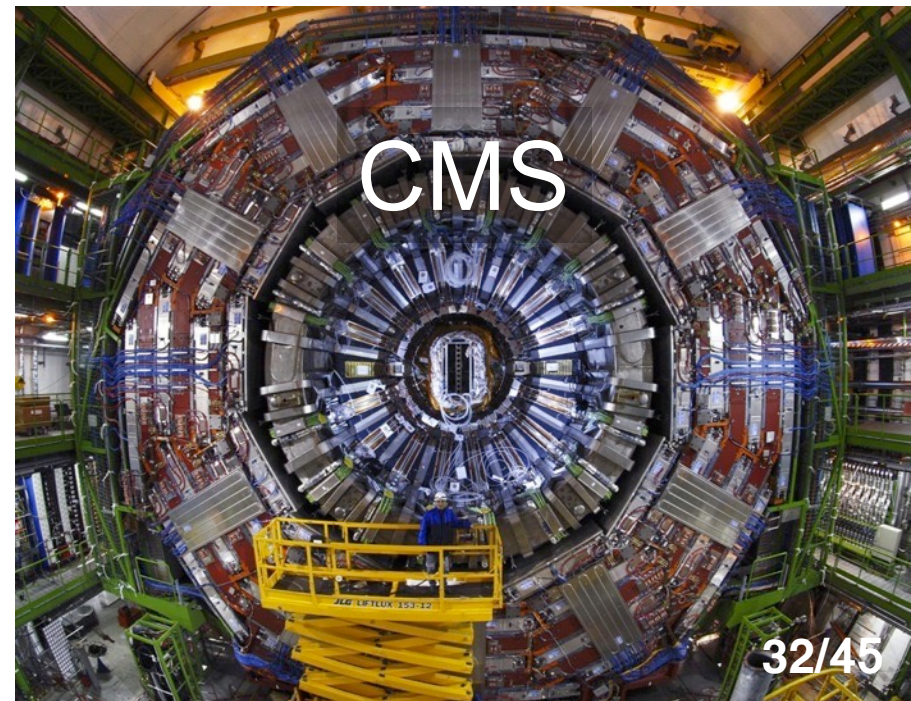
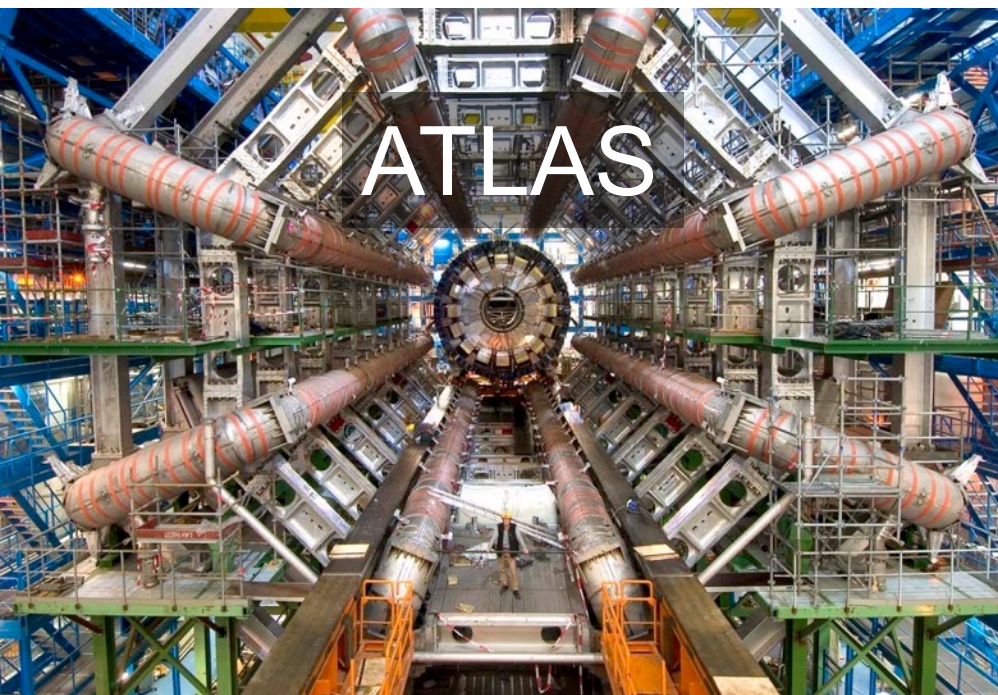
By [Krisztina Holly](#)

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.

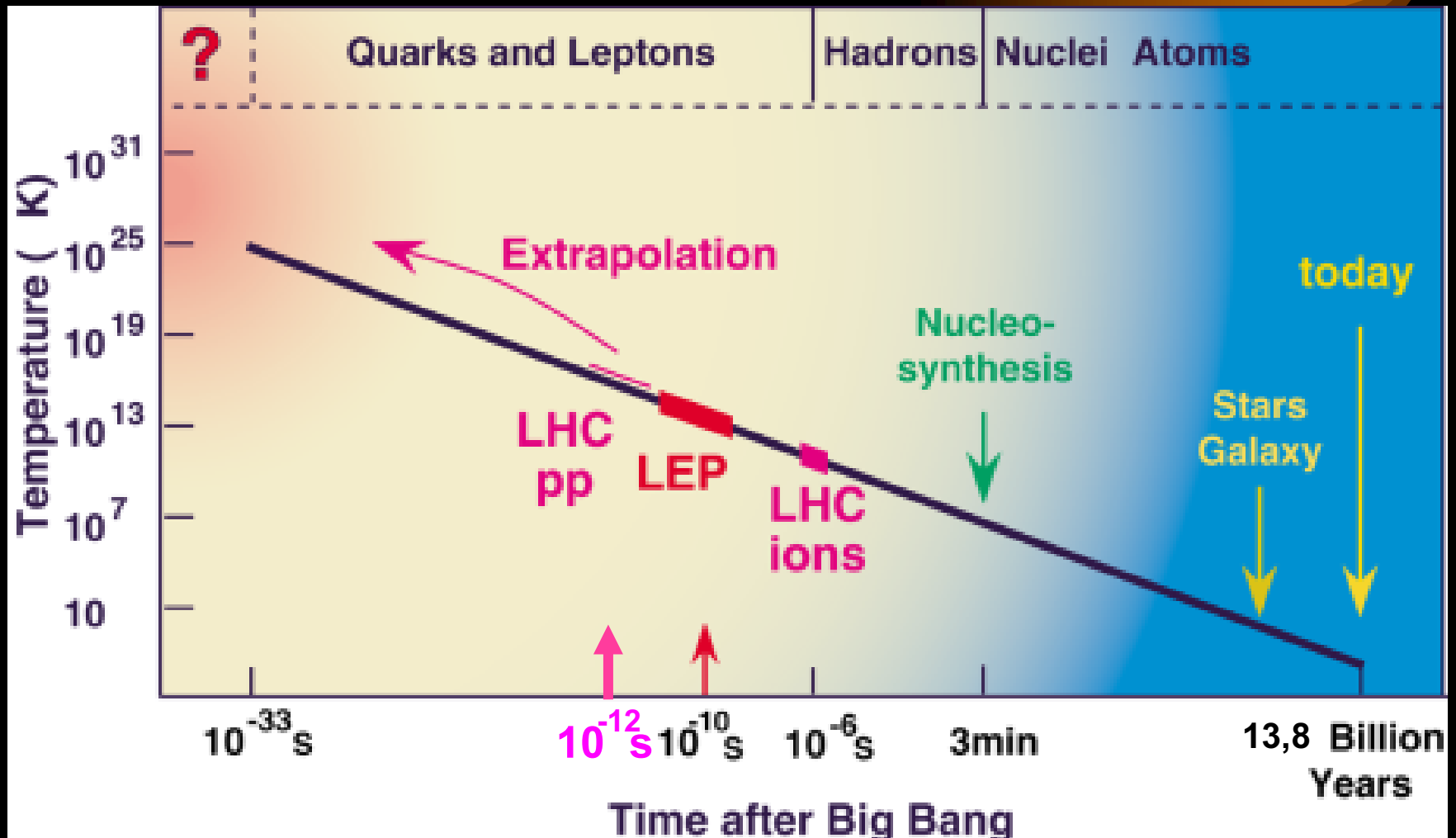
Acelerador LHC



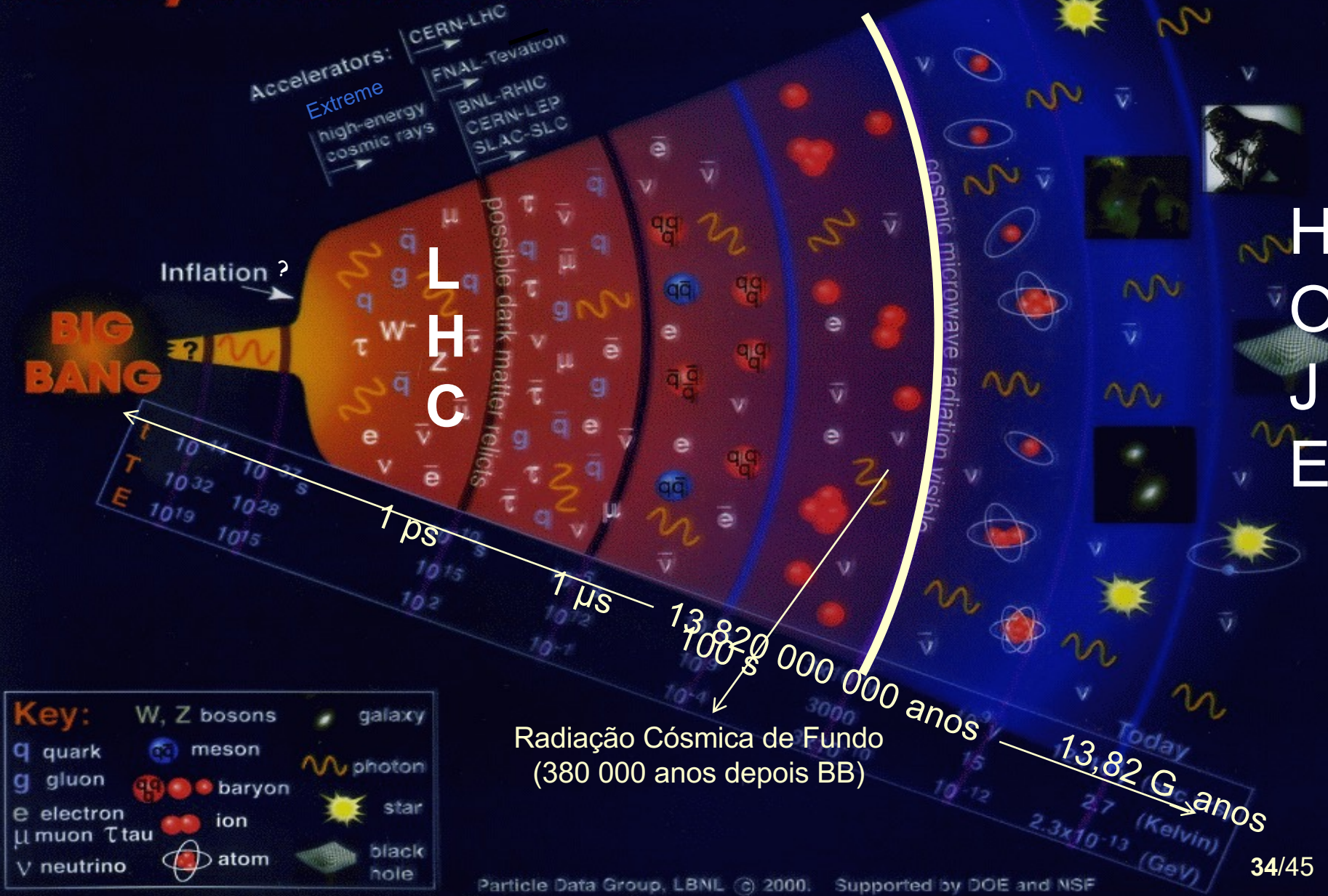
Detectores LHC envolvidos na descoberta do b.Higgs



Para o início do Universo...

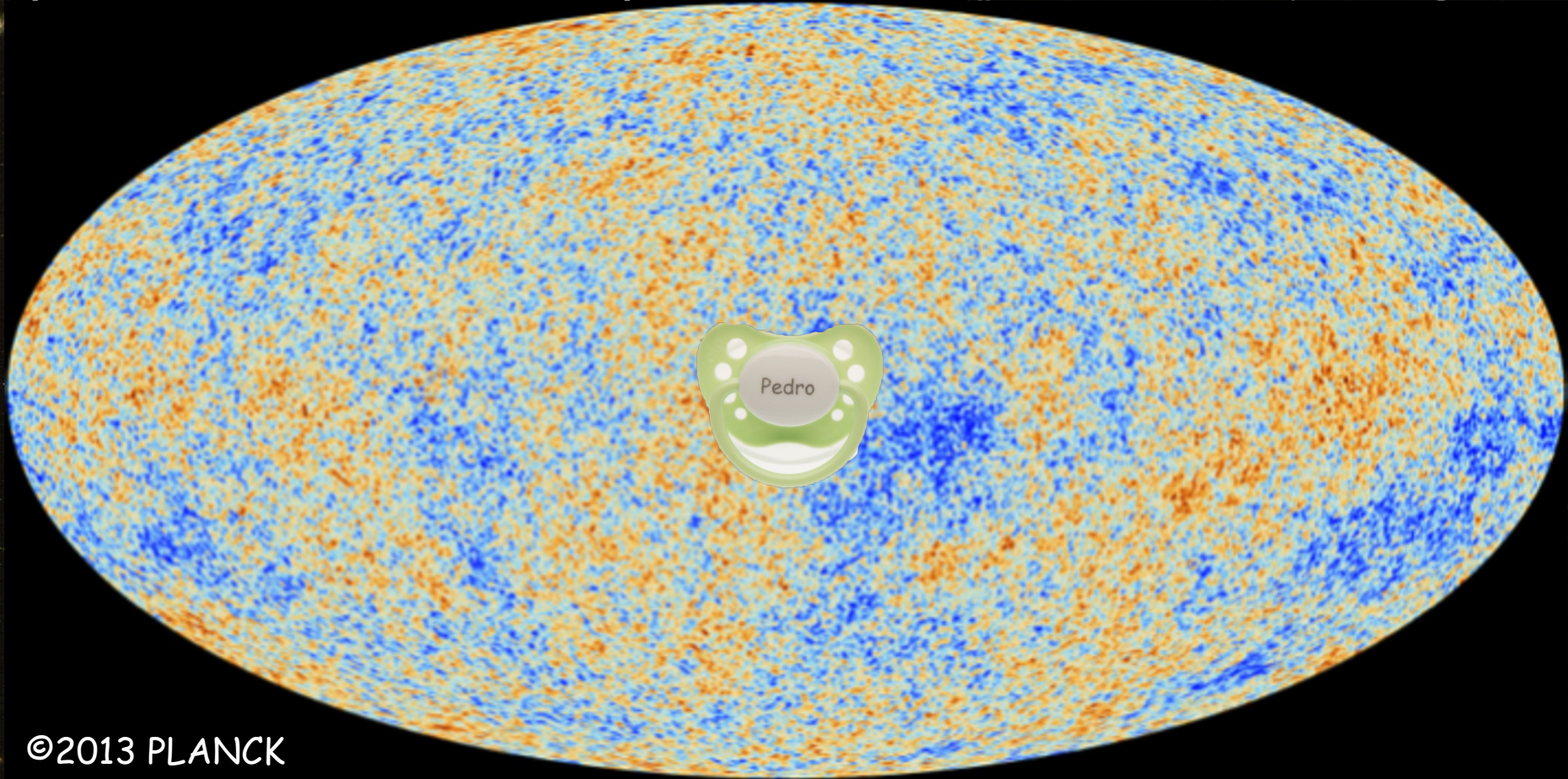


History of the Universe



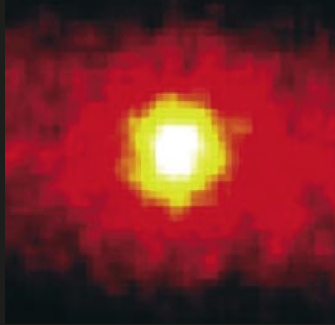
A Radiação Cósmica de Fundo do Universo (hoje)

Uma fotografia do Universo bebé
(idade de 380 000 anos)



©2013 PLANCK

(Sol em) neutrinos



Raios C3smicos de Energia Extrema



O UNIVERSO INVISÍVEL

3tico



InfraVerm.



UltraVioleta



Raios-X



Ondas Rádío



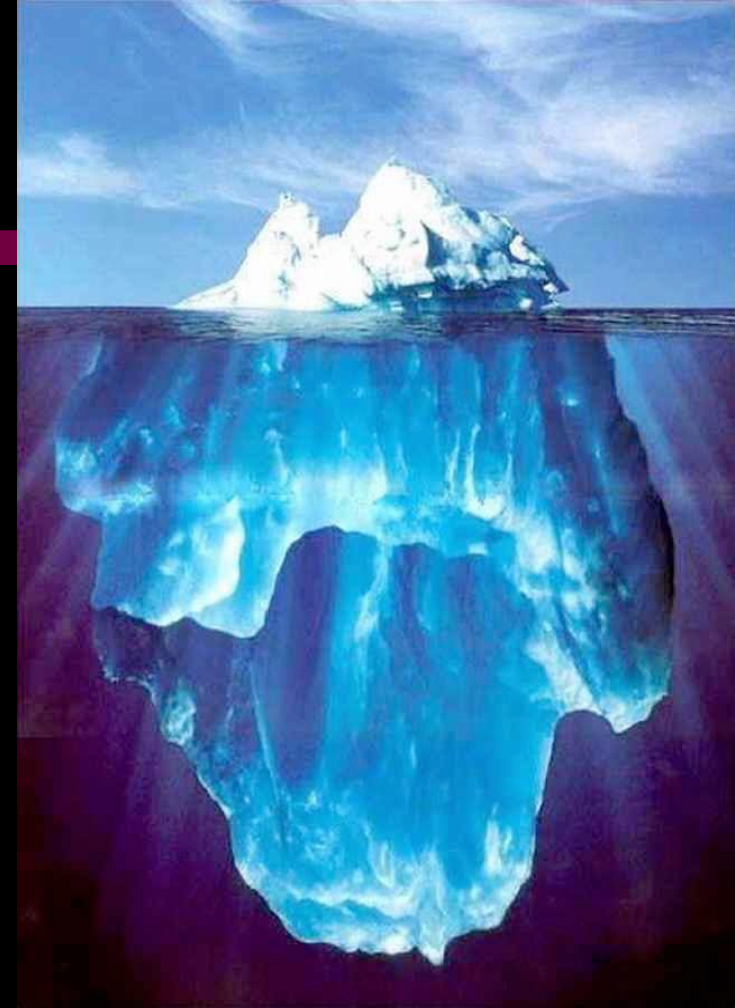
©2008 3ngel R. L3pez-S3nchez

©2011 Jorge Dias de Deus

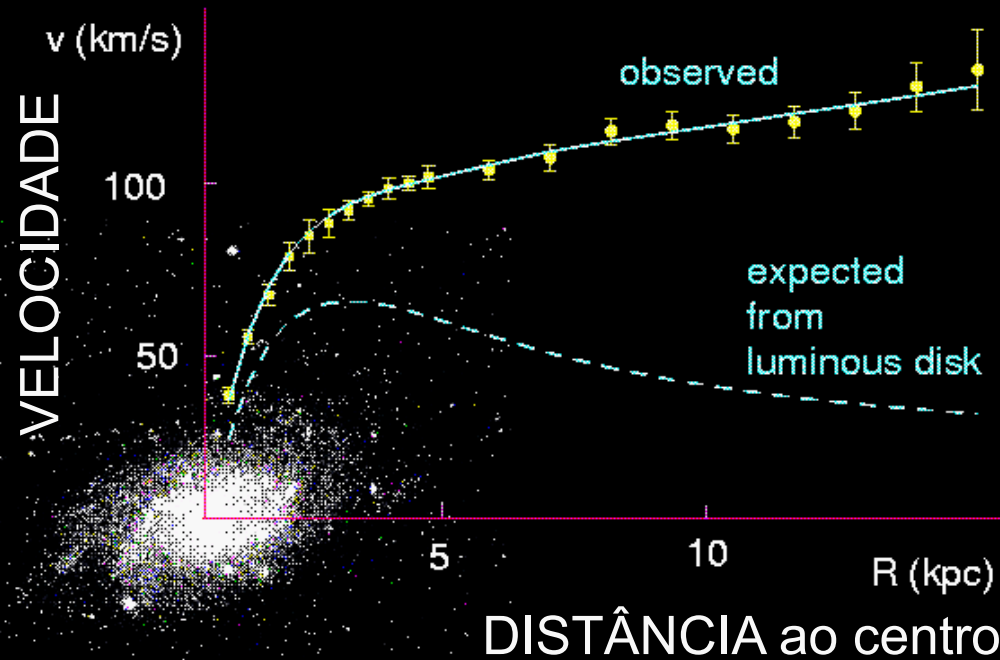
pedro abreu - Viagem ao infinito

©2011 Sofia Andringa

O Problema da Matéria Escura

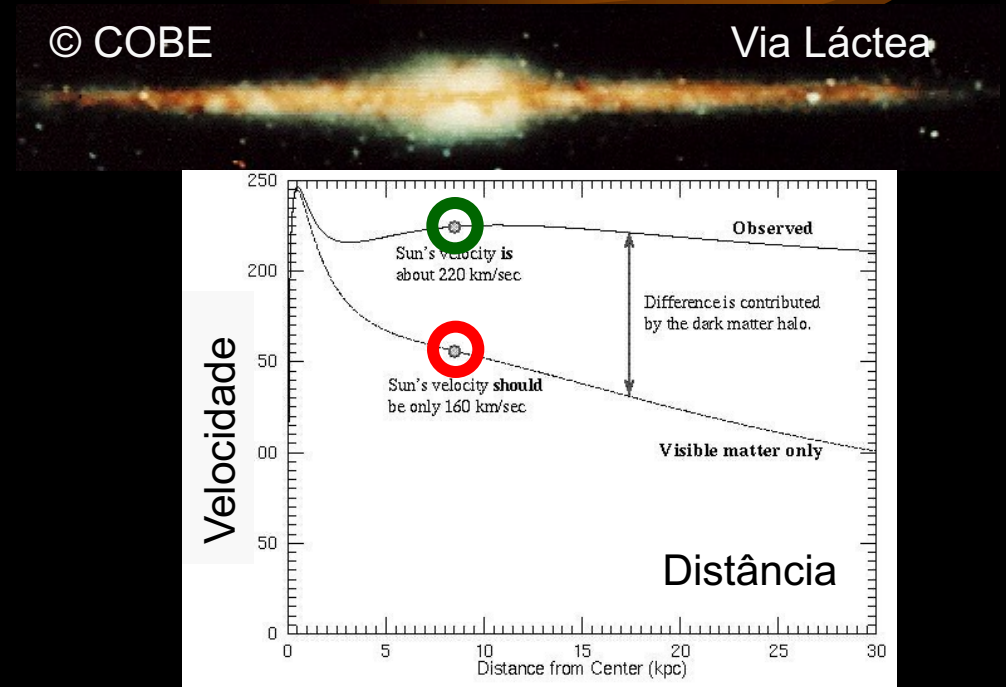


©A.De Angelis



Maior fração de massa não brilha! O que será?!

Matéria Escura presente na nossa própria Galáxia!



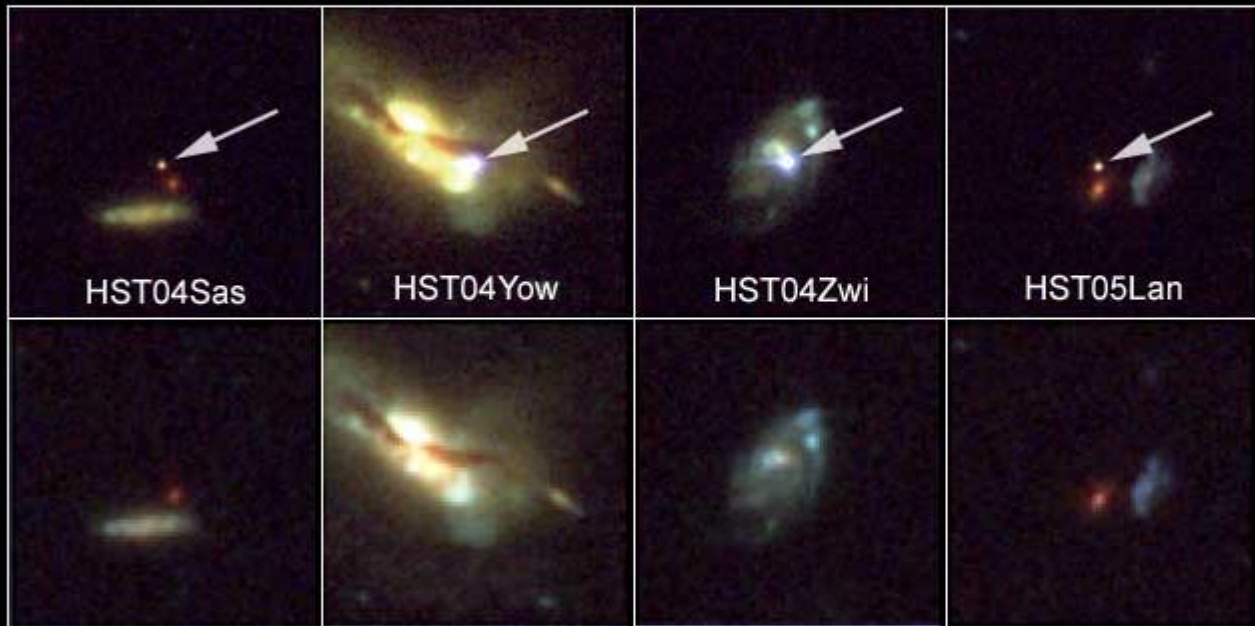
- Distribuída na Galáxia, não agrupada!
- Nenhuma forma de matéria conhecida!

O Problema da 'Energia Escura'

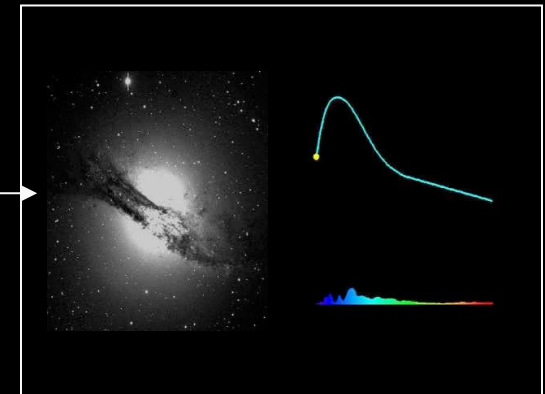
Cientistas estudam supernovae distantes para medir a evolução da expansão do Universo.

Esperavam que a taxa de expansão diminuísse desde o Big-Bang.

Host Galaxies of Distant Supernovae Type Ia



HST • ACS/WFC



NASA, ESA, and A. Riess (STScI)

STScI-PRC06-52

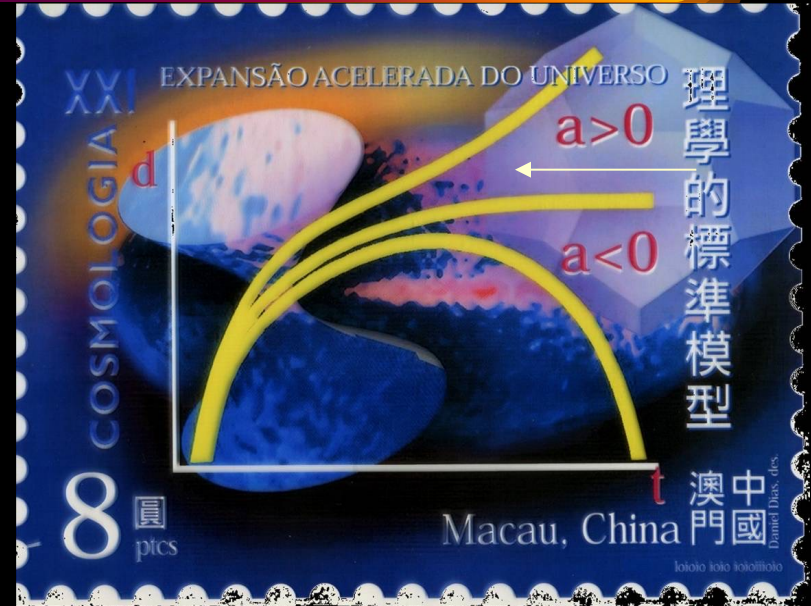
7 de julho
2025

pedro abreu – Viagem ao infinito

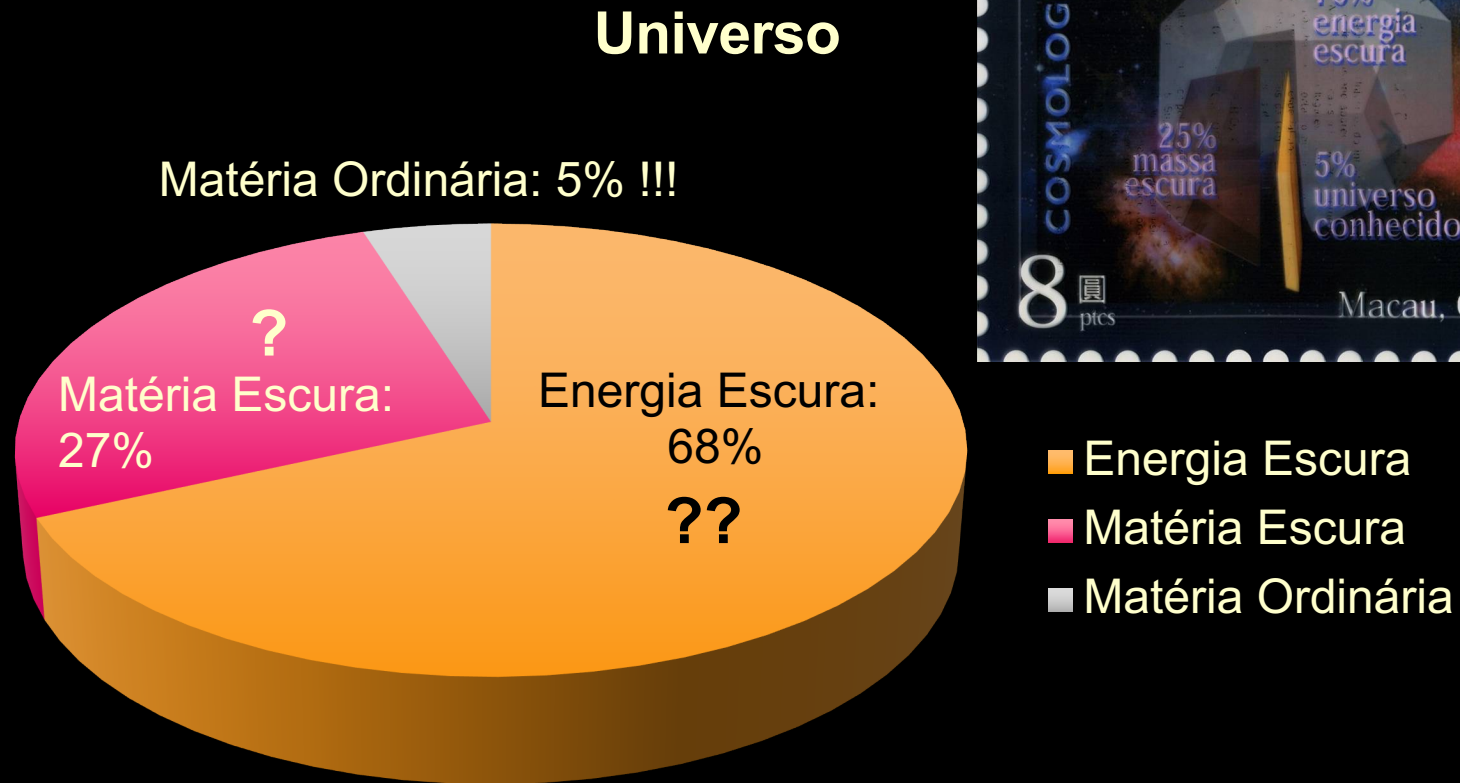
39/45

Oops...não está a diminuir!

- A Expansão do Universo está acelerando!!!
- Algo se está a sobrepôr à gravidade
- Cientistas chamam-lhe 'Energia Escura'



De que é que feito o Universo?!

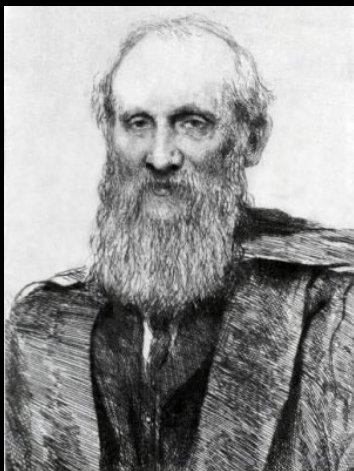


©2013 PLANCK

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)



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 são mesmo elementares?

PORQUE É QUE O UNIVERSO É TÃO SIMPÁTICO PARA A VIDA?!!

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!”*