A Física de Partículas e o CERN

Luís Silva
LIP – Lisboa

lsilva@lip.pt

23 Mar 2012

Para que serve a física ?

Robert Doisneau

preâmbulo:

O Problema:

A Solução ?

Não era bem isto…


Oops!... E agora ?

Bom, vamos lá a ver agora…


um já está!
MICHAEL LONG
TRUCK & CRANE HIRE

Parece que desta vai…

a P > A p

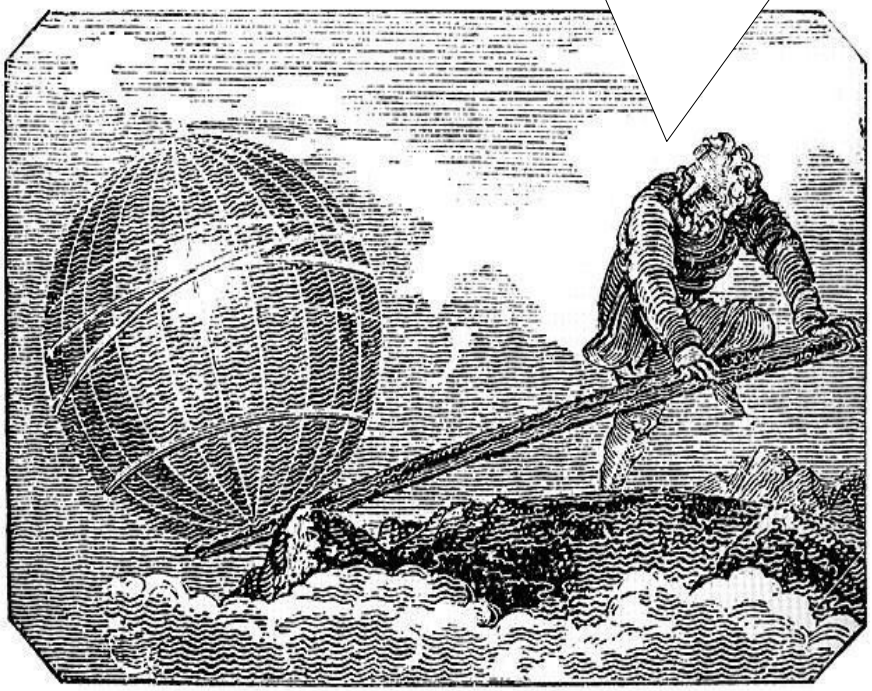
Moral da história: A Física tem um papel crucial no dia-a-dia!

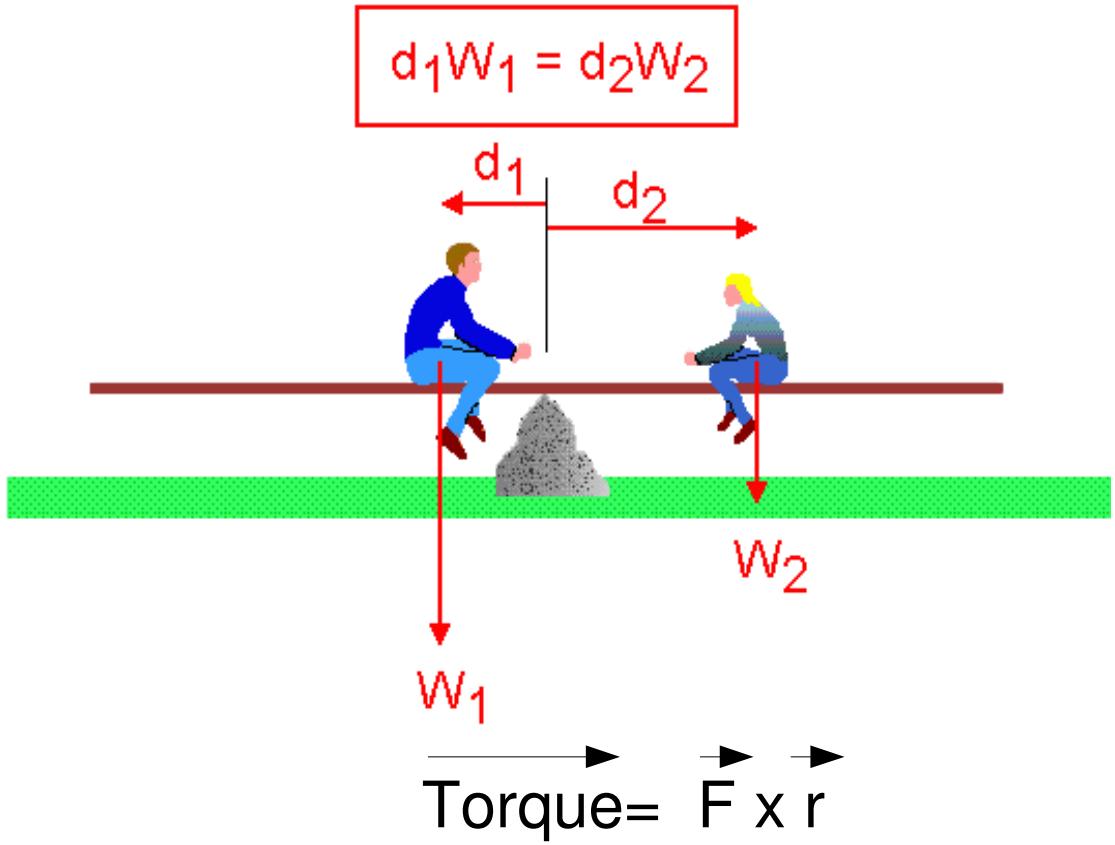
FIM DO PREÂMBULO

Explicação detalhada ...

Arquimedes inventou e desenvolveu a alavanca

"*Give me a place to stand, and I shall move the earth with a lever*"





Voltando à pergunta ...

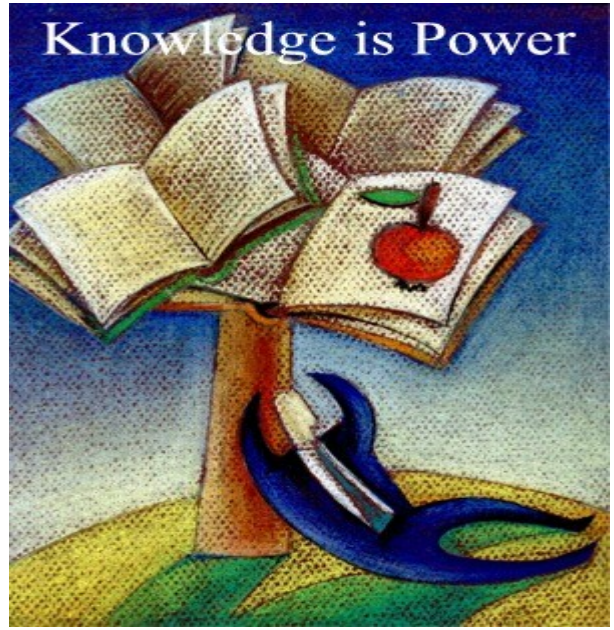
A Fisíca serve para …

☞Termos conhecimento.

Voltando à pergunta ...

A Fisíca serve para …

☞Termos conhecimento.
Conhecimento é poder



Voltando à pergunta ...

A Fisíca serve para …

- Termos conhecimento.
  Conhecimento é poder

- Tomar decisões mais correctas, ponderando vários factores

Voltando à pergunta ...

A Fisíca serve para …

☞Termos conhecimento.
Conhecimento é poder

☞Tomar decisões mais correctas, ponderando vários factores

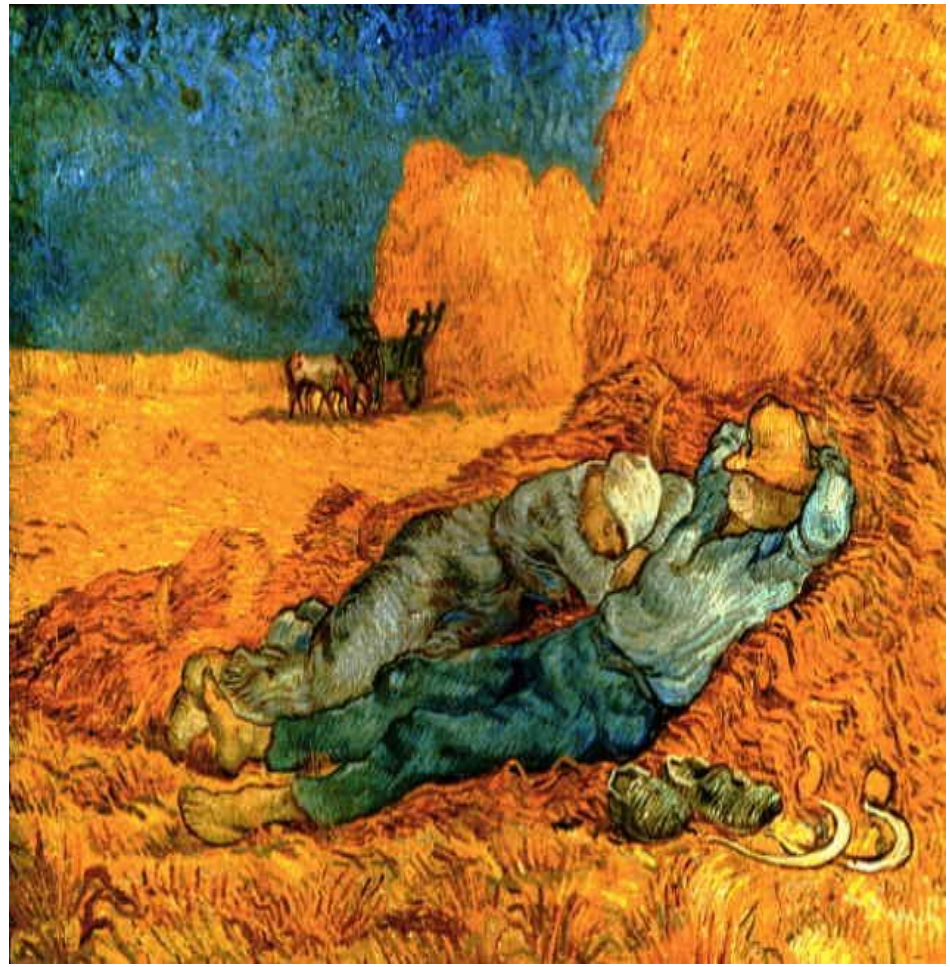
Voltando à pergunta ...

A Fisíca serve para …

- Termos conhecimento.
  Conhecimento é poder

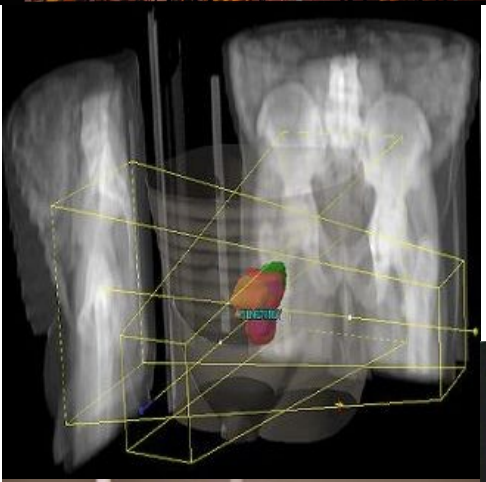
- Tomar decisões mais correctas, ponderando vários factores

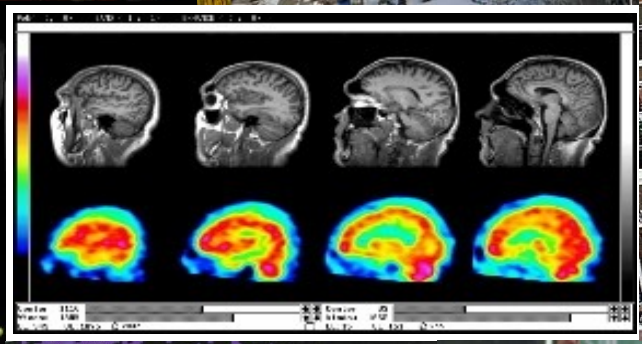
- Melhorar o nosso dia-a-dia

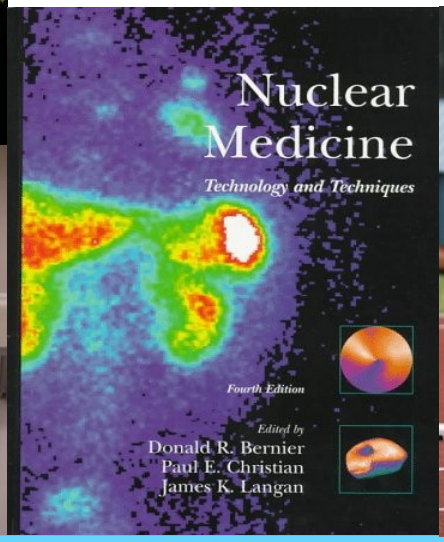


Noon: Rest from Work (after Millet) 1890 V. Van Gogh

A física está presente no nosso dia-a-dia





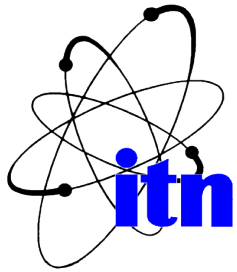


Emprego

Opções

- Eng. Física
- Astronomia/Astrofísica
- Metereologia/Oceanografia/Geofísica
- Física Médica
- Fundamental/teórica
- Nuclear
- Economia/Finanças/Banca/Bolsa
- Computação
- Biologia/Genética
- Protecção Radiológica
- Ensino
- ...

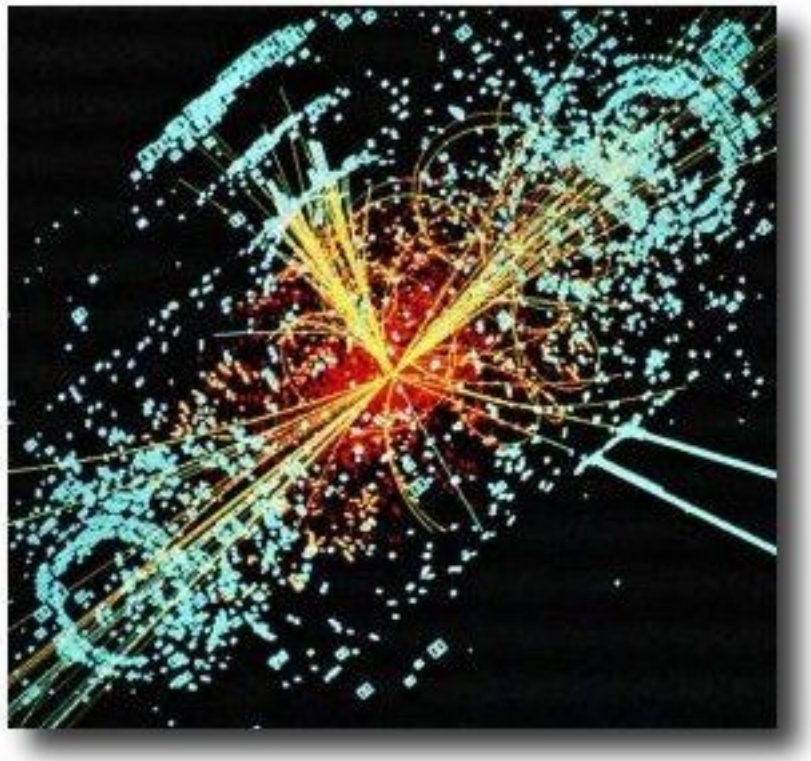
Quem emprega



O Plano

- 1ª Parte: A importância da Física no dia-a-dia .
- 2ª Parte: A Física das Partículas.
- 3ª Parte: As questões da Física que estão em aberto.

O Mundo das Partículas ...

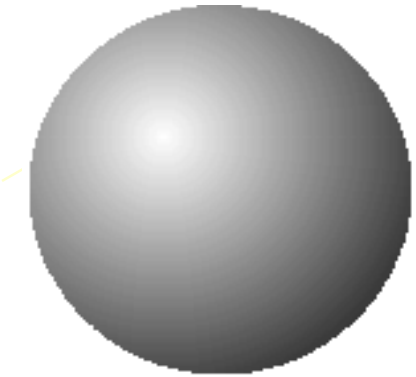


O que são partículas …

A noção de partícula está ligada à noção de uma *quantidade pequena* e (em alguns casos) *indivisível*

⇒ Átomo (Demócrito ca. 460 BC – ca. 370 BC)

Todas as coisas são compostas por átomos

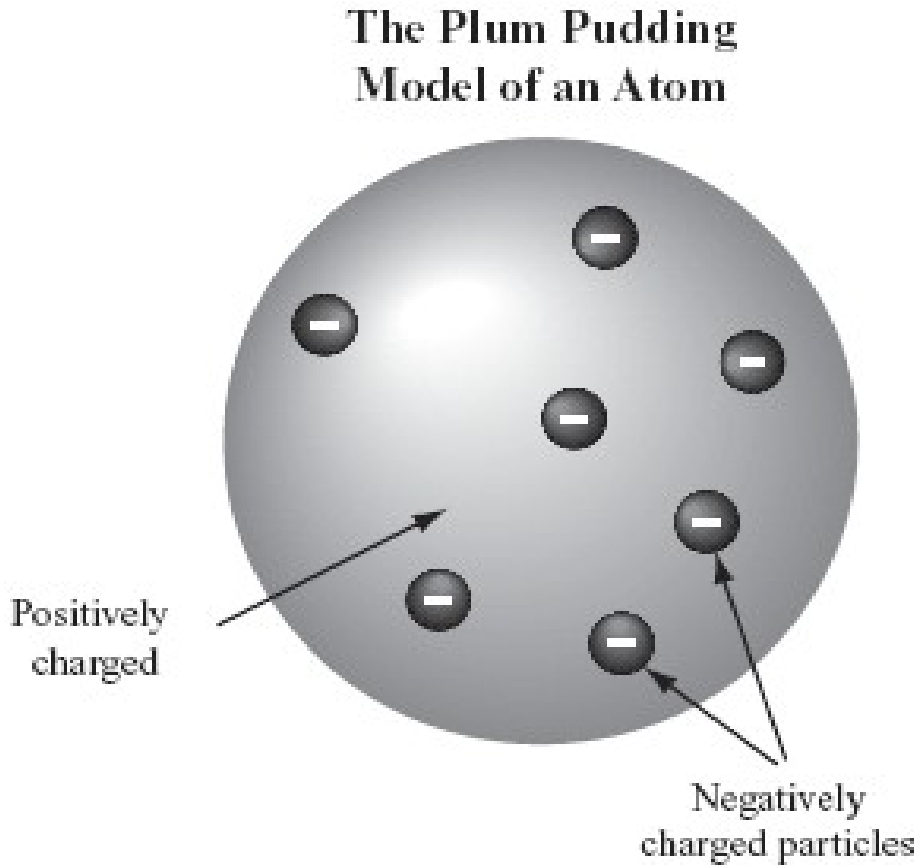


Democritus
(400 B.C.)

O Átomo

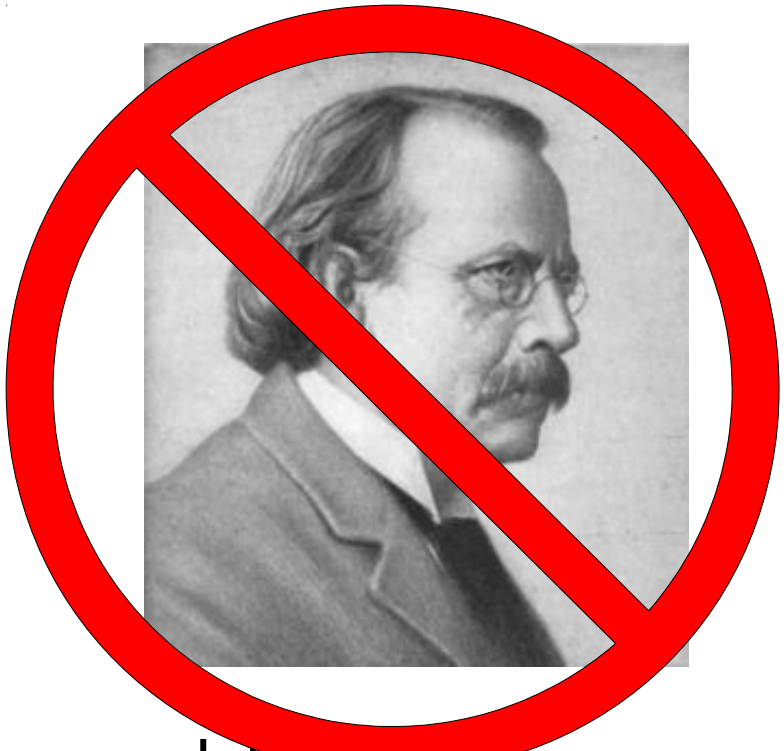
J.J. Thomson

1856-1940



1904

O Átomo



J.J. Thomson

1856-1940

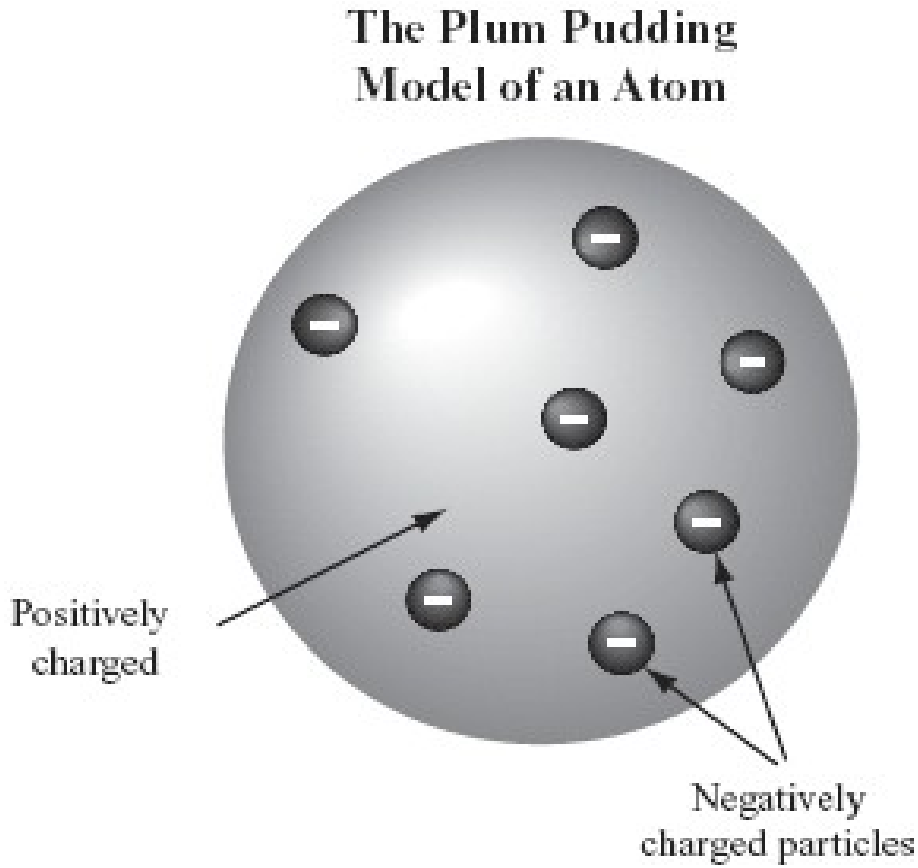
O modelo Chipicao

2011 AD

O Átomo

J.J. Thomson

1856-1940

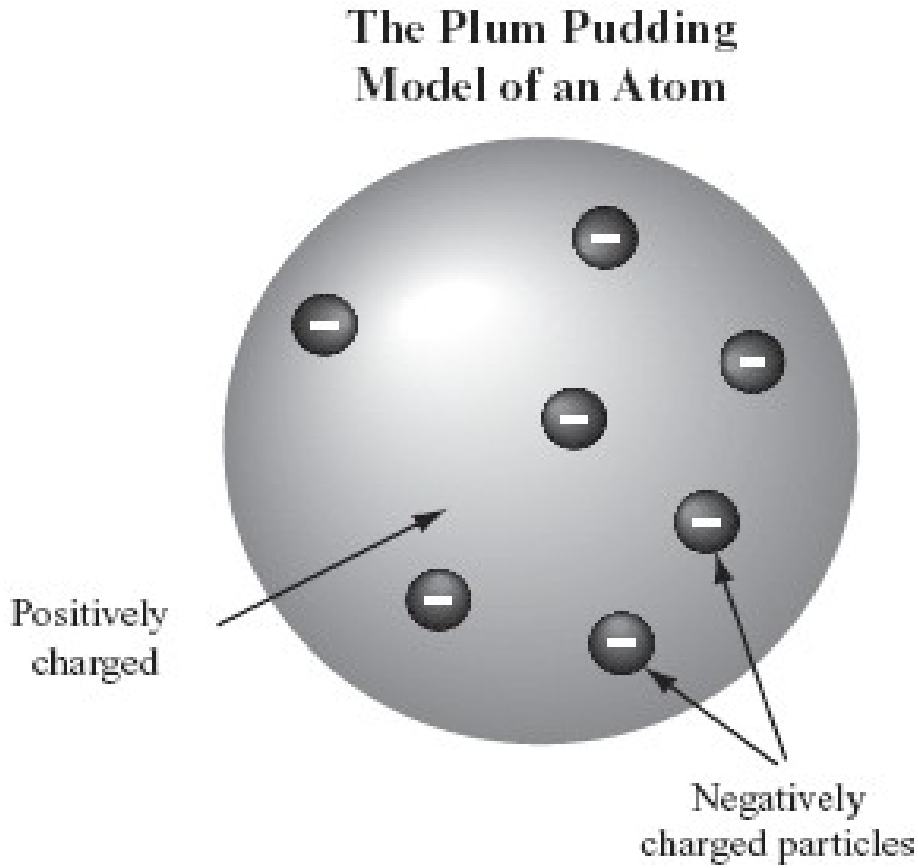


1904

O Átomo

J.J. Thomson

1856-1940



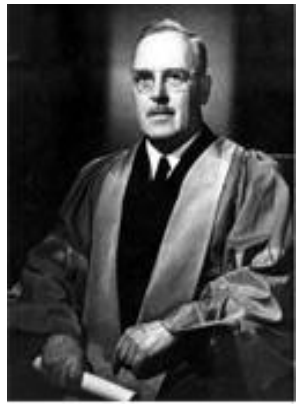
Já em 1895 tinha descoberto o electrão

1904

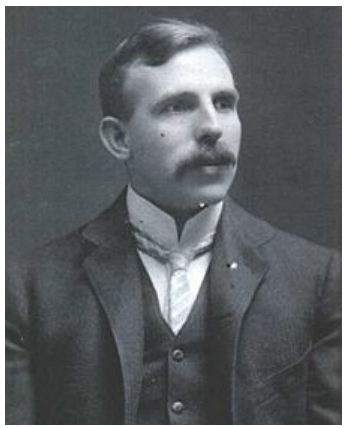
O Átomo: O Núcleo

Experiência Geiger-Marsden (1909)

Hans Geiger

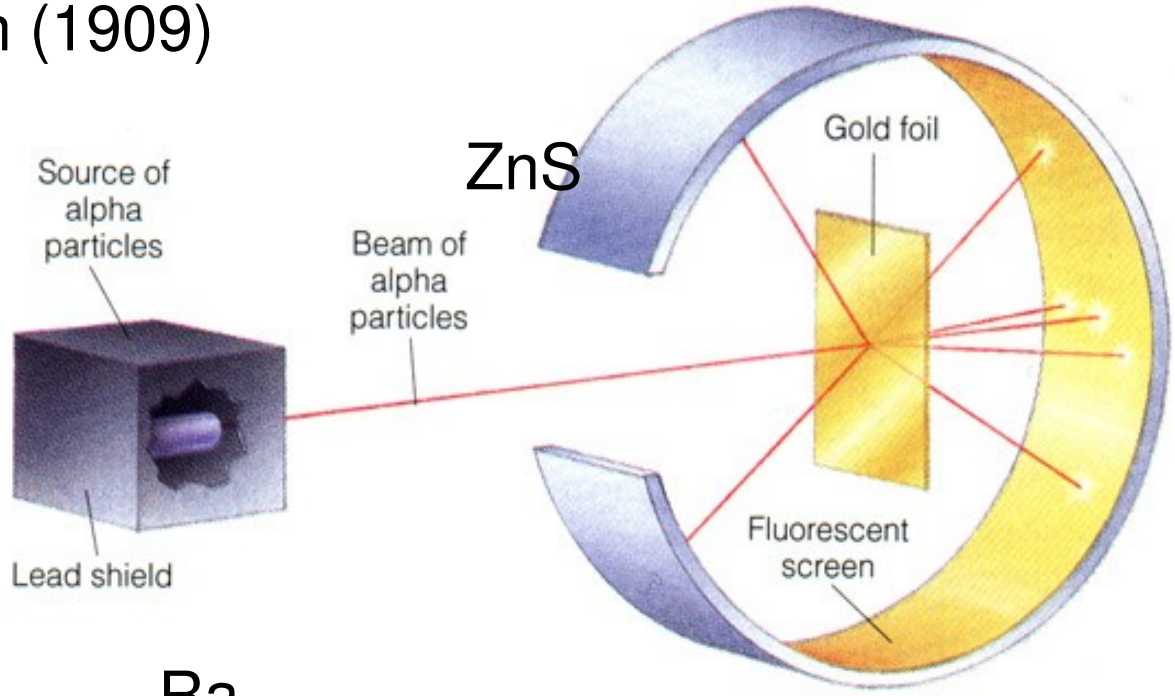


Ernest Marsden

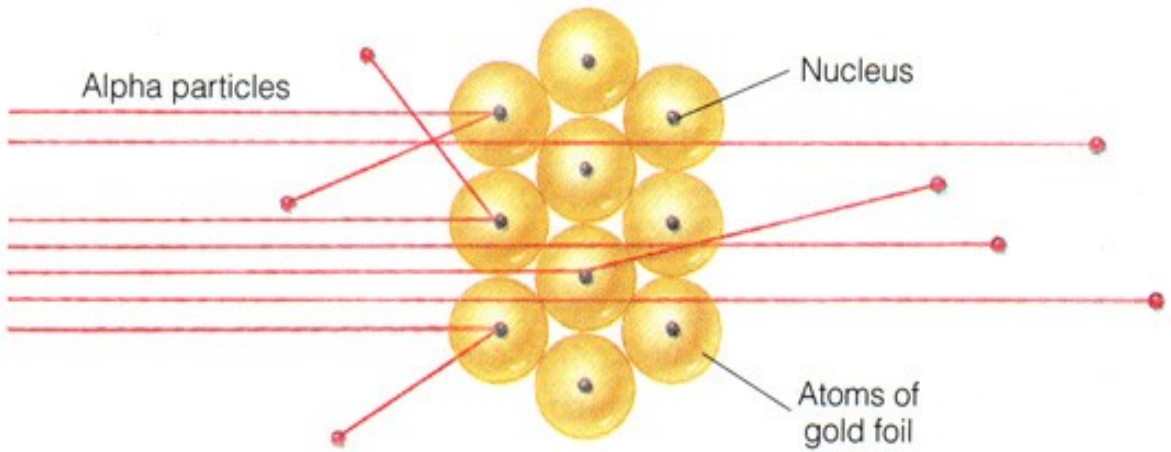


Ernest Rutherford

ZnS



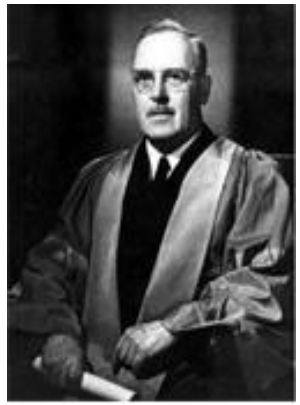
Ra



O Átomo: O Núcleo

Experiência Geiger-Marsden (1909)

Hans Geiger



Ernest Marsden

It was almost as incredible as if you fired a 15-inch shell at a piece of tissue paper and it came back and hit you.

Ernest Rutherford

… e assim foi descoberto o núcleo ...

O Núcleo: Os Protões e os Neutrões

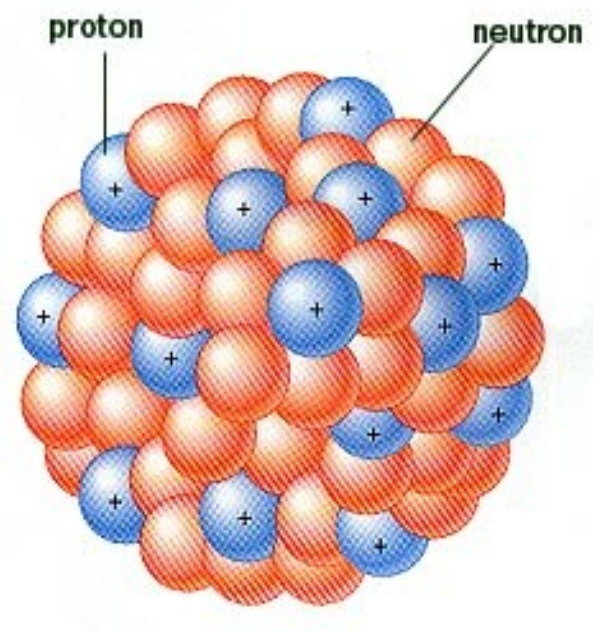
Em 1919 E. Rutherford

$$\alpha + {}^{14}N \rightarrow \textit{núcleos de Hidrogénio} + {}^{17}O$$

… isso quer dizer que os núcleos de hidrogénio estavam presentes nos núcleos do Azoto …

⇒ Os núcleos de hidrogénio estão presentes nos núcleos de outros elementos

⇒ Os núcleos de hidrogénio são partículas “fundamentais”

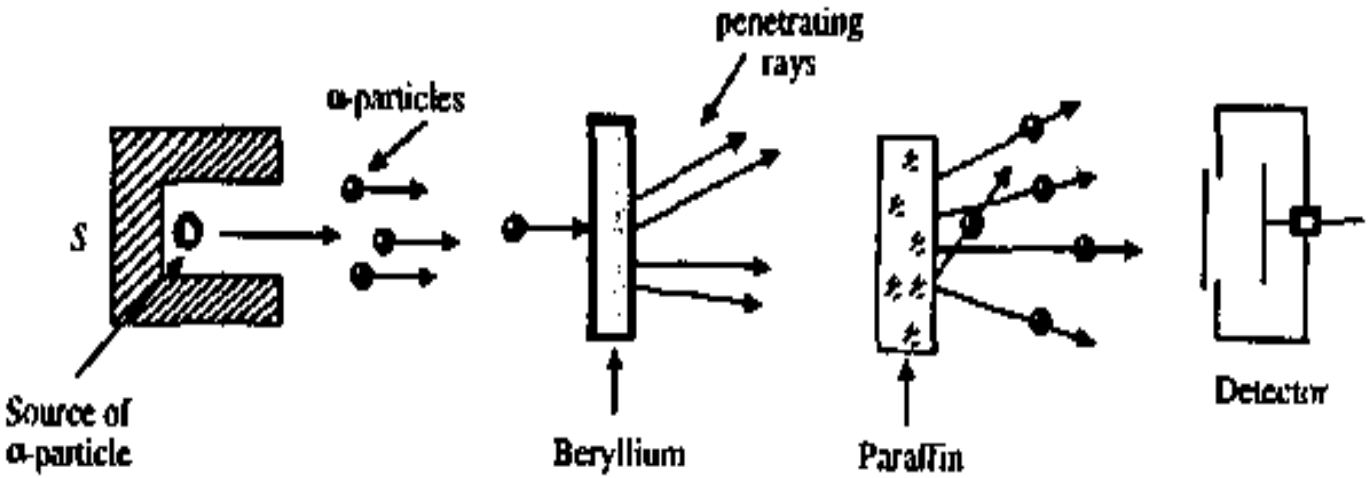


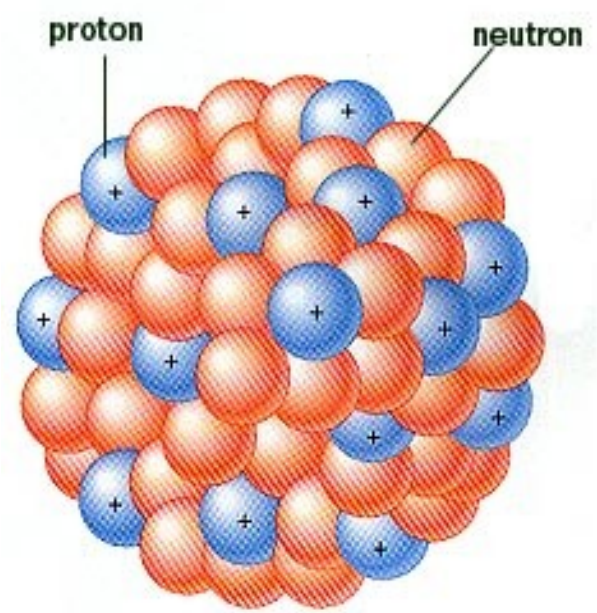
Rutherford nomeou esta partícula como *proton,* a “primeira peça”

O Núcleo: Os Protões e os Neutrões

Em 1921 E. Rutherford e Niels Bohr previram uma partícula de carga nula para compensar a diferença existente entre o número atómico (Z) e o número de massa (A=Z+N)

Em 1932 James Chadwick descobriu o Neutrão.



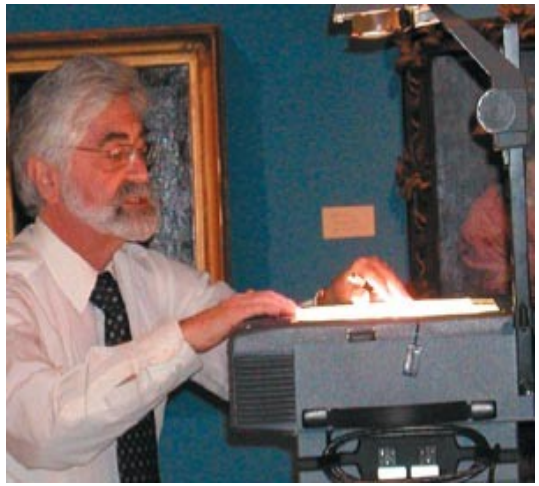


No Safari das Partículas ...

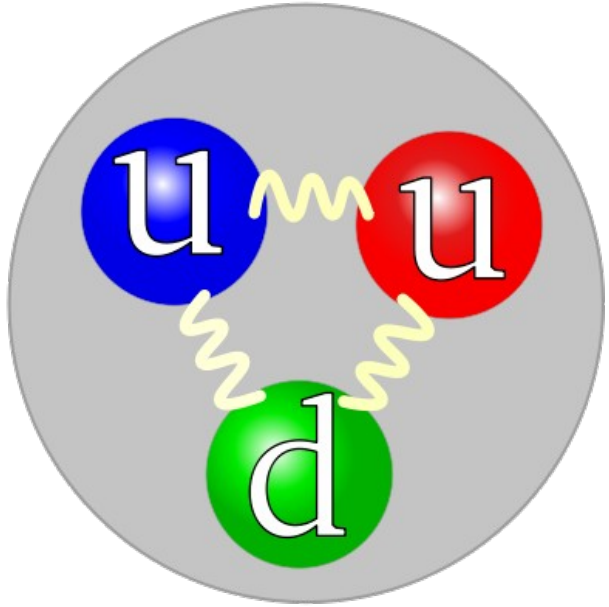
Luís Silva (lsilva@lip.pt)

Os Quarks

Murray Gell-Mann
1929 -



George Zweig
1937 -



Protão

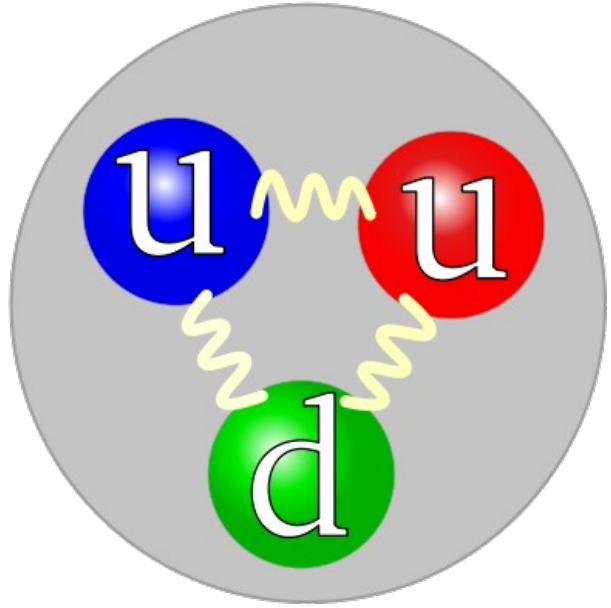
Em 1964, propuseram um modelo para explicar o reino de partículas.

⇒As partículas não eram todas fundamentais.

⇒As partículas são compostas e os quarks são as partículas que compõe os nucleões.

Os Quarks

Em 1968 a experiência mostrou evidências de que o nucleão é constituido por partículas pontuais.



Protão

Em 1960 iniciaram-se esforços para criar uma *Tabela Periódica*
Em 1967 é establecida *O Modelo Padrão das Partículas e das Interações Fundamentais*

O Modelo Padrão, para os amigos ☺

Standard Model of FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS

FERMIONS

matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2,...

Leptons spin = 1/2

Flavor	Mass GeV/c²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$< 7\times10^{-9}$	0
e electron	0.000511	−1
ν_μ muon neutrino	< 0.0003	0
μ muon	0.106	−1
ν_τ tau neutrino	< 0.03	0
τ tau	1.7771	−1

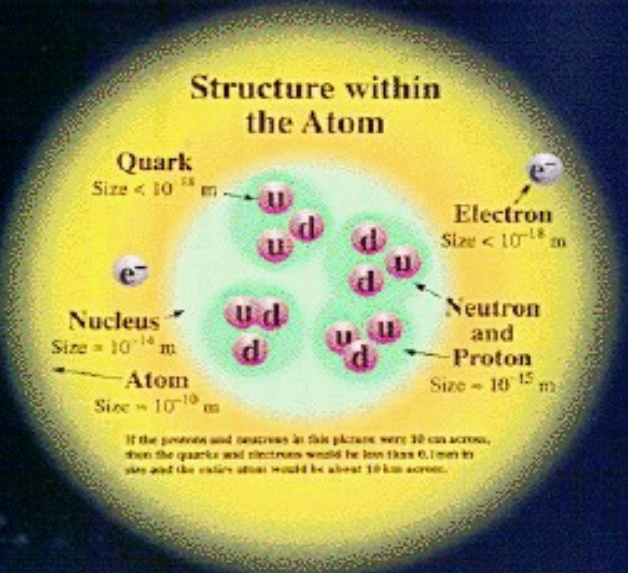
Quarks spin = 1/2

Flavor	Approx. Mass GeV/c²	Electric charge
u up	0.005	2/3
d down	0.01	−1/3
c charm	1.5	2/3
s strange	0.2	−1/3
t top (initial evidence)	170	2/3
b bottom	4.7	−1/3

Spin is the intrinsic angular momentum of particles. Spin is given in units of ħ, which is the quantum unit of angular momentum, where ħ = h/2π = 6.58×10⁻²⁵ GeV s = 1.05×10⁻³⁴ J s.

Electric charges are given in units of the proton's charge. In SI units the electric charge of the proton is 1.602×10⁻¹⁹ coulombs.

The energy unit of particle physics is the electron-volt (eV), the energy gained by one electron in crossing a potential difference of one volt. Masses are given in GeV/c² (remember E = mc²), where 1 GeV = 10⁹ eV = 1.60×10⁻¹⁰ joule. The mass of the proton is 0.938 GeV/c² = 1.67×10⁻²⁷ kg.



BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2,...

Unified Electroweak spin = 1	Mass GeV/c²	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.22	−1
W^+	80.22	+1
Z^0	91.187	0

Strong or color spin = 1	Mass GeV/c²	Electric charge
g gluon	0	0

Color Charge

Each quark carries one of three types of "strong charge," also called "color charge." These charges have nothing to do with the colors of visible light. There are eight possible types of color charge for gluons. Just as electrically charged particles interact by exchanging photons, in strong interactions color-charged particles exchange gluons. Leptons, photons, and W and Z bosons have no color charge and hence no strong interactions. One cannot isolate quarks and gluons; they are confined into color-neutral hadrons. This confinement (binding) results from multiple exchanges of gluons among the color-charged objects.

Confinement

As color-charged particles (quarks and gluons) are separated, the color force between them approaches a constant value and the energy in the color-force field increases. This energy eventually is converted into additional quark-antiquark pairs (see the figures below). The objects that finally emerge are color-neutral combinations called **hadrons** (mesons and baryons).

Residual Strong Interactions

The strong binding of the color-neutral protons and neutrons to form nuclei is due to residual strong interactions between their color-charged constituents. It is similar to the residual electrical interaction which binds electrically neutral atoms to form molecules. It can be viewed as the exchange of mesons between the hadrons.

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Property \ Interaction	Gravitational	Weak	Electromagnetic	Strong	
		(Electroweak)		Fundamental	Residual
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color charge	See Residual Strong Interaction Note
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons	Hadrons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons	Mesons
Strength for two u quarks at: 10^{-18} m	10^{-41}	0.8	1	25	Not applicable to quarks
(relative to electromagnetic) 3×10^{-17} m	10^{-41}	10^{-4}	1	60	
for two protons in nucleus	10^{-36}	10^{-7}	1	Not applicable to hadrons	20

Sample Fermionic Hadrons

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	−1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	−1	1.672	3/2

Sample Bosonic Hadrons

Mesons $q\bar{q}$

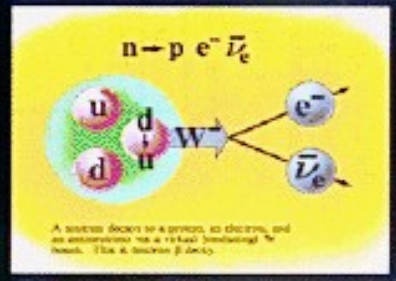
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	−1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
D^+	D^+	$c\bar{d}$	+1	1.869	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.979	0

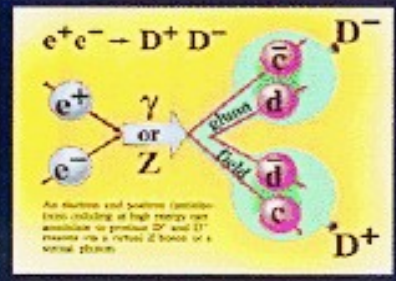
Matter and Antimatter

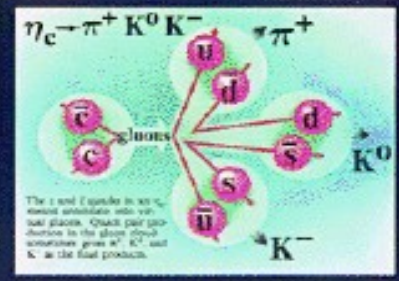
For every particle type there is a corresponding antiparticle type, denoted by a bar over the particle symbol. Particle and antiparticle have identical mass and spin but opposite charges. Some electrically neutral bosons (e.g., π^0, γ, and η_c = $c\bar{c}$, but not K^0 = $d\bar{s}$) are their own antiparticles.

Figures

These diagrams are an artist's conception of physical processes. They are not exact and have an incomplete scale. Uncertainties represent the limits of gluons in the gluon field, and force the quark paths, and black lines the paths of leptons.







Contemporary Physics Education Project (CPEP)

CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators. For information on the chart, software, books, particle collisions on classroom activities, and web-shops, look on WWW at: http://pdg.lbl.gov/cpep.html, send e-mail to pdg@LBL.gov, or write: CPEP, MS 50-308, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA 94720. Corporate and private donations, as well as material, labor, funding have been and remain crucial to the success of this project.

U.S. Department of Energy
Lawrence Berkeley Laboratory
Stanford Linear Accelerator Center
American Assoc. of Physics Teachers
BURLE Electron Tubes

Exclusive Worldwide Distribution By:
Science Kit & Boreal Laboratories

Fermiões

Constituintes da matéria

1 GeV/c^2 = 1.78 x 10^{-27} Kg ≈ m(protão)

… mas os quarks não andam sozinhos

FERMIONS matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2, …

Leptons spin = 1/2

	Flavor	Mass GeV/c^2	Electric charge	
1956	ν_e electron neutrino	$<1\times10^{-8}$	0	
1895	e electron	0.000511	–1	
1962	ν_μ muon neutrino	<0.0002	0	
1937	μ muon	0.106	–1	
2001	ν_τ tau neutrino	<0.02	0	
1975	τ tau	1.7771	–1	

Quarks spin = 1/2

Flavor	Approx. Mass GeV/c^2	Electric charge	
u up	0.003	2/3	1964
d down	0.006	–1/3	1964
c charm	1.3	2/3	1974
s strange	0.1	–1/3	1964
t top	175	2/3	1996
b bottom	4.3	–1/3	1977

Construções de quarks... (par)

Mesões

(todos instáveis)

constituídos por

QUARK

+

ANTI-QUARK

Mesons $q\bar{q}$

Mesons are bosonic hadrons.
There are about 140 types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	−1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2 .980	0

Construções de quarks... (tripleto)

Bariões

constituídos

3 QUARKs

OU

3 ANTI-QUARKs

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Baryons are fermionic hadrons.
There are about 120 types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	–1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	–1	1.672	3/2

(só o protão livre é estável; ligado, o neutrão tb. é estável)

Standard Model of FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS

FERMIONS

matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2,...

Leptons spin = 1/2

Flavor	Mass GeV/c²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$< 7\times10^{-9}$	0
e electron	0.000511	−1
ν_μ muon neutrino	< 0.0003	0
μ muon	0.106	−1
ν_τ tau neutrino	< 0.03	0
τ tau	1.7771	−1

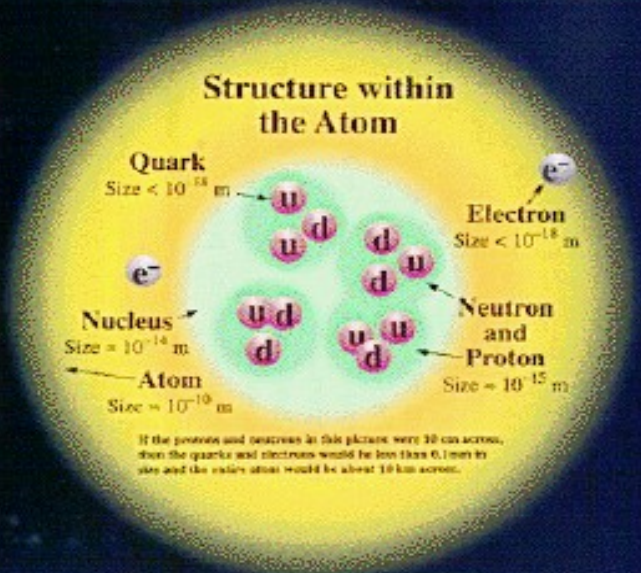
Quarks spin = 1/2

Flavor	Approx. Mass GeV/c²	Electric charge
u up	0.005	2/3
d down	0.01	−1/3
c charm	1.5	2/3
s strange	0.2	−1/3
t top (initial evidence)	170	2/3
b bottom	4.7	−1/3

Spin is the intrinsic angular momentum of particles. Spin is given in units of ħ, which is the quantum unit of angular momentum, where ħ = h/2π = 6.58×10⁻²⁵ GeV s = 1.05×10⁻³⁴ J s.

Electric charges are given in units of the proton's charge. In SI units the electric charge of the proton is 1.602×10⁻¹⁹ coulombs.

The energy unit of particle physics is the electron-volt (eV), the energy gained by one electron in crossing a potential difference of one volt. Masses are given in GeV/c² (remember E = mc²), where 1 GeV = 10⁹ eV = 1.60×10⁻¹⁰ joule. The mass of the proton is 0.938 GeV/c² = 1.67×10⁻²⁷ kg.



BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2,...

Unified Electroweak spin = 1	Mass GeV/c²	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.22	−1
W^+	80.22	+1
Z^0	91.187	0

Strong or color spin = 1	Mass GeV/c²	Electric charge
g gluon	0	0

Color Charge

Each quark carries one of three types of "strong charge," also called "color charge." These charges have nothing to do with the colors of visible light. There are eight possible types of color charge for gluons. Just as electrically charged particles interact by exchanging photons, color-charged particles exchange gluons. Leptons, photons, and W and Z bosons have no color charge and hence no strong interactions. One cannot isolate quarks and gluons; they are confined into color-neutral hadrons. This confinement (binding) results from multiple exchanges of gluons among the color-charged objects.

Confinement

As color-charged particles (quarks and gluons) are separated, the color force between them approaches a constant value and the energy in the color-force field increases. This energy eventually is converted into additional quark-antiquark pairs (see the figures below). The objects that finally emerge are color-neutral combinations called **hadrons** (mesons and baryons).

Residual Strong Interactions

The strong binding of the color-neutral protons and neutrons to form nuclei is due to residual strong interactions between their color-charged constituents. It is similar to the residual electrical interaction which binds electrically neutral atoms to form molecules. It can be viewed as the exchange of mesons between the hadrons.

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Property \ Interaction	Gravitational	Weak	Electromagnetic	Strong	
		(Electroweak)		Fundamental	Residual
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color charge	See Residual Strong Interaction Note
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons	Hadrons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons	Mesons
Strength for two u quarks at: 10^{-18} m	10^{-41}	0.8	1	25	Not applicable to quarks
(relative to electromagnetic) 3×10^{-17} m	10^{-41}	10^{-4}	1	60	
for two protons in nucleus	10^{-36}	10^{-7}	1	Not applicable to hadrons	20

Sample Fermionic Hadrons

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	−1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	−1	1.672	3/2

Sample Bosonic Hadrons

Mesons $q\bar{q}$

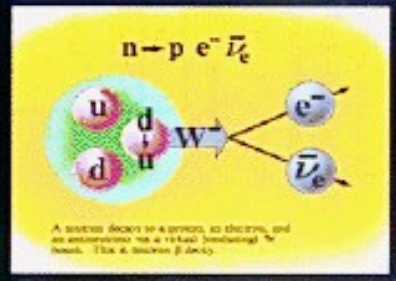
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	−1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
D^+	D+	$c\bar{d}$	+1	1.869	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.979	0

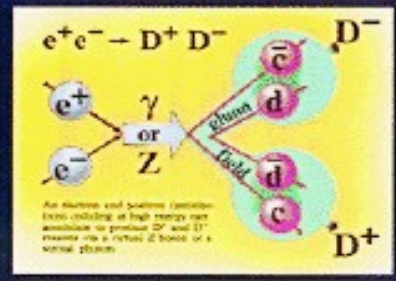
Matter and Antimatter

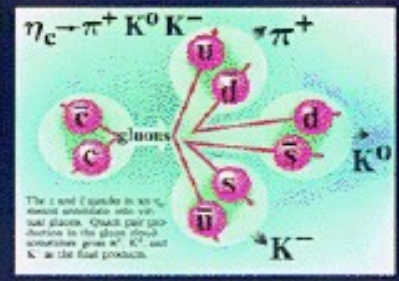
For every particle type there is a corresponding antiparticle type, denoted by a bar over the particle symbol. Particle and antiparticle have identical mass and spin but opposite charges. Some electrically neutral bosons (e.g., K^0, γ, and η_c) are, but not K^0's $\bar{K}^0$) are their own antiparticles.

Figures

These diagrams are an artist's conception of physical processes. They are not exact and have an incomplete scale. Green shaded areas represent the confined gluons or the gluon field, and lines the quark paths, and black lines the paths of leptons.







Contemporary Physics Education Project (CPEP)

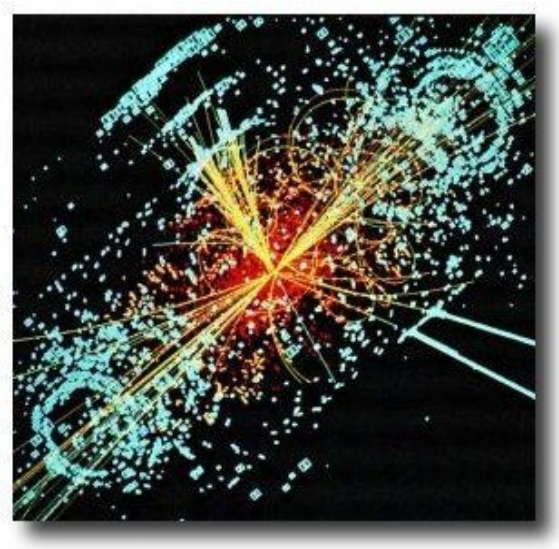
CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators. For information on this chart, software, books, particle collaboration classroom activities, and web links, look on WWW at: http://pdg.lbl.gov/cpep.html, send e-mail to pdg@LBL.gov, or write: CPEP, MS 50-308, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA 94720. Corporate and private donations, as well as material, labor, and loaned time have been and remain critical to the success of this project.

U.S. Department of Energy
Lawrence Berkeley Laboratory
Stanford Linear Accelerator Center
American Assoc. of Physics Teachers
DURLE Electron Tubes

Exclusive Worldwide Distribution By:
Science Kit & Boreal Laboratories

Interações

- Envolve dois ou mais sujeitos
- Há qualquer “coisa” que se troca



Bosões e interações

BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2, ...

Unified Electroweak spin = 1

Name	Mass GeV/c^2	Electric charge
γ photon (1900)	0	0
W^-	80.4	–1
W^+ (1983)	80.4	+1
Z^0	91.187	0

Strong (color) spin = 1

Name	Mass GeV/c^2	Electric charge
g gluon	0	0

1979

8 gluões diferentes (=3c.3ac-1)

\+

Bosão de Higgs

(por descobrir experimentalmente)

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Property \ Interaction	Gravitational	Weak (Electroweak)	Electromagnetic (Electroweak)	Strong: Fundamental	Strong: Residual
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge	See Residual Strong Interaction Note
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons	Hadrons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons	Mesons
Strength relative to electromag for two u quarks at: 10^{-18} m	10^{-41}	0.8	1	25	Not applicable to quarks
Strength relative to electromag for two u quarks at: 3×10^{-17} m	10^{-41}	10^{-4}	1	60	
for two protons in nucleus	10^{-36}	10^{-7}	1	Not applicable to hadrons	20

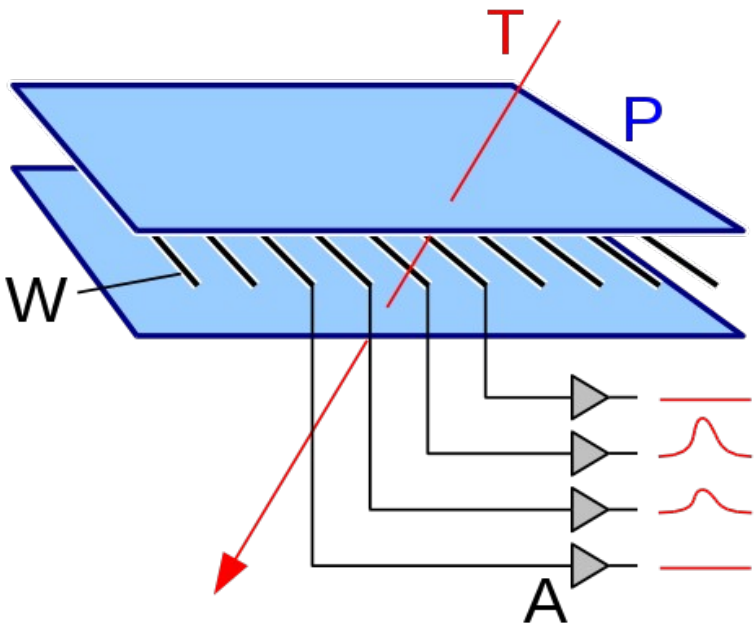
Sabemos que …

… podemos estudar as partículas através das interações

… Mas como podemos ver as partículas?

Como vemos as partículas ...

Como vemos as partículas ...



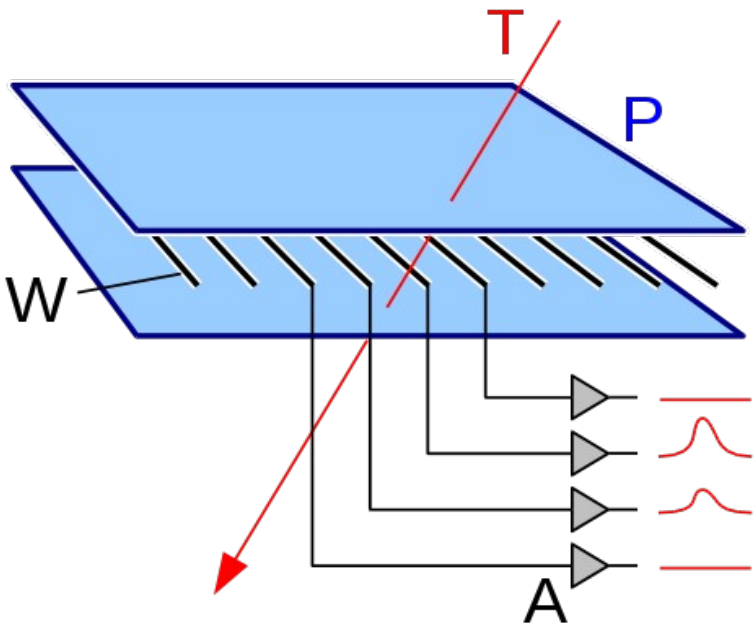
•Aplicamos uma diferença de potencial (ddp) às duas placas.
•Colocamos fios sob ddp.
•Quando passa uma partícula carregada, esta irá produzir corrente de deriva.

- Conseguimos ver algumas no seu estado fundamental (electrão, muão, …): os leptões
- As outras são compostas (de quarks): protão, neutrão, …

Os quark não aparecem livres na natureza.

Mas então? ... como detectamos as partículas?

Como vemos as partículas ...



1968

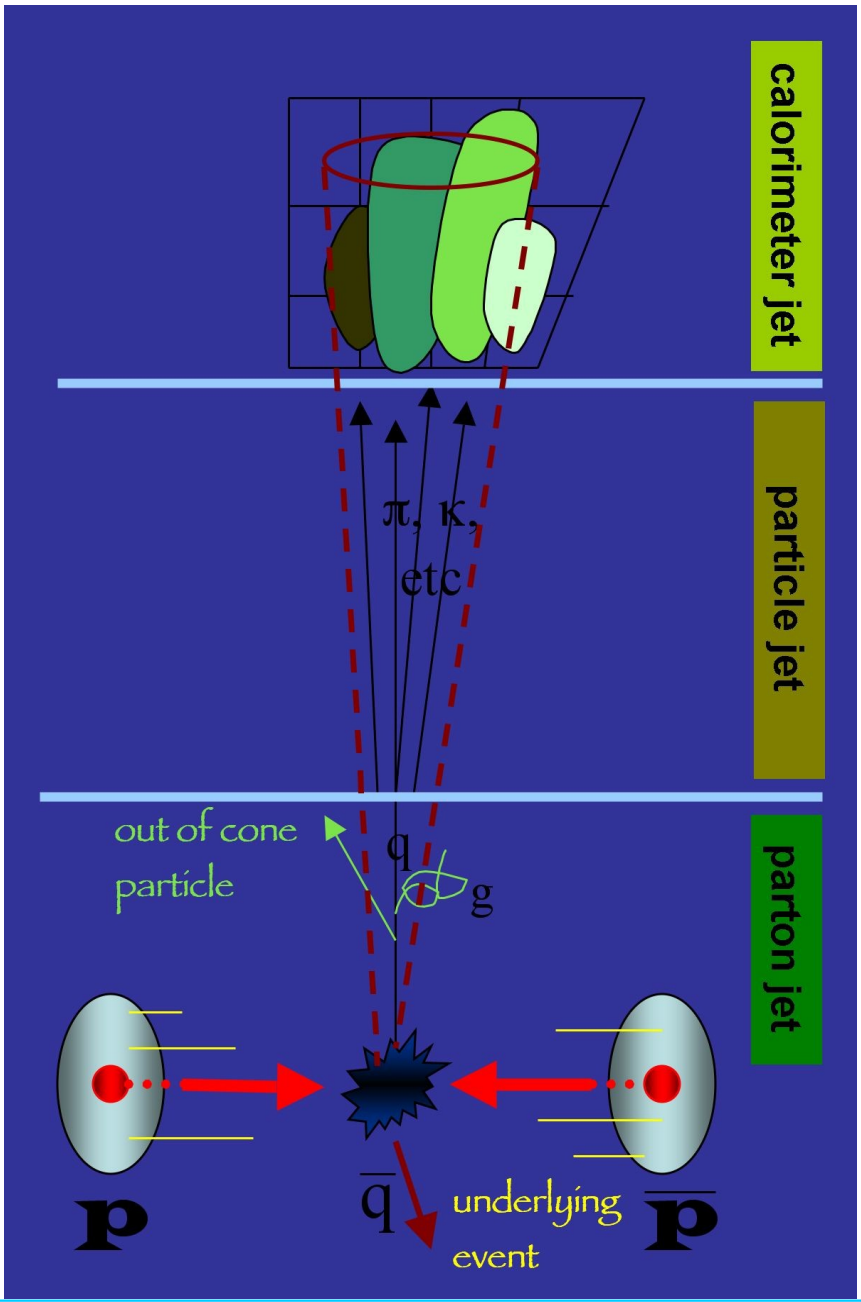
Geoge Charpak
1924 - 2010

- Conseguimos ver algumas no seu estado fundamental (electrão, muão, …): os leptões
- As outras são compostas (de quarks): protão, neutrão, …

Os quark não aparecem livres na natureza.

Mas então? ... como detectamos as partículas?

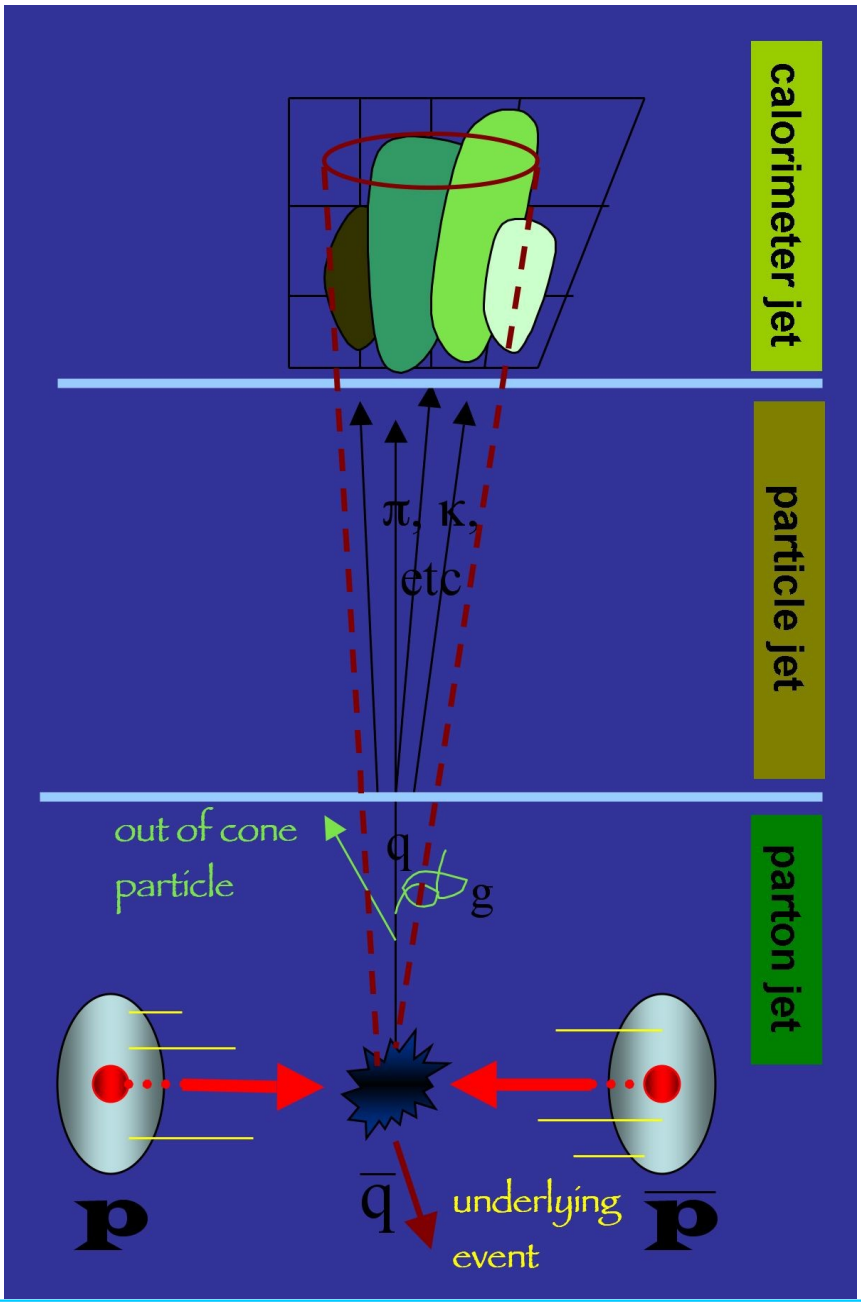
Nas colisões ...



Energia = h c / λ

Quanto maior a energia maior será a resolução do que queremos ver …

Nas colisões ...

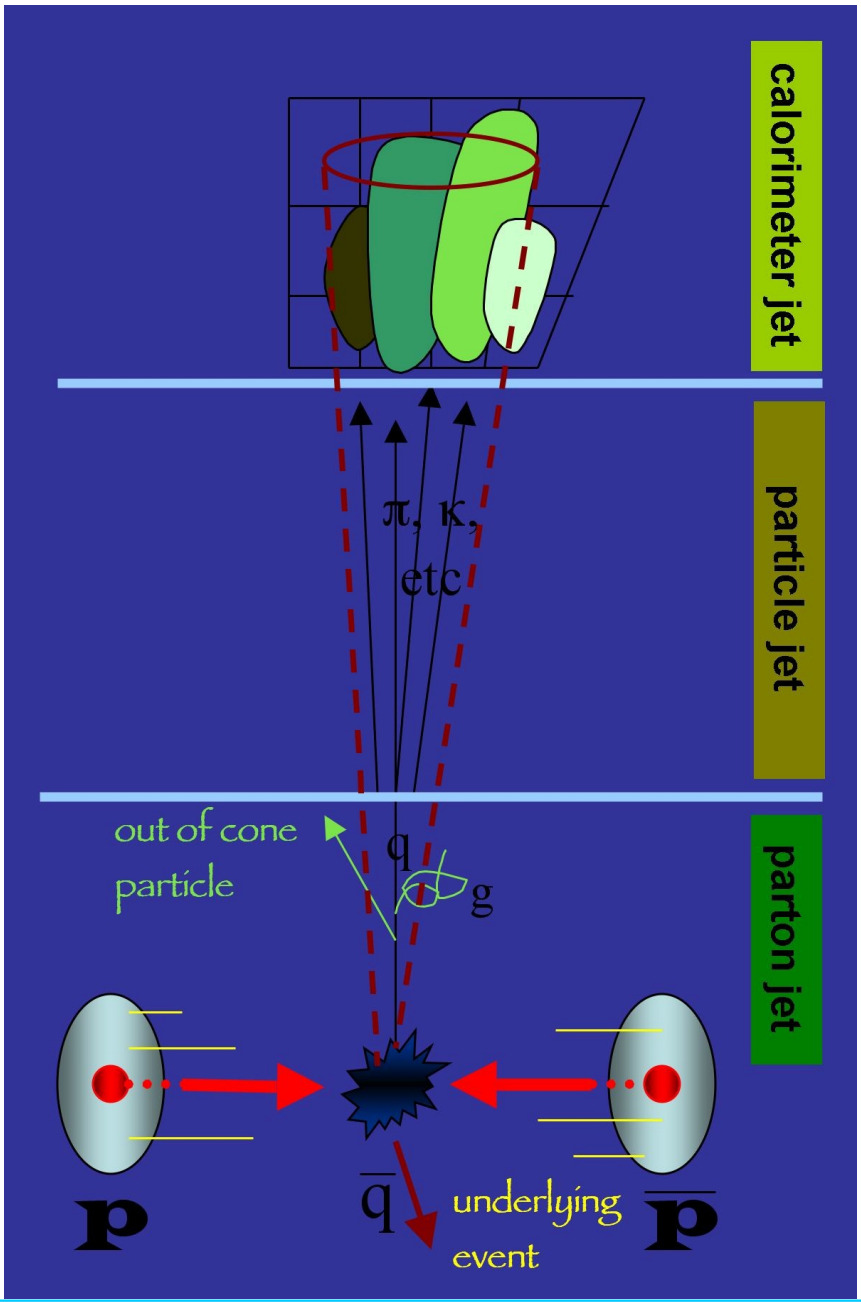


Depois os quarks e gluões devido à energia da colisão produzem mais quarks e gluões. Estes começam a juntarem-se (hadronização) para formarem as partículas estáveis.

Energia $= h\,c\,/\,\lambda$

Quanto maior a energia maior será a resolução do que queremos ver …

Nas colisões ...



No fim, as partículas são detectadas na aparelhagem.

Depois os quarks e gluões devido à energia da colisão produzem mais quarks e gluões. Estes começam a juntarem-se (hadronização) para formarem as partículas estáveis.

Energia $= h\,c\,/\,\lambda$

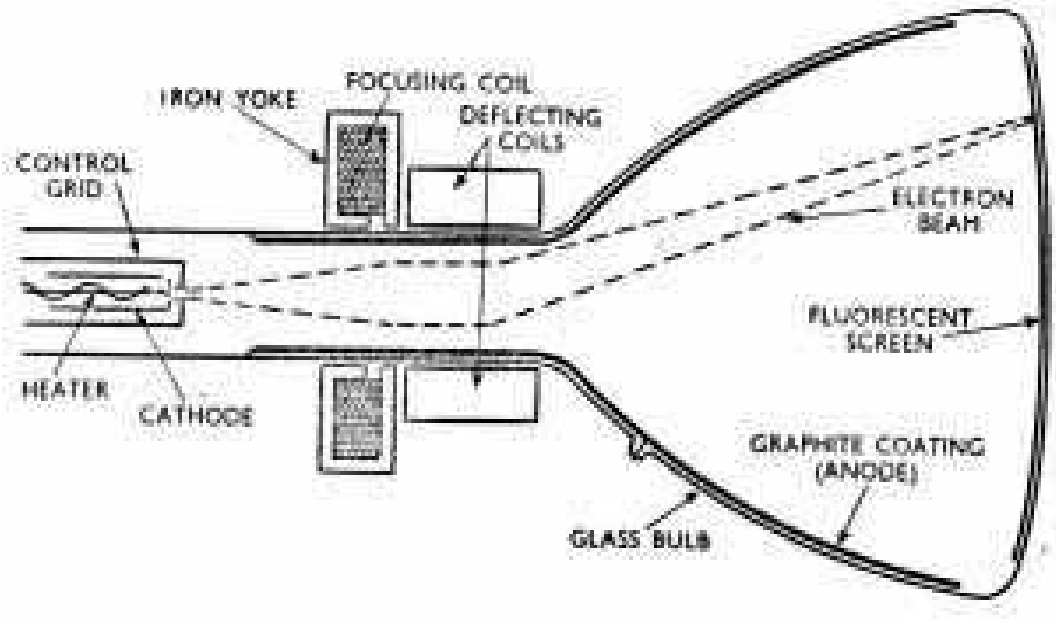
Quanto maior a energia maior será a resolução do que queremos ver …

Mas precisamos de uma fonte de partículas

Os aceleradores … Mas que coisa é essa dos aceleradores?

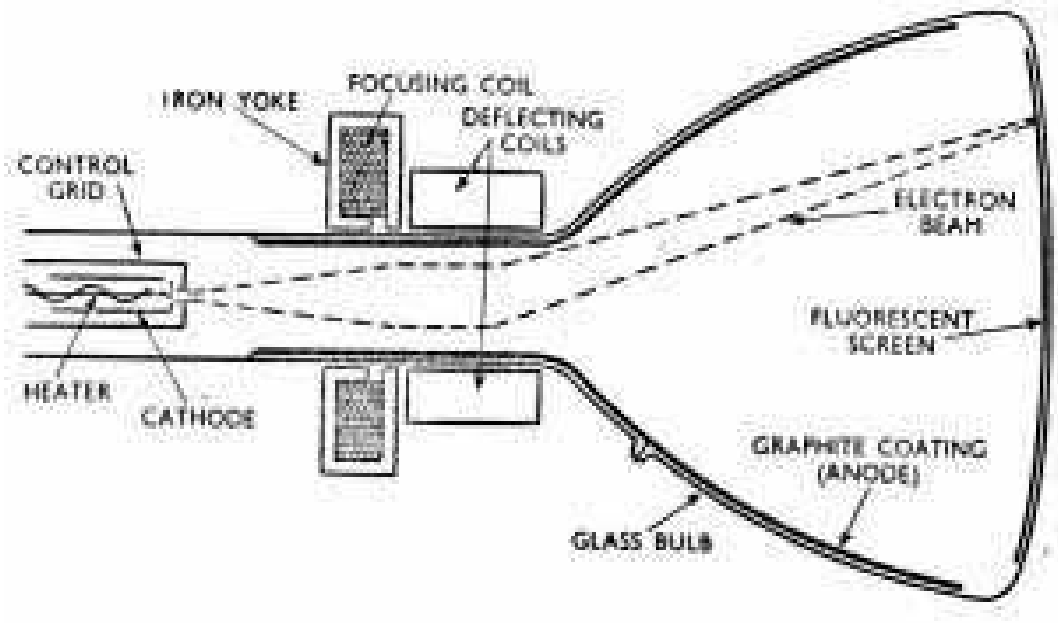
Mas precisamos de uma fonte de partículas

Os aceleradores … Mas que coisa é essa dos aceleradores?



Mas precisamos de uma fonte de partículas

Os aceleradores … Mas que coisa é essa dos aceleradores?



… ou então aceleradores “a sério” ...

O CERN

O CERN

O CERN é ...

- A Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (para fins exclusivamente científicos):
  - Investigação científica;
  - Colaboração entre cientistas;
  - Desenvolvimento de Tecnologias;
  - Apoio à Educação.

O CERN: Orgánica

- Formada por estados membros (20, entre os quais Portugal).

Os Estados-membros têm deveres e privilégios especiais. Eles fazem uma contribuição para as despesas e estão representados no Conselho, responsável por todas as decisões importantes sobre a organização e suas atividades.

- Formado por 'observadores' e 'estados não-membros'. E.g. a Comissão Europeia é um observador.

Os 'observadores' e os 'estados não-membros' podem assistir às reuniões do Conselho e receber documentos do Conselho, sem tomar parte nos processos de tomada de decisão da Organização.

- Empregados (staff) cerca de 2400 pessoas. Cerca de 10000 cientistas (users) vão ao CERN para levar a cabo trabalhos de investigação. Esse número representa metade da comunidade de Física de Altas Energias.

Vamos ao que interessa: A Física !

No CERN há as duas vertentes:

- Física Teórica
- Física Experimental

Vamos ao que interessa: A Física !

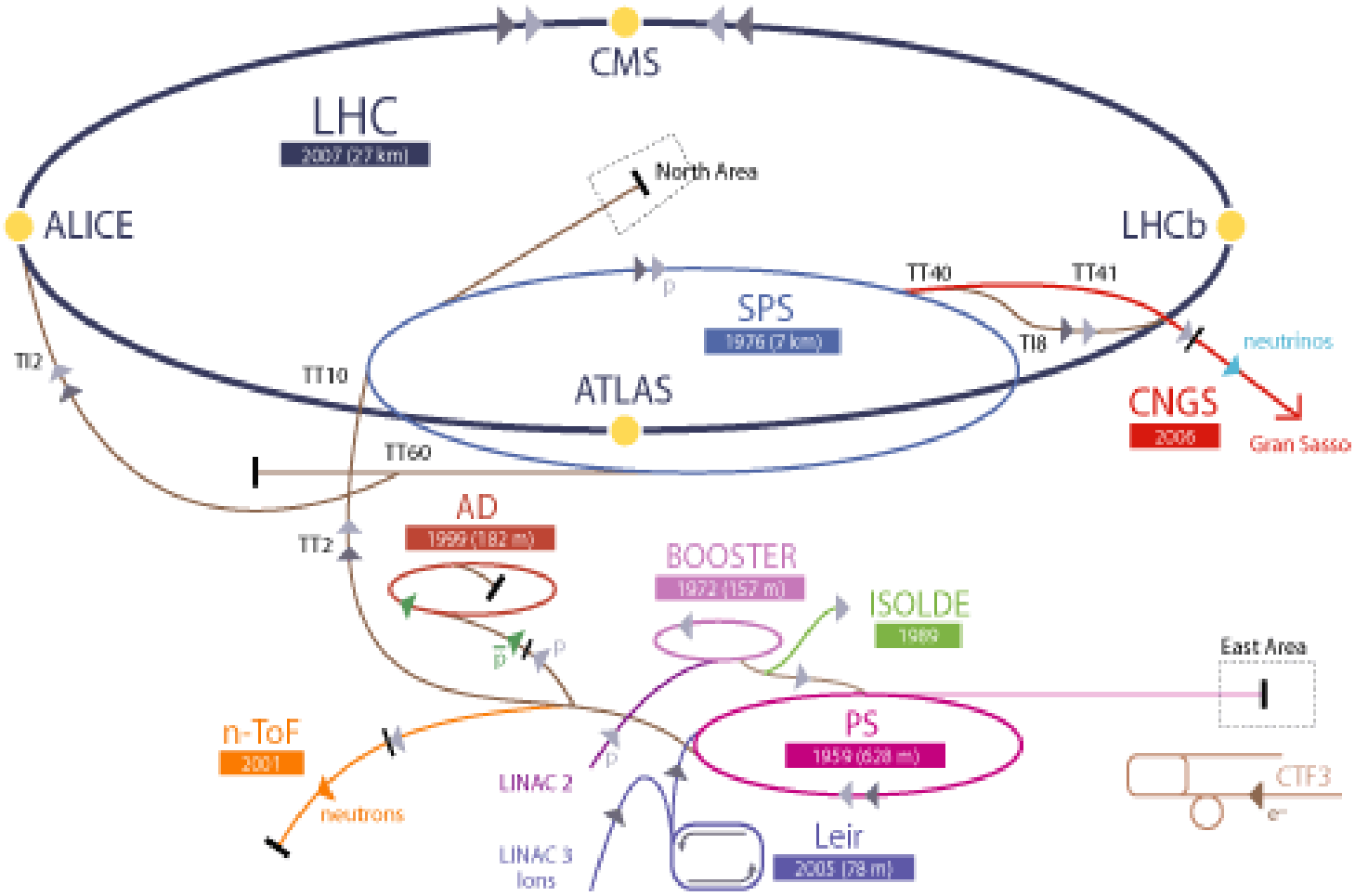
No CERN há as duas vertentes:

- Física Teórica
- Física Experimental

Há uma excelente relação :-)

Pois só assim é que há resultados

CERN Accelerator Complex

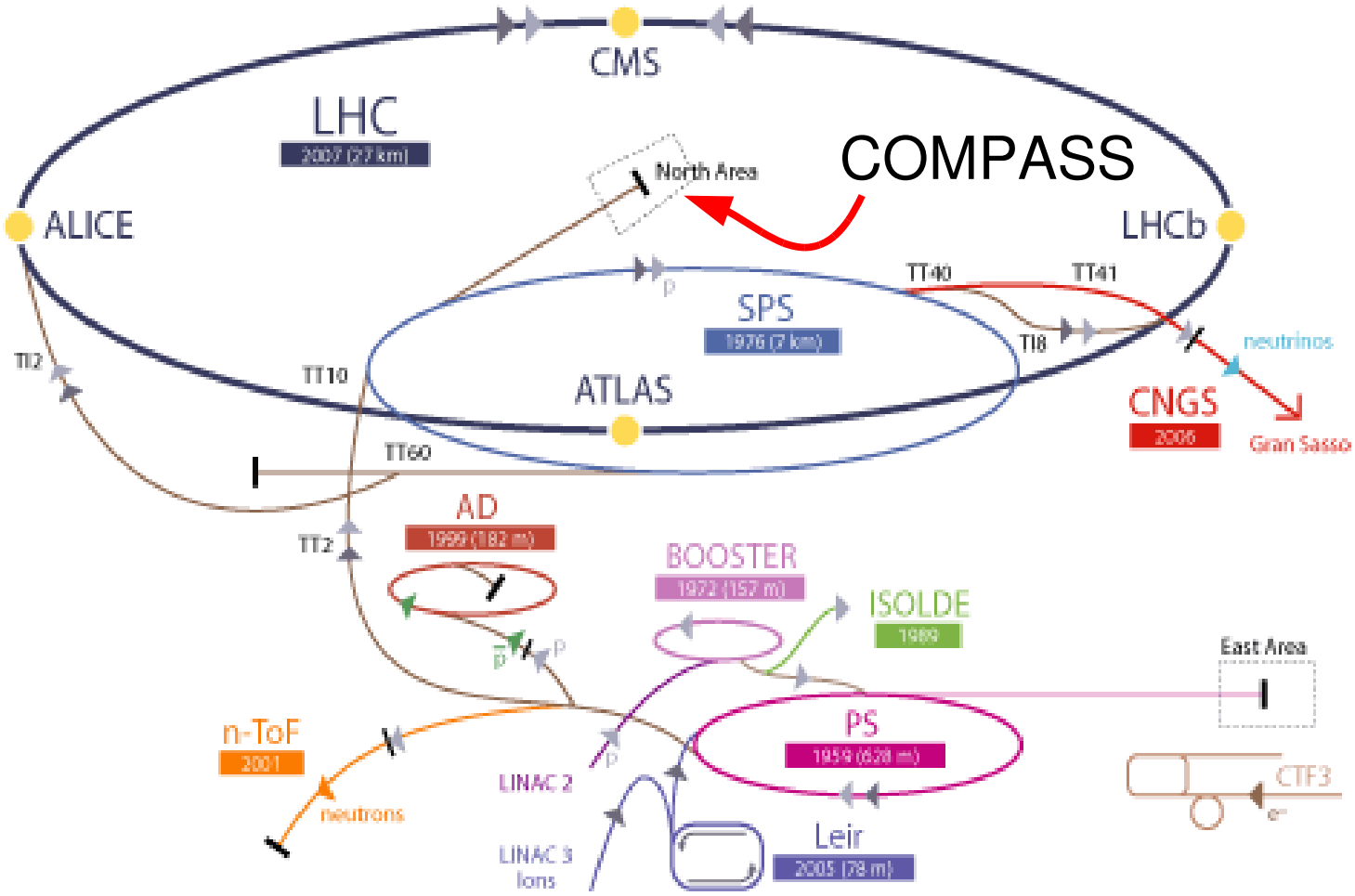


p (proton) ion neutrons $\bar{p}$ (antiproton) neutrinos electron

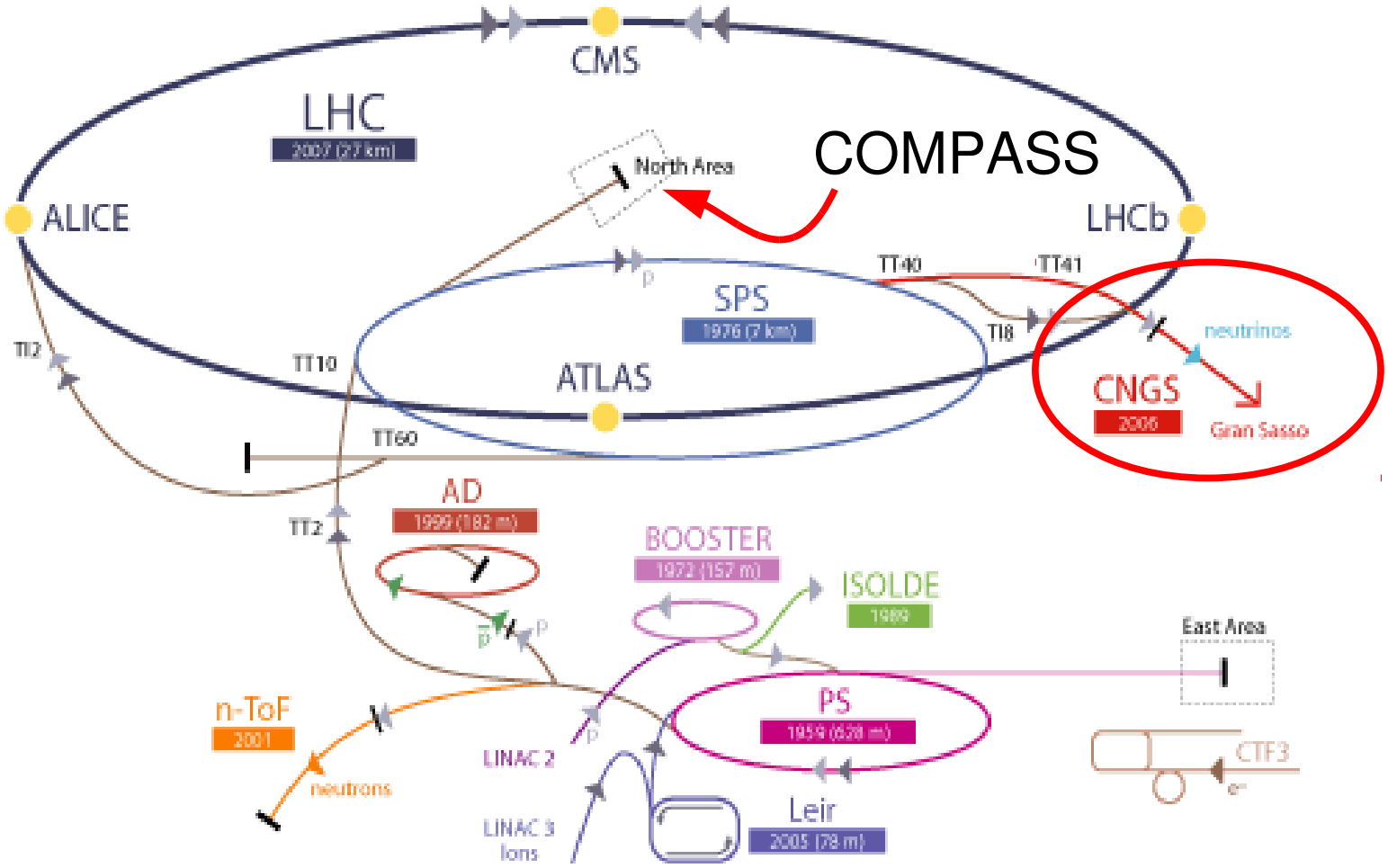
proton/antiproton conversion

LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility
CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

CERN Accelerator Complex



CERN Accelerator Complex

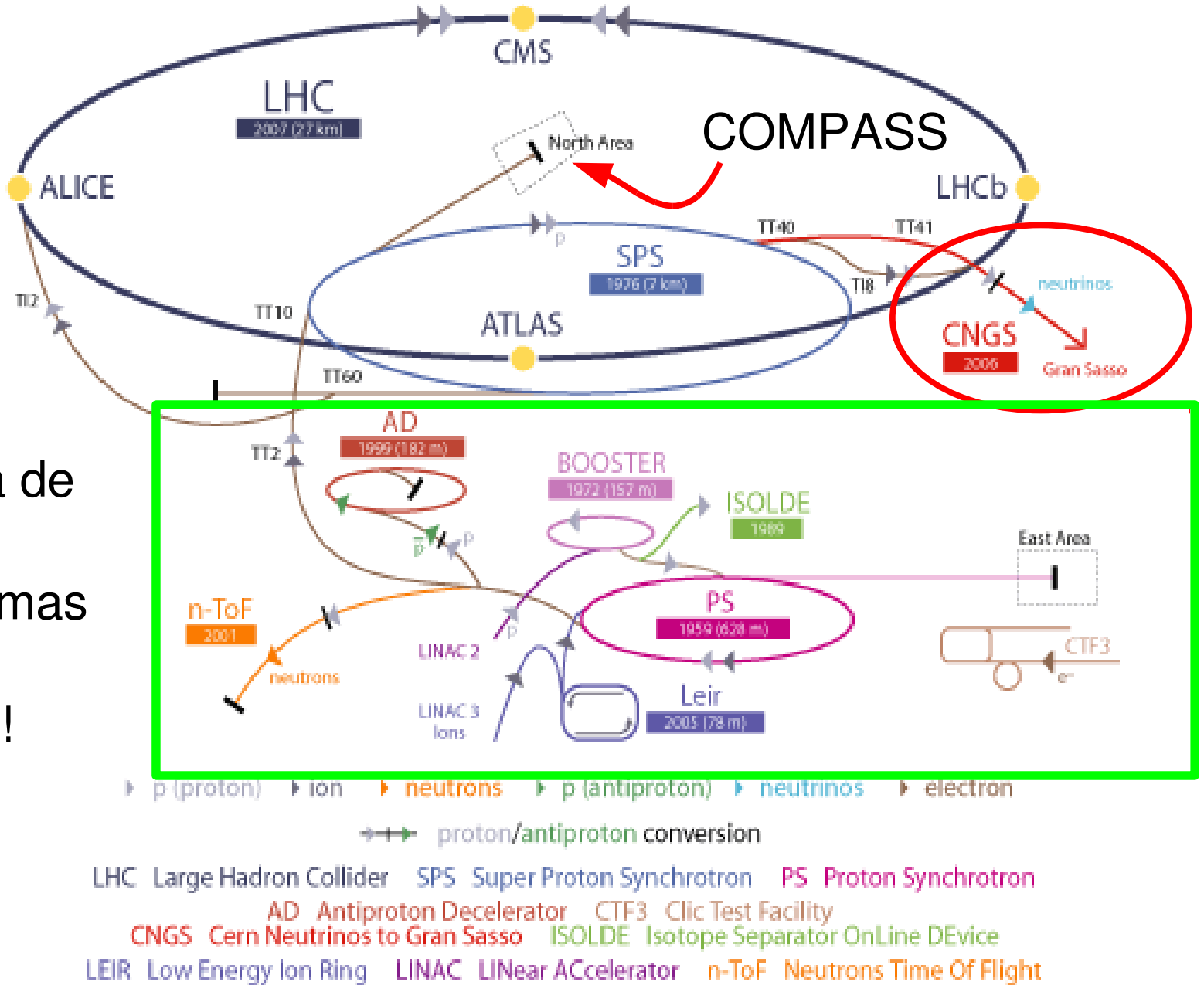


p (proton) ion neutrons $\bar{p}$ (antiproton) neutrinos electron

proton/antiproton conversion

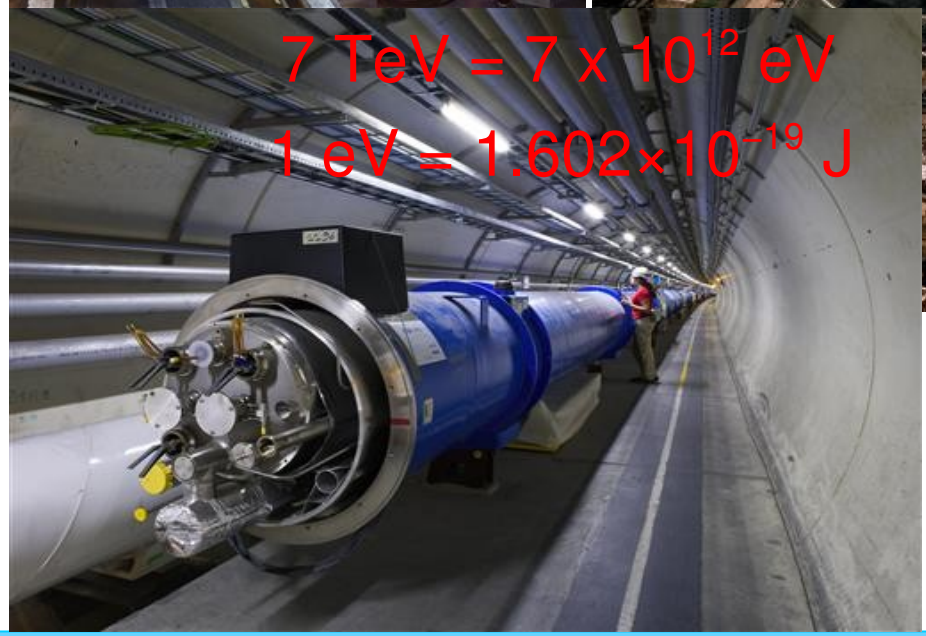
LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility
CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

CERN Accelerator Complex



Outra física de mais baixa energia … mas não menos importante !

Large Hadron Collider (LHC)



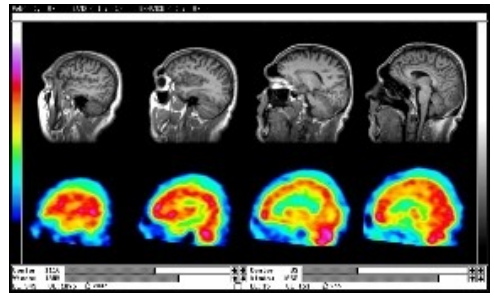
4 experiências no LHC:

- ATLAS,CMS, ALICE e LHCb.

Mas o CERN não produz só Física

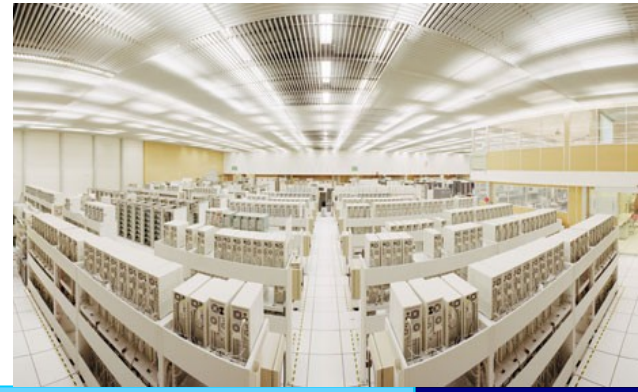
Também tecnologias …

- Aplicadas à saúde, medicina nuclear, tratamento de cancros.



- Aplicações de software.

- Transferência dessas tecnologias às empressas e vice-versa.



- E mais coisas que estão no dia-a-dia.

Mas o CERN não produz só Física

O Legado mais conhecido é a World Wide Web (W W W) …

Tim Berners-Lee queria ter uma ferramenta de partilha de informação entre os cientistas, de forma a acelerar a troca de ideias, discussões sobre temas e portanto o progresso científico.

Há vida para além da Física

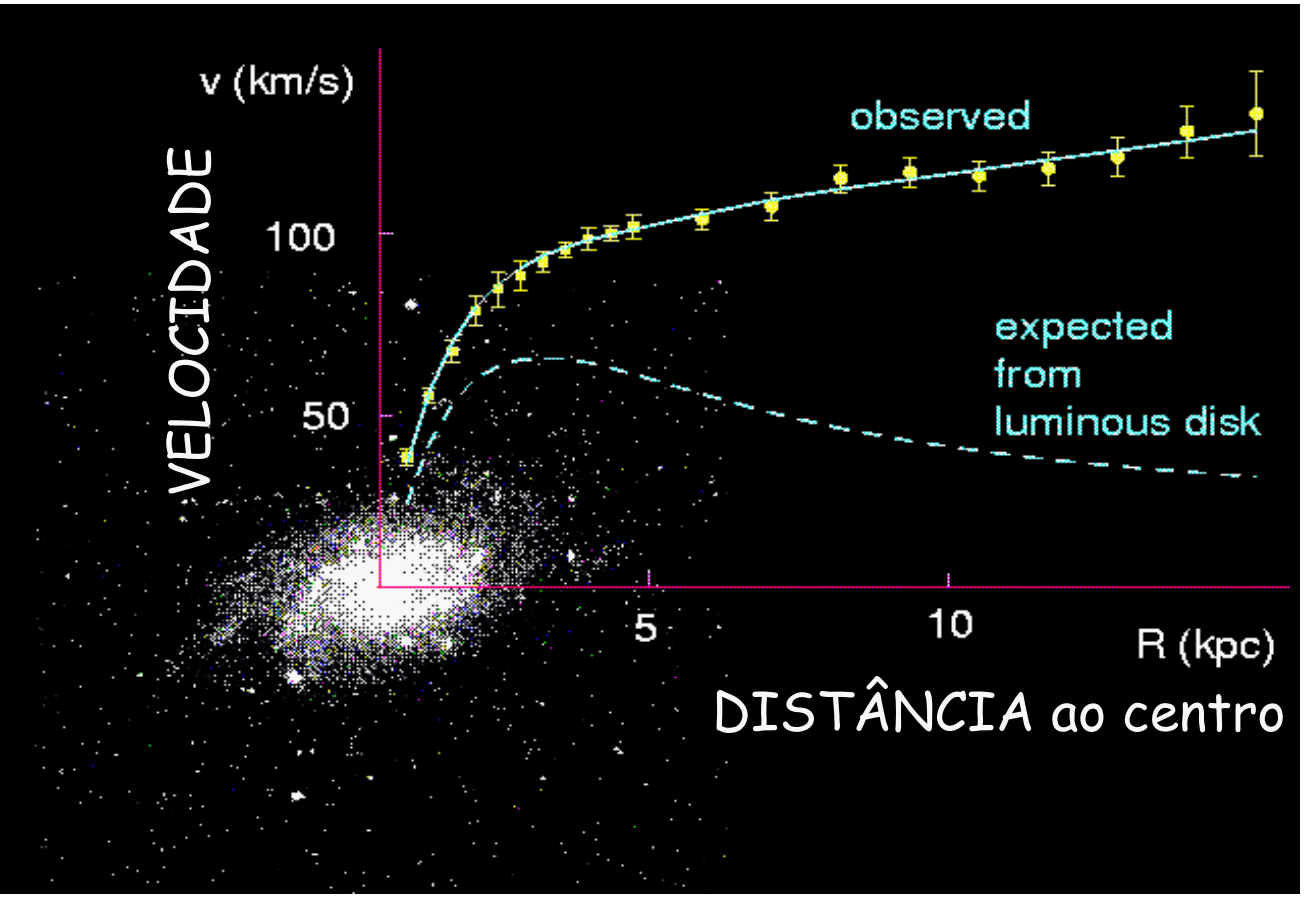
- Há vida social … Por que as pessoas interagem e socializam. Precisam de “espairecer”.
- Há desporto (escalada, ski, montanhismo, etc.)
- A biblioteca está aberta 24h por dia 7 dias por semana.
- Internet em qualquer sítio (wireless)!
- No final de um dia de trabalho podemos beber um copo no bar do CERN (somente fora do horário de trabalho! :-))

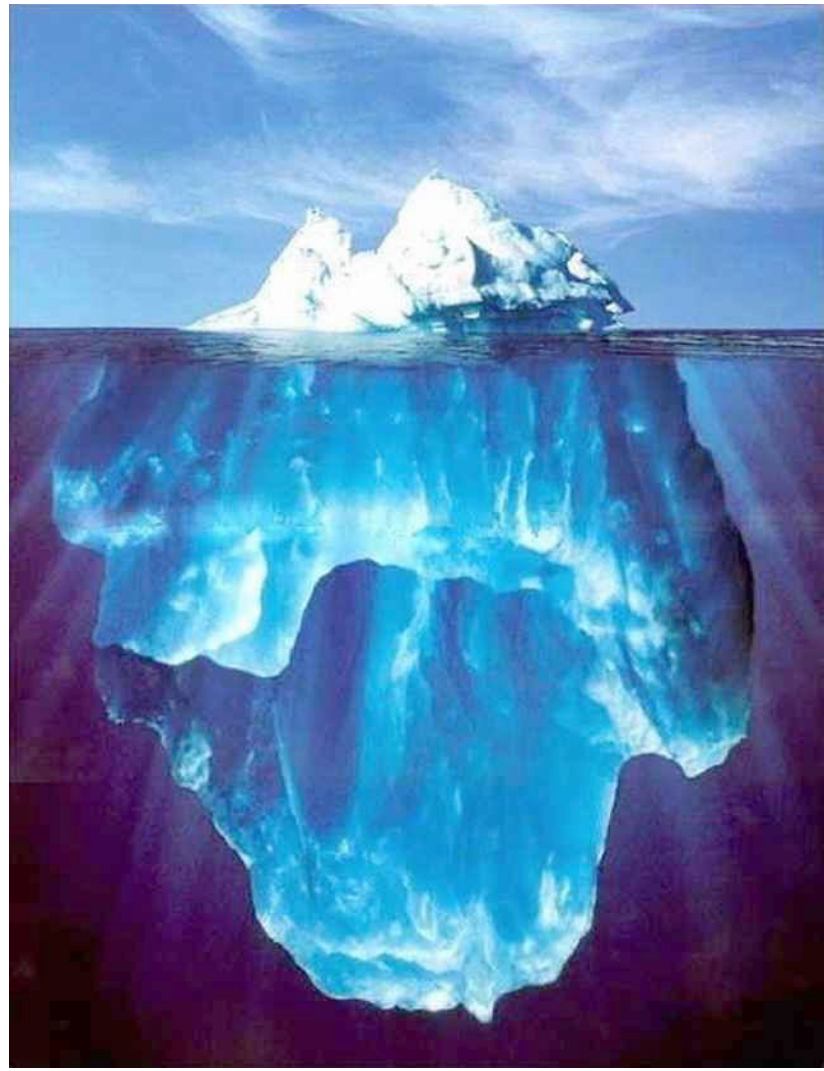
Ir ao CERN … mas, com certeza

- Podem fazer-se visitas de estudo.
- Há um programa para professores Física Lusófonos, organizado pelo LIP.

Questões da física em aberto …

O Problema da Matéria Escura

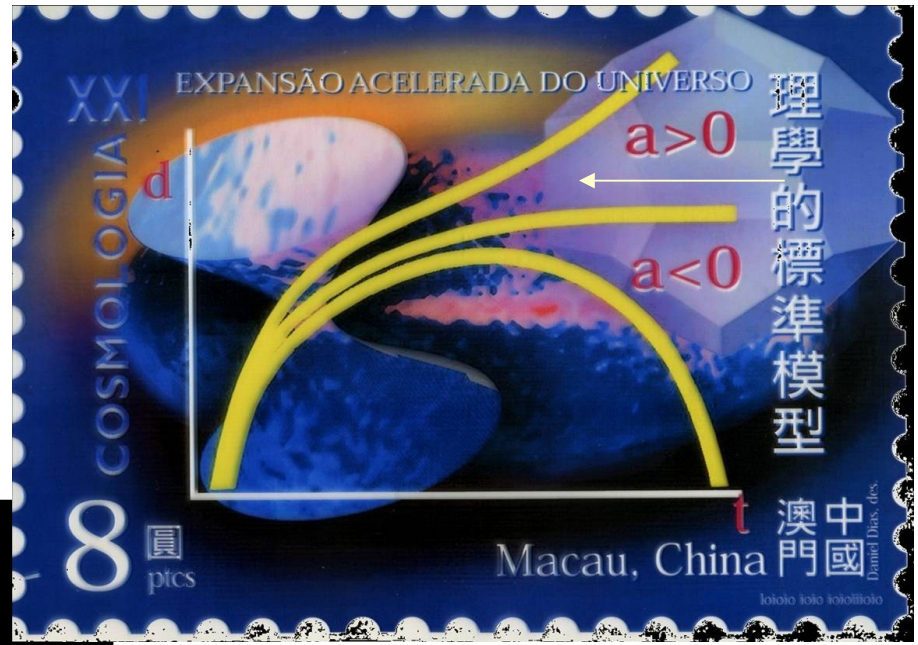




Maior fracção de massa não brilha! O que será?!

Oops…não está a diminuir!

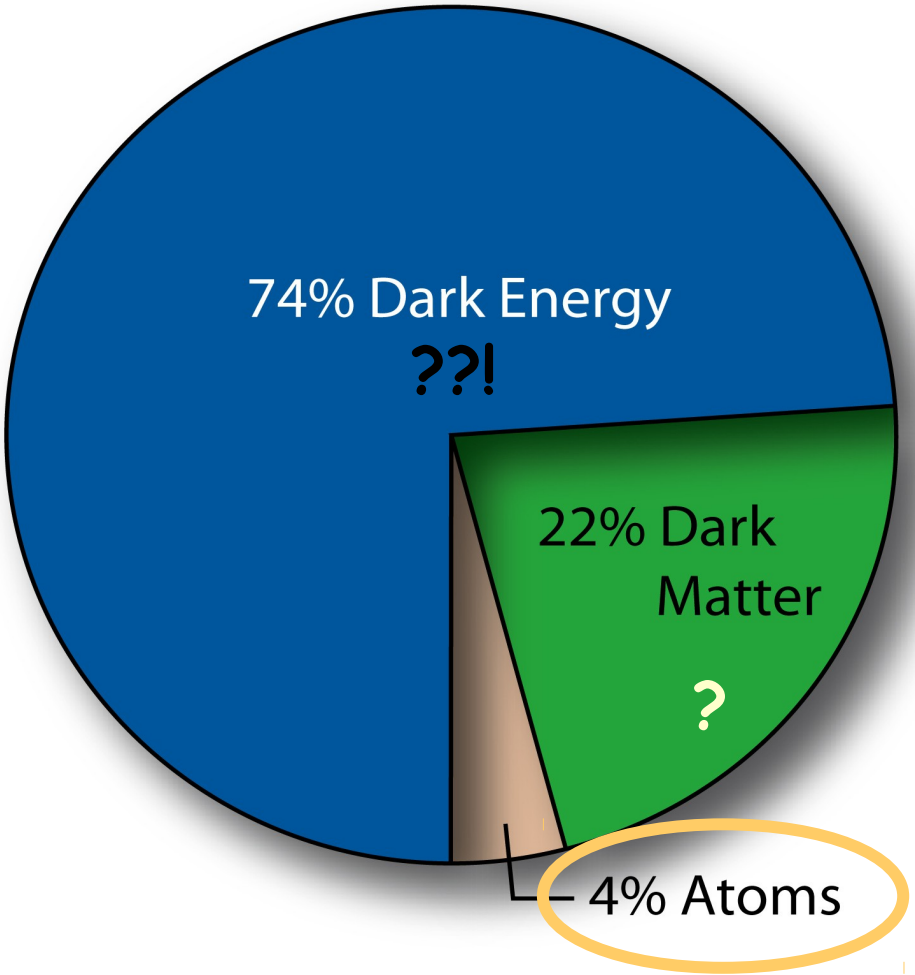
A Expansão do Universo está acelerando!!!



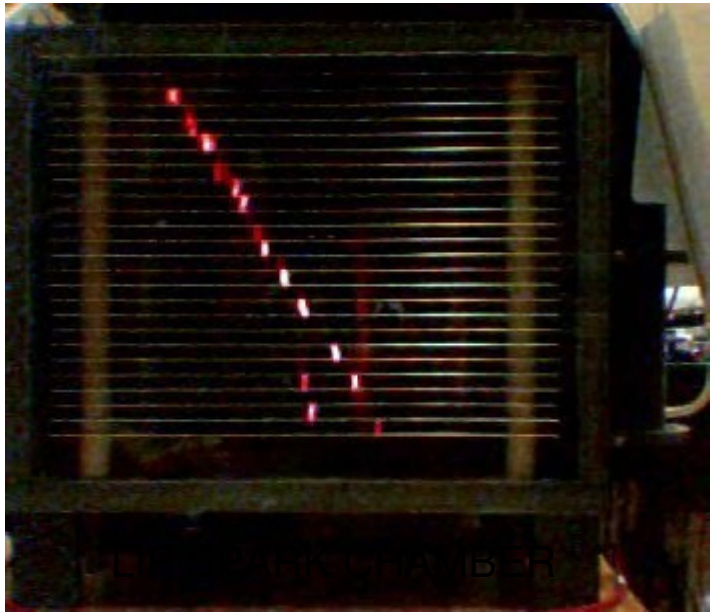
Algo se está a sobrepôr à gravidade

Cientistas chamam-lhe 'Energia Escura'

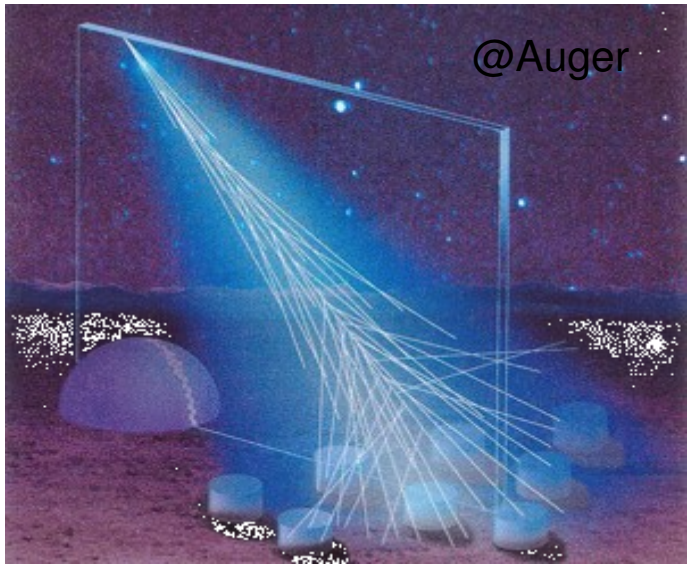
De que é que feito o Universo?!

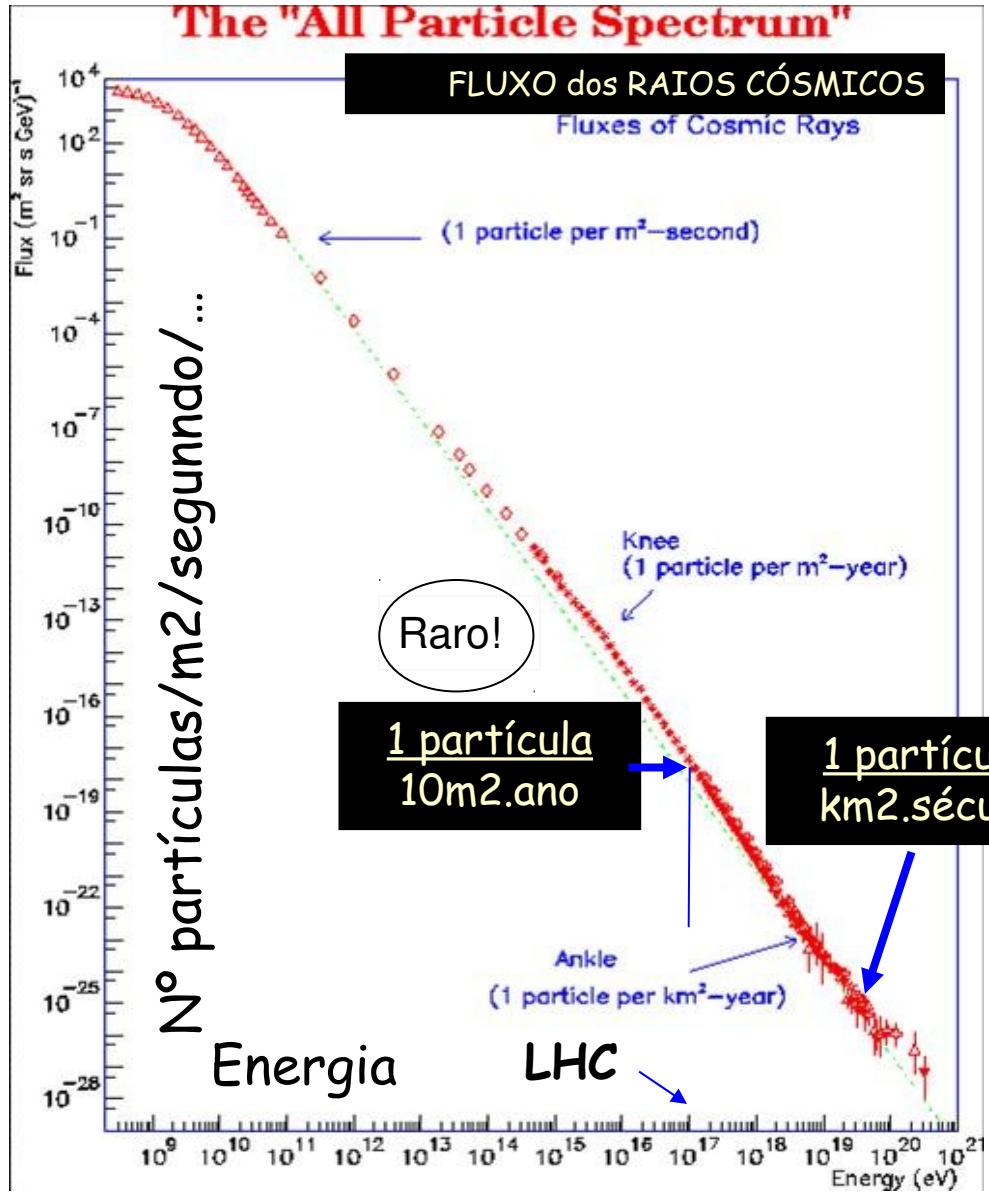


Raios Cósmicos: janela para altas energias



Observatório Pierre Auger



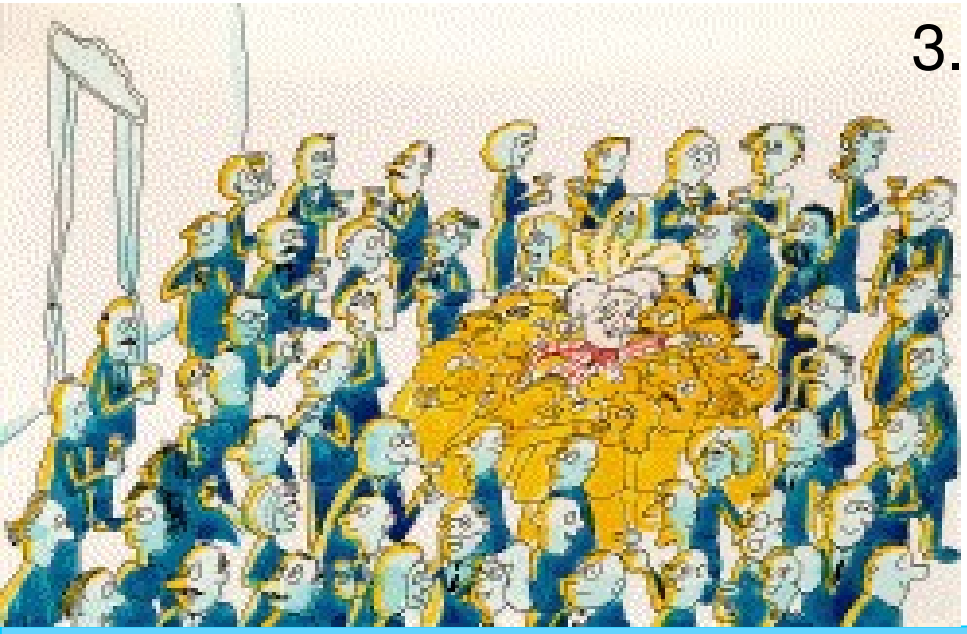


O bosão de Higgs

1.

2.

3.

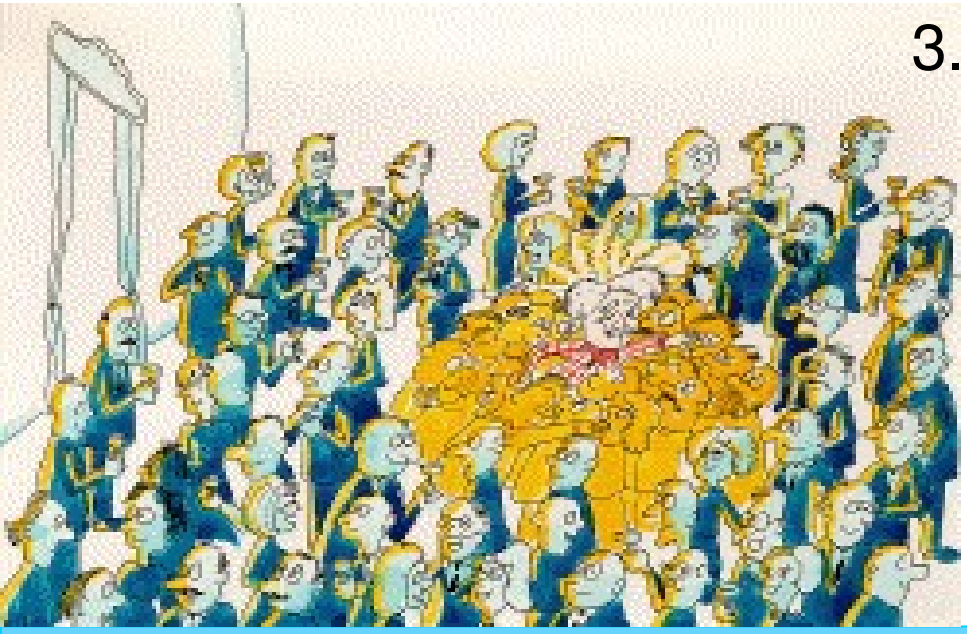


O bosão de Higgs

1.

2.

3.



Responsável pelo mecanismo que atribui massa às partículas.

Neutrinos

Experiência OPERA

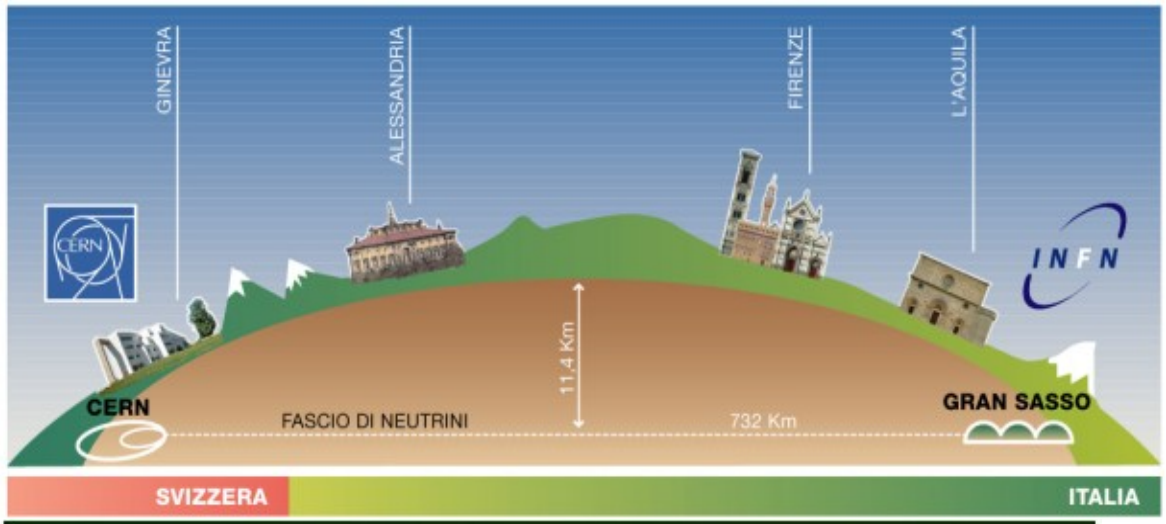
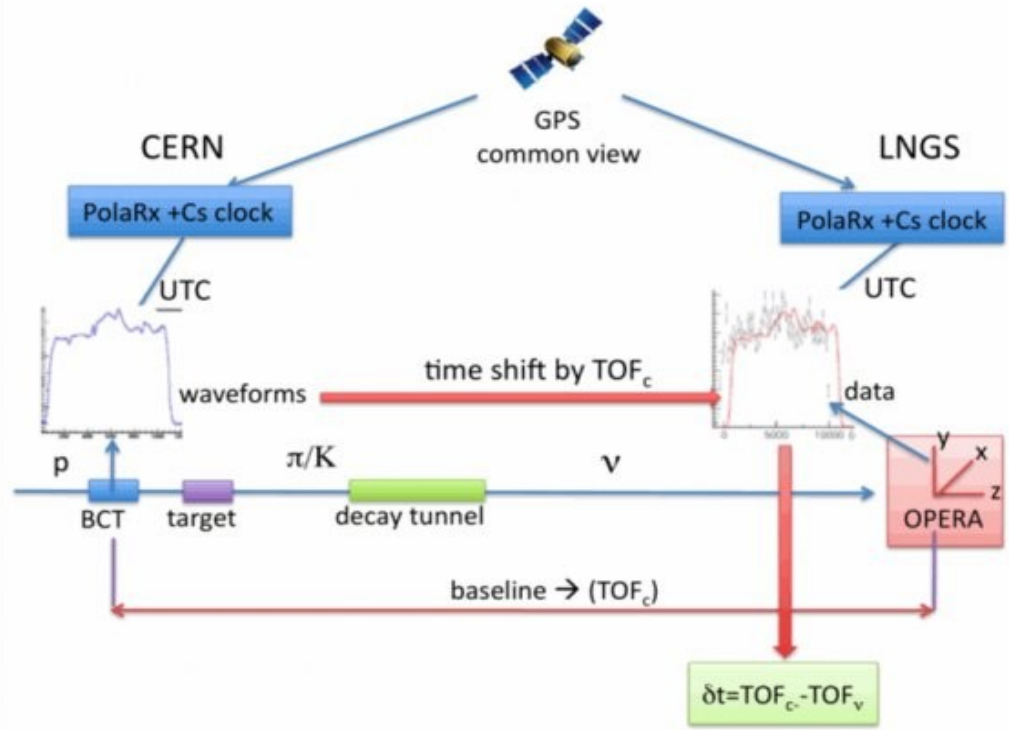


Fig. 1: Artistic view of the SPS/CNGS layout.



O problema dos neutrinos

- Os neutrinos interagem muito pouco (… quase nada).
- Por isso é preciso obter uma estatística significativa para diminuir o erro estatístico
- Por outro lado, como é uma medida muito sensível o erro sístematico, é difícil de controlar e envolve muitas tecnologías

É esse o verdadeiro problema.

Mas ao que parece o GPS pode não ter funcionado bem :-(

Sumário e Conclusões.

- A Física está presente no nosso dia-a-dia.
- A Física é parte integrante da nossa sociedade.
- Dei uma introdução à Física das Partículas (Téorico e Experimental).
- Apresentei o CERN.
- Descrevi alguns dos problemas actuais da Física.

...e para concluir:

http://www.lip.pt/Outreach

http://www.cern.ch

Obrigado pela vossa atenção