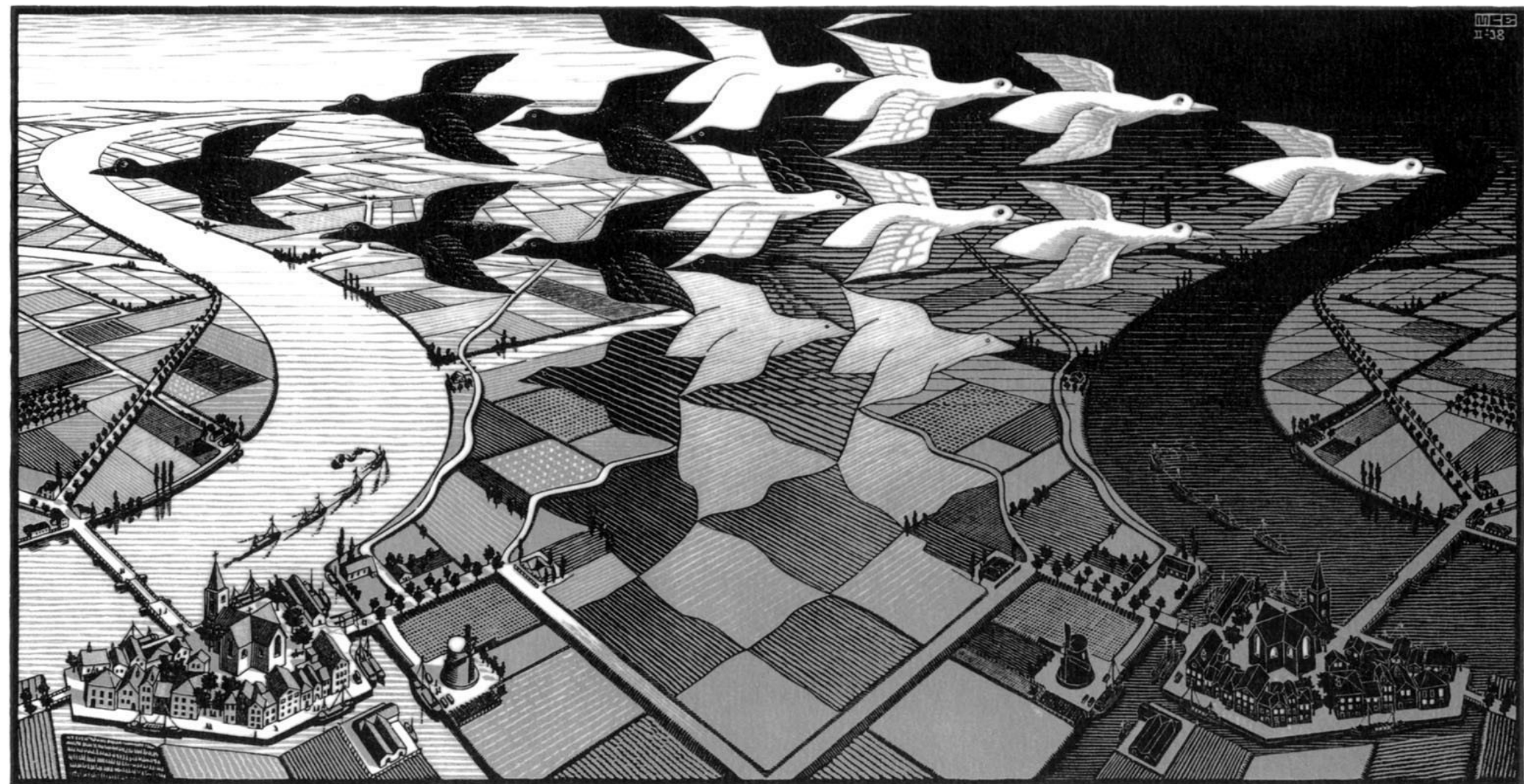


# Matéria e Anti-matéria no Universo e o LHCb

Ignacio Bediaga

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

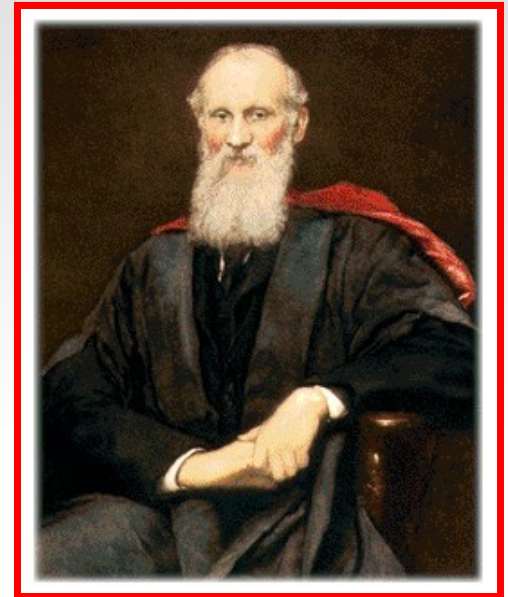


# *Início do século XX*

## *Lorde Kelvin (1900)*

### *Conferência na Royal Society*

- ♦ A completude da Física:
  - A mecânica de Newton
  - O electromagnetismo de Maxwell
  - A termodinâmica de Boltzmann
- ♦ “Não há nada mais a descobrir em Física”
- ♦ As duas pequenas “nuvens” no horizonte da Física:



*A dificuldade em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido.*

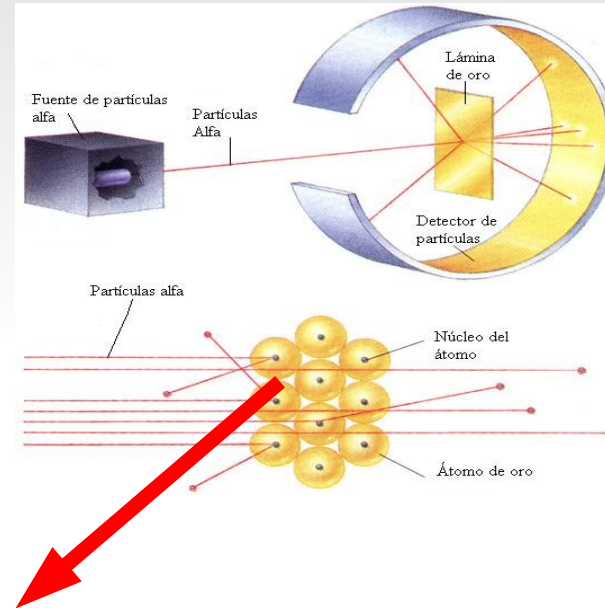
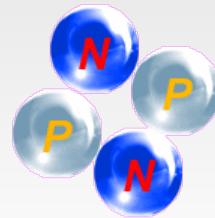
*O fracasso das experiências de Michelson e Morley, ao medir a velocidade da luz através do éter.*

# O Átomo dinâmico do Séc XX

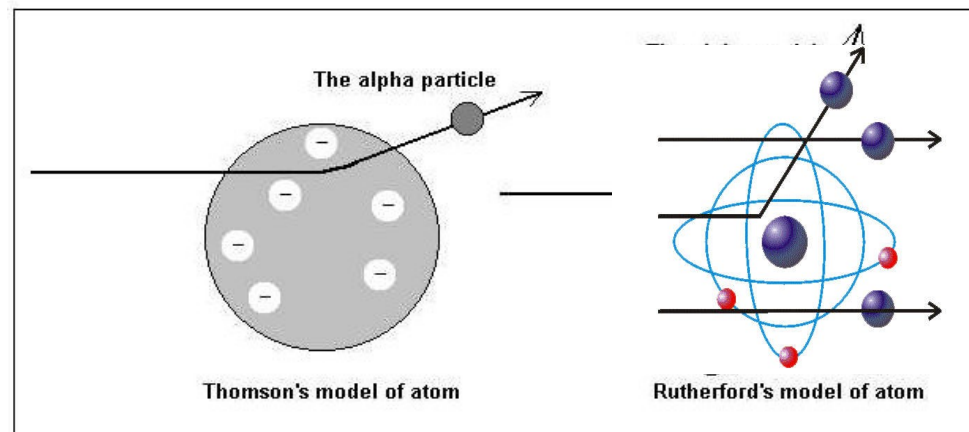


**Rutherford:**

Partículas alfa

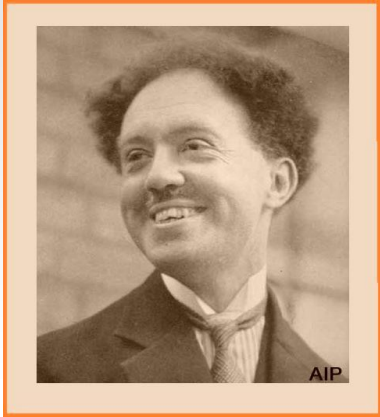


**Bohr:**



The models of the Thomson's atom and Rutherford's atom; and the expected aberrations of alpha particle in both cases.

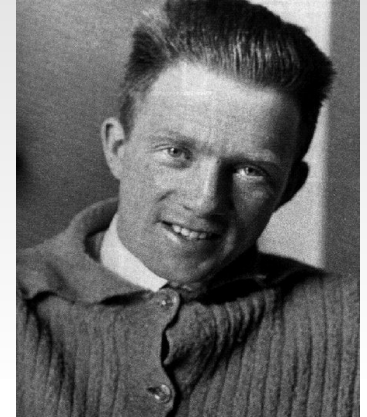
# Mecânica Quântica



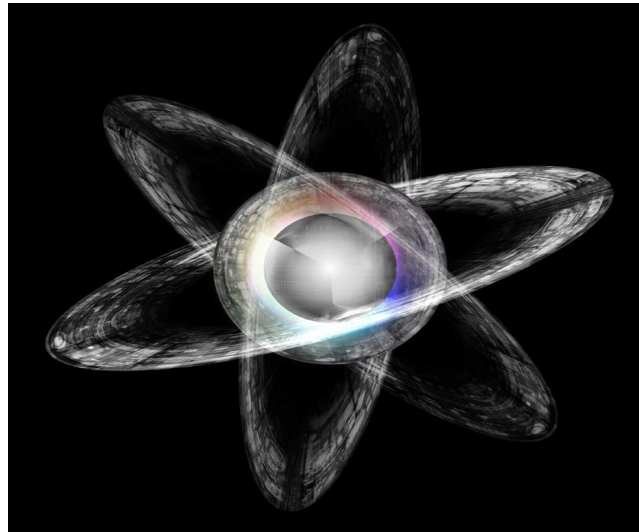
***Dualidade  
onda partícula  
De Broglie  
(1924)***



***Schrödinger  
(1926)***



***Heisenberg  
(1927)***





# *Relatividade de Einstein*



## **Dois postulados:**

**1- O princípio da relatividade. As leis da física são as mesmas em todos os referenciais.**

**2- Velocidade universal da luz. A velocidade da luz no vácuo é sempre a mesma, independente da velocidade da fonte, e esta é máxima.**

**Espaço e tempo são relativos ao observador, não mais uma moldura onde se desenrola o movimento**

$$\underline{E = m_0 c^2}$$

Equivalência massa e energia  
para um corpo em repouso



frasesilustradas.bloguesso.com • Ilustração: Céó

$$\underline{E = m_0 c^2 \gamma}$$

Equivalência massa e energia  
para um corpo em movimento



$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$\underline{E = \gamma m c^2}$$

## Equivalência massa e energia

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \begin{cases} \text{Se } v^2/c^2 \rightarrow 1; & \gamma \rightarrow \infty \Rightarrow E \rightarrow \infty \\ \text{Se } v^2/c^2 \rightarrow 0; & \gamma \rightarrow 1 \Rightarrow E \rightarrow m_0 c^2 \end{cases}$$

### Conseqüências diretas do princípio da relatividade:

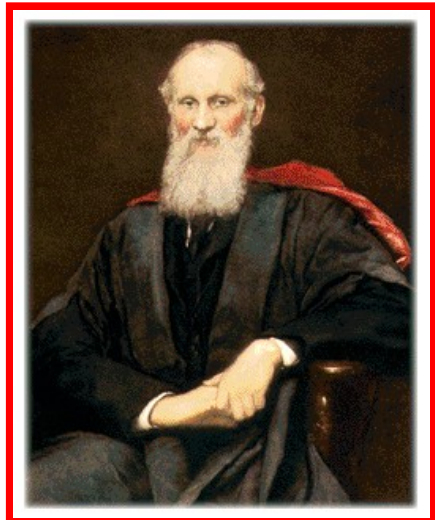
1- Nenhum objeto com massa pode ter velocidade maior que a luz

2- Sendo  $c = 300.000.000$  metros por segundo, isto implica que a massa concentra uma imensa quantidade de energia

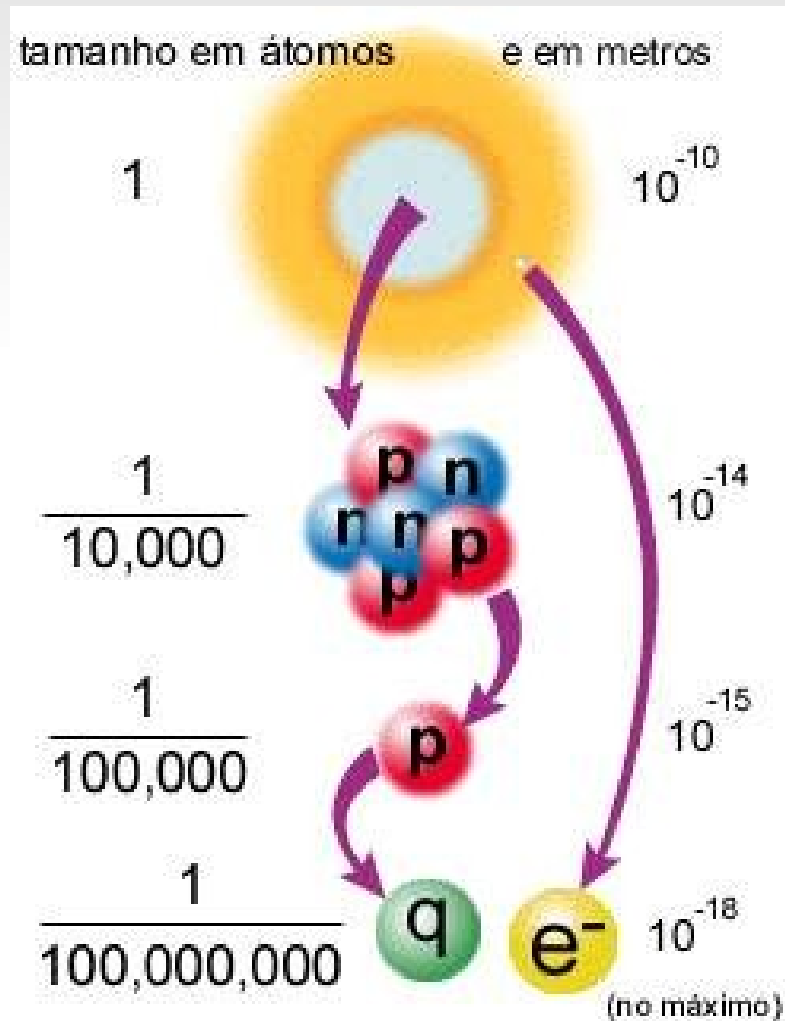


# *Início do século XX*

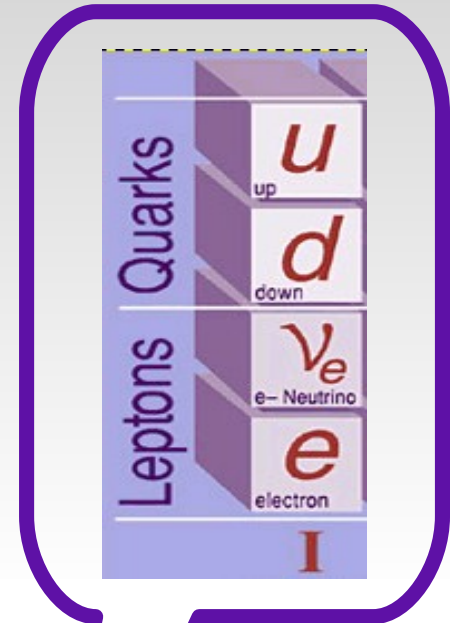
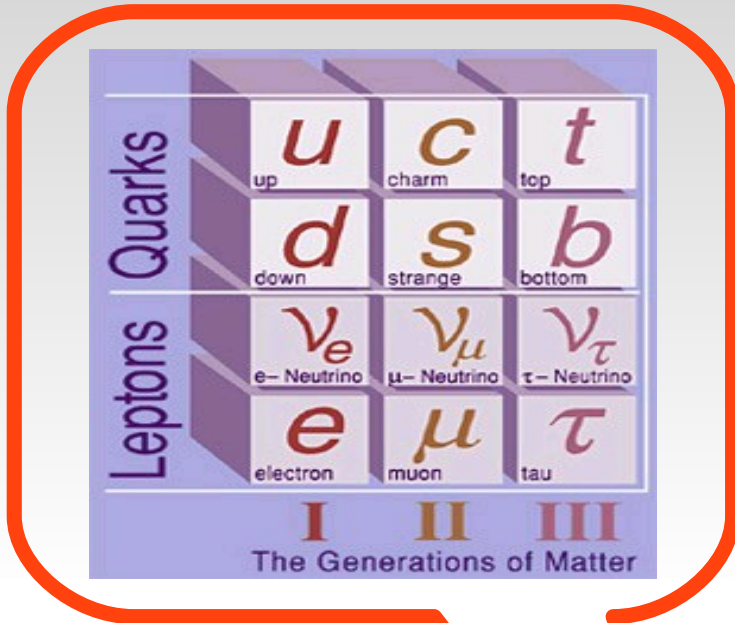
## *Lorde Kelvin (1900)*



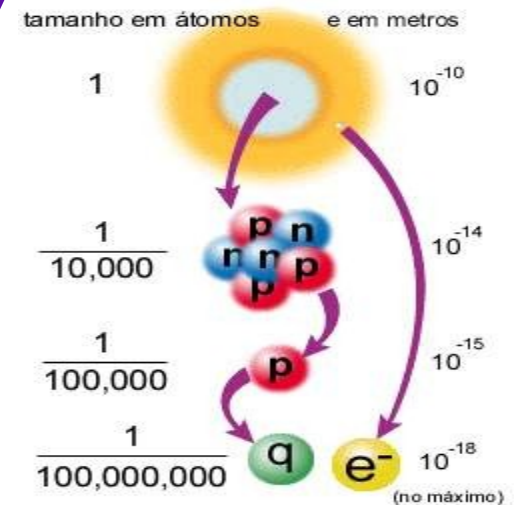
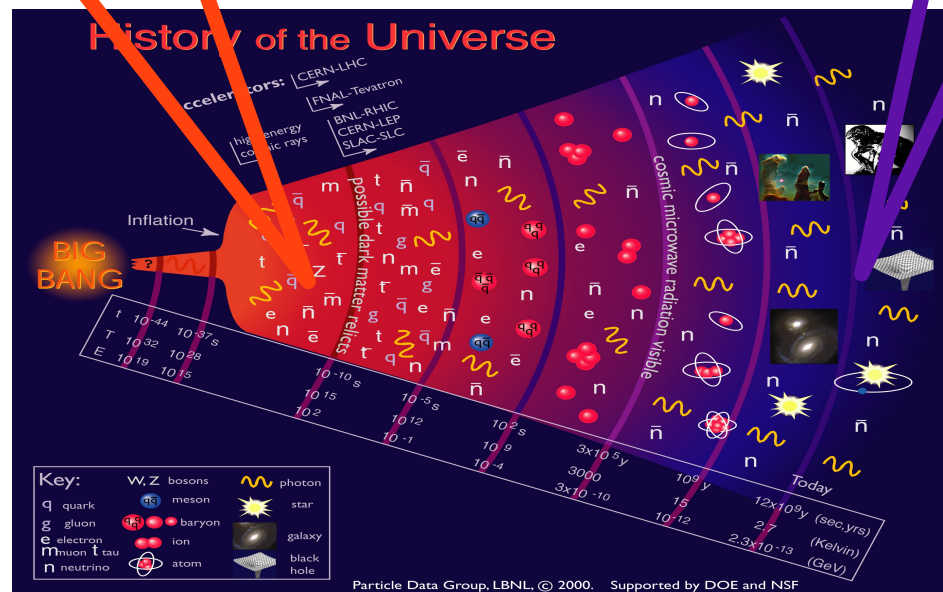
# "Do que a matéria é feita?" Elétrons e Quarks (1964)



# Quarks e Leptons

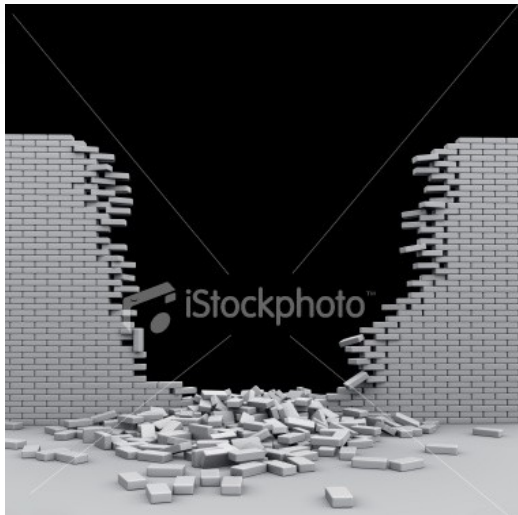


Três famílias de Quarks e três famílias de Leptons. Todas já produzidas e observadas em aceleradores.

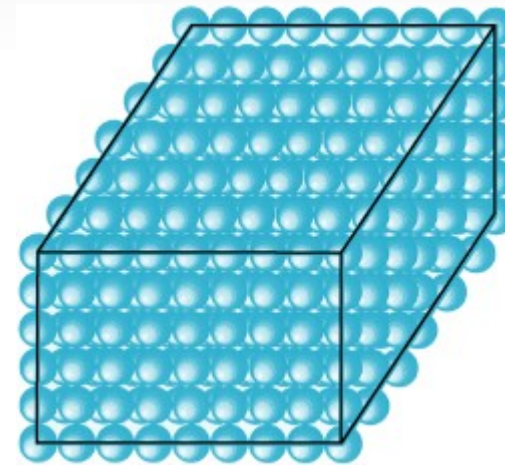


# "Do que a matéria é feita?" ..... e Forças

Ruptura das ligações  
eletromagnéticas



Estrutura Cristalina



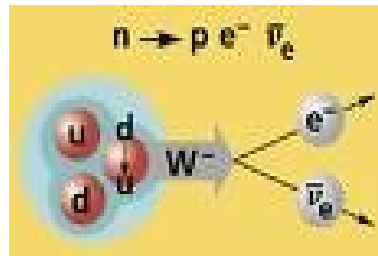
# *As Forças da Natureza*

*Existem quatro forcas  
fundamentais na  
Natureza*

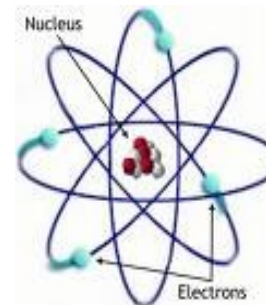
*Gravitacional*



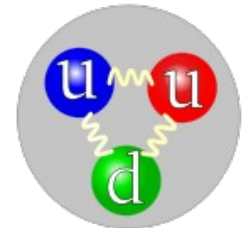
*Fraca*



*Eletromagnética*

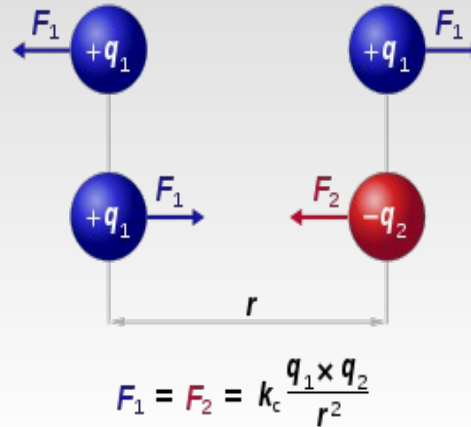


*Forte*



# Ação de forças a distância

*Lei de Coulomb:*

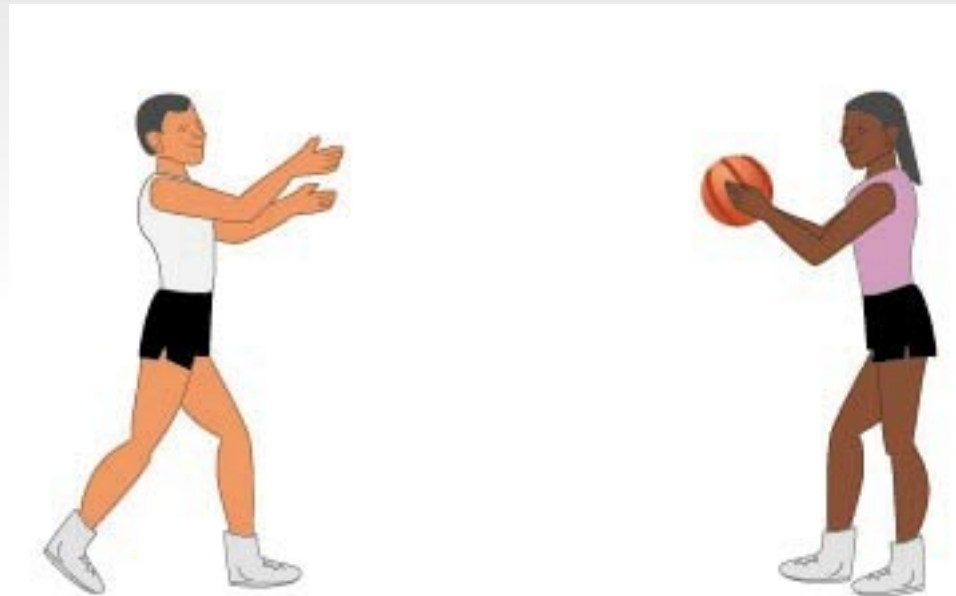


*Atração e repulsão  
entre dois ímãs*

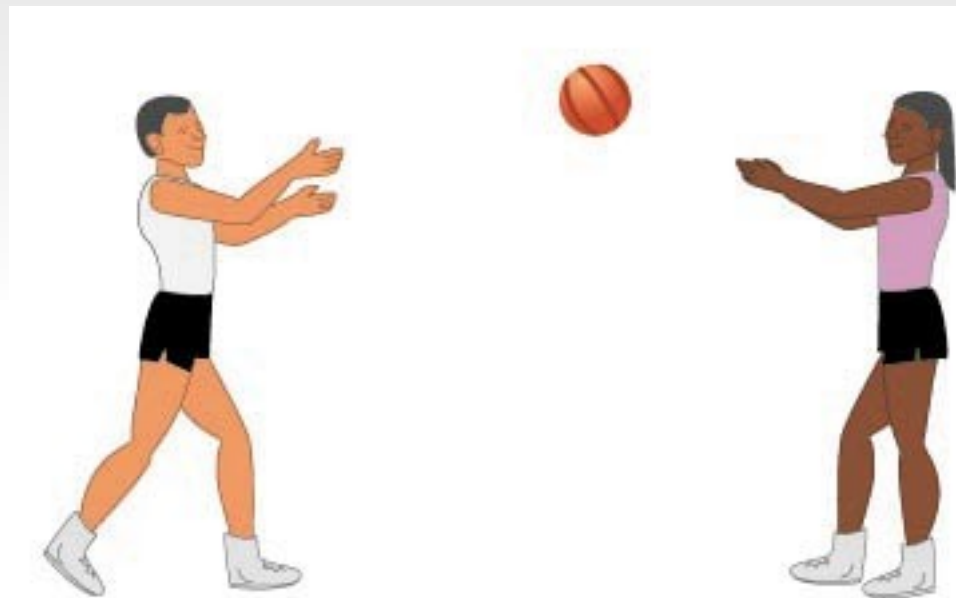


## *Como se transmite a força?*

# *Como se transmitem as forças?*

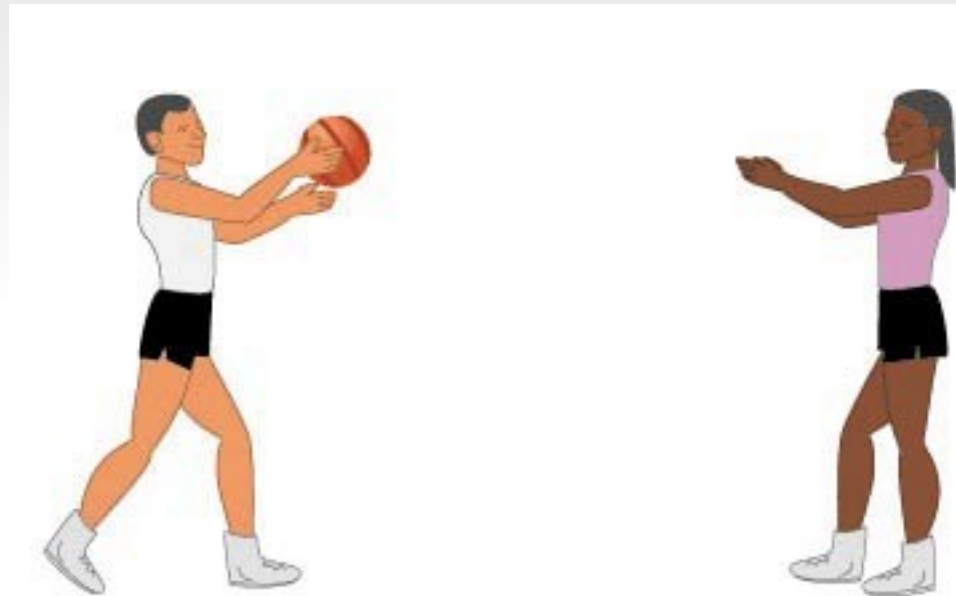


# *Como se transmitem as forças?*

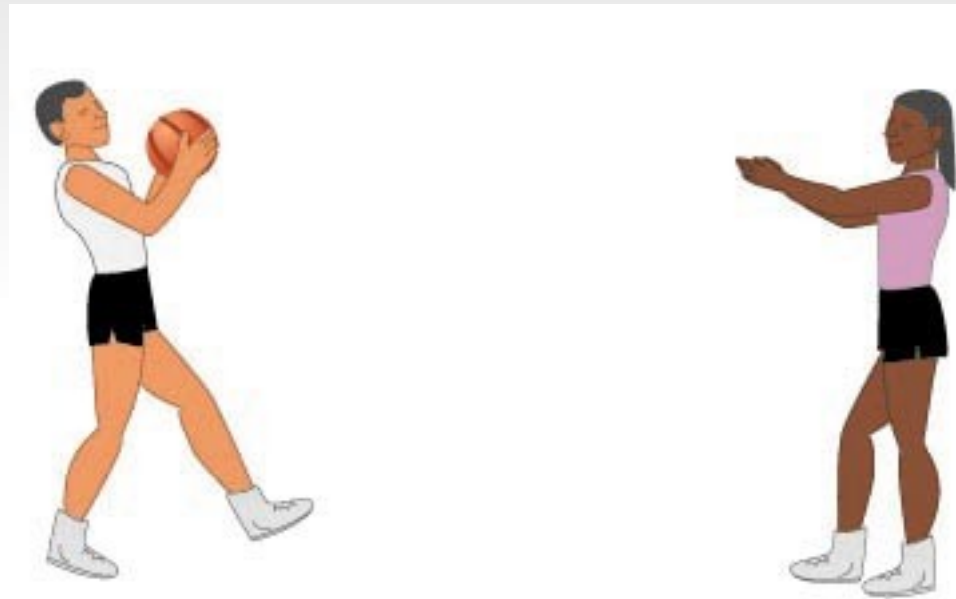




# *Como se transmitem as forças?*

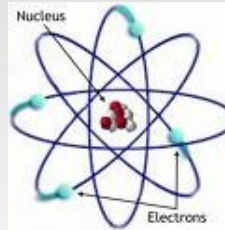


# Como se transmitem as forças?



As força se transmitem através da troca de partículas.  
Que partículas?

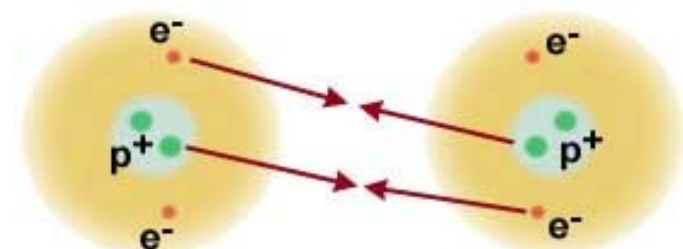
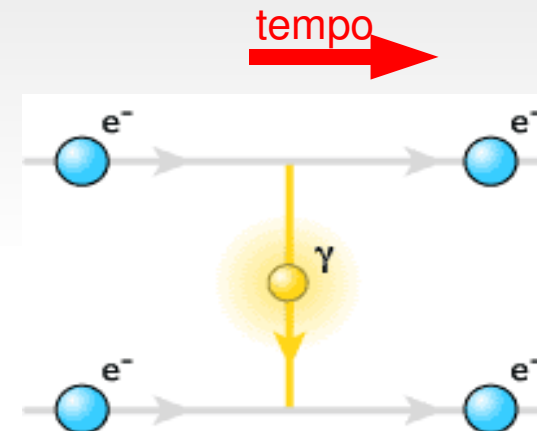
# Como se transmitem as forças? Eletromagnética



## Fóton $\gamma$ :

Atua em todas as partícula que possuam carga elétrica.

Responsável pelo atrito, o magnetismo, a coesão das moléculas e etc.

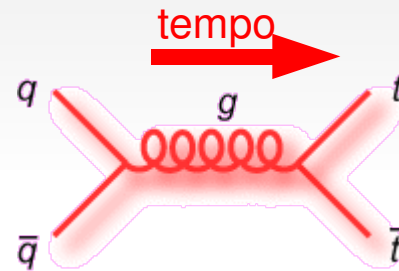


Força residual E-M em ação: Os átomos são eletricamente neutros, mas os elétrons de um são atraídos pelos prótons do outro, e vice-versa!

# Como se transmitem as forças?

## Forte

Força forte, tem  
carga de cor e é  
transmitida pelo  
**Glúon  $g$**



Atua em todas as partícula que possuam carga de cor:  
ou seja os quarks.

# Como se transmitem as forças?

## Fraca

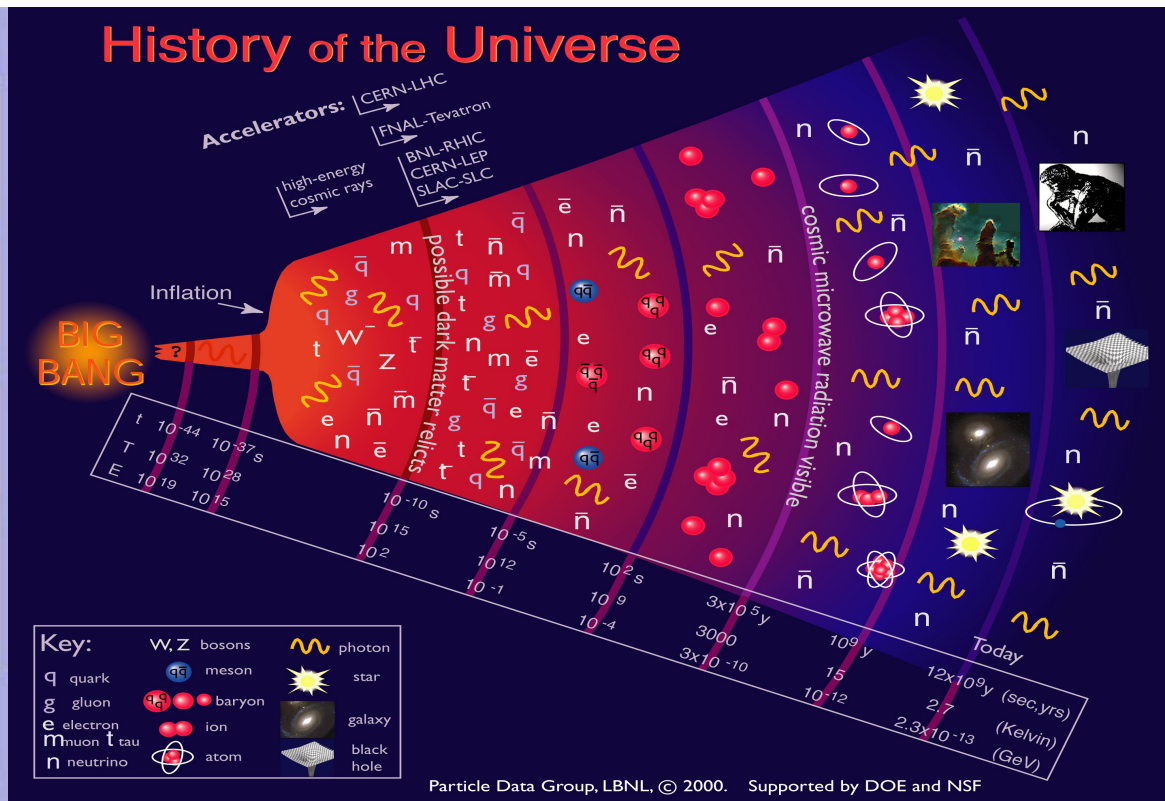
Três famílias de Quarks  
e  
três famílias de Leptons  
no início do universo

Desintegração



Reduzidos a  
uma família  
de cada

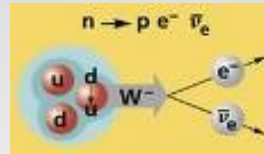
Quarks	$u$ up	$c$ charm	$t$ top
	$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom
	$\nu_e$ e- Neutrino	$\nu_\mu$ $\mu$ - Neutrino	$\nu_\tau$ $\tau$ - Neutrino
Leptons	$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau
	I      II      III		
	The Generations of Matter		



Quarks	$u$ up	$d$ down
	$\nu_e$ e- Neutrino	$e$ electron
	I	

# Como se transmitem as forças!!

## Fraca



Interage com os quarks e leptons.

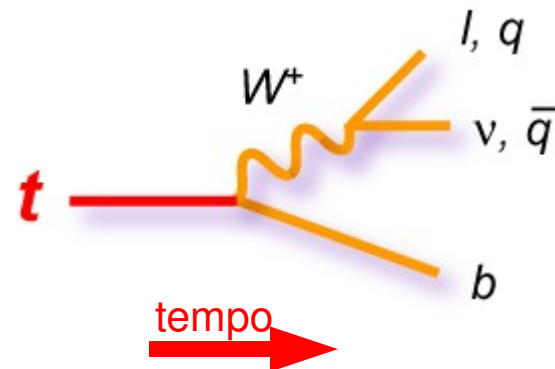
Responsável pela desintegração dos quarks e leptons pesados.

Não forma estado ligado.

A mais surpreendente das quatro forças da Natureza.

$W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$

Outra interação  
básicas da natureza



# *Bósons e Fermions!*

Existem dois tipos de partículas:  
as transmissoras de força,  
conhecidas como

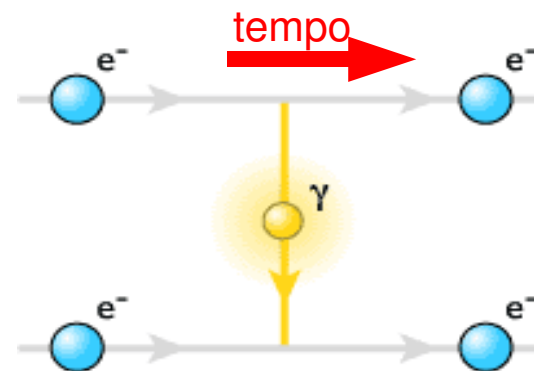
***bósons***

e as receptoras, conhecidas como

***fermions***

(A família dos elétrons (leptons) e a família dos quarks ).

Primeira das  
interações básicas da  
natureza



# *Compatibilidade entre a Física Quântica e a Relativística*



*Paul Dirac*

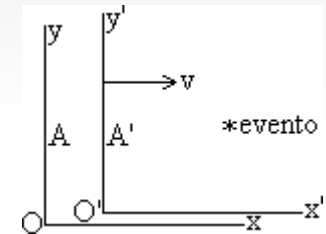
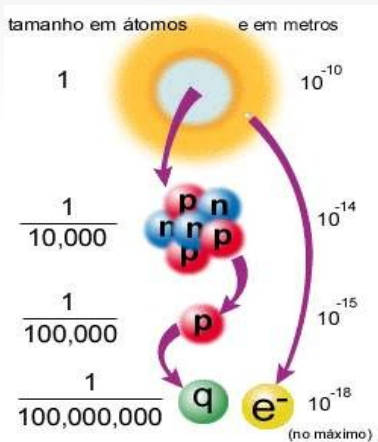




# Gedankenexperiment Equação de Dirac (1928)

**Erwin Schrodinger e  
Werner Heisenberg:  
Mecânica Quântica.**

**Einstein:  
Relatividade**



**Equação de Dirac para um  
elétron relativístico**

$$(i\gamma^\mu \partial_\mu - m)\psi = 0$$

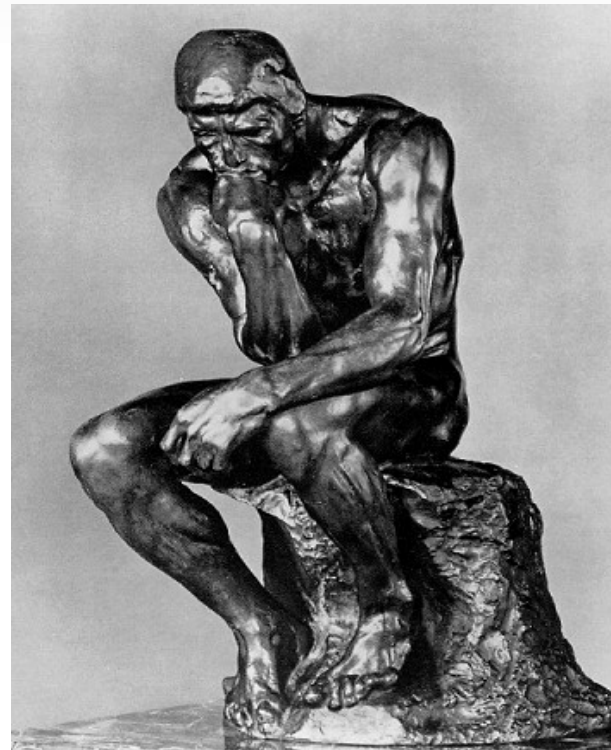
# *Pósitron ou anti-elétron*

A solução desta equação é da forma:

$E^2 = m^2 C^4$ , ou seja  $E$  pode ser tanto  $+ mc^2$  como  $- mc^2$ .

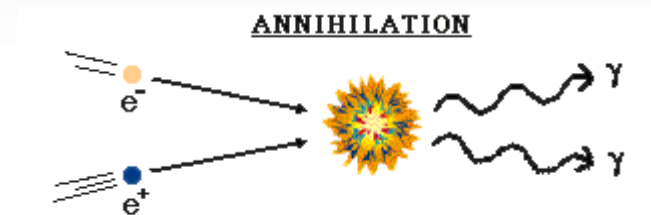
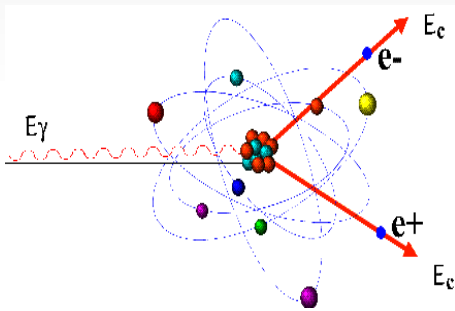
Energia negativa ou anti-partícula?????

Três anos pensando  
até decidir:  
anti-partícula!!!



# *Pósitron ou anti-elétron*

**1932 - Descoberta do pósitron ou anti-elétron, mesma massa do elétron, mas com carga positiva.**



**1955 - Descoberta do anti-próton, mesma massa do próton, mas com carga negativa.**

# Anti-Matéria

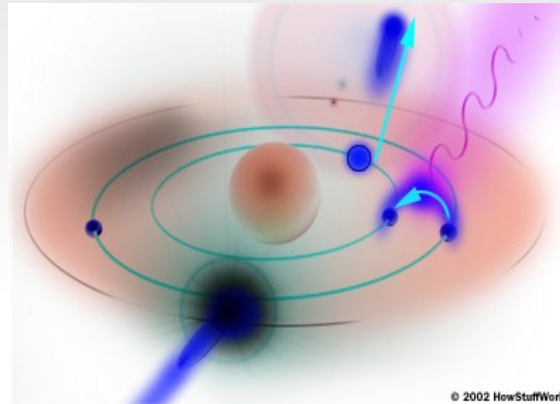
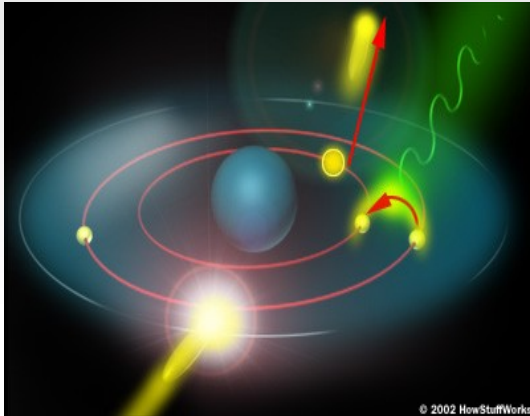
Para cada partícula de matéria temos outra de anti-matéria

Quarks	$u$ up	$c$ charm	$t$ top
	$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom
	$\nu_e$ e- Neutrino	$\nu_\mu$ $\mu$ - Neutrino	$\nu_\tau$ $\tau$ - Neutrino
Leptons	$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau
	I      II      III		
	The Generations of Matter		

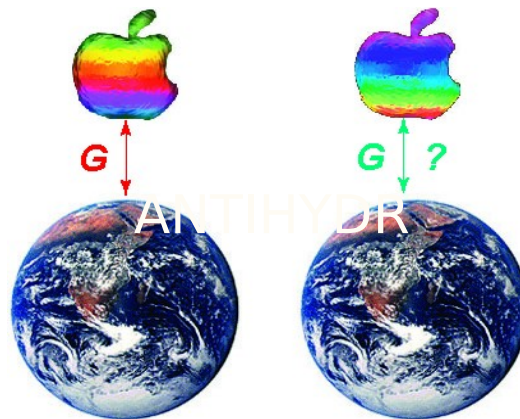
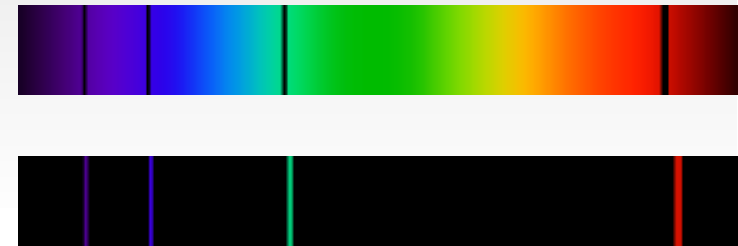


Quarks		Anti-quarks	
$u$ up	$d$ down	$\bar{u}$	$\bar{d}$
$t$ top	$b$ bottom	$\bar{t}$	$\bar{b}$
$s$ strange	$c$ charm	$\bar{s}$	$\bar{c}$
Leptons		Anti-leptons	
$e$ electron	$\nu_e$ electron neutrino	$e^+$	$\bar{\nu}_e$
$\mu$ muon	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\bar{\mu}$	$\bar{\nu}_\mu$
$\tau$ tau	$\nu_\tau$ tau neutrino	$\bar{\tau}$	$\bar{\nu}_\tau$

# Átomos de Anti-Hidrogeneo ATHENA e ATRAP

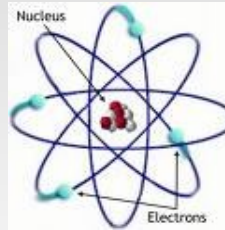


♦ Mesmo espectro de luz?



♦ Mesmo peso?

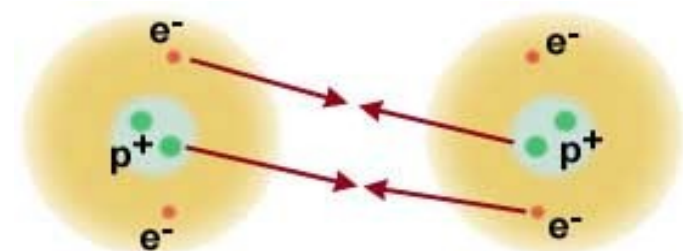
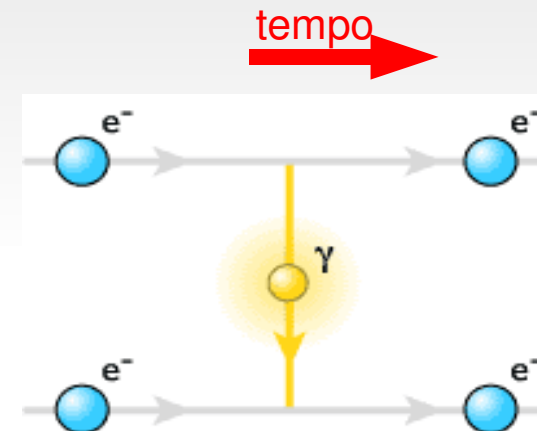
# Como se transmitem as forças? Eletromagnética



## Fóton $\gamma$ :

Atua em todas as partícula que possuam carga elétrica.

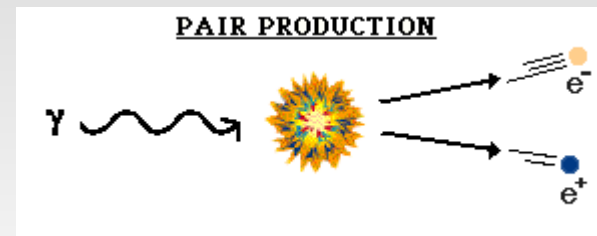
Responsável pelo atrito, o magnetismo, a coesão das moléculas e etc.



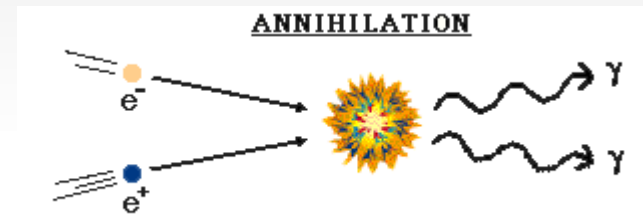
Força residual E-M em ação: Os átomos são eletricamente neutros, mas os elétrons de um são atraídos pelos prótons do outro, e vice-versa!

# *Nova Dinâmica:* *Aniquilação Partícula Anti-Partícula*

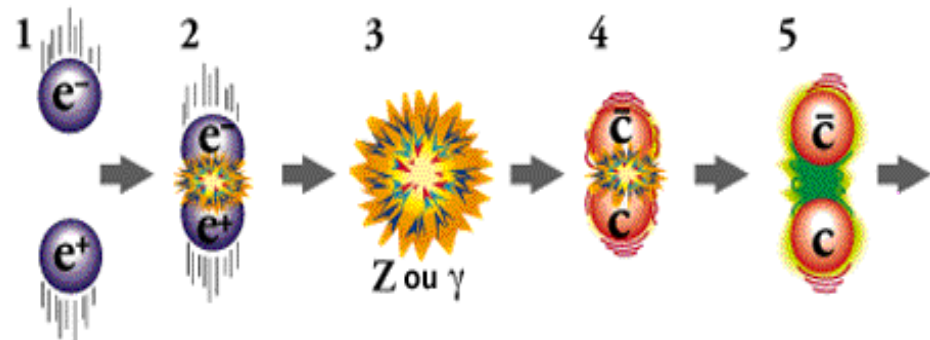
**Criação**  
**Partícula Anti-Partícula**



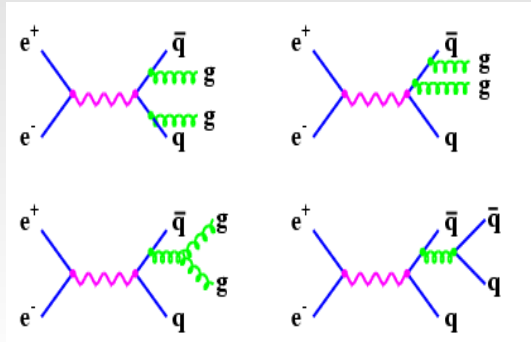
**Aniquilação**  
**Partícula Anti-Partícula**



**Aniquilação e Criação**  
**Partícula Anti-**  
**Partícula, dependente**  
**da energia inicial.**



# Dinâmica Partícula Anti-Partícula

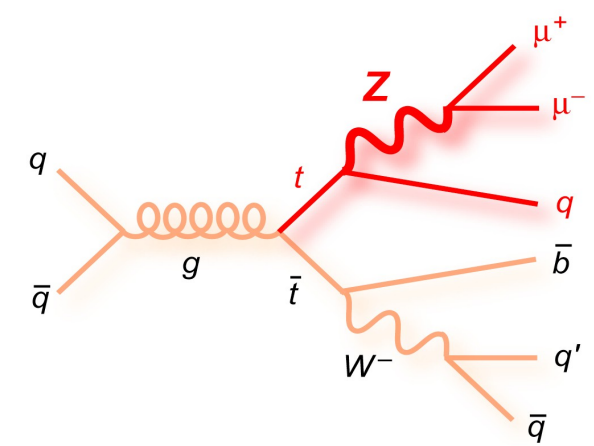
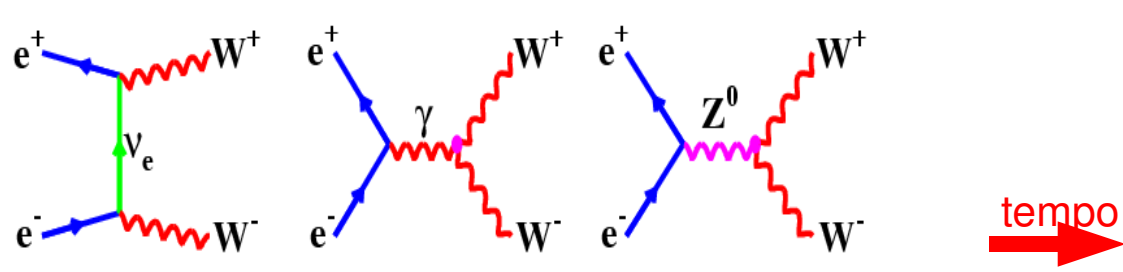
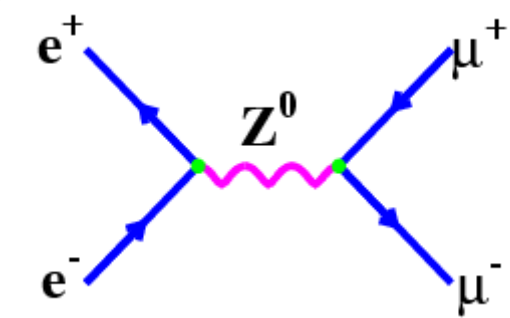
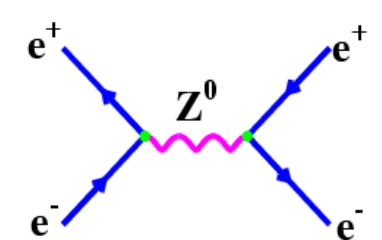
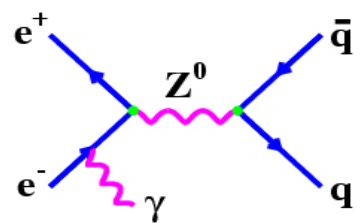
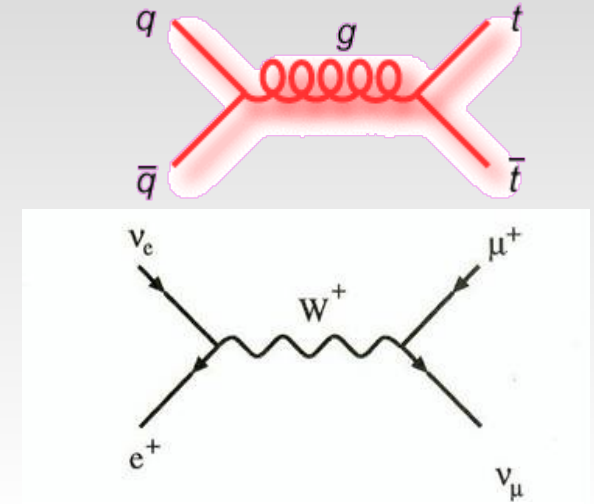


**Elementary Particles**

Quarks	$u$ up	$c$ charm	$t$ top	Force Carriers
	$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom	
Leptons	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	$g$ gluon
	$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	$Z$ Z boson
				$W$ W boson

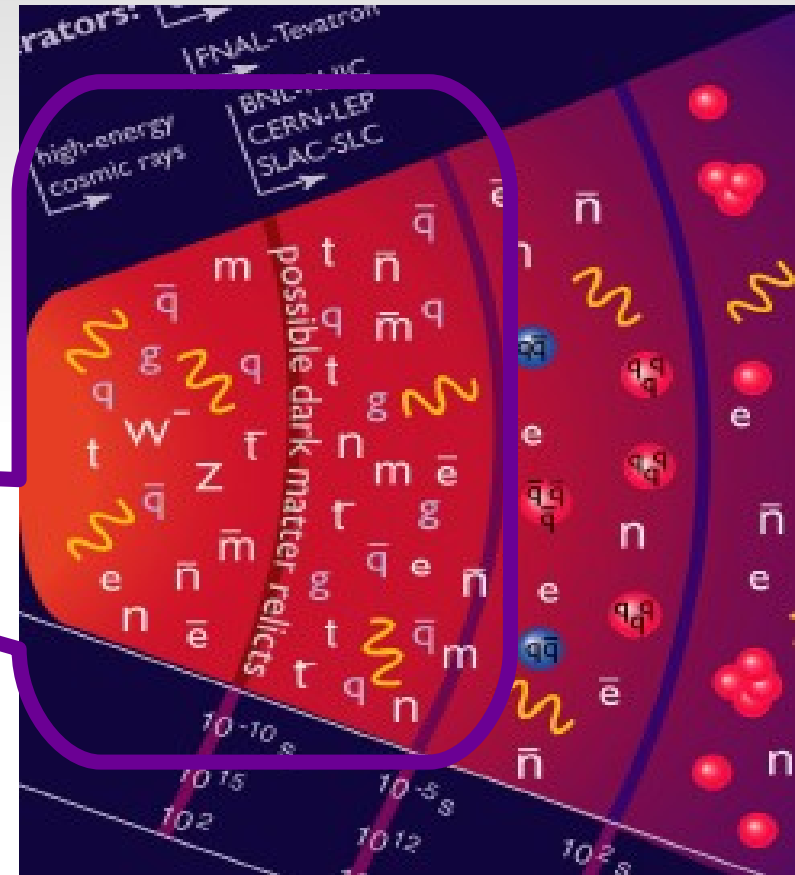
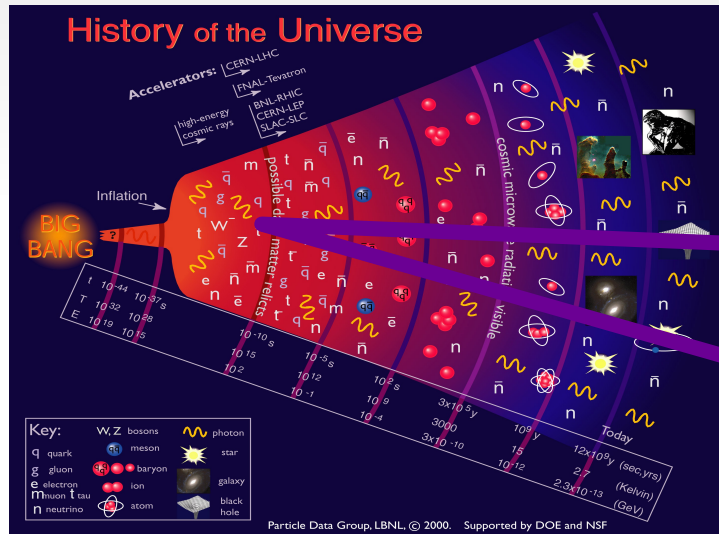
I    II    III

Three Families of Matter



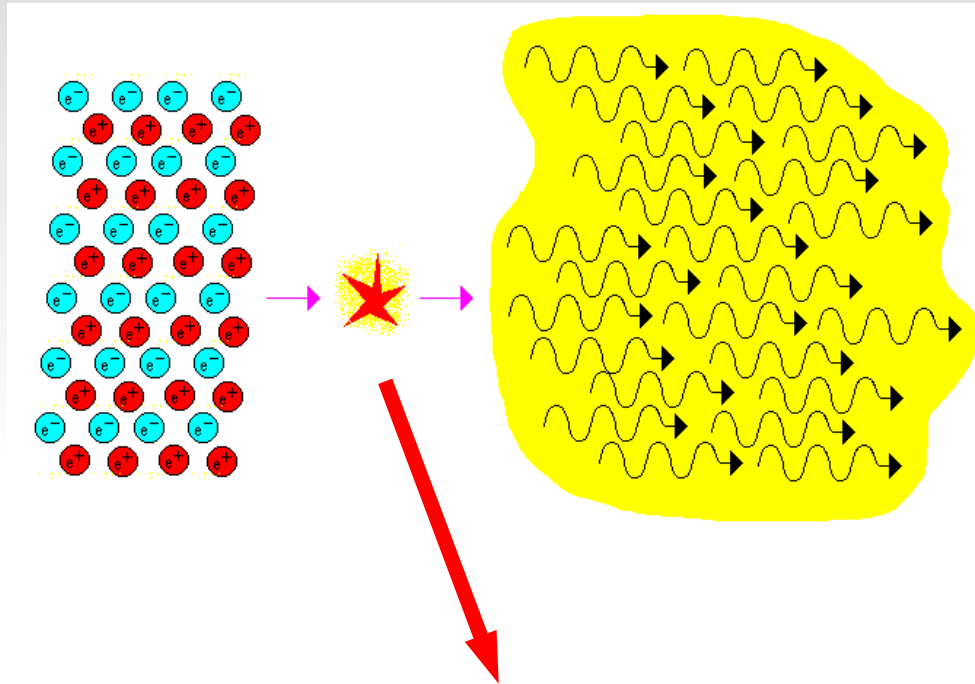


# Início do Universo: criação e destruição

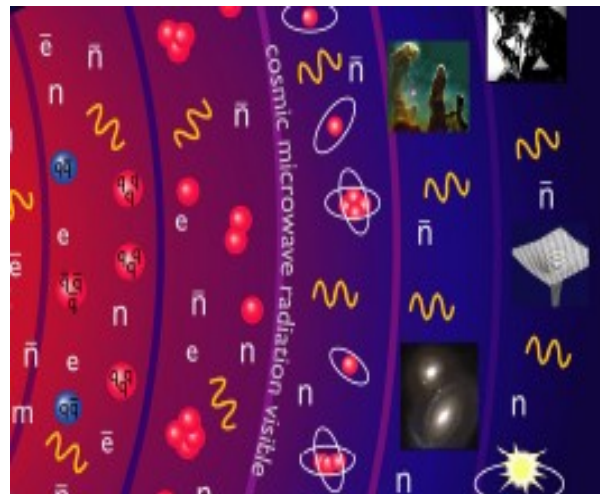


# Expansão e resfriamento

Uma infinidade de pares partícula anti-partícula



Leva a uma infinidade de Fótons com mesma energia pairando pelo Universo



# Proporção partícula anti-partícula

Matter-Antimatter Asymmetry

10,000,000,000

$q$

10,000,000,000

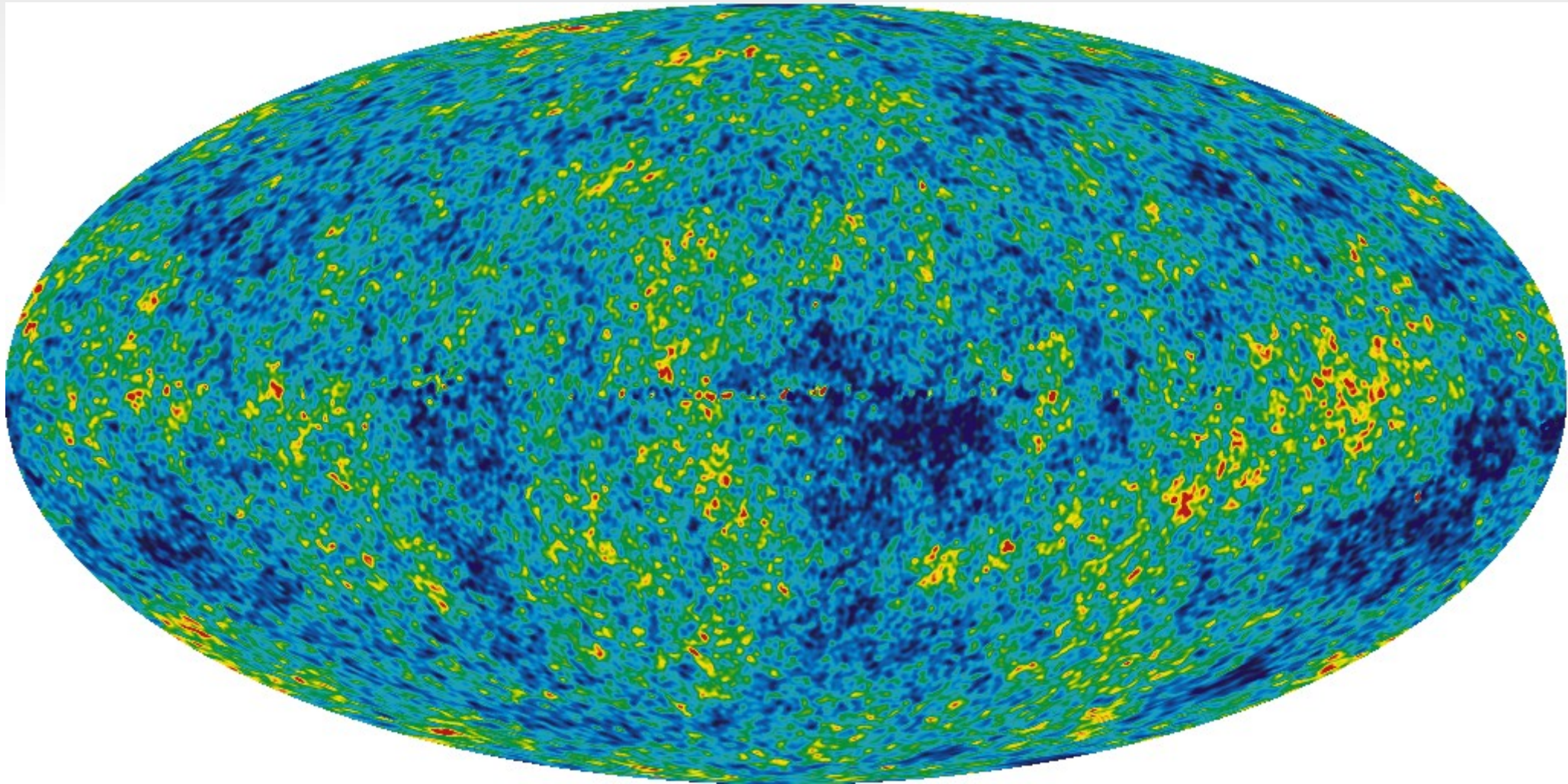
$\bar{q}$

Current universe



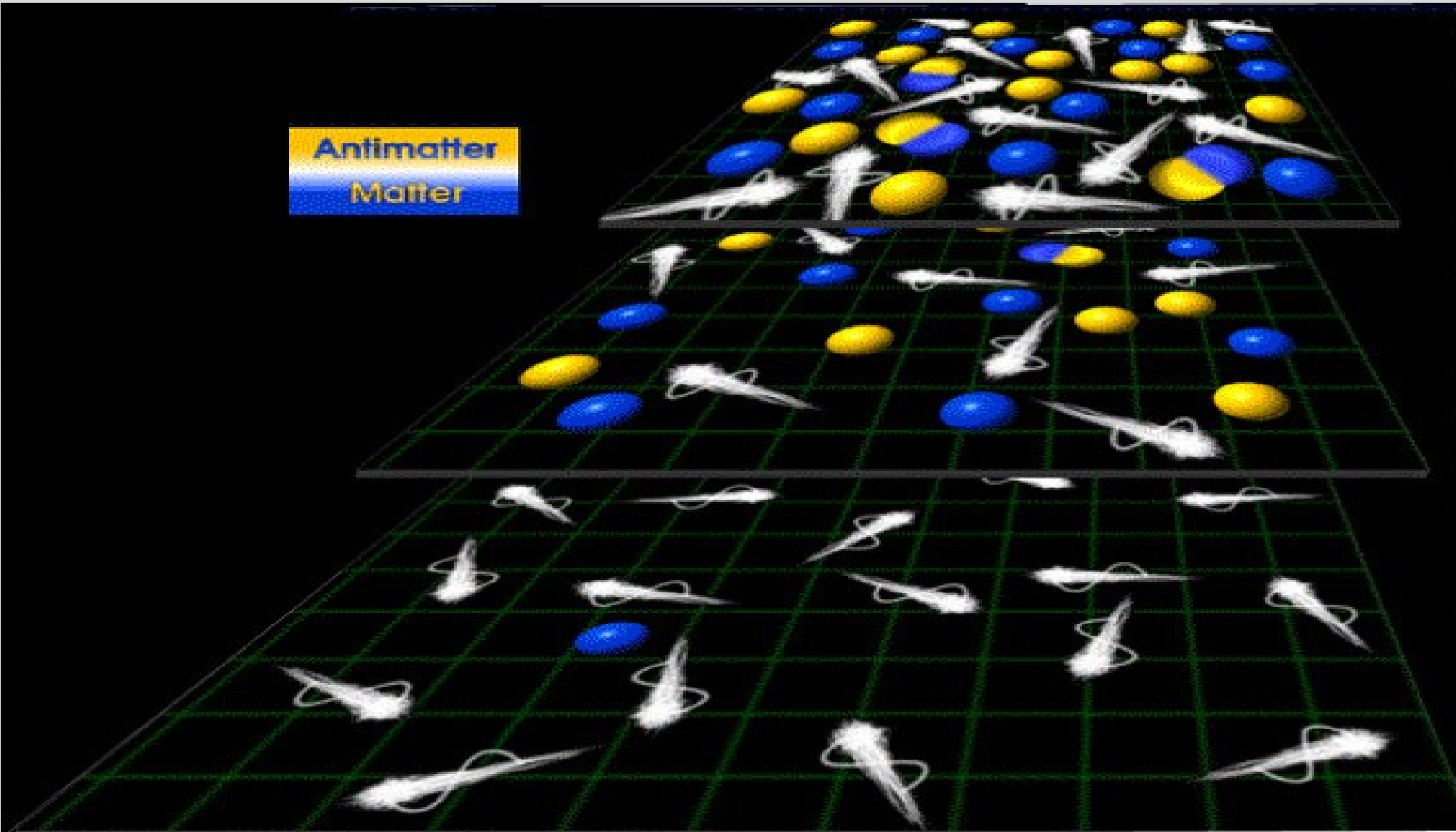
# *Radiação de fundo*

2.7248 a 2.7252 K<sup>0</sup> Menos de 0.01% de variação



# *Sobrou alguma Matéria*

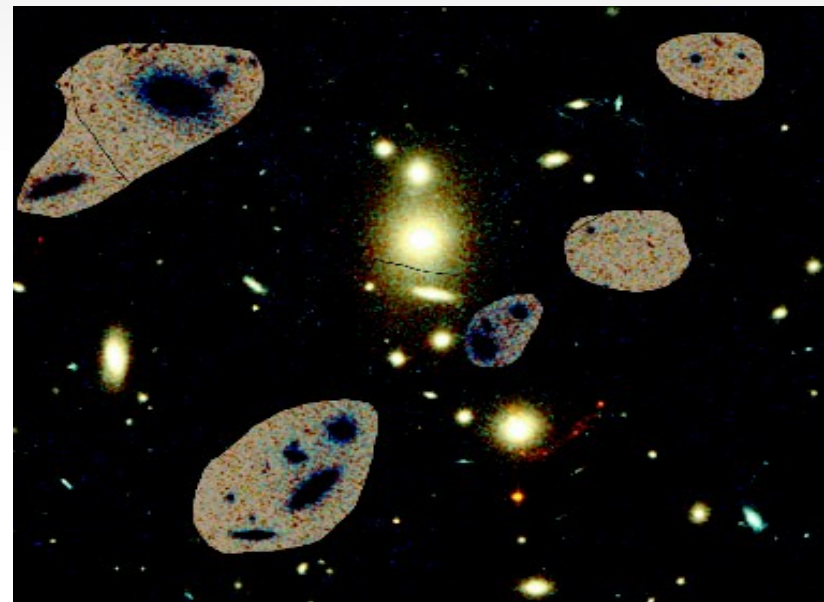
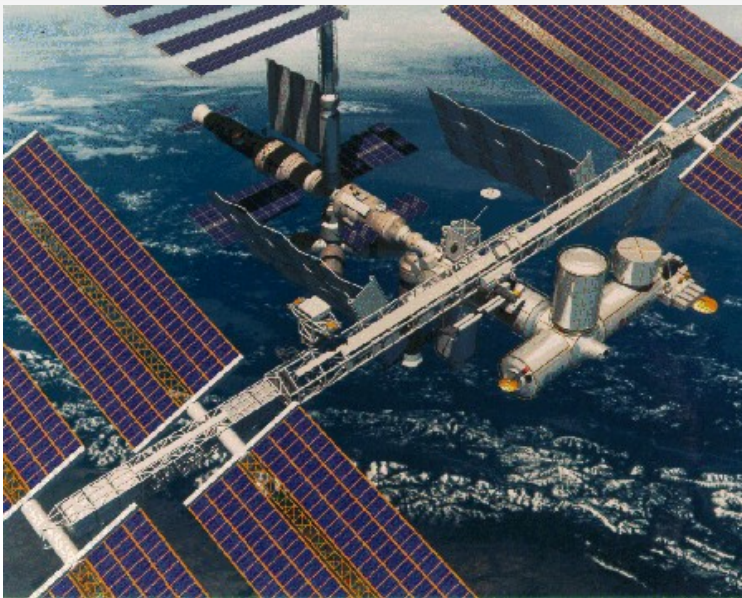
Antimatter  
Matter



$$\frac{\Delta n_{\text{baryon}}}{n_{\gamma}} = \frac{n_{\text{baryon}} - \overline{n_{\text{baryon}}}}{n_{\gamma}} \sim O(10^{-10})$$

# *Onde esta a Anti-Matéria?*

- ▶ Balões com detectores de anti-partículas.
- ▶ Radio telescópios, satélites com detecção de raios gamma e raios X.



- ▶ Nenhuma evidência de anti-matéria em  $\sim 1$  Bilhão de anos luz

# *Condições de Sakharov*

Para a produção da assimetria entre a matéria e a anti-matéria, observada no universo atual, são necessárias duas condições:

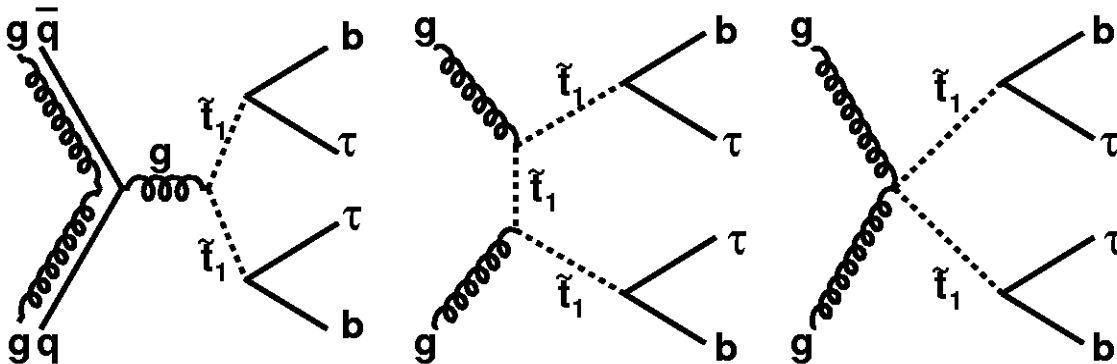
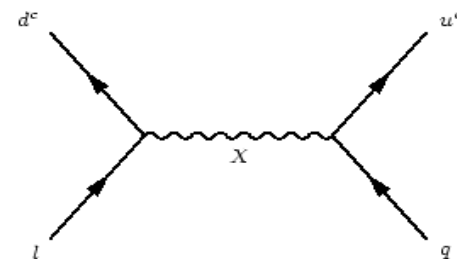
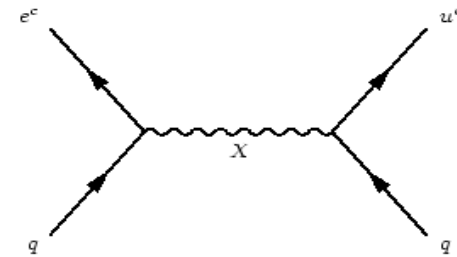
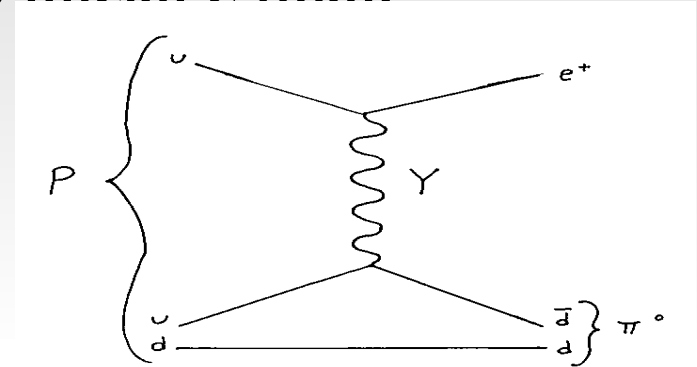
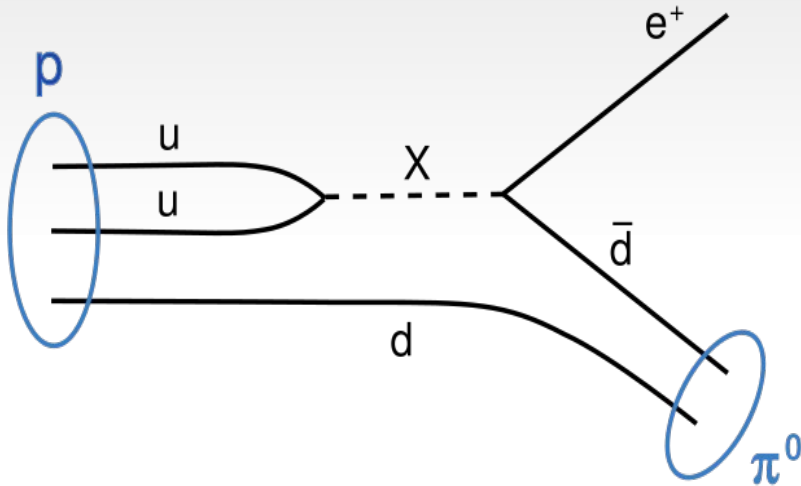
- ▶ O número bariônico ser violado.
- ▶ Violação de C e de CP.

Estas duas condições seriam possíveis, segundo Sakharov, somente em um sistema fora do equilíbrio termodinâmico, ou seja no Universo em forte expansão.



# Violação do número Barionico

Processos onde: o número de quarks, menos o número de anti-quarks, é diferente entre o estado inicial e final.





# Resultados Experimentais

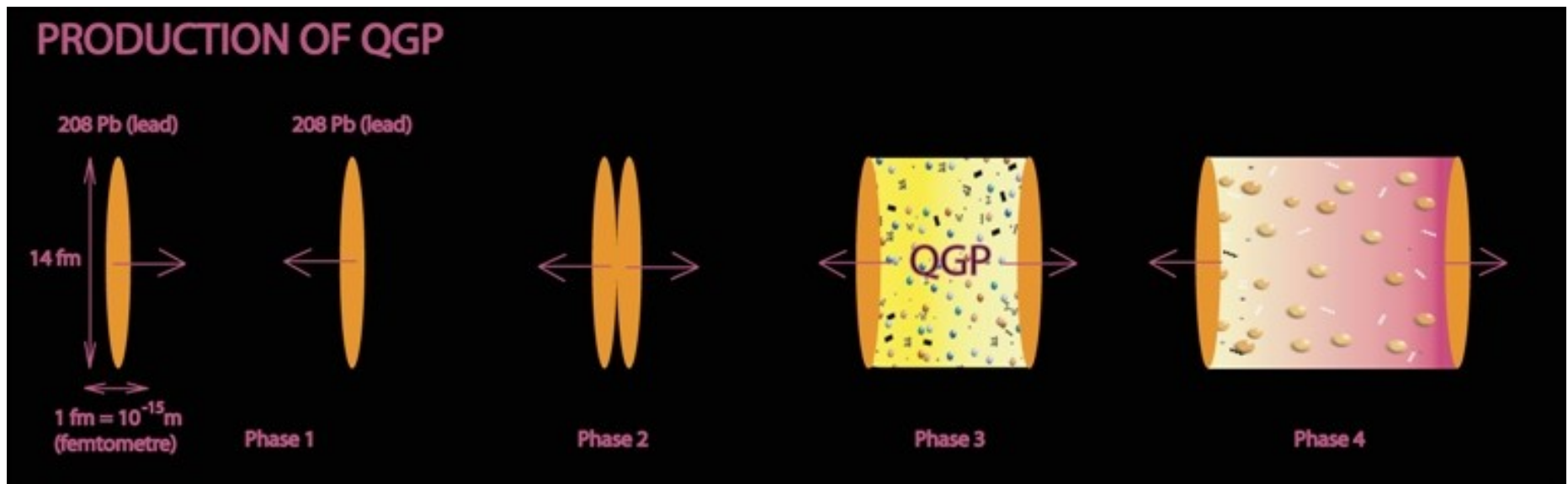
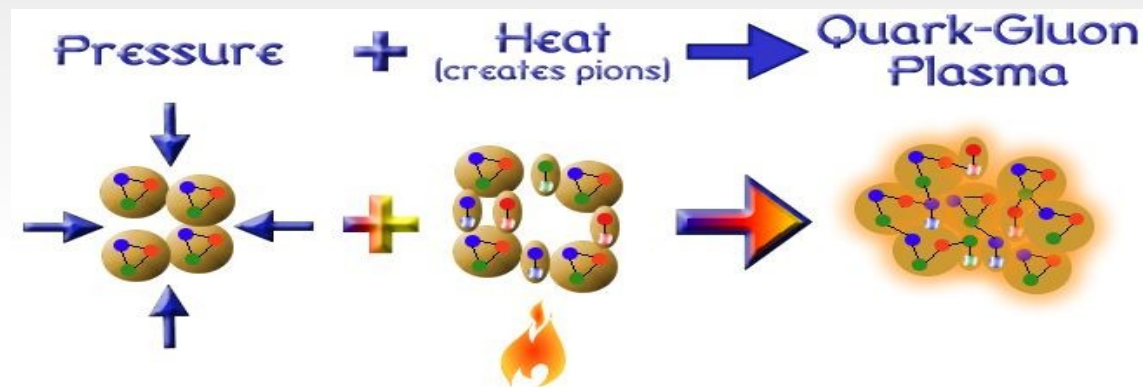
$p$ DECAY MODES	Partial mean life ( $10^{30}$ years)	Co
<b>Antilepton + meson</b>		
$N \rightarrow e^+ \pi$	$> 158 (n), > 1600 (p)$	
$N \rightarrow \mu^+ \pi$	$> 100 (n), > 473 (p)$	
$N \rightarrow \nu \pi$	$> 112 (n), > 25 (p)$	
$p \rightarrow e^+ \eta$	$> 313$	
$p \rightarrow \mu^+ \eta$	$> 126$	
$n \rightarrow \nu \eta$	$> 158$	
$N \rightarrow e^+ \rho$	$> 217 (n), > 75 (p)$	
$N \rightarrow \mu^+ \rho$	$> 228 (n), > 110 (p)$	
$N \rightarrow \nu \rho$	$> 19 (n), > 162 (p)$	
$p \rightarrow e^+ \omega$	$> 107$	
$p \rightarrow \mu^+ \omega$	$> 117$	
$n \rightarrow \nu \omega$	$> 108$	
$N \rightarrow e^+ K$	$> 17 (n)$	
$p \rightarrow e^+ K_S^0$	$> 120$	
$p \rightarrow e^+ K_L^0$	$> 51$	
$N \rightarrow \mu^+ K$	$> 26 (n)$	
$p \rightarrow \mu^+ K_S^0$	$> 150$	
$p \rightarrow \mu^+ K_L^0$	$> 83$	
$N \rightarrow \nu K$	$> 86 (n)$	
$n \rightarrow \nu K_S^0$	$> 51$	
$p \rightarrow e^+ K^*(892)^0$	$> 84$	
$N \rightarrow \nu K^*(892)$	$> 78 (n)$	
<b>Antilepton + mesons</b>		
$p \rightarrow e^+ \pi^+ \pi^-$	$> 82$	
$p \rightarrow e^+ \pi^0 \pi^0$	$> 147$	
$n \rightarrow e^+ \pi^- \pi^0$	$> 52$	
$p \rightarrow \mu^+ \pi^+ \pi^-$	$> 133$	
$p \rightarrow \mu^+ \pi^0 \pi^0$	$> 101$	
$n \rightarrow \mu^+ \pi^- \pi^0$	$> 74$	
$n \rightarrow e^+ K^0 \pi^-$	$> 18$	
<b>Lepton + meson</b>		
$n \rightarrow e^- \pi^+$	$> 65$	
$n \rightarrow \mu^- \pi^+$	$> 49$	
$n \rightarrow e^- \rho^+$	$> 62$	
$n \rightarrow \mu^- \rho^+$	$> 7$	
$n \rightarrow e^- K^+$	$> 32$	
$n \rightarrow \mu^- K^+$	$> 57$	
<b>Lepton + mesons</b>		
$p \rightarrow e^- \pi^+ \pi^+$	$> 30$	
$n \rightarrow e^- \pi^+ \pi^0$	$> 29$	
$p \rightarrow \mu^- \pi^+ \pi^+$	$> 17$	
$n \rightarrow \mu^- \pi^+ \pi^0$	$> 34$	
$p \rightarrow e^- \pi^+ K^+$	$> 75$	
$p \rightarrow \mu^- \pi^+ K^+$	$> 245$	
<b>Antilepton + photon(s)</b>		
$p \rightarrow e^+ \gamma$	$> 670$	
$p \rightarrow \mu^+ \gamma$	$> 478$	
$n \rightarrow \nu \gamma$	$> 28$	
$p \rightarrow e^+ \gamma \gamma$	$> 100$	
$n \rightarrow \nu \gamma \gamma$	$> 219$	

Aparentemente somente em sistemas fora do equilíbrio termodinâmico.



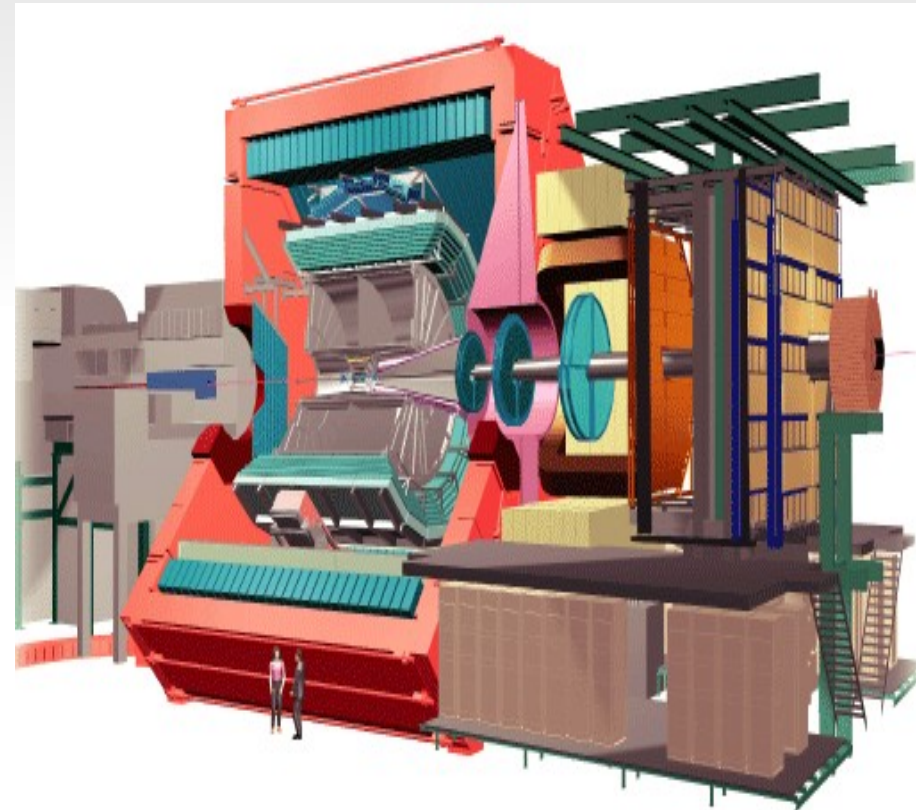
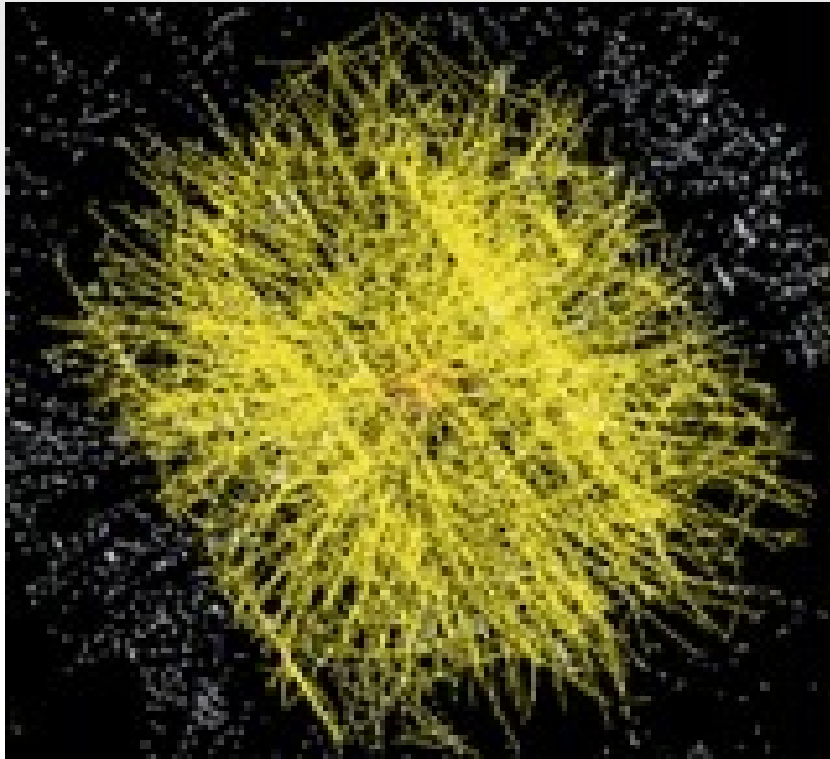
# Produção de QGP

- ▶ Período especial de tomada de dados com núcleo de chumbo com energia de 2.8 TeV por núcleon
- ▶ Densidade de energia  $2 \times 2.8 \text{ TeV} \times 416 \text{ N} / 14 \text{ fm}^3 \sim 150 \text{ TeV}/\text{fm}^3$





# *Detector: Alice*



# *Condições de Sakharov*

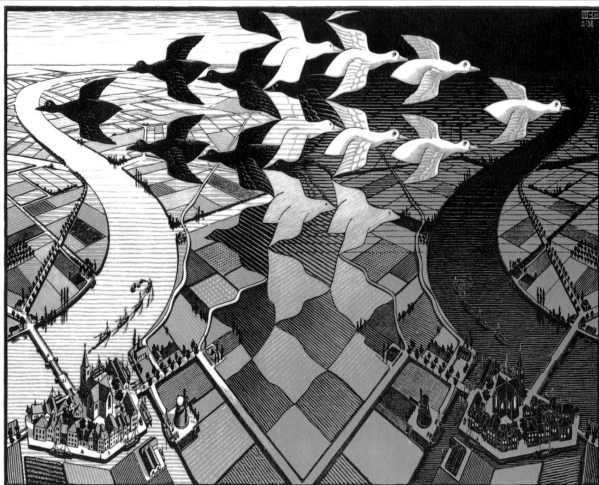
Para a produção da assimetria entre a matéria e a anti-matéria, observada no universo atual, são necessárias duas condições:

- ▶ O número bariônico ser violado.
- ▶ Violação de C e de CP.

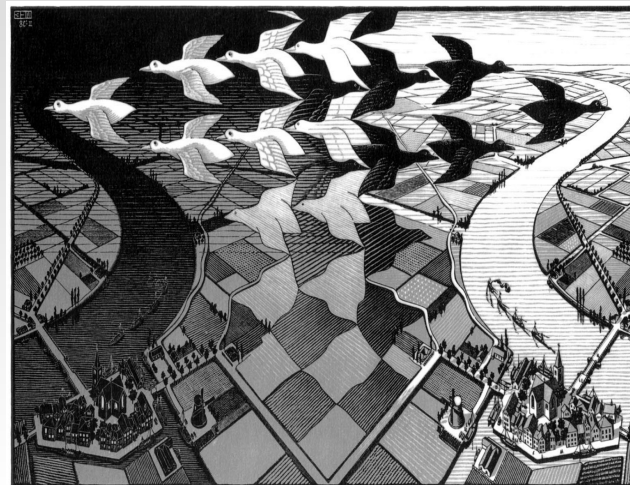
Estas duas condições seriam possíveis, segundo Sakharov, somente em um sistema fora do equilíbrio termodinâmico, ou seja no Universo em forte expansão.



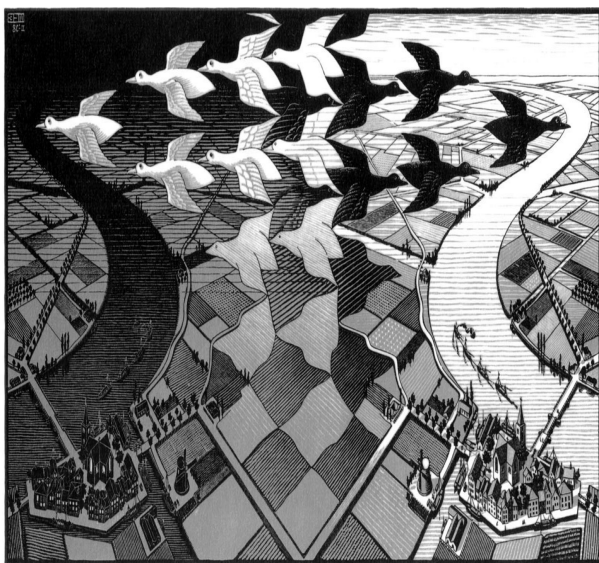
# Simetria de CP



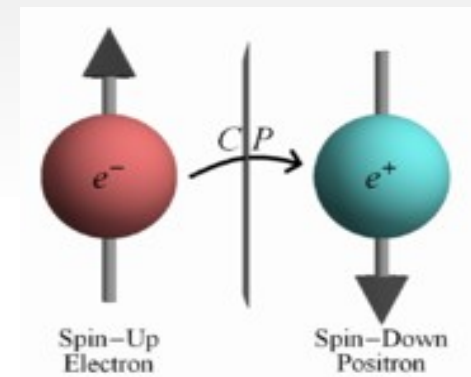
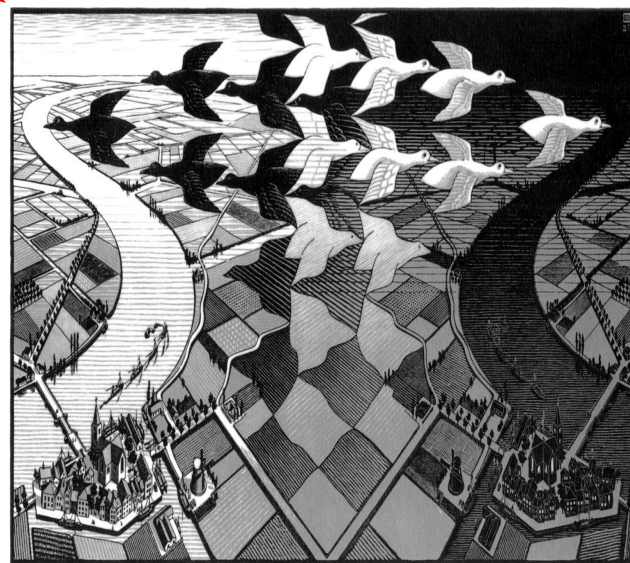
P  
→



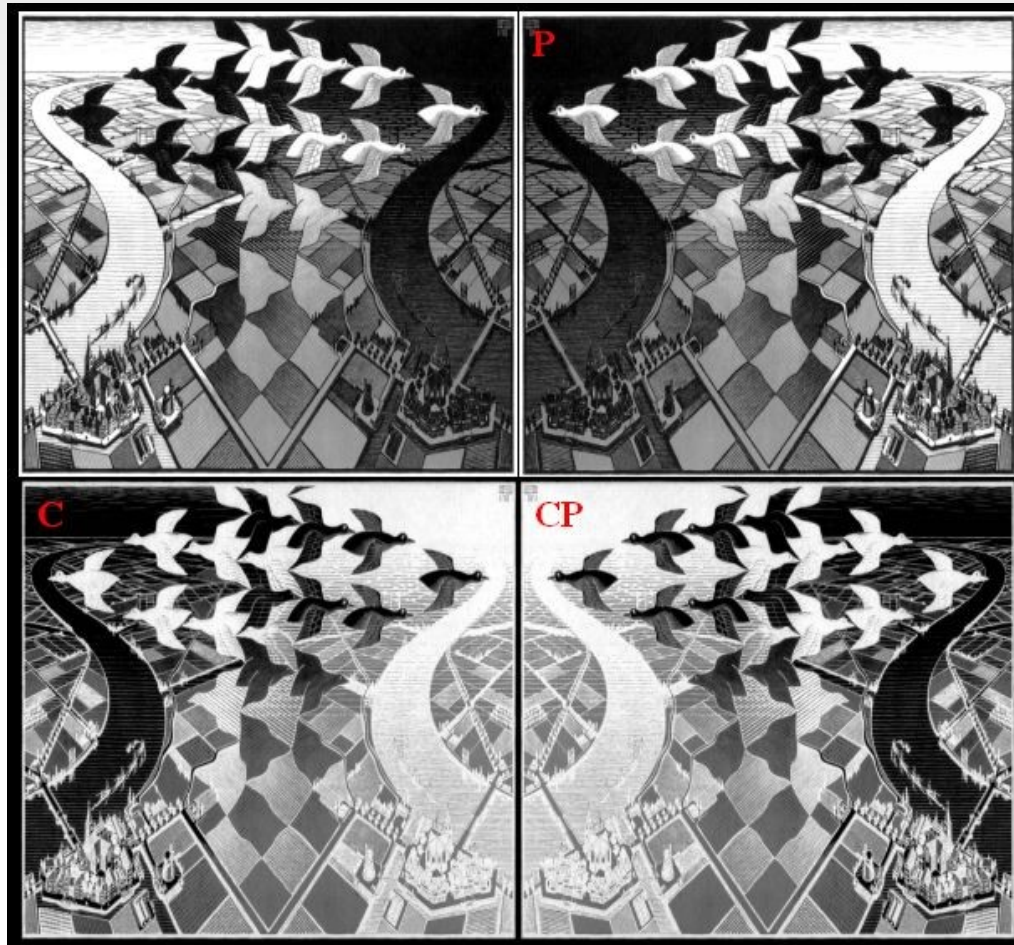
C  
↓



CP  
↘



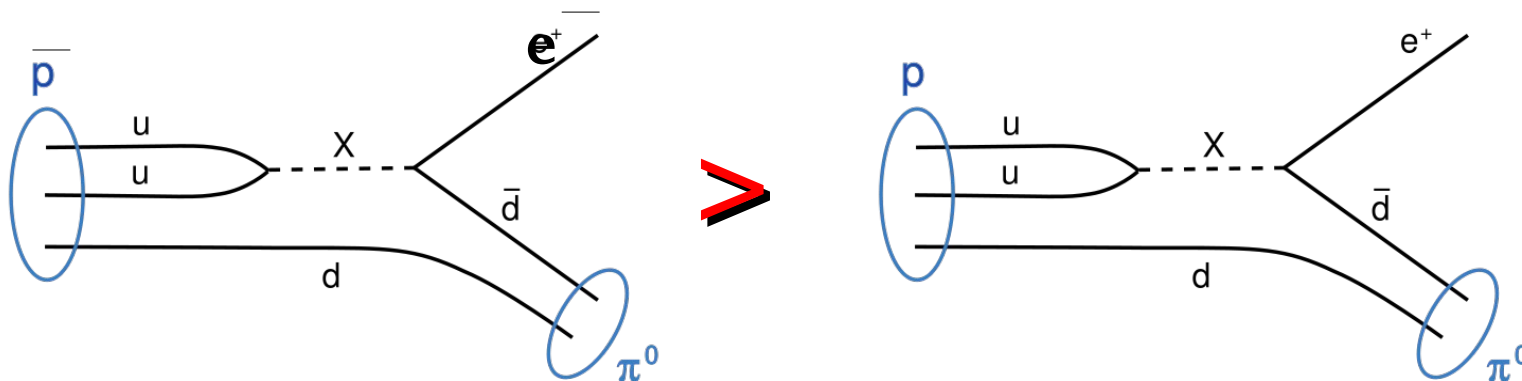
# *Violação da simetria de $CP$*



# Condições de Sakharov

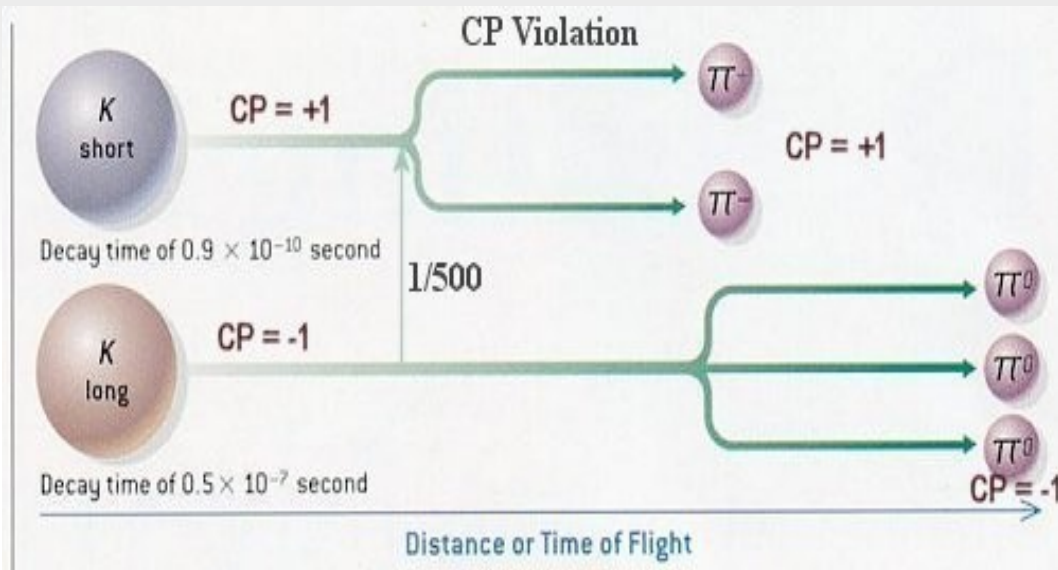
Para a produção da assimetria entre a matéria e a anti-matéria, observada no universo atual, são necessárias duas condições:

- ▶ O número bariônico ser violado.
- ▶ Violação de C e de CP.

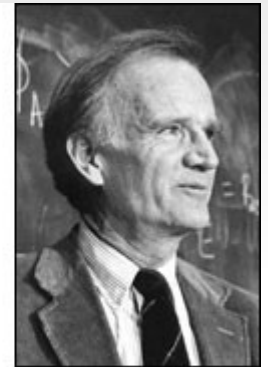


- ▶ Isto daria contado fato de que a soma das cargas elétricas do Universo é zero

# Observação de Violação da Simetria de $CP$ em um sistema em equilíbrio termodinâmico



James Cronin



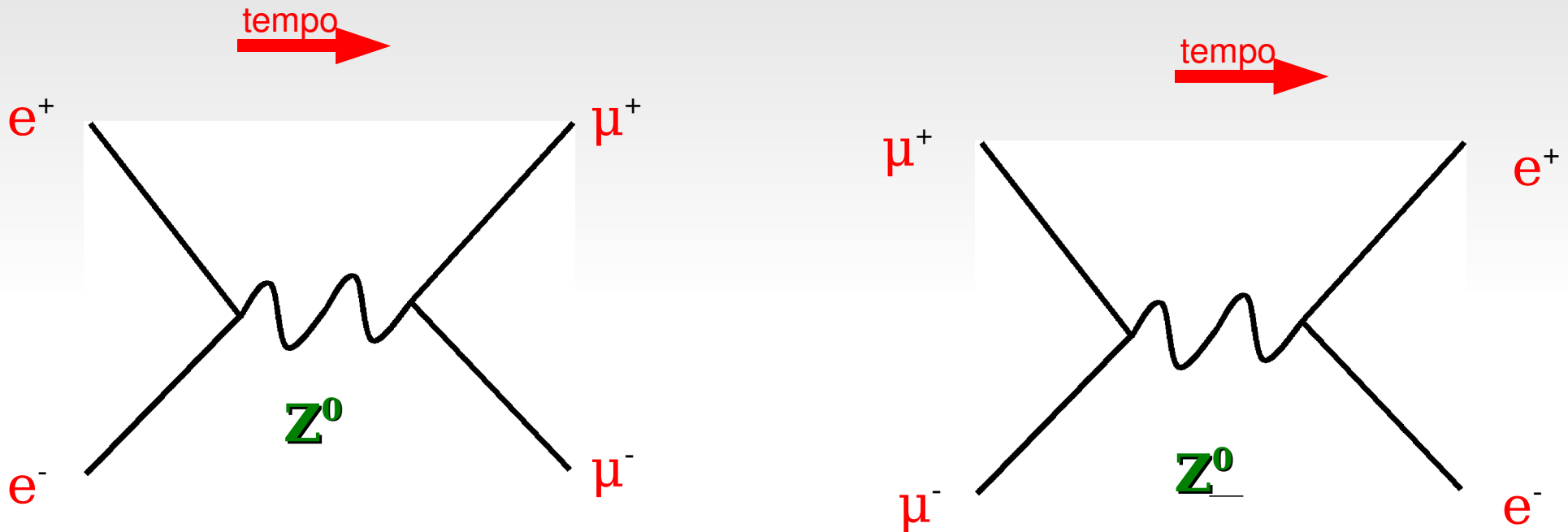
Val Fitch

1/500 dos  $K_{\text{long}}$  se desintegravam em 2 pions, violando  $CP$   
em um sistema em equilíbrio termodinâmico.



# Teorema de CPT

## Reversibilidade temporal



- ♦ Igual probabilidade
- ♦ Teorema CPT: violação de ~~CP~~  $\rightarrow$  Irreversibilidade
- ♦ Transformação em tempo pode ser descrita por uma transformação complexa  $e^{-iEt} \rightarrow T \rightarrow e^{iEt}$

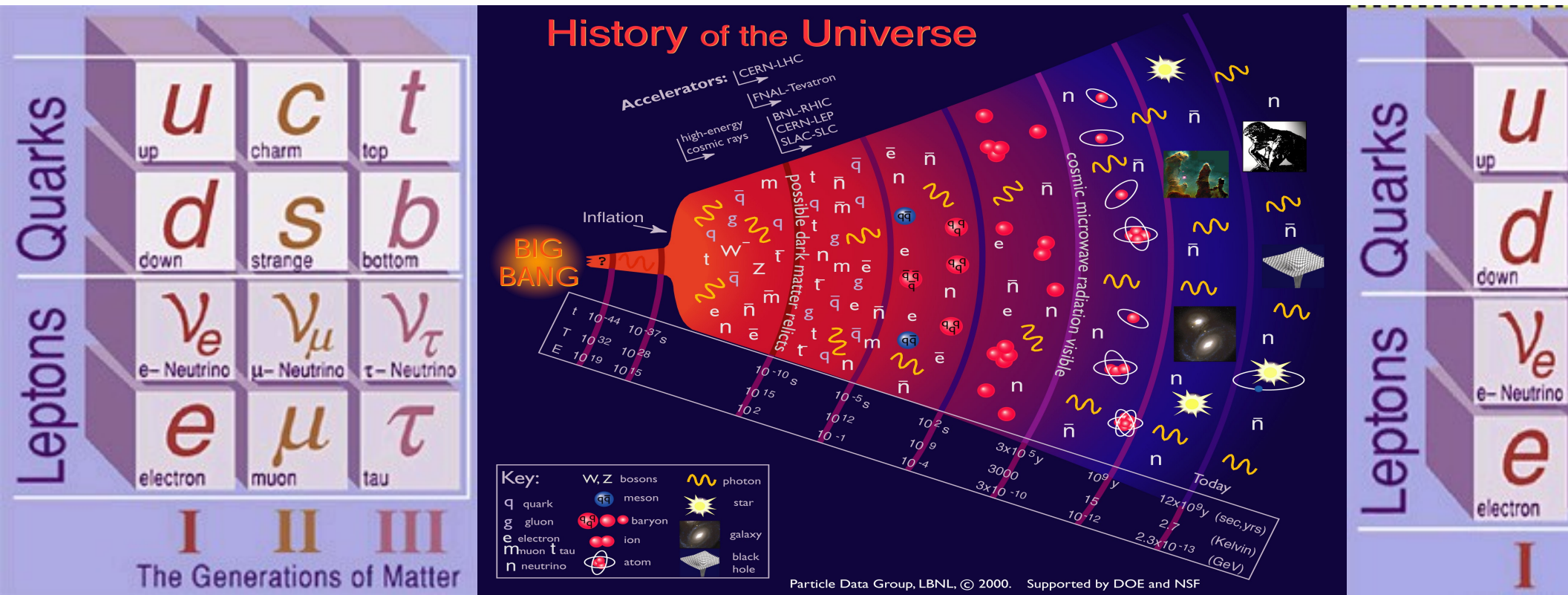
# Como se transmitem as forças?

## Fraca

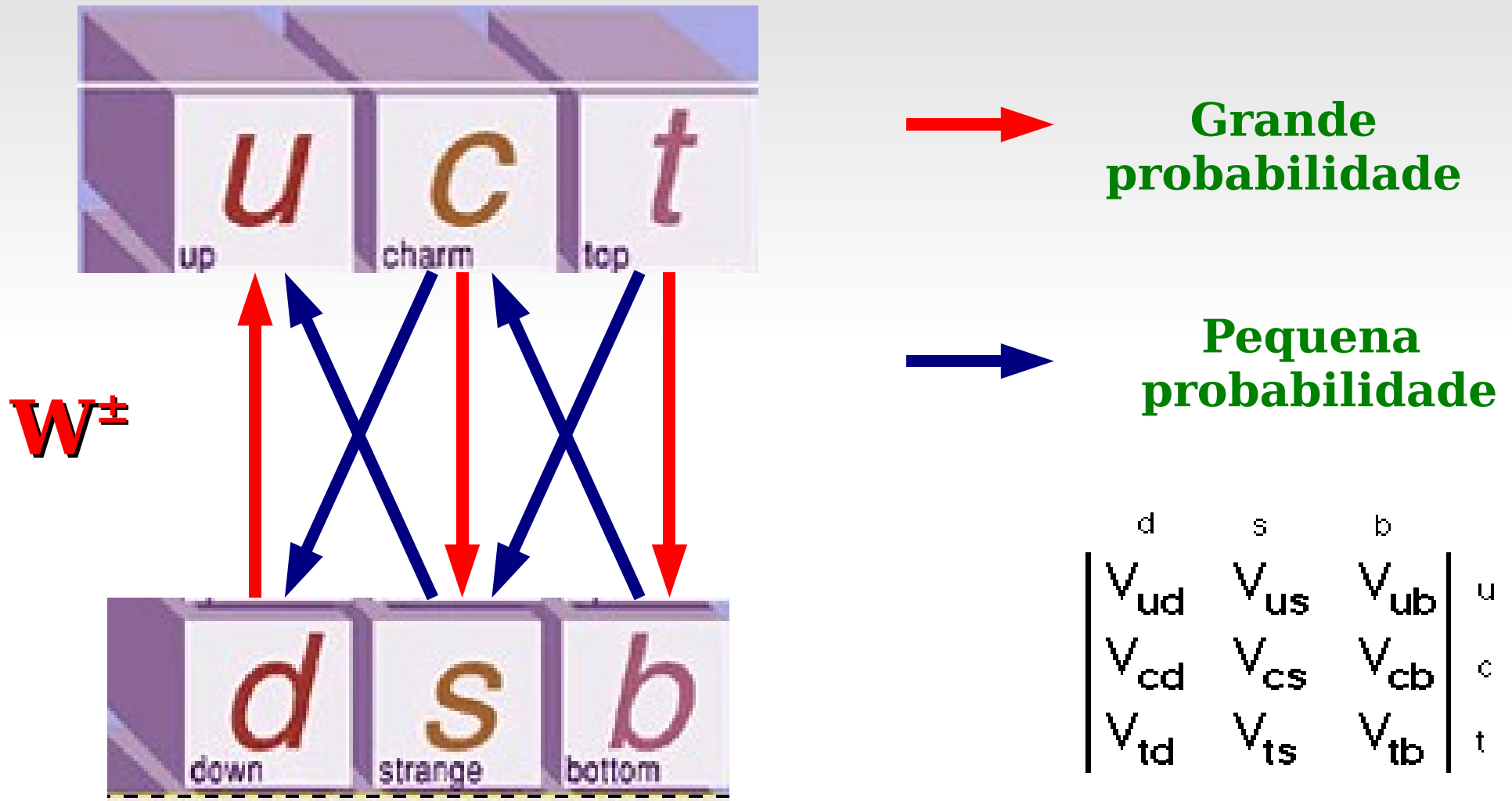
Três famílias de Quarks  
e  
três famílias de  
Leptons  
no início do universo

Desintegração  
→

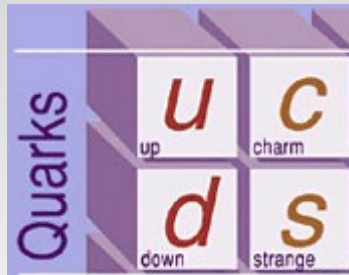
Reduzidos a  
uma família  
de cada



# Matrix de transição entre quarks



# Kobayashi-Maskawa Nobel de 2008



Matriz de Cabibbo de mistura 2X2: não permite violação de CP, falta o termo complexo.

2 → 3 famílias de quarks  
Matriz de mistura 2X2 > 3X3,  
permite um termo complexo que  
poderia explicar a violação de CP

	d	s	b	
u	$V_{ud}$	$V_{us}$	$V_{ub}$	
c	$V_{cd}$	$V_{cs}$	$V_{cb}$	
t	$V_{td}$	$V_{ts}$	$V_{tb}$	

Kobayashi e Maskawa  
propuseram dois novos  
quarks o **b** e **t**



# Quark *b*: maior fonte de violação de CP



Decaimentos de partículas envolvendo o quark *b*, apresentam forte componente de violação de CP



$$B_d \rightarrow \pi^- K^+$$

$$A_{CP} = -0.097 \pm 0.012$$

$$B_u \rightarrow \rho^0 K^+$$

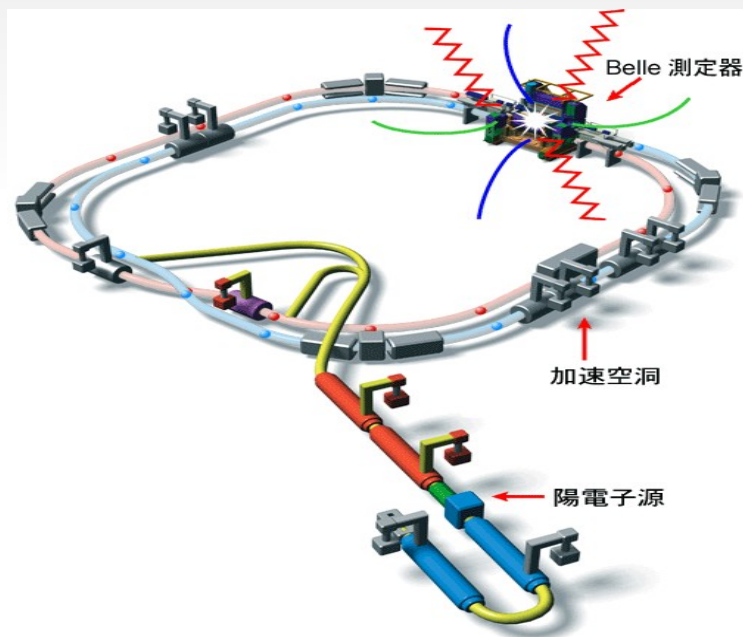
$$A_{CP} = -0.41 \pm 0.10$$



# Colaborações Belle e BaBar

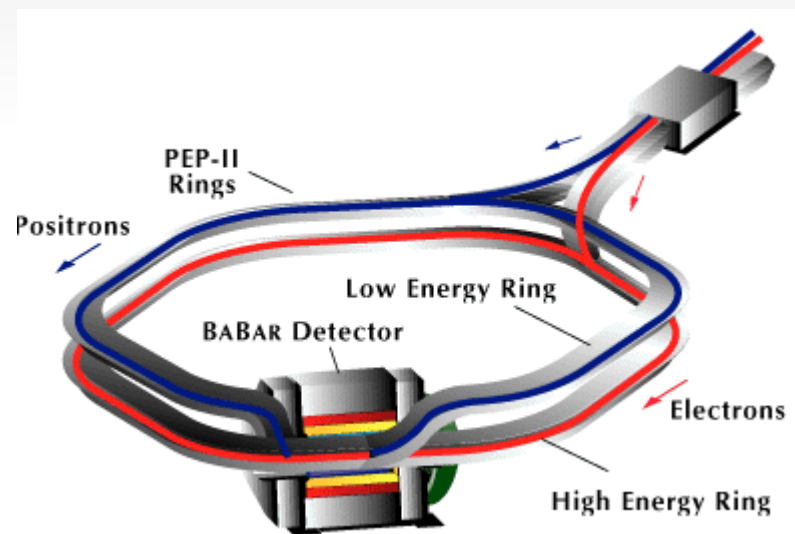


## KEK Japão



657 milhões de Mésons  
B's produzidos

## PEP II- Stanford-EUA



383 milhões de Mésons  
B's produzidos

# *Observação de Violação da Simetria de ~~CP~~ em um sistema em equilíbrio termodinâmico*

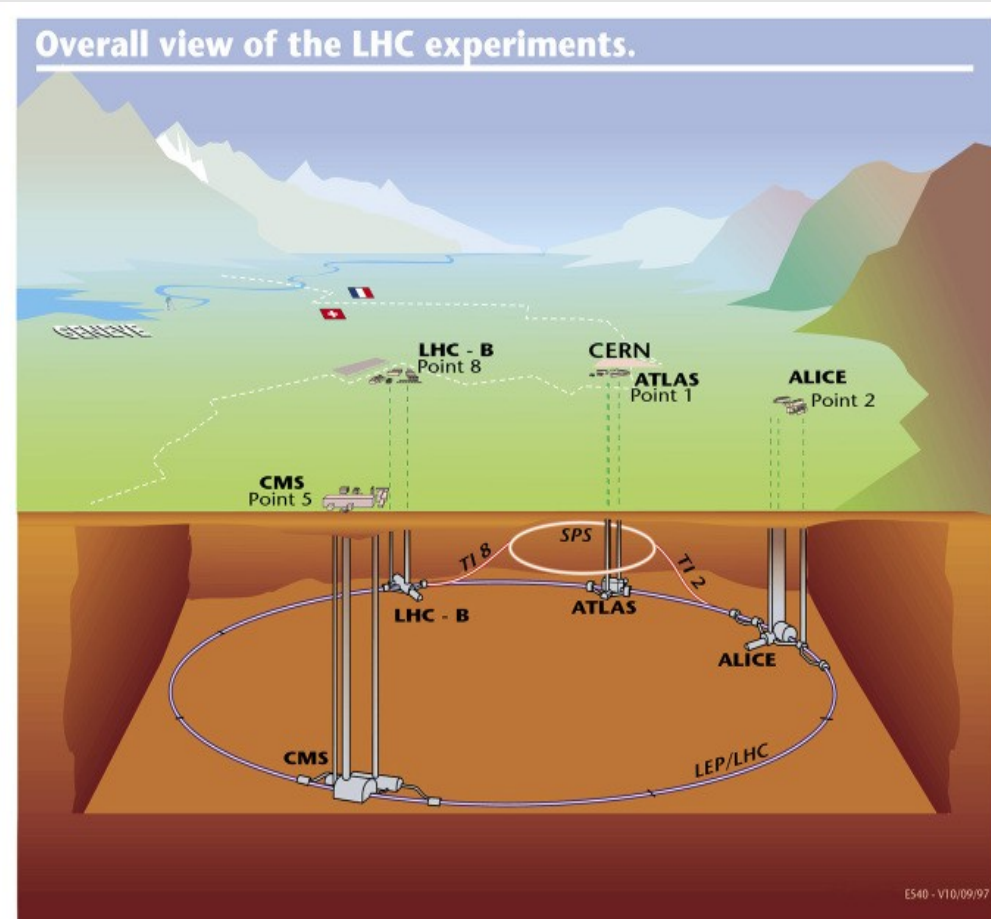
- ▶ Violação de CP nos decaimentos dos mésons K's e B's, podem ser explicados pelo Modelo Padrão
- ▶ Entretanto ela não explica toda a violação de CP necessária para entender a assimetria matéria anti-matéria do Universo

$$\text{Universe: } \frac{N_B - N_{\bar{B}}}{N_B + N_{\bar{B}}} = 10^{-9} \sim 10^{-10}$$

$$\text{Standard Model: } \frac{N_B - N_{\bar{B}}}{N_B + N_{\bar{B}}} = \sim 10^{-20}$$

- ▶ Novas fontes de violação de CP são necessárias

# Colaboração LHCb no LHC

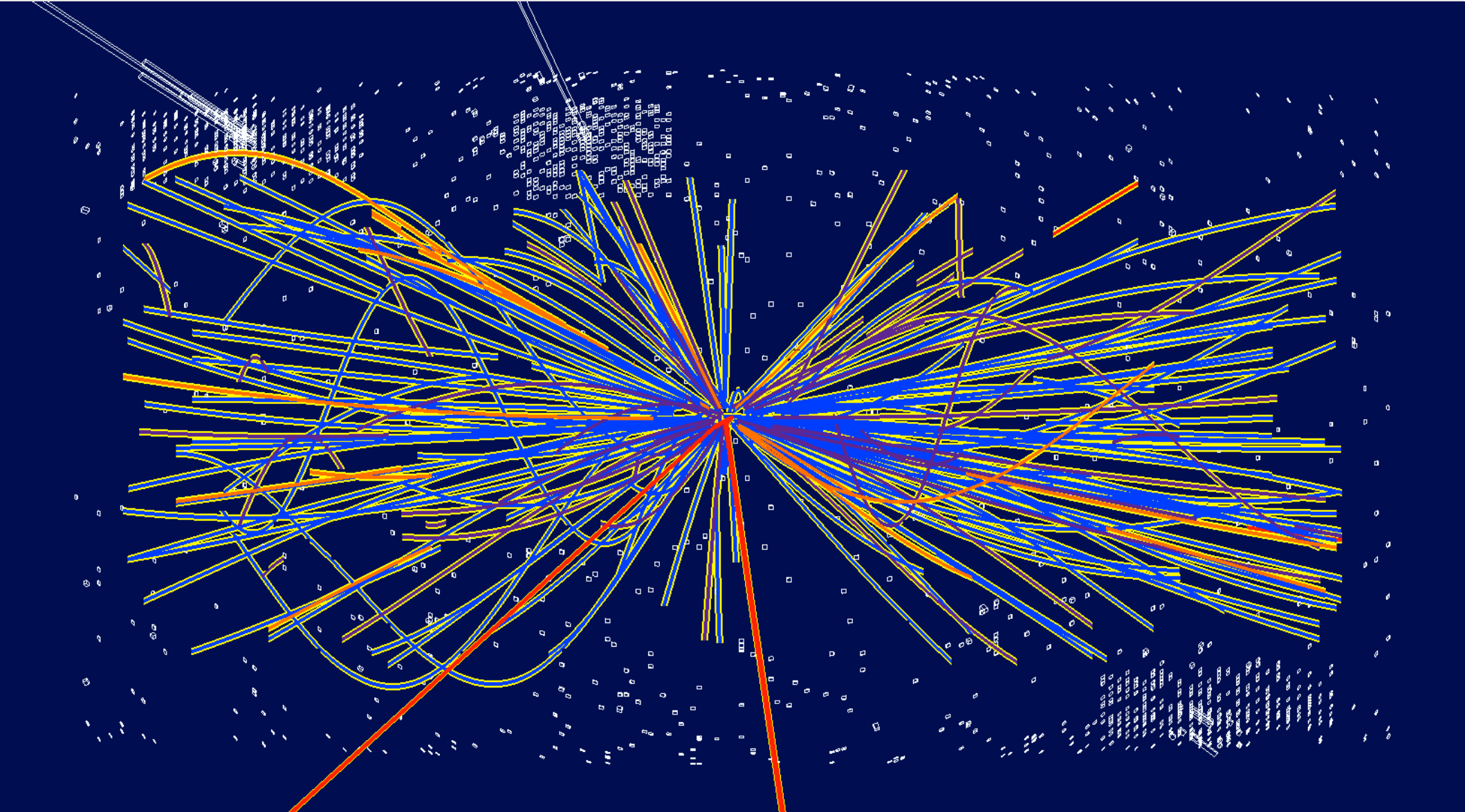


- ▶ Produzir de 10 a 100 vezes mais B's por ano que o Belle e BaBar produziram nos 10 anos de funcionamento



# *Colisão e criação de matéria*

## *Energia → massa*





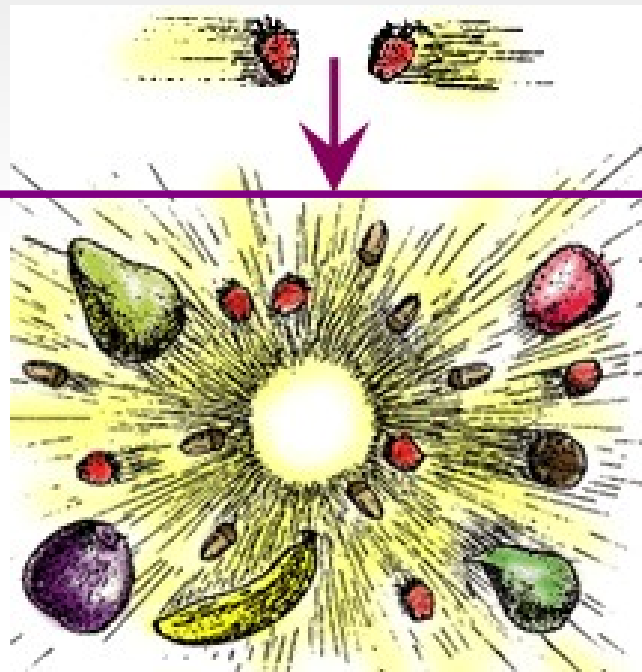
# *Colisão:* *Fragmentação e Criação*

## ◆ Colisão

*Energia*  $\longrightarrow$  *Massa*

*Produção de partículas;*

*Massivas e instáveis*

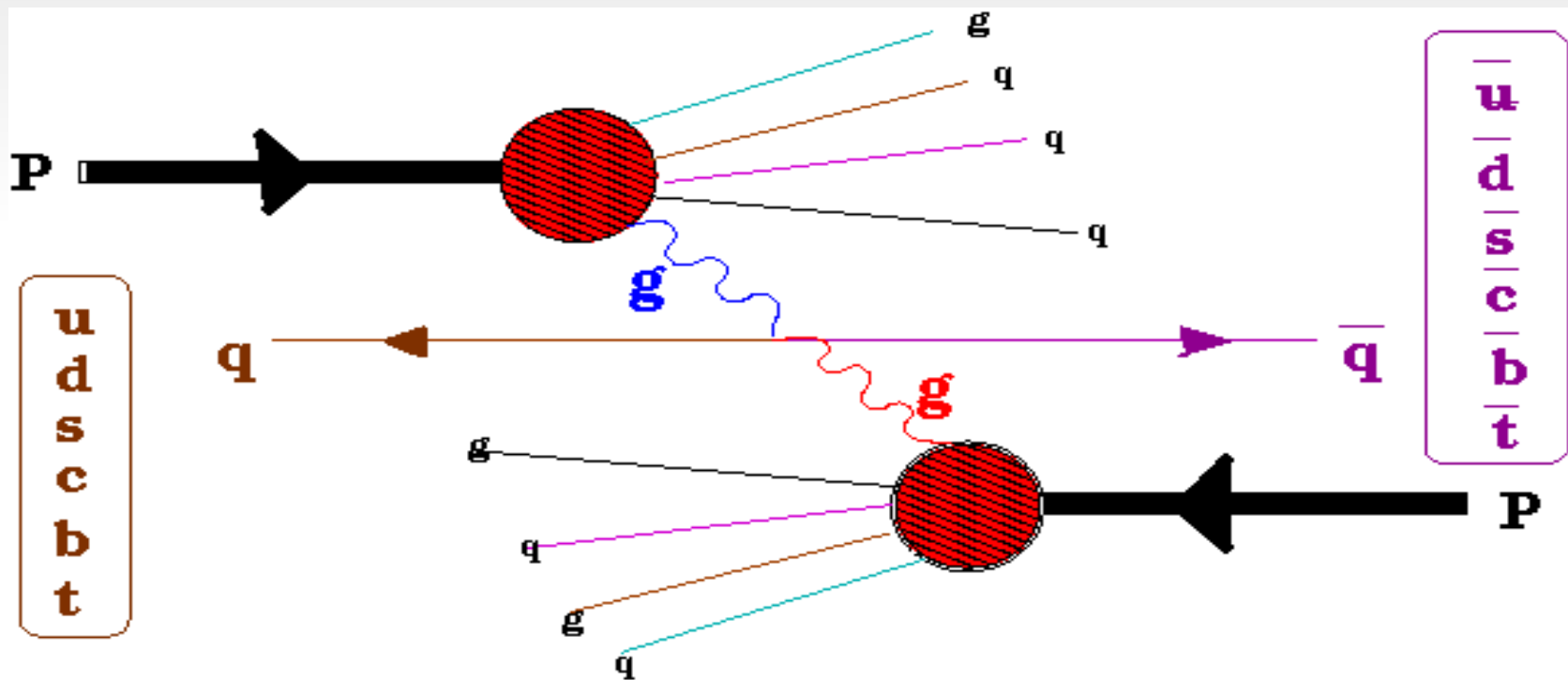


***Que partículas são criadas???***



# Processo de Criação

Interação forte: Fusão de glúons (QCD)

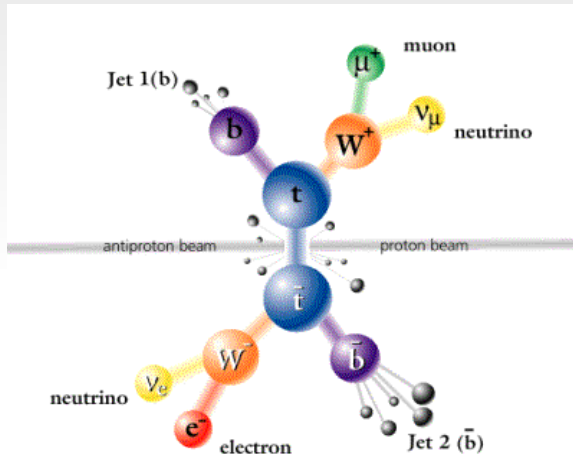


Interação entre constituintes:  
escala do TeV

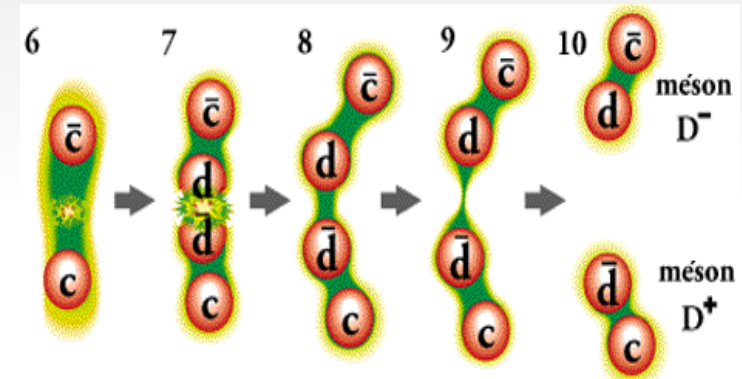


# Desintegração-criação e hadronização

- ◆ Dezenas de possíveis desintegrações-criações



- ◆ Dezenas de hadronizações



- ◆ Centenas de possibilidades de observação.

Nenhuma observação direta, vidas médias menores  $10^{-10}$ s



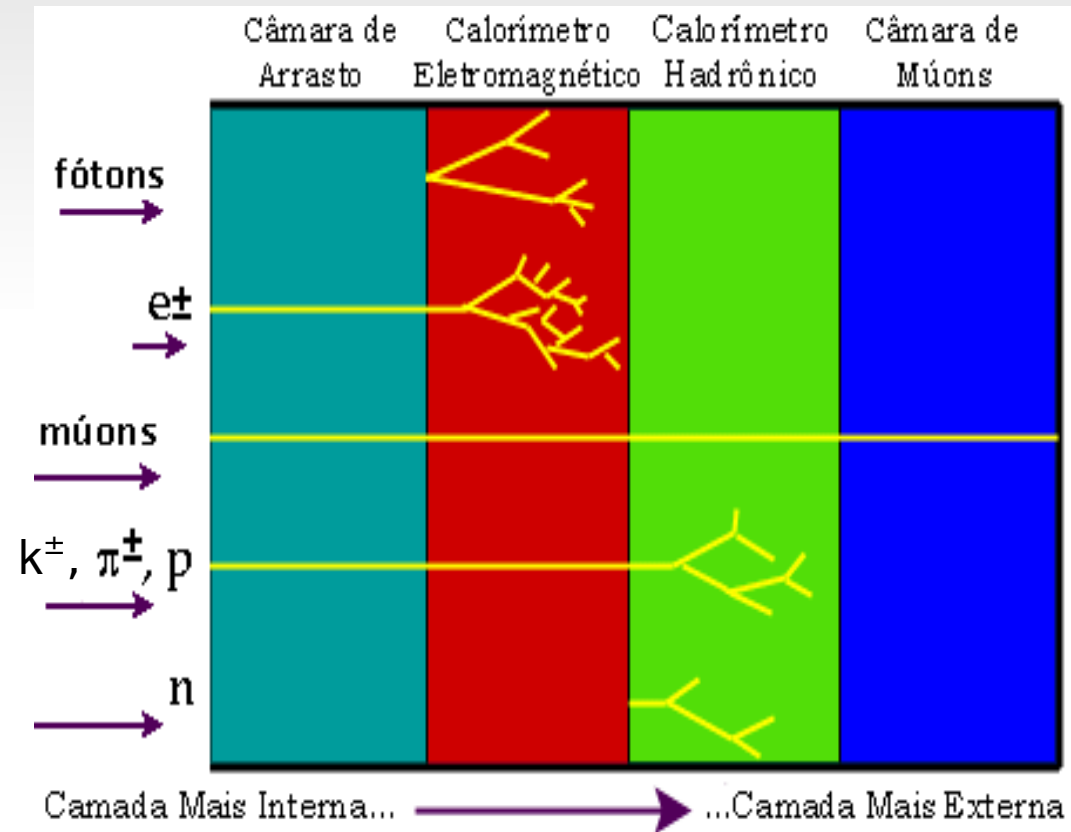
Reconstrução do evento;

Massa invariante e/ou massa faltante e/ou jatos



# Observáveis

- Observadas diretamente;
- Partículas carregadas com vida média superior a  $10^{-8}$ s: próton, elétron, múon, méson  $\pi$  e méson  $K$
- Partículas neutras: fóton e nêutron





# Massa Invariante

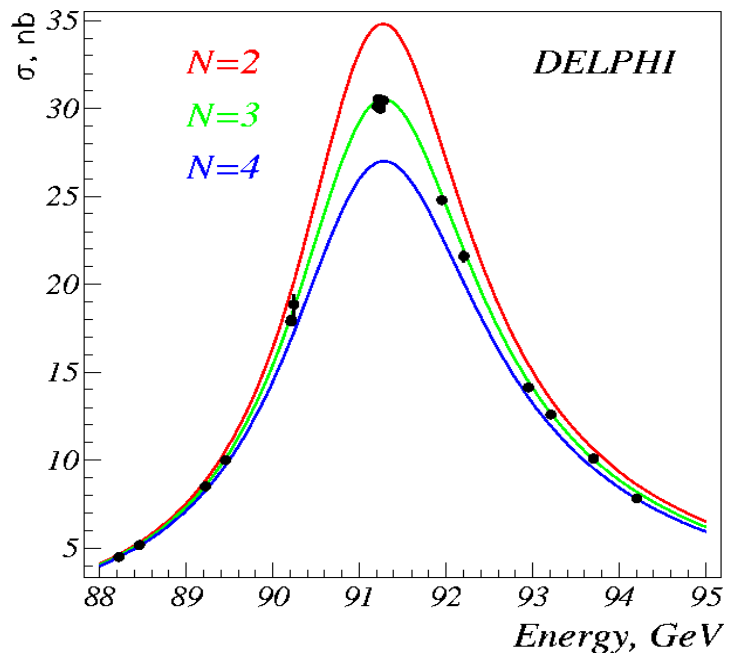
♦ Desintegração do bóson de gauge  $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

$$(P_{\nu Z})^2 = E_z^2 - \vec{P}_z^2 = M_z^2 = (P_{\nu}^{\mu^+} + P_{\nu}^{\mu^-})^2$$

(lembrando  $E^2 = m^2 + p^2$  para  $c=1$ )

$$M_{\mu^+\mu^-}^2 = (P_{\mu^+}^{\nu} + P_{\mu^-}^{\nu})^2 = m_{\mu^+}^2 + m_{\mu^-}^2 + 2E_{\mu^+} \cdot E_{\mu^-} + 2\vec{P}_{\mu^-} \cdot \vec{P}_{\mu^+}$$

$$= m_{\mu^+}^2 + m_{\mu^-}^2 + 2\sqrt{|\vec{P}_{\mu^+}|^2 + m_{\mu^+}^2} \cdot \sqrt{|\vec{P}_{\mu^-}|^2 + m_{\mu^-}^2} + 2\vec{P}_{\mu^-} \cdot \vec{P}_{\mu^+}$$

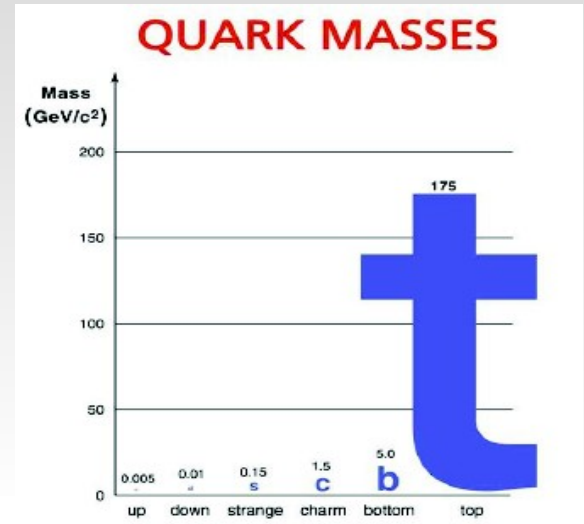
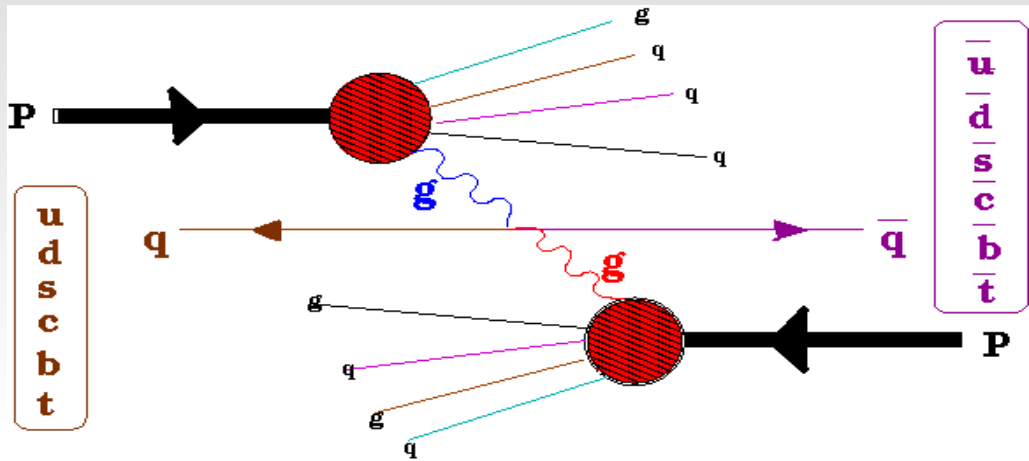


- ♦ Natureza das partículas
- ♦ Momento vetorial
- ♦ Análise estatística

$$BW = \left| \frac{\sqrt{m_{Z^0}\Gamma}}{m_{Z^0}^2 - M_{\mu^+\mu^-}^2 - im_{Z^0}\Gamma} \right|^2$$

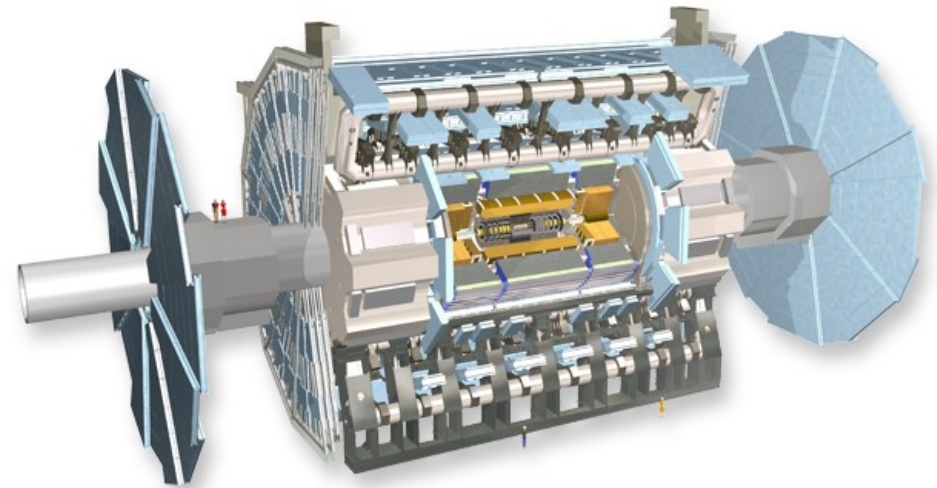
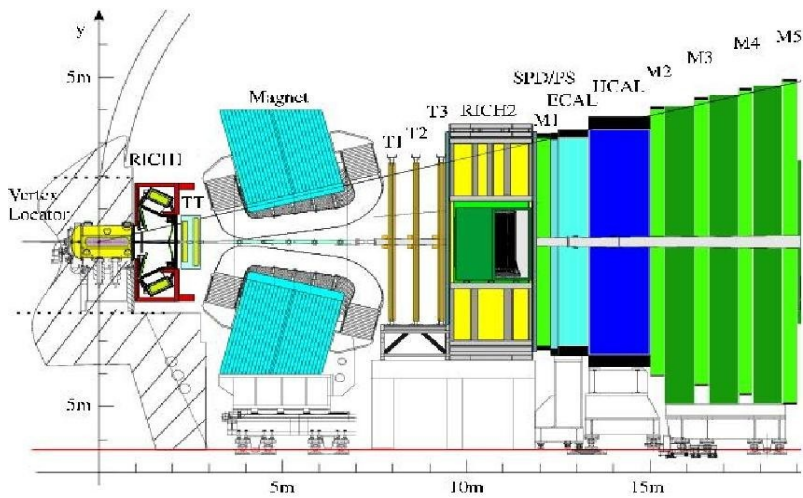


# Física e Geometria

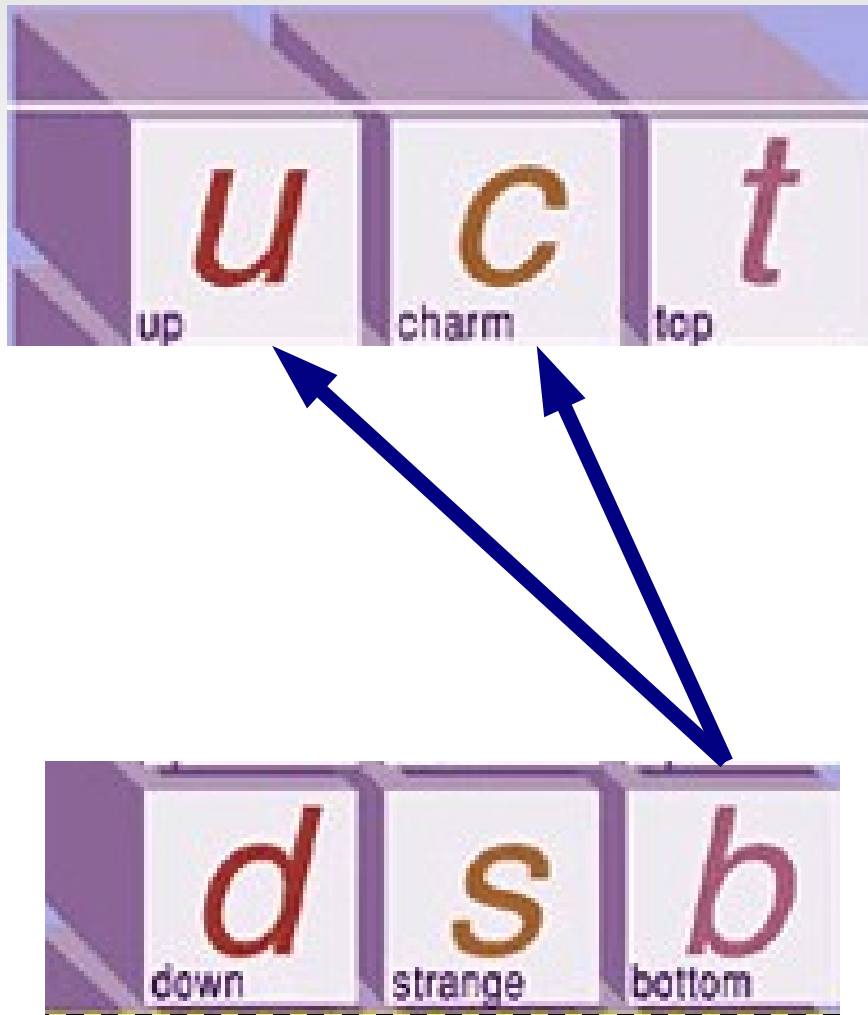


Física do quark b (5GeV)

Física do quark t (170GeV)



# Quark *b*: maior fonte de violação de CP



Decaimentos de partículas envolvendo o quark *b*, apresentam forte componente de violação de CP



$$B_d \rightarrow \pi^- K^+$$

$$A_{CP} = -0.097 \pm 0.012$$

$$B_u \rightarrow \rho^0 K^+$$

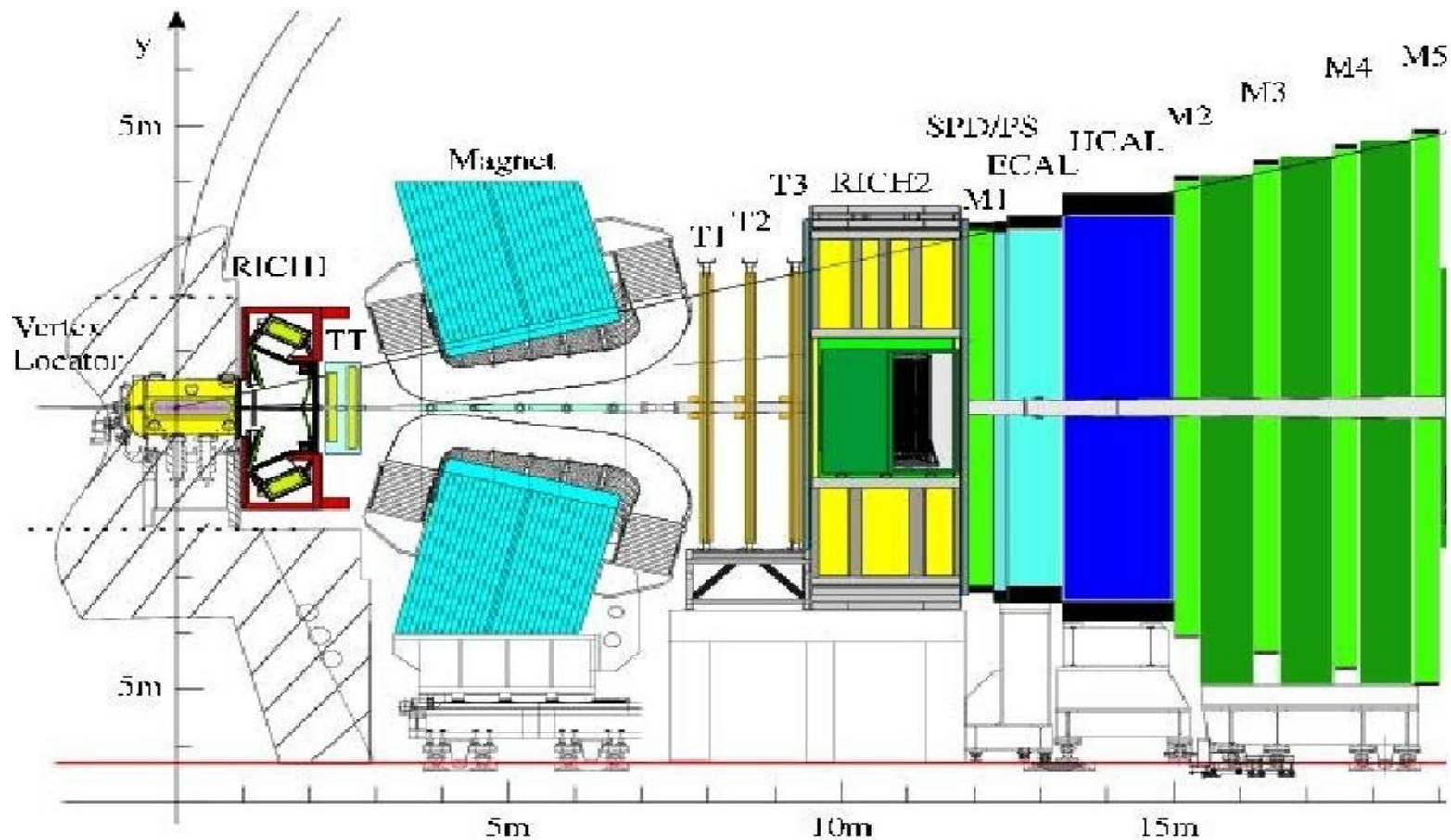
$$A_{CP} = -0.41 \pm 0.10$$



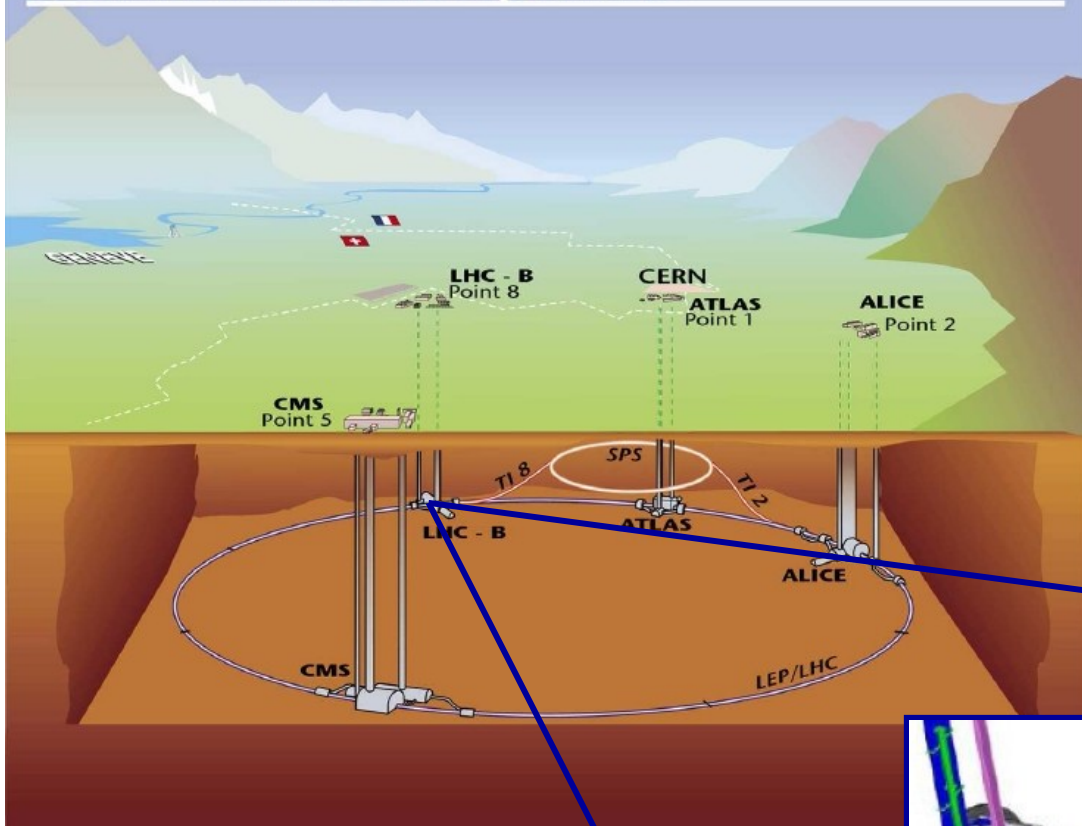


# *Observação dos eventos*

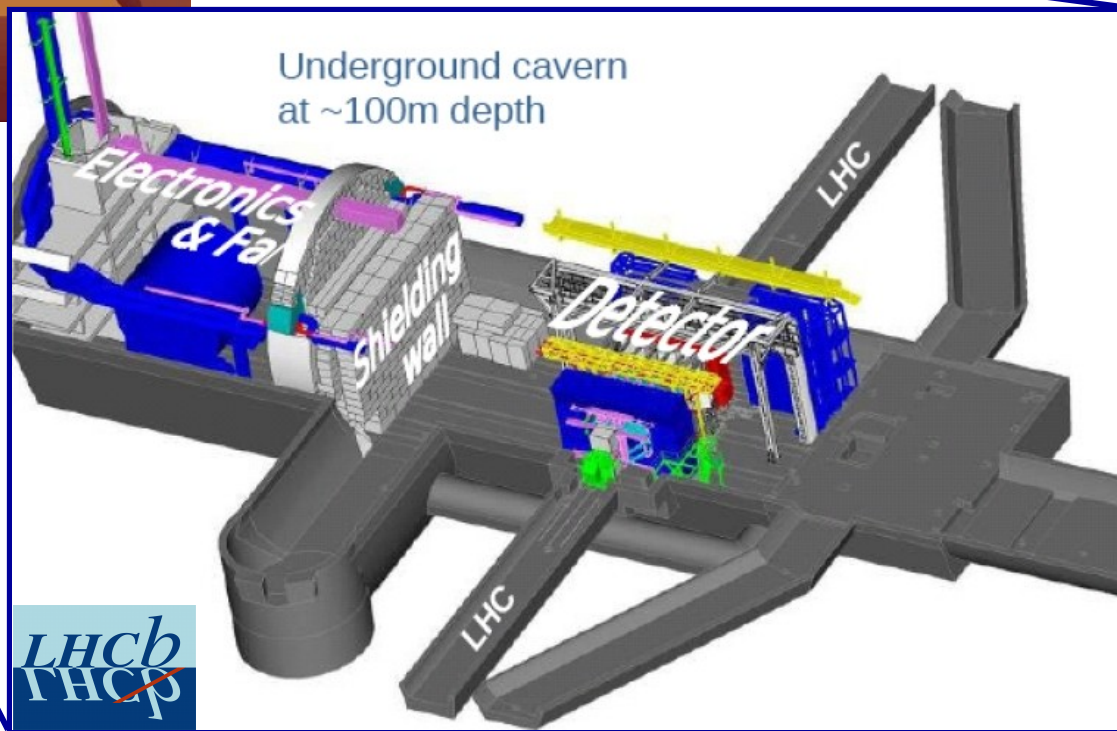
- ♦ Determinação da natureza das partículas
- ♦ Momento vetorial das partículas carregadas
  - ♦ Energia das partículas neutras



## Overall view of the LHC experiments.



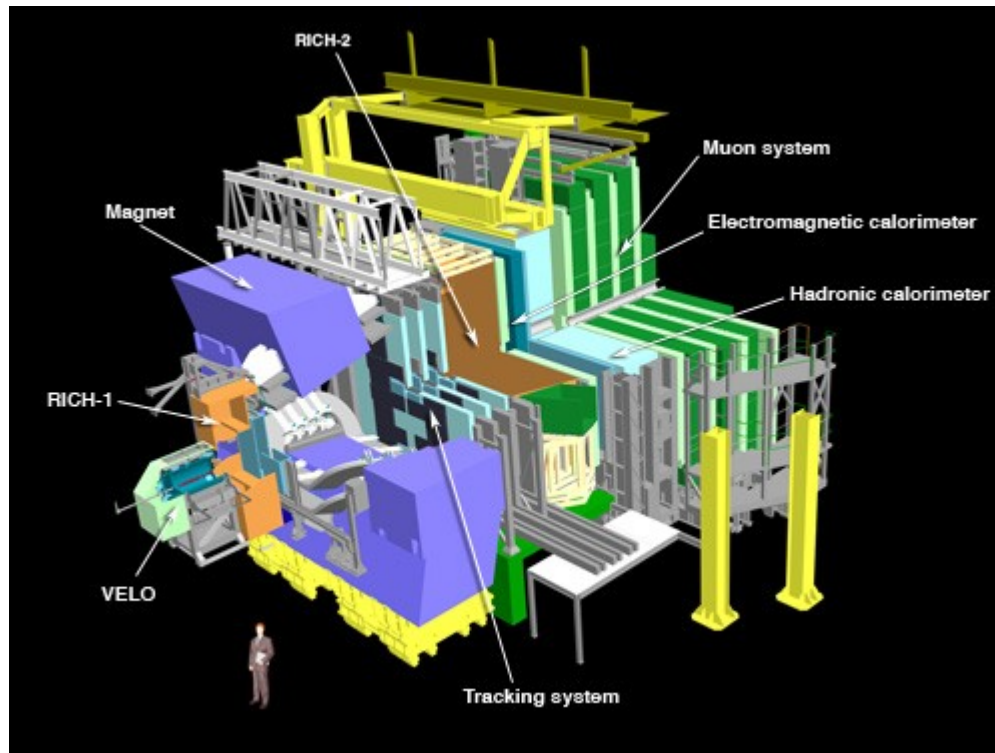
# *LHCb*



LHCb  
THCP

# *A Colaboração LHCb*

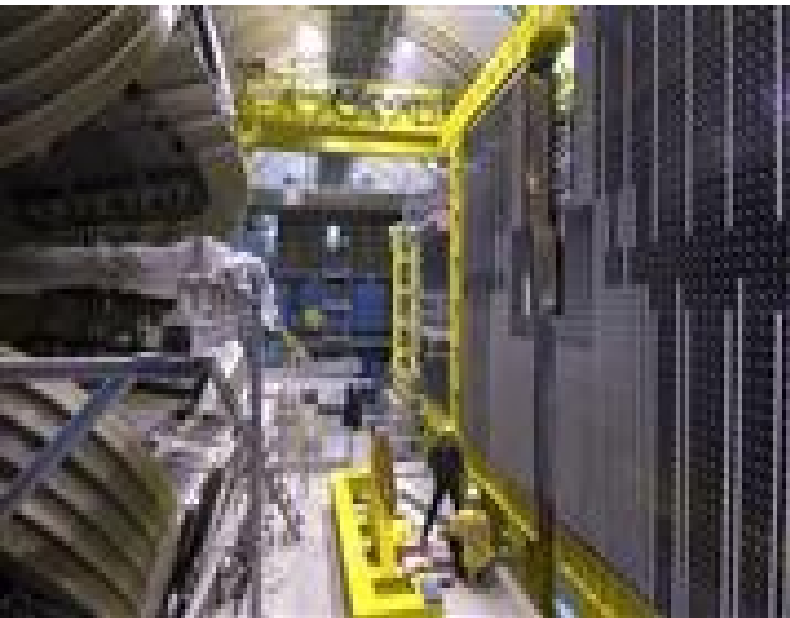
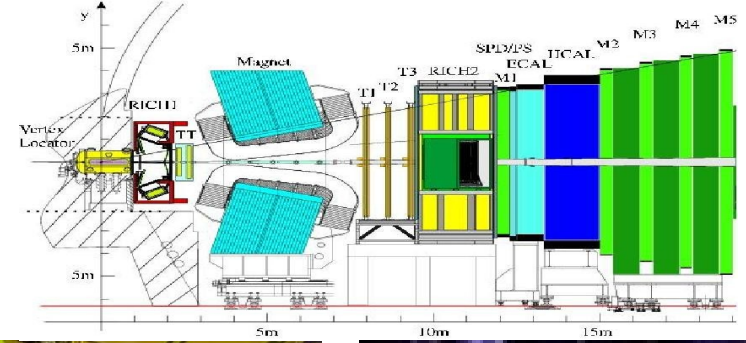
- ◆ 51 instituições provenientes de 14 diferentes Países



- ◆ Produzir de 10 a 100 vezes mais B's e D's, reconstruídos por ano, que o Belle e BaBar produziram nos 10 anos de funcionamento



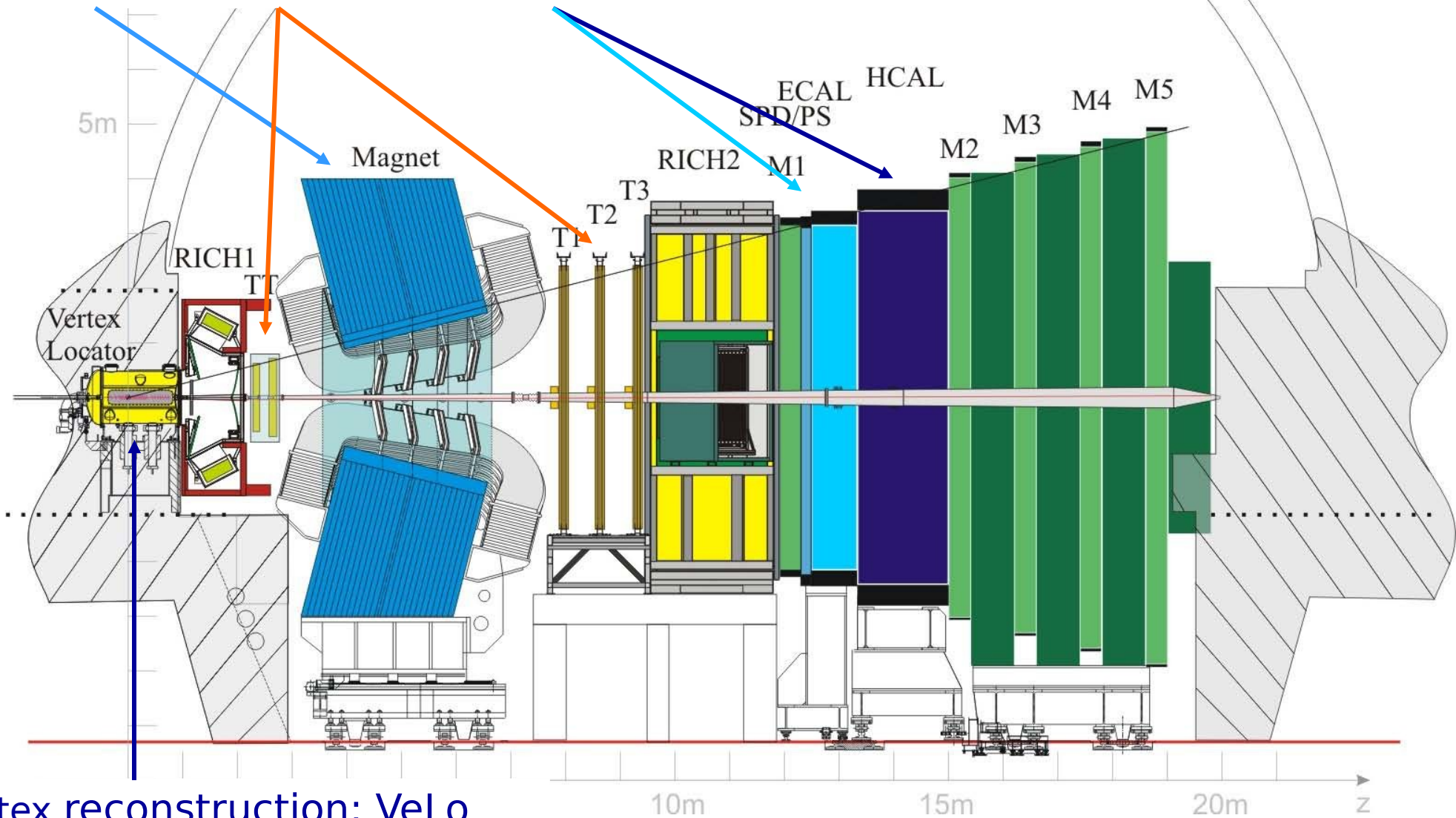
# LHCb



# Sistema de determinação do momento vetorial das partículas

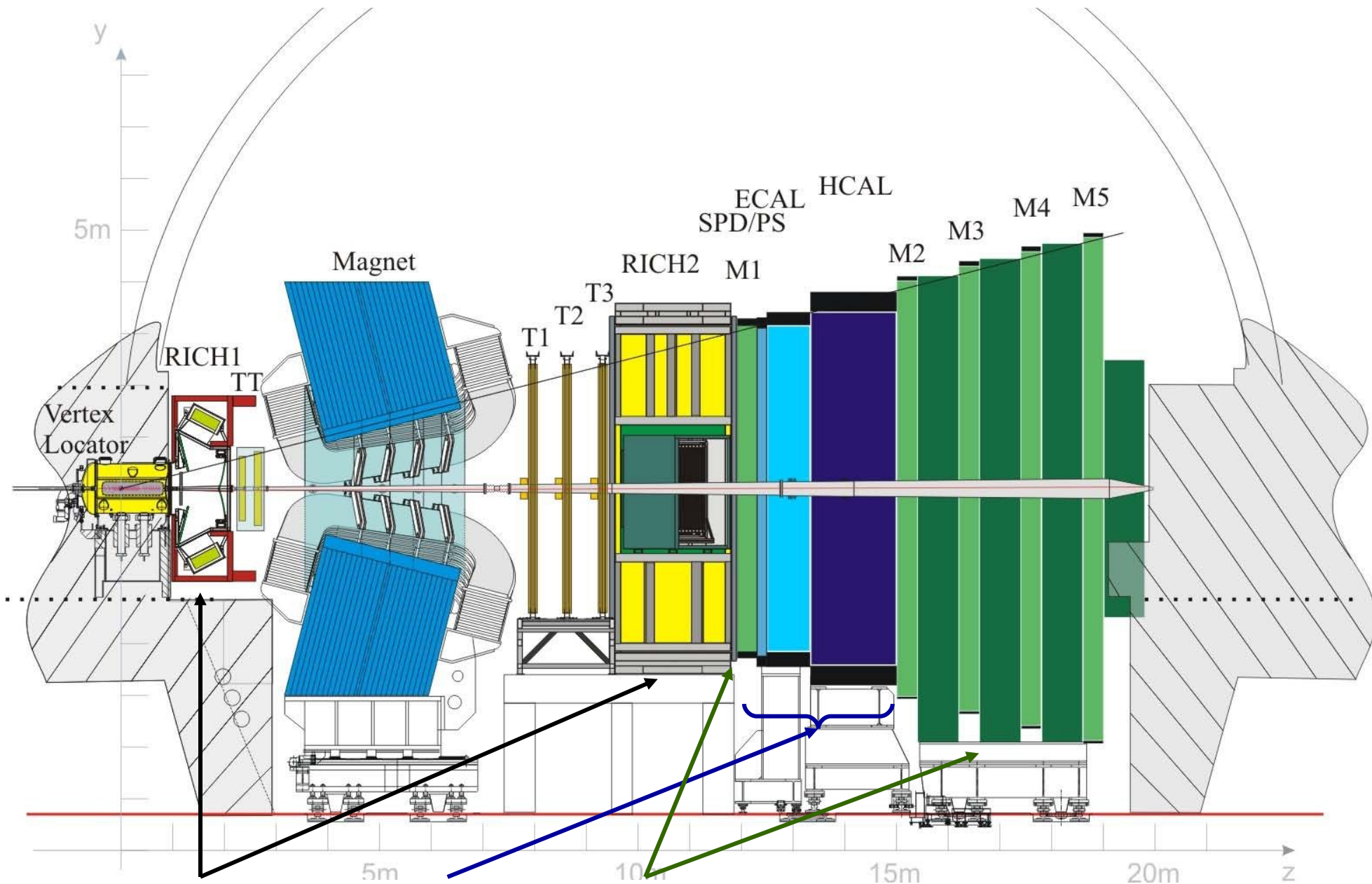
Tracking system:

Magnet, Tracker, Calorimeters



Vertex reconstruction: VeLo

# Sistema de Identificação da natureza das partículas



PID: RICH, Calorimeters, Muon system

# *Participação Brasileira*

## **Três Instituições Participantes**

***CBPF***

***IF-UFRJ***

***PUC-Rio***

- Professores/pesquisadores 11
- Tecnólogos e tecnologistas 4
- Alunos de doutoramento 4
- Aluno de mestrado 1
- Alunos de iniciação científica 9
- Pós – doutores 1

---

30

# Desenvolvimento do chip CARIOCA

International Journal of High-Energy Physics Sign in | Forgotten your password? | Sign up

---

## CERN COURIER

50 years  
1959-2009

Search

---

Latest Issue | [Archive](#) | [CNL](#) | [Jobs](#) | [Links](#) | [Buyer's guide](#) | [Events](#) | [Contact us](#)

---

**REGISTER NOW**

Register as a member of [cerncourier.com](#) and get full access to all features of the site. Registration is free.

### CERN COURIER

Oct 30, 2000  
**LHCb's Brazilian CARIOCA**



The demands that CERN's forthcoming Large Hadron Collider (LHC) place on detectors have led the LHCb collaboration to look to Latin flair for a solution. A group from the Laboratório de Partículas Elementares (LAPE) at the Physics Institute of Brazil's Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) has been working with the CERN microelectronics group to develop readout chips for the experiment's muon detectors.

LHCb is a collaboration dedicated to the study of CP violation, the mechanism responsible for the matter-antimatter imbalance in the universe. It will do so by observing the decays of B-mesons, particles containing b-quarks, emerging from high-energy proton-proton collisions in the LHC.

Since such decays frequently involve muons, the collaboration's muon system is a key element of the detector, both for triggering and measurement purposes. LHCb's muon detector is a combination of resistive plate chamber (RPC) and multi-wire

### KEY SUPPLIERS



INDUSTRIES, LLC

[More companies ▶](#)

### FEATURED COMPANIES

For maximum exposure, become a Featured Company. [Contact our sales team.](#)

[Buyer's Guide ▶](#)

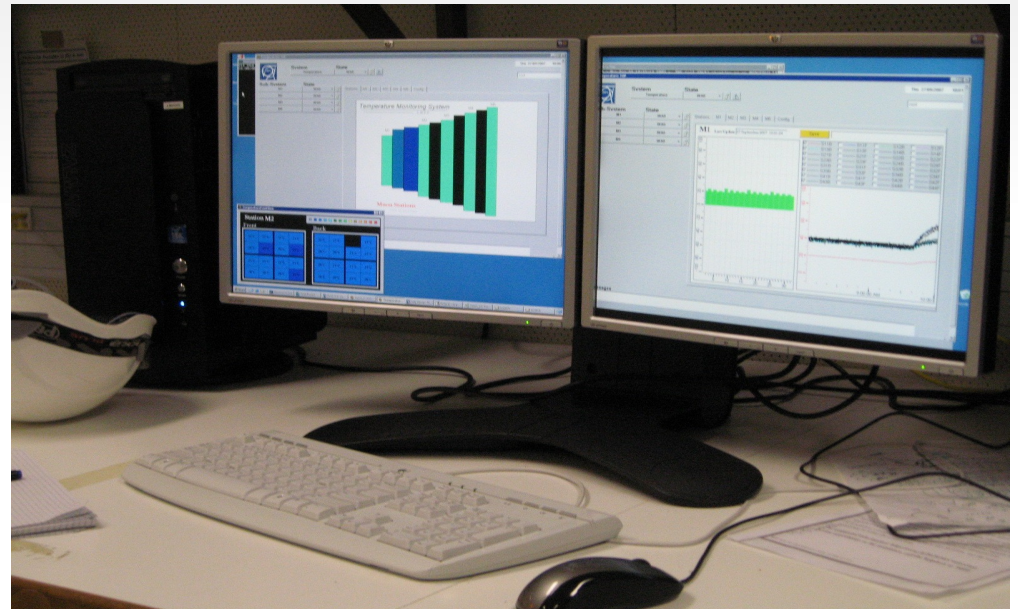
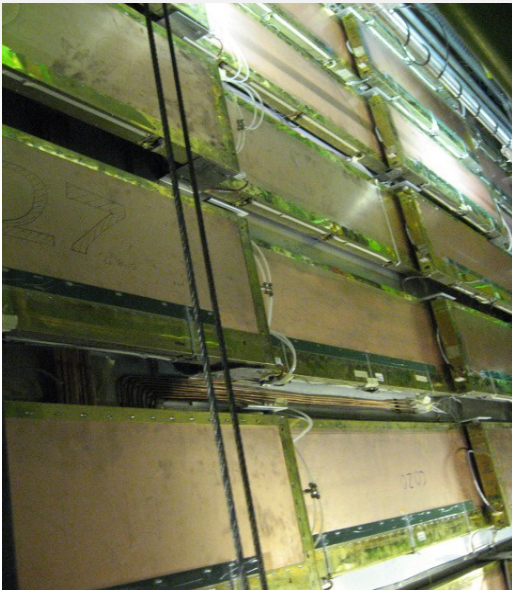
**Sistema de testes desenvolvido e utilizado Brasil**





# LHCb/ECS – Detector de múons: Temperature Monitoring System

- Experiment Control System – ECS
- Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA
- Prozessvisualisierungs- und Steuerungs-System - PVSS

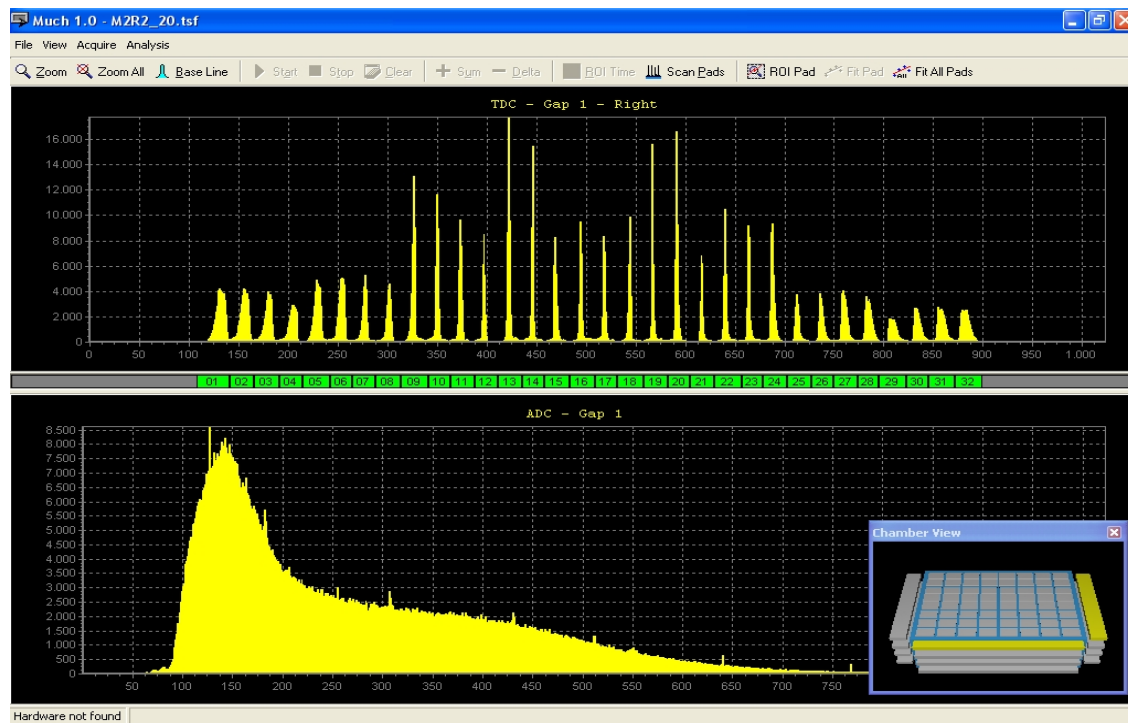
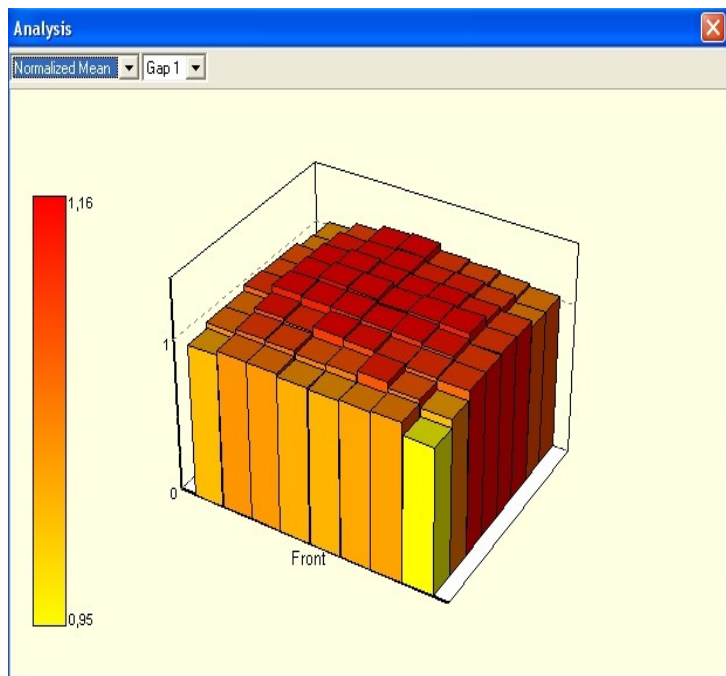


- 128 sensores instalados e testados
- ELMBs instaladas e testadas
- 
- Vista do painel do programa na sala de controle



# Estação de testes das câmaras de múons do LHCb

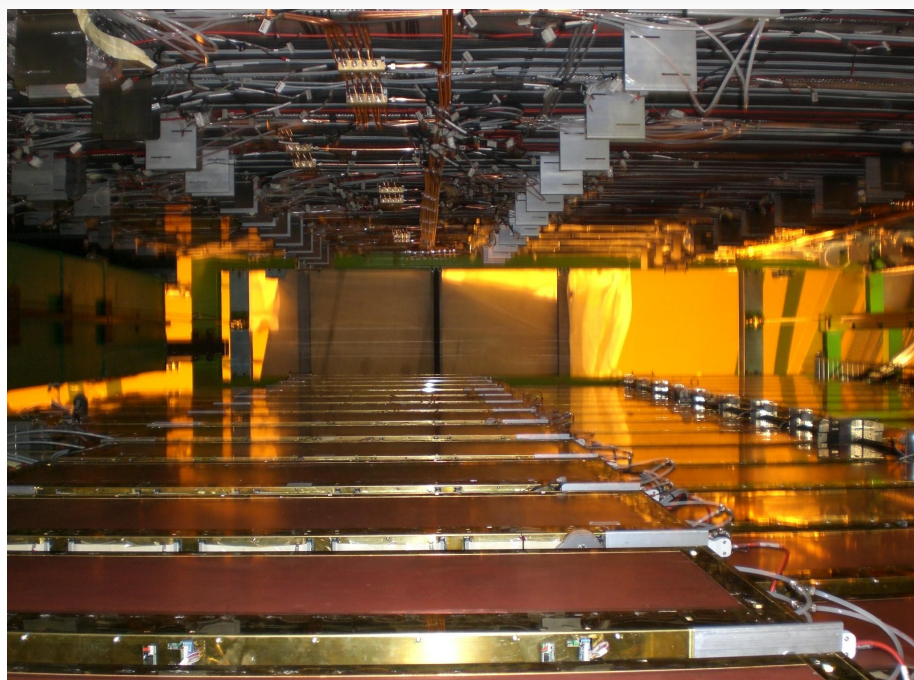
Hardware e software próprios para testar uniformidade do ganho das câmaras com fonte radiativa





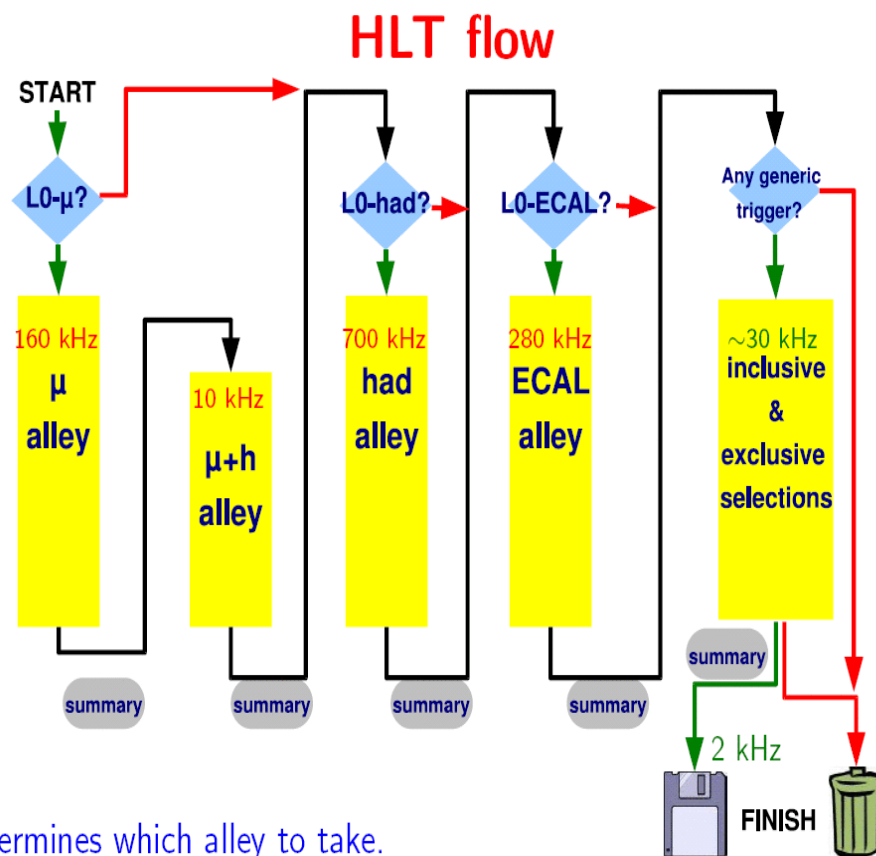
# Montagem das câmaras de múons

O grupo do CBPF instalou cerca de 40% das 1200 câmaras do sistema de múons do LHCb



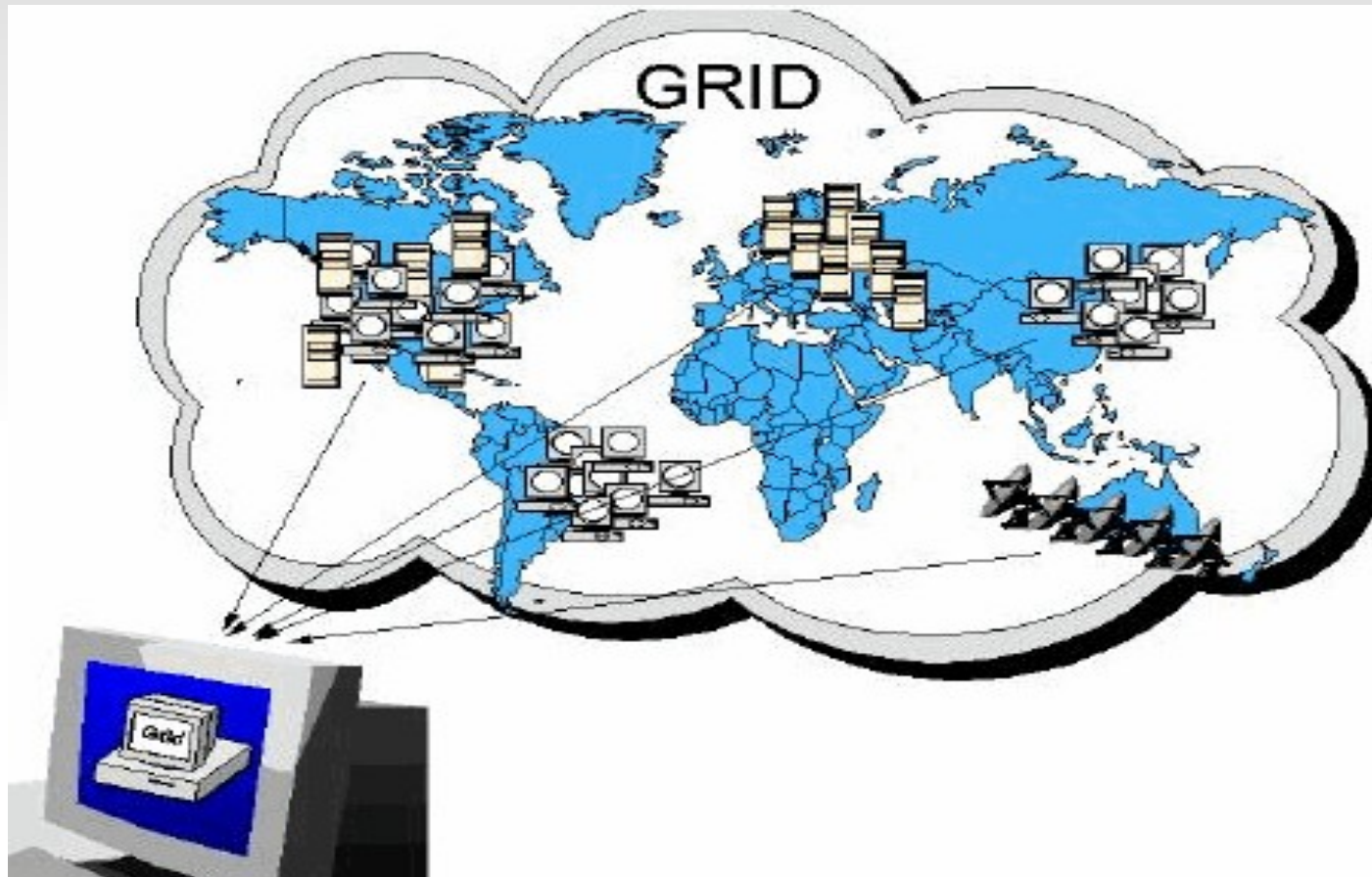
# Desenvolvimento de Software

- Ferramentas básicas do online framework
- Algoritmos de reconstrução para o trigger (HLT) muons e hadrons
- Arquitetura e construção do sistema de monitoração do trigger (HLT) – taxas de aquisição e equilíbrio interno
- Identificação de muons
- Trigger Inclusivo de hadrons





# Sistema GRID: WLCG 100.000 CPU's

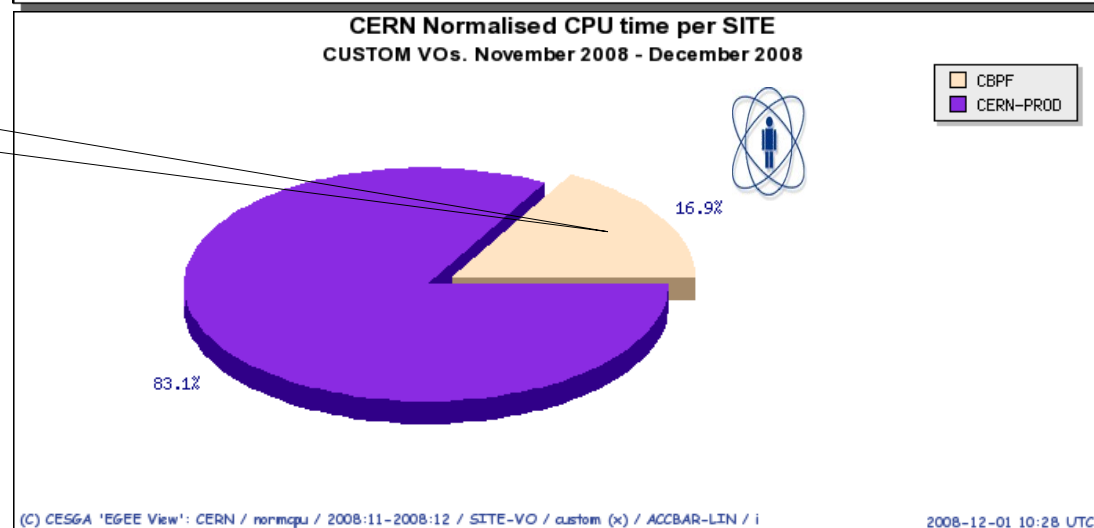
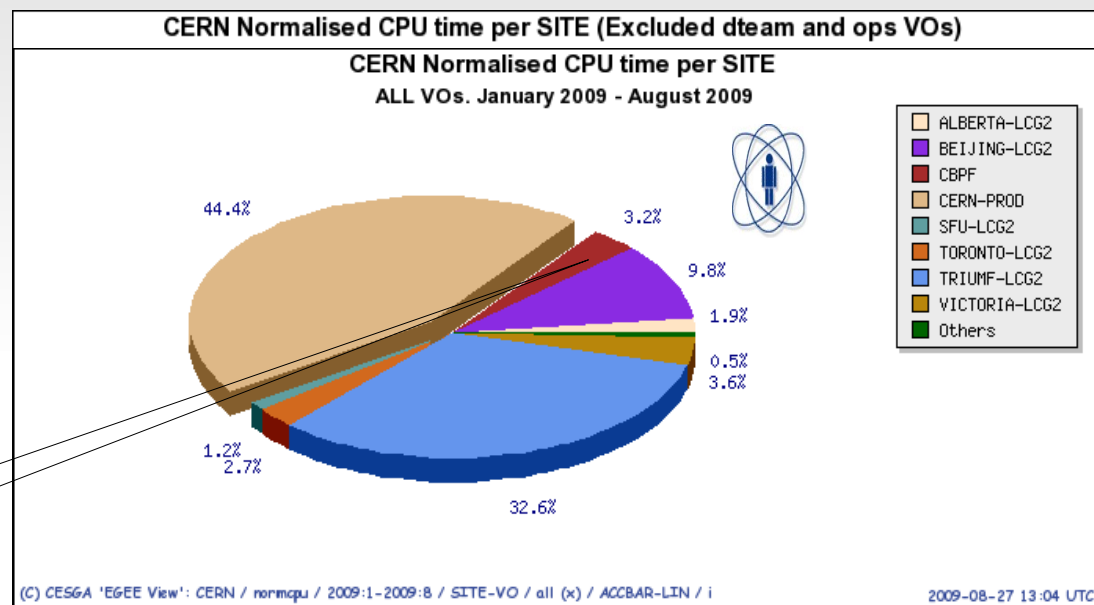
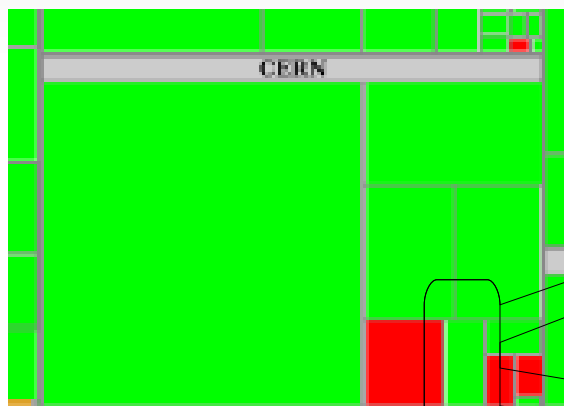




# Produção do site CBPF

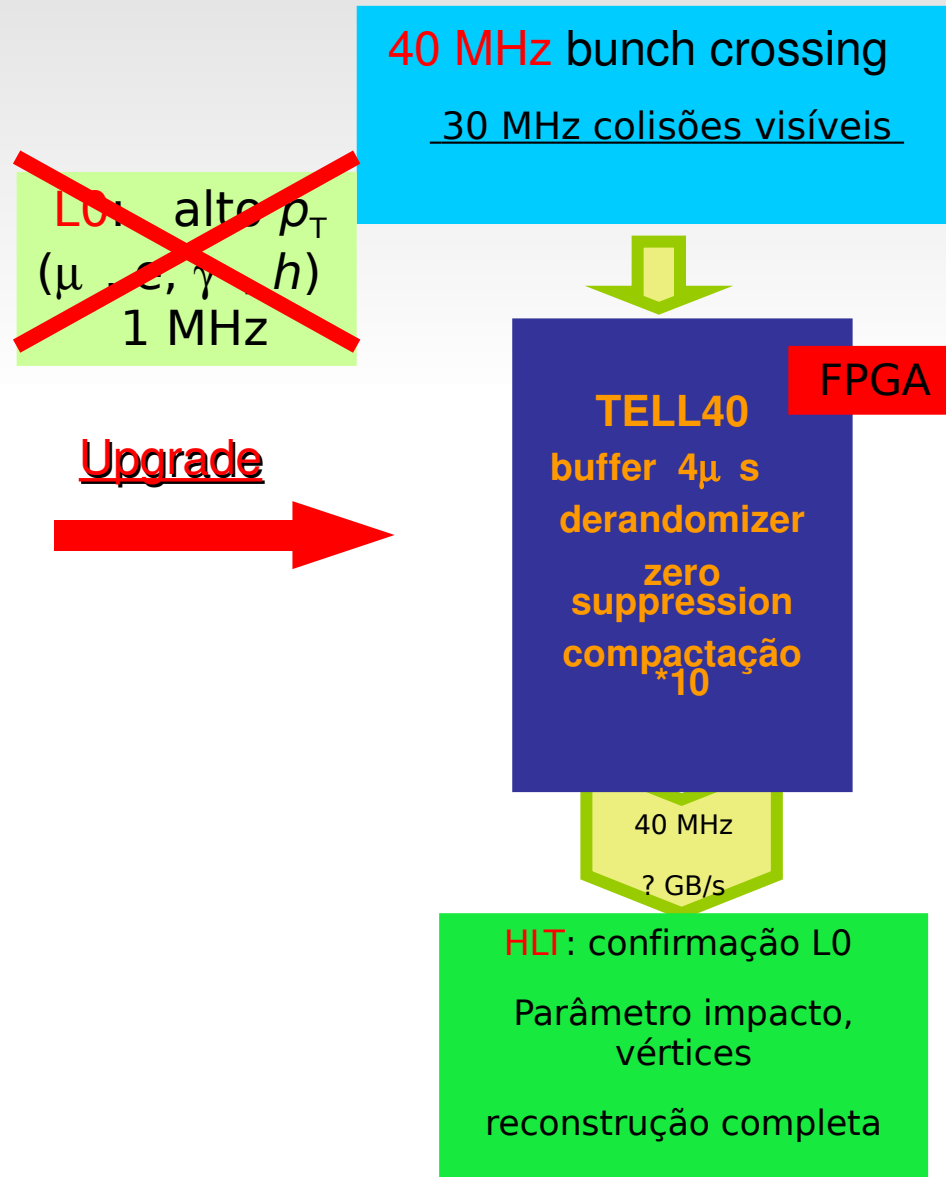
## 5659 CPU's no ROC CERN

### 144 funcionando no CBPF (2,5%)



# Projeto de upgrade da eletrônica de aquisição de dados Tell40

(2013): Luminosidade de  $2 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   $\rightarrow$   $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



Cada módulo custando cerca de U\$15.000,00. Necessário cerca de 250 módulos.

# Pesquisas Físicas

- Abertura de uma nova linha de pesquisa
  - acesso a fases eletrofracas via análise interferométrica em estados finais de três corpos – Dalitz plot.
- Projetos de investigação de física além do M. Padrão
  - medidas de precisão: decaimentos raros, oscilações de mésons charmosos neutros.
  - fenômenos super simétricos
- Projetos básicos de caracterização e calibração do detector com física já estabelecida -- p.ex.  $\sin(2\beta)$



# *Sumario*

- ♦ A dinâmica das interações tem um papel central na formação da matéria.
- ♦ O processo de criação-aniquilação foi dominante no início do Universo.
- ♦ Uma parte em um 10bilhões de quarks não se aniquilaram com a expansão do Universo.
- ♦ Não há evidências de processos onde o número bariônico é violado.
- ♦ Existe violação de CP em sistemas em equilíbrio termodinâmico, mas não é suficiente para explicar a assimetria matéria anti-matéria.
- ♦ A experiência LHCb tem como objetivo aprofundar ainda mais a questão da violação de CP