

Matéria e Anti-matéria no Universo e o LHCb



Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa.
Ignacio Bediaga - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas



AS NÚVENS DE KELVIN

“Nineteenth-Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light”



Lord Kelvin, 27 de Abril 1900

“The beauty and clearness of the dynamical theory, which asserts heat and light to be modes of motion, is at present obscured by two clouds.”

Que núvens eram essas?

Incapacidade de detectar o Éter e a “Catástrofe ultra-violeta”

A Física estaria limitada à medição de quantidades conhecidas com grande precisão...

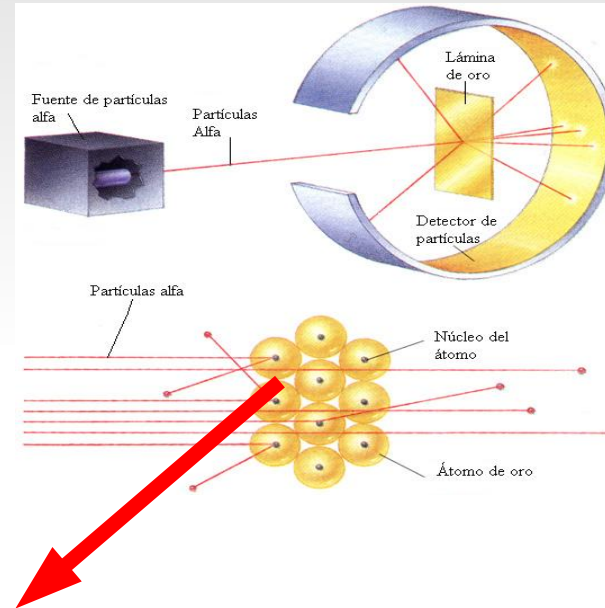
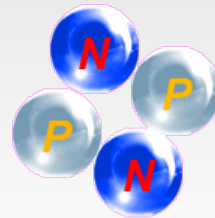
Kelvin não podia estar mais enganado...

O Átomo dinâmico do Séc XX

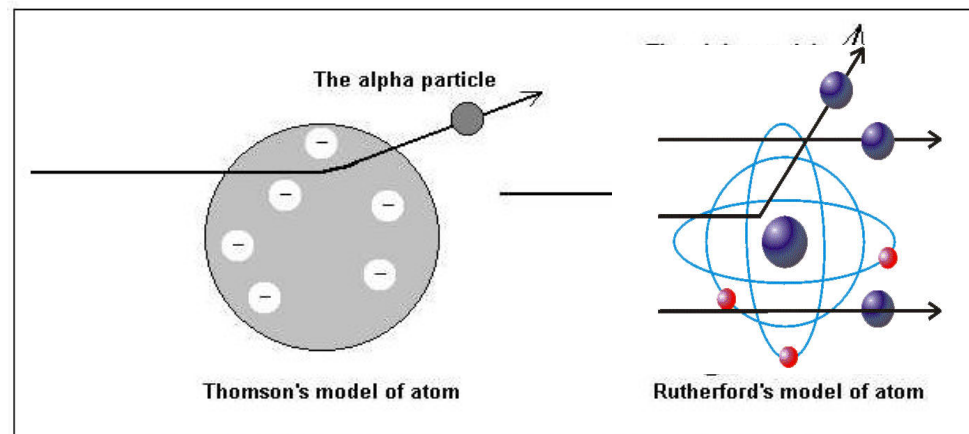


Rutherford:

Partículas alfa

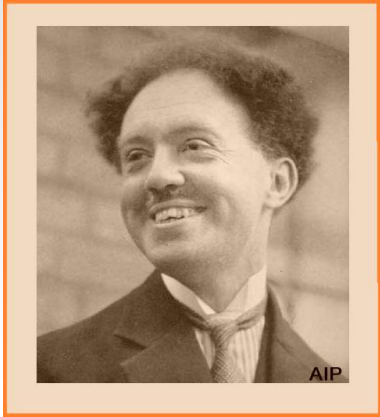


Bohr:



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

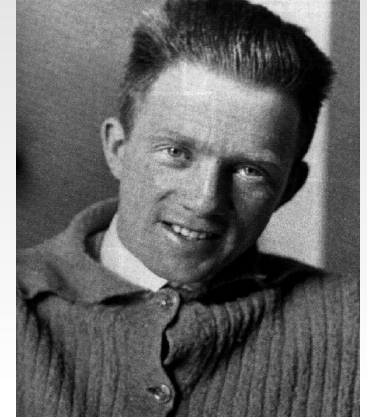
Mecânica Quântica



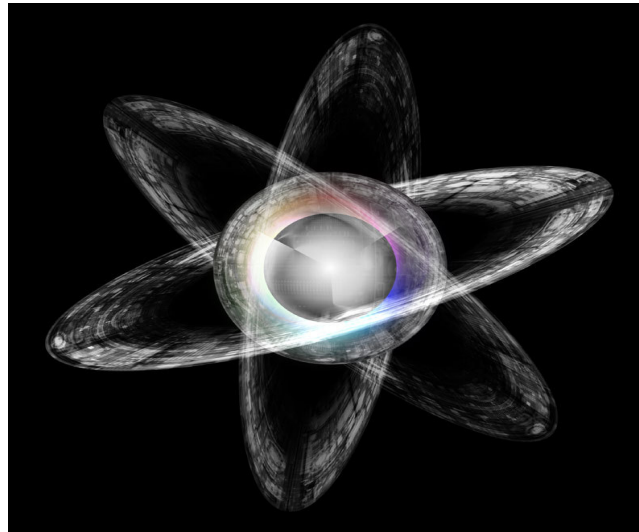
***Dualidade onda
partícula
De Broglie
(1924)***



***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. 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

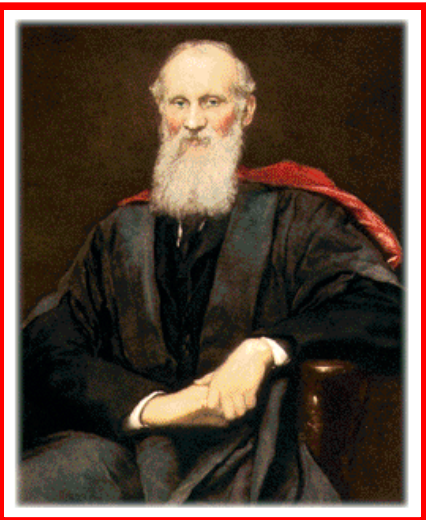
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \begin{cases} \text{Se } v^2/c^2 \rightarrow 1; & \gamma \rightarrow \infty \Rightarrow E \rightarrow \infty \\ \text{Se } v^2/c^2 \rightarrow 0; & \gamma \rightarrow 1 \Rightarrow E \rightarrow m_0 c^2 \end{cases}$$

Consequências diretas do princípio da relatividade:

- 1- Nenhum objeto com massa pode ter velocidade igual a da 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

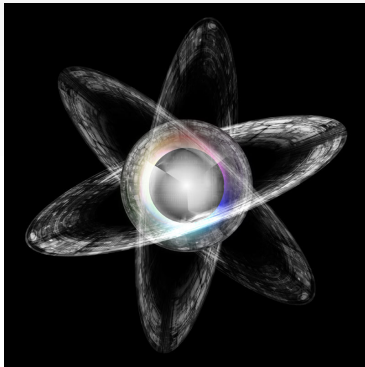
Lorde Kelvin (1900)



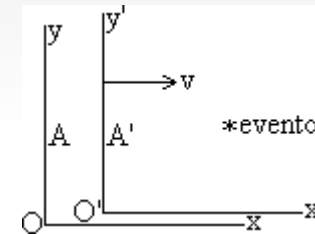
Gedankenexperiment Equação de Dirac (1928)



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



**Einstein:
Relatividade**



**Equação de Dirac para um
elétron relativístico**

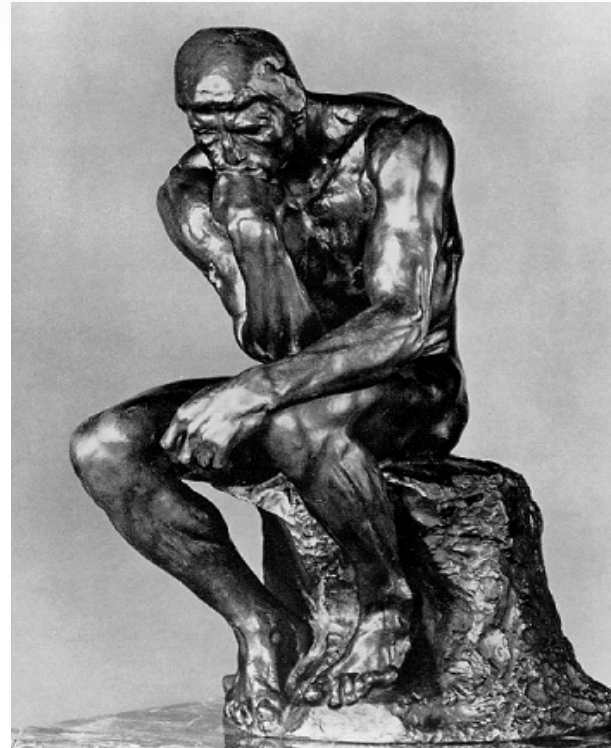
$$(i\gamma^\mu \partial_\mu - m)\psi = 0$$

Pósitron ou anti-elétron

A solução desta equação é da forma:

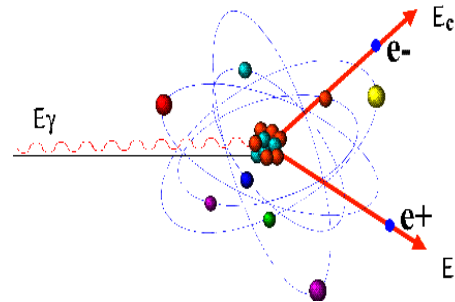
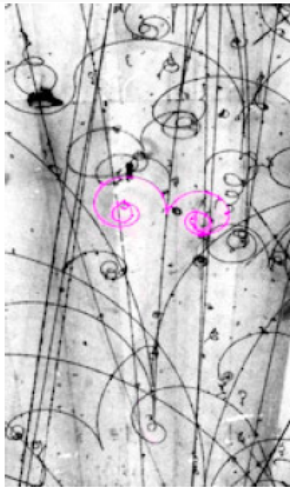
$E^2 = m^2 C^4$, ou seja E pode ser tanto $+ mc^2$ como $- mc^2$.
Energia negativa ou anti-partícula????

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



Pósitron ou anti-elétron

1932 Carl Anderson - 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.

1956 - Descoberta do anti-nêutron, mesma massa do nêutron.

Anti-Matéria

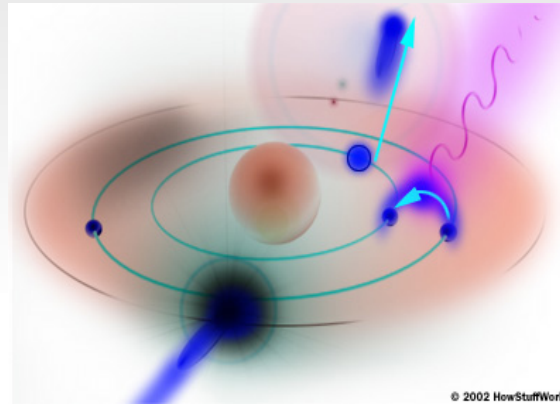
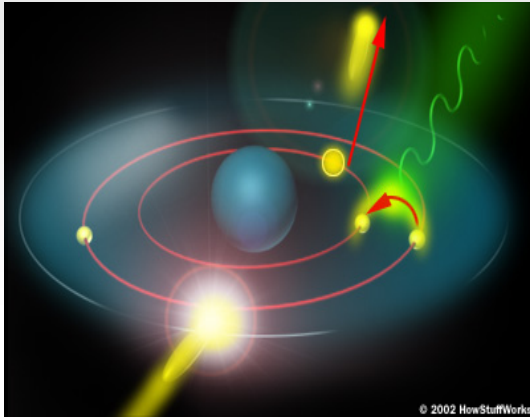
Para cada partícula de matéria temos outra de anti-matéria

Quarks	u up	c charm	t top
	d down	s strange	b bottom
	ν_e e- Neutrino	ν_μ μ - Neutrino	ν_τ τ - Neutrino
Leptons	e electron	μ muon	τ tau
	I II III		
	The Generations of Matter		

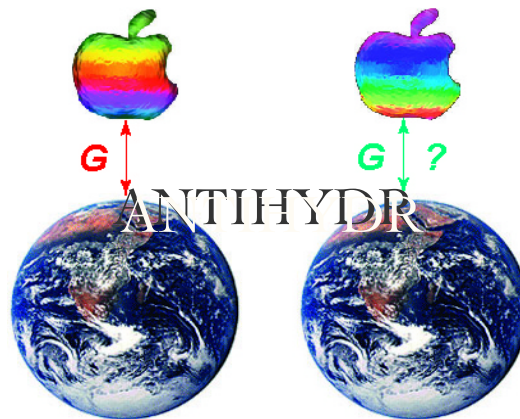
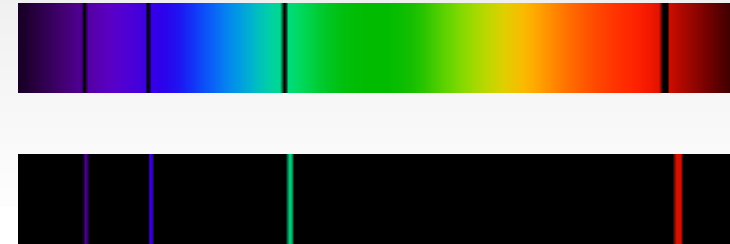


Quarks		Anti-quarks	
u up	d down	\bar{u}	\bar{d}
t top	b bottom	\bar{t}	\bar{b}
s strange	c charm	\bar{s}	\bar{c}
Leptons		Anti-leptons	
e electron	ν_e electron neutrino	e^+	$\bar{\nu}_e$
μ muon	ν_μ muon neutrino	$\bar{\mu}$	$\bar{\nu}_\mu$
τ tau	ν_τ tau neutrino	$\bar{\tau}$	$\bar{\nu}_\tau$

Átomos de Anti-Hidrogênio ALPHA e ATRAP



♦ Mesmo espectro de luz?



♦ Mesmo peso?

Bósons e Fermions!

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

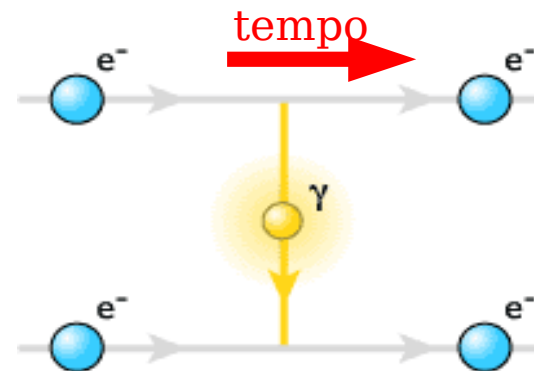
bósons

e as receptoras, conhecidas como

fermions

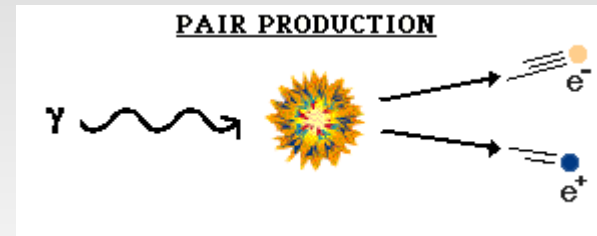
(A família dos elétrons (leptons) e a família dos quarks).

Primeira das
interações básicas da
natureza

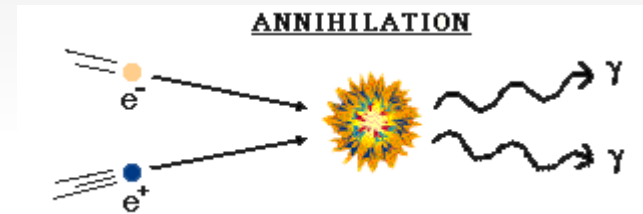


Nova Dinâmica: Aniquilação Partícula Anti-Partícula

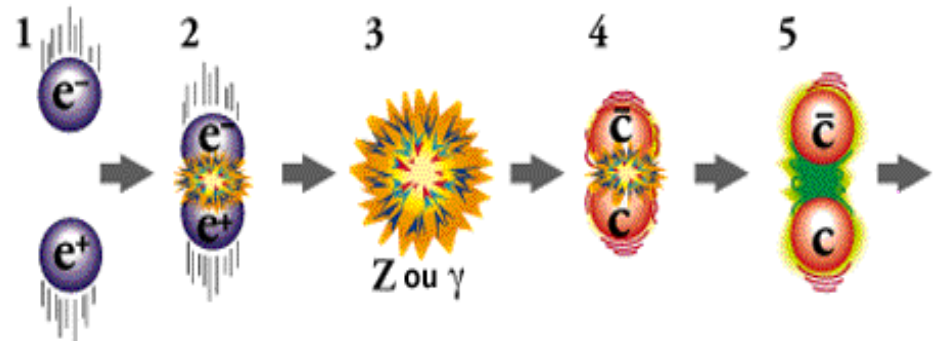
Criação
Partícula Anti-Partícula



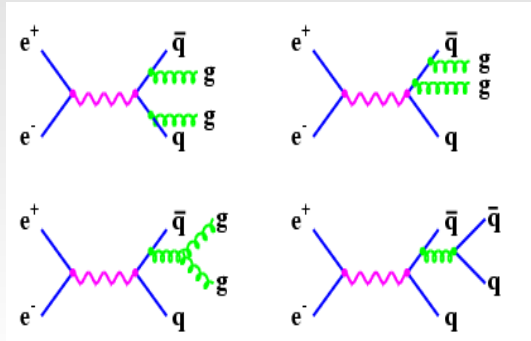
Aniquilação
Partícula Anti-Partícula



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



Dinâmica Partícula Anti-Partícula

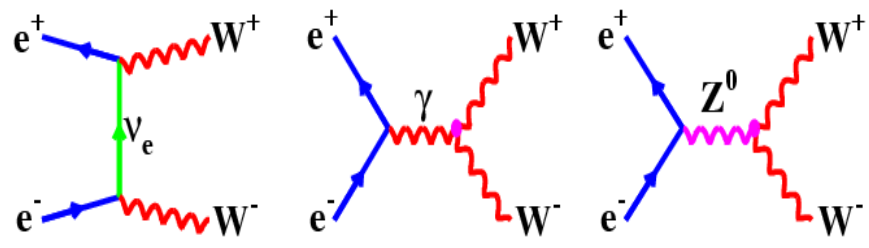
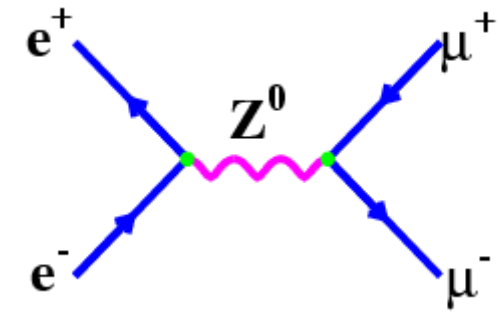
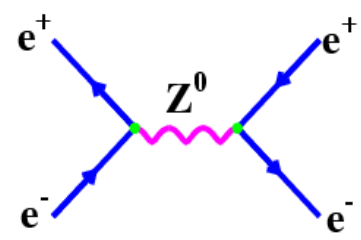
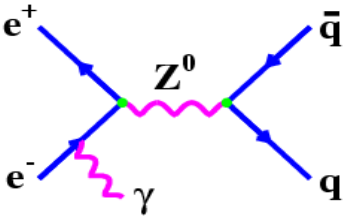
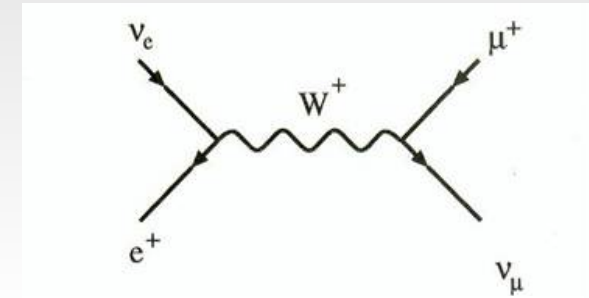
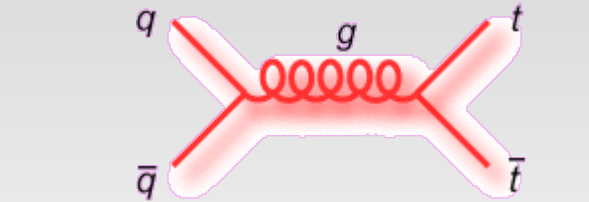


Elementary Particles

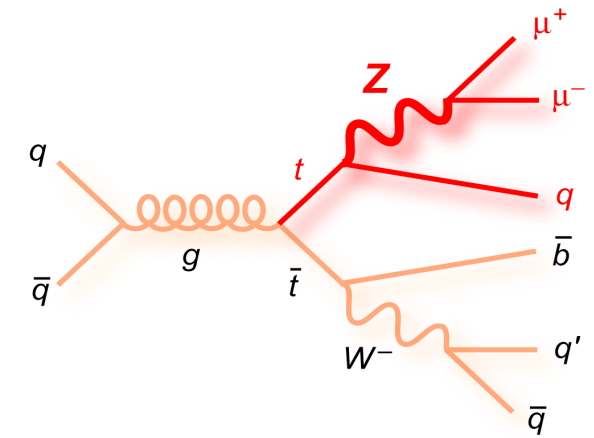
	I	II	III	Force Carriers
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon
	d down	s strange	b bottom	g gluon
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z Z boson
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	W W boson

I II III

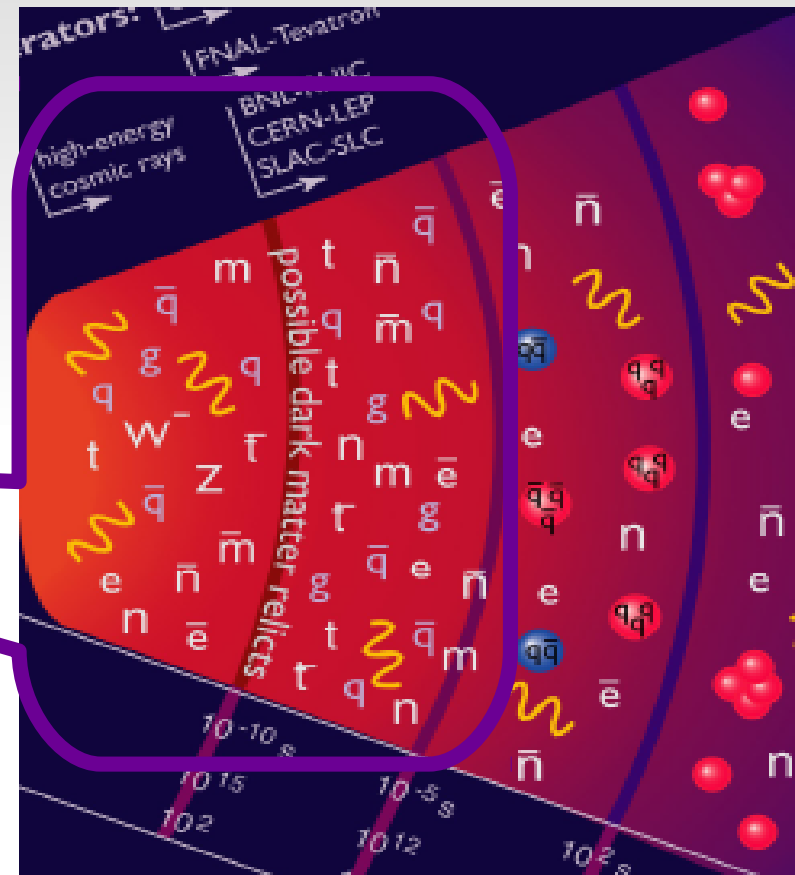
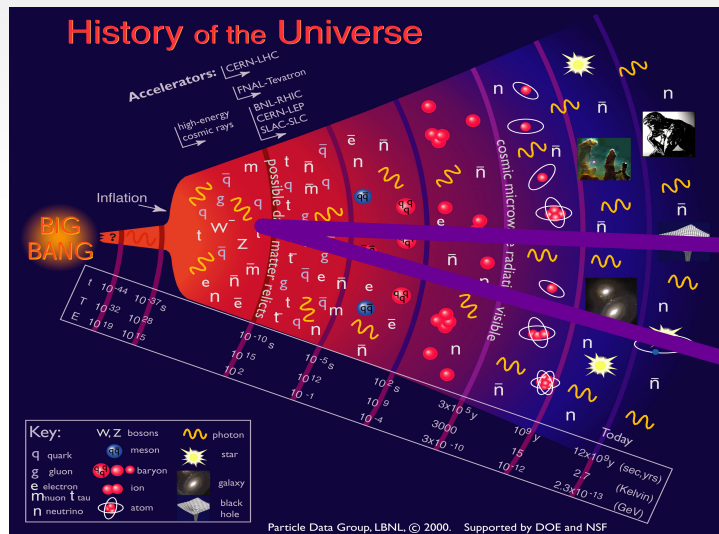
Three Families of Matter



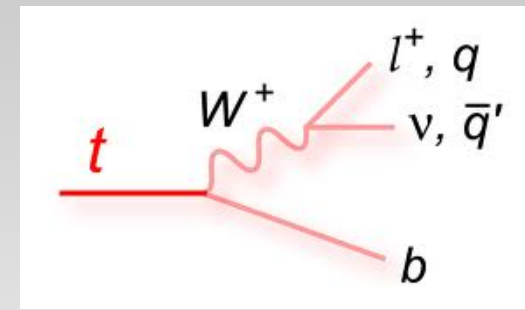
tempo



Início do Universo: criação e destruição



Força "Fraca"

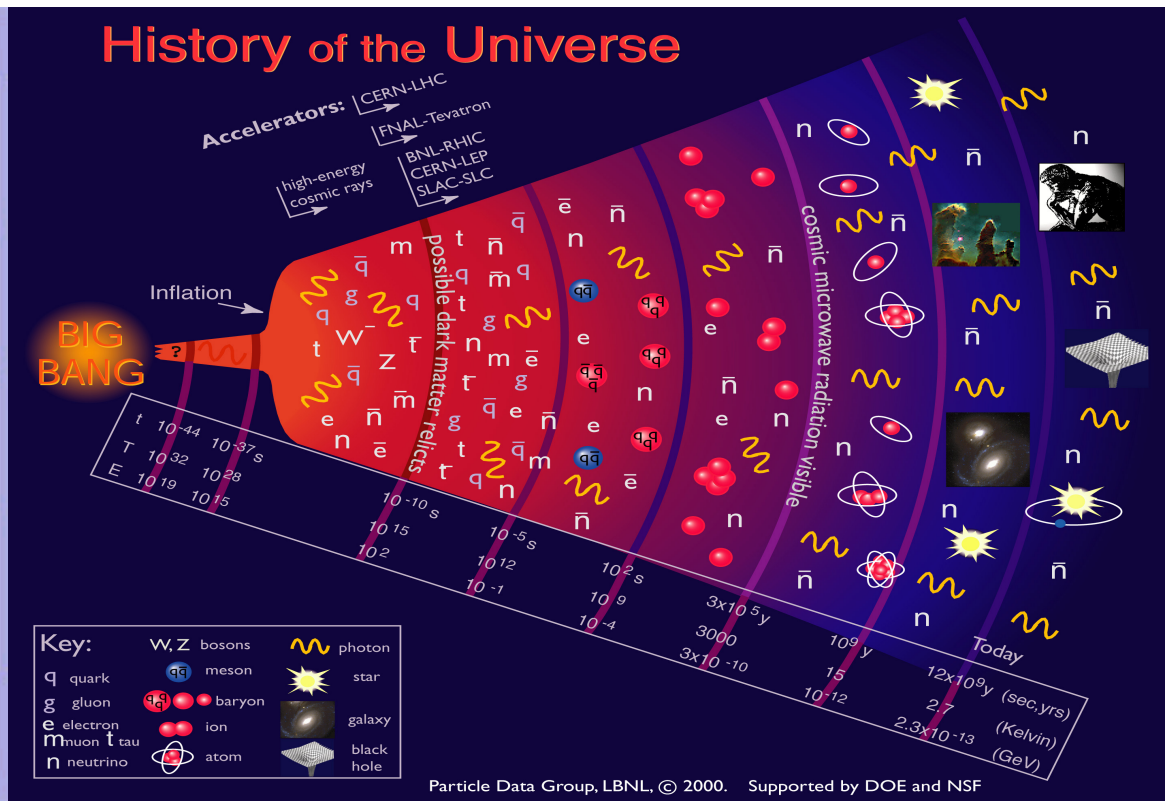


Três famílias de Quarks
e
três famílias de Leptons
no início do universo

Desintegração
→

Reduzidos a
uma família
de cada

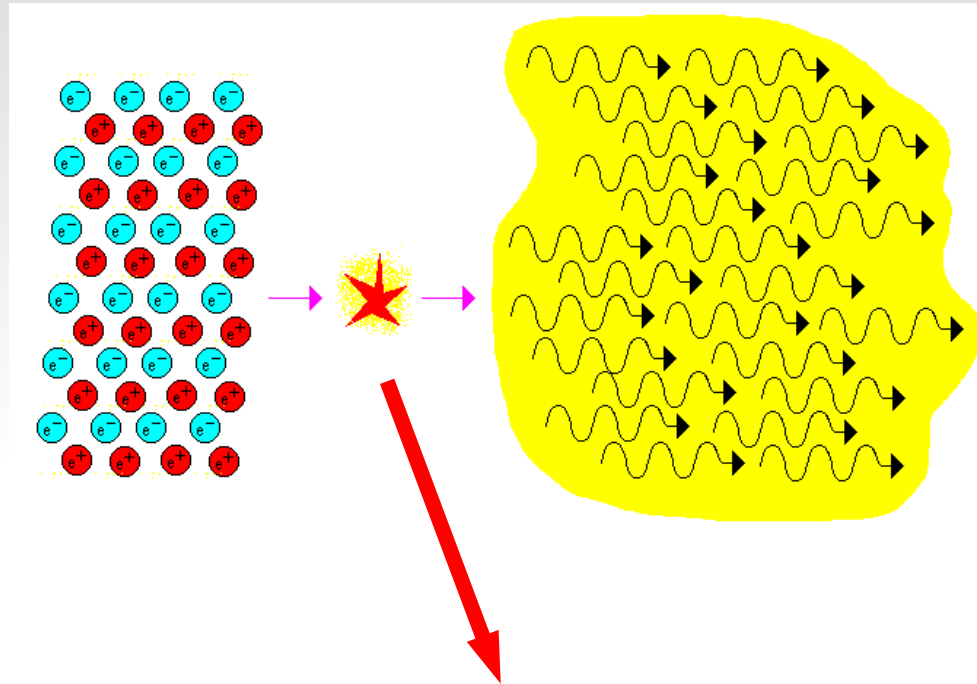
Quarks	u up	c charm	t top
	d down	s strange	b bottom
	ν_e e- Neutrino	ν_μ μ - Neutrino	ν_τ τ - Neutrino
Leptons	e electron	μ muon	τ tau
	I II III		
	The Generations of Matter		



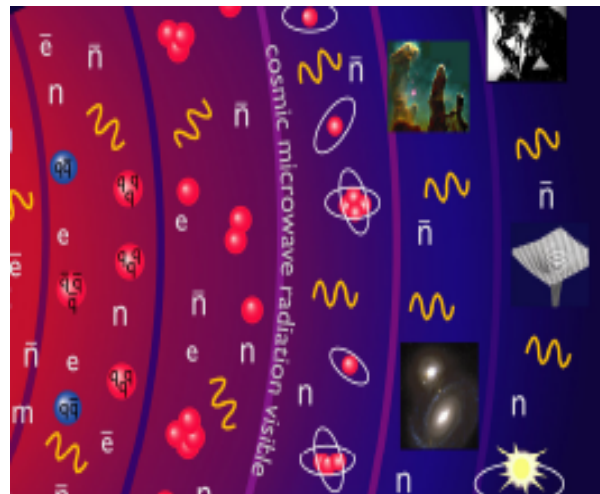
Quarks	u up	d down
	ν_e e- Neutrino	e electron
	I	

Expandindo, resfriamento e desintegrando.

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

+1

q

10,000,000,000

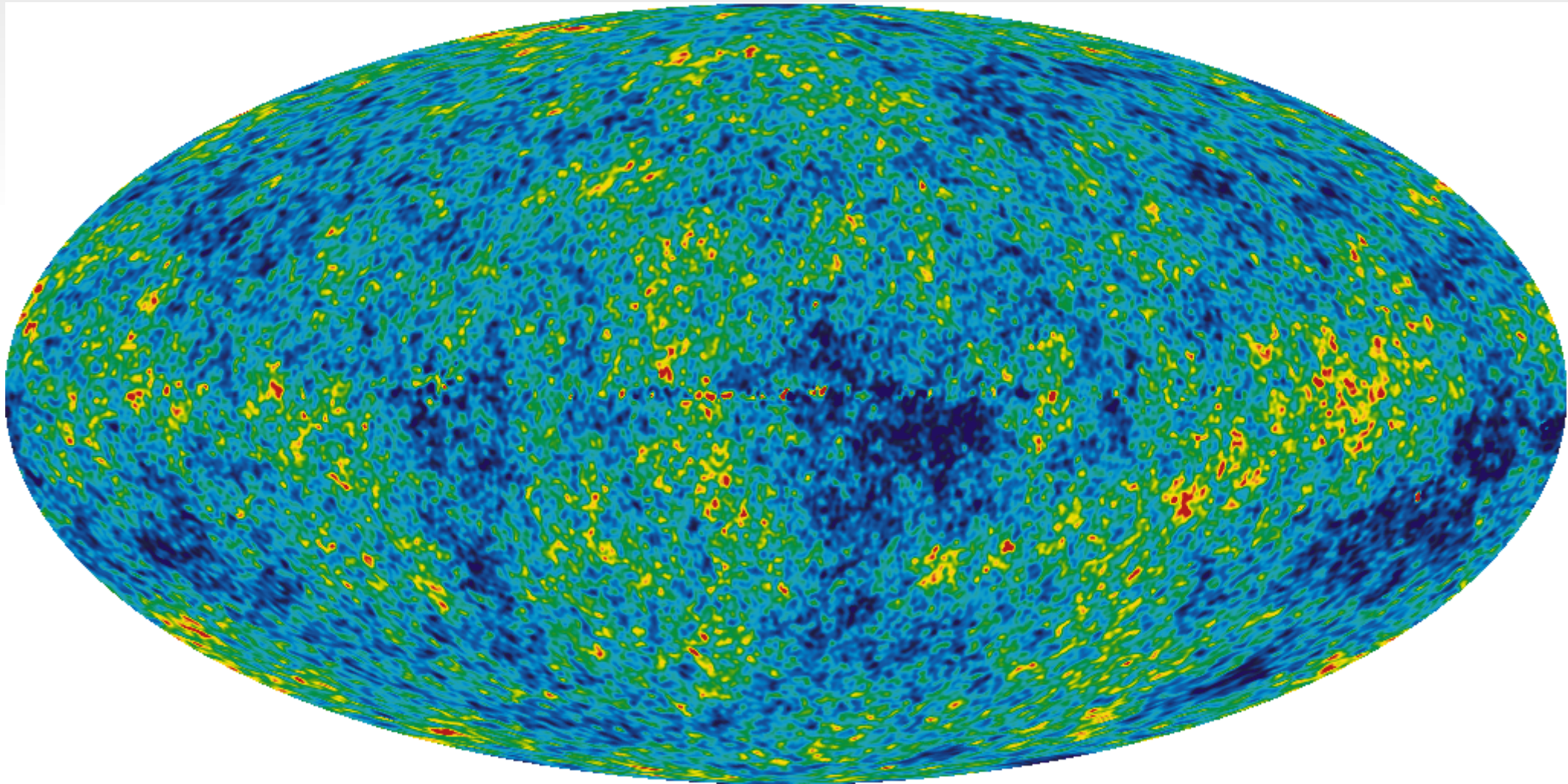
\bar{q}

Current universe



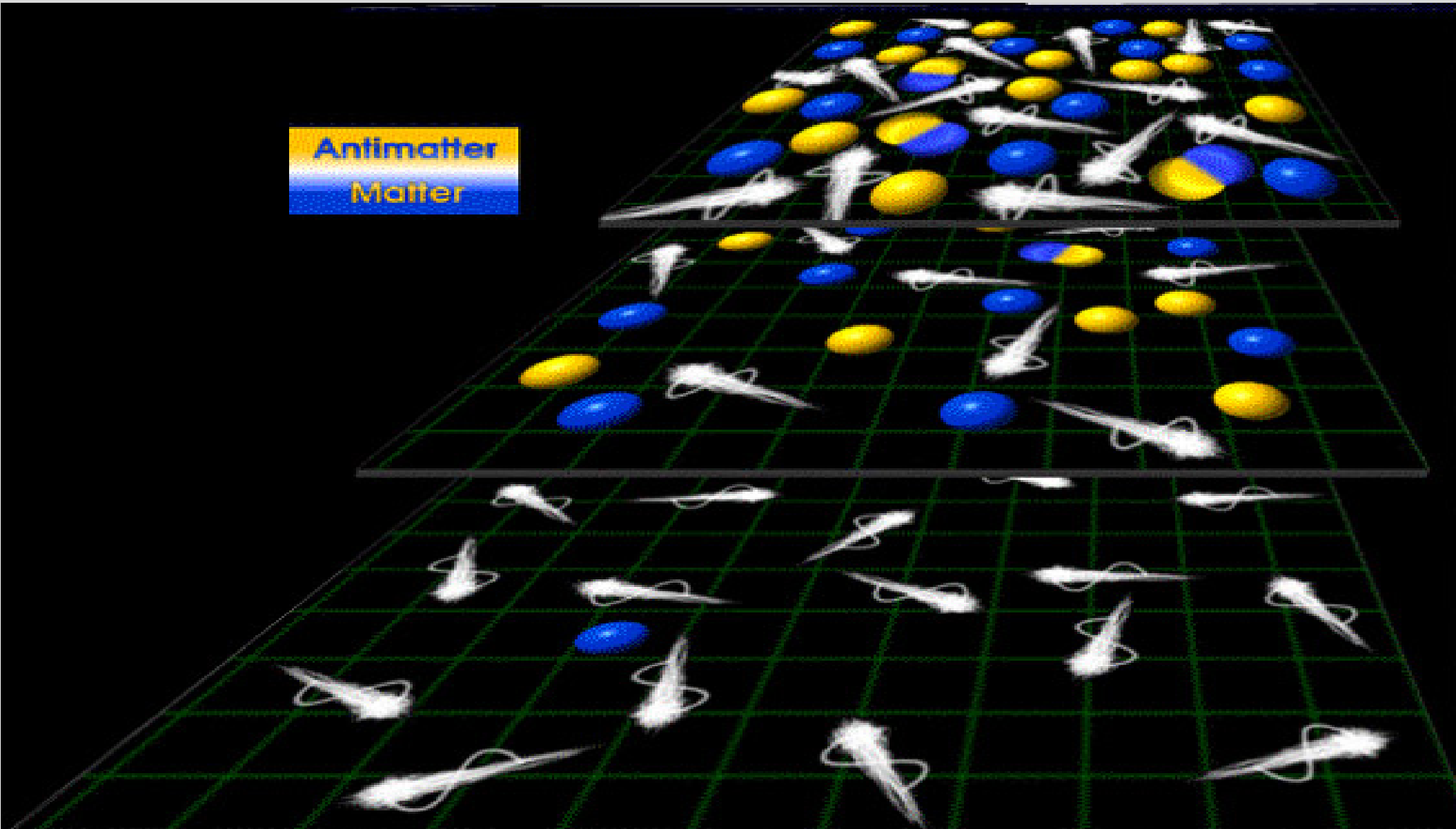
Radiação de fundo

2.7248 a 2.7252 K⁰ Menos de 0.01% de variação



Sobrou alguma Matéria!!!

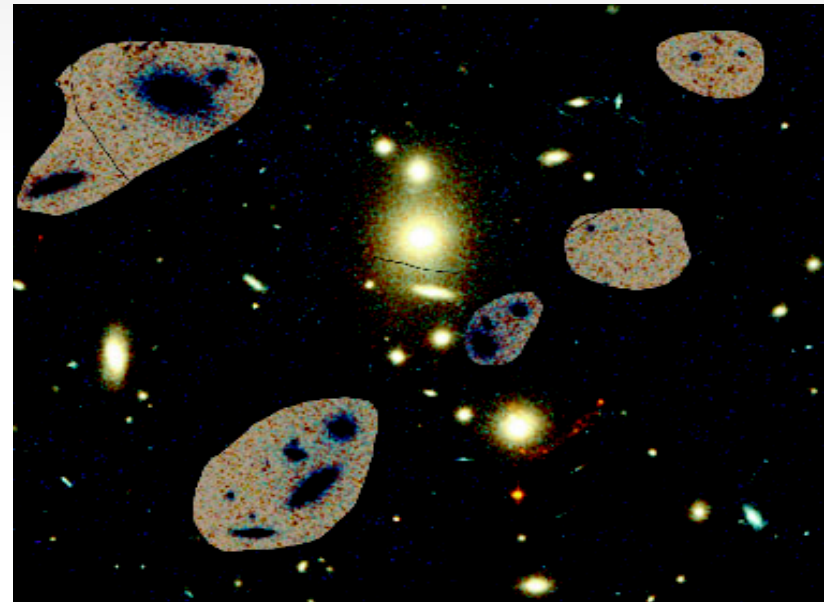
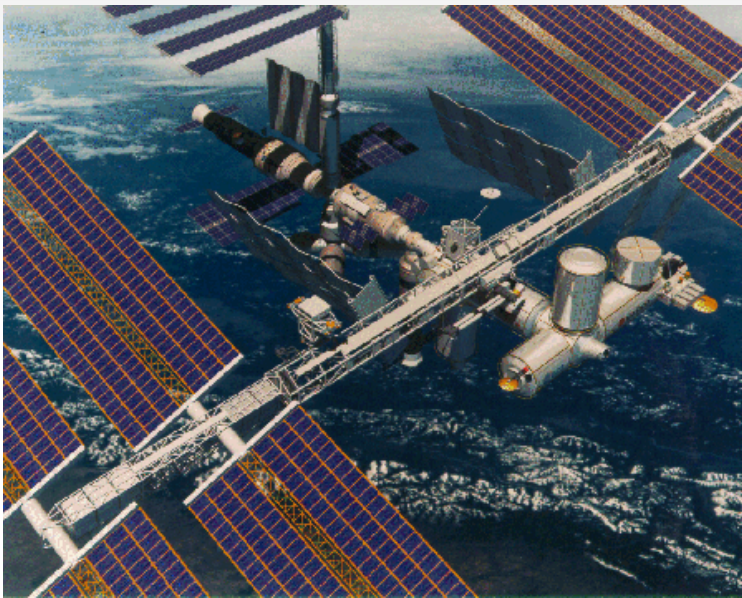
Antimatter
Matter



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

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 ~ 1 Bilhão de anos luz**

Onde esta a Anti-Matéria?



National Aeronautics
and Space Administration

+ Visit NASA.gov
+ Contact NASA

FIND IT @ NASA :

+ GO

NASA

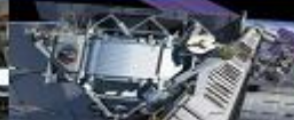
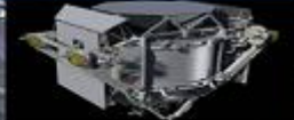
Johnson Space Center

AMS Collaboration Site

AMS-02 Project Internal

Contact Us

Alpha Magnetic Spectrometer



HOME

ABOUT AMS-02

AMS Collaboration List

AMS IN THE NEWS

IMAGES

VIDEOS

AMS ON THE WEB

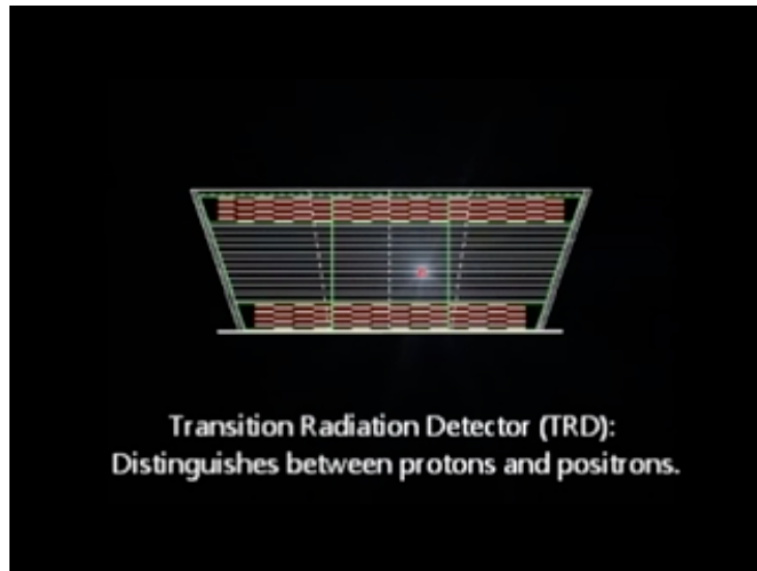
AMS SCIENTIFIC
PUBLICATIONS

STS-134 / ULF6 - AMS was launched on Monday May 16, 2011 at 8:56 AM Eastern
AMS-02 Time On ISS

Days	Hours	Mins	Secs
839	00	32	18

How many cosmic rays has AMS measured?

37,861,525,276



Facebook



Twitter

Latest Tweets

Condições de Sakharov

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

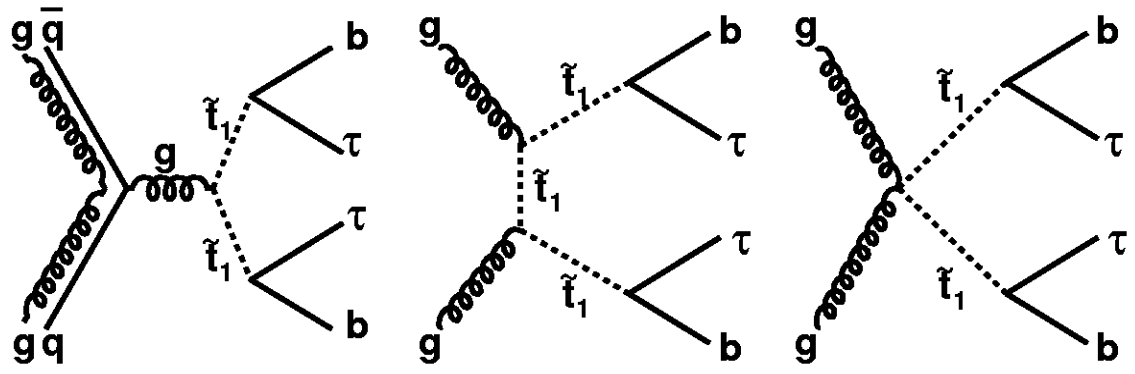
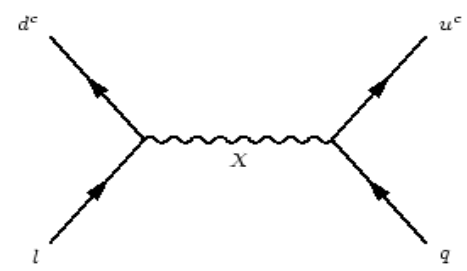
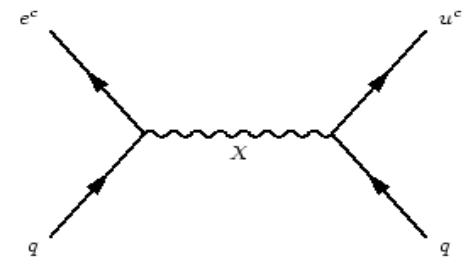
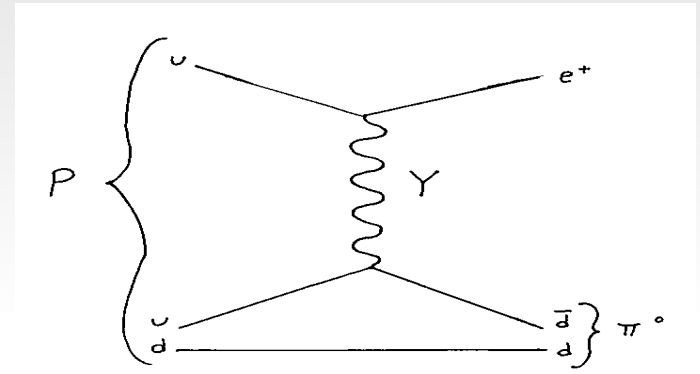
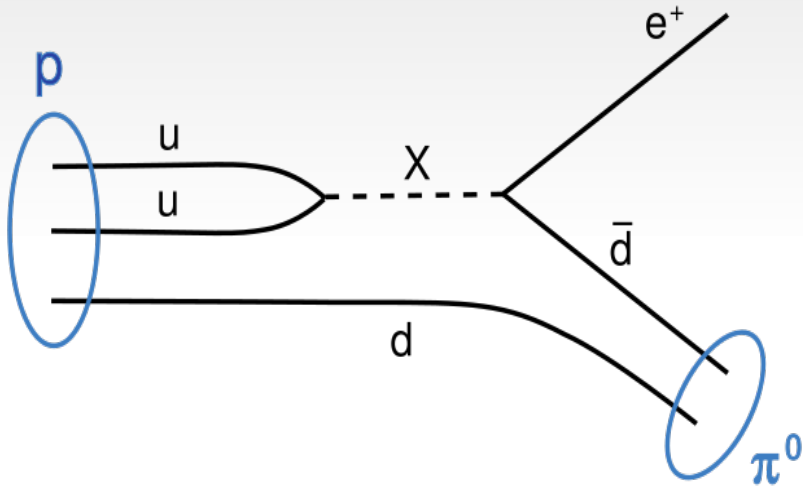
- ♦ O número bariônico ser violado.
- ♦ Violação de C e de CP

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)

p DECAY MODES	Partial mean life (10^{30} years)
Antilepton + meson	
$N \rightarrow e^+ \pi$	$> 158 (n), > 1600 (p)$
$N \rightarrow \mu^+ \pi$	$> 100 (n), > 473 (p)$
$N \rightarrow \nu \pi$	$> 112 (n), > 25 (p)$
$p \rightarrow e^+ \eta$	> 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
$N \rightarrow \nu K^*(892)$	$> 78 (n),$

$p \rightarrow e^+ \pi^+ \pi^-$	> 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

Antilepton + mesons

Lepton + meson

$n \rightarrow e^- \pi^+$	> 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

Lepton + mesons

$p \rightarrow e^- \pi^+ \pi^+$	> 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

Antilepton + photon(s)

$p \rightarrow e^+ \gamma$	> 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.

Condições de Sakharov

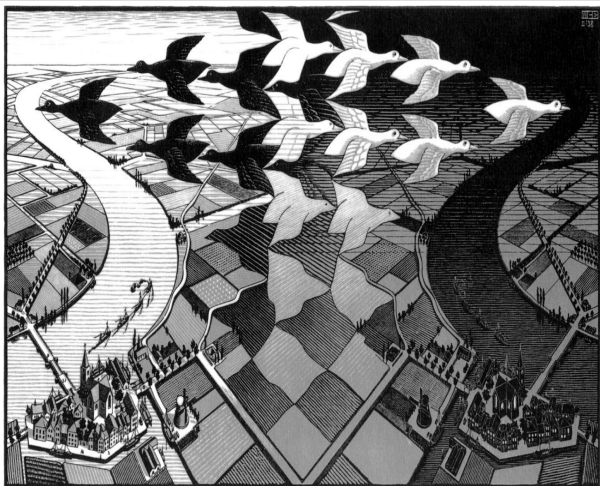
Para a produção da assimetria entre a matéria e a anti-matéria, observada no universo atual, são necessárias duas condições:

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

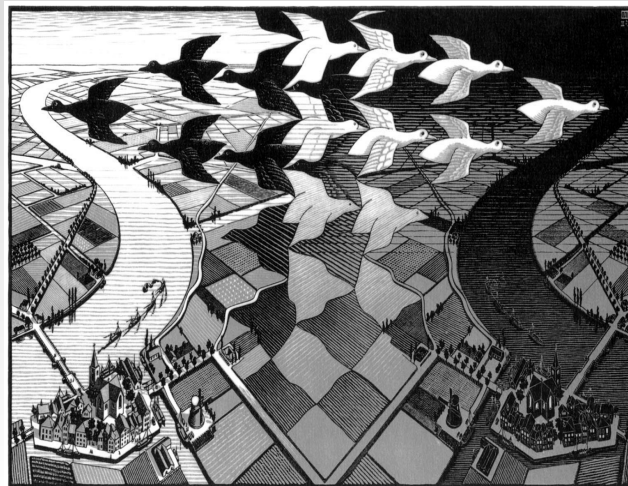
Estas duas condições seriam possíveis, segundo Sakharov, somente em um sistema fora do equilíbrio termodinâmico, ou seja no Universo em forte expansão.



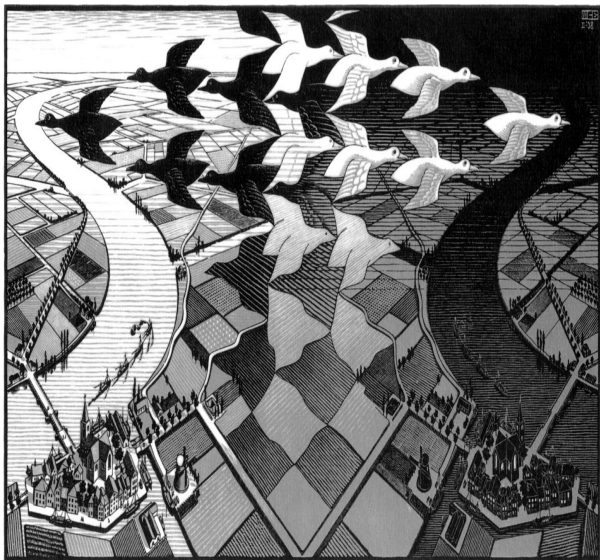
Simetria de CP



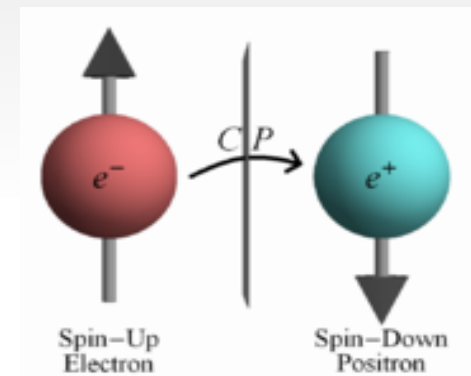
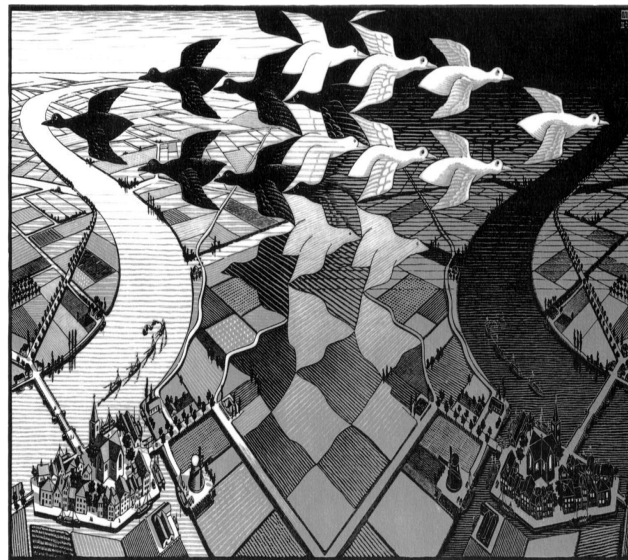
P
→



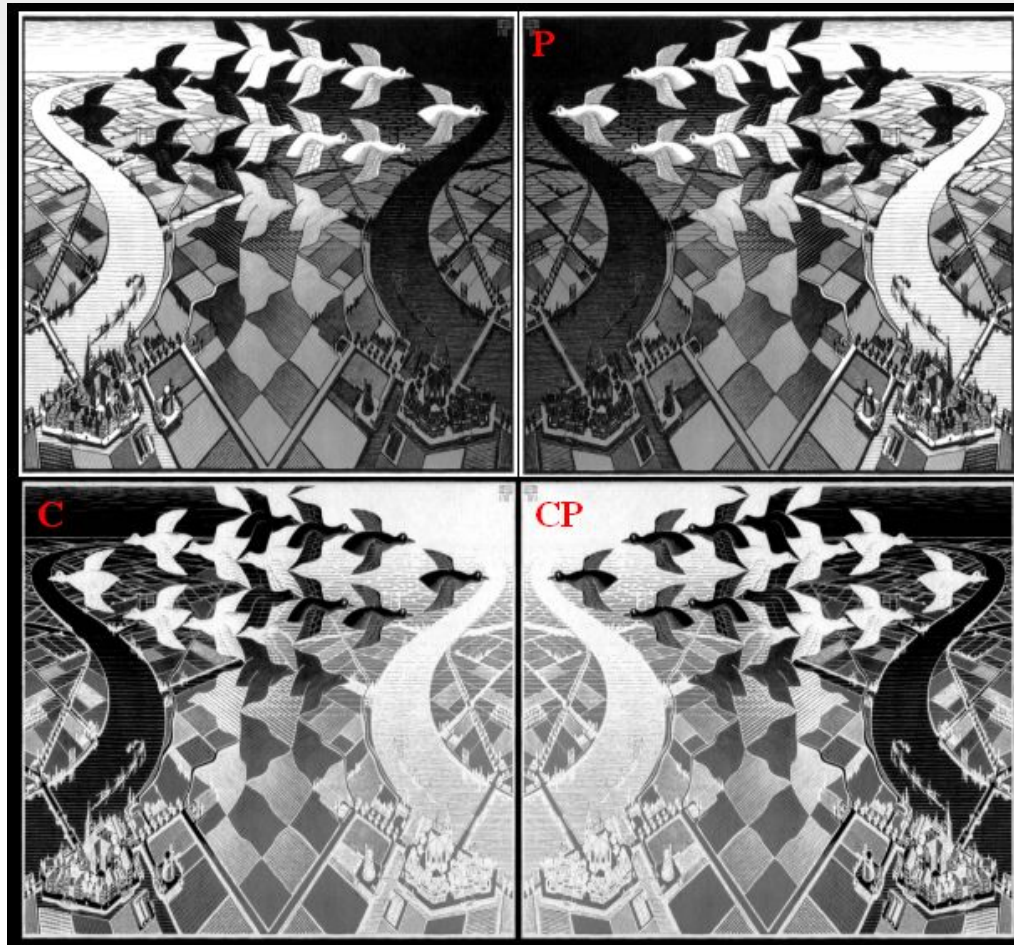
C
↓



CP
↘



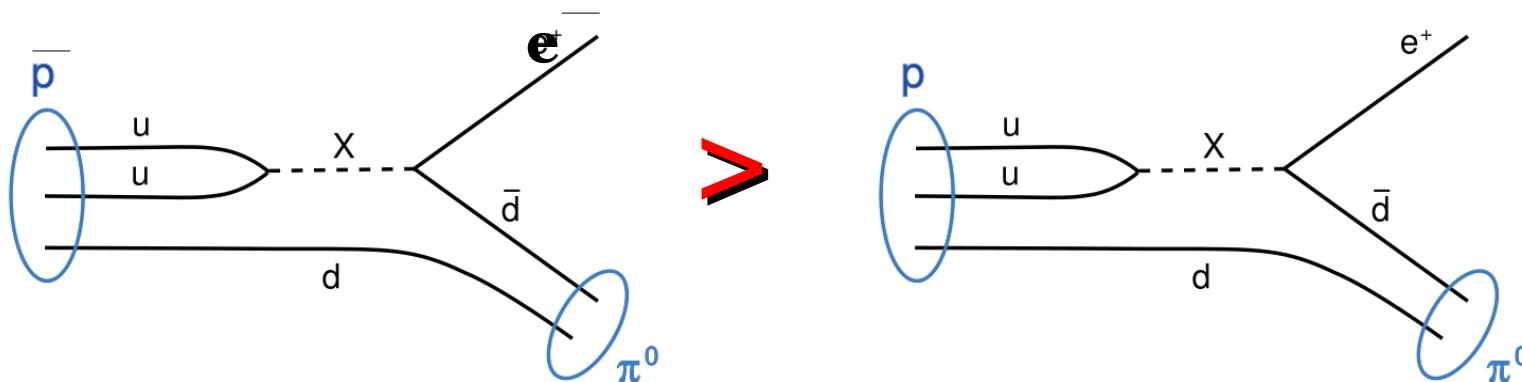
Violação da simetria de CP



Condições de Sakharov

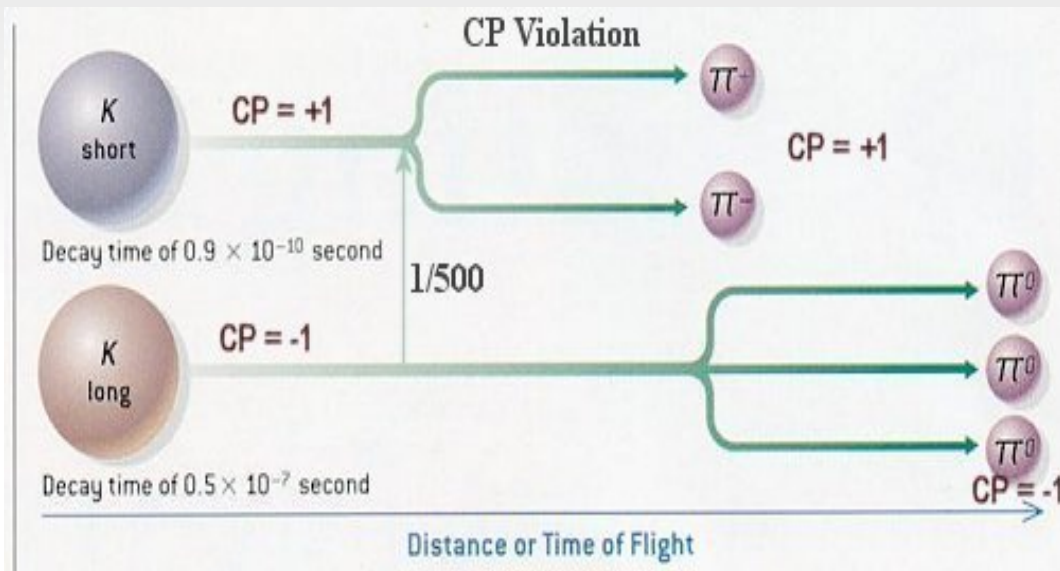
Para a produção da assimetria entre a matéria e a anti-matéria, observada no universo atual, são necessárias duas condições:

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

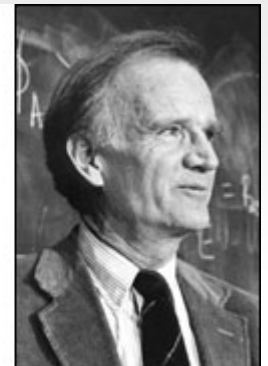


- ▶ Isto daria conta de que a soma das cargas elétricas do Universo é

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



James Cronin



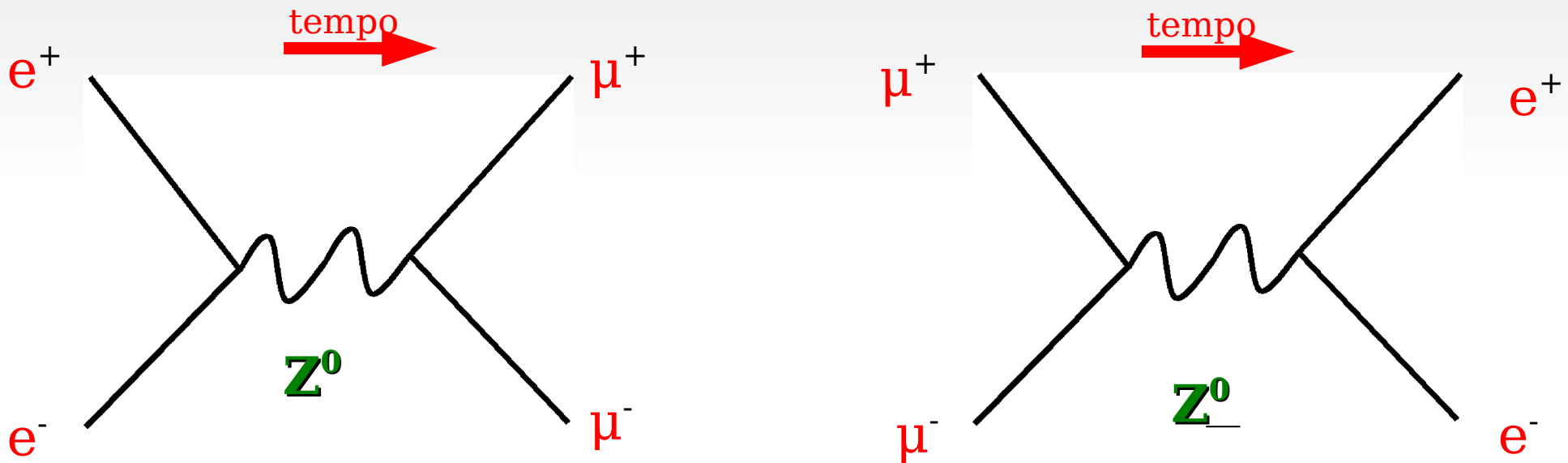
Val Fitch

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

Teorema de CPT

Se aplica a qualquer teoria invariante de Lorentz, onde os observáveis são representados por operadores hermitianos.

Violação de CP → Irreversibilidade.



Transformação em tempo deve ser descrita por uma transformação unitária e complexa $e^{-iEt} \rightarrow T \rightarrow e^{iEt}$.

Violação de CP implica na existência de uma fase.

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

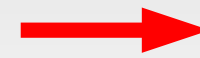
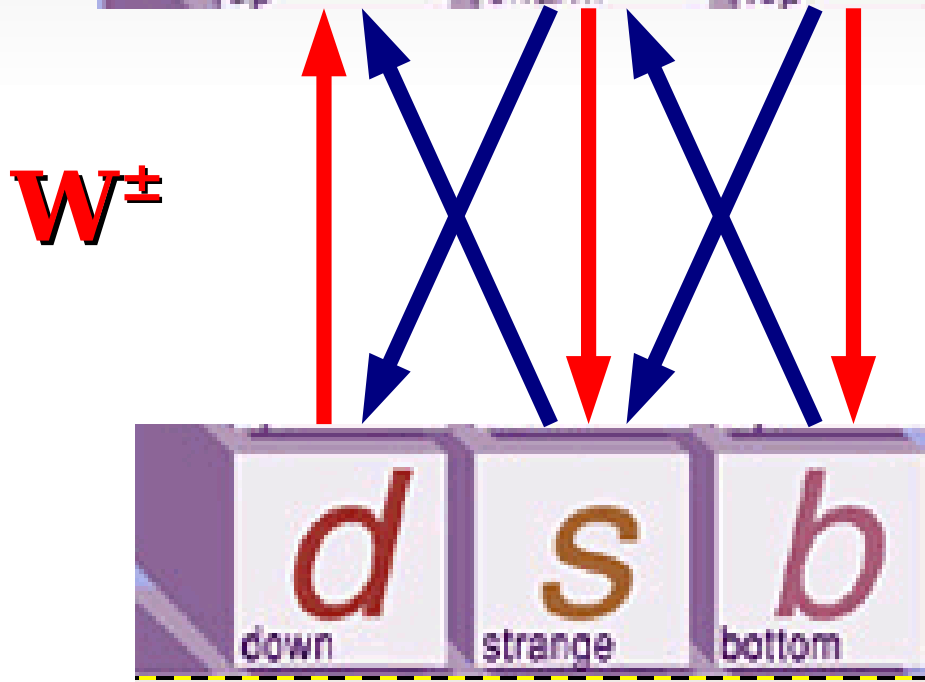
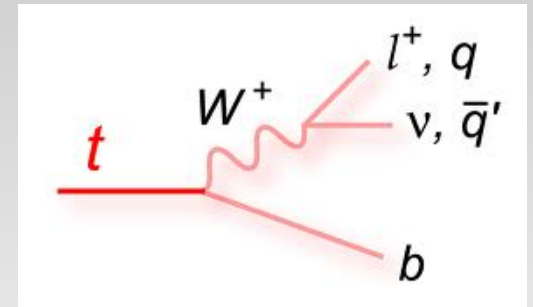
Matriz de mistura 2X2 > 3X3,
permite um termo complexo que
poderia explicar a violação de CP

	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**



Matrix de transição entre quarks



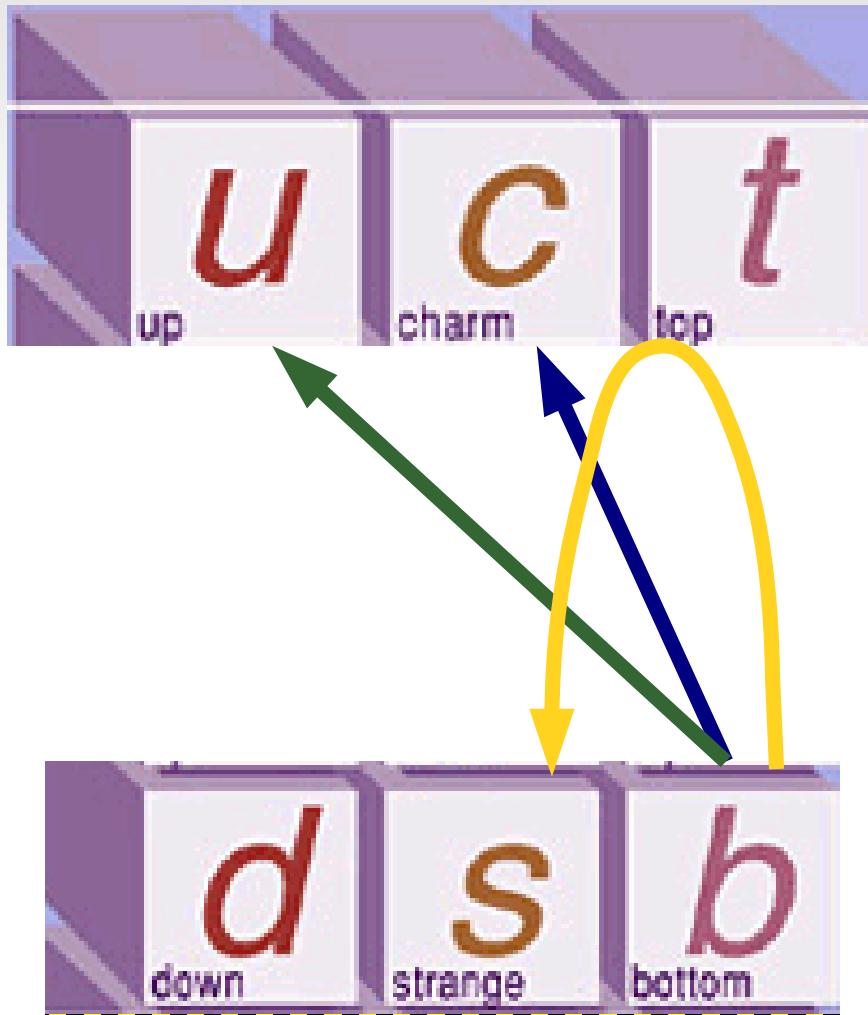
**Grande
probabilidade**



**Pequena
probabilidade**

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 d & s & b \\
 \hline
 V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\
 V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\
 V_{td} & V_{ts} & V_{tb}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 | \\
 | \\
 | \\
 u \\
 c \\
 t
 \end{array}
 \end{array}$$

Quark b: maior fonte de violação de CP



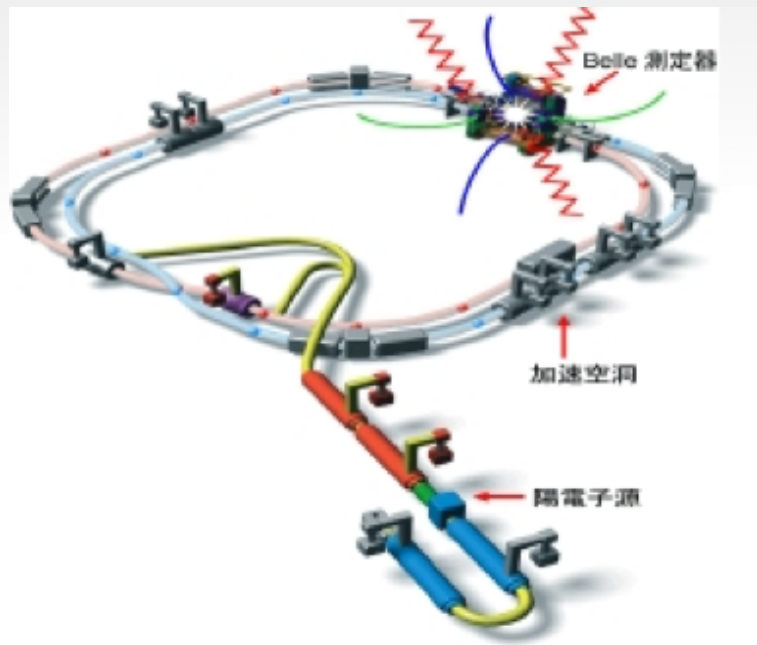
Decaimentos de partículas envolvendo o quark b, apresentam forte componente de violação de CP



Colaborações Belle e BaBar

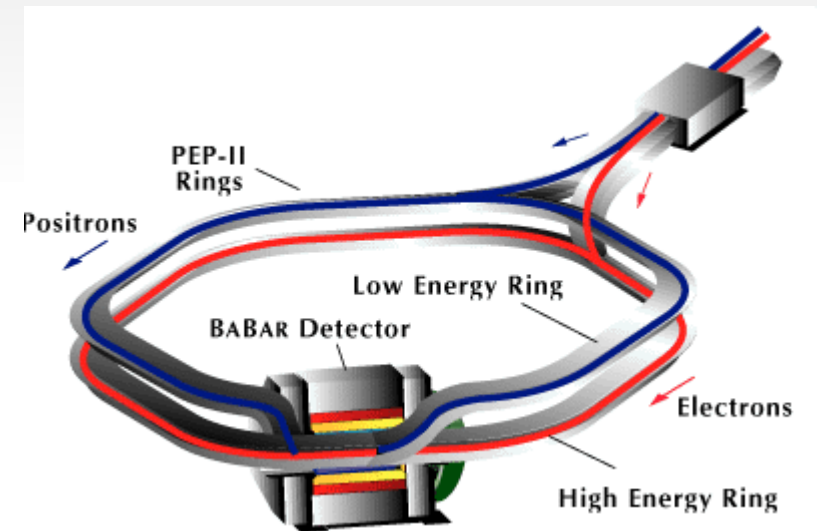


KEK Japão



657 milhões de Mésons
B's produzidos

PEP II- Stanford-EUA



383 milhões de Mésons
B's produzidos

Quark *b*: maior fonte de violação de CP

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



- ◆ *Exemplo: Assimetria direta de CP*
- ◆ $B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$ $ACP = -9.7 \pm 1.2 \%$



Observação de Violação da Simetria de ~~CP~~

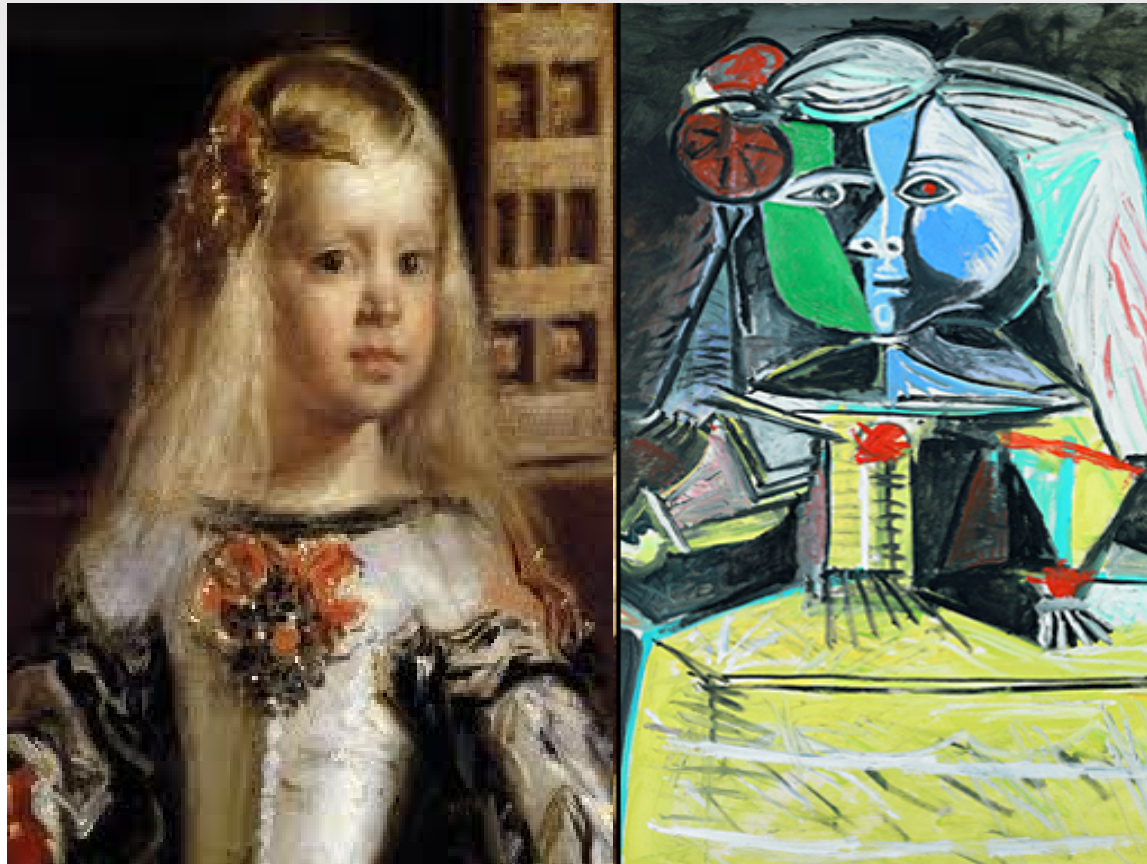
- ▶ Violação de CP nos decaimentos dos mésons K's e B's, podem ser explicados pelo Modelo Padrão
- ▶ Entretanto ela não explica toda a violação de CP necessária para entender a assimetria matéria anti-matéria do Universo

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

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

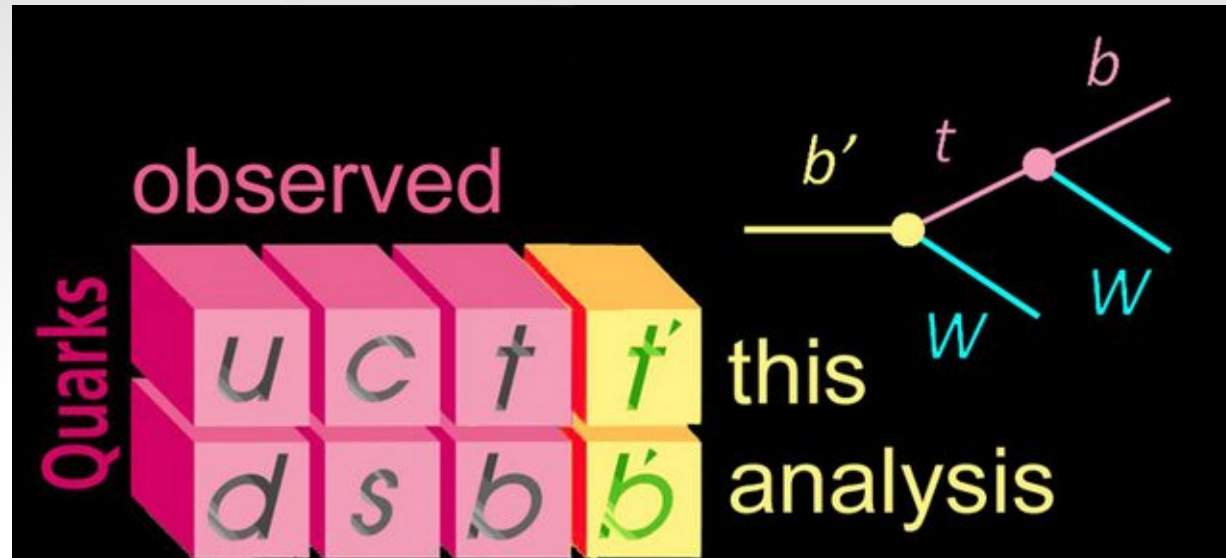
- ▶ Novas fontes de violação de CP são necessárias

*Necessária uma nova fonte importante
de violação de CP*



Las Meninas de Velásquez a Picasso

Novas fontes de violação de CP no equilíbrio termodinâmico?

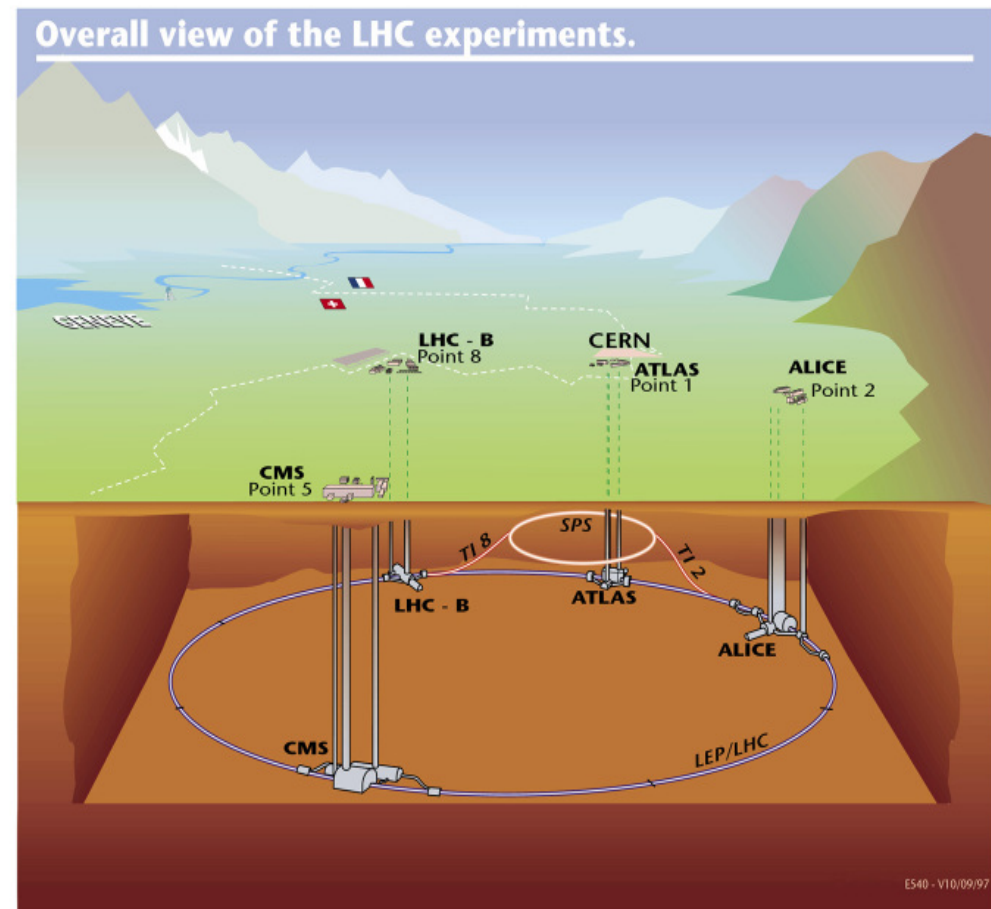


Nova matriz de
Cabibbo-Kobayashi-
Maskawa



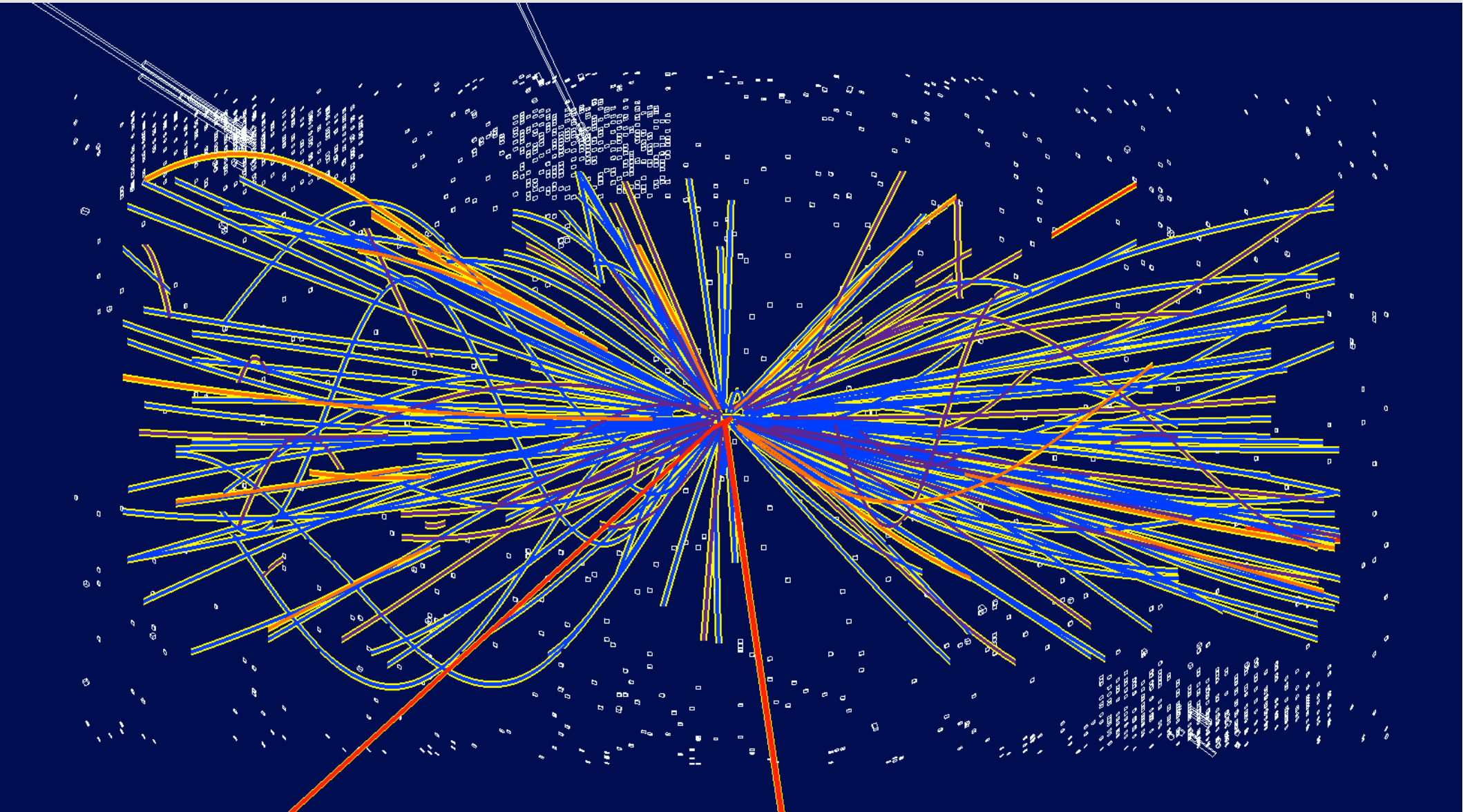
$$V_{CKM}^{4 \times 4} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} & V_{ud_4} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} & V_{cd_4} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} & V_{td_4} \\ V_{u_4d} & V_{u_4s} & V_{u_4b} & V_{u_4d_4} \end{pmatrix}$$

Colaboração LHCb no LHC



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

Colisão e criação de matéria *Energia → massa*



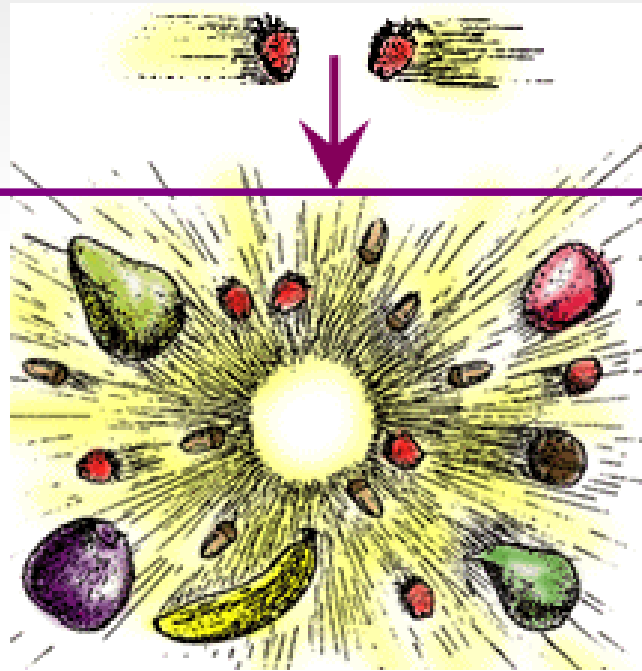


Colisão: Fragmentação e Criação

♦ Colisão

Energia \rightarrow Massa

*Produção de partículas;
Massivas e instáveis*

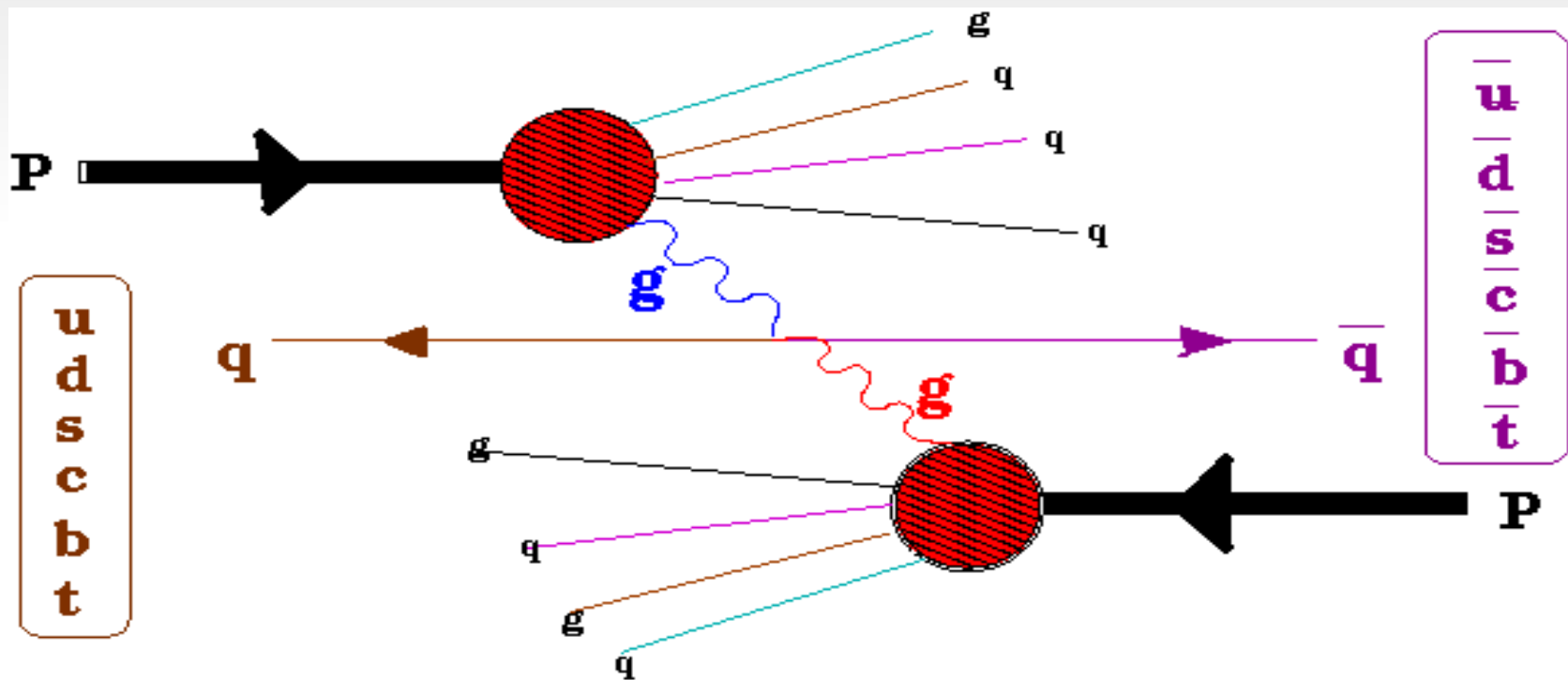


Que partículas são criadas???



Processo de Criação

Interação forte: Fusão de glúons (QCD)

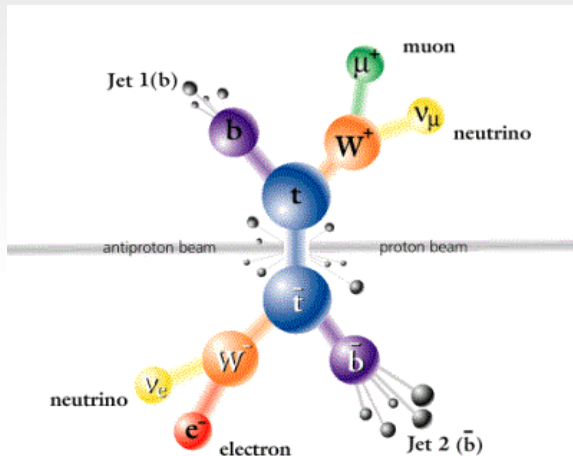


Interação entre constituintes:
escala do TeV

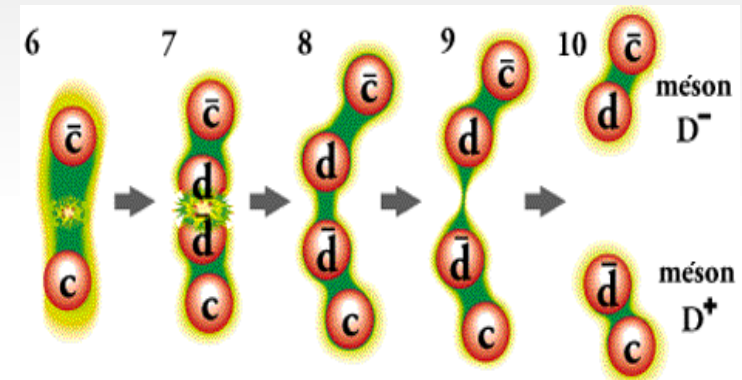


Desintegração-criação e hadronização

- ◆ Dezenas de possíveis desintegrações-criações



- ◆ Dezenas de hadronizações



- ◆ Centenas de possibilidades de observação.

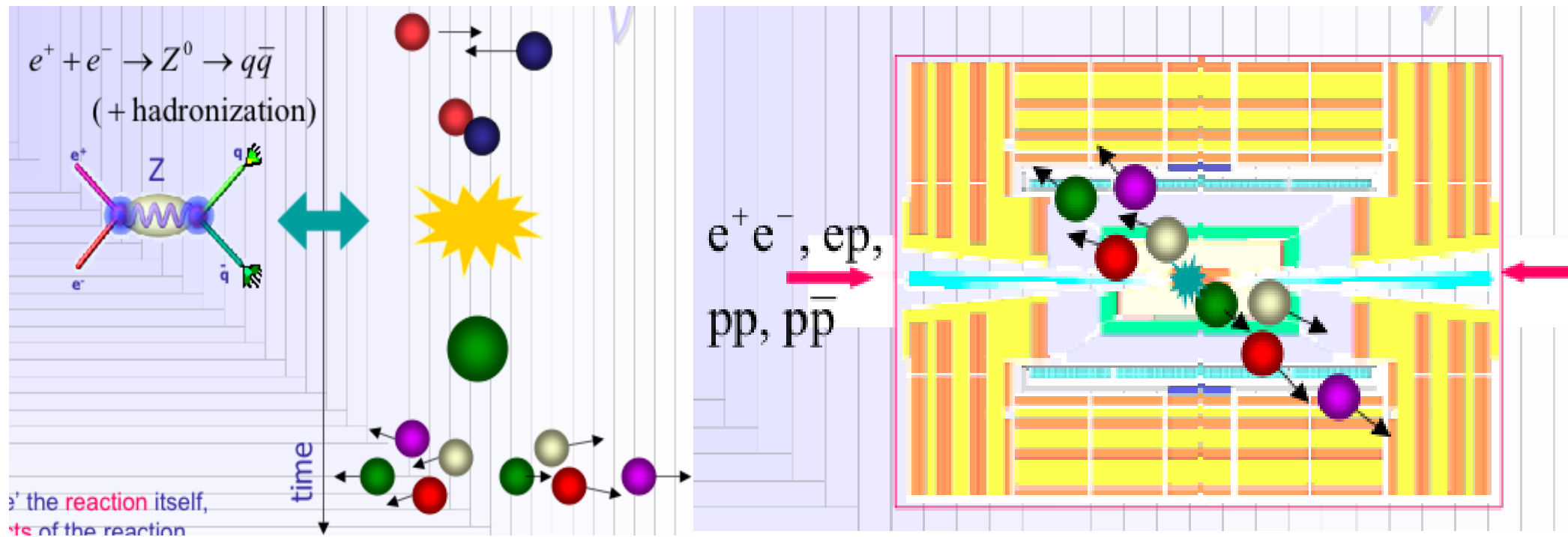
Nenhuma observação direta, vidas médias menores 10^{-10} s



Reconstrução do evento;

Massa invariante e/ou massa faltante e/ou jatos

Qual a função de um detector numa experiência de Física de altas energias?



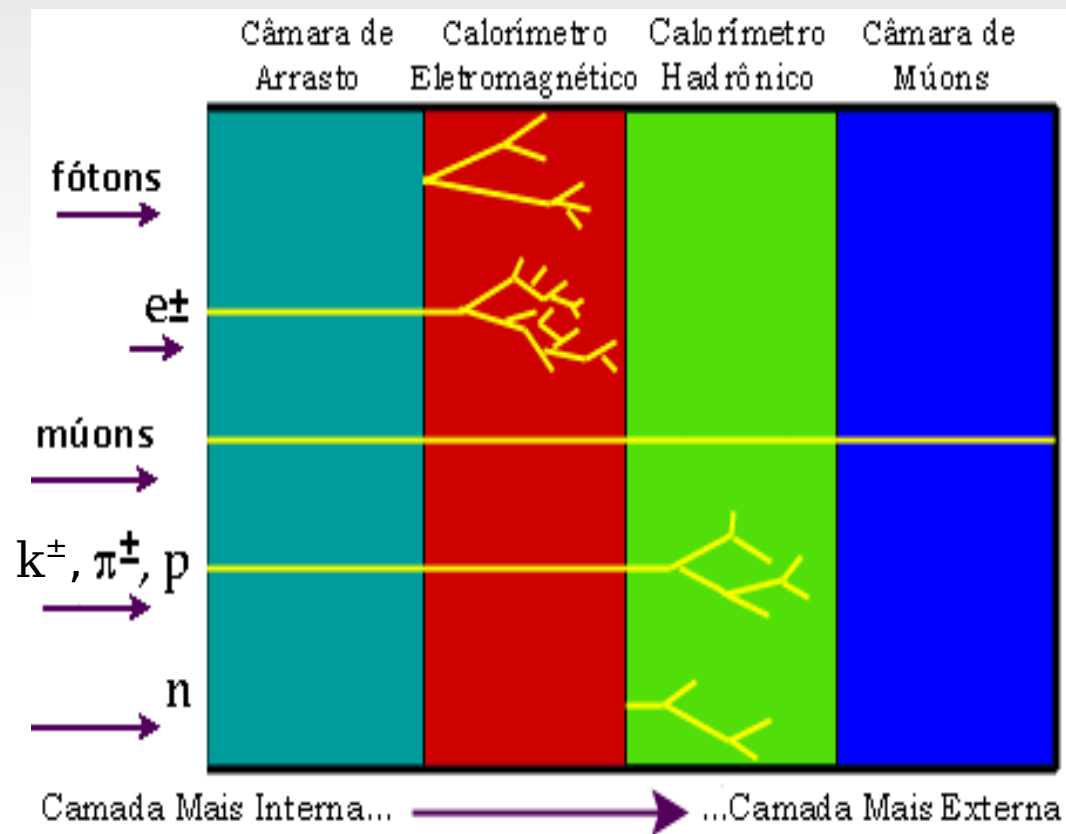
Em geral não se 'vêm' as partículas criadas numa colisão mas sim os seus produtos finais (partículas carregadas, neutras, fótons,...) que vão ser detectadas através da sua interacção com a matéria que constitui as várias partes do detector .

Ana Henriques
CERN



Observáveis

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





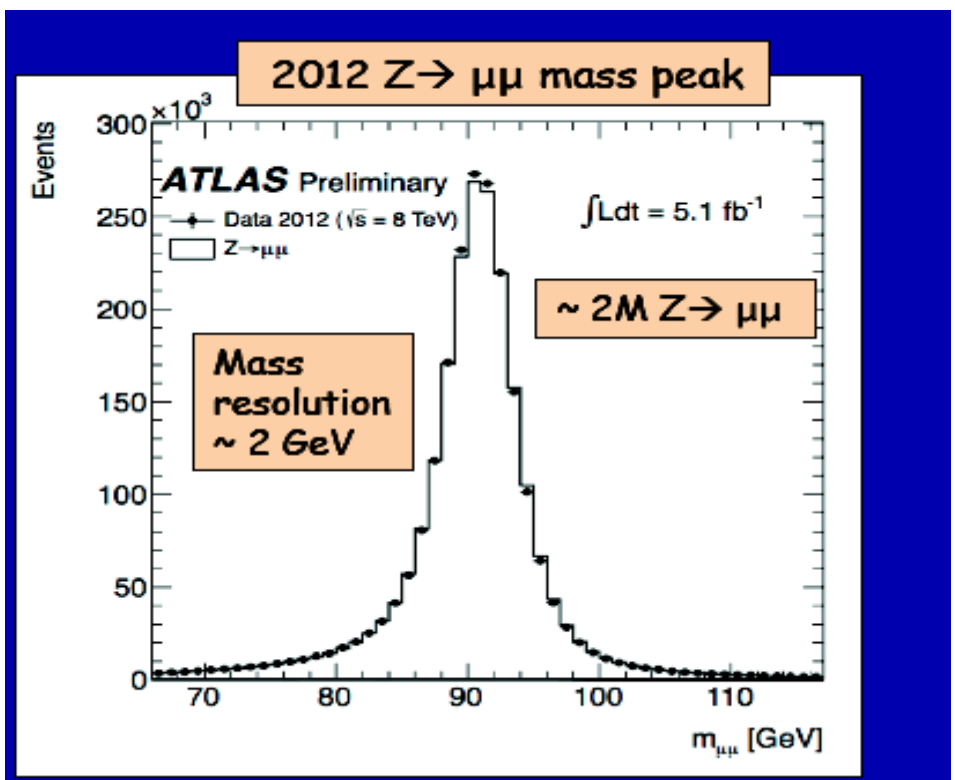
Massa Invariante

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

Conservação do quadri momento $M_z^2 = (P_{\nu Z})^2 = (P_{\nu}^{\mu^+} + P_{\nu}^{\mu^-})^2 \quad \underline{C=1}$

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

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



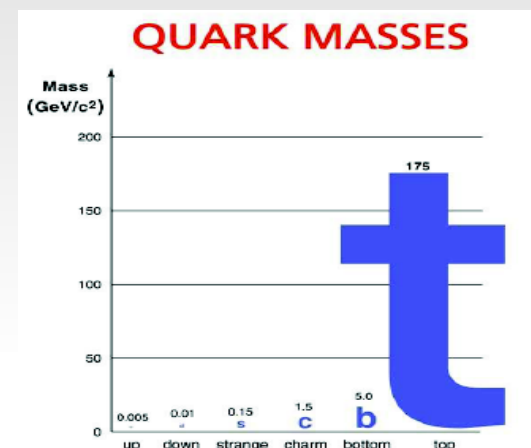
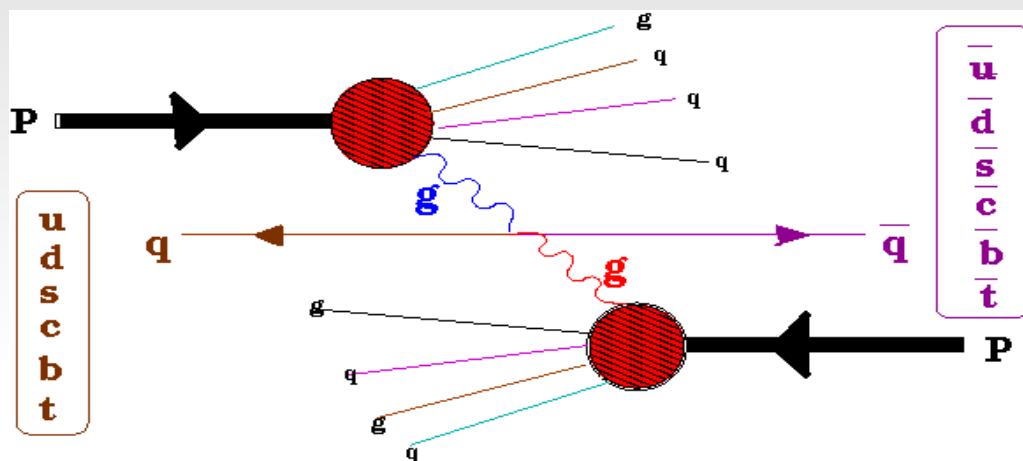


Física e Geometria

Determinação da natureza das partículas

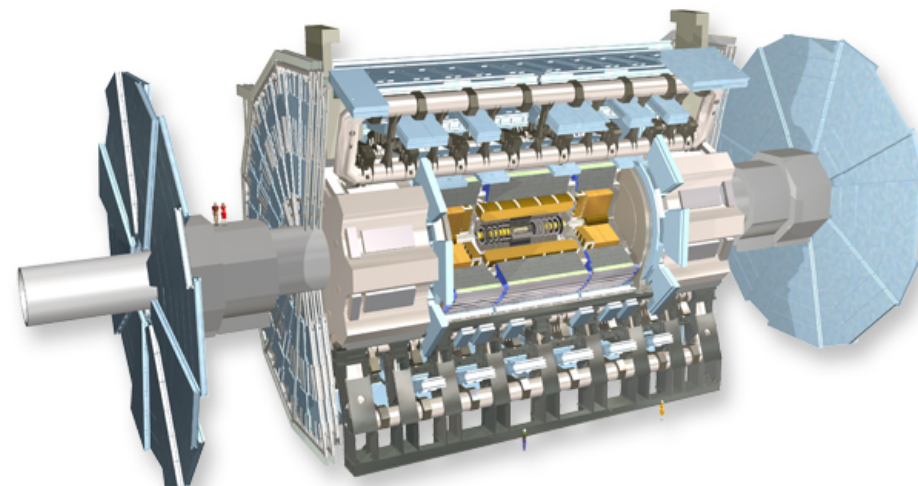
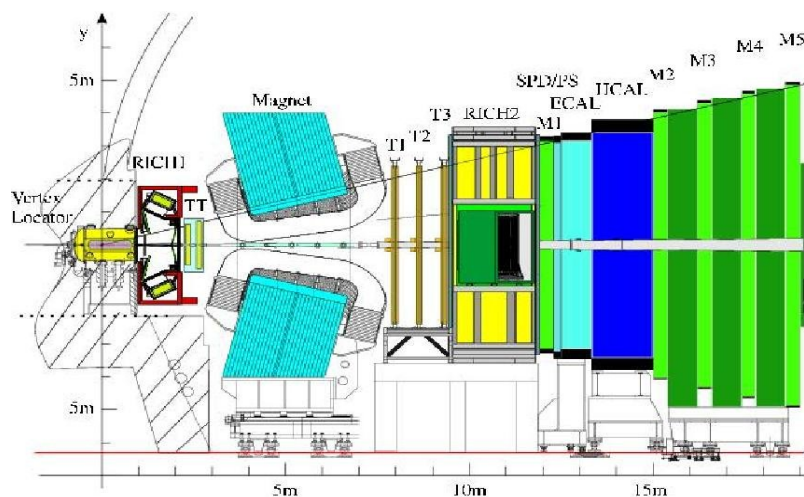
Momento vetorial das partículas carregadas

Energia das partículas neutras



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



Example: Directly CP asymmetry

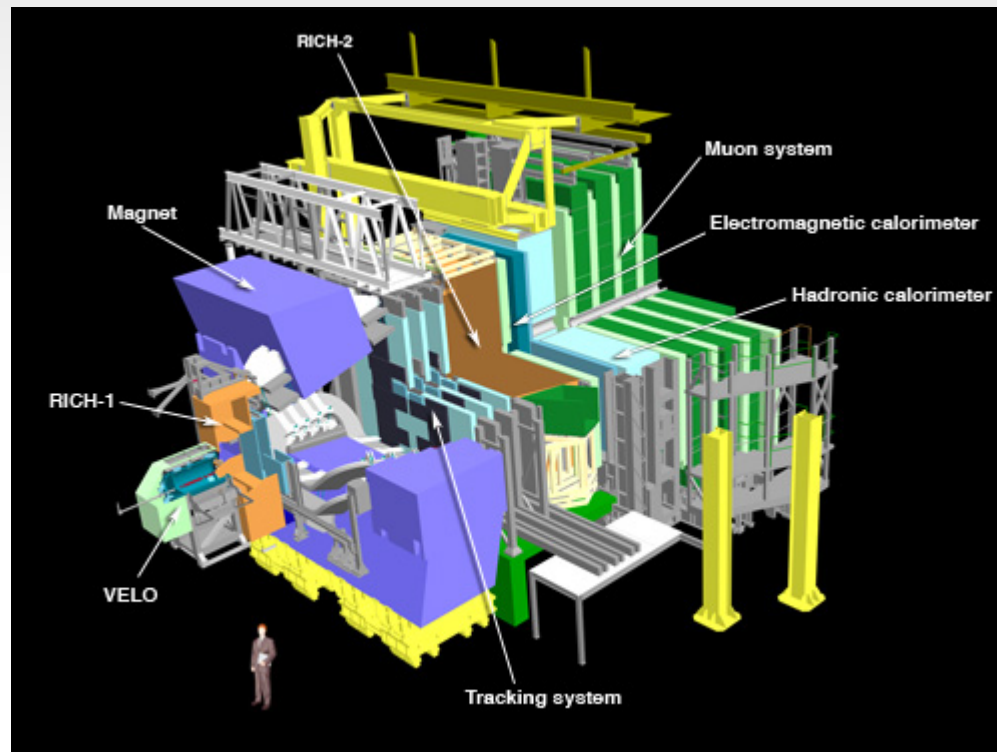


$$ACP = -9.7 \pm 1.2 \%$$



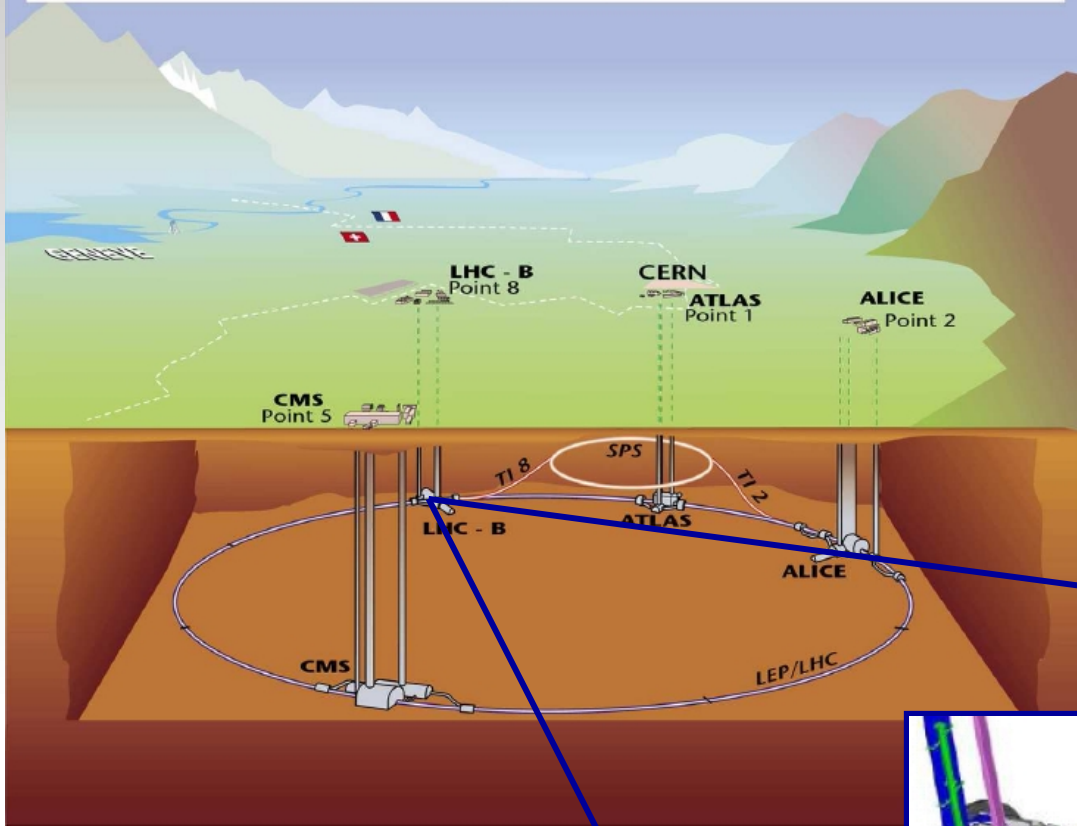
A Colaboração LHCb

- ▶ 60 instituições provenientes de 14 diferentes Países

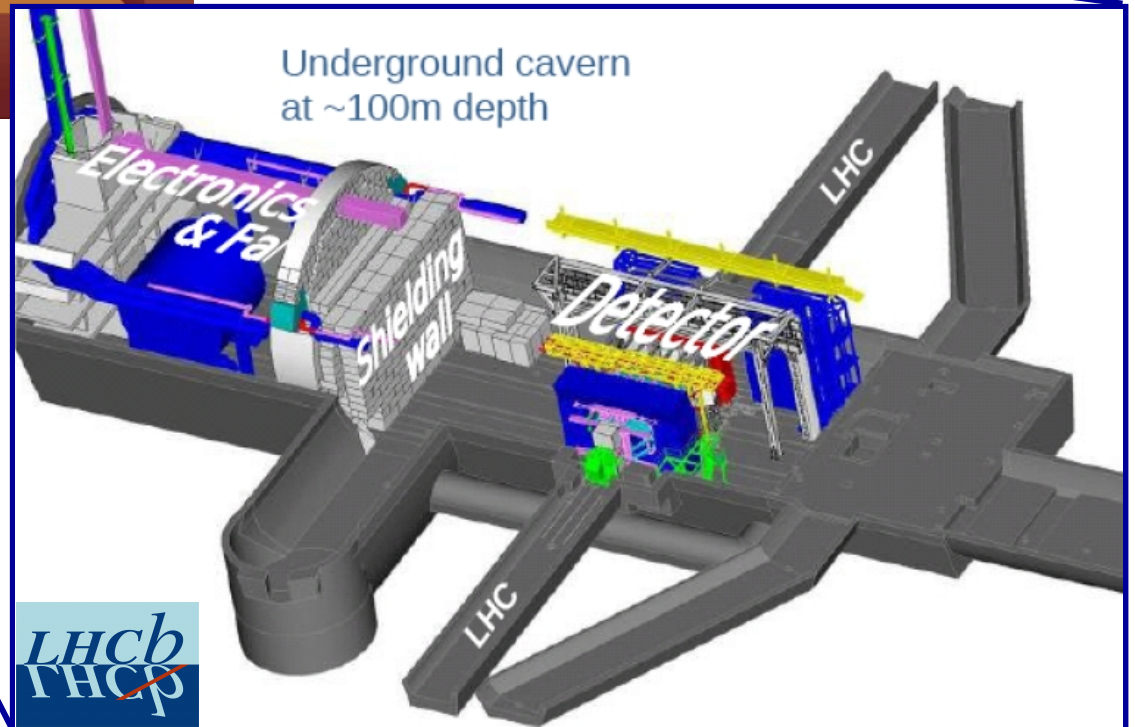


- ▶ Produzir 10 vezes mais B's e D's, reconstruídos por ano, que o Belle e BaBar produziram nos 10 anos de funcionamento

Overall view of the LHC experiments.



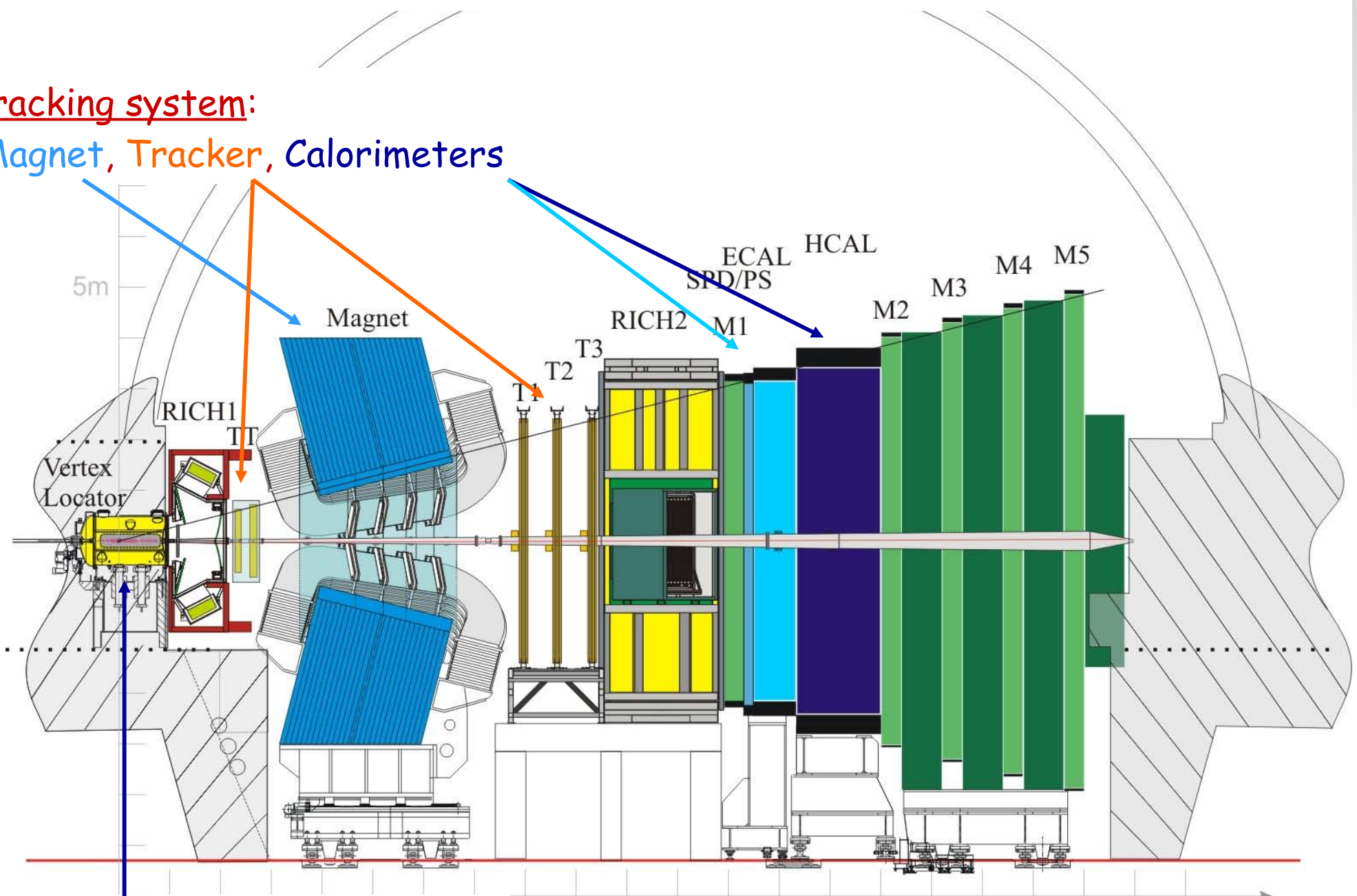
LHCb



Sistema de determinação do momento vetorial das partículas

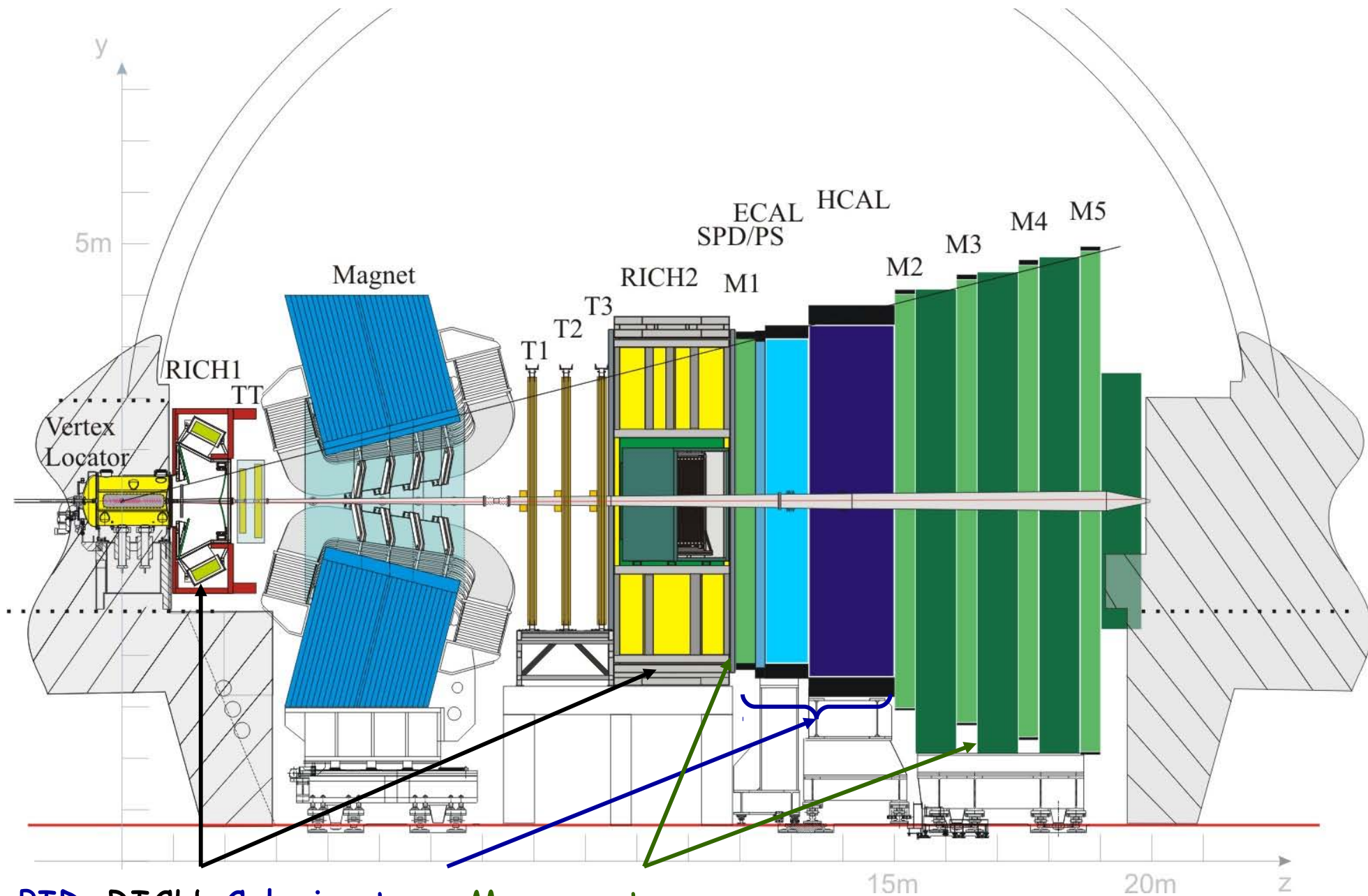
Tracking system:

Magnet, Tracker, Calorimeters



Vertex reconstruction: VeLo

Sistema de Identificação da natureza das partículas

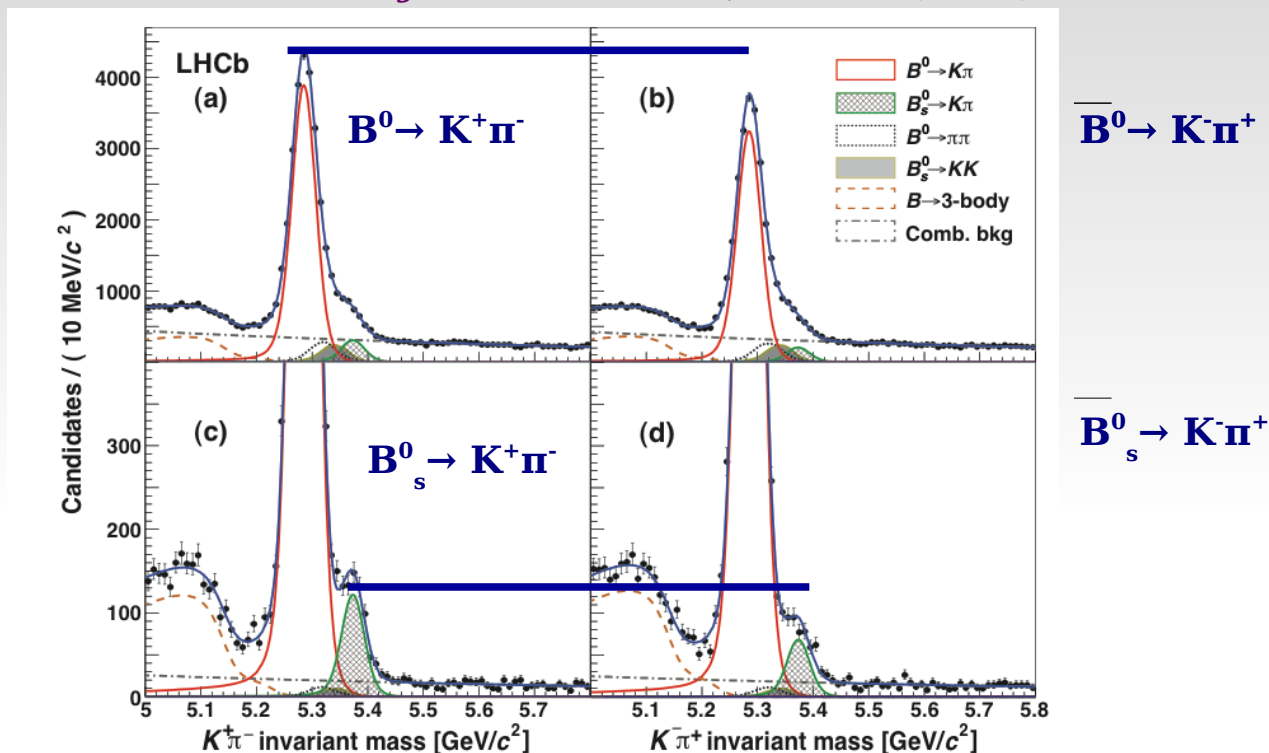


PID: RICH, Calorimeters, Muon system

Como medimos Violação de CP

Violação de CP nos decaimentos: $B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$ e $B_s^0 \rightarrow K^+ \pi^-$

LHCb: *Phys. Rev. Lett.* 110, 221601 (2013)



$$A_{CP}(B^0 \rightarrow K^+ \pi^-) = -0.080 \pm 0.007 \text{ (stat)} \pm 0.003 \text{ (syst)},$$

$$A_{CP}(B_s^0 \rightarrow K^- \pi^+) = 0.27 \pm 0.04 \text{ (stat)} \pm 0.01 \text{ (syst)}.$$

$$A_{cp}(B^0 \rightarrow K^+ \pi^-) = \frac{|\langle K^+ \pi^- | T | B^0 \rangle|^2 - |\langle K^- \pi^+ | T | \bar{B}^0 \rangle|^2}{|\langle K^+ \pi^- | T | B^0 \rangle|^2 + |\langle K^- \pi^+ | T | \bar{B}^0 \rangle|^2}$$

Participação Brasileira *na análise de dados*

CBPF *IF-UFRJ* *IF-UFTM* *PUC-Rio*

- ♦ Professores/pesquisadores 16
- ♦ Tecnólogos e tecnologistas 4
- ♦ Alunos de doutoramento 4
- ♦ Aluno de mestrado 3
- ♦ Pós - doutores 3

- ♦ Total 30

***Participação Brasileira
na análise dos dados:***

Decaimento em três corpos.



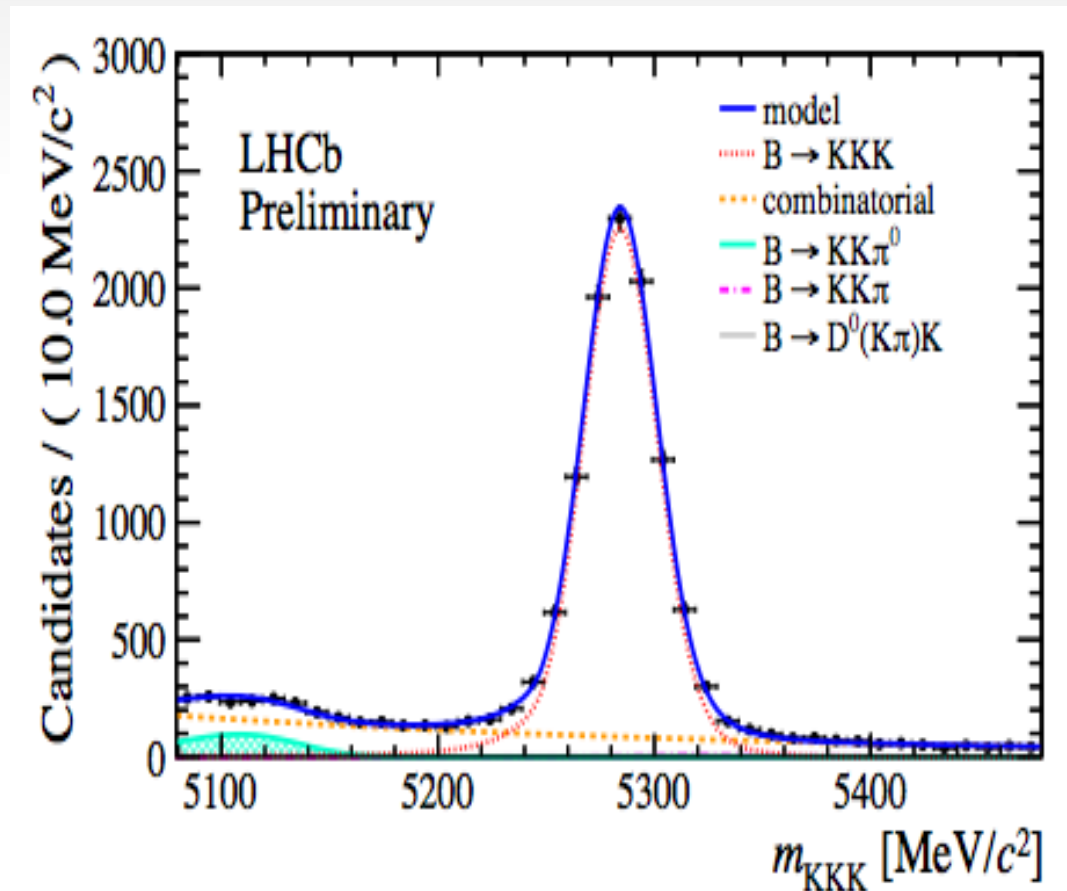


Massa Invariante



- Desintegração de um méson em três corpos.

Conservação do quadri momento: $M_B^2 = (P_B^\nu)^2 = (P_{K^+}^\nu + P_{K^-}^\nu + P_{K^+}^\nu)^2$





Dalitz Plot

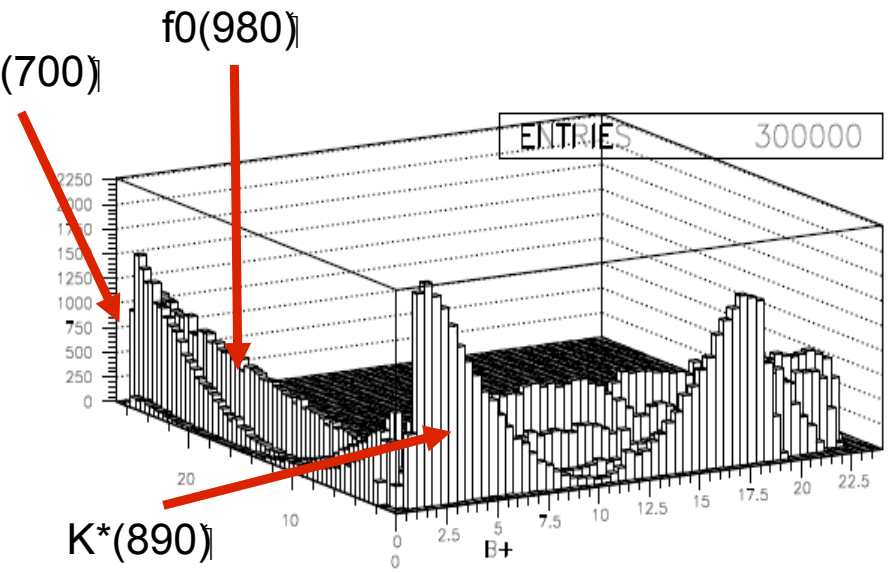
Title:kinematics.fig
Creator:fig2dev Version 3.2 Patchlevel 5
CreationDate:Fri Sep 12 15:59:11 2008

$$s_{12} = M_{12}^2 = (p_1^\nu + p_2^\nu)^2$$
$$s_{13} = M_{13}^2 = (p_1^\nu + p_3^\nu)^2$$
$$s_{23} = M_{23}^2 = (p_2^\nu + p_3^\nu)^2$$

$$d\Gamma(s_{12}, s_{23}) = \frac{1}{(2\pi)^3 32 M_B^3} |\mathcal{M}|^2 ds_{12} ds_{23}$$

Title:contorno.fig
Creator:fig2dev Version 3.2 Patchlevel 5
CreationDate:Thu Sep 11 17:42:34 2008

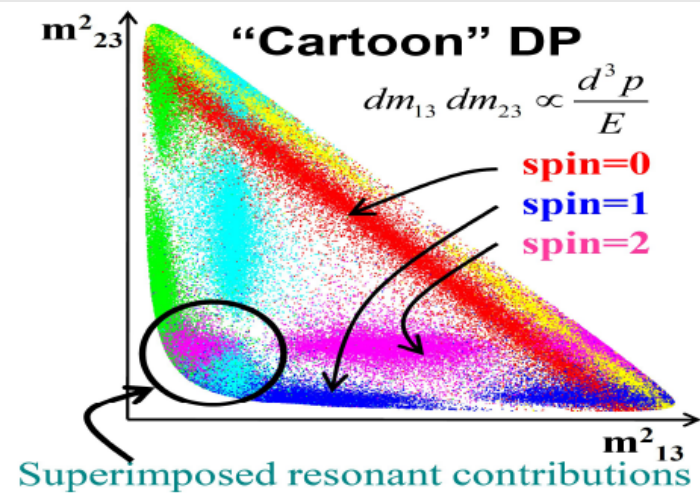
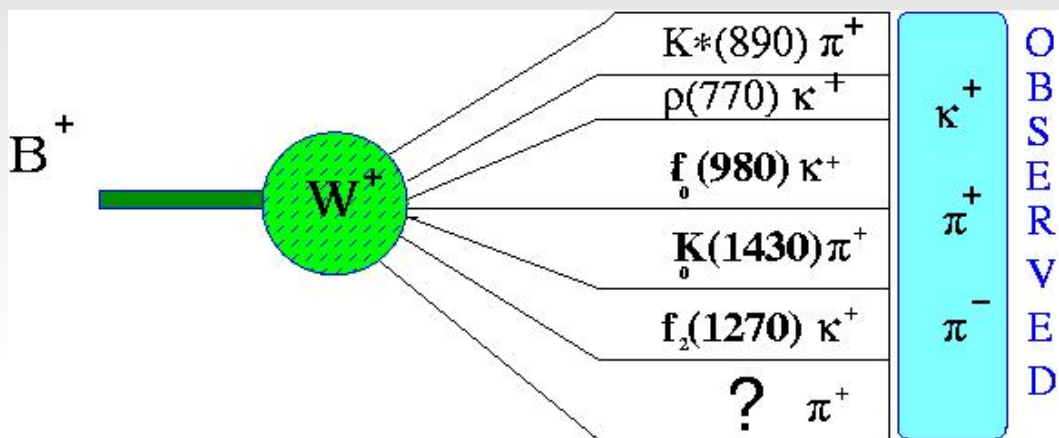
Espaço de fase plano, onde podemos escrever a dinâmica.



$|M|^2 \Rightarrow$ **dinâmica.**

Dcaimento do B em três mésons carregados.

♦ Estudo do B em estados intermediários:



- ♦ $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^+ \pi^-$
- ♦ $B^\pm \rightarrow \pi^\pm K^+ K^-$
- ♦ $B^\pm \rightarrow K^\pm K^+ K^-$
- ♦ $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \bar{p} p$
- ♦ $B^\pm \rightarrow K^\pm \bar{p} p$

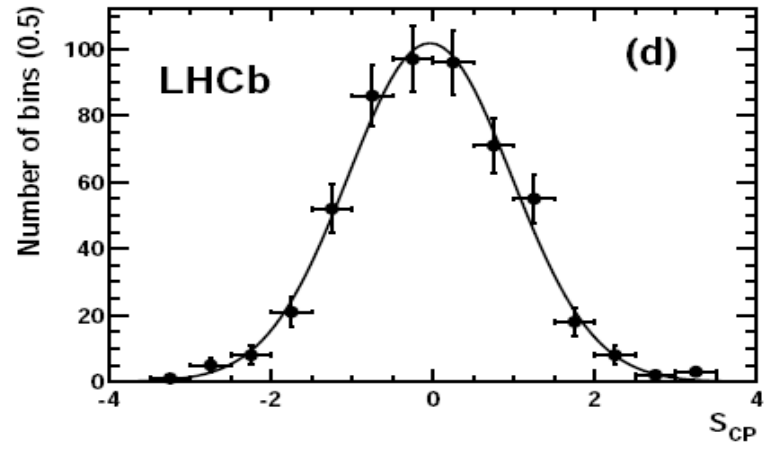
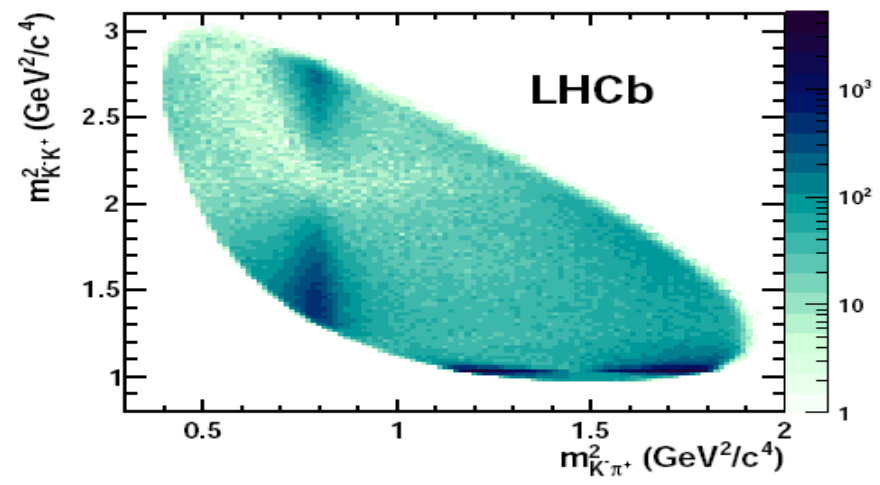
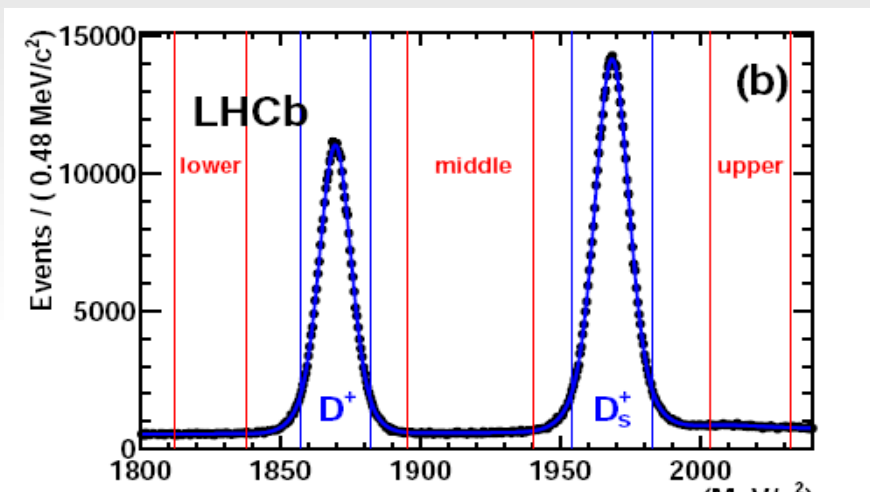
Application of the method

Mirandizing in date: $D^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+$

LHCb Collaboration Phys.Rev.D84:112008,2011.

370.000 eventos
0.035fb⁻¹

CP $\Rightarrow g(0,1)$



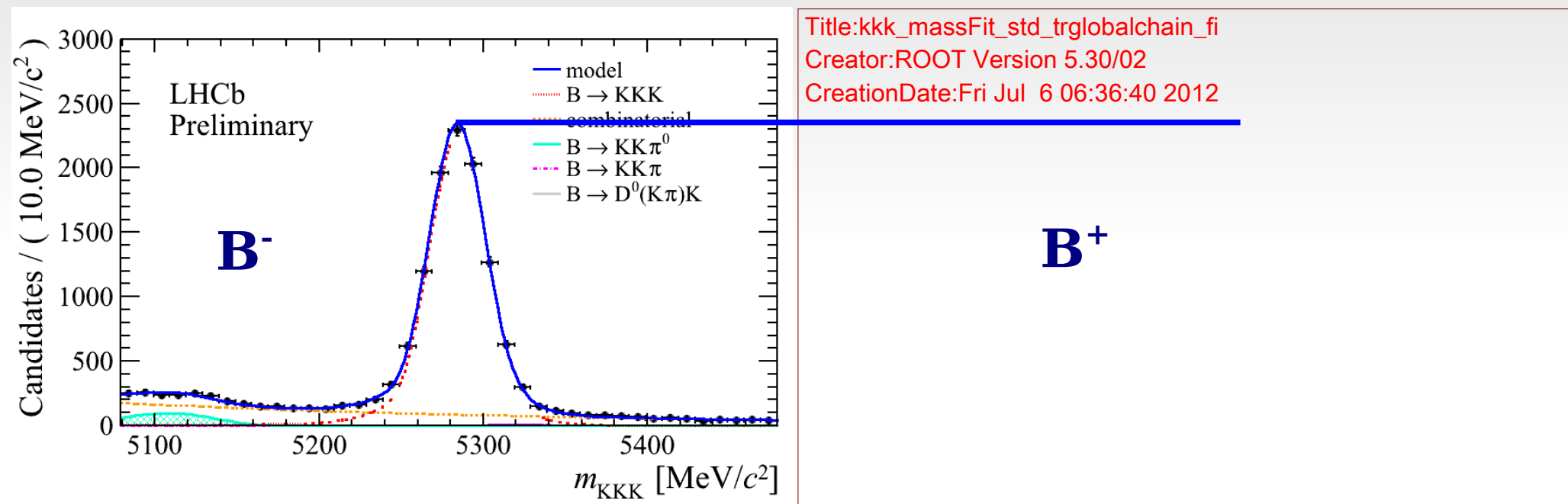
Total charge asymmetry for



Phys. Rev. Lett. 111, 101801 (2013)

$$N(B^-) = 10,289 \pm 110$$

$$N(B^+) = 11,606 \pm 117$$

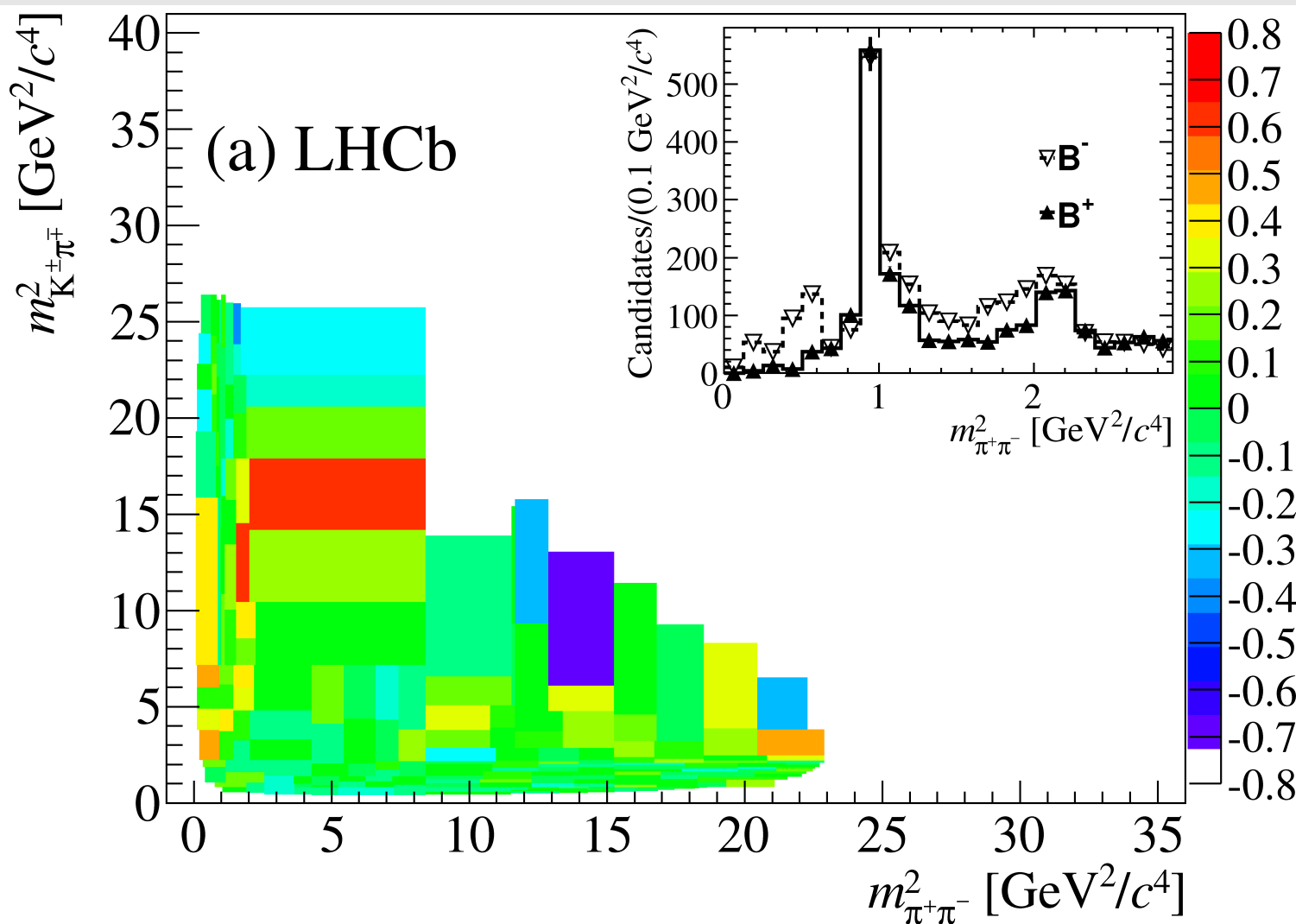


Total charge asymmetry:

$$ACP = \frac{N(B^-) - N(B^+)}{N(B^-) + N(B^+)} = -4.6 \pm 0.9 \pm 0.5\%$$

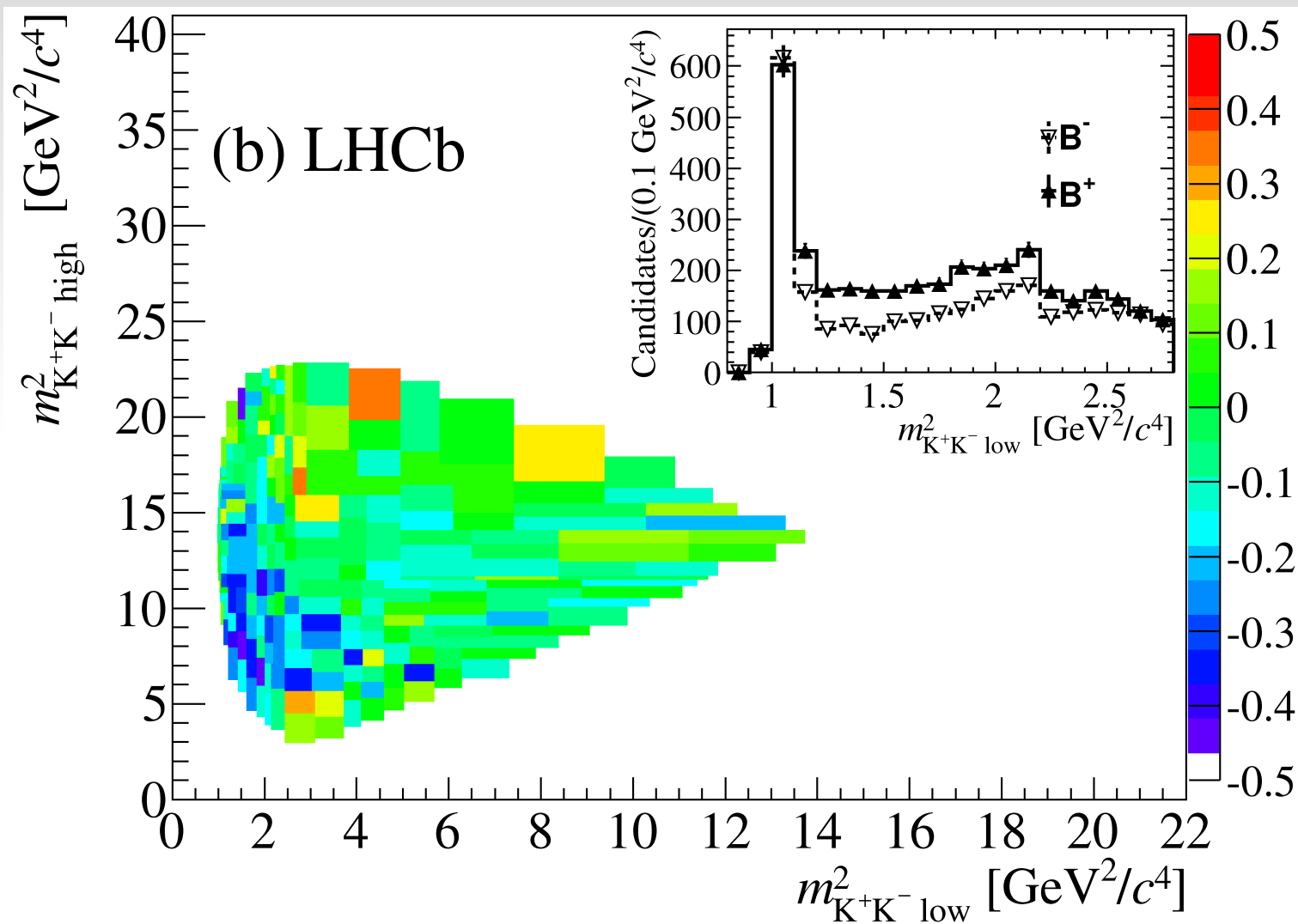
B⁺ - B⁻ Dalitz differences

Low $M_{\pi K}^2$ and High $M_{\pi\pi}^2$ phase space distribution



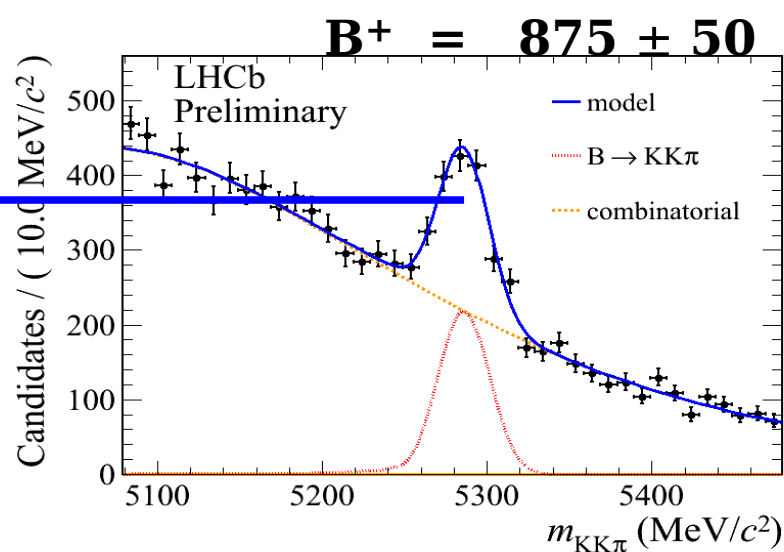
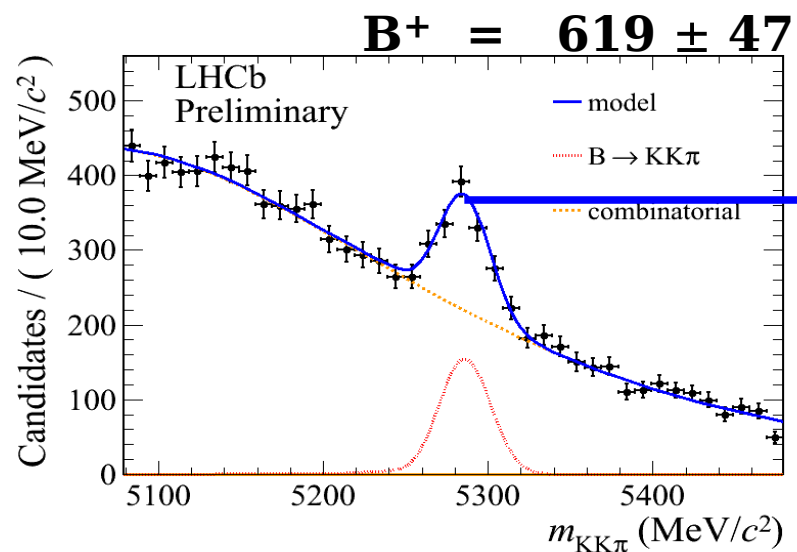
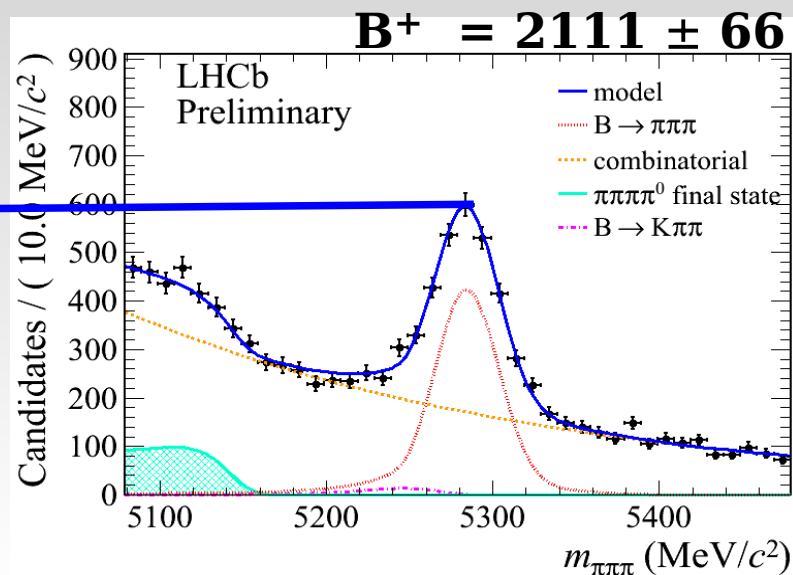
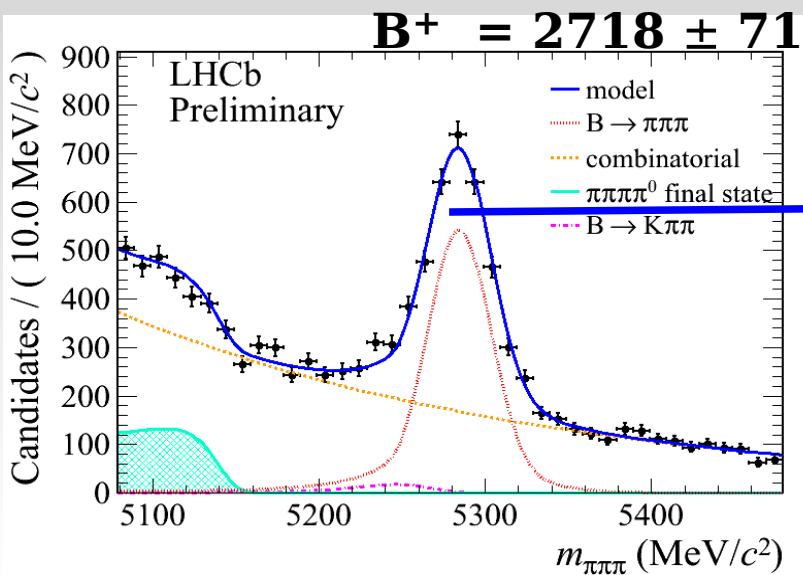
Diferenças de B^+ - B^- Dalitz

$M^2_{K^+K^-}$ Vs $M^2_{K^+K^-}$ distribuição do espaço de fase



$B^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^-$ and $B^- \rightarrow \pi^- K^+ K^-$

LHCb-CONF-2012-028 - arXiv:1301.0283

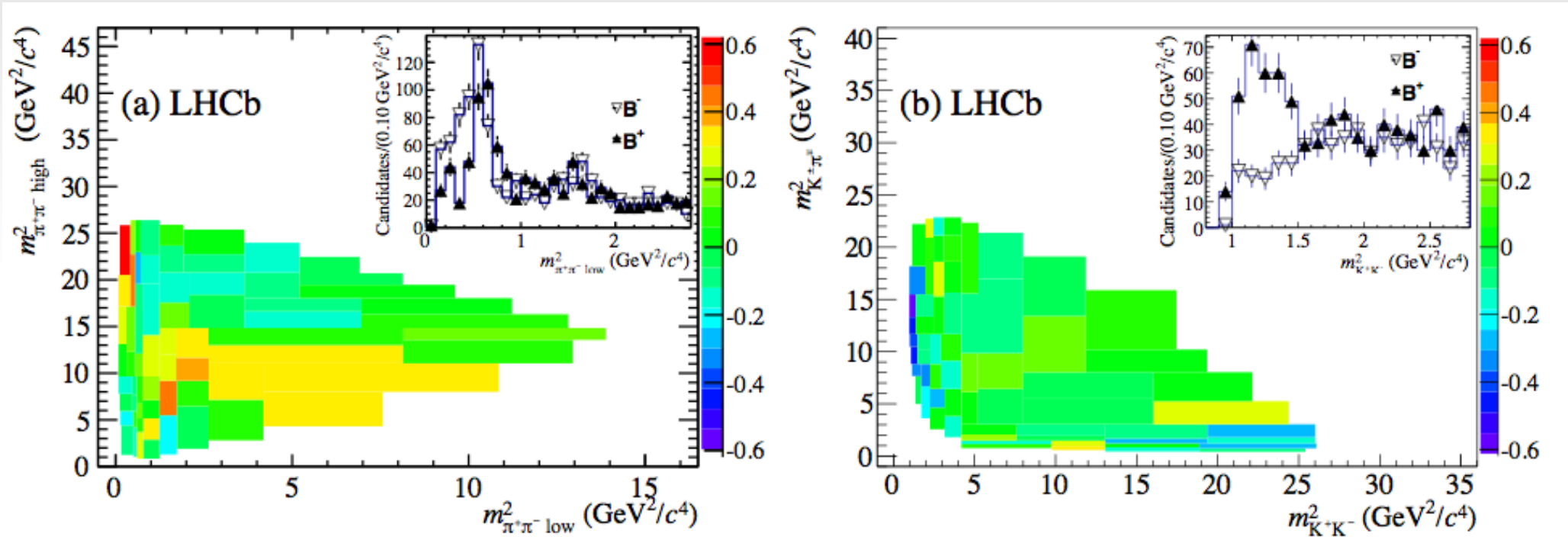


$$A_{CP}(B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^+ \pi^-) = +0.120 \pm 0.020(\text{stat}) \pm 0.019(\text{syst}) \pm 0.007(J/\psi K^\pm)$$

$$A_{CP}(B^\pm \rightarrow K^+ K^- \pi^\pm) = -0.153 \pm 0.046(\text{stat}) \pm 0.019(\text{syst}) \pm 0.007(J/\psi K^\pm)$$

$B^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^-$ and $B^- \rightarrow \pi^- K^+ K^-$ Dalitz plot

LHCb-CONF-2012-028 - arXiv:1301.0283





Comentários sobre os resultados experimentais.



- ♦ Violação de CP observada nos quatro canais.
- ♦ **Positiva nos:** $B^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^-$ e $B^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^-$
- ♦ **Negativa nos:** $B^- \rightarrow K^- K^+ K^-$ e $B^- \rightarrow \pi^- K^+ K^-$.
- ♦ Distribuição da violação de CP não uniforme no Dalitz plot: grande CP assimetria em valores baixos das massas invariantes de $K^+ K^-$ e $\pi^+ \pi^-$, nenhuma evidência na região de baixa massa de $\pi^- K^+$.
- ♦ A distribuição de violação de CP não segue as usuais estruturas ressonantes.

Sumário

- ◆ 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, mas não é suficiente para explicar a assimetria matéria anti-matéria.
- ◆ A experiência LHCb tem contribuído de forma decisiva na observações de assimetrias entre matéria e anti-matéria, mas o objetivo é o de aprofundar ainda mais esta questão.

Backup

**Participação Brasileira
na construção do LHCb.**

Desenvolvimento do chip CARIOCA



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

CERN COURIER 50 years 1959-2009

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

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



[More companies ▶](#)

FEATURED COMPANIES

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

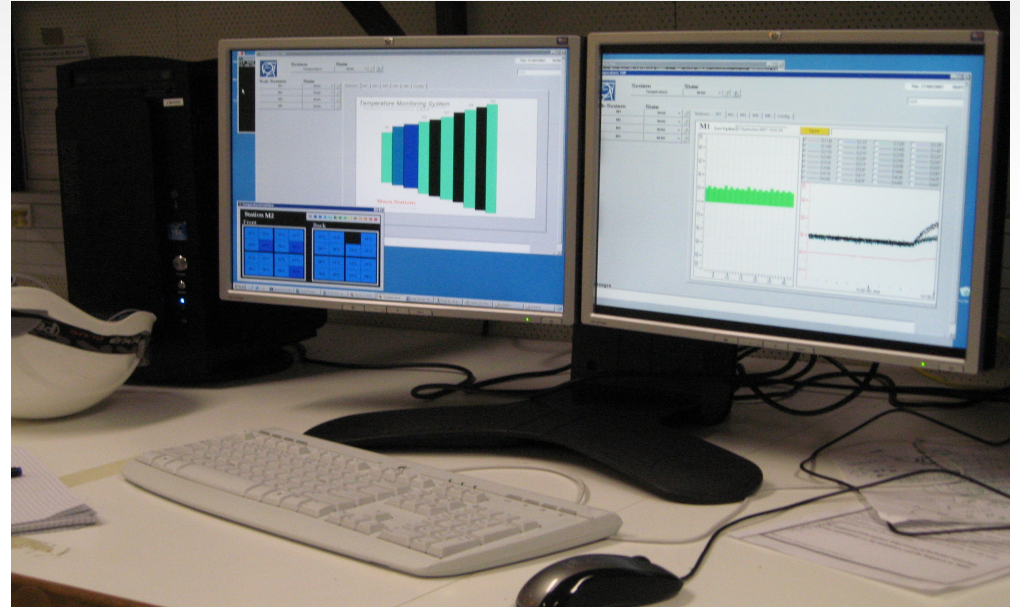
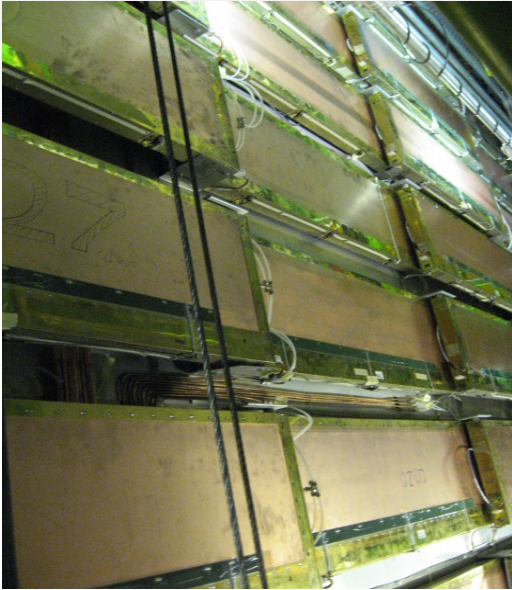
[Buyer's Guide ▶](#)

**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

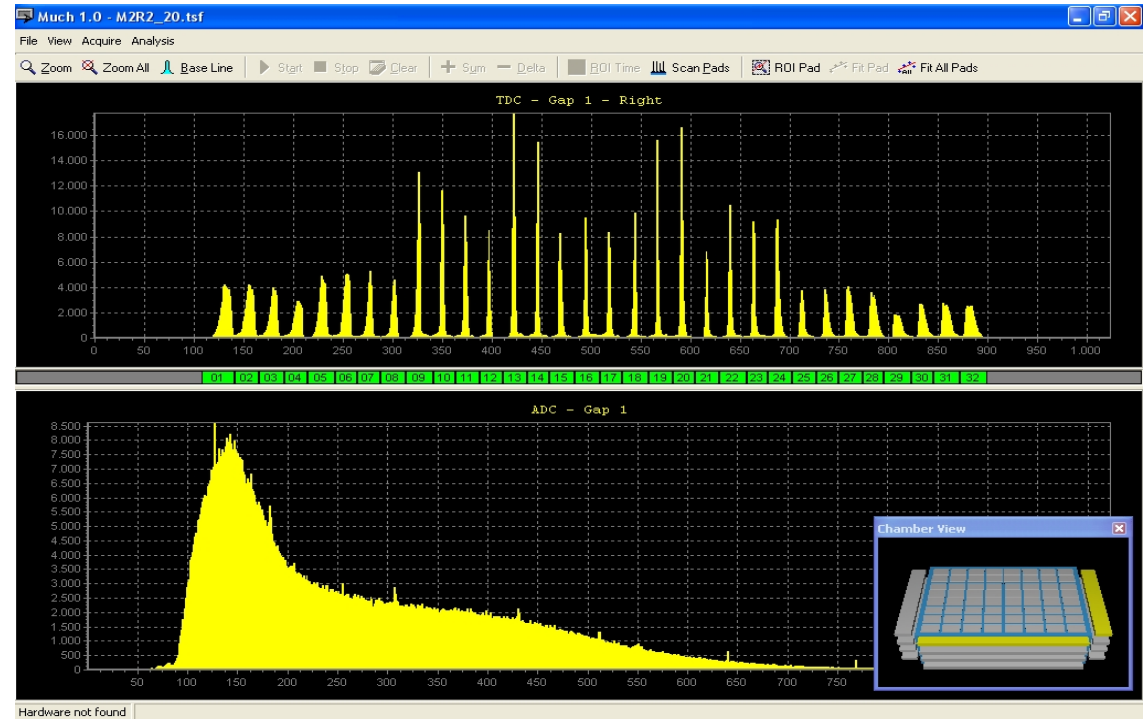
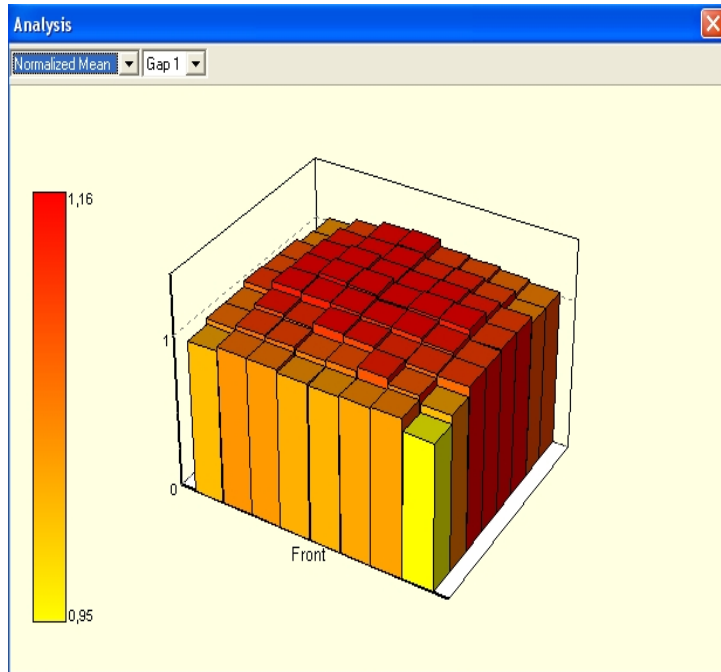


- 128 sensores instalados e testados
- ELMBs instaladas e testadas
-
- Vista do painel do programa na sala de controle



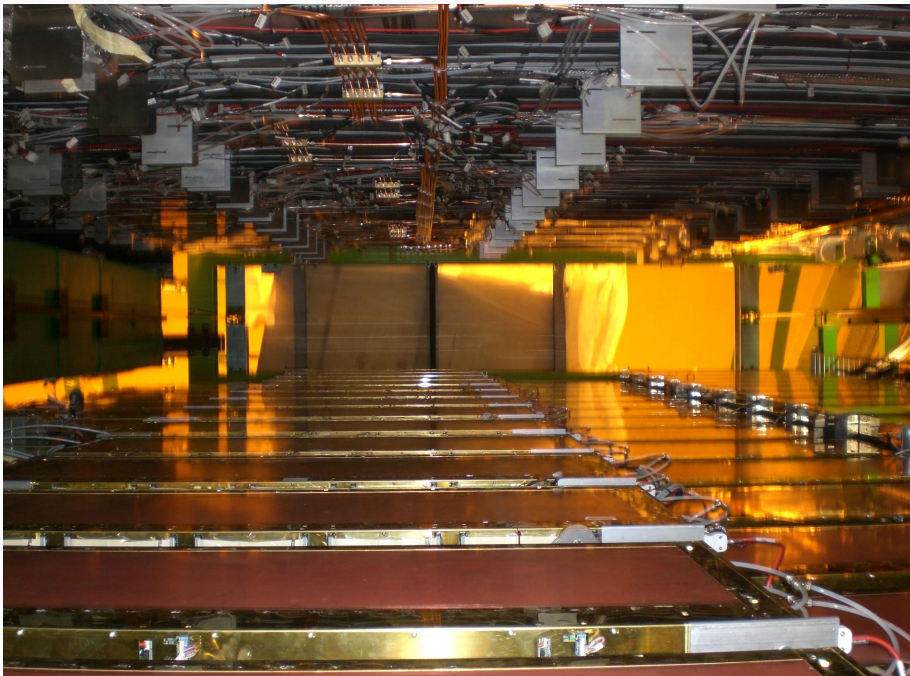
Estação de testes das câmaras de múons do LHCb

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

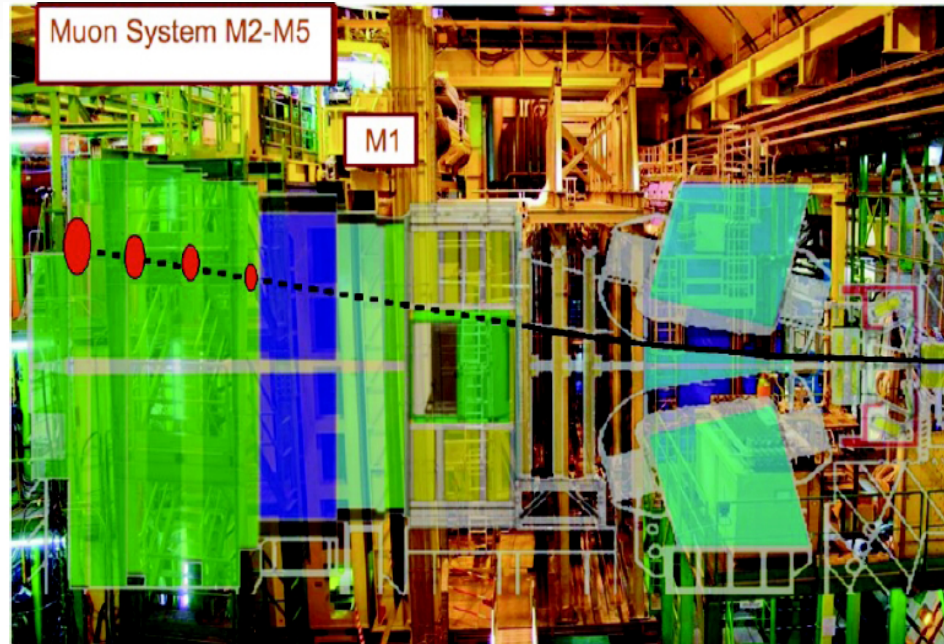


Identificação de Múons

Das responsabilidades mais antigas do grupo UFRJ. Em 2010 o algoritmo de identificação de múons foi comissionado e funciona de acordo com o esperado.

A calibração como função do momento e da posição (XY) do traço no detetor de múons e feita com dados:

K^0_S ; J/ψ ; Z para a taxa de identificação incorreta e J/ψ para a eficiência

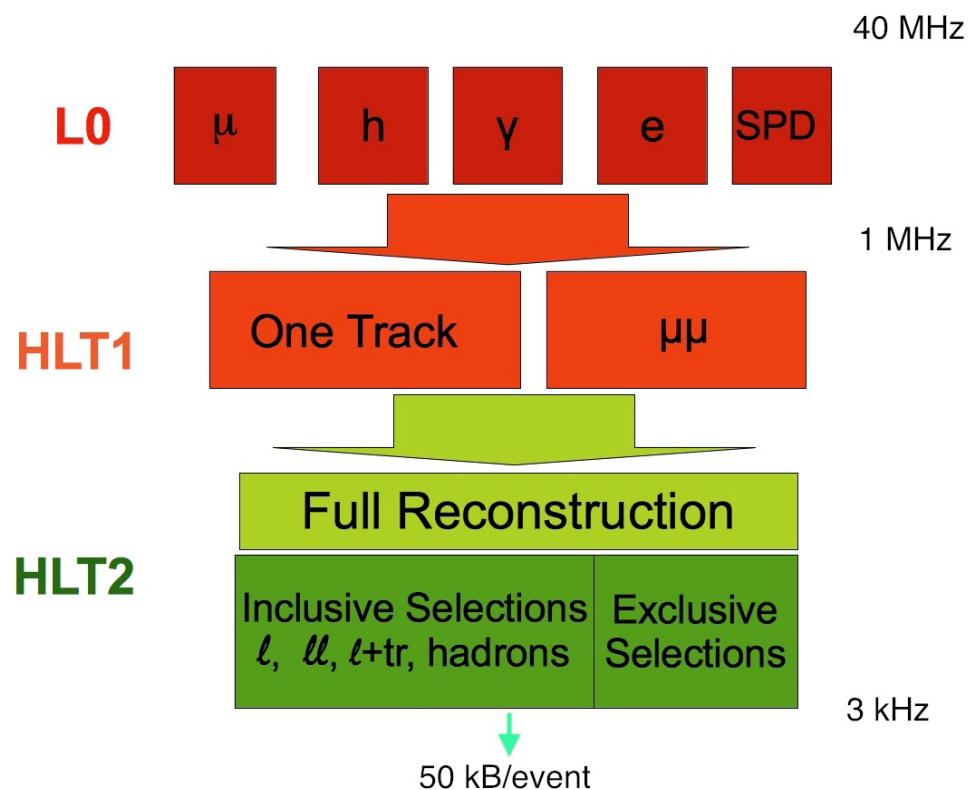


Trigger

Uma atividade da qual o grupo participa há vários anos com atuação em:
 trigger de múons (L0,HLT1,HLT2)
 trigger de charme (HLT2)
 trigger de hadrons (HLT1,HLT2)

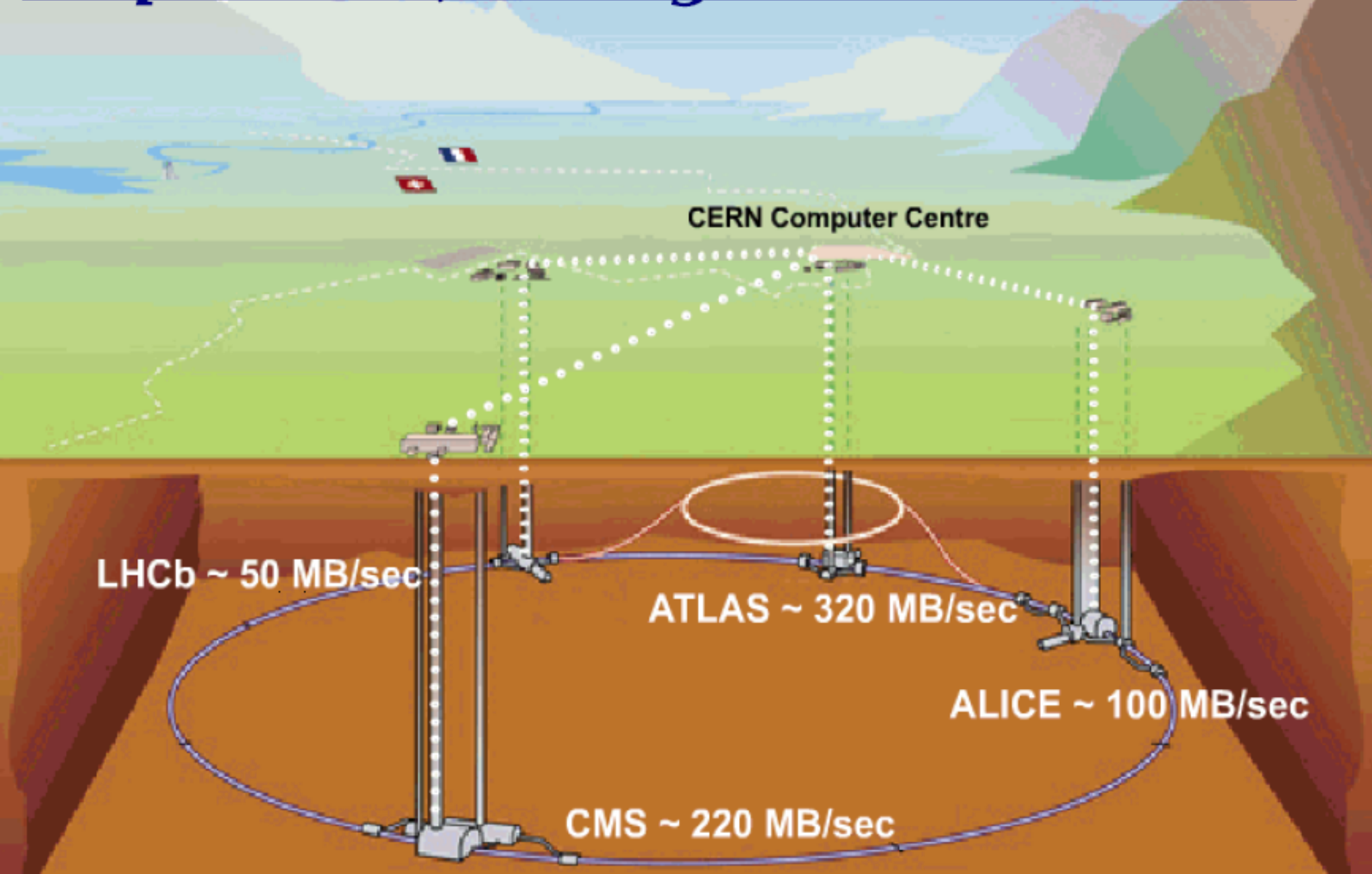
divisão de bandas: a partir de prioridades definidas pela colaboração (canais e critérios de seleção) a divisão de bandas visa maximizar a eficiência do sistema como um todo

- $B_d \rightarrow K^* \mu \mu$;
- $D \rightarrow KK\pi$;
- $D \rightarrow \mu \mu \pi$;
- $B_s \rightarrow$ Semileptonic;
- $B_d \rightarrow$ Semileptonic;
- $B_d \rightarrow K^* \gamma$;



Tier 0 @ CERN

Acquisition, storage & distribution





LHC Computer Grid



WLCG
Worldwide LHC Computing Grid

5/16/2011 2:00:00



US Dept of State Geographer
© 2011 Europa Technologies
© 2011 MapLink/Tele Atlas
© 2011 Google

©2010 Google

Altitude do ponto de visão 14409,53 km

Produção da GRID do CBPF

15 Milhões KSI2K em 5 anos

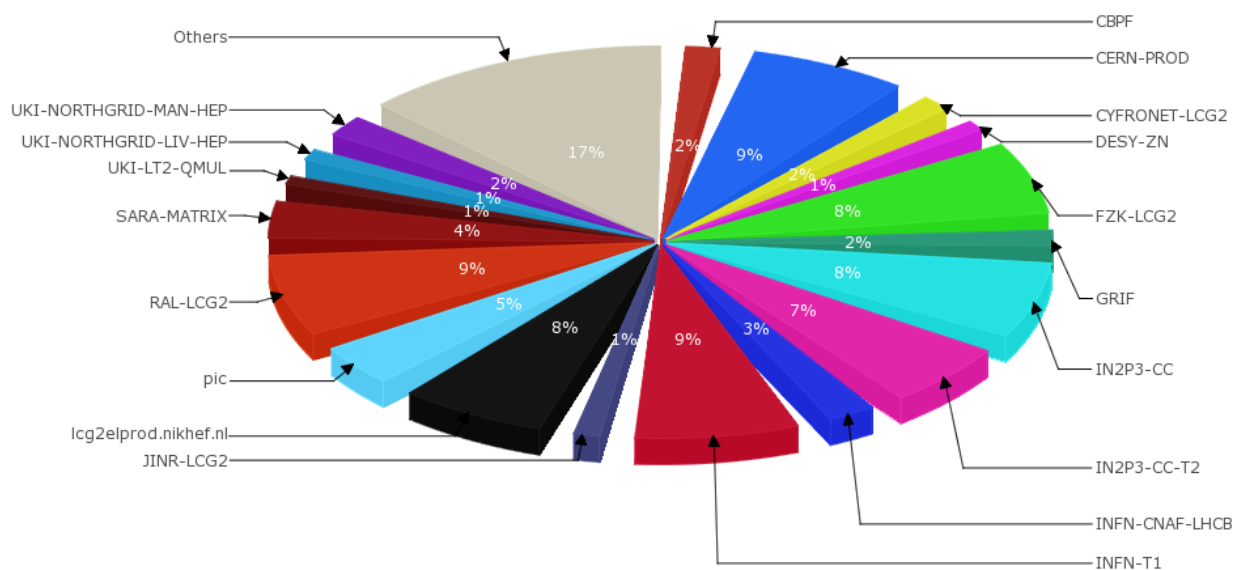
- Objetivo principal da Grid/CBPF: simulação de eventos das experiências LHCb e CMS dentro do projeto LCG.
- Início das operações em agosto de 2008.
- CBPF - quatro pessoas com dedicação integral à operação:
(350 "cores", mais ~ 300 aprovados).

Distribuição do processamento no ultimo ano do LHCb

Developed by CESGA 'EG1 View': / normcpu / 2011:8-2012:7 / VO-SITE / lhc (x) / GRBAR-LIN / I

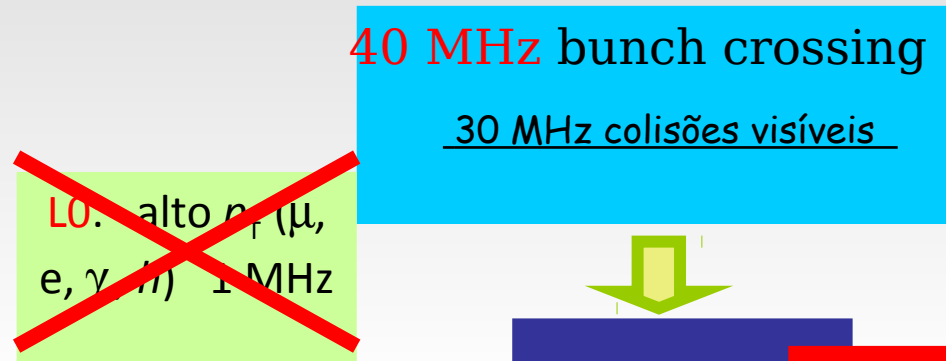
2012-07-25 20:05

VO_DISCIPLINE Normalised CPU time (kSI2K) per SITE

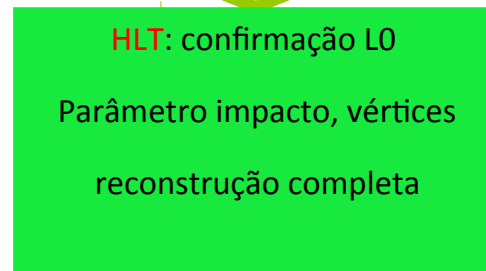
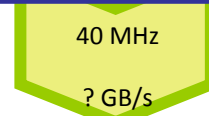


Projeto de upgrade da eletrônica de aquisição de dados Tell40

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



Upgrade
 \rightarrow



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

Projetos: upgrade- leitura medipix/timepix

- Interesse oficialmente mostrado no Upgrade do VELO ligado ao projeto de Pixels. (e bem recebido).
- Dedicção ao desenvolvimento do sistema de controle e leitura dos módulos do Timepix.

– Linha Evolutiva:

Medipix → Timepix → Timepix 2 → Velopix.

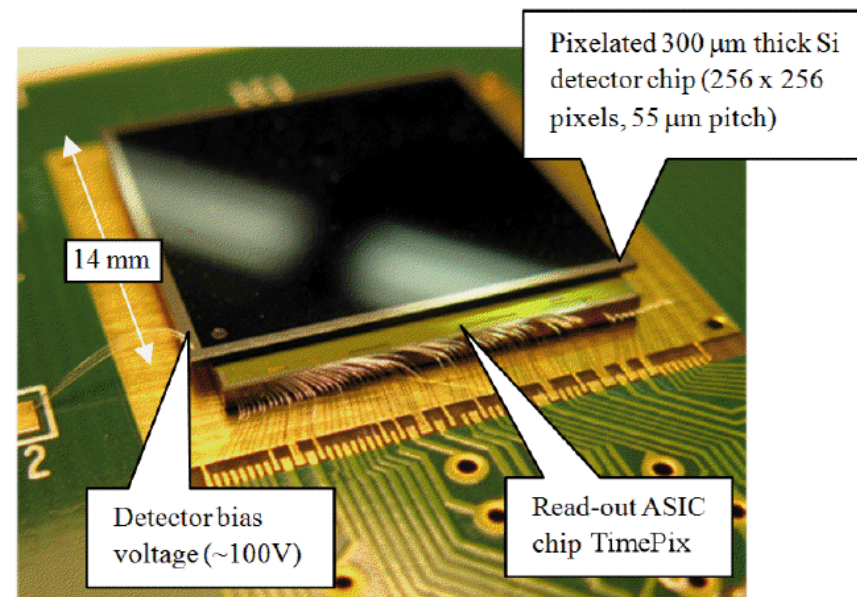
Posição (xy) → xy e Tempo de chegada (ToA) ou Energia (ToT) → xy e ToA e ToT → xy, ToA, ToT, supressão de zeros (ZS)

- Primeiros Detectores chegam ao Brasil em 3 de Dezembro para serem usados no sistema local.



Medipix

Timepix



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

- ◆ 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