



Solar Eclipse on May 29, 1919, observed in the city of Sobral, Ceará State in Brazil, confirmed at the same time by two teams of British astronomers. Pesquisa FAPESP Magazine May, 2009



Botanical Gardens



Sugar Loaf Mountain

Christ The Redeemer



Museum of Tomorrow

LISHEP 2023

WORKSHOP ON HIGH ENERGY PHYSICS



Sessão A - Tópicos Principais

Cosmologia e Física de Partículas

<https://indico.cern.ch/event/1181215/>

Março 1 - 3 - Rio de Janeiro

COMITÊ LOCAL DE ORGANIZAÇÃO

- Luiz Mundim - UERJ
- Alberto Santoro - UERJ
- Dilson Damião - UERJ
- Eliza Melo - UERJ
- Gilvan Alves - CBPF
- Ignácio Bediaga - CBPF
- Wagner Carvalho - UERJ
- Helena Malbouisson - UERJ
- Yara Coutinho - UFRJ
- Vitor Oguri - UERJ

ORGANIZADORES
EQUIPE TÉCNICA
Ver na página web

Session C - Main Topics

Cosmology and Particle Physics

<https://indico.cern.ch/event/1181208/>

March 6 - 10 - Rio de Janeiro

INTERNATIONAL ADVISORY COMMITTEE

- Patricia McBride - FNAL - USA
- Carlos Avila - UNIANDES - Colômbia
- Joel Butler - FNAL - USA
- Sampa Bhadra - York U. - Canadá
- Tulika Bose - USA
- Gerardo Herrera - CINVESTAV - México
- Carlos Garcia Canal - U.N. La Plata - Argentina
- Kajari Mazumdar - TIFR - India
- Lia Meringa - FNAL - USA
- Guido Tonelli - Pisa - CMS - Itália
- Yifang Wang - IHEP - China
- João Varela - LIP - Portugal
- Kirsti Aspöla - CERN
- Carlos Andrés Flores - Colombia
- Luciano Maiami - Roma - Italy
- Gilles Cohen-Tannoudji - France
- Harvey Newman - CALTECH - USA
- José WF VALE - IFIC - Spain

LOCAL ORGANIZERS
TECHNICAL SUPPORT
Please see the webpage

E-mail: lishepoficial@gmail.com





QUAL É A BOLA DA VEZ?



1 de Março de 2023

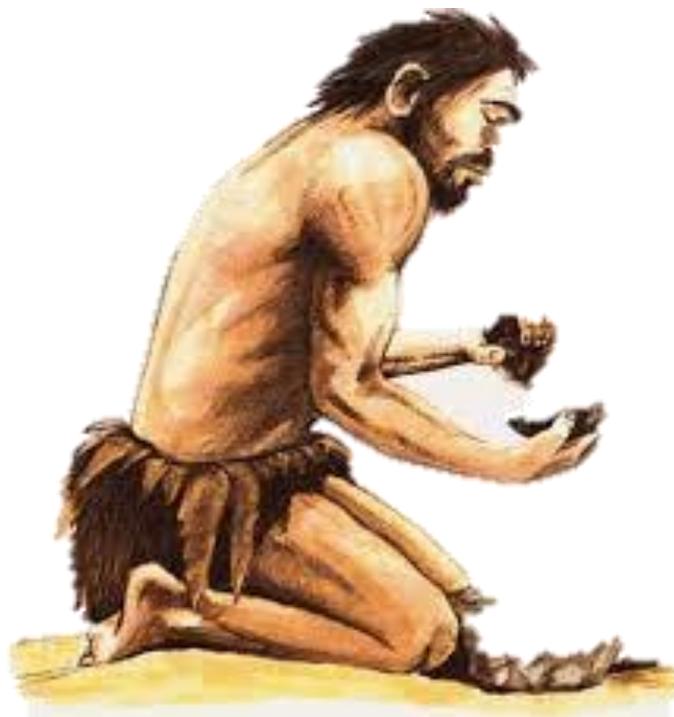
LISHEP2023

Alberto Santoro

ROTEIRO

- I - Introdução
- II - Porque Bola da Vez?
- III - Estudos

A curiosidade é que move o homem para o progresso.



Assim fomos aos poucos descobrindo que para ir nas regiões mais profundas da Matéria, teríamos que inventar uma instrumentação para fazer isto.



E. O. Lawrence 1930
80 KeV



Para trabalharmos na área da Física de Altas Energias, temos que ter em mente:
Uma instrumentação bastante complexa. Vou mostrar o FERMILAB e o CERN



Um acelerador - Um conjunto de detectores - Um complexo de Computação

Vamos dar uma olhada no último Grande Acelerador Construído pela Comunidade Científica Internacional.

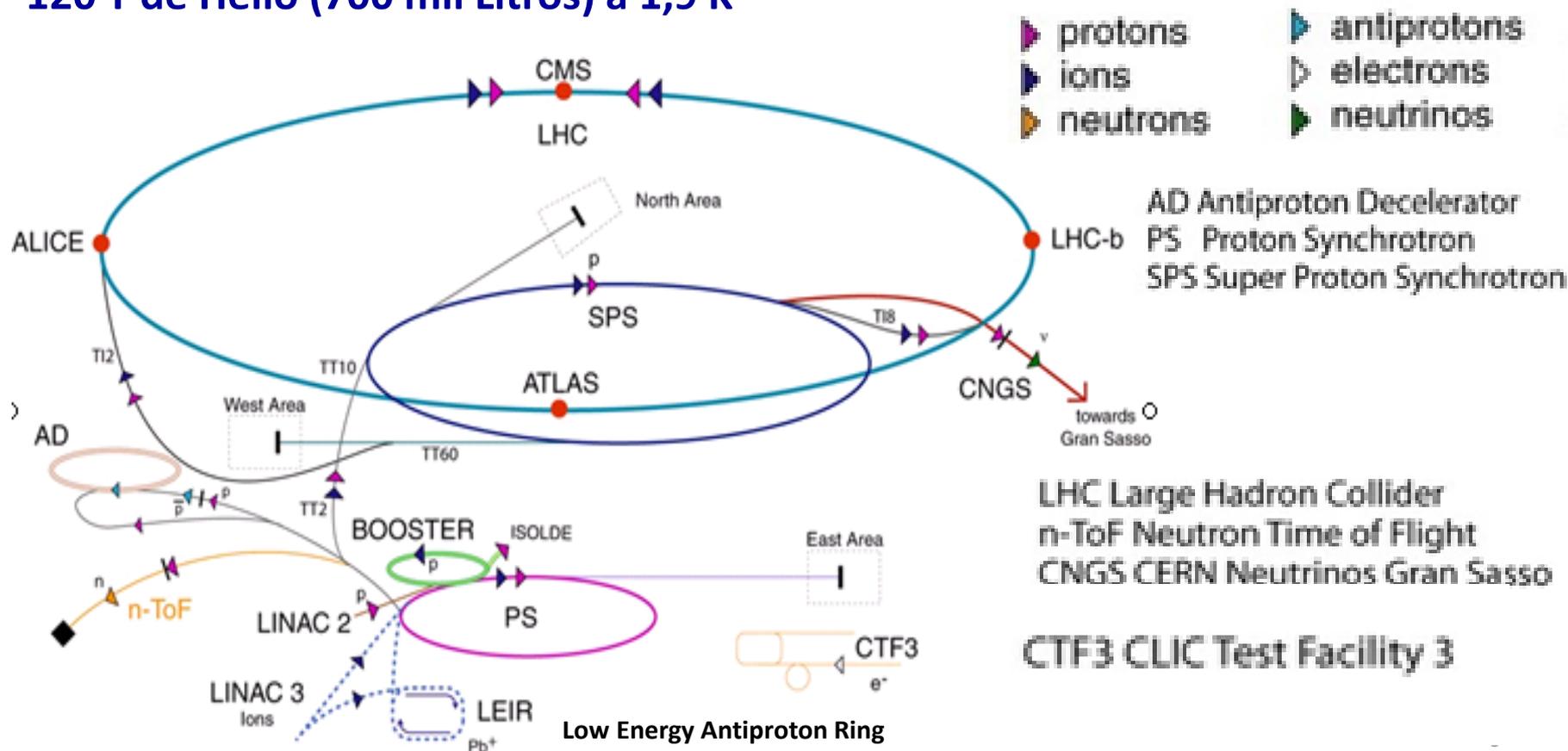




É o maior acelerador de Partículas do mundo com as seguintes características..

27 Km de Circunferência, a 100 m abaixo da terra, e é do tipo Colisor com o Maximo de Energia por feixe de 7 TeV/Feixe.

Tem 1800 Magnetos Supercondutores com 7000 Km de Fios Supercondutores, 120 T de Helio (700 mil Litros) a 1,9 K



O Grande e o Pequeno



LHC TUNEL
Large Hadron Collider



O CERN e Suas Finalidades

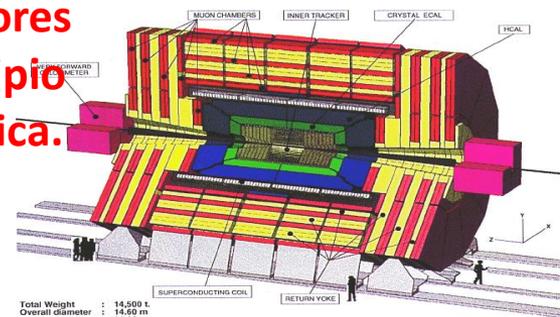
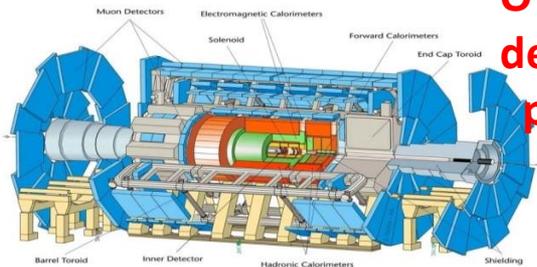
CIENCIA - EDUCAÇÃO - COLLABORAÇÃO - TECNOLOGIA

TECHNOLOGY CERN: SCIENCE
ALICE
LHCb
COLLABORATION
ATLAS



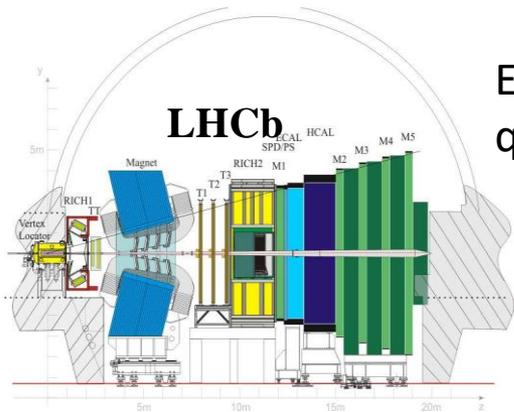
Para este complexo de aceleradores construiu-se 4 grandes detectores de de Partículas. Eles são também um complexo de subdetectores. Vejamos:

O ATLAS e o CMS são detectores de propósito geral. Em princípio podendo fazer qualquer Física.



Total Weight : 14,500 t
 Overall diameter : 14,50 m
 Overall length : 21,50 m
 Magnetic field : 4 Tesla

ATLAS – A Toroidal LHC Apparatus



Estudos do quark b...

Estudos do Plasma de Quarks



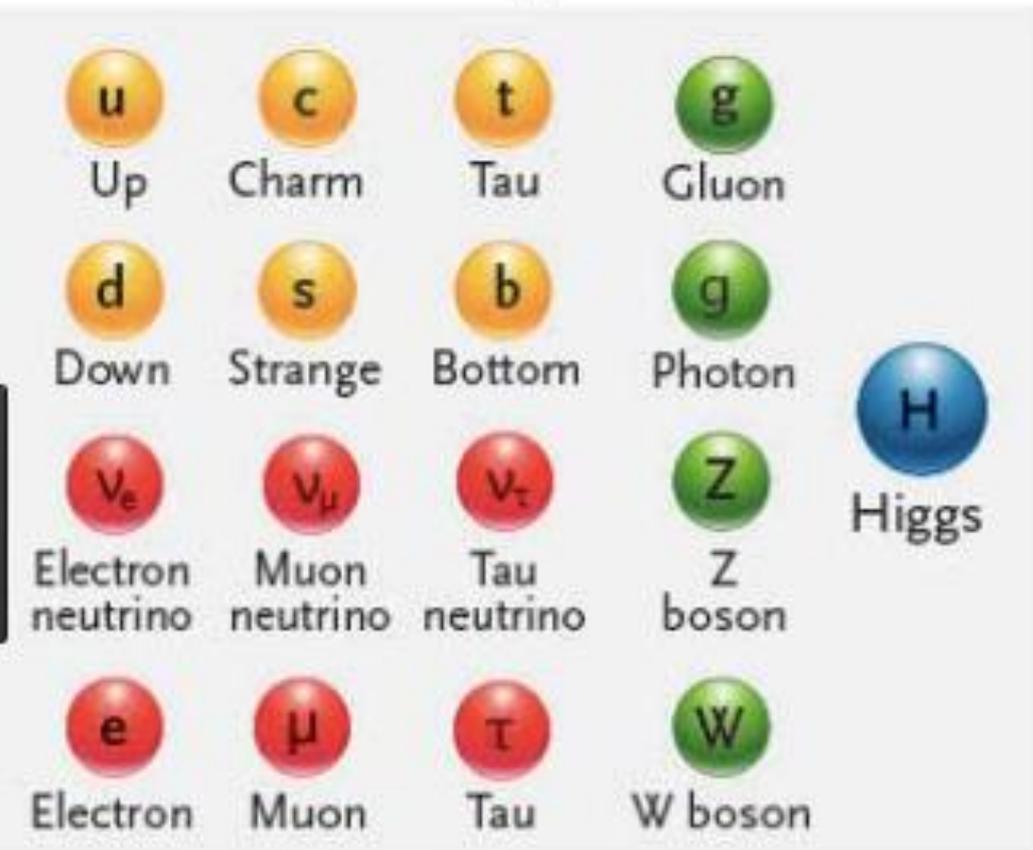
ALICE – A Large Ion Collider Experiment

COM ESSES

4 grandes detectores foram descobertas muitas Novas Partículas
 As aplicações das Tecnologias empregadas para a descoberta de partículas e o estudo de suas propriedades.

A Física de Partículas ou Física de Altas Energias
 A procura do que existe de mais fundamental na natureza e suas interações
 Partículas Elementares e Interações fundamentais

Standard particles



- Quarks
- Leptons
- Force particles

A procura do que existe de mais fundamental na natureza e suas interações

Partículas Elementares e Interações fundamentais

Standard particles

Supersymmetry particles

 u Up	 c Charm	 t Tau	 g Gluon	
 d Down	 s Strange	 b Bottom	 g Photon	
 ν_e Electron neutrino	 ν_μ Muon neutrino	 ν_τ Tau neutrino	 Z Z boson	 H Higgs
 e Electron	 μ Muon	 τ Tau	 W W boson	

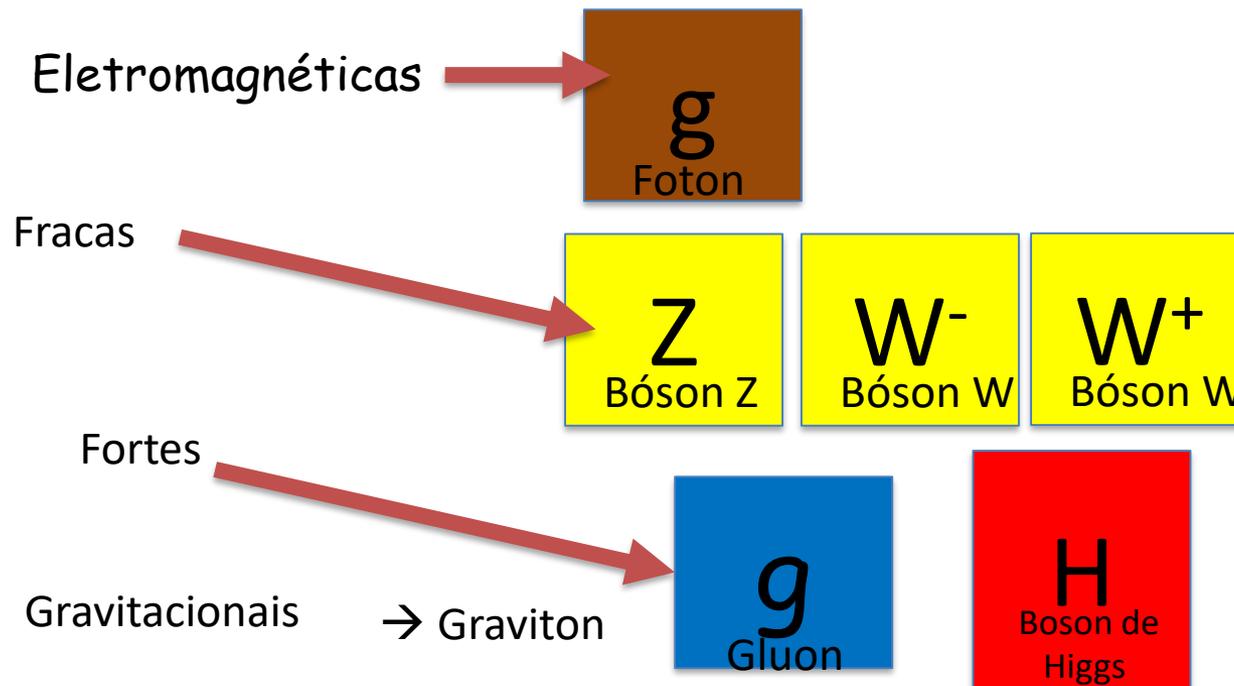
 \bar{u}	 \bar{c}	 \bar{t}	 \bar{g} Gluino	
 \bar{d}	 \bar{s}	 \bar{b}	 \bar{g} Photino	
 $\bar{\nu}_e$	 $\bar{\nu}_\mu$	 $\bar{\nu}_\tau$	 \bar{Z} Zino	 \tilde{H} Higgsino
 \bar{e}	 $\bar{\mu}$	 $\bar{\tau}$	 \bar{W} Wino	

-  Quarks
-  Leptons
-  Force particles

-  Squarks
-  Sleptons
-  Neutralinos & Charginos

Como essas partículas interagem entre si?

As interações Fundamentais



Formar Grupos

Em qualquer área, quando voce termina o doutorado voce se pergunta: Onde e por onde começar a trabalhar. Em nossa área a pergunta é: Em que grupo vou trabalhar, que experimento?

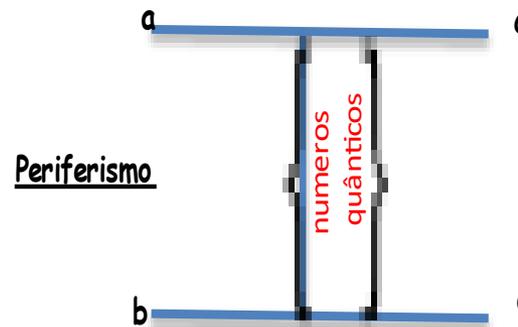
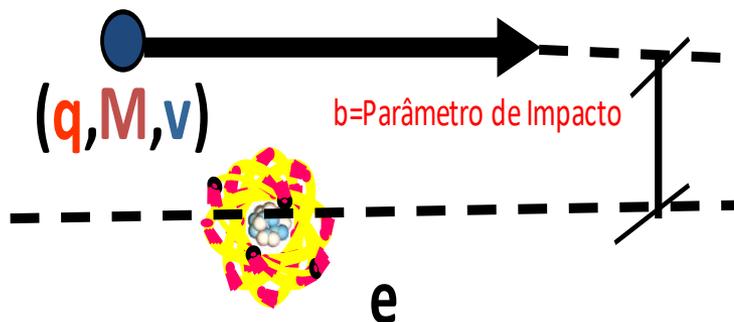
II - Porque Bola da Vez?

A idéia aqui, hoje, é compreender o contexto dos glueballs, vamos primeiro ver resumidamente o que antecedeu essa idéia. Já que a QCD apareceu no cenário das interações para organizar as interações fortes.

Antes da QCD os Físicos Usavam o Teoria de Regge, ou Modelo de Regge que trazia consigo alguns conceitos importantes.

Se ajustava Resultados Experimentais de Partículas com a "teoria" de Regge também chamada Modelo ou fenomenologia a la Regge. E o vácuo nesse Modelo de Regge chama-se Pomeron.

CONCEITOS IMPORTANTES: Modelo de Troca de Números Quânticos; Periferismo; Unitariedade; Analiticidade (Crossing); FESR



Para enfrentar as dificuldades desse modelo, intruduziu-se novas componentes, como a Dualidade e o Pomeron.

Há muitos exemplos nas interações Fortes desse quadro de Regge, superado pela QCD.

Mas, O que é um Glueball?

A nosso entender Pomeron e o Glueball são duas realidades de um mesmo objeto que aparece em Regiões Cinemáticas diferentes. Um que se materializa na região baixo p_t e outro a altos momentos transversos. Ou ainda, evocando o Modelo de Regge : O Pomeron seria a trajetória de troca na via t dual da tranjetoria da via s , o Glueball ($a(t) = a(s)$)

F.E.Low – Phys.Rev. D12,163 (1975)
S.Nussinov- Phys.Rev.Lett. 34,1286 (1975) e
Phys.Rev. D16,(1976)
J. Bartels, DESY preprint 89-040

E vamos Olhar para vários aspectos da QCD para que possamos assegurar a compreensão e conceituar bem um Glueball.

Olhando para os Lagrangeanos da QED e QCD a Teoria das Interações fortes, notamos imediatamente a diferença entre as duas teorias. A QCD, permite a interação entre os gluons para formar Estados Ligados, diferindo da QED que não permite a interação entre fótons. Mas, somos viciados em QED, vejamos uma comparação:

QED - Eletrodinâmica

QCD - Cromodinâmica

$$L_{QED} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\Psi} (i\gamma^\mu D_\mu - m) \Psi$$

$$L_{QCD} = -\frac{1}{4} G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu} + \bar{q}_\alpha (i\gamma^\mu D_\mu^{\alpha\beta} - m\delta^{\alpha\beta}) q_\beta$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\nu A_\mu - \partial_\mu A_\nu$$

$$G_{\mu\nu}^a = \partial_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a + (g f^{abc} A_\mu^b A_\nu^c)$$

$$D_\mu = \partial_\mu - ieA_\mu$$

$$D_\mu = \mathbb{I} \partial_\mu - i \frac{g}{2} \lambda^a B_\mu^a$$

FÓTONS

(GLUONS)

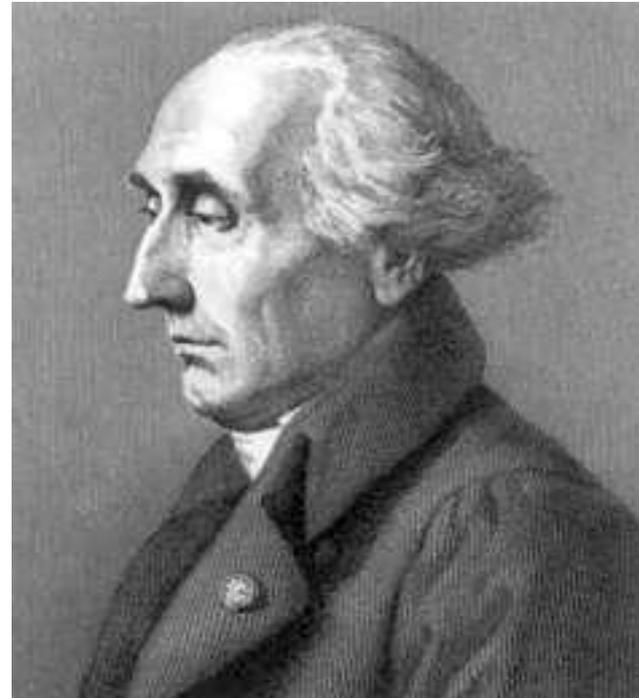
$A_\mu^a(x)$ - São os campos de Gauge Vetoriais

$q_\alpha^A(x)$ - são os Campos de Fermi (spin $\frac{1}{2}$) (QUARKS)

$\lambda^a = 1/4i \tau_r \{ [I^a, I^b] \}$ são as constantes de estrutura do grupo

f^{abc} - são 8 matrizes de $SU(3)_c$ tal que $[I^a, I^b] = 2i f^{abc} I^c$

Joseph Louis Lagrange, nascido como **Giuseppe Lodovico Lagrangia** foi um matemático italiano. O pai de Lagrange havia sido tesoureiro de guerra da Sardenha, tendo se casado com Marie-Thérèse Gros, filha de um rico físico. Foi o único de dez irmãos que sobreviveu à infância. Napoleão Bonaparte fez dele senador, conde do império e grande oficial da Legião de Honra.



Olhando para os Lagrangeanos da QED e QCD a Teoria das Interações fortes, notamos imediatamente a diferença entre as duas teorias. A QCD, permite a interação entre os gluons para formar Estados Ligados, diferindo da QED que não permite a interação entre fótons. Mas, somos viciados em QED, vejamos uma comparação:

QED - Eletrociâmica

QCD - Cromodinâmica

$$L_{QED} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\Psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\Psi$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\nu A_\mu - \partial_\mu A_\nu$$

$$D_\mu = \partial_\mu - ieA_\mu$$

Quark = Representação Fundamental : 3

Gluon = Representação associada : 8

Partículas Observáveis = Singleto de cor 1

$$L_{QCD} = -\frac{1}{4} G_{\mu\nu}^a G_a^{\mu\nu} + \bar{q}_\alpha (i\gamma^\mu D_\mu^{\alpha\beta} - m\delta^{\alpha\beta}) q_\beta$$

$$G_{\mu\nu}^a = \partial_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a + g f^{abc} A_\mu^b A_\nu^c$$

$$D_\mu = \partial_\mu - i\frac{g}{2}\lambda^a B_\mu^a$$

Mesons : 3 x 3 = 1 + 8

Barions : 3 x 3 x 3 = (1 + 8 + 8 + 10)

Glueballs : 8 x 8 = (1 + 8 + 27)(8 + 10 + 10)

$A_\mu^a(x)$ - São os campos de Gauge Vetoriais (GLUONS)

$q_\alpha^A(x)$ - são os Campos de Fermi (spin 1/2) (QUARKS)

λ^a - são 8 matrizes de $SU(3)_c$ tal que $[\lambda^a, \lambda^b] = 2i f^{abc} \lambda^c$

e $f^{abc} = 1/4i \text{tr}\{\lambda^c [\lambda^a, \lambda^b]\}$ são as constantes de estrutura do grupo

As simetrias de Gauge nos dão,

$$A_\mu^a \rightarrow A_\mu^a - \frac{1}{g} \partial_\mu \theta^a(x) + f^{abc} A_\mu^b \theta^c(x) \quad e \quad q_\alpha^A \rightarrow e^{-\theta^a(x) \frac{\lambda^a}{2}} q_\alpha^A$$

Das propriedades de uma simetria nasce a necessidade de introduzir um novo número quântico, a côm.

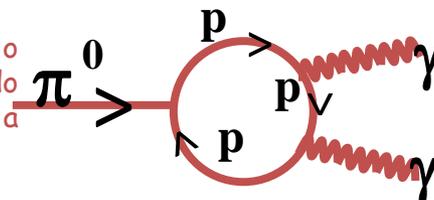
(i) Estatística de Fermi.

$$\Delta^{++}(u,u,u) = (+2/3, +2/3, +2/3)$$

A única solução foi $u u u$

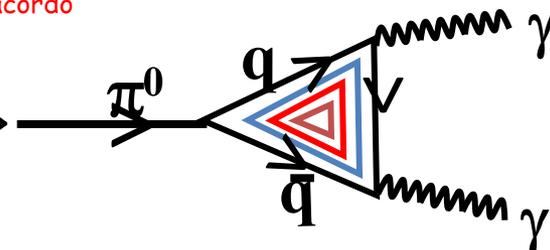
(ii) Decaimento do $\rho^0 \rightarrow 2g$

Em 1949 J. Steinberger calculou o gráfico, e desde então não tem faltado correções para comparação com a experiência.



Ao introduzirmos a côm obtem-se pleno acordo com os dados experimentais:

$$\Gamma_{\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma} = \begin{cases} \text{sem côm} \approx \frac{1}{3} \Gamma_{\text{exp.}} \\ \text{com côm} \approx \Gamma_{\text{exp.}} \end{cases} \Rightarrow$$



(iii) A razão

$$R = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

(iv) Porque $SU(3)_c \rightarrow$ Liberdade Assintótica até 16 sabores.

$$\boxed{n_f(\text{max}) = 16} \quad a_s(q^2) = \frac{1}{1 + b \ell_n \frac{q^2}{\Lambda^2}} \quad b = \frac{33 - 2n_f}{12\rho} \quad \text{Portanto } SU(3)_c$$

$$\boxed{\alpha_s(Q^2) \rightarrow 0; Q^2 \rightarrow \infty}$$

(v) QCD -Por construção côm = Carga Forte.

Dito isto, é natural então pensar que existam Glueballs que são objetos formados predominantemente de gluons.

- Ao mesmo tempo surge nas teorias difrativas, o Pomeron como uma Ladder, ou seja um aglomerado de gluons.

Nos resta agora dois caminhos:

- Mostrar que Glueballs existem (Experimental)

ou

* Criar uma regra nova de seleção que impediria a existência de Glueballs. (Teórica)

Entre tempo podemos fazer fenomenologia para entender melhor as condições de procura dos glueballs.

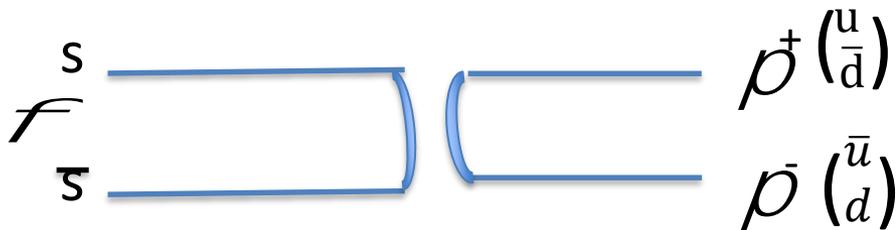
Vamos relembrar aqui alguns pontos importantes que foram se encaixando na eventual existência do Glueball.

Uma regra que nasceu na fenomenologia foi a Regra de Zweig:

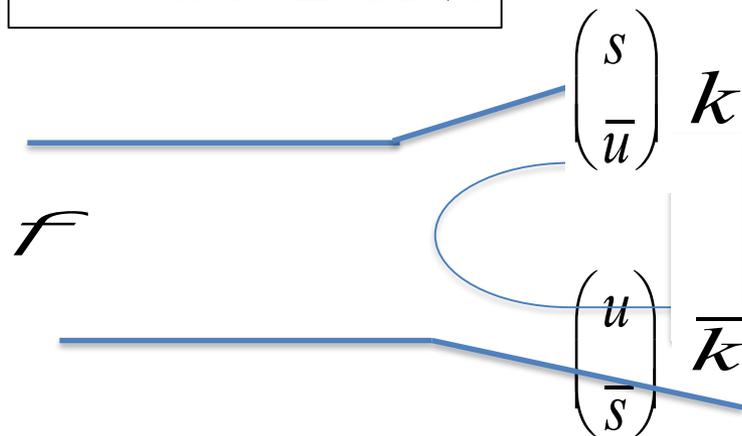
“Diagramas de quarks desconectados corresponde a processos altamente suprimidos”.

Vejamos se existe uma base experimental para esta afirmação:

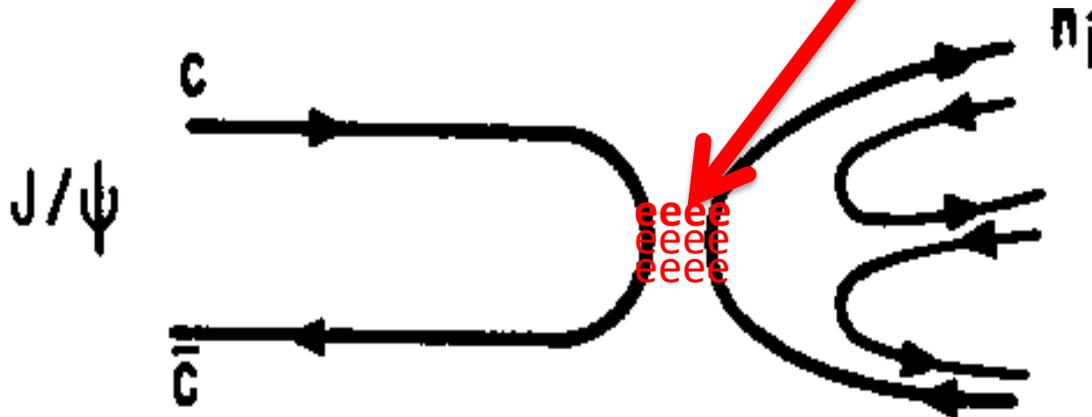
$$f \rightarrow 3p \square 15\%$$



$$f \rightarrow k \bar{k} \square 85\%$$



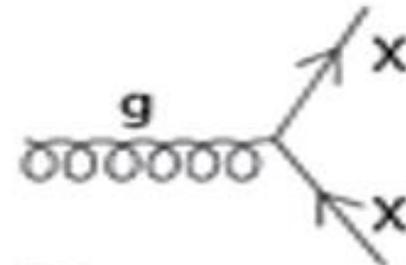
Glueballs



h_i = hadrons sem conteúdo de charme.

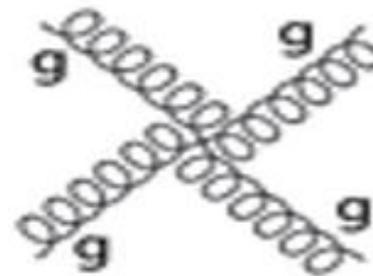
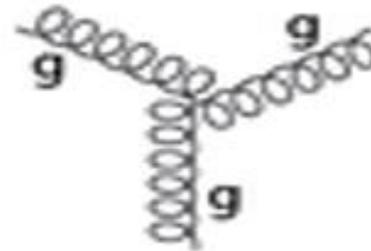
- Os Branching Ratios deste modo :

	Mode	Fraction (Γ_i/Γ)
Γ_1	hadrons	<u>(87.7</u> \pm 0.5) %
Γ_2	virtual $\gamma \rightarrow$ hadrons	(13.50 \pm 0.30) %
Γ_3	$g g g$	(64.1 \pm 1.0) %
Γ_4	$\gamma g g$	(8.8 \pm 1.1) %



X is any quark.

Vertices que tem de ser considerados
no caso dos Glueballs



QCD

Por definição Glueball é um Hadron constituído predominantemente por gluons, que tem manifestação tanto a baixos quanto a altos P_T .

Sua materialização a baixo P_T , chama-se Pomeron como vimos anteriormente. Isto nos leva a adiantar que POMERON E GLUEBALL são o mesmo objeto o que já foi demonstrado pelos teóricos.

Também Podemos dizer que é um objeto novo criado pela QCD. O objeto que só tem côm.

E como vocês sabem a QCD é uma teoria de campos das interações Fortes com campos de gauge não abelianos mediando as interações entre Quarks.

QUARKS são Fermions com carga fracionária de Spin $\frac{1}{2}$ e os Gluons mediam as interações entre Quarks.

A QCD admite a existência de Bound States sem côm e também admite Bosons de Gauge não-abelianos constituídos somente de gluons.

Se glueballs e Pomeron são o mesmo objeto então como interpretar que o Pomeron com $J^{PC} = 1^{++}$ enquanto que os glueballs puros tem $J^{PC} = 0^{+-}, 0^{--}, 1^{-+}, 2^{+-}, 3^{-+}, \dots$ (Odderons?)

- Os números quânticos possíveis são: $J^{PC} = 0^{++}, 0^{-+}, 1^{++}, 1^{-+}, 1^{--}, 2^{++}, 2^{-+}, 2^{--}, 3^{++}, 3^{-+}, 3^{--}, \dots$ onde são os números quânticos do Pomeron. Mas os Glueballs "Puros" são aqueles de números quânticos $J^{PC} = 0^{+-}, 0^{--}, 1^{-+}, 2^{+-}, 3^{-+}, \dots$

Aparentemente todo Glueball é um estado híbrido isto porque analisando os candidatos a glueball a partir de mésons.

- Isto nos permite dizer que os mesons candidatos a glueball e ainda o Pomeron seriam objetos híbridos:

$$\begin{aligned} h(1475) &= 0^{-+} \\ h(1405) &= 0^{-+} \\ h'(958) &= 0^{-+} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_0(980), f_0(1370), f_0(1500), f_0(1710) &= 0^{++} \\ f_1(1420) &= 1^{++} \end{aligned}$$

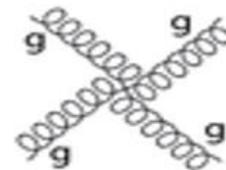
$$\begin{aligned} f_2(1950) &= 2^{++} \rightarrow K^*(892) \bar{K}^*(892), p^+p^-, p^0p^0, hh, \dots \\ B^+ &\rightarrow J/\psi K^+, J/\psi p^+, J/\psi r^+, h_c K^+ \dots \end{aligned}$$

- Daí então entendermos a dificuldade de observação do Glueball. Os quarks são ligados por gluons e alguns desses gluons se ligam também entre si.

- E finalmente, a seção de choque pequena, não contribui positivamente para as observações.

Pomeron/glueball and odderon/oddball trajectories István Szanyia, László Jenkovszkyb, Rainer Schickerc, Volodymyr Svintozelskyid

arXiv:1910.02494v2 [hep-ph] 22 Mar 2020



Usa-se também Análise de Branching Ratios para discriminar Mesons e Glueballs de dois canais de mesons pseudoescalares de $I = 0$ e $J^{PC} = Par^{++}$.

(“Way to Discriminate between Mesons and Glueballs or $I = 0$, $J^{PC} = even^{++}$ Unflavored Hadrons “ –Chong-Shou Gao –Hep-ph/9901367 – 1999)

Um balanço entre os mais variados tipos de glueball: Escalar, Pseudoescalar, vetorial, tensorial, etc. (“Modelling Glueballs” – Francesco Giamosa – arXiv 1609.08055 v1-26 Sep 2016)

Em 2016 os Oddballs ($0^{+-}, 1^{-+}, 2^{+-}$) foram investigados, ou seja, aqueles cujos números quânticos não tem $q\bar{q}$

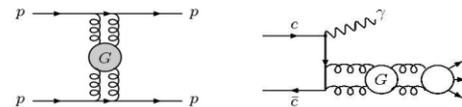
(Liang Tang, Cong-Feng Qiao -Nucl. Physic.B 904 (2016) 282-296)

Experimentos que investigaram decaimentos radiativos –vejam as referências:

Vamos tentar responder a questão:

Onde procurar Glueballs?

1. Em Processos suprimidos pela Regra O.Z.I de Zweig mas Não totalmente proibidos.
2. Nos processos de decaimento radiativo do tipo onde : $\gamma \rightarrow g X$
Se $x = \text{Gluonium}$ o processo deverá ser menos suprimidos que se $x = \text{Quarkonium}$.



3. Processos que tenham números Quânticos Exóticos: Oddballs → Separar dos possíveis singletos de SU(3) (como foi o caso para o E(1420))
4. Larguras da ordem das primeiras dezenas de MeV. E Massas da Ordem do Limiar da interação.
5. Atacar os híbridos via Análises de Ondas Parciais separando as amplitudes em “Mesons” e Glueballs

$$A(s,t) = M(s,t) + G(s,t)$$

6. Estudar as diferenças de Branching Ratios

Na verdade, Eu acho que são duas Bolas da Vez: Os supersimétricos e os Glueballs .

Nos últimos anos foram feitos muitos progressos nas descobertas de novas partículas e não só pelo CMS, incluindo as descobertas do Quark Top, o Higgs, os TetraQuarks trazendo novos conceitos de exóticas, com regras novas sobre a existência ou não de novos Estados, etc. (mas até onde eu saiba não há nada sobre Glueballs)

A QCD não resta a menor dúvida trouxe um grande progresso na compreensão dos elementos fundamentais da natureza e de suas interações.

Mas uma "Teoria" tem que ser conhecida em todos os seus aspectos. Uma das propriedades mais fundamentais da QCD é exatamente a existência dos gluons e sobre tudo a possibilidade de interação entre eles. Esta propriedade separa a QCD da QED.

E até o presente não fomos capazes de identificar, sem ambiguidades,

a existência possível de estados ligados e/ou ressonâncias gluônicas ou Glueballs.

Essas são nossas Motivações.

CBPF-MO-002/83

DUALIDADE E BOLAS DE GRUDE

Alberto F.S. Santoro

Umberto Tiomban na Escola J. A. Swieca de 1983 -pag. 139

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF/CNPq
Rua Xavier Sigaud, 150
22290 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

**$E(1420)$, $G(1440)=?=E_R(1440)$, $=?=i(1440)$, $q(1640)$
e outros...**

- Todo o problema com os candidatos experimentais está nas ambiguidade de sua determinação:

Quarkonium e/ou Glueball?

- Isto porque seus números quânticos J^{PC} Massas e Larguras estão sempre na vizinhança de um singleto de algum noneto de $SU(3)$.
- Mas a questão pode ser invertida: Será que a dificuldade para a determinação de alguns estados está ligada a proximidade de GLUEBALLS?

Glueballs and Oddballs

J^{PC}	(qq)	2g	3g	ODD	Masses (GeV)			
					[19]	[20]	[21]	
0^{++}	YES	YES	YES	NO	1.58	1.73 ± 0.13	1.74 ± 0.05	AMBIGUO
0^{+-}	NO	NO	YES	YES			GLUEBALL	
0^{-+}	YES	YES	YES	NO			AMBIGUO	
0^{--}	NO	NO	YES	YES	1.58	2.59 ± 0.17	2.37 ± 0.27	GLUEBALL
1^{++}	YES	YES	YES	NO			AMBIGUO	
1^{+-}	YES	NO	YES	NO			AMBIGUO	
1^{-+}	NO	YES	YES	YES			GLUEBALL	
1^{--}	YES	NO	YES	NO	3.49	3.85 ± 0.24	AMBIGUO	
2^{++}	YES	YES	YES	NO	2.59	2.40 ± 0.15	2.47 ± 0.08	AMBIGUO
2^{+-}	NO	NO	YES	YES			GLUEBALL	
2^{-+}	YES	YES	YES	NO	3.03	3.10 ± 0.18	3.37 ± 0.31	AMBIGUO
2^{--}	YES	NO	YES	NO	3.71	3.93 ± 0.23	AMBIGUO	
3^{++}	YES	YES	YES	NO	3.58	3.69 ± 0.22	4.30 ± 0.34	AMBIGUO
3^{+-}	YES	NO	YES	NO			AMBIGUO	
3^{-+}	NO	YES	YES	YES			GLUEBALL	
3^{--}	YES	NO	YES	NO	4.03	1.73 ± 0.29	AMBIGUO	

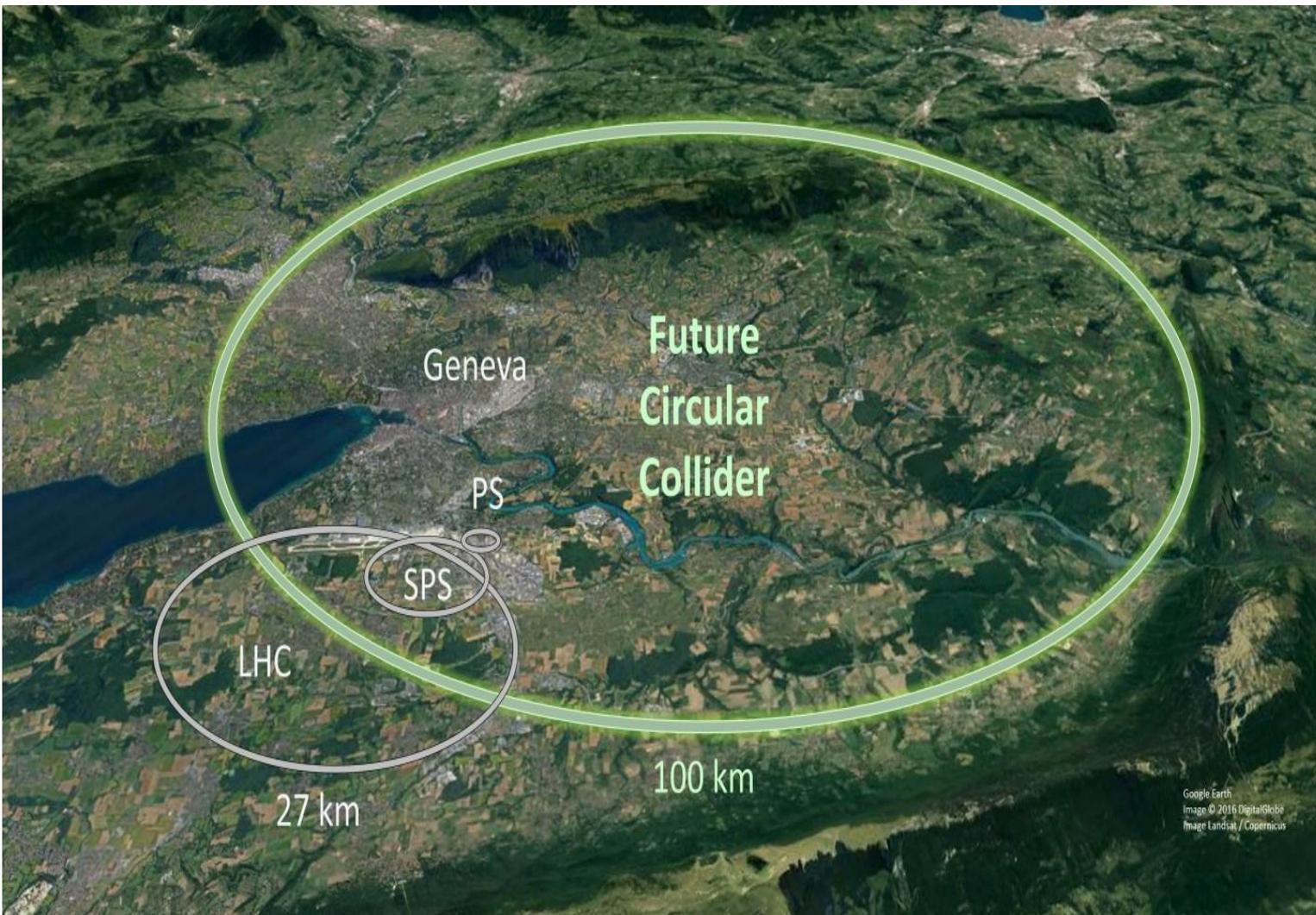
5.

Verificar
OS
números
Quânticos

Mas as procuras por Glueball, e aliás também por Pomeron têm sido na história dos experimentos em Física de Altas Energias muito pobres e em geral dentro do panorama da espectroscopia de hadrons, principalmente de Mésons. A ênfase é dada aos Mixings.

Os estudos com Mixings, servem para mostrar que o Glueball não é feito puramente de gluons e tenha talvez uma componente de quarks do mar, assim como os quarks de valência dos mésons e barions também contém gluons.

Se não encontrarmos o Glueball no LHC será que encontraremos nos FCC-ee, hh?





Vamos parar por aqui. O assunto começa a ter um tom mais técnico e alguns colegas e eu estamos investigando alguns decaimentos que são importantes para elucidar algumas questões.



III. SUGESTÕES

Os que quiserem mais informações, podem

-Adquirir os livros da LISHEP e/ou (Livraria da Física)

-Participar da LISHEP próxima. (Se inscrevendo)

Vejam os livros e o cartaz desse próximo ano.

IV - CONCLUSÃO

É possível que somente na era dos FCC o Glueball apareça.

Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais

F. Caruso & A. Santoro
(editores)

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ ἄτομα καὶ κενόν...

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ léptons καὶ κενόν...

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ quarks καὶ κενόν...



Associação Internacional dos Amigos da Física Experimental de Altas Energias



CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

O que são Quarks, Glúons, Higgs, Buracos Negros e outras coisas estranhas?

F. Caruso, V. Oguri & A. Santoro

Editores

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ ἄτομα καὶ κενόν...

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ léptons καὶ κενόν...

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ quarks καὶ κενόν...



EDITORIAL



IAFAEX

Partículas elementares: 100 anos de descobertas

F. Caruso, V. Oguri & A. Santoro

Editores

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ ἄτομα καὶ κενόν...

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ léptons καὶ κενόν...

νόμος γλυκύ, νόμος πικρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, ἔτεη δὲ quarks καὶ κενόν...

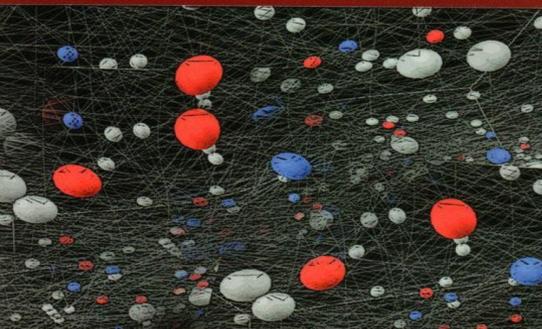


EDUA



Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais

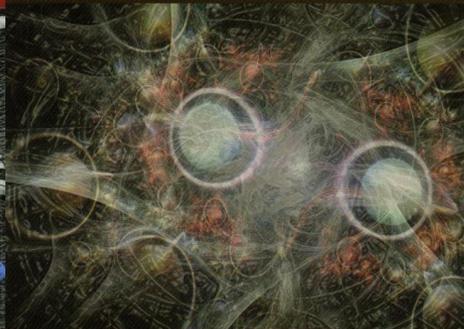
Francisco Caruso & Alberto Santoro
Editores



EDITORIAL

O Mundo das partículas de hoje e de ontem

Gilvan Alves, Francisco Caruso, Hélio da Motta & Alberto Santoro
Editores



EDITORIAL

O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?

Francisco Caruso, Vitor Oguri & Alberto Santoro
Editores



EDITORIAL

Partículas elementares: 100 anos de descobertas

Francisco Caruso, Vitor Oguri & Alberto Santoro
Editores



EDITORIAL

Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais

F. Caruso & A. Santoro
Editores

νόμος γλυκύς, νόμος πιχρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, έτεη δέ άτομα χαι χενόν...

νόμος γλυκύς, νόμος πιχρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, έτεη δέ léptons χαι χενόν...

νόμος γλυκύς, νόμος πιχρόν, νόμος θερμόν, νόμος ψυχρόν, νόμος χροιά, έτεη δέ quarks χαι χενόν...

2ª Edição



CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

ALBERTO SANTORO

UMA VIDA DE REALIZAÇÕES
FESTSCHRIFT EM HOMENAGEM AOS SEUS 70 ANOS

/
A LIFE OF ACHIEVEMENTS
A FESTSCHRIFT ON THE OCCASION OF HIS 70TH BIRTHDAY

F. CARUSO, E. CHRISTOPH, V. OGURI & R. RUBINSTEIN
(Eds.)

AIAFEX

LISHEP 95
Session C:
Heavy Flavour
Physics



LAFEX - International School on High Energy Physics

cbt
Workshop

F. Caruso, M. E. Pol,
A. Santoro & R. Shellard
(Editors)



EDITIONS
FRONTIERES



Obrigado pela paciência em me ouvir.

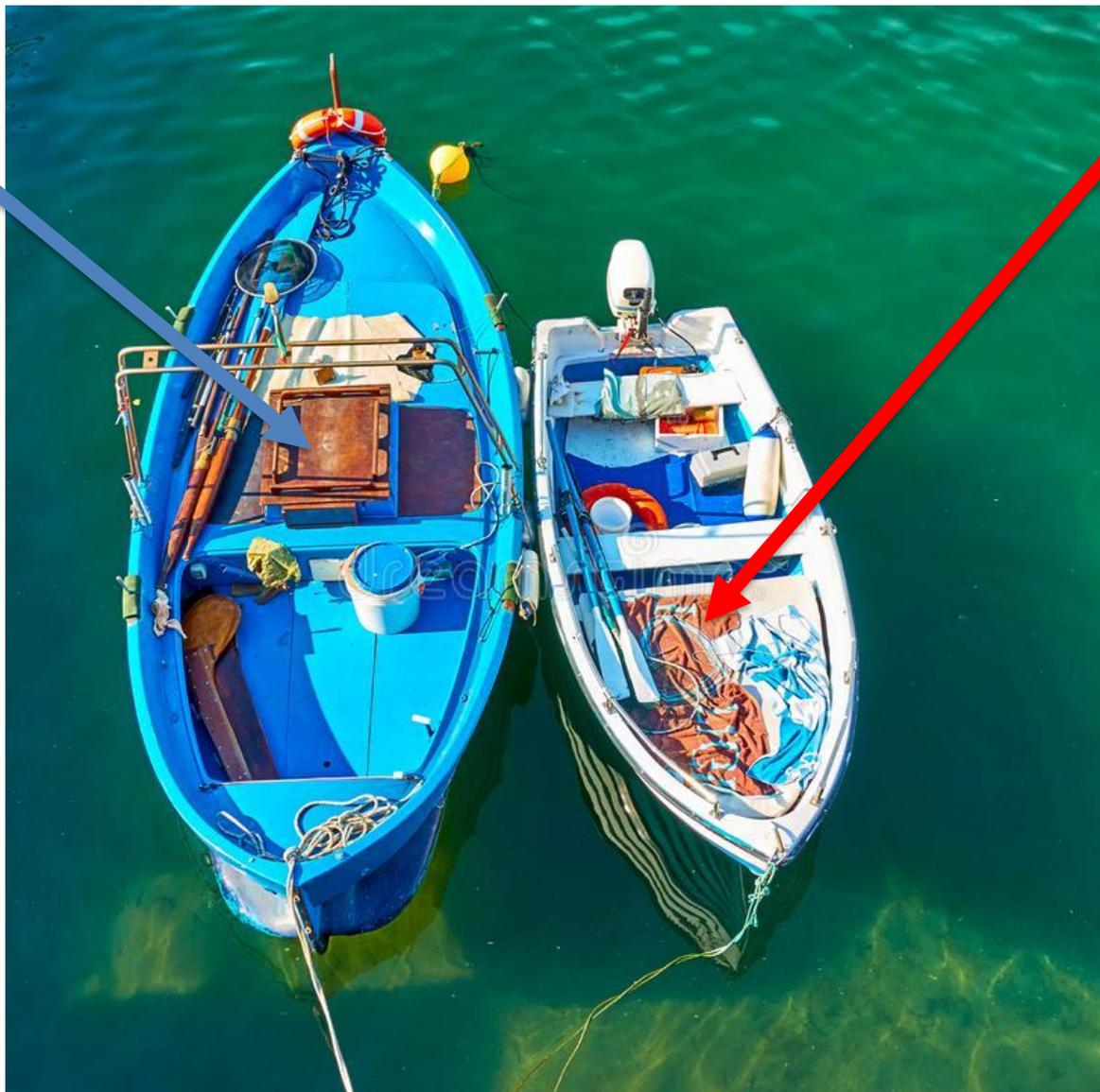


Backup slides



Modelo de troca de números quânticos

Tambaqui,
Pacu, Sardinha



Tucunare,
Matrinxã,
Pescada

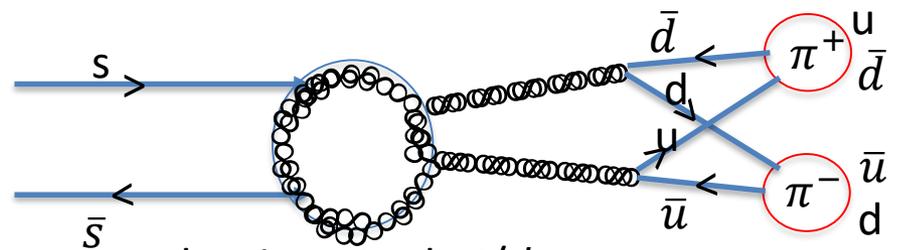
Na perspectiva de trabalho em Glueball estamos Helayel, Mundim e eu mesmo explorando alguns poucos gráficos que representam decaimentos bastantes suprimidos. Pensamos em dividir cada um deles em duas partes: Uma parte Ressonante Mesonica e outra um estado ligado representando um glueball.

$$A (h \rightarrow \text{Mesons}) = G(\text{glueball}) + M(\text{meson}) \quad \text{onde}$$

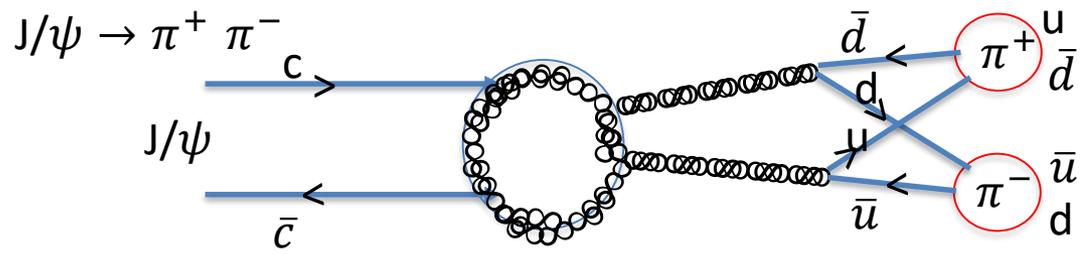
$$G(\text{glueball}) = \frac{1}{s - m_g^2} \quad \text{e} \quad M(\text{mésón}) = \frac{1}{s - m_g \Gamma + i m_g}$$

Mas se considerarmos os gráficos de Feymann correspondentes para cada decaimento, teremos:

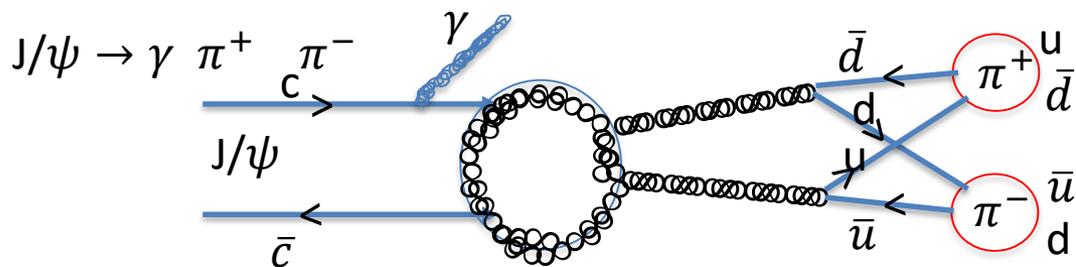
1) Decaimento de $\phi \rightarrow \pi^+ \pi^-$



2) O segundo caso é similar mas para o decaimento do J/psi:

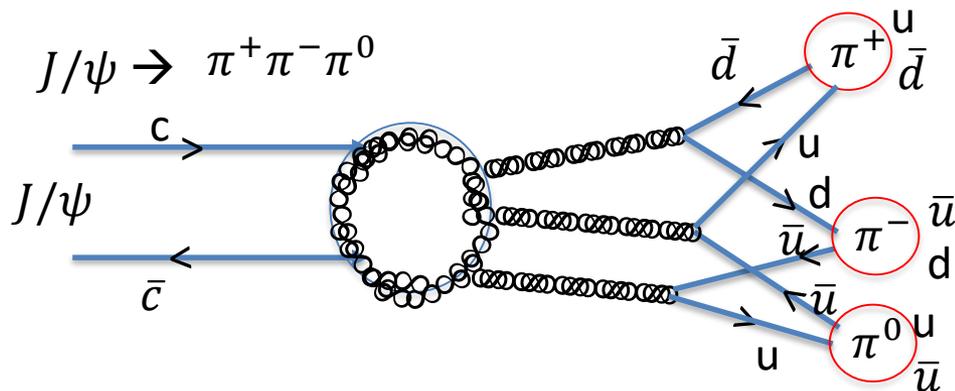


3) Terceiro caso é similar mas para o decaimento do J/ψ *radiativo*:



- 2 vertices $q\bar{q}g$
- 2 vertices ggg
- 2 vertices $q\bar{q}g$
- 1 vertice $g\bar{c}c$

4) E o quarto caso seria:



- 5 vertices $q\bar{q}g$
- 3 vertices ggg

Temos que calcular cada um desses gráficos de Feynmann. Escrever essas Amplitudes e ver como faremos a análise de onda parcial.

Vamos mostrar que Pomeron e Gueball são o mesmo objeto

Pomeron: Por definição é o Polo de Regge do vacuum cujos números quânticos ($J^{PC} = 1^{++}$; $I^G = 0^+$; $Q=B=S=\dots = 0$) saturam o limite de Froissart.

Como havíamos dito, vamos agora falar um pouco sobre nossas motivações para estudar Glueballs.

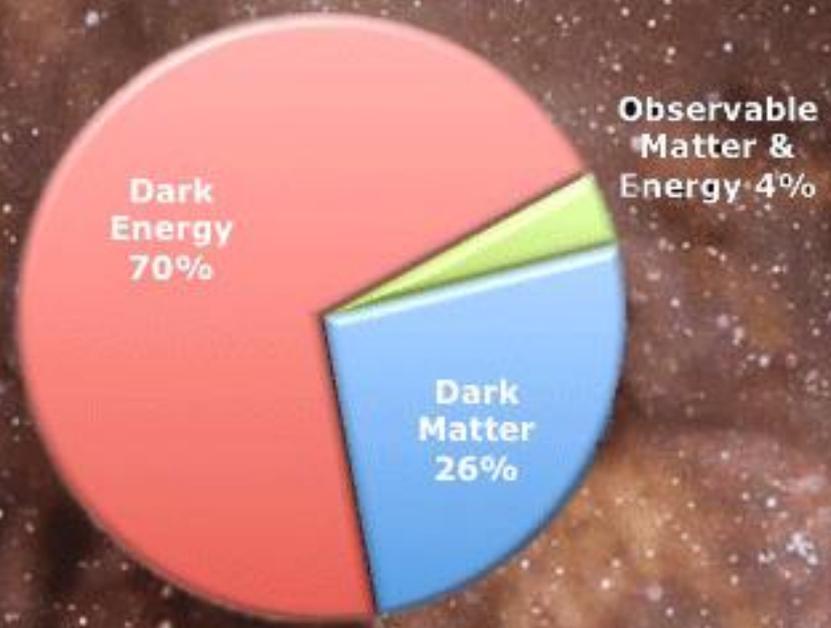
Certamente faremos um super-resumo porque este é um assunto que merece maior atenção. A meu ver, depois das descobertas do Top Quark e do Higgs, **Glueball e Supersimetria são a Bola da Vez.**

Para mostrar isto, seguiremos o caminho da nossa Motivação:

- 1. QCD**
- 2. Regra de Okubo - Zweig - Iizuka**
- 3. VAMOS ver Onde procurar Glueball**

1. **"The Status of Glueballs"-Wolfgang Ochs arXiv1301:5183v3hep-Ph -2013**
2. **"The Experimental Status of Glueballs"-arXiv: 0812.0600 hepexp V.Cude & C.A. Meyer.**
3. **"Glueball Regge trajectories and the Pomeron"- Yu.A. Simonov - P.L. 249, 514 (1990)**
4. **Three gluon Integral Equation and ODDC singlet Regge singularities in QCD- J. Kwiecinski, M.Prasztoeriz -P.L. 94B,413, 1980.**
5. **F.E.Low – Phys.Rev. D12,163 (1975)**
6. **S.Nussinov- Phys.Rev.Lett. 34,1286 (1975) e Phys.Rev. D16,(1976)**
7. **J. Bartels, DESY preprint 89-040**
8. **"Glueballs and hybrides: New State of Matter" F.E. Close-Contemporary Physics 38,1,1997**
9. **First Observation of the $f \rightarrow p^+ p^- g$ decay" Hep-Ph/9907005 1999 R.R.Akhmetshin et al.**
10. **"Way to Discriminate between Mesons and Glueballs or $I = 0, J^{PC} = \text{even}^{++}$ Unflavored Hadrons " –Chong-Shou Gao –Hep-ph/9901367 – 1999.**
11. **"Modelling Glueballs" – Francesco Giamosa – arXiv 1609.08055 v1-26 Sep 2016**
12. **Liang Tang, Cong-Feng Qiao -Nucl. Physic.B 904 (2016) 282-296**

13. Okubo, S - P. L. 5,165,1963
14. Zweig, Gno. . CERN report 8419/TH412 1964
15. Iizuka, I - Progress Theo.Phys.Suppl.37,21,1966
16. "A comprehensive study of the Radiative Decay of J/psi and Psi(2S) to pseudoescalar Meson Pairs, and search for Glueballs" (arXiv 1502.1686v2 de 2015 mas publicado em 2018)
17. International Conf. on Element. Particles, em Sienna Vol.1 pag.287 em 1963, R. Armamenteros et tal.
18. MARK III - R. M. Baltrusaitis et al. MIII Collab.Phys.Rev. D 35, 2077 (1987) e. P.R.L.56,107(1986) - No SLAC (Stanford Linear Accelerator National Laboratory) - $e^+ e^-$ experiment at SPEAR.
19. Crystal Ball: C. Eduardo et al. Crystall Ball Collab.Phys. Rev.D 15,3065,1982 - É um Detector usado inicialmente no Acelerador do SPEAR -Standord Linear Accelerator Center- Depois usado no DESY para B-Physics.
20. BES -Experiment - Beijing Spectrometer (BESIII) $e^+ e^-$ collider PRL 76, 3502 (1996); PLB 642,441 (2006); PRD 68,052003 (2003); PRD 87,092009 (2009) ; ArXiv: 0710,2324 2007
21. D.J. Lange, Nucl. Inst. Methods A462, 152 (2001)
22. "Oservations of a Narrow K Kbarra state in J/Psi Radiative days". Physics Rev. Letters 56, 1987, 107



A matéria escura compõe cerca de 26% do Universo. Primeiros indícios aparecem em 1933, quando observações astronômicas e cálculos de efeitos gravitacionais revelaram que deve haver mais "coisas" no Universo do que os telescópios podem ver.

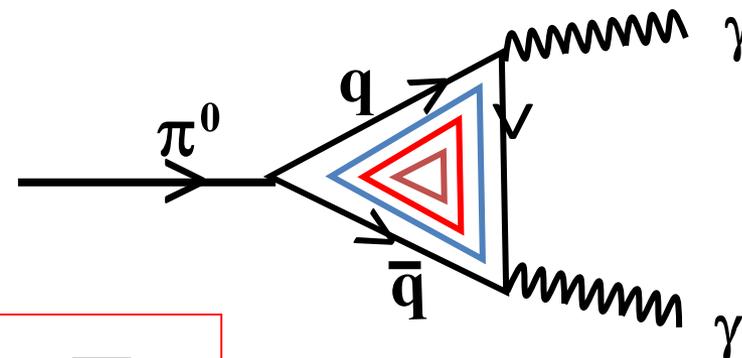
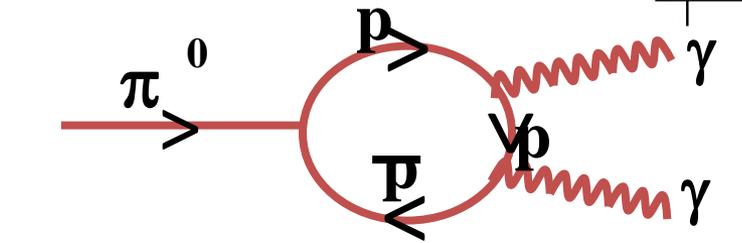
Mas o que é matéria escura? Uma idéia é que ela seja as 'partículas supersimétricas "- As experiências no Large Hadron Collider podem ser capazes de encontrá-los. A energia escura compõe cerca de 70% do Universo.

(ii) Dcaimento do $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$

Em 1949 J. Steinberger calculou o gráfico, e desde então não tem faltado correções para comparação com a experiência.

Ao introduzirmos a cor obtem-se pleno acordo com os dados experimentais:

$$\Gamma_{\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma} = \begin{cases} \text{sem cor} \approx \frac{1}{3} \Gamma_{\text{exp.}} \\ \text{com cor} \approx \Gamma_{\text{exp.}} \end{cases} \Rightarrow$$



(iii) A Razão R

$$R = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow h)}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)} = N_c \sum_i Q_i^2$$

A=3 (uds) $R = N (4/9+1/9+1/9) = N \mathbf{2/3} = 3 \times 2/3 = 2$

A=4 (udsc) $R = N (\mathbf{2/3}+4/9) = N \mathbf{10/9} = 3 \times 10/9 = 10/3 \sim 3$

A=5 (udscb) $R = N (\mathbf{10/9}+1/9) = N \mathbf{11/9} = 3 \times 11/9 = 11/3 \sim 4$

A=6 (udscbt) $R = N (\mathbf{11/9}+4/9) = N \mathbf{15/9} = 3 \times 15/9 = 15/3 \sim 5$



(i) Estatística

Ao implementarmos o esquema dos Quarks nas partículas, nos deparamos com o problema do

$$\Delta^{++}(\mathbf{u}, \mathbf{u}, \mathbf{u}) = (+2/3, +2/3, +2/3)$$

Esta Ressonância foi descoberta por Fermi e seus colaboradores (1951)

Mas, para acomodar todas as suas propriedades, com 3 fermions idênticos (u,u,u) em um estado de energia mais baixa – fundamental – nós chegamos a um estado PROIBIDO pela estatística de Fermi.
(Caso análogo temos o $\Omega(sss)$ de $J = 3/2$)

Então, introduzimos a *côr* como um novo número quântico para resolver o problema.

Toma-se a função de onda e antissimetriza-se

$$|\Delta \quad J = 3/2\rangle = |\mathbf{u}^\uparrow \mathbf{u}^\uparrow \mathbf{u}^\uparrow\rangle^{\text{sim.}} \Psi_{\text{Espac.}}^{\text{Sim.}}(\vec{r}) \Psi_{\text{côr}}^{\text{Antissim.}}$$

$$|\mathbf{uuu}\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{6}} \varepsilon^{\alpha\beta\gamma} |\mathbf{u}_\alpha \mathbf{u}_\beta \mathbf{u}_\gamma\rangle$$

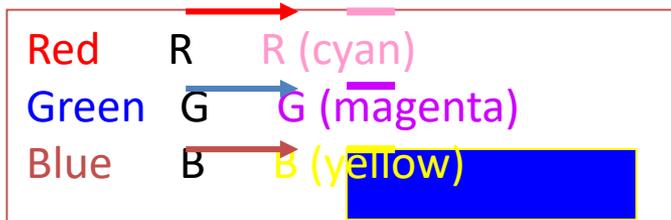
Vamos precisar de 3 cores **Red Green e Blue**

Agora é fácil obter um estado observável sem violar nenhuma estatística,

$$(U_R U_G U_B)$$

No esquema das côres, os únicos estados observáveis são os Singletos de Côr

A cada côr corresponde uma anticôr.



A única maneira de se obter estados singletos de cor (ou descoloridos) é:

- igual mistura de R G B
- igual mistura de R G B
- igual mistura de RR, GG, BB

Então à cada linha de sabor associa-se uma linha de côr. Assim,

