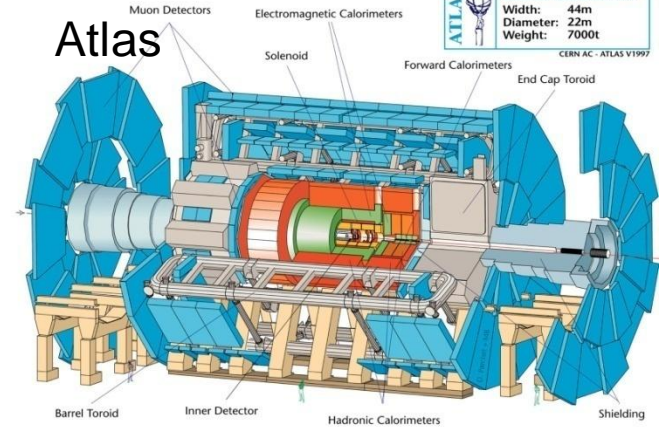


CMS

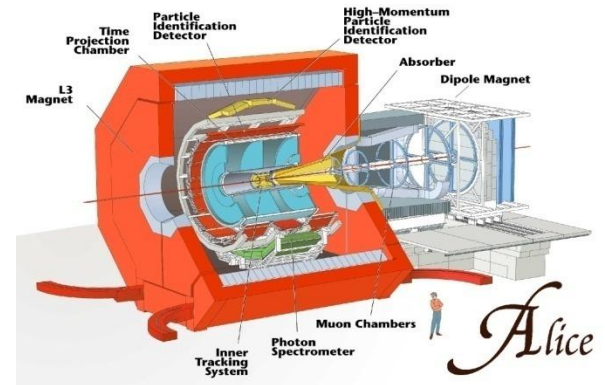
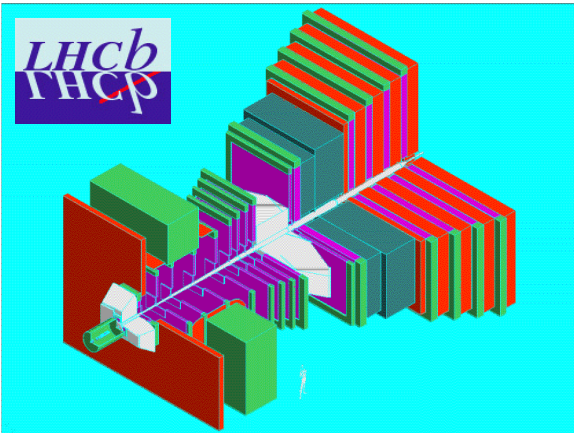
Detector characteristics
Width: 22m
Diameter: 15m
Weight: 14500t

ATLAS
Detector characteristics
Width: 44m
Diameter: 22m
Weight: 7000t
CERN AC-ATLAS V1997



CERN'deki LHC deneylerinde madde/ Karşı-madde asimetrisi

Kerem Cankocak, Bilim ve Ütopya 16.04.2011



CERN (www.cern.ch)



CERN'in açılımı “**Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire**” dır.
İngilizcesi: European Organization for Nuclear Research. 1952'de geçici bir statüde kurulup, 1954' de resmîyet kazanmıştır.

O yıllardaki fizik bilgisi atomun ancak **çekirdeğini** kapsadığından CERN'in isminde nükleer geçmektedir. Aslında CERN dünyanın en büyük **Parçacık Fiziği laboratuvarıdır**.

Bugün artık maddenin temel yapıtaşları ve onlar üzerine etki eden kuvvetler hakkındaki bilimiz atom çekirdeğinin çok daha derinine inmektedir



CERN'e üyelik ve gözlemcilik



Üye ülkeler:

Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İtalya, Holanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovak Cumhuriyeti, İspanya, İsveç, İsviçre ve İngiltere.

Üye ülkeler CERN'e doğrudan katkıda bulunurken, Konsey'de temsil edilmekte ve alınan bütün kararlarda söz sahibi olmaktadır.

Gözlemci ülkeler Konseye katılırlar ama oy hakları bulunmaz. Dünyanın her köşesinden **580** Enstitü ve Üniversite (**85** ülke) CERN'deki olanaklardan yararlanmaktadır.

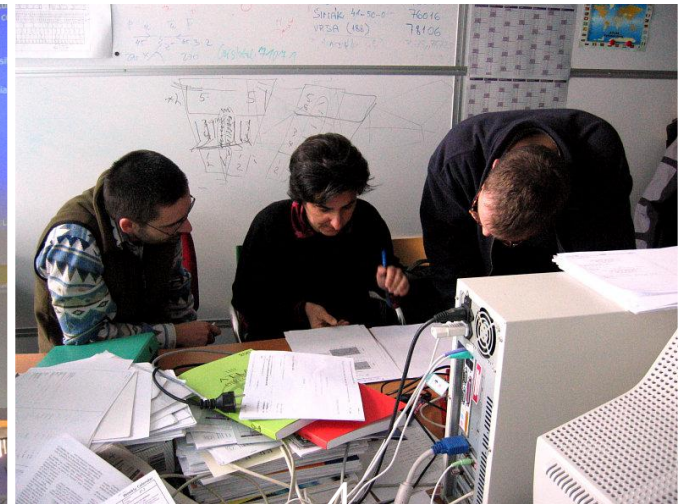
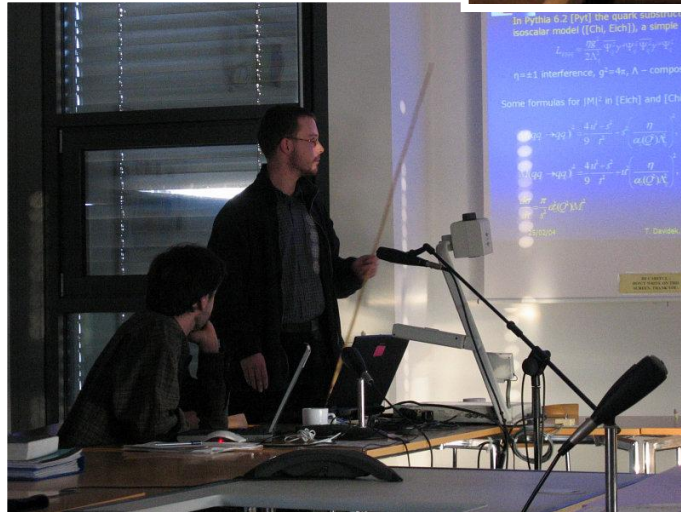
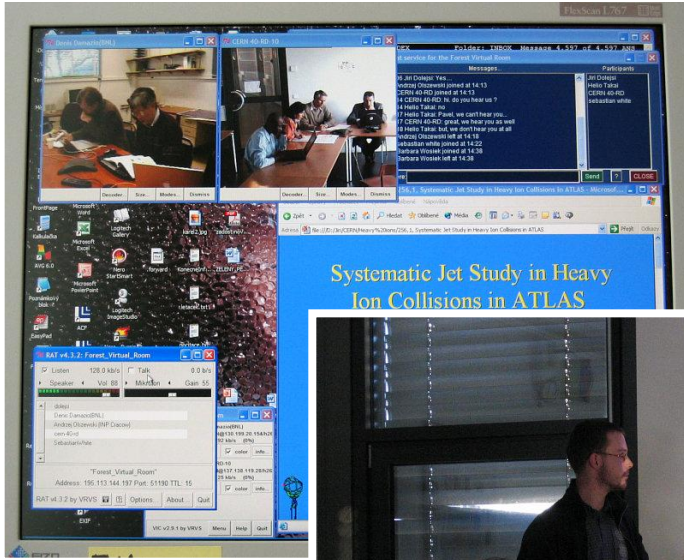
CERN'in bütçesinin büyük bölümü LHC gibi yeni araştırma olanaklarının yapımına gitmektedir. Deneylere ise kısmi olarak katkıda bulunmaktadır.

CERN' deki deneylere katılan Gözlemci ülkeler ise şunlardır:

Cezayir, Arjantin, Ermenistan, Avustralya, Azerbeycan, Belarus, Brezilya, Kanada, Şile, Çin, Kolombiya, Hırvatistan, Küba, Kıbrıs, Estonya, Gürcistan, İzlanda, İran, İrlanda, Litvanya, Meksika, Montenegro, Fas, Yeni Zelanda, Pakistan, Peru, Romanya, Sırbistan, Slovenya, Güney Afrika, Güney Kore, Tayvan, Taylan, Ukrayna ve Viyetnam.



Fizikçiler teknik ve bilimsel sorunları çözmek amacıyla sık sık toplantılar düzenlemekte ve bütün dünyaya dağılmış olan meslekdaşları ile telekonferanslar aracılığı ile haberleşmektedirler.



CERN tarihinde dönüm noktaları



- * 1954: **CERN**' in (Avrupa biliminin) kuruluşu
- * 1957: ilk **hızlandırıcı** kuruluyor
- * 1959: **PS** çalışmaya başlıyor
- * 1968: **Georges Charpak** dedektör tekniklerinde devrim yaratıyor
- * 1971: dünyanın ilk **proton-proton** çarpıştırıcısı
- * 1973: **yüksüz akımlar** ispatlandı
- * 1976: **SPS** (Super Proton Synchrotron) çalışmaya başladı
- * 1983: **W** ve **Z** parçacıklarının keşfi (elektrozayıf kuram)
- * 1986: **ağır-iyon** çarpışmaları
- * 1989: **LEP** (Large Electron Positron) hızlandırıcısı faaliyete başladı
- * 1990: Tim Berners-Lee **World Wide Web (www)**' i keşfetti
- * 1993: **madde-anti madde** asimetrisinin hassas ölçümleri
- * 1995: ilk **anti-hidrojen** gözlemi
- * 2002: **anti-hidrojen atomlarının** yakalanması
- * 2004: CERN' in 50'inci yıldönümü
- * 2008: LHC (Large Hadron Collider) hızlandırıcısı başlıyor

CERN ve Nobel ödülleri



CERN' de gerçekleştirilen çalışmalardan dolayı iki adet Nobel ödülü alınmıştır:

1984 yılında, **Carlo Rubbia** ve **Simon Van der Meer** “Zayıf etkileşimin kuvvet taşıyıcıları olan W ve Z parçacıklarının keşfi” ile Nobel ödülü kazanmışlardır. SPS (Super Proton Synchrotron) hızlandırıcısında proton ve antiprotonların çarpıştırılması yoluyla gerçekleştirilen bu deneyde zayıf kuvvet ile elektromanyetik kuvvetleri birleştiren elektrozayıf kuram doğrulanmıştır.

1992 yılında CERN fizikçisi **Georges Charpak** “başta çoktelli oran odaları olmak üzere, parçacık dedektörlerinde gerçekleştirdiği yenilikler” dolayısıyla Nobel'e hak kazanmıştır..

CERN'de ayrıca çok sayıda Nobel ödüllü bilim adamları çalışmaktadır. Bunlardan ilk akla gelen fizikler şunlardır:

İlk Genel-Müdür **Felix Bloch**, 1952 yılında Edward Mills Purcell ile birlikte “nükleer manyetik hassaslık ölçümlerinden” dolayı Nobel ödülünü paylaşmıştır.

LEP deneylerinden biri olan L3 deneyinin başkanı **Sam Ting**, J/ψ parçacığının keşfi dolayısıyla 1976 yılında Burt Richter ile birlikte Nobel ödülü almış bir fizikçidir.

ALEPH (LEP) deneyinin başkanı olan CERN fizikçisi **Jack Steinberger**, Leon Lederman ve Mel Schwartz ile birlikte, 1988 yılında muon nötrinosu keşfinden (1962, Brookhaven, ABD) dolayı Nobel ödülü almıştır.

CERN'nin teknolojik açılımları

* PROJE YöNETİMİ

o Yönetim (organizasyon, proje politikası v.b.), Araclar (EDH, toplantı araçları v.b.)

* BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ

o World Wide Web, Grid

o Yazılım: Root, Geant, Fluka,..vb

o Modelleme ve Benzetim (Simulasyon): Guvenlik, Stratejik Planlama, Mühendislik, Tıbbi Araştırmalar

o Yüksek verimli hesaplama: Ekonomi, Atmosfer Bilimi, Deprem, Tıbbi Araştırmalar

* ELEKTRONİK

o Tümlsik Elektronik (Mikroelektronik)

o Tümlsik Olmayan (discrete) Elektronik

o Optoelektronik

o Sistem Tasarımı

* RADYASYON

o Radyasyondan korunma: insan

o Radyasyondan koruma: malzeme

o Dozimetre, Uzaktan algılama, Çevre Koruma

* HIZLANDIRICILAR ve DEDEKTORLER

o Demet diagnostiği, Parcacik Hizlandiricilarinin Uygulamalari

o Soğutma (Krayojenik), Boşluk (vakum), RF mühendisliği

o Radyasyon dedektorleri teknikleri

* EĞİTİM

o Eğitim Yöntembilimleri (Teknolojileri)

o Çıraklık, Stajyerlik ve yaz öğrencisi programları, Özel Sektörde AR-GE

* DİĞER

o Arkeometri

o Malzeme Bilimi

kaynak: <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/CERNTR/WhitePaper>

Madde ve boyutlar



~1 [m]

~ 5×10^{-6} [m]



hücre

~ 2×10^{-9} [m]



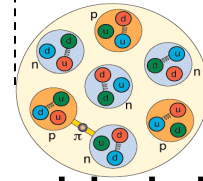
DNA

~ 2×10^{-10} [m]



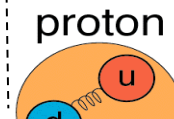
atom

~ 5×10^{-15} [m]

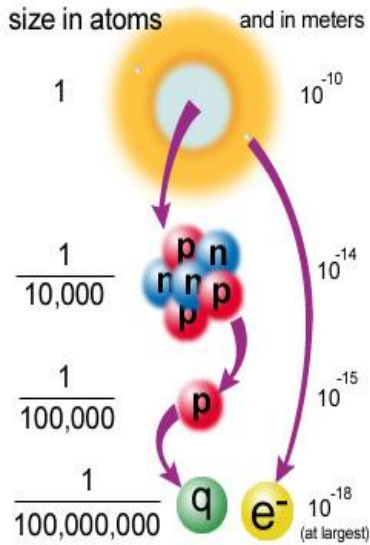
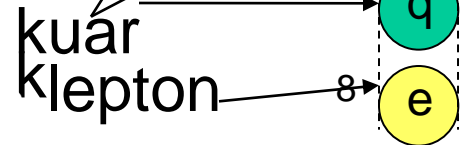


çekirdek

~ 1.5×10^{-15} [m] <math>< 1 \times 10^{-18}</math> [m]



proton



En temel parçacıklar
kuarklar ve leptonlar'dır

Standart Model'de Kuark & lepton aileleri

atom:
proton,
nötron
& elektron

aile	Kuark (kütle GeV)		Antikuark (kuarklarla aynı kütle)	
	Q = +2/3	Q = -1/3	Q = -2/3	Q = +1/3
1	u (0.003 GeV)	d (0.006 GeV)	\bar{u}	\bar{d}
2	c (1.3 GeV)	s (0.1 GeV)	\bar{c}	\bar{s}
3	t (175 GeV)	b (4.4 GeV)	\bar{t}	\bar{b}

baryonlar:

proton: uud

nötron: udd

Kuvvet taşıyıcıları:

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

$$L_e \ 0 \rightarrow 0 + 1 + (-1)$$

Kuarklar bağımsız olarak var olamazlar

Neutrino lar neredeyse kütsüz (Sol-elli ler) Lepton sayıları ayrı ayrı korunmakta Reaksiyona giren ve çıkan L_e, L_m, L_t sayıları aynı olmalı

γ Foton (0 GeV)
g Gluon (0 GeV)
Z bozon (91.2 GeV)
W^\pm bozon (80.4 GeV)

aile	Lepton (kütle GeV)		Antilepton (leptonlarla aynı kütle)	
	Q = -1	Q = 0	Q = +1	Q = 0
1	e^- (0.0005 GeV)	ν_e (~0 GeV)	e^+	$\bar{\nu}_e$
2	μ^- (0.1 GeV)	ν_μ (~0 GeV)	μ^+	$\bar{\nu}_\mu$
3	τ^- (1.78 GeV)	ν_τ (~0 GeV)	τ^+	$\bar{\nu}_\tau$

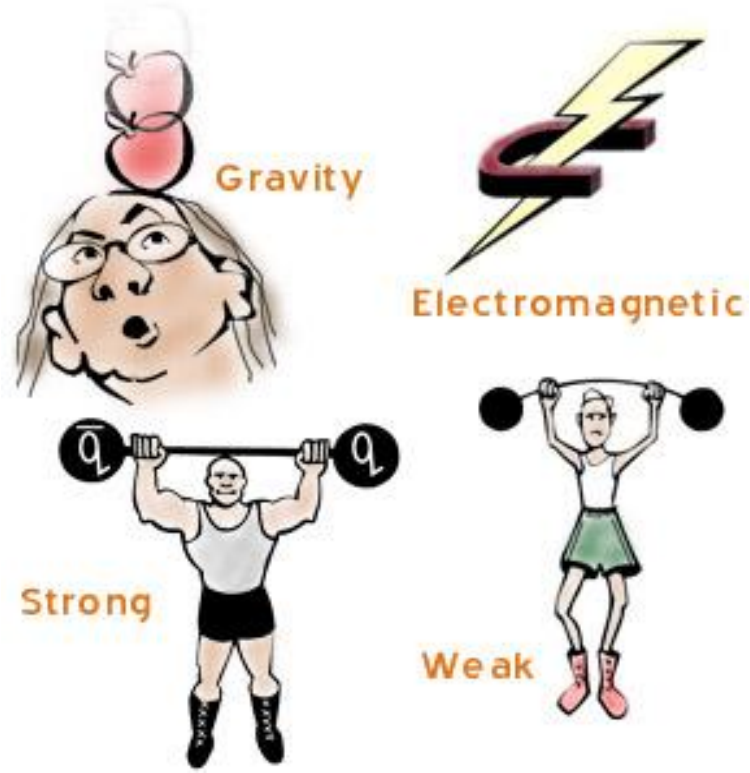
Dört Temel Kuvvet

Yerçekimi

Zayıf kuvvet: Z, W^\pm bozonları
(örn. β ışınması)

Elektromanyetik kuvvet: foton
(örn. Işık, TV, radyo,...)

Güçlü (yeğin) kuvvet: g Gluon
(örn. güneş)



zayıf

güçlü

Bilinen bütün diğer kuvvetler bu yukarıdakilerden meydana gelir

Bildiğimiz evrenin temel yapıtaşları

The Standard Model 4

	Fermions			Bosons	
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	Force carriers
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson	
	V_e electron neutrino	V_μ muon neutrino	V_τ tau neutrino	W W boson	
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	
	Higgs* boson				

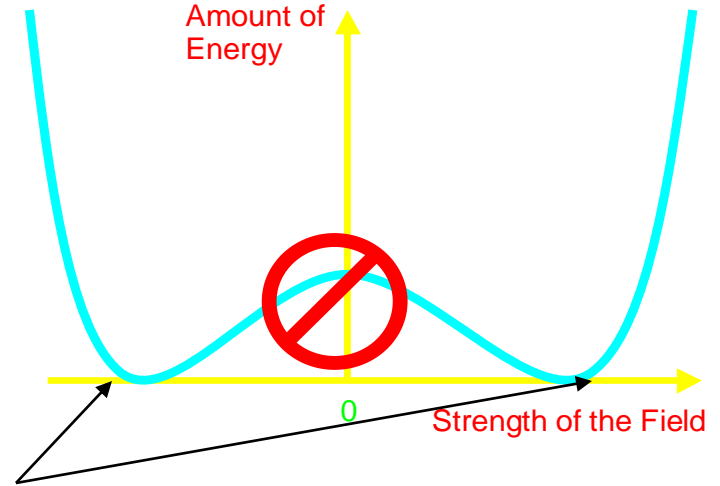
Source: AAAS *Yet to be confirmed

Higgs parçacığı henüz saptanmamıştır

Dört temel kuvvet

- **Kütleçekim**
- **Zayıf**
- **Elektromanyetik**
- **Güçlü**

Bu durum kırılmış bir simetrinin sonucu



Evren pozitif veya negatif Higgs alanlı duruma yerleşmiş...

Standart Modelin temel sorunları

- **Çok fazla parametre var:** Standart Model içinde dışarıdan ithal ettiğimiz birçok parametre var. Bu parametrelerin orijini hakkında birçok sorumuz var.
- **Kuarklar teoriye elle koyulmuşlardır:** SM temel olarak Elektrozayıf etkileşmeleri açıklayan Quantum Elektromagnetik Dinamiği kuramı üzerine kurulmuştur, fakat kuark alanları SM'e elle koyulmuştur.
- **Elektrozayıf Simetri Kırılması** hala anlaşılabilmiş değil: Tüm madde ve kütleyle sahip kuvvet taşıyıcı alanlar kendiliğinden gerçekleşen Elektrozayıf simetri kırılması ile kütle kazanmaktadırlar. Fakat bu mekanizma tam olarak anlaşılabilmiş değil.
- **Güçlü Nükleer Kuvvette Yük-ayna simetrisinin (CP) Kırılması** Anlaşılabilmiş değildir. Bu nedenle evrende neden anti-madde olmadığını cevabı tam olarak verilmiş değildir. Günümüzde Zayıf Nükleer Kuvvetin CP simetrisi altında tam olmadığı deneyler ile ispatlanmıştır. Fakat Güçlü Nükleer Kuvvetin de CP simetrisi altında tam olmadığına dair deneysel kanıtlar bulunmuştur.
- **Çeşni karışımı ve ailelerin sayısı keyfi:** SM de üç tane aile vardır ve bu aileler kendi aralarında bir karışıma sahiplerdir. Fakat neden üç aile olması gerektiği hala belirlenememiştir. Etrafımızdaki uzayın tamamına yakını en hafif aileden oluştuğuna göre diğer ağır iki aileye neden ihtiyaç bulunmaktadır?
- **Kütle spektrumunun orijini belirsiz:** SM içinde birçok alan vardır, bu alanların kuantumları olan parçacıklar Higgs alanı olan etkileşmelerinin mertebesine göre kütle kazanırlar. Fakat Bu kütle spektrumunun orijini hala belirsizdir.
- **Kuark ve Lepton alanları** birer temel alan ya da daha temel alanlardan oluşup oluşmadıkları SM içinde bir cevabı yoktur.
- **Genel Görelilik kuramı** SM içinde yer almamaktadır

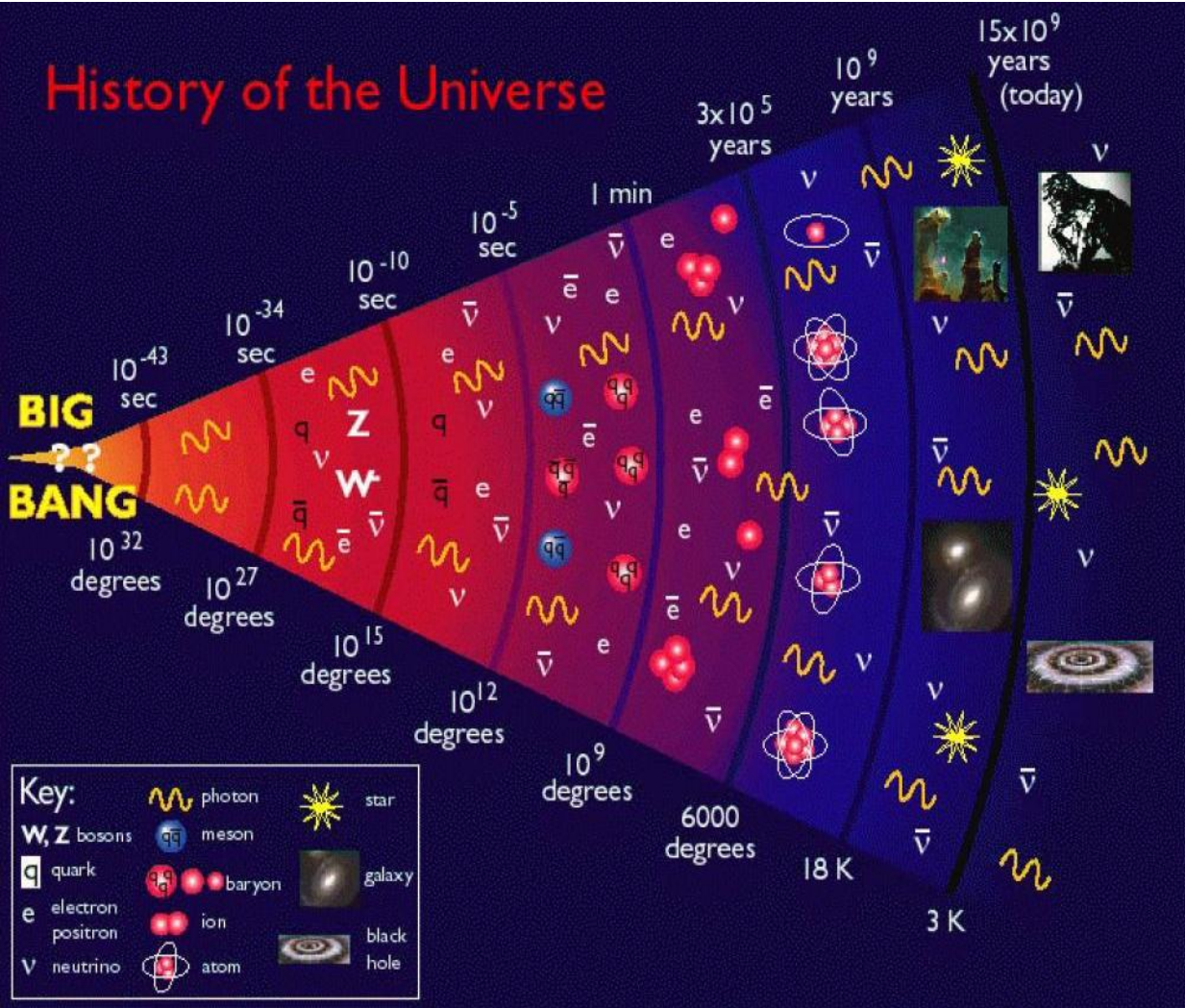
Cozum arayislari

Bu soruların bir kısmını çözmek için ortaya atılan en basit teori, **bütün parçacıkların kütesiz oluşudur!** Evreni alanlar doldurmuştur, parçacıklar Higgs alanı denilen bu alanla etkileşime girerken kütle kazanmaktadır. Ama ne varki Higgs parçacığı henüz saptanamamıştır.

İşte bütün bu sorulara yanıt aramak için yaklaşık 15 yıl kadar önce LHC projesi ortaya atılmış ve LHC deneylerinin yapımına başlanmıştır. 2008 yılı içinde deneylerin kuruluş aşaması tamamlanmış ve LHC hızlandırıcısı bugün çalışmaya başlamıştır. Hızlandırıcıda ilk çarpışmalar da yakında gerçekleşecektir. **CMS, ATLAS** gibi **LHC** deneylerinden sonuç almak içinse daha bir kaç yıl daha beklemek gerekecektir. Eğer şanslıysak ve teorik modellemeler doğruysa, bir kaç yıl içinde çok önemli bilgilere ulaşacağız. LHC deneyleri herşeye rağmen daha 15-20 yıl devam edecektir.

Zamanda geriye bakmak

Uzay ve zaman ~ 13.7 milyar yıl önce başladı



dört temel kuvvet **kütle çekim** kuvveti, **elektro-manyetik** kuvvet, **zayıf (yeğün)** kuvvet **güçlü** kuvvet ilk nano saniyelerde hep bir aradaydılar. Evren hızla soğudukça bu kuvvetler ayrıştılar

Zamanın başlangıcında evren soğurken enerji maddeye dönüştü

--> atom-altı parçacıklar

--> Madde-anti madde simetri kırınımı

--> enflasyonist genişleme

--> baryonlar, mezonlar

--> Çekirdek sentezi

--> Şeffaf evren (CMB)

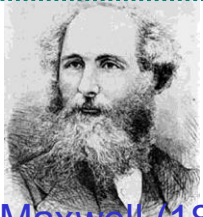
Elektron, proton --> hidrojen atomu --->yıldızlar -> daha ağır atomlar

Süpernova --> güneşimiz --> dünya --> canlı yaşam (bizler yıldızlardan geldik)

Birleşme kuramları zamanda geriye bakmak demektir



Newton (1680)



J.C. Maxwell (1864)

Standart Model

elektrik

magnetizma

atomlar

elektromagnetizma

Kuantum mekaniği

1900'ler Planck, Heisenberg, Bohr, Pauli,..

Gök cisimleri

elma

yerçekimimekanik



Dirac (1930)



Feynman (1960'lar)

γ -bozunumu

β -bozunumu

Zayıf kuvvet

Genel görelilik

Özel görelilik



Einstein(1916)

Kuantum ElektroDinamiği

1962-1973: Glashow, Salam, Weinberg

Elektrozayıf kuram

α -bozunumu

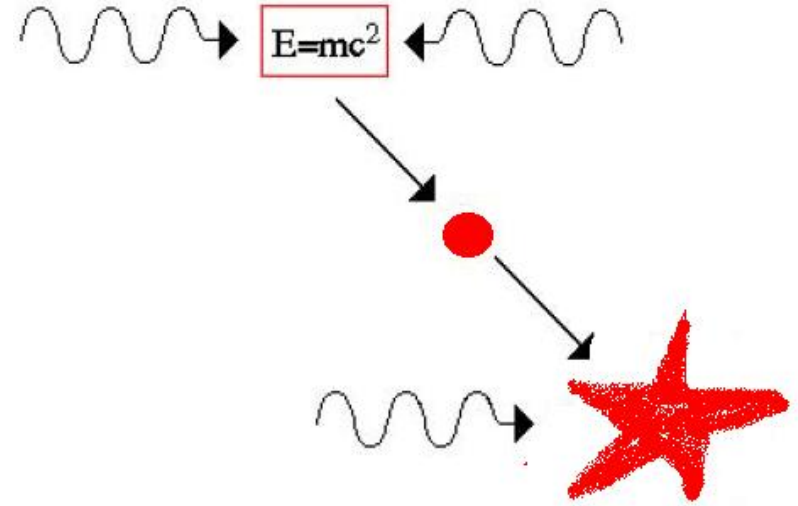
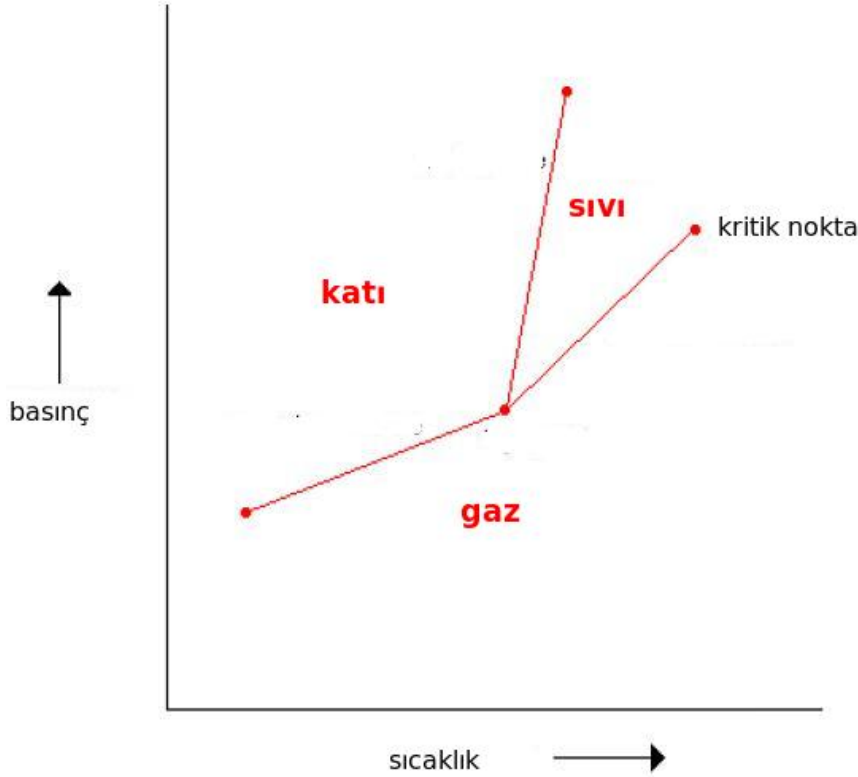
Güçlü kuvvet

Kuantum Renk Dinamiği

Sicim teorileri

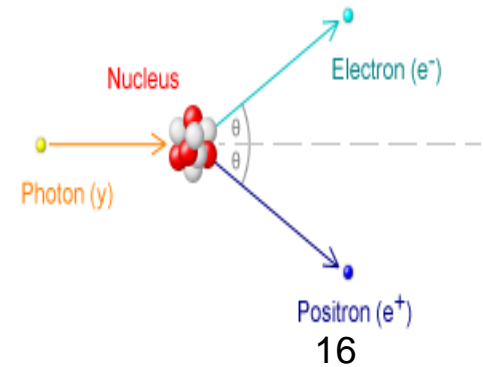
Büyük Birleşme ?

Simetri ve simetrinin kırınımı



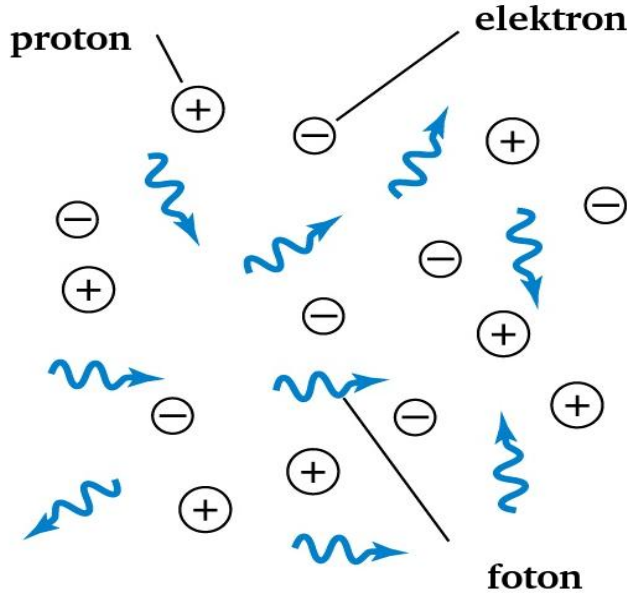
Simetri korunduğu sürece parçacıklar oluşamaz

Evrenin ilk başlangıcında meydana gelen faz değişikliği ile gerçekleşen **simetri kırınımının** radikal sonuçları olmuş ve uzay-zaman ile kütle ayrılmıştır. Açığa çıkan enerji, parçacıkların meydana gelmesine neden olmuştur



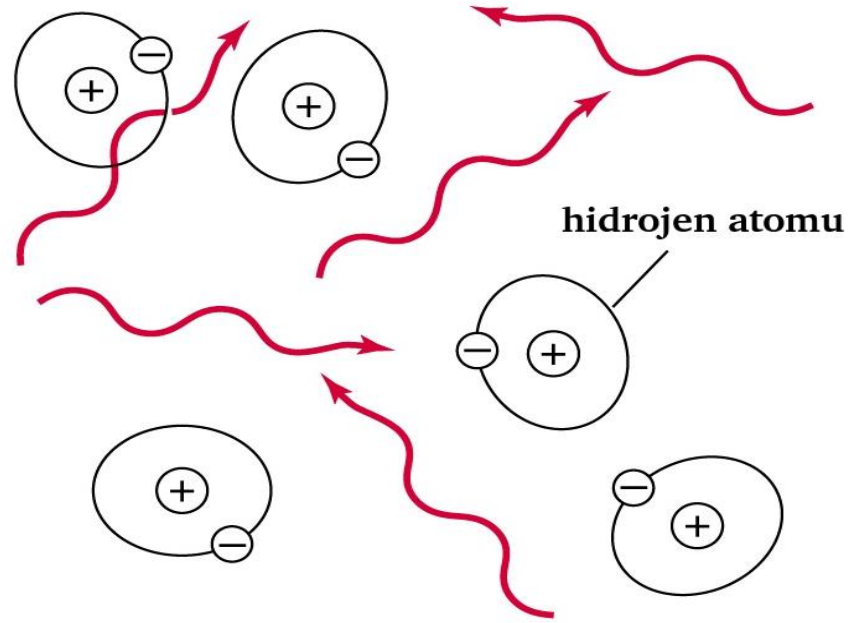
Maddenin ortaya çıkışı: kırılmış simetri

==> *Kuvvetler birbirlerinden ayrışırken simetri de bozuluyor*



Opak evren

Başlangıçta evrende radyasyon (ışınım) hakimdi. Elektron, proton gibi maddenin temel yapı taşları yüksek sıcaklıklarda bir araya gelip atomu oluşturamıyorlardı.



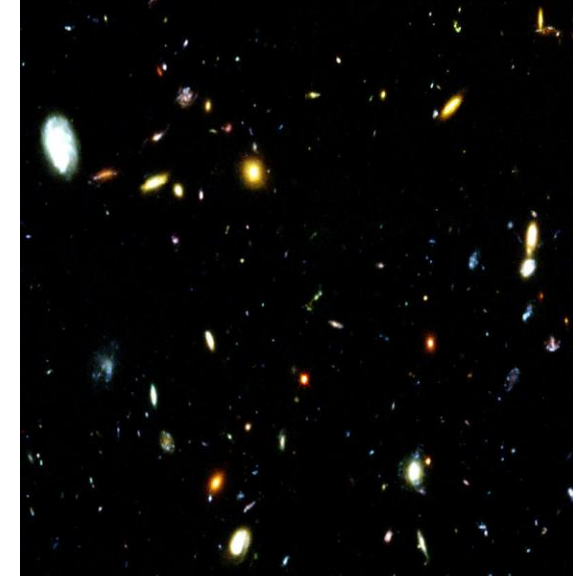
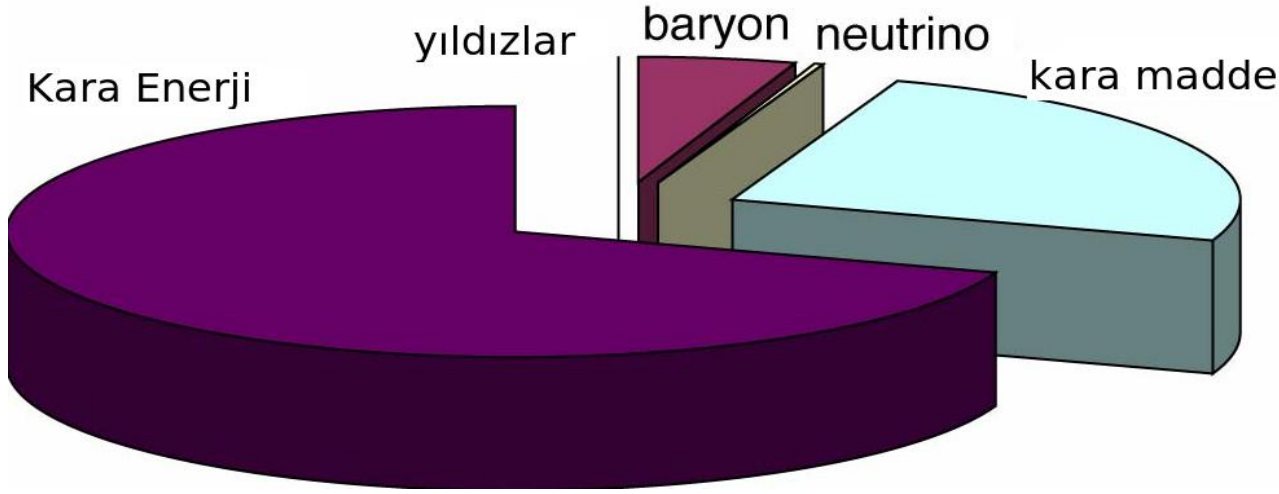
Şeffaf Evren
(başlangıçtan 400 bin yıl sonra)

Evren yaklaşık 300 bin yıl yaşındayken, sıcaklığı 4000 kelvine kadar düştü (günümüzdeki sıcaklığın bin katı) ve protonlar hidrojen atomları oluşturmaya üzere elektronlarla bağlandı.

→ **CMB**

Güncel Kozmolojik problemler

Evrenin tüm enerjisi



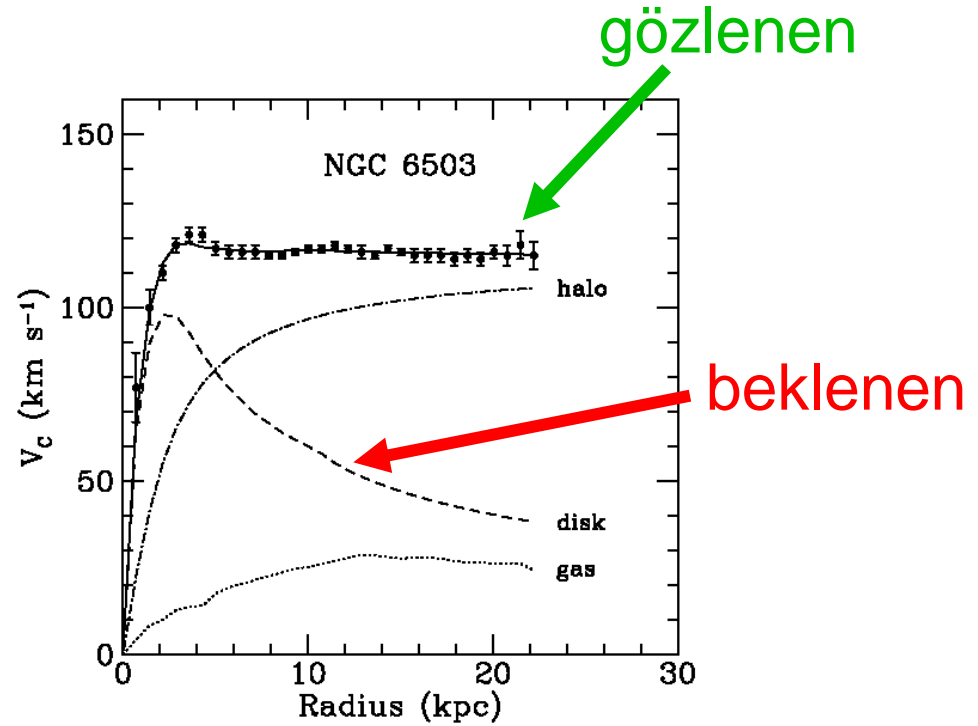
- Yıldızlar ve galaksiler ~0.5%
- Nötrinolar ~0.3–10%
- Geri kalan bildik madde (elektron ve protonlar) ~4%
- **Kara Madde** ~23% -> adaylar hızlandırıcı fiziği ile incelenmekte
- **Kara Enerji** ~73%
- Anti-Madde 0%
- Higgs yoğunlaşması ~10⁶²%??

Standart model
(bilinen fizik)

Standart model
ötesi
(yeni fizik)

Karanlık Madde

galaksileri birlikte tutmak için karanlık madde gerekli



Begeman, Broeils, Sanders (1991)

$$\frac{Mv^2}{r} = \frac{GM_{\text{tot}}}{r^2} \Rightarrow v \sim r^{-1/2}$$

Enflasyon ve Karanlık Enerji

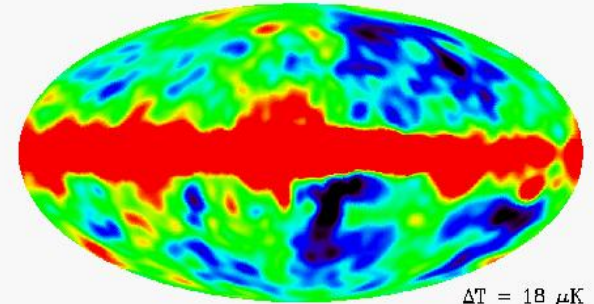
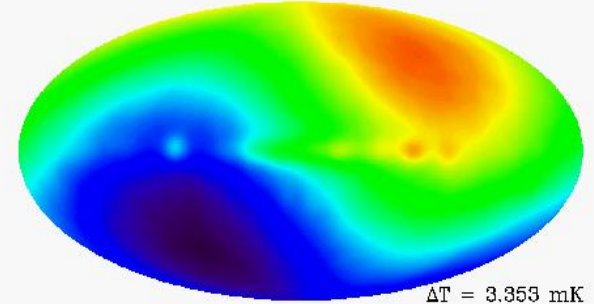
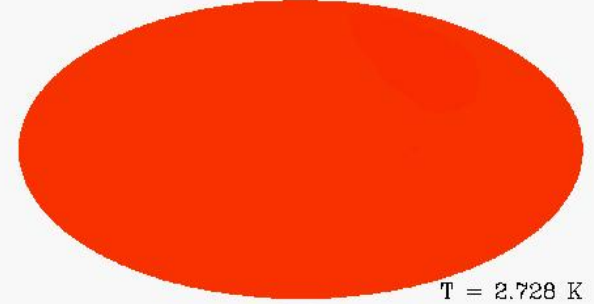
Evrenin başlangıcındaki kuark çorbası vakum enerjisinden geldi. Kuantum dalgalanmaları ise bu çorbadaki öbekenmelere neden oldu



Evrenin yoğunluğu zaman içinde değişim göstermekte

Evren hızlanarak genişlemekte

COBE



Atom altı parçacıkları nasıl görüyoruz?

“Görmek”

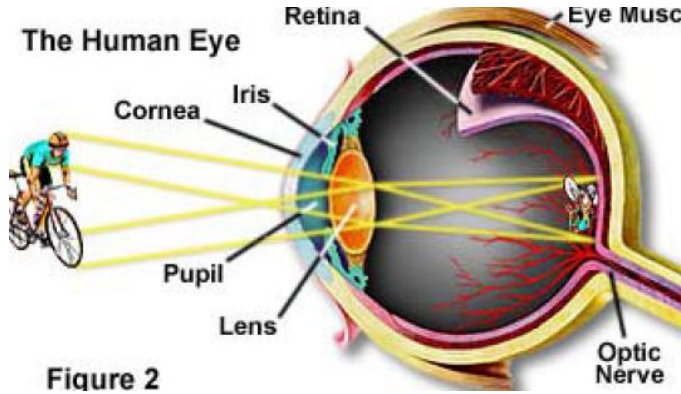
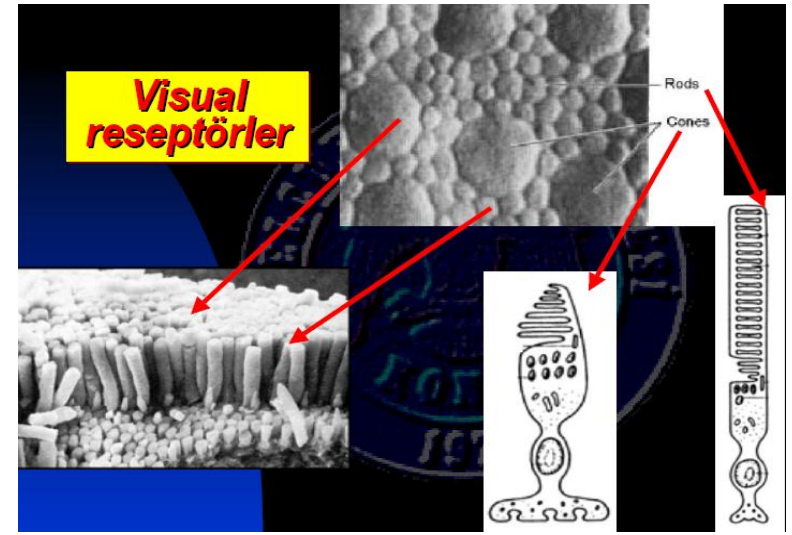


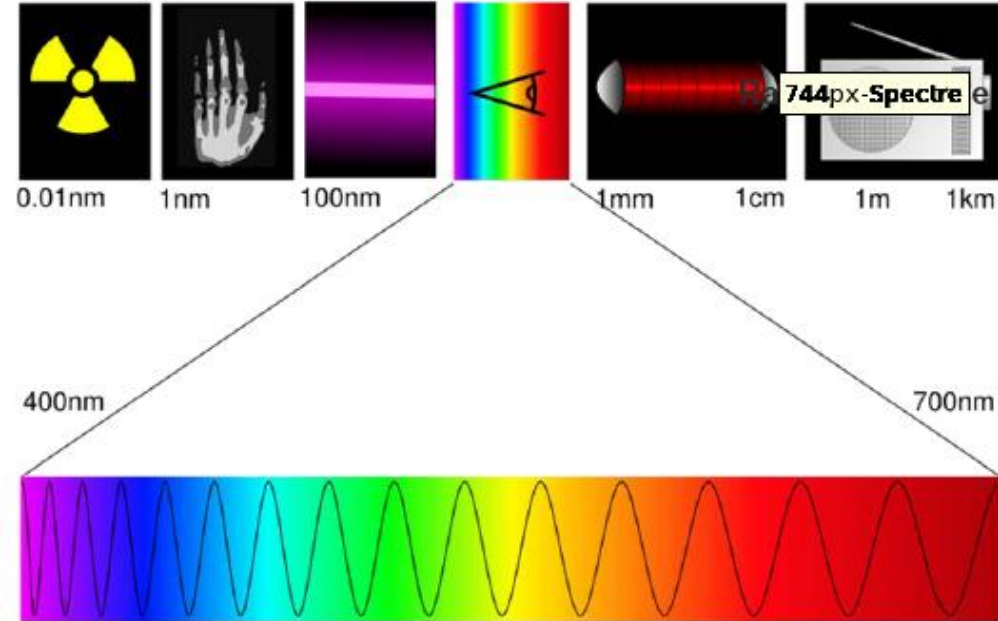
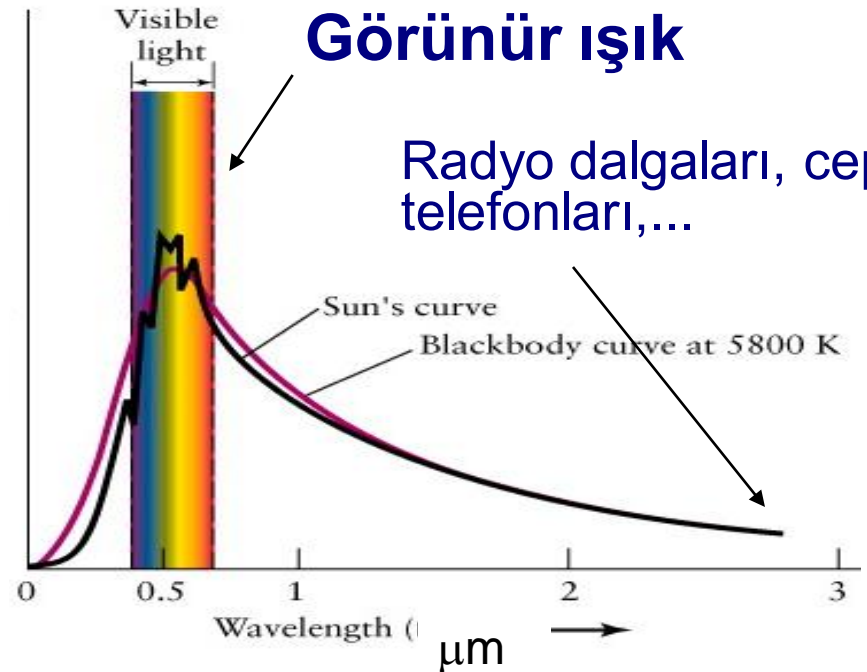
Figure 2



Güneşten gelen ışınım

Görünür ışık

Radyo dalgaları, cep telefonları,...



Küçük nesnelere "görmek"

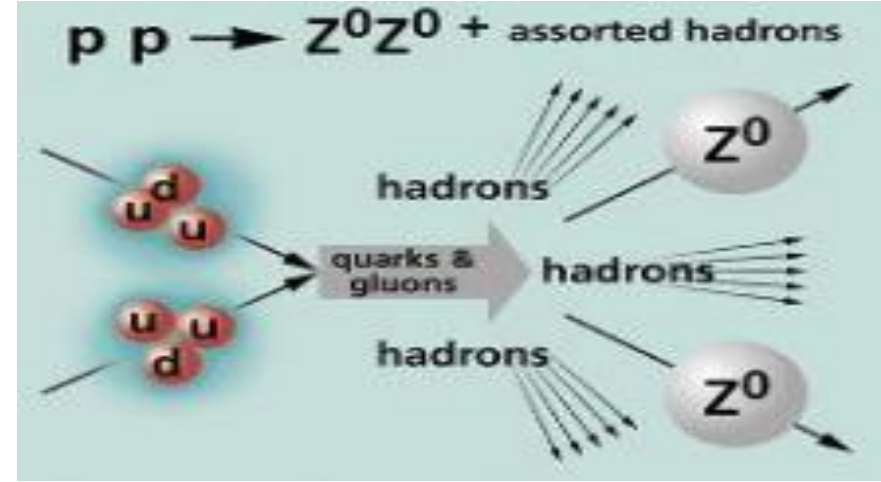
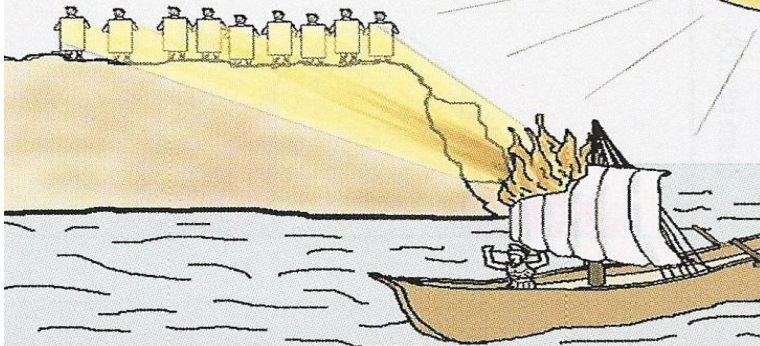
Dalga boyu $\sim 1/\text{enerji}$

Kuarkları görmek için $\sim 1 \text{ GeV}$ enerji gerekir (yoğunlaşmış enerji)

Protonun kütlesi $\sim 1 \text{ GeV}/c^2 = 1.783 \times 10^{-27} \text{ kg}$
1 TeV = bir sivrisineğin kanat çırpışı



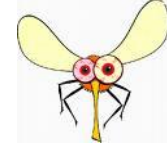
Arşimed Romalılara karşı
Siraküza savaşı (213 -211 MÖ).



Bir sivrisineğin enerjisini atom çekirdeği boyutlarına indirdiğimizde çok yoğun bir enerji elde ederiz (parçacık hızlandırıcıları)

7 TeV 'lik protonun enerjisi 10^{-6} J

Sivrisineğin enerjisi:



Peki neden sivrisinekleri kullanamıyoruz?

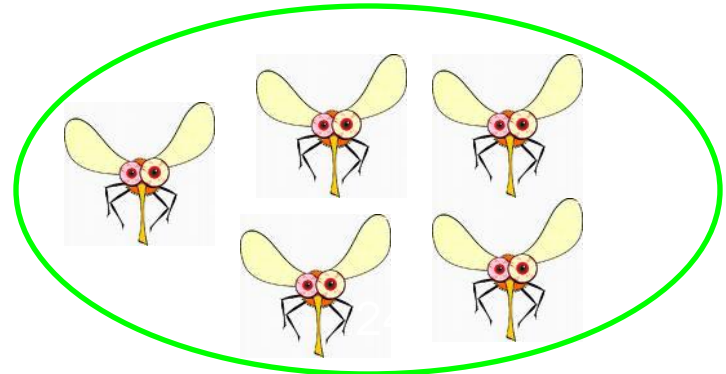
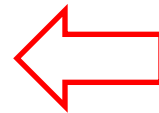
Çünkü $N_{\text{Avogadro}} = 6.022 \times 10^{23} \text{ (mol)}^{-1}$

Sivrisineğin enerjisi $\sim 10^{22}$ atom çekirdeği arasında dağılmıştır.

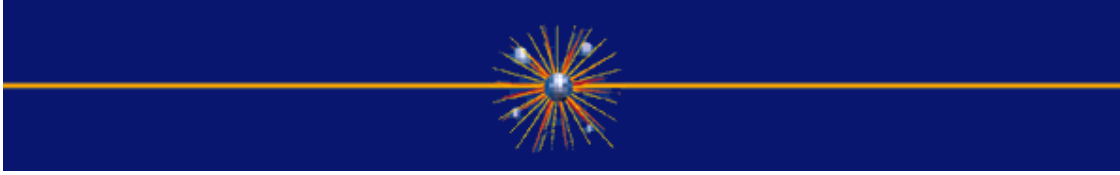
öte yandan her ışın demetinde biriken enerji:

$2808 \text{ demet} \times 10^{11} \text{ proton/demet} \times 7 \text{ TeV/proton} = 360 \text{ MJ}$

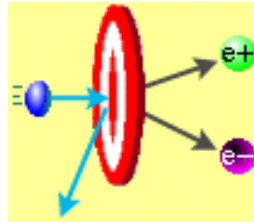
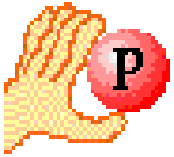
$\sim 100 \text{ kg TNT}$ ya da bir uçak gemisinin 8 mille yol alırkenki enerjisi.



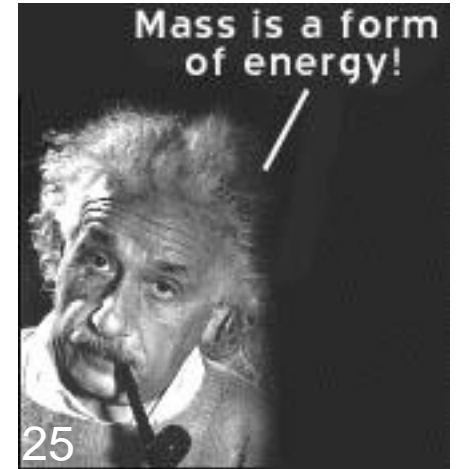
Neden hızlandırıcı kullanıyoruz?



- ✓ Temel Parçacıklar aynı zamanda dalga oldukları için atom altı parçacıkları görmemizi sağlar (ışığın dalga boyundan çok daha küçük nesnelere görmemiz için)
- ✓ yoğunlaşmış enerjiden başka parçacıklar üretmek için hızlandırıcıda parçacıklar çarpıştırılır



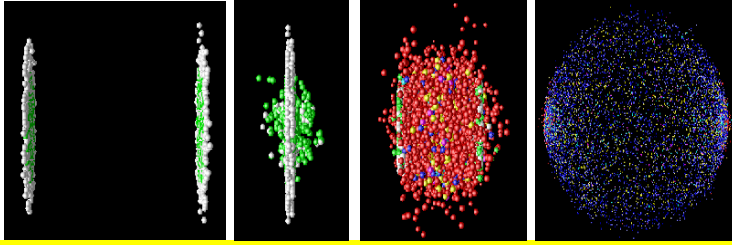
$$E=Mc^2 !$$



Enerjinin yoğunlaşması:

25 Milyar kilowat-saat enerji = bir gram madde.

Enerji=madde



Çevremizde gördüğümüz herşey şu 3 temel parçacığın kombinasyonlarından oluşur:

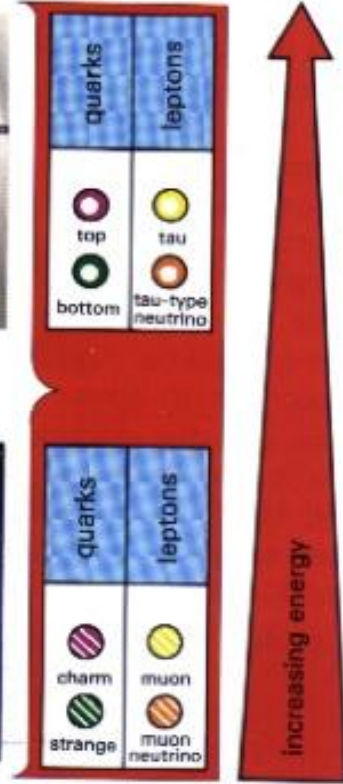
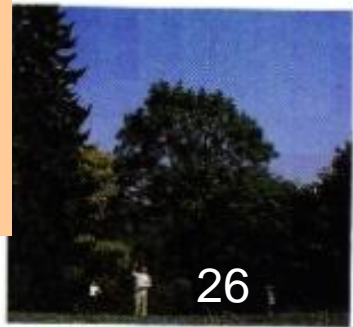
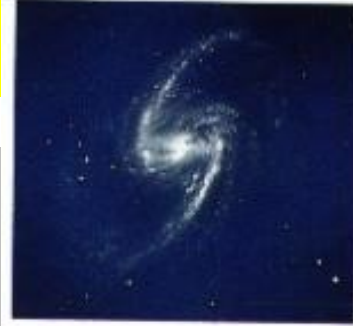
elektron
u kuark
d kuark

Bunların dışında başka parçacıklar da vardır, ama onlar saniyenin trilyonlarca kez küçük bir anında yok olurlar.

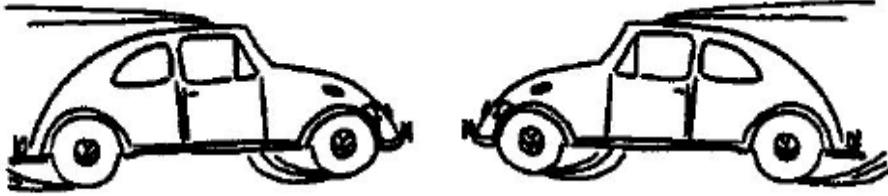
Ayrıca her parçacığın, bir de karşıt parçacığı vardır (zıt elektrik yüküne sahip).

Toplam 6 kuark (ve 6 anti-kuark) ile 6 lepton (ve 6 anti-lepton) temel parçacık vardır.

Peki bu parçacıkları nasıl görürüz?



Gündelik hayatta neden görmüyoruz?



1. Normal koşullarda enerji maddeye dönüşecek kadar yoğunlaşmış değildir.

2. Enerjinin maddeye dönüşmesi sonucu ortaya çıkan parçacıklar bizim göremeyeceğimiz kadar küçüktürler. Çevremizdeki parçacıklar (*elektronlar, protonlar, muonlar*) sürekli olarak çarpışmakta ve daha fazla miktarda parçacık ortaya çıkmaktadır (aynı zamanda yok olmaktadır), ama biz bunları kendi gözümüzle göremeyiz.

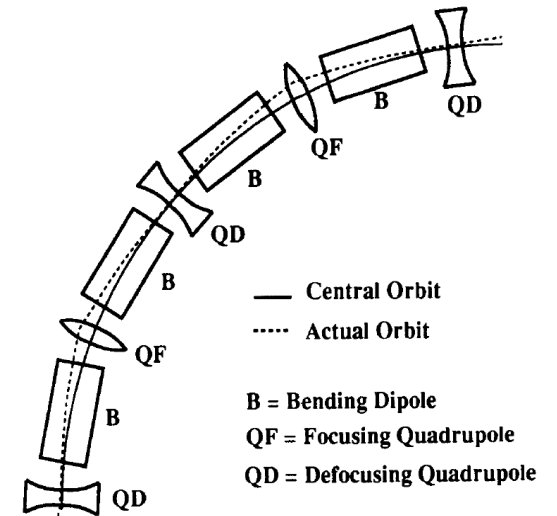
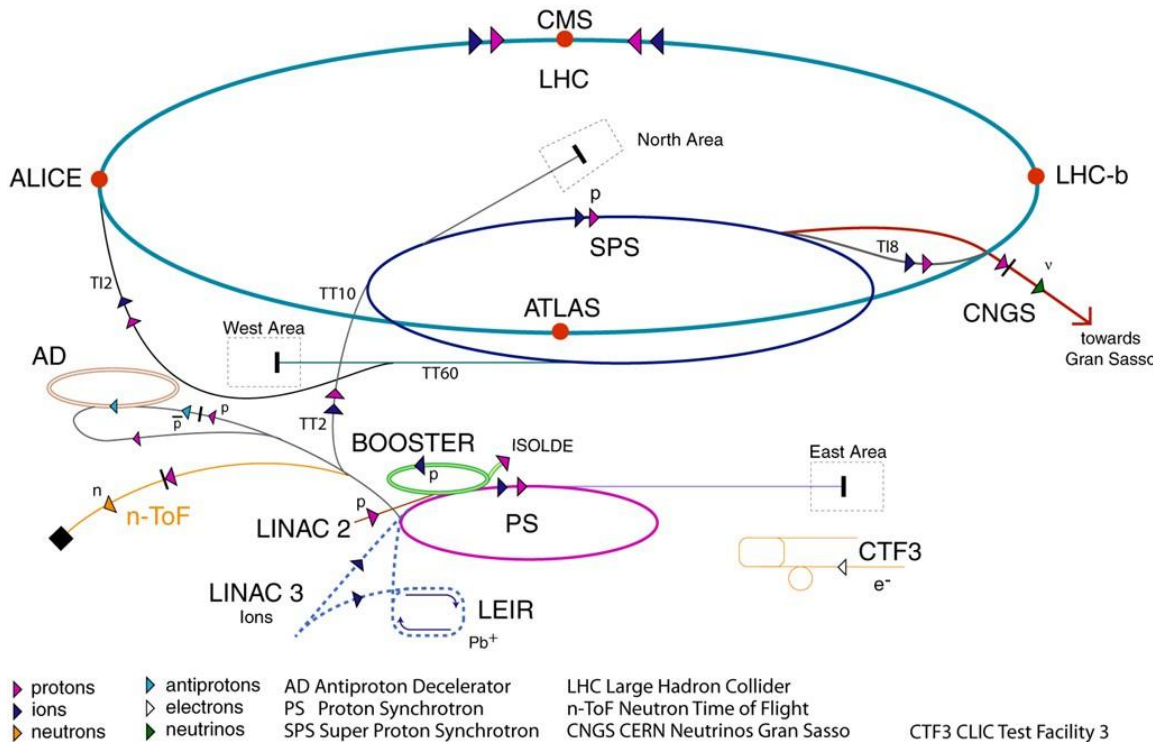
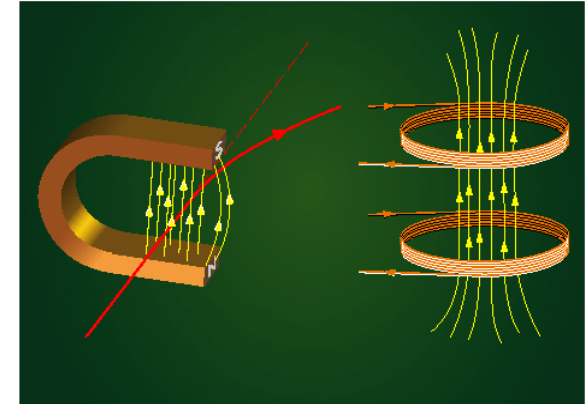
3. Ayrıca bunlar birleşip görünebilir maddeler meydana getirebilecek kadar uzun yaşamamaktadırlar. Yaşam süreleri saniyenin milyar kere milyarda birinden azdır.

Parçacık hızlandırıcısı

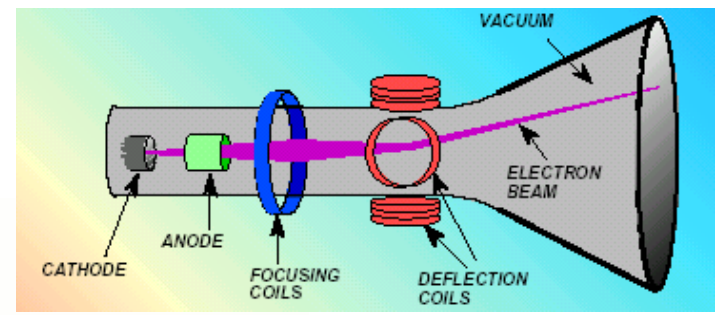
□ *Yüklü parçacıklar ; Lorentz kuvveti: $F = q (E + v \times B) = dp/dt$*

E (elektrik) alanı → enerji kazancı için

B (manyetik) alanı → yörüngeyi eğmek için



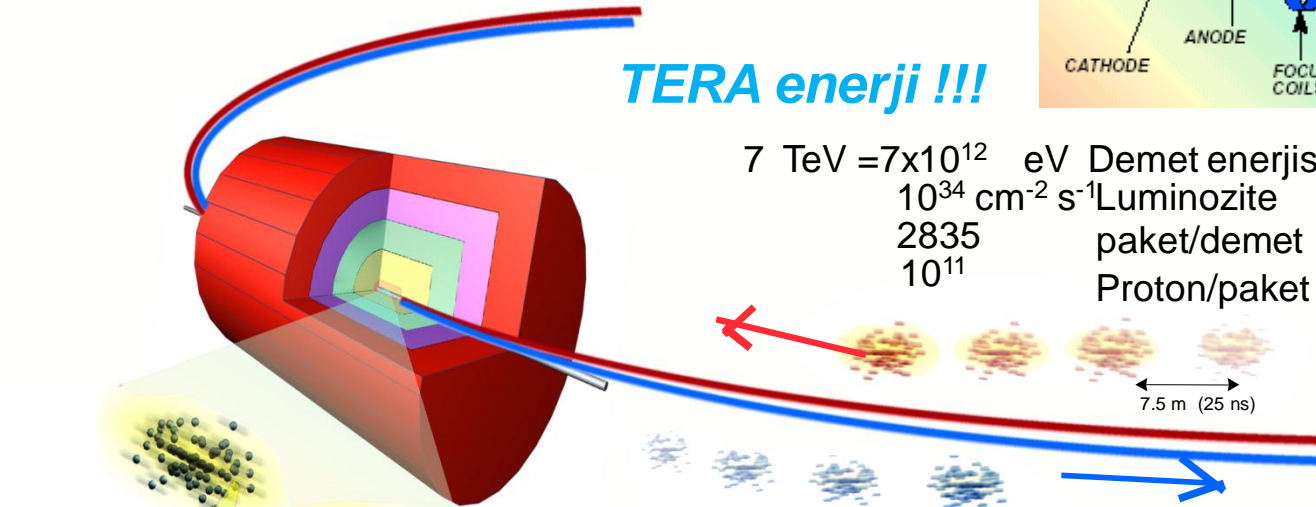
CERN'deki Büyük Hadron Hızlandırıcısındaki (LHC) çarpışmasında maddenin temel yapıtaşlarını görmekteyiz



TERA enerji !!!

7 TeV = 7×10^{12} eV Demet enerjisi
 $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ Luminozite
2835 paket/demet
 10^{11} Proton/paket

Benzer bir sistem TV tüplerinde vardır



Proton

7 TeV

Proton

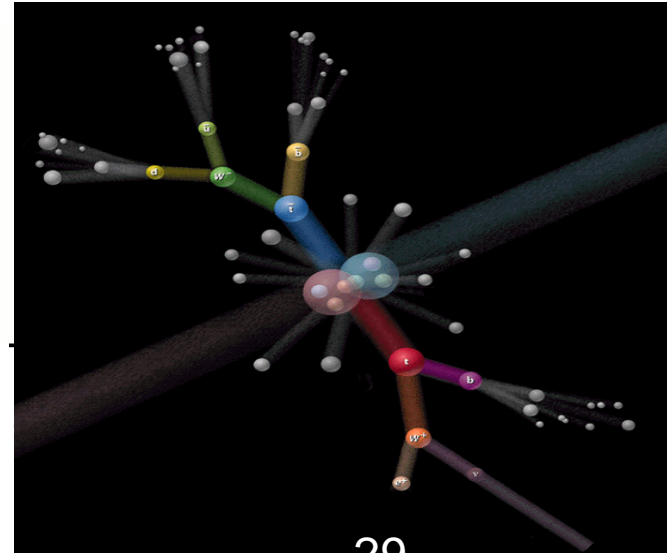
7.5 m (25 ns)

Çarpışan demetler $4 \times 10^7 \text{ Hz}$

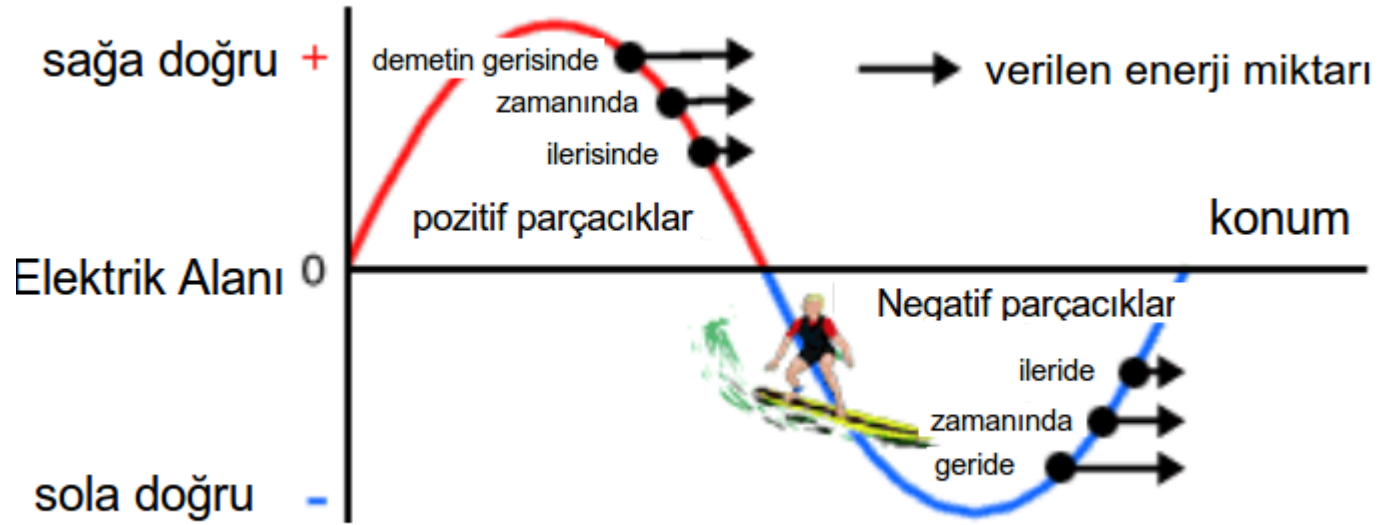
Proton çarpışmaları 10^9 Hz

Parton çarpışmaları

Yeni parçacık üretimi 10^5 Hz
(Higgs, SUSY,)



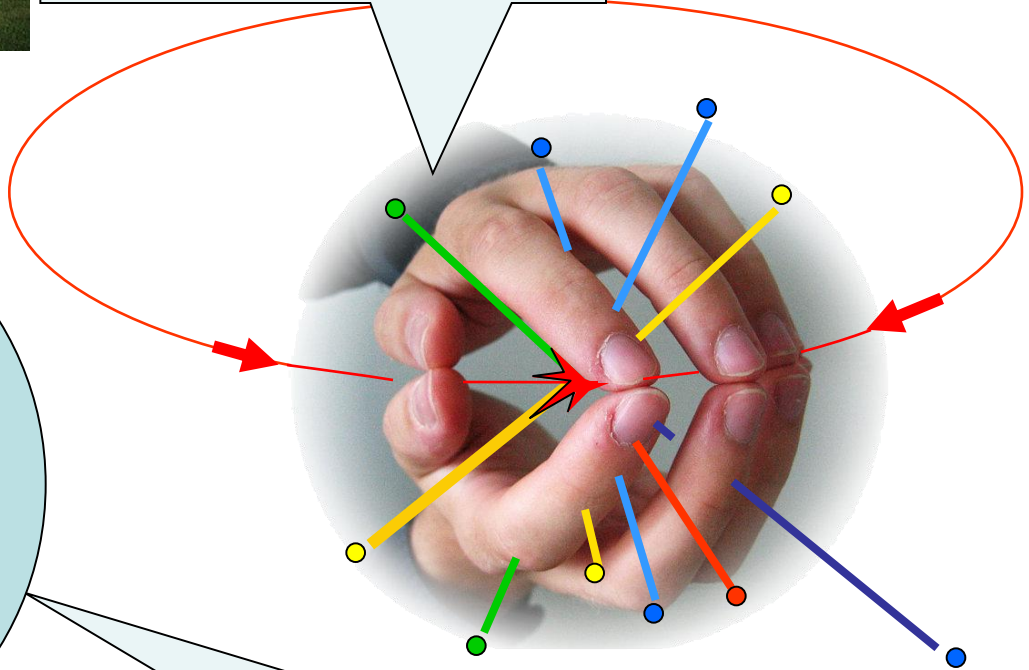
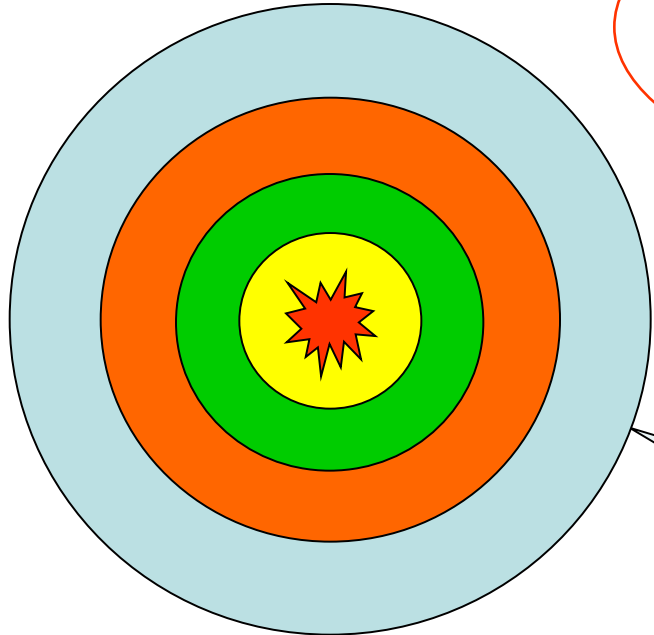
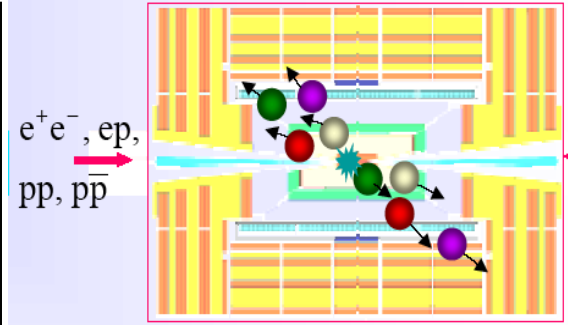
Hızlandırıcıda parçacık sörfü



Dedektörler



Çarpışmadan çıkan parçacıkları yakalamak için her tarafı kapalı dedektörler kullanmak gerekir

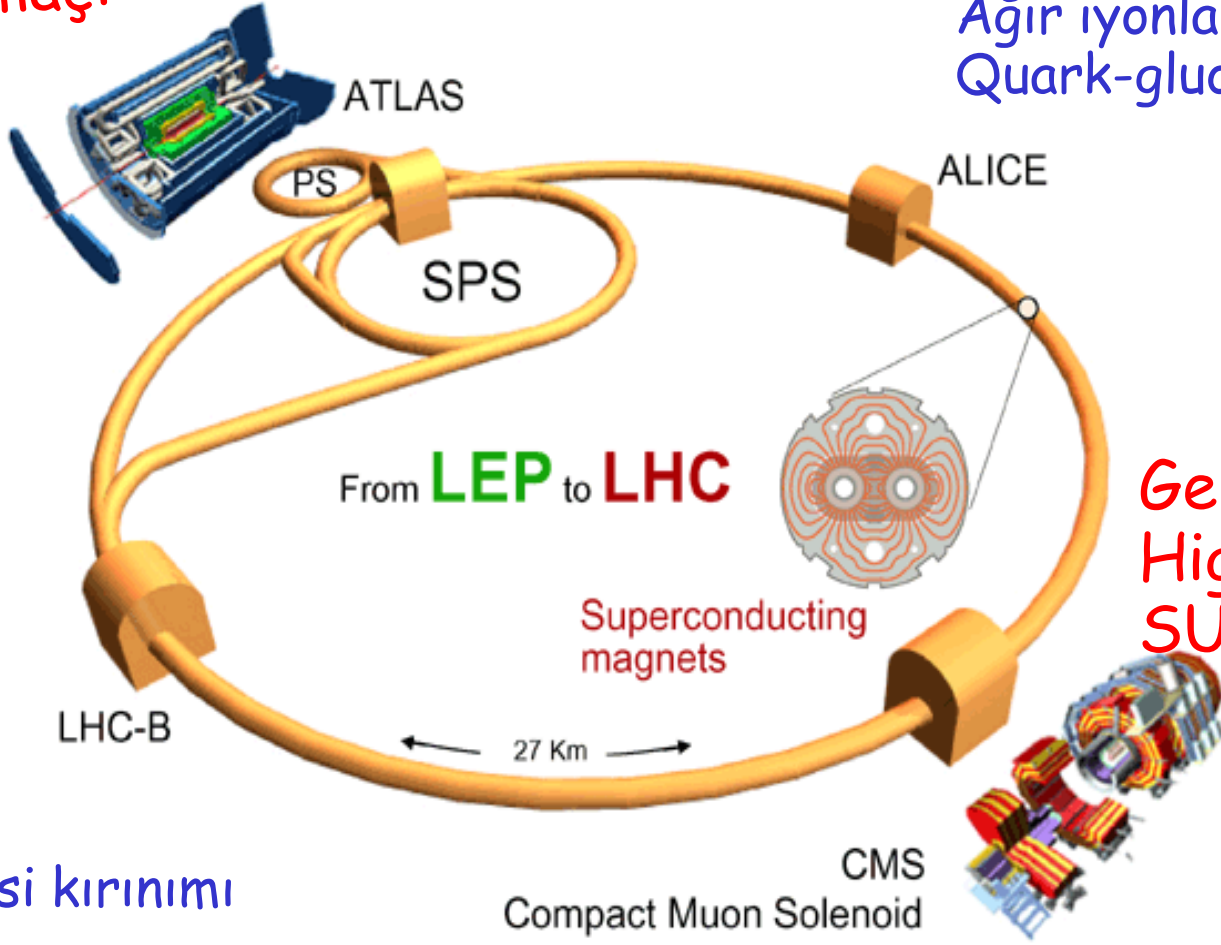


Çarpışma noktasının etrafında farklı dedektör katmanları bulunur

LHC Dedektörleri

Genel amaç:
Higgs
SUSY

Ağır iyonlar
Quark-gluon plazma



From **LEP** to **LHC**

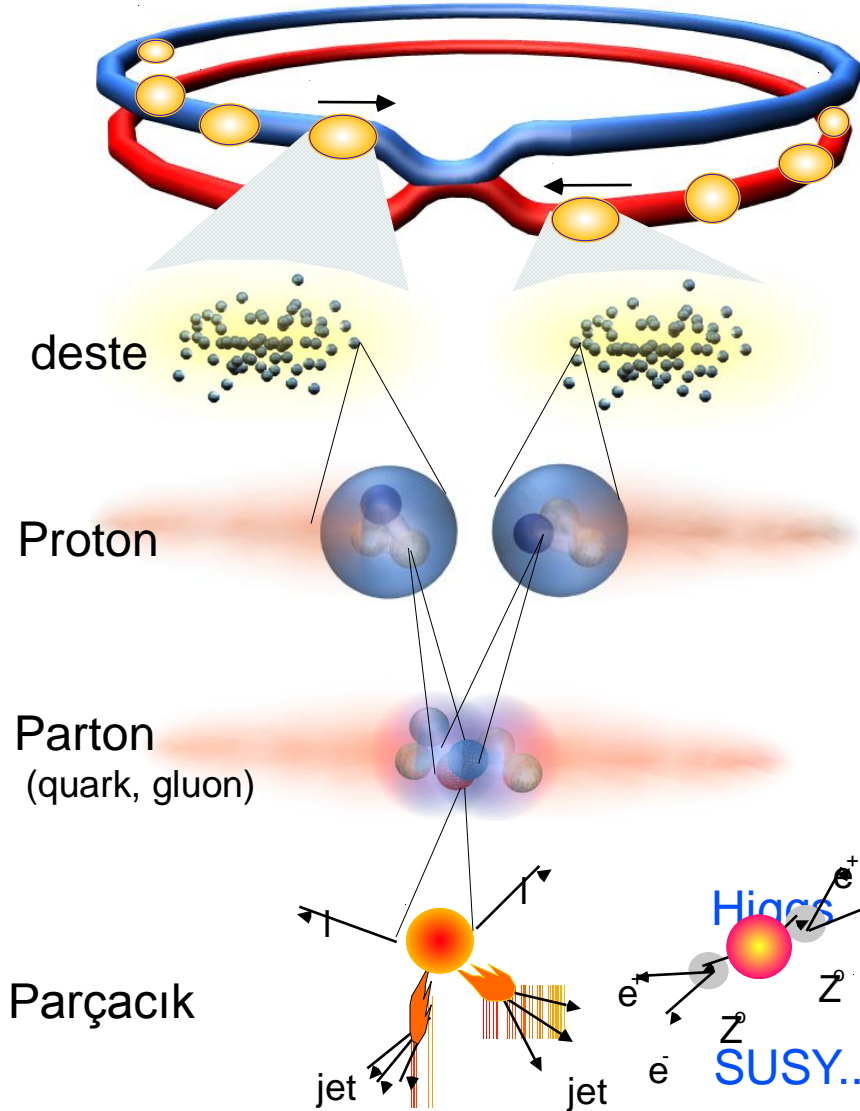
Superconducting
magnets

27 Km

Genel amaç:
Higgs
SUSY

B-fiziği
CP simetrisi kırınımı

LHC hızlandırıcısında proton-proton çarpışması



Proton - Proton 2804 deste/demet

Proton/deste 10^{11}

demet enerjisi 7 TeV (7×10^{12} eV)

Lüminozite $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

Sıklık = 40 MHz (1/25 ns)

Çarpışma sıklığı $\approx 10^7 - 10^9$ Hz

Olay seçimi:
10,000,000,000,000' de 1

$E=mc^2$ Enerjinin yoğunlaşması

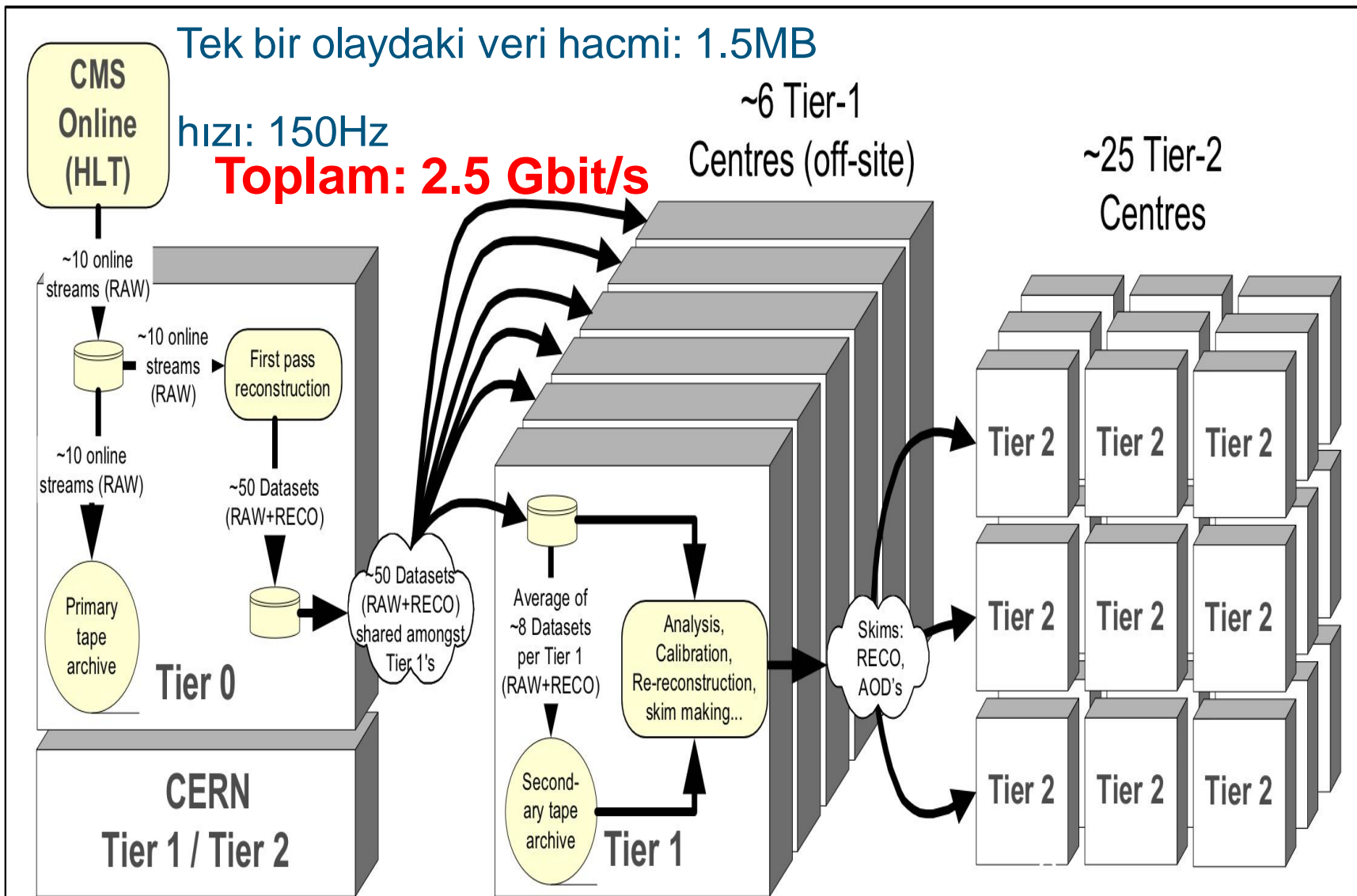
25 Milyar kilowat-saat enerji = bir gram madde.

Protonun kütlesi $\sim 1 \text{ GeV}/c^2 = 1.783 \times 10^{-27} \text{ kg}$

1 TeV = bir sivrisineğin kanat çırpışı

Yeni bir parçacık bulma sıklığı $\approx .00001$ Hz

CMS Bilgi işlem: Veri akışı ve GRID



IT ve veri analizi

CERN' deki LHC hızlandırıcısında yer alan büyük deneylerde bir yılda toplanan veriler yaklaşık 500 TB'lık yer tutmaktadır

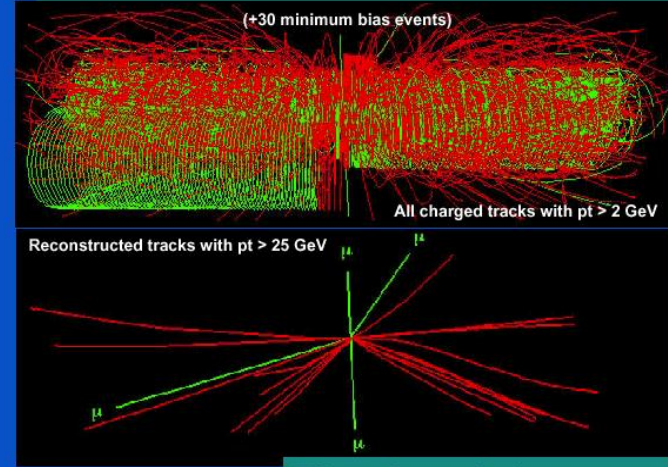


Internet



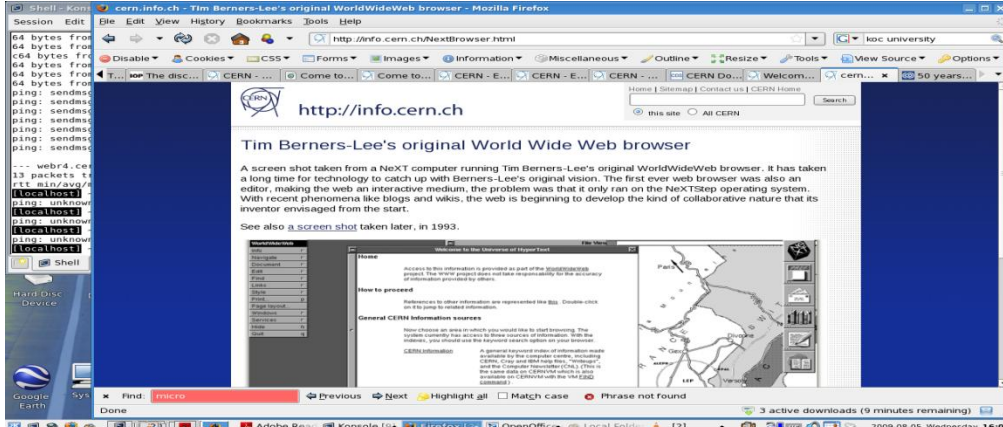
Web

Computing in LHC experiments



Higgs decay in 4 muons
1 in 10^{13} events

The data transmitted in ONE SECOND of LHC running is equivalent to: the information exchanged by WORLD TELECOM (\approx 100 million phone calls)



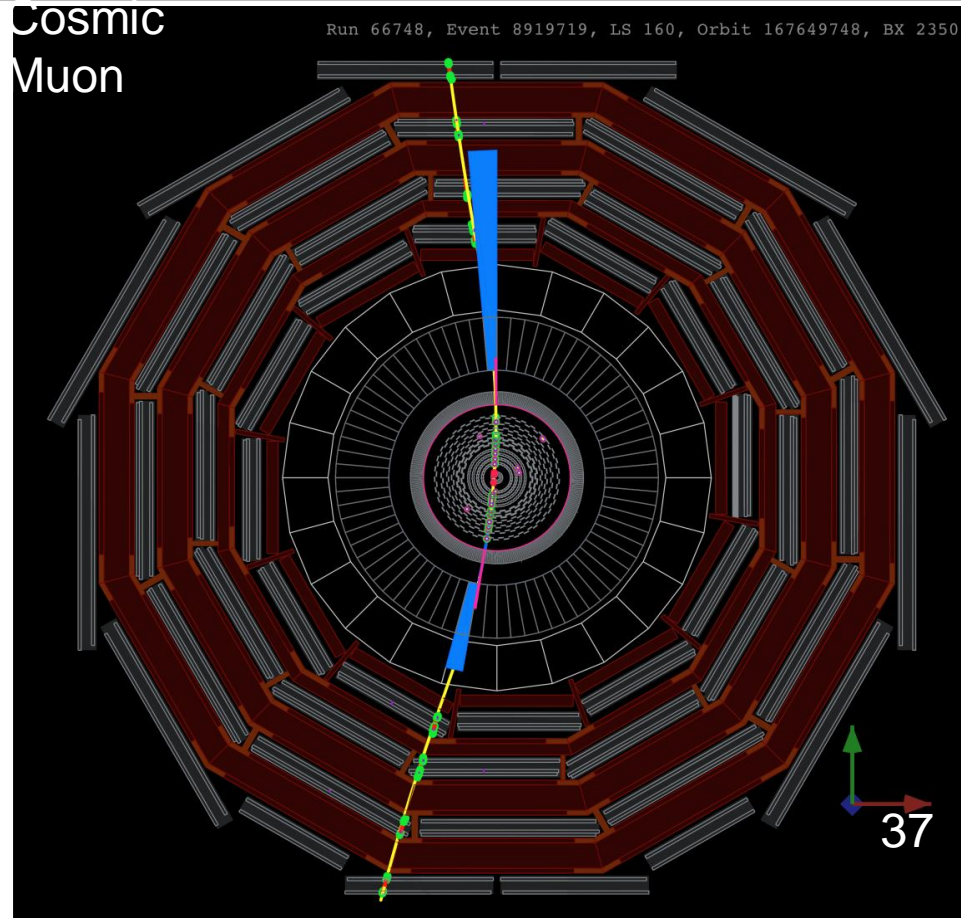
Tim Berners-Lee' nin ilk World Wide Web browser' ı (CERN, 1990)

LHC deneylerinde ne nasıl ölçülüyor?

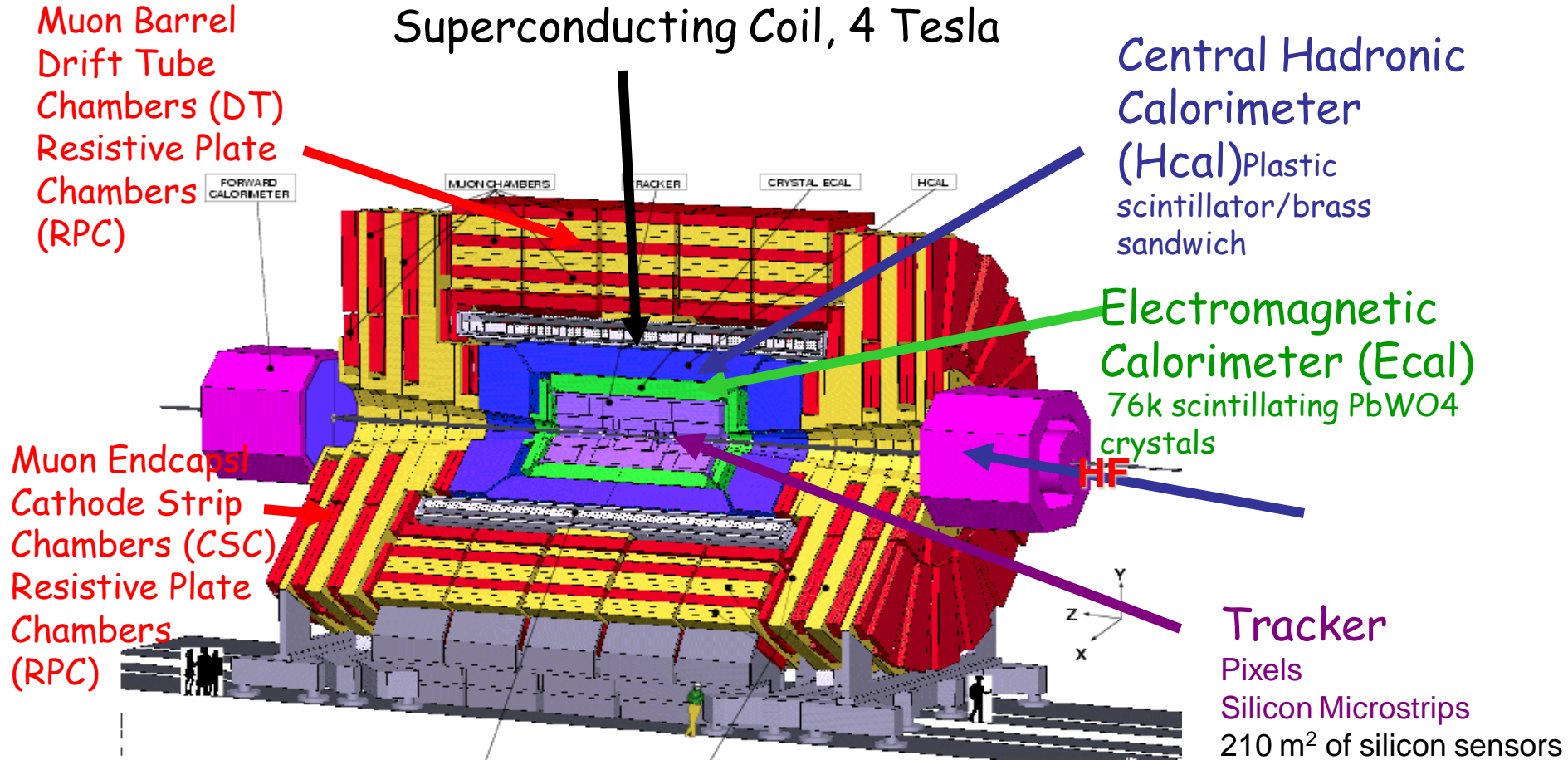
CMS örneđi

Eylül 2007' den beri test edilmekte

- Kozmik ışınlarla veri alınımı: Ekim'08 - Ağustos'09 (CRAFT),
- Splash beams Kasım '09
- İlk çarpışmalar: Aralık '09
- Son çarpışmalar: Aralık 2010 (7 TeV)



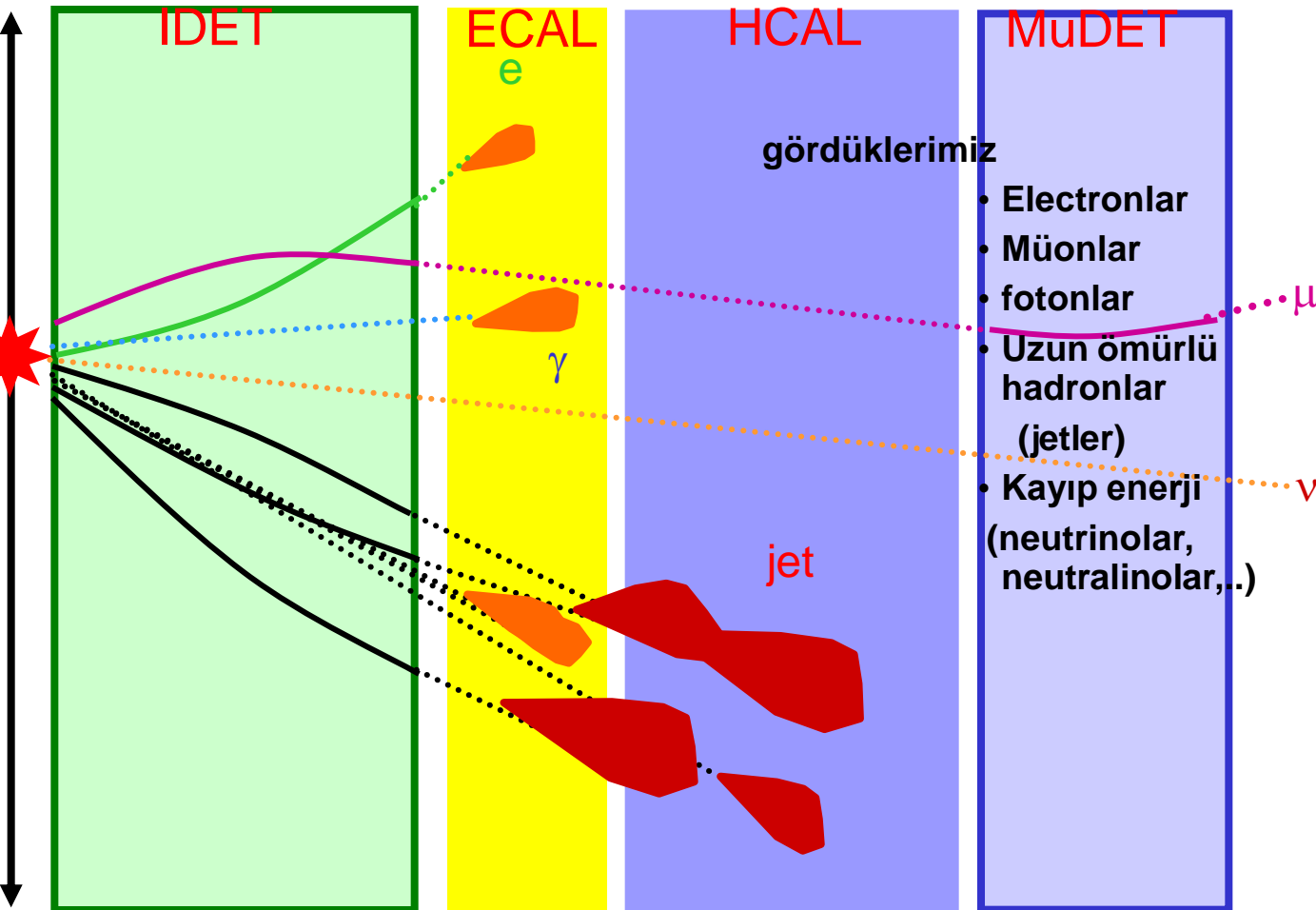
CMS Detector Systems



Total weight	12500 t
Overall diameter	15 m
Overall length	21.6 m

Aslında dedektörde ne ölçüyoruz?

Göreceli olarak uzun yaşayan parçacıklar (bozunum ürünleri) dedektörde saptanmaktadır



Direk olarak göremediğimiz parçacıklar:

Up, down, charm, strange and beauty kuarkları, ve gluonlar (hadron jetleri olarak görünürler)

Top kuarkı hemen bozunur ($t \rightarrow bW$)

W & Z bozonları da kuark ve leptonlara bozunur
Higgs bosonu da aynı şekilde..

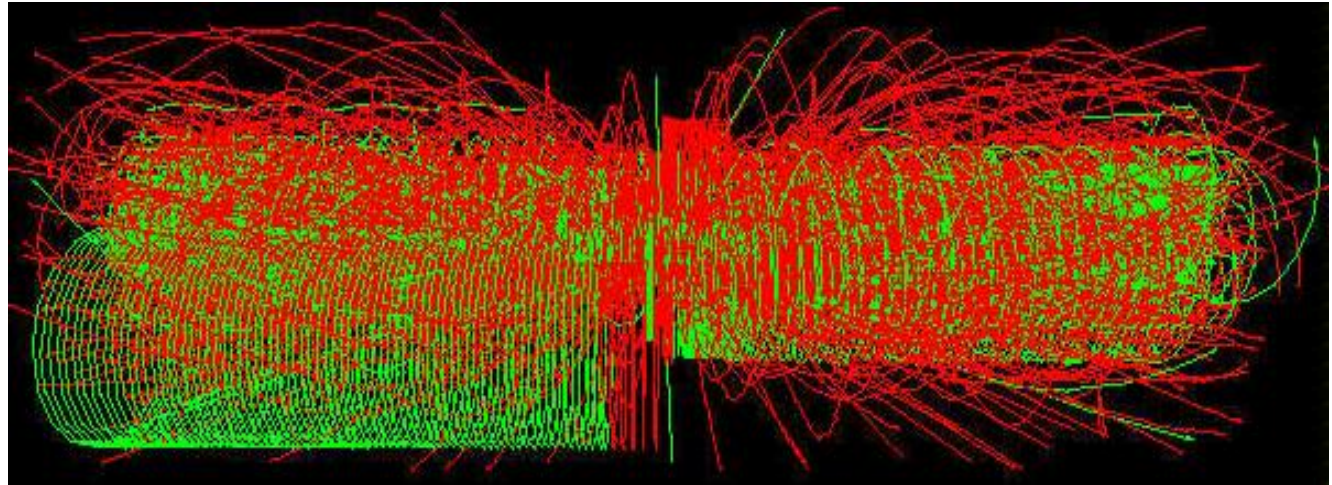
Örnek:

• $H \rightarrow ZZ$

$Z \rightarrow \mu\mu$

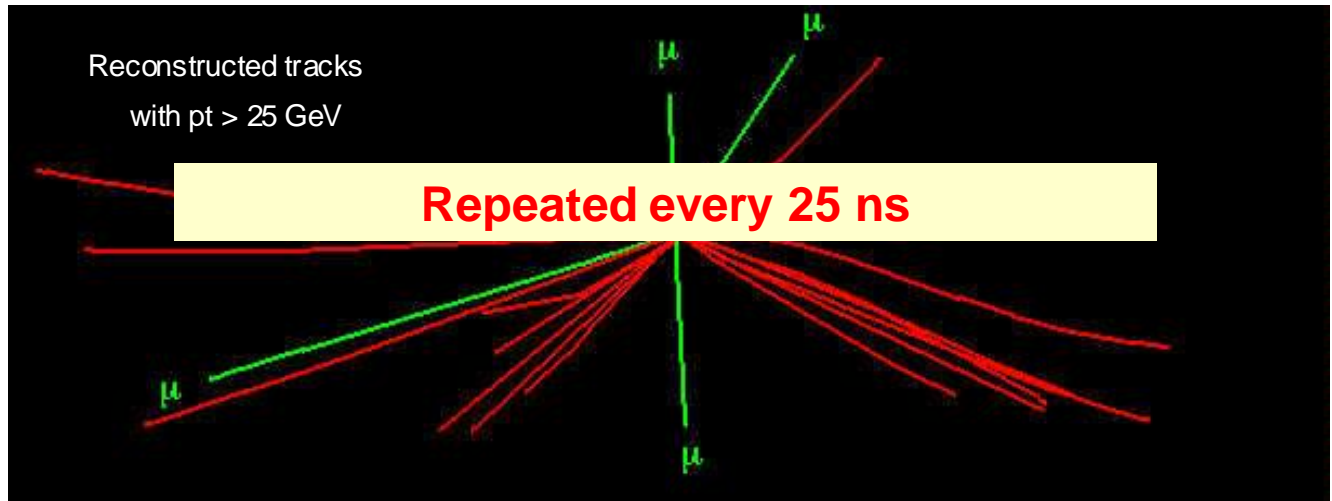
$H \rightarrow 4 \text{ muon}$:

En temiz sinyal



Reconstructed tracks
with $p_t > 25 \text{ GeV}$

Repeated every 25 ns

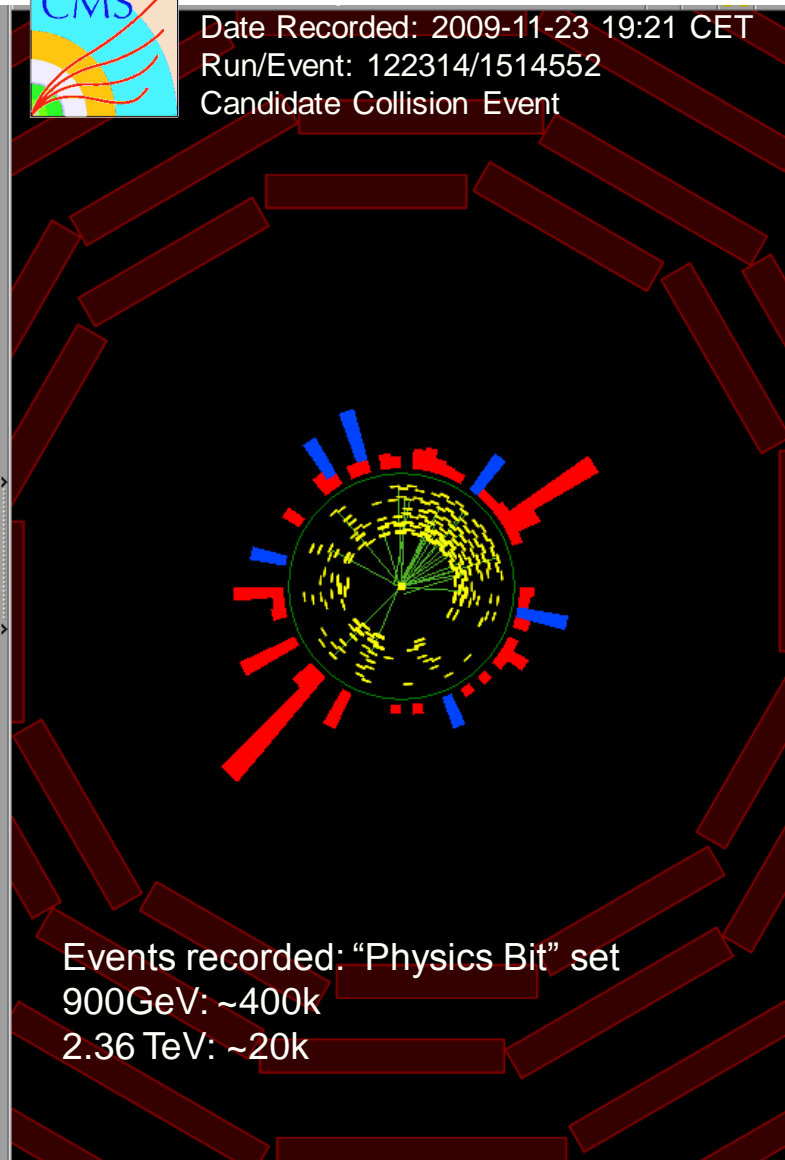


Start of the LHC: First Collisions

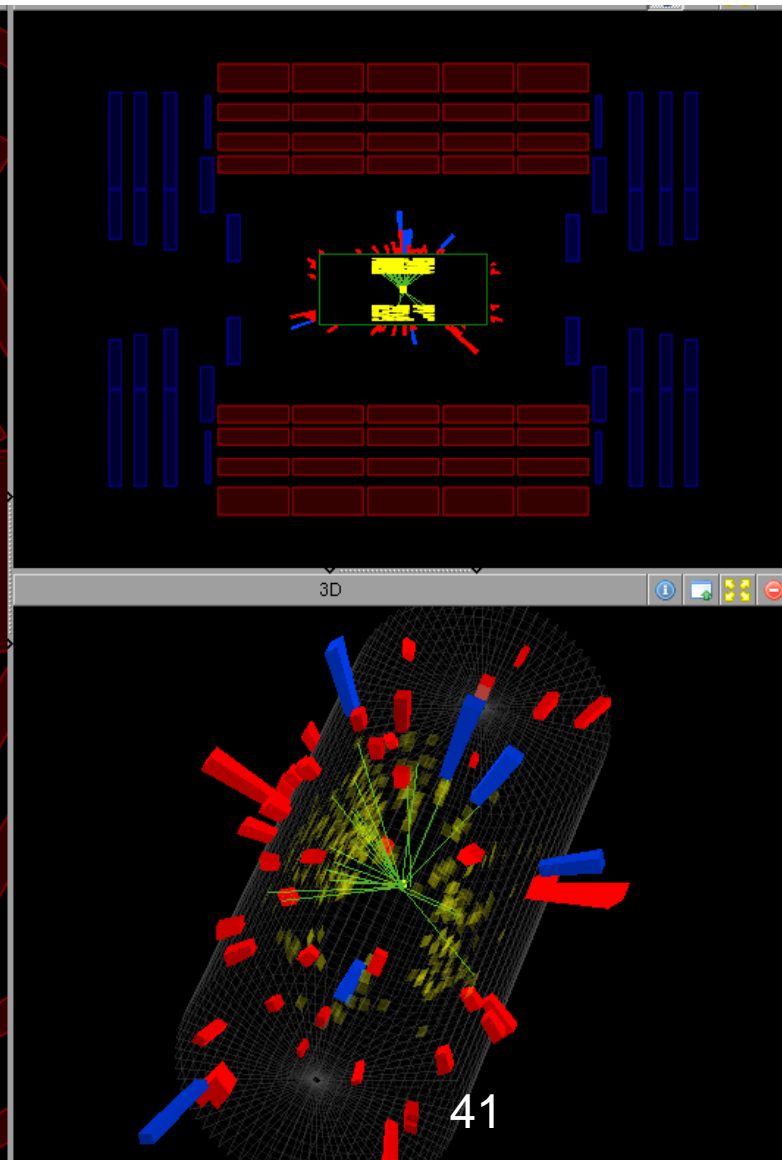
Monday 23rd November



Date Recorded: 2009-11-23 19:21 CET
Run/Event: 122314/1514552
Candidate Collision Event



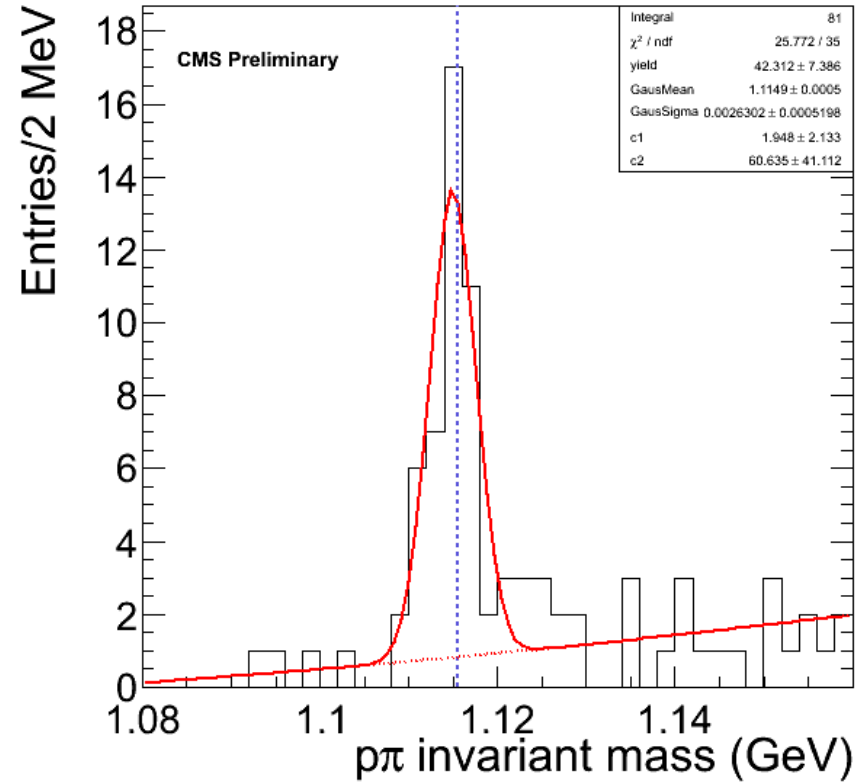
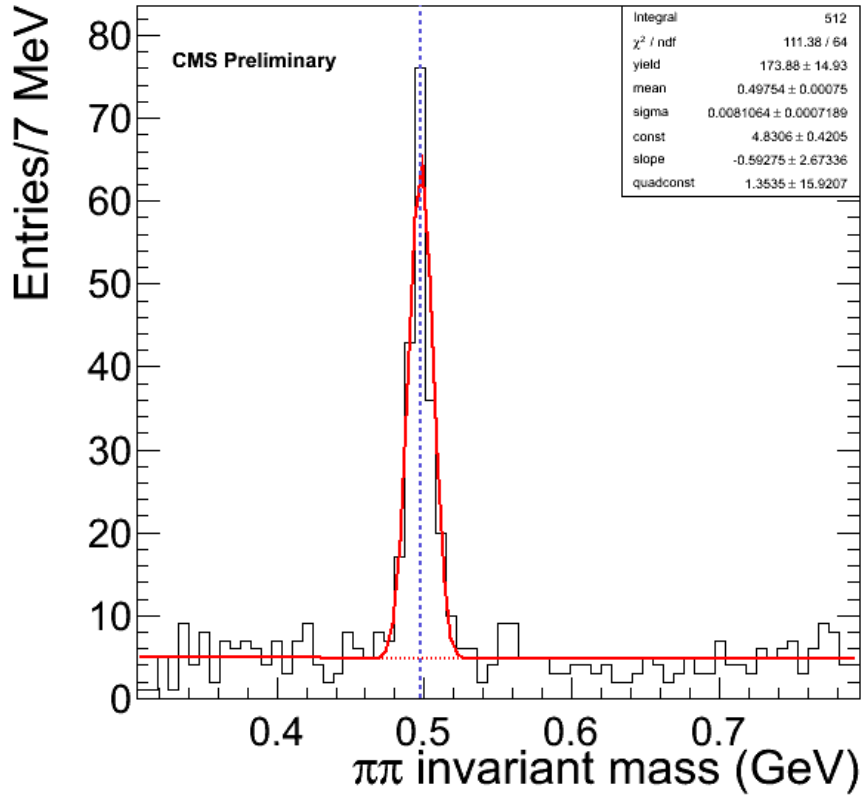
Events recorded: "Physics Bit" set
900GeV: ~400k
2.36 TeV: ~20k



41

41

900 GeV p-p çarpışmaları (Aralık 2009)

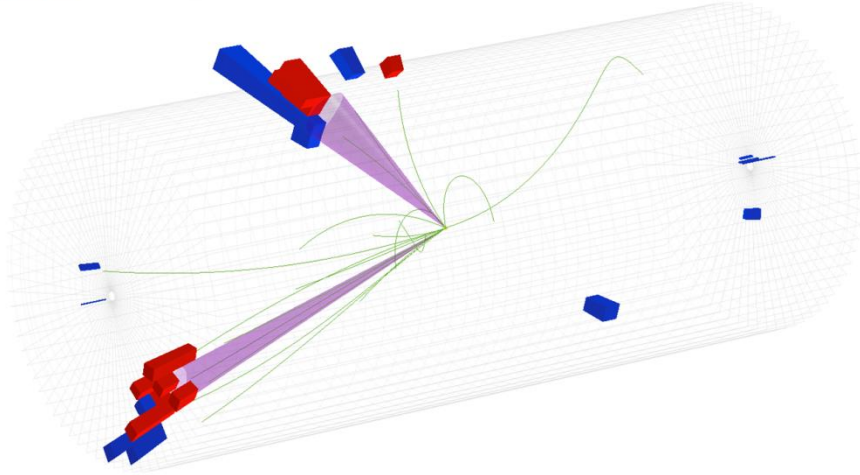


Kütle ölçümleri

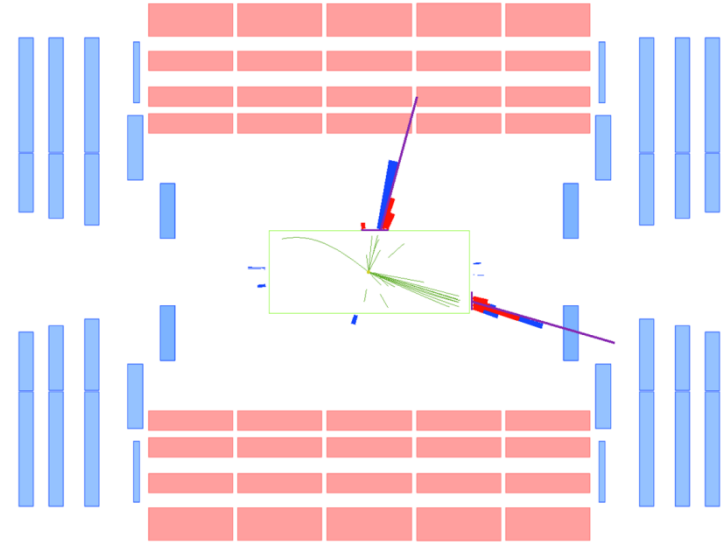
Dijet (iki jet) adayları



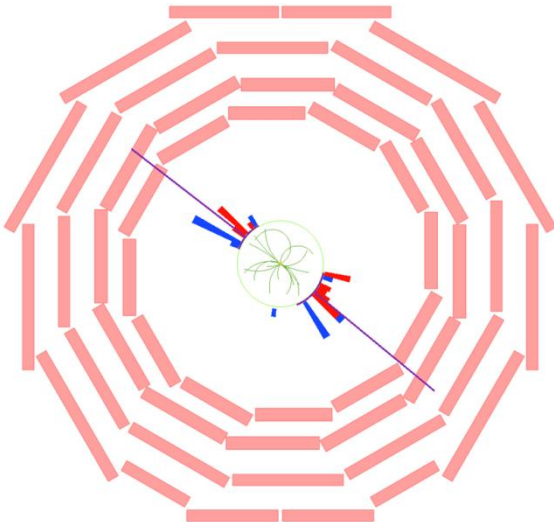
CMS Experiment at the LHC, CERN
Date Recorded: 2009-12-06 07:18 GMT
Run/Event: 123596 / 6732761
Candidate Dijet Collision Event



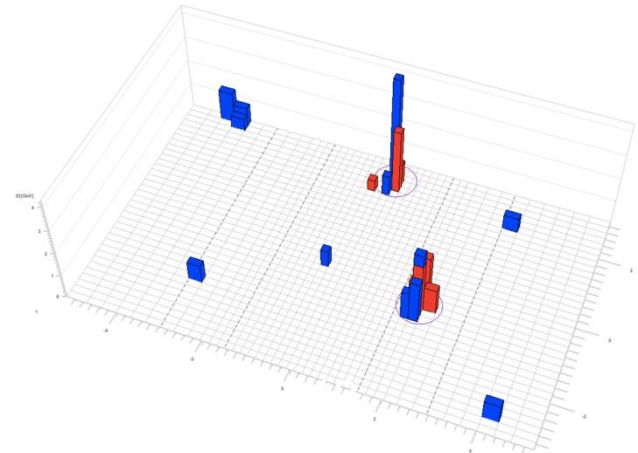
CMS Experiment at the LHC, CERN
Date Recorded: 2009-12-06 07:18 GMT
Run/Event: 123596 / 6732761
Candidate Dijet Collision Event



CMS Experiment at the LHC, CERN
Date Recorded: 2009-12-06 07:18 GMT
Run/Event: 123596 / 6732761
Candidate Dijet Collision Event

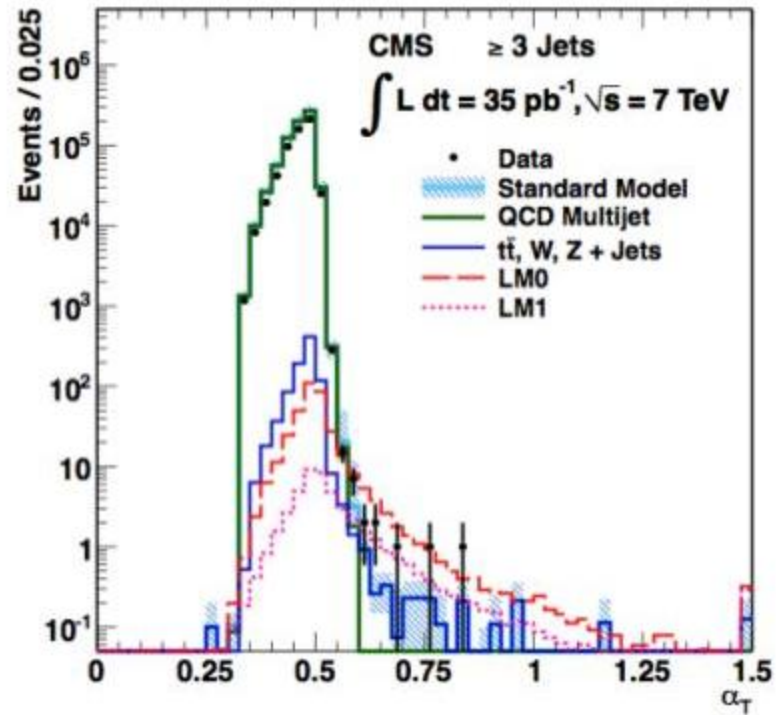
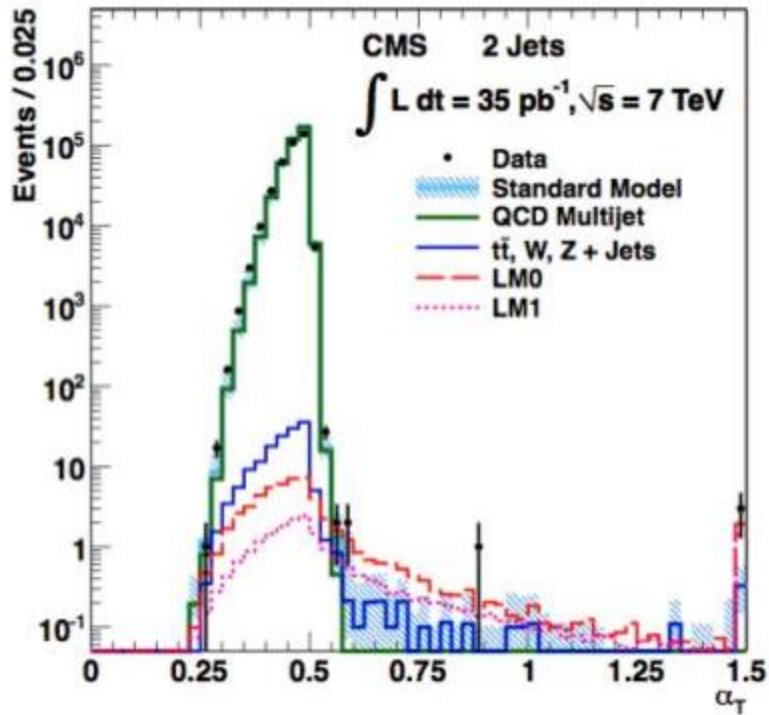


CMS Experiment at the LHC, CERN
Date Recorded: 2009-12-06 07:18 GMT
Run/Event: 123596 / 6732761
Candidate Dijet Collision Event

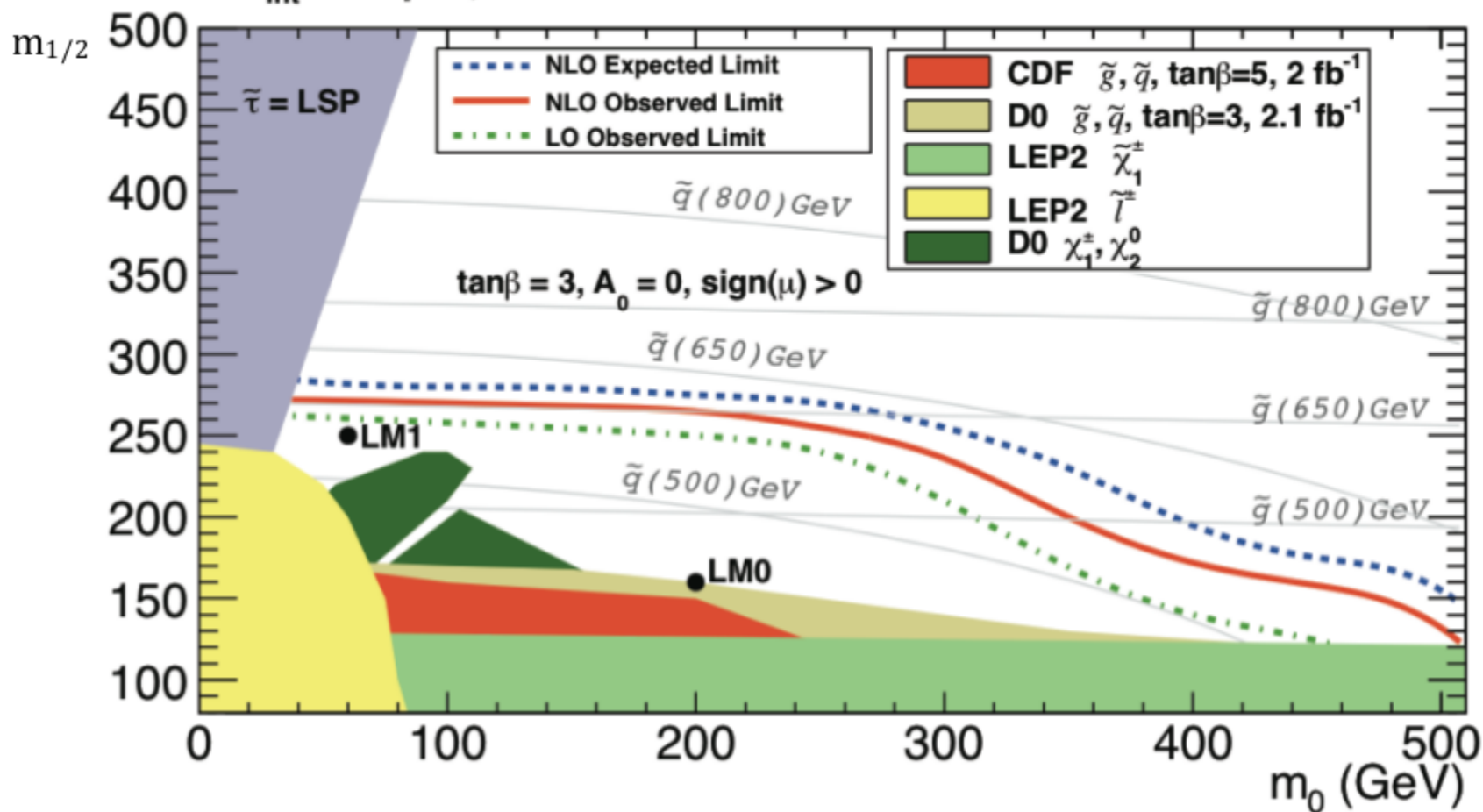


CMS'den son haberler

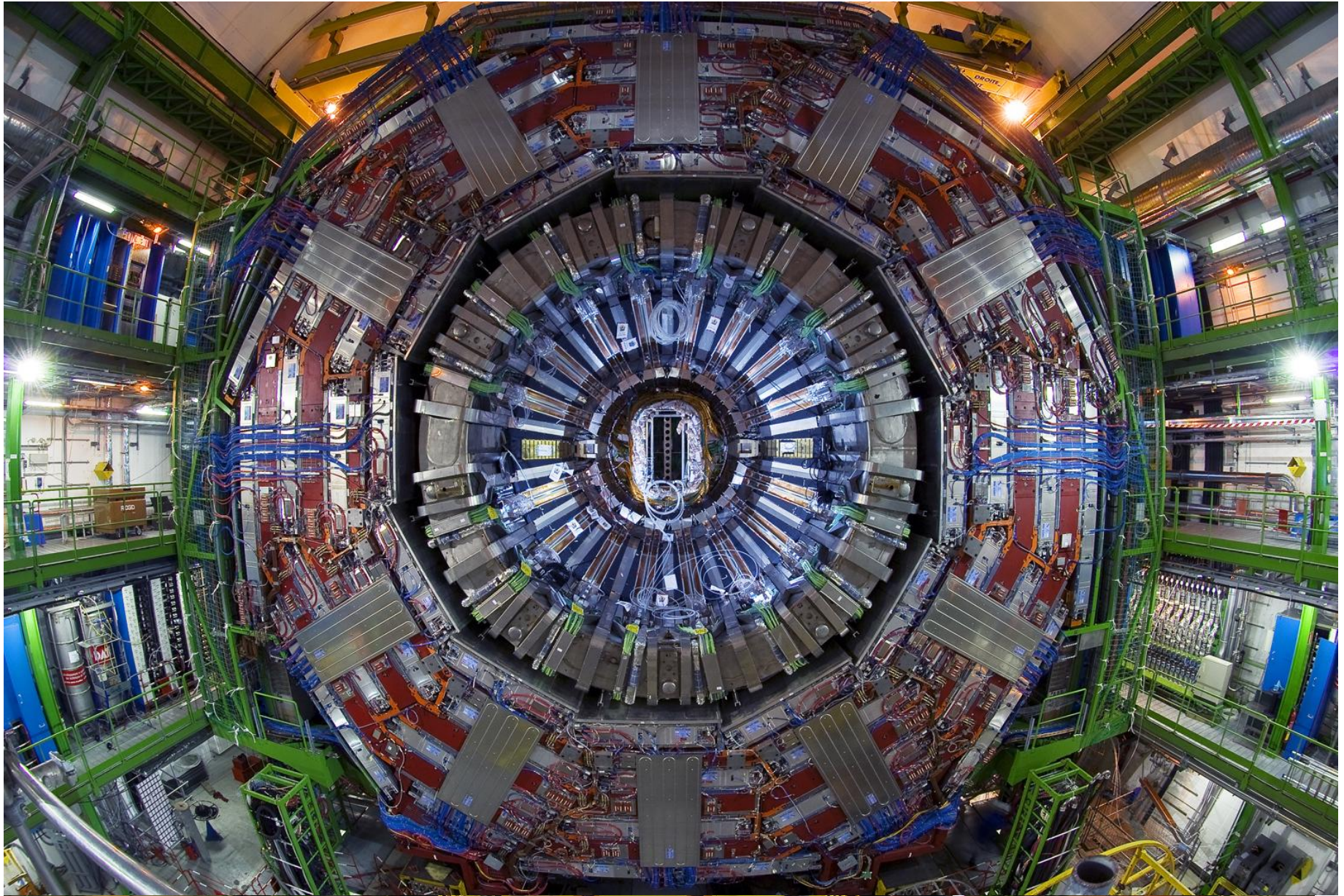
Search for Supersymmetry in pp Collisions at 7 TeV in Events with Jets and Missing Transverse Energy
January 12th 2011

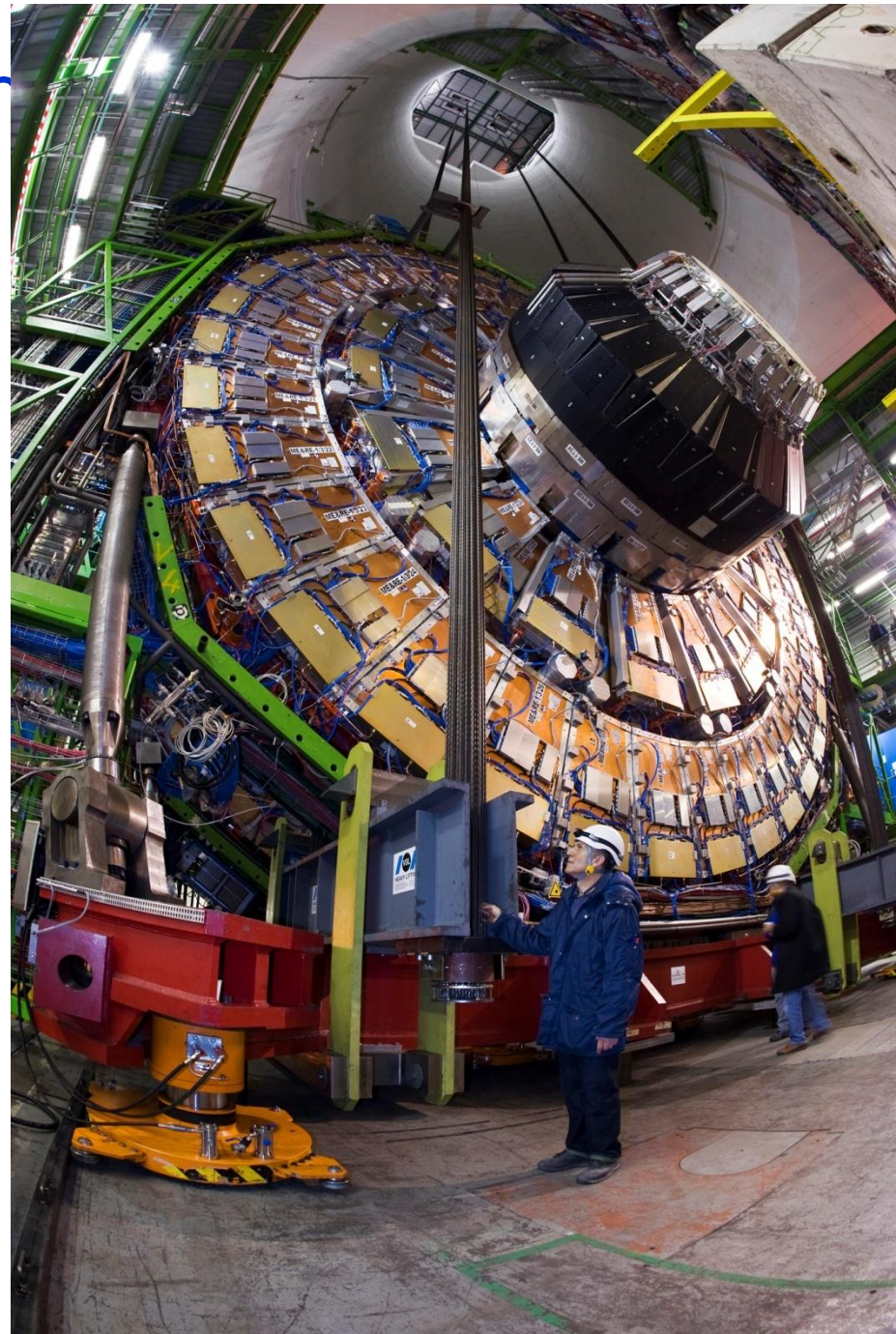


$L_{\text{int}} = 35 \text{ pb}^{-1}, \sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ 95% CL exclusion contour

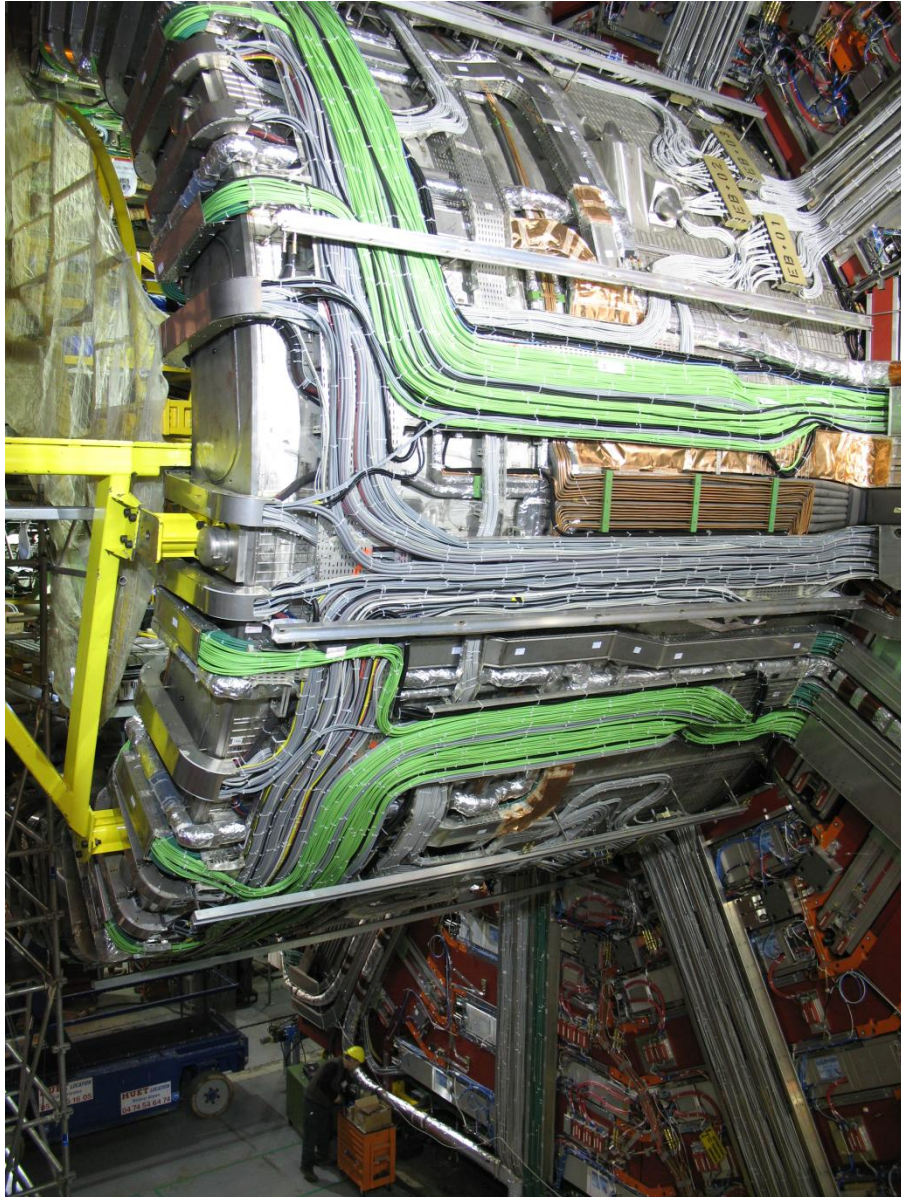


Tracker Insertion

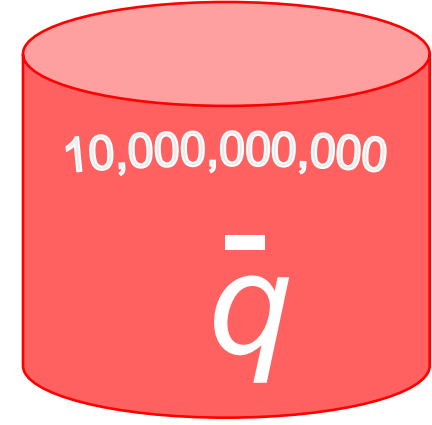
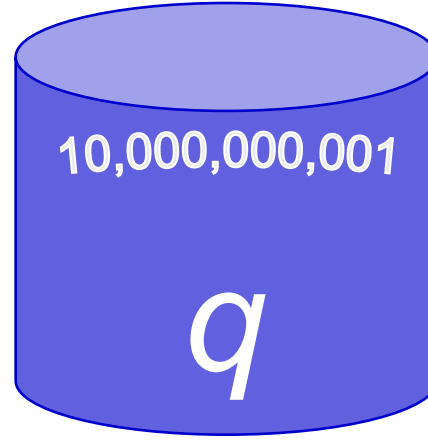
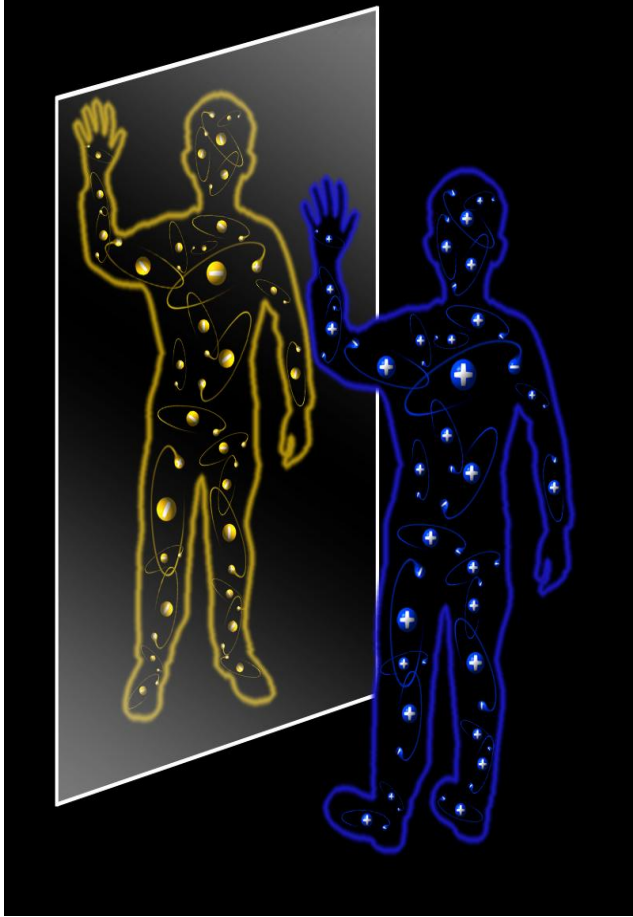




Installing Thermal Screens

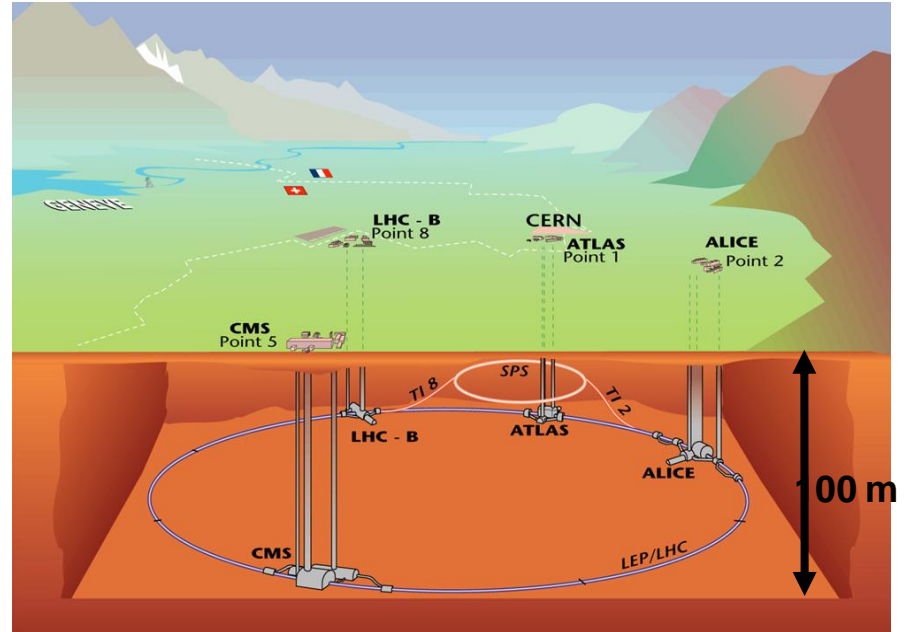


Aynadan bakmak: Madde ve Antimadde ?



+1

Madde-antimadde simetrisinin yokluğu



CERN'deki deneylerde
çözüm aranan sorulardan
biri

Simetri



Korunum yasaları

1. öteleme

R^3

1. momentum

1. dönme

R^3

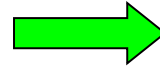
1. açısal momentum

1. Zamanda öteleme

1. enerji



değişmezlik



korunum

*Ayar simetrisi – «iç» uzaydaki dönüşümler altında
değişmezlik*

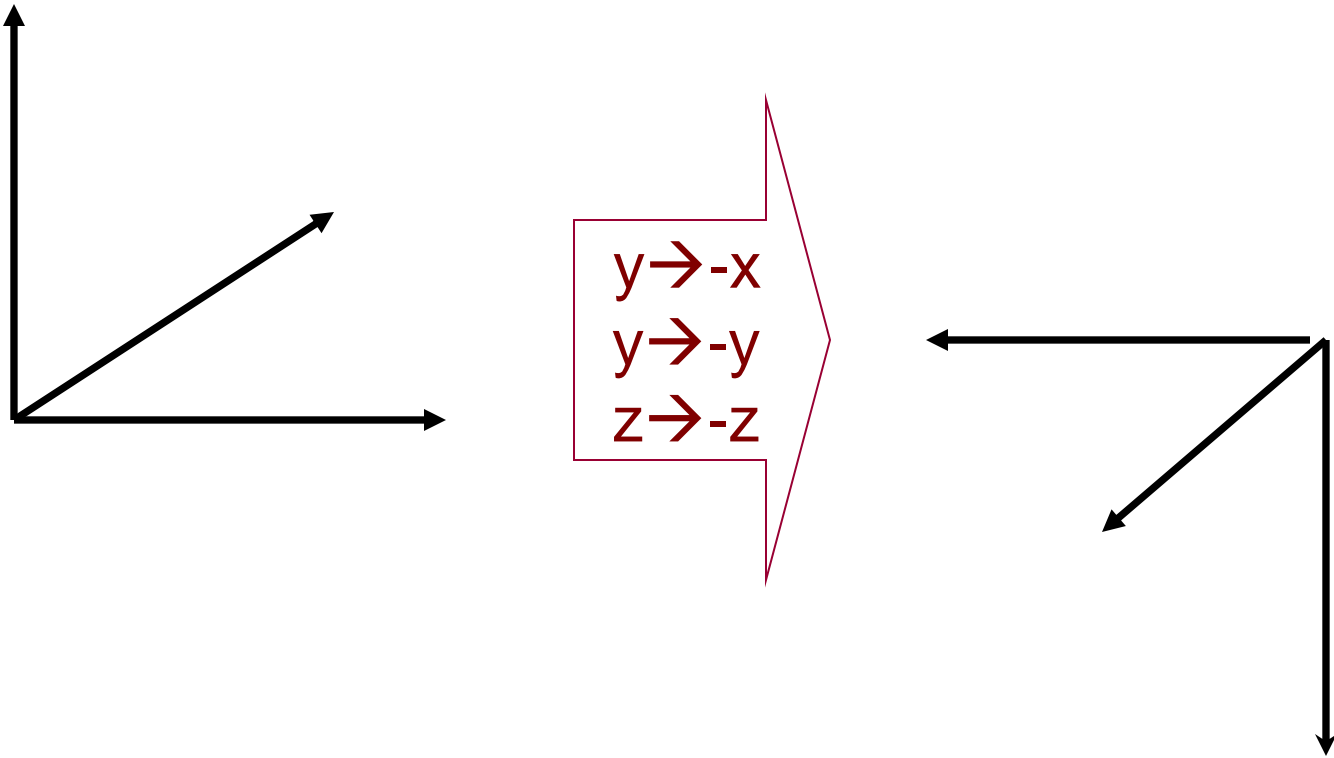
Bu uzayda SM'in gurup yapısı $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$

Sürekli simetriler yanında kesikli simetriler de vardır:

- C – yük
- P – parite
- T – zaman

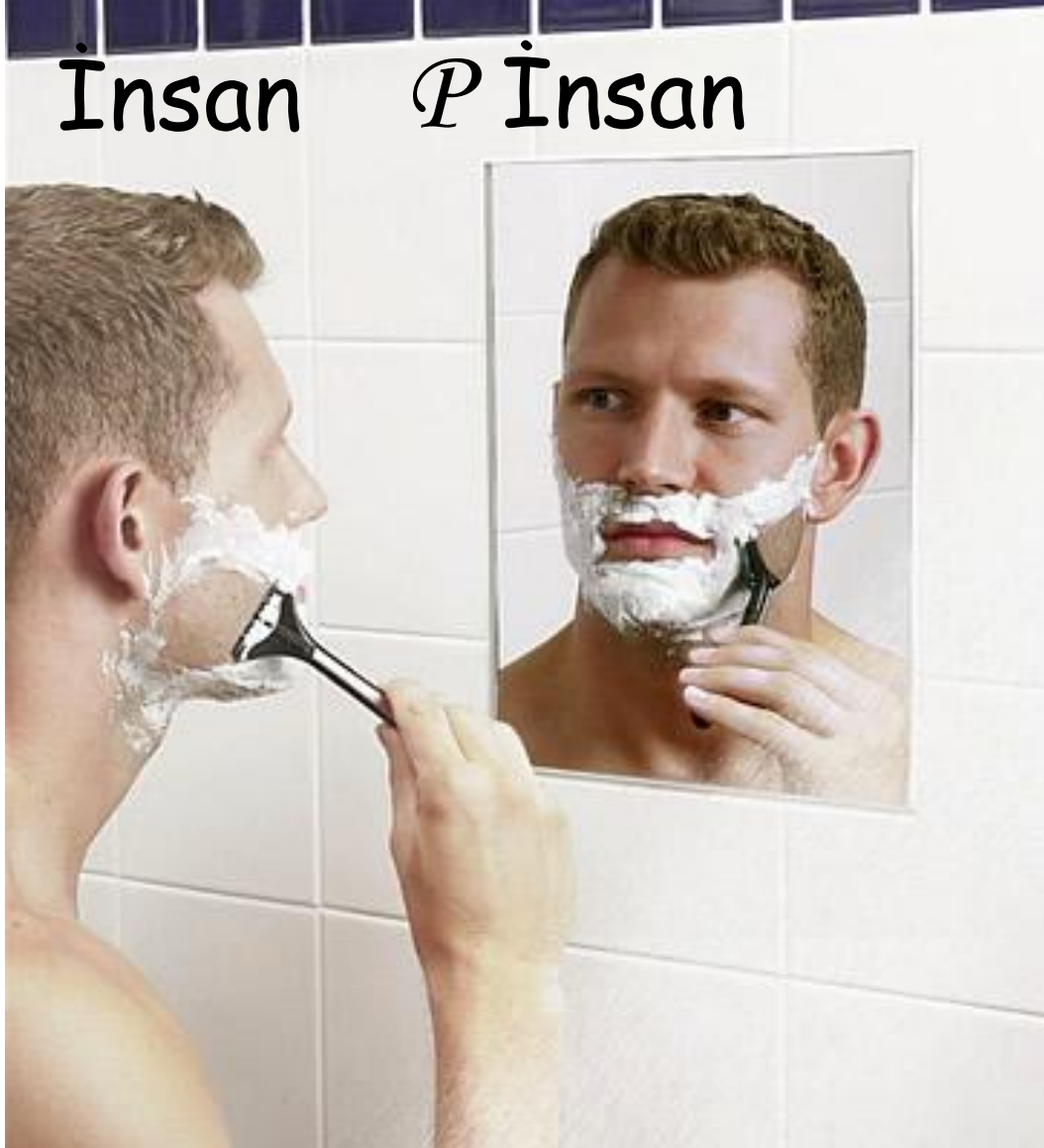
Deneyisel olgular: SM' de *yeğin ve elektromanyetik etkileşimler* C, P, T, CP, CT, PT ve CPT *değişmezdir.*

Parite dönüşümü



Adam bıçağı sağ eliyle tutuyor
Görüntü bıçağı sağ eliyle tutuyor

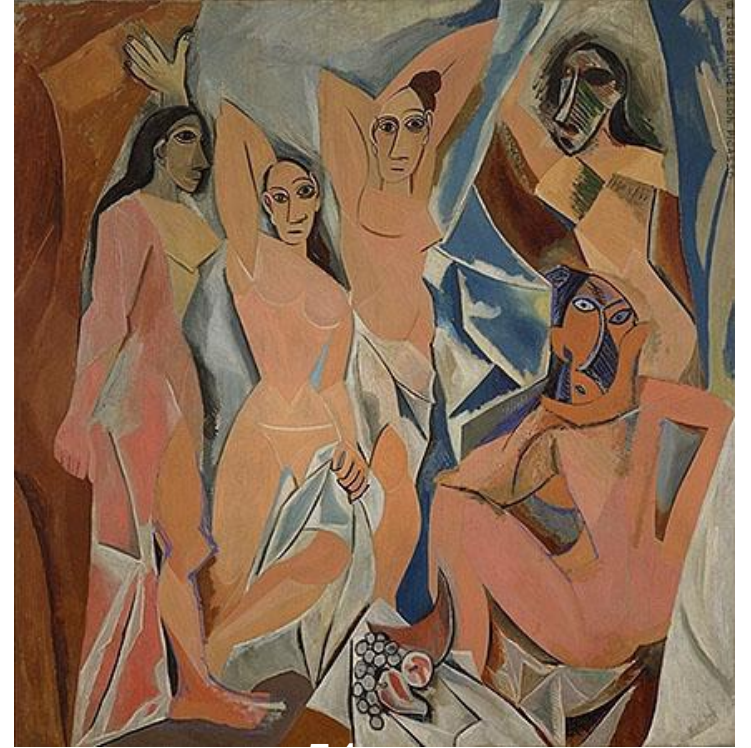
İnsan *P* İnsan



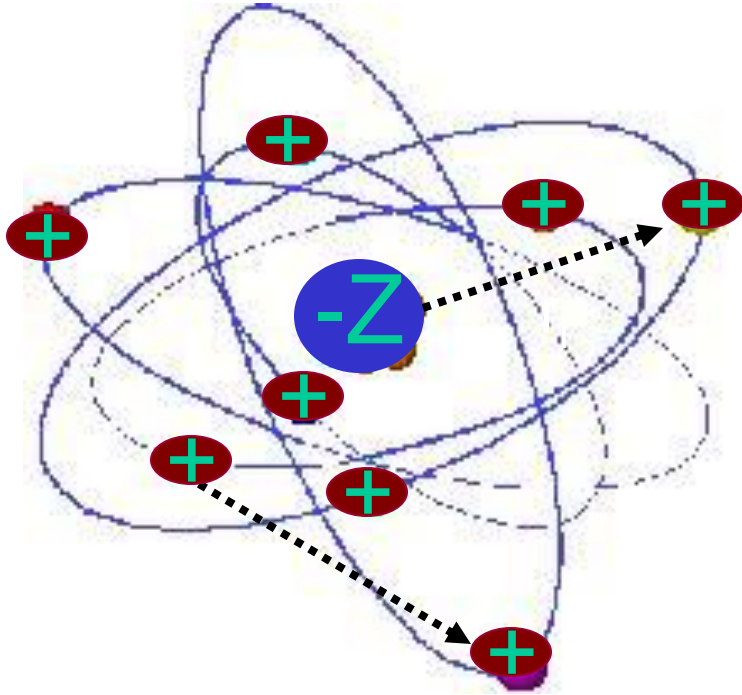
Kusursuz bir simetri çok da ilgi çekici değildir



Güzellik  *hafifçe kırılmış simetri*

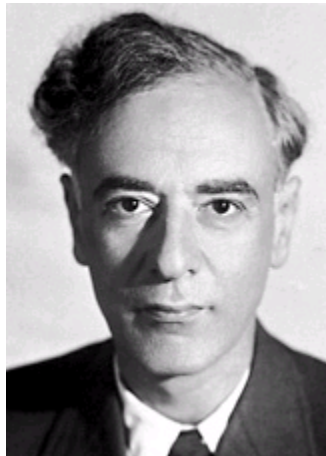
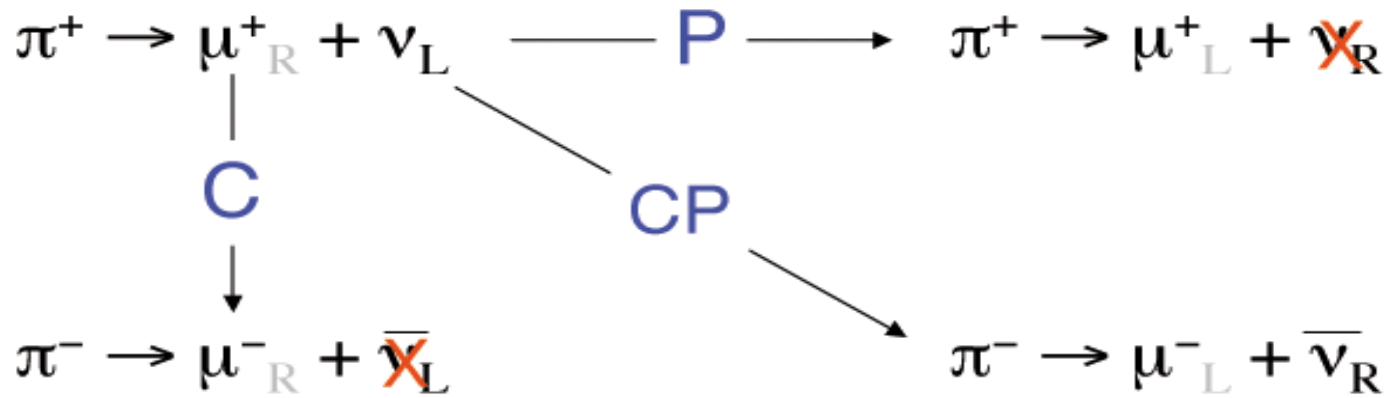


Yük simetrisi

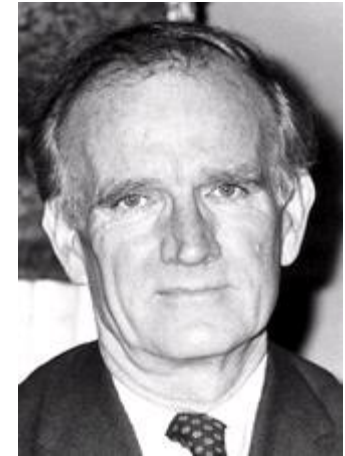


$$C: + \rightarrow - ; - \rightarrow +$$

$$C(+,-) \rightarrow (-,+)$$



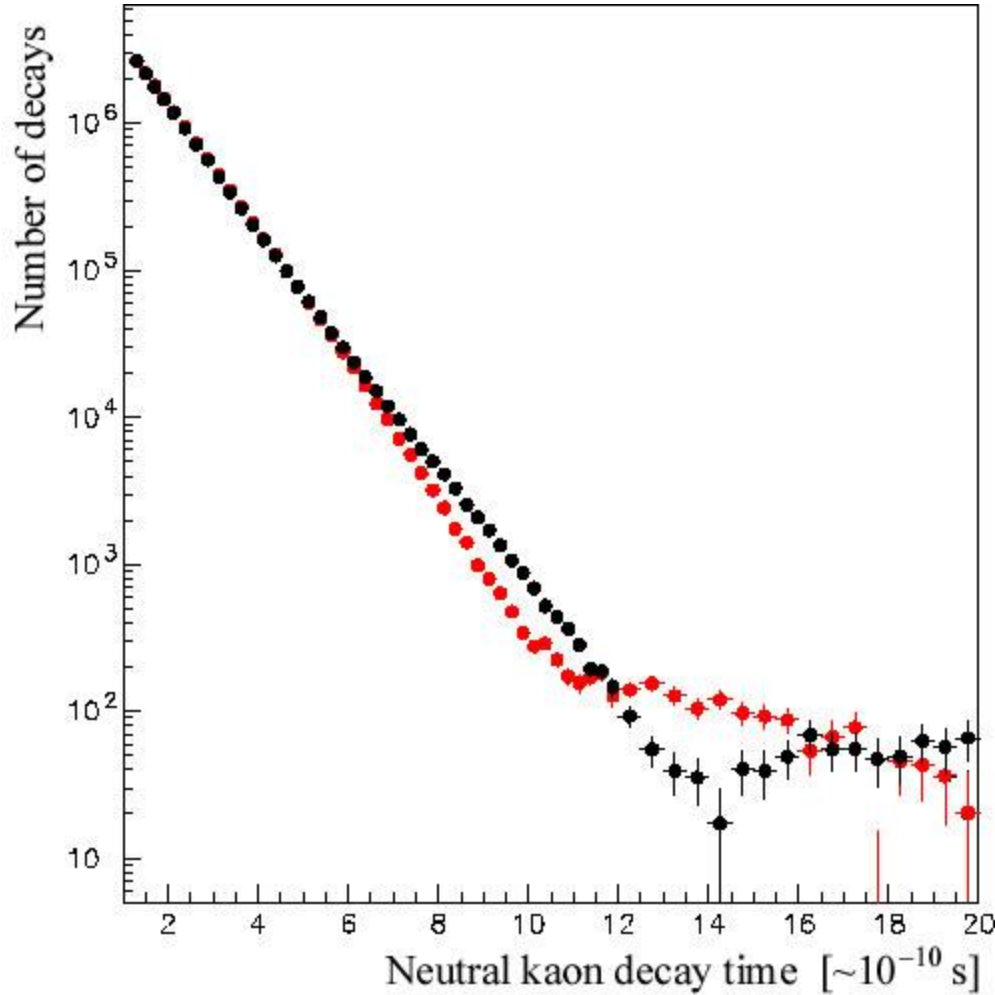
L.D.Landau, 1959:
CP-parite korunumu
hipotezi



J.Cronin, V.Fitch, 1964:
yüksüz K-mezonlarında CP-simetriyi
ihlalinin keşfi

$$\Gamma(B^0 \rightarrow \psi K_S) \neq \Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow \psi K_S) \\
 K_S, K_L \neq K_+, K_-$$

Deneysel Parçacık Fiziği alanında: (CPLEAR 1999)



*Yüksüz kaon'un
bozunum zamanı*

\neq

*Yüksüz karşı-kaon
bozunum zamanı*

CP ihlali

CP-simetrisi ihlali üzerine BaBar ve BELLE gibi deneylerde çok daha hassa ölçümler yapıldı

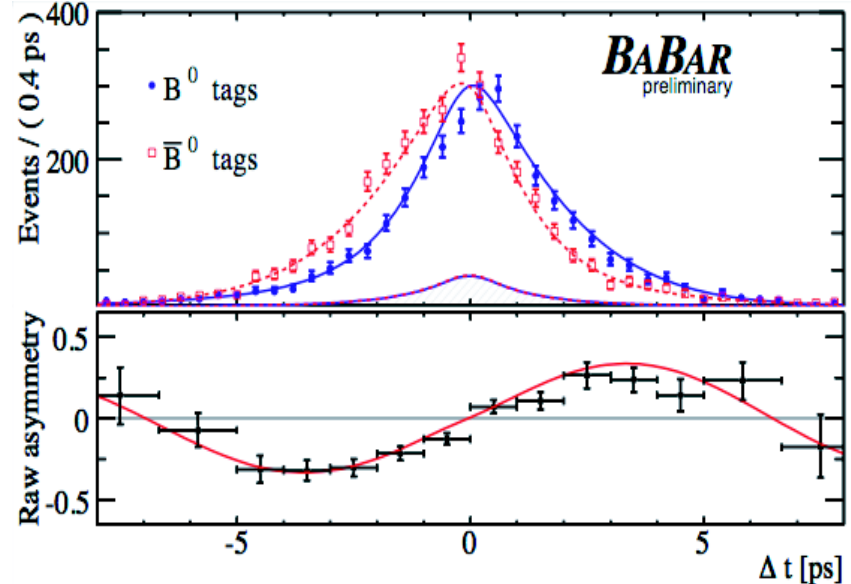
US ve Japonya'da yürütülen bu deneylerde $\Upsilon(4S)$ rezonansı ölçüldü:

$$e^+e^- \rightarrow \Upsilon(4S) \rightarrow B^0\bar{B}^0 \text{ or } B^+B^-$$

□ The CP asymmetry $A(t) = \frac{\Gamma(B^0 \rightarrow J/\psi K_S) - \Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S)}{\Gamma(B^0 \rightarrow J/\psi K_S) + \Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S)}$

$$A(t) = -\sin 2\beta \sin \Delta m t$$

□ **BABAR + BELLE :**
 $\sin 2\beta = 0.674 \pm 0.026$





M. Kobayashi, T.Maskawa, 1974:
SM' de CP-simetrisi ihlali için
açıklama getirdiler

Fikir: etkileşmeyen parçacıkların **süperpozisyonu** zayıf etkileşimde
çeşni **özdeğerleri** meydana getiriler

Diğer bir deyişle, kütle terimi ve yüklü akım, etkileşim teriminde aynı
anda diyagonalize edilemez.

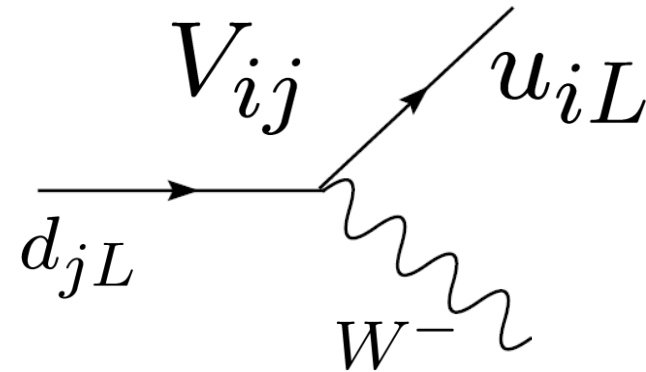
$$\frac{g}{\sqrt{2}} (\bar{\psi}_L C_P t_L) \gamma^\mu V_{CKM}^\mu W_\mu + \text{h.c.}$$

The diagram illustrates the CKM matrix structure. It shows a vertical box containing the quark flavors d and b . To the right of this box, the CKM matrix elements V_{CKM}^μ are shown, with the d and b quarks connected to the corresponding rows of the matrix. The matrix is part of a larger expression involving the weak interaction Lagrangian L_{int} and the CKM matrix V_{CKM}^μ .

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

N<3 matris reel bir eşdeğerine döndürülebilir Ama **N=3** için karmaşık (kompleks) sayı gerekir

~~$$V_{us}$$~~



$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

$$\sim \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix}$$

CKM matrisini değişmez-parametrelerle (açılar gibi) ifade ediyoruz

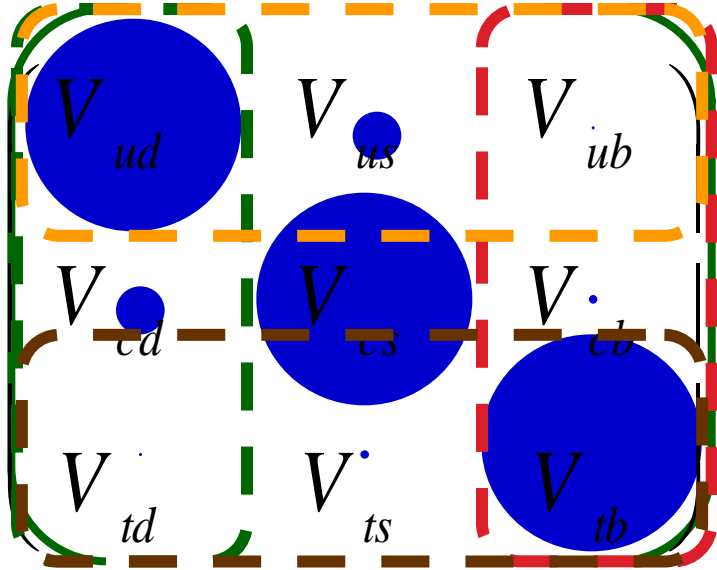
$$\eta = \arg \left(\frac{V_{ij} V_{ik}^*}{V_{lj} V_{lk}^*} \right)$$

Bu açılardan biri sıfırdan farklı ise CKM matrisinde kompleks bir faz var demektir (dönmeyle kaybolmayan). Bu durum CP ihlaline yol açıyor

«Jarlskog deđişmezi»

$$J = \left| \text{Im} \quad V_{i\alpha} V_{j\beta} V_{i\beta}^* V_{j\alpha}^* \right| \sim 3 \times 10^{-5}$$

Diyagonal olmayan elemanlar kompleks düzlemde üçgenler olarak ifade edilir.



$$V_{ud} \cdot V_{ub}^* + V_{cd} \cdot V_{cb}^* + V_{td} \cdot V_{tb}^* = 0$$

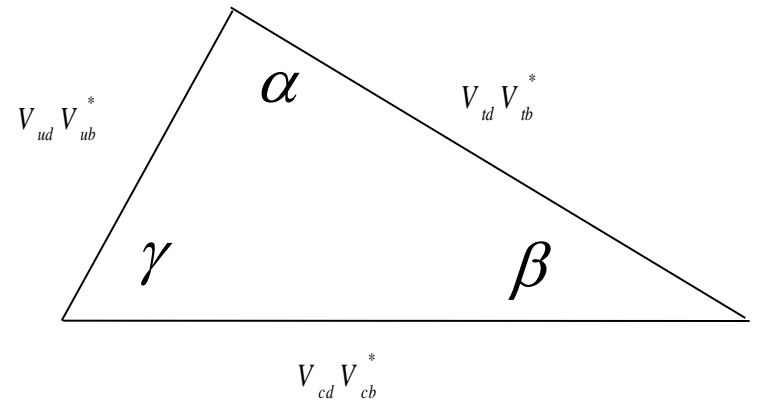
$$V_{ud} \cdot V_{td}^* + V_{us} \cdot V_{ts}^* + V_{ub} \cdot V_{tb}^* = 0$$

6 birim üçgenden sadece 2'si dejenere değil

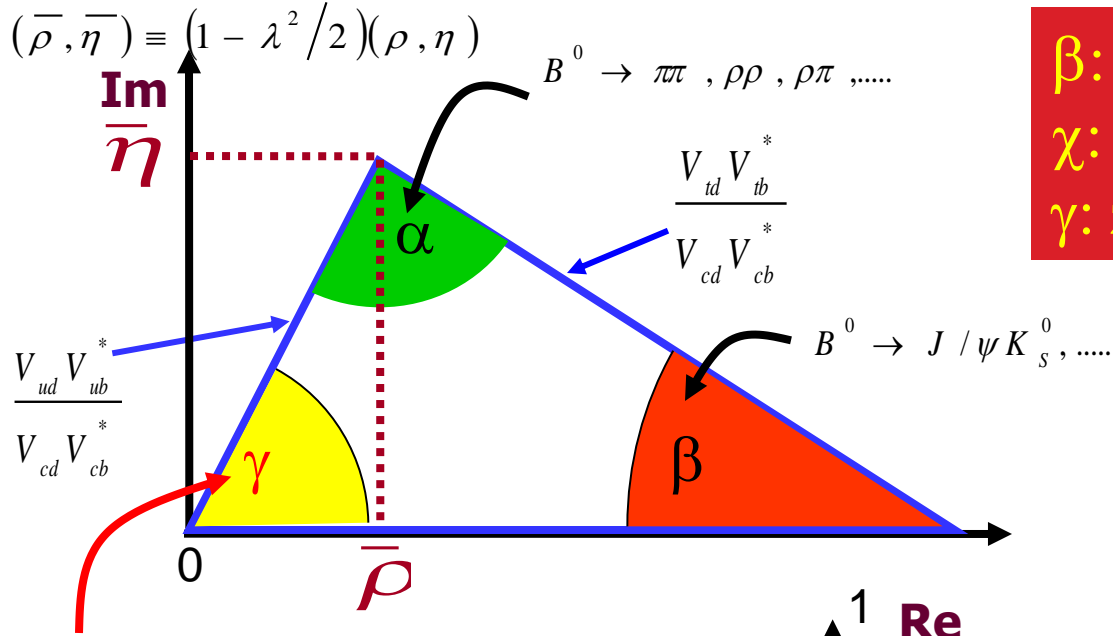


B-mezon bozunumları **CP**'ye Çok hassas!

Unitarity triangle:

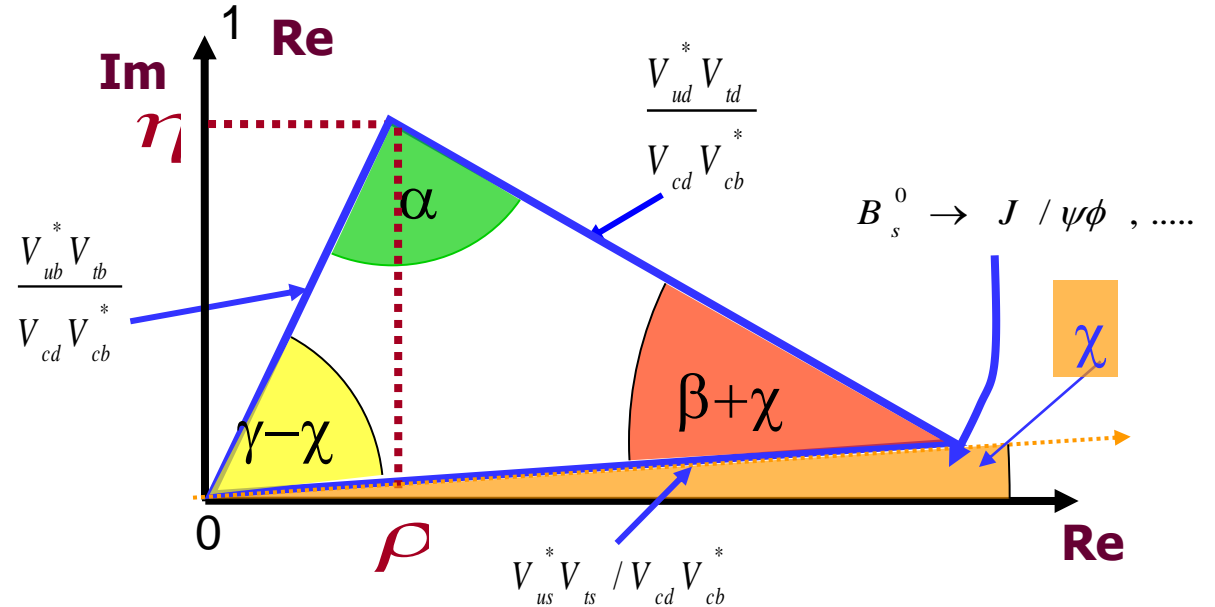


Üniter açı



β : B_d karışım fazı
 χ : B_s karışım fazı
 γ : zayıf bozunum fazı

$B_d \rightarrow DK, DK^*$
 $B_s \rightarrow D_s K \quad (\gamma - 2\chi)$
 $B_d \rightarrow D^* \pi \quad (\gamma + 2\beta)$



Hassas belirlemeler
 B -bozunumları ile
 yapılıyor

Baryogenesis (Madde-doğumu)

- ❑ *Büyük Patlama (~ 13.7 milyar yıl önce) → madde ve karşı-madde eşit miktarlarda yaratıldı*

*yokoluş → $n_{\text{baryon}}/n_g \sim 10^{-10}$
neden bütün madde yok olmadı*

- ❑ *Evrende karşı-atom yok*

- ❑ *Büyük Patlamadaki madde / karşı-madde simetrisi (CP simetrisi) ihlal edilmiş olmalı) [Sakharov, 1967]*

- ❑ *SM' de, kuarkların zayıf etkileşimdeki karışımlarında CP ihlal ediliyor (en az 3 aile olması koşuluyla). Dolayısıyla baryogenesis 3 aile ile ilgili olabilir. Öte yandan normal madde sadece ilk aileden meydana gelir (u, d, e, ν_e)*

- ❑ *Ancak SM'deki CP ihlali baryogenesis için yeterli değil → başka CP ihlali nedenleri için yeni fizik gerekir*

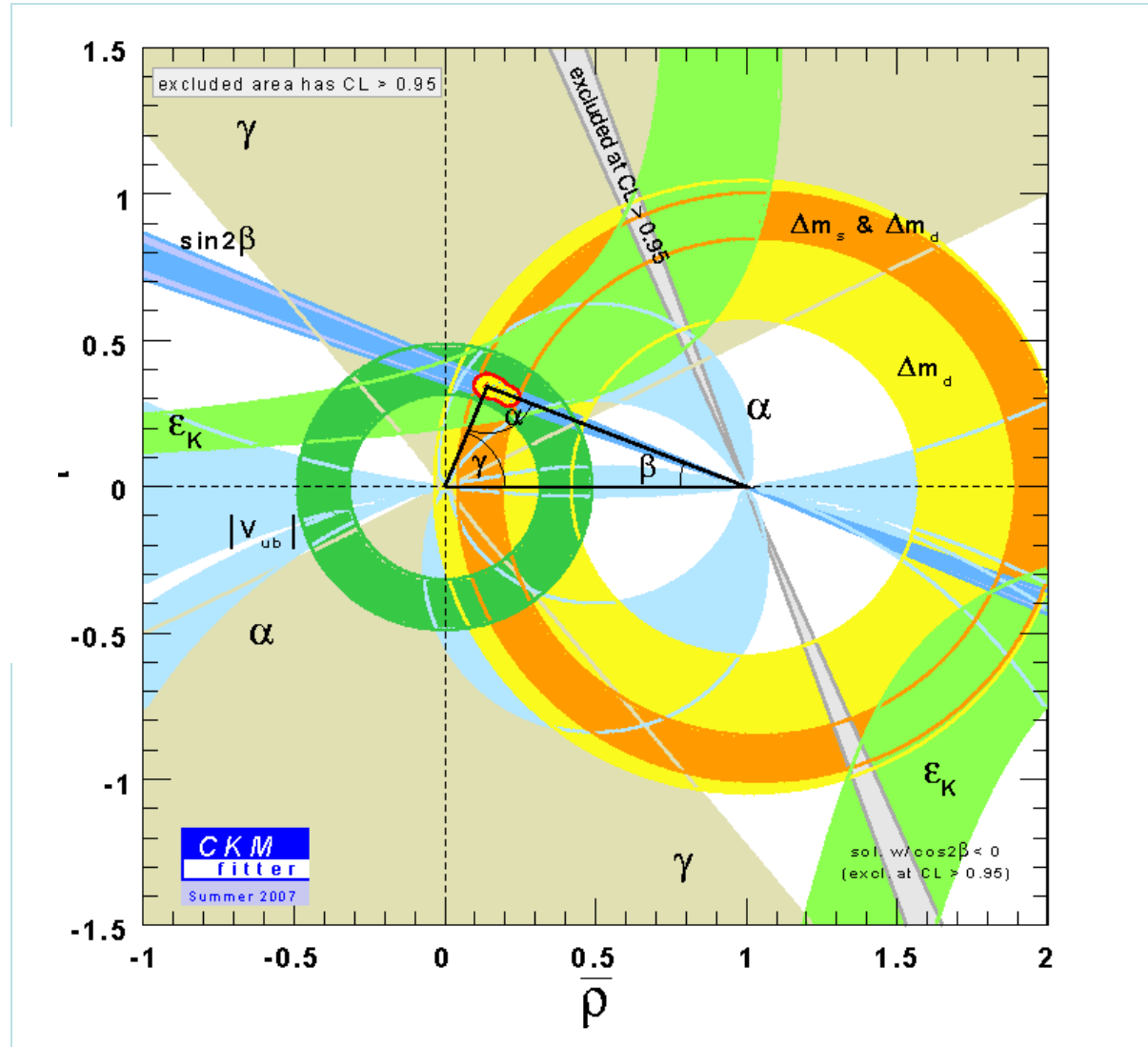
UT ölçümü SM' in tutarlılığını ölçmek için standart bir yöntemdir

Açıların hassaslığı
deneysel hassaslıkla
sınırlı

$$\alpha = \pm 13^\circ$$

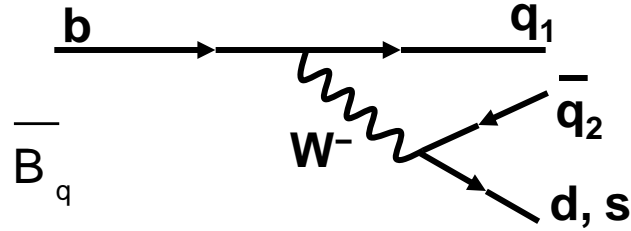
$$\beta = \pm 1^\circ$$

$$\gamma = \pm 25^\circ$$

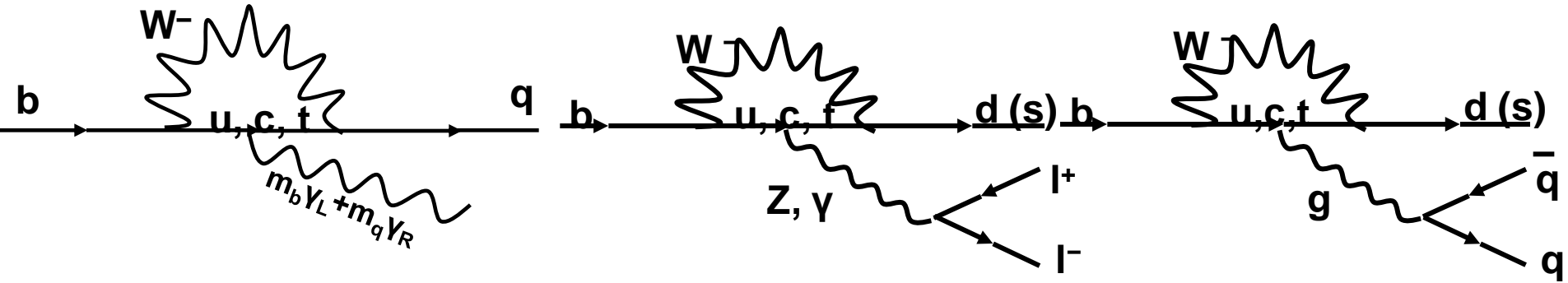


B bozunumlarında topolojiler

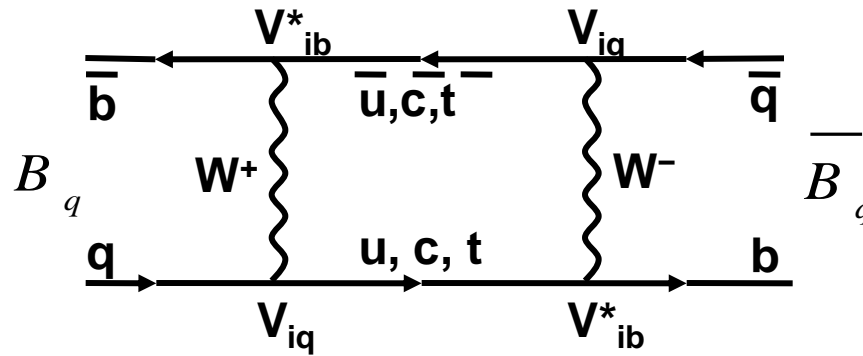
Trees



Penguins



Boxes

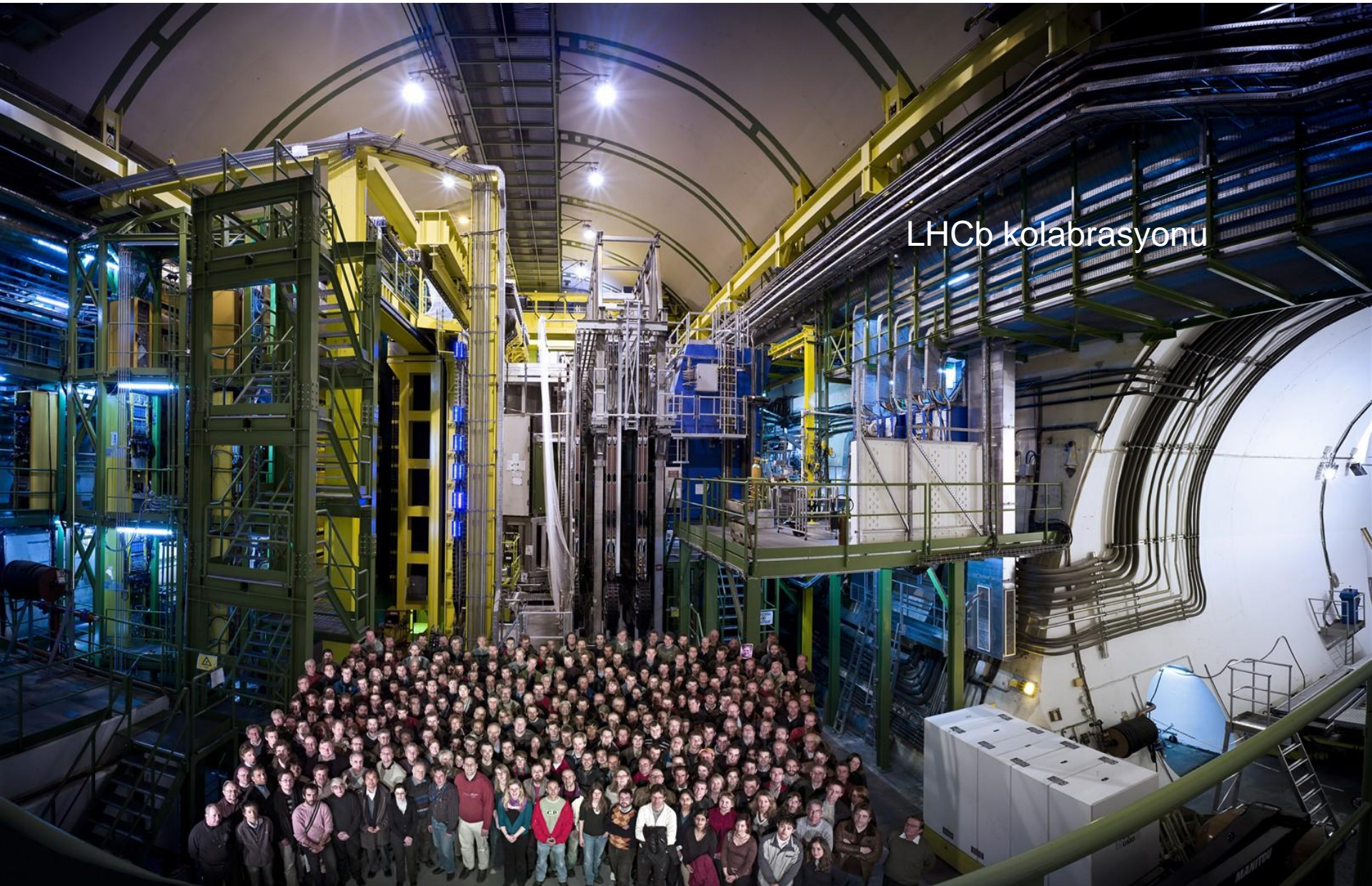


LHCb experiment:
700 physicists
50 institutes
15 countries

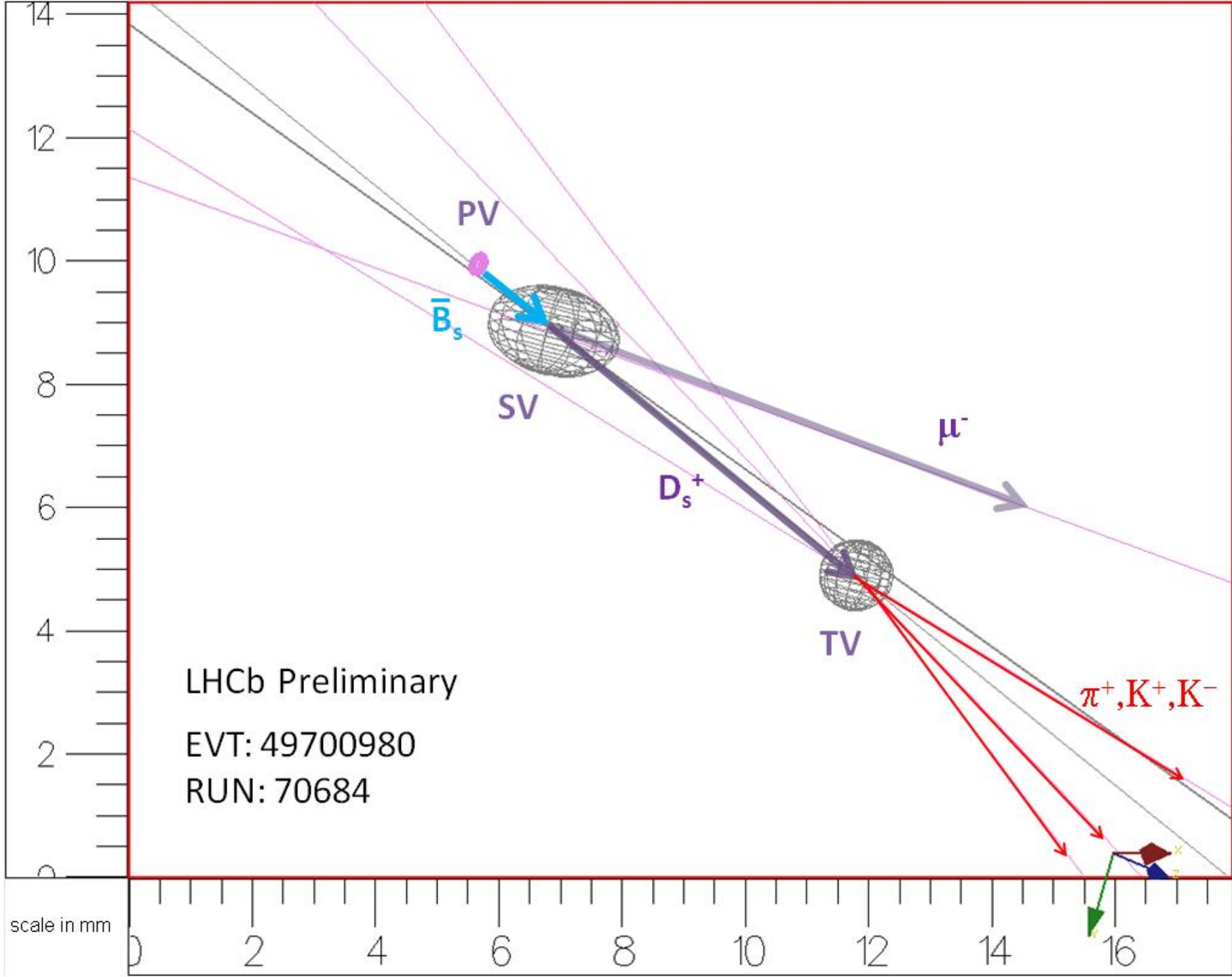
Jet d'Eau
140 m

Mont Blanc,
4808 m

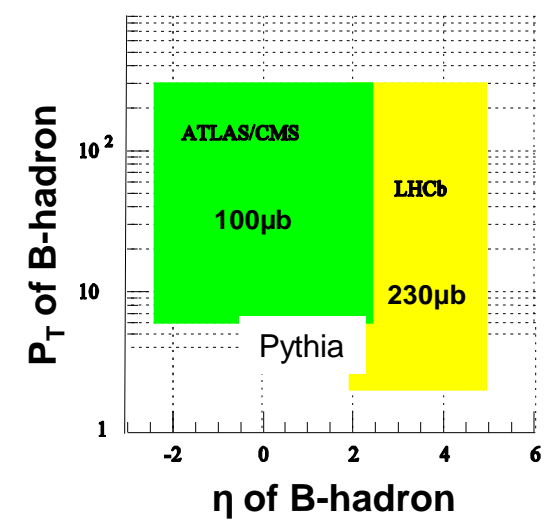
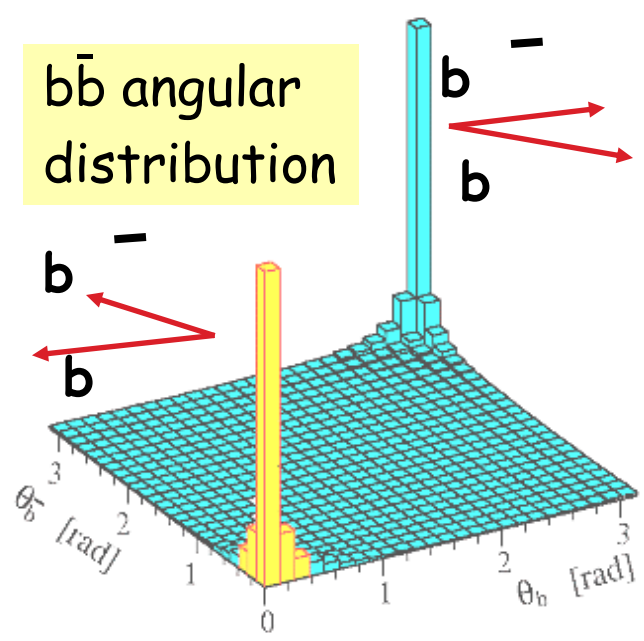
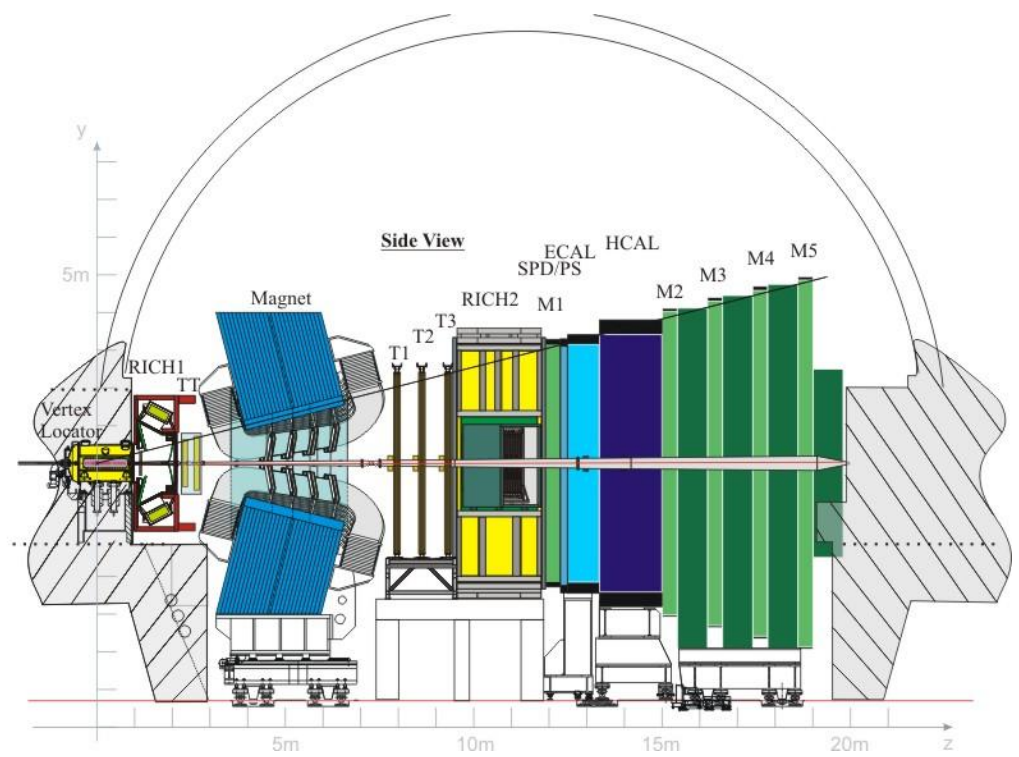
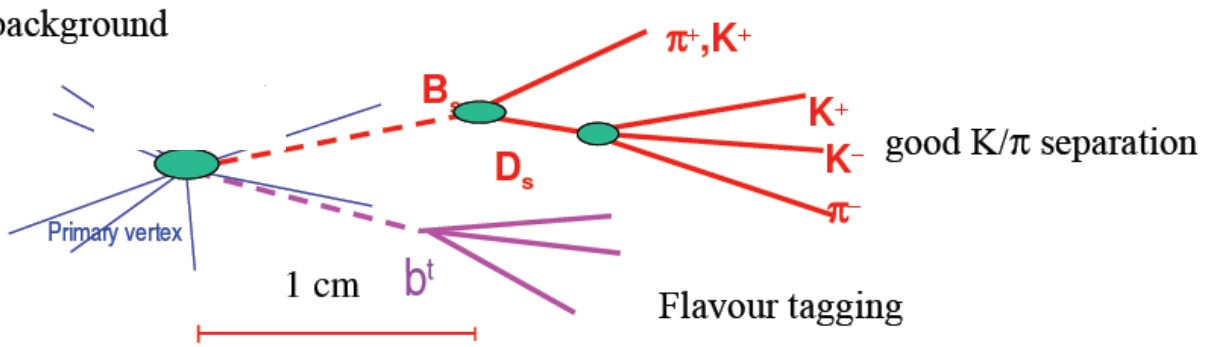




LHCb kolabrasyonu

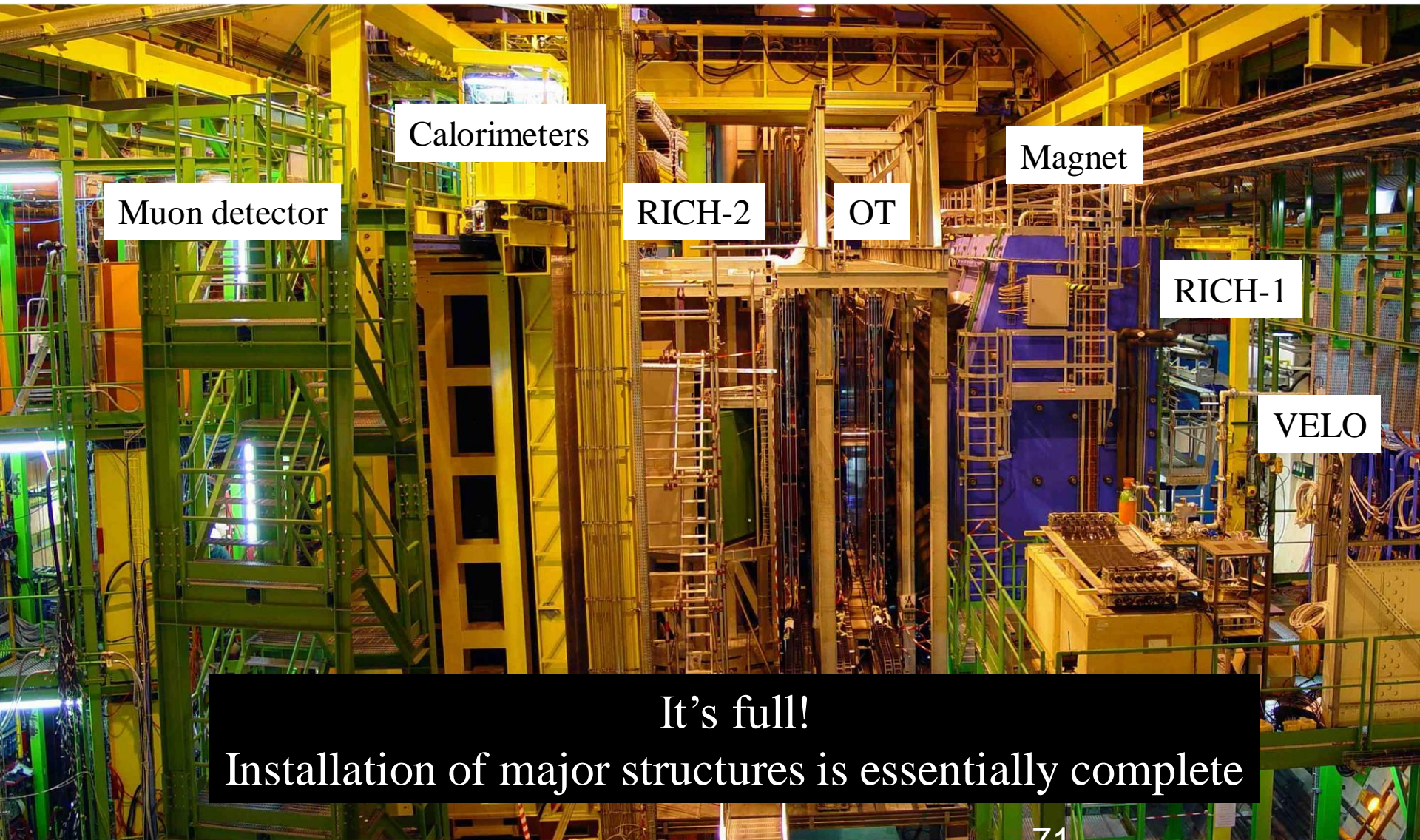


background



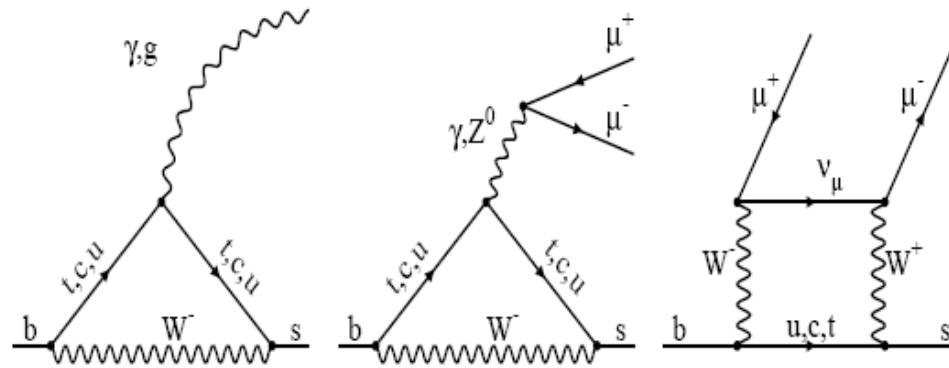
- vertices and momenta reconstruction
- effective particle identification (π , K , μ , e , γ)
- triggers

View of the LHCb cavern

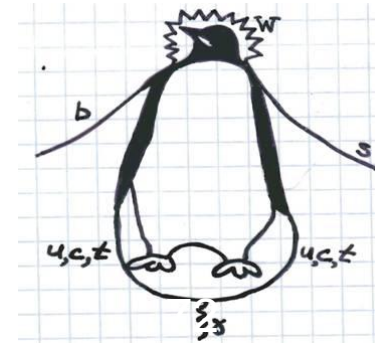
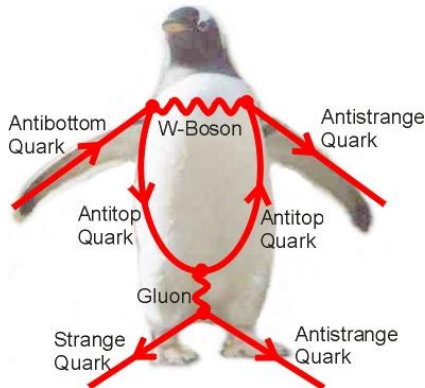


LHCb' de nadir bozunumlar

«penguin» bozunumlar $B \rightarrow K^* \gamma$, $B_s \rightarrow \phi \gamma$, $B \rightarrow K\phi\gamma$,
 $B \rightarrow K^* \mu\mu$ ve «box» bozunumlar, $B_s \rightarrow \mu\mu$



«penguin» ismi John Ellis tarafında 1977 'de ortaya atılıyor



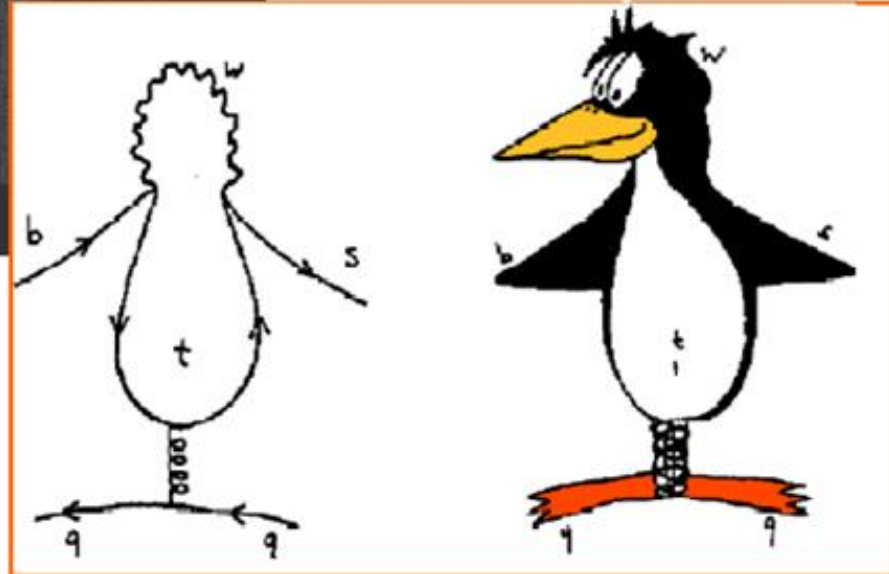
a controversy...



mirror image of Richard Feynman

neden bunlara Penguen diyagramları diyorsunuz?
Bunlar Peguen' e benzemiyor ki!

Bende hiç size benzeyen
bir Feynman diyagramı
görmedim 😊



March of the Penguins

$$B \rightarrow K^* \gamma$$

$$B \rightarrow X_s \gamma$$

$$B \rightarrow K \pi$$

$$B \rightarrow K^{(*)} l^+ l^-$$

$$B \rightarrow \rho \gamma$$

Jeffrey D. Richman

Loops in B decays: probe high mass scales!

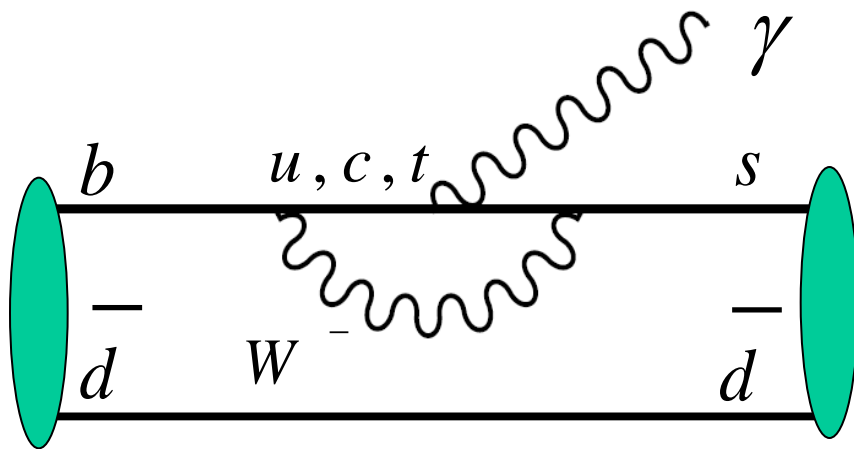
VOLUME 71, NUMBER 5

PHYSICAL REVIEW LETTERS

2 AUGUST 1993

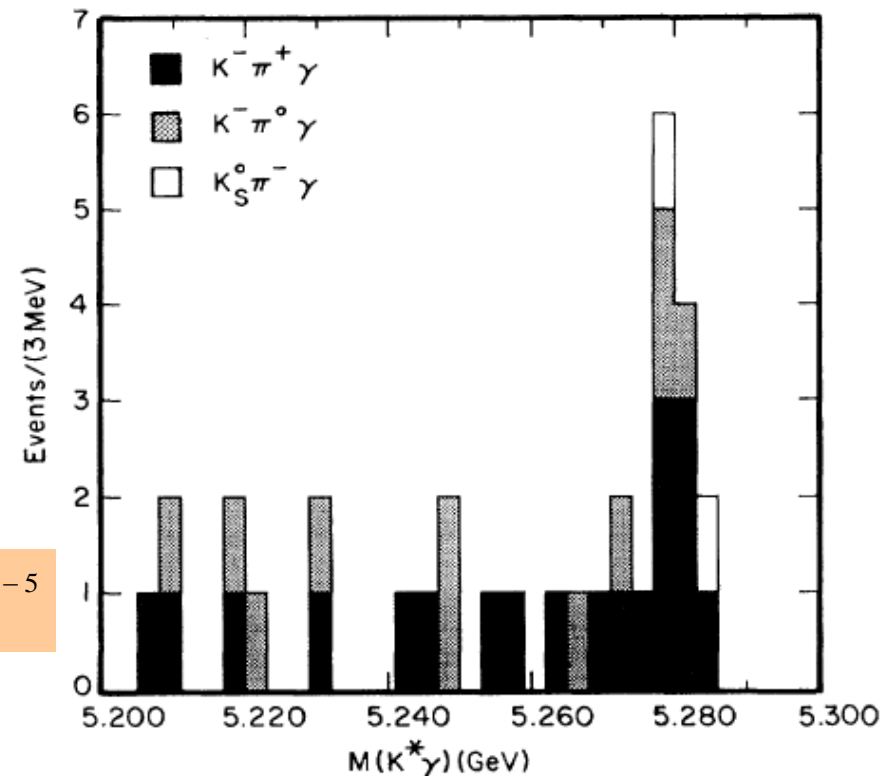
Evidence for Penguin-Diagram Decays: First Observation of $B \rightarrow K^*(892)\gamma$

We have observed the decays $B^0 \rightarrow K^*(892)^0\gamma$ and $B^- \rightarrow K^*(892)^-\gamma$, which are evidence for the quark-level process $b \rightarrow s\gamma$. The average branching fraction is $(4.5 \pm 1.5 \pm 0.9) \times 10^{-5}$. This value is consistent with standard model predictions from electromagnetic penguin diagrams.



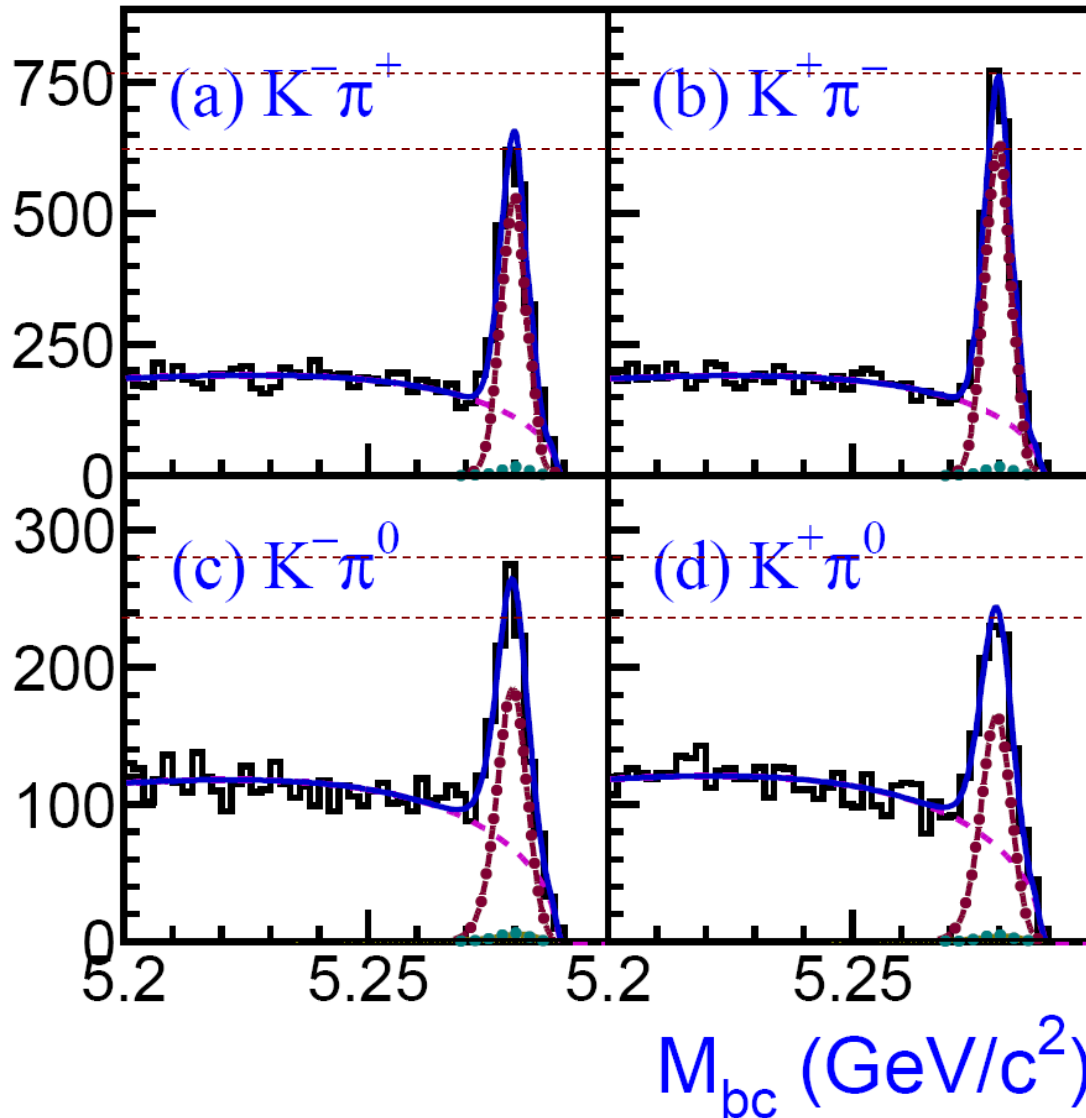
$$B(B \rightarrow K^*\gamma) = (4.5 \pm 1.5 \pm 0.9) \times 10^{-5}$$

$$B(\bar{B}^0 \rightarrow K^{*0}\gamma) = (4.01 \pm 0.2) \times 10^{-5}$$





Direct CPV in $B \rightarrow K\pi$ decays



World Averages:

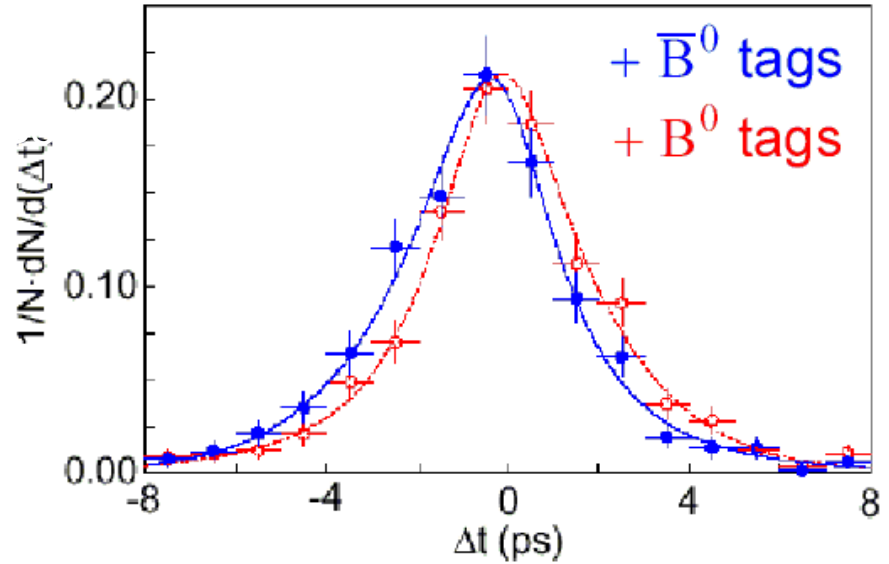
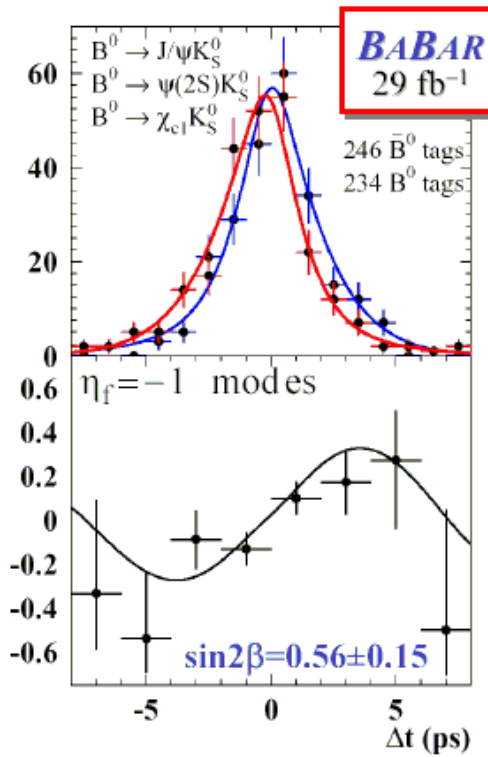
$$A_{cp}(K^+\pi^-) = -0.097 \pm 0.012$$

5 σ difference!

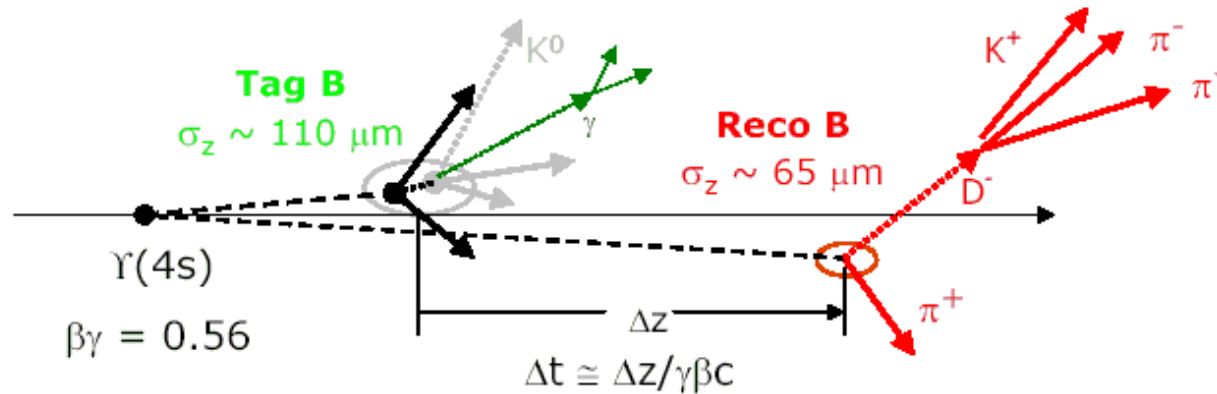
$$A_{cp}(K^+\pi^0) = +0.047 \pm 0.026$$

Son Sin2β ölçümleri

$$e^{-\Gamma|t|} [\{1 \mp \sin 2\phi_1 \sin \Delta m \Delta t\}]$$



$$\sin 2\beta = 0.99 \pm 0.14_{(stat)} \pm 0.06_{(syst)}$$



Diğer araştırmalar

Higgs parçacığını bulmak yetmiyor

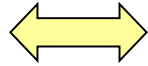
- Elektronun kendisini itmesi gibi Higgs de kendini itmekte ve noktasal bir parçacık olması için çok büyük enerjilere ihtiyaç duymakta

Elektro-yeğni kuramın çöküşü ..(doğallık sorunu)

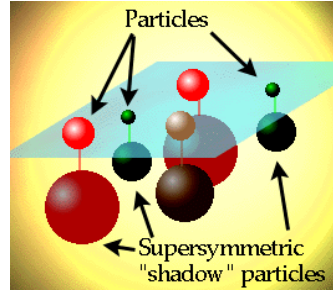
Standart Modelin ötesinde yeni fizik arayışları

supersymmetry (SUSY) → cancelling quantum divergences

Quark
Top
Electron



Squark
Stop
Selectron

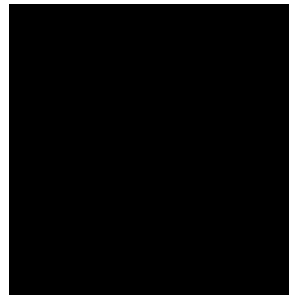
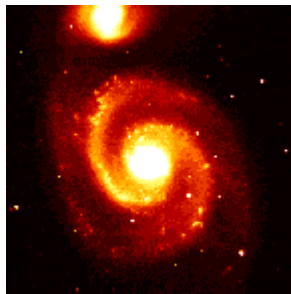


Wino
Higgsino

W
H

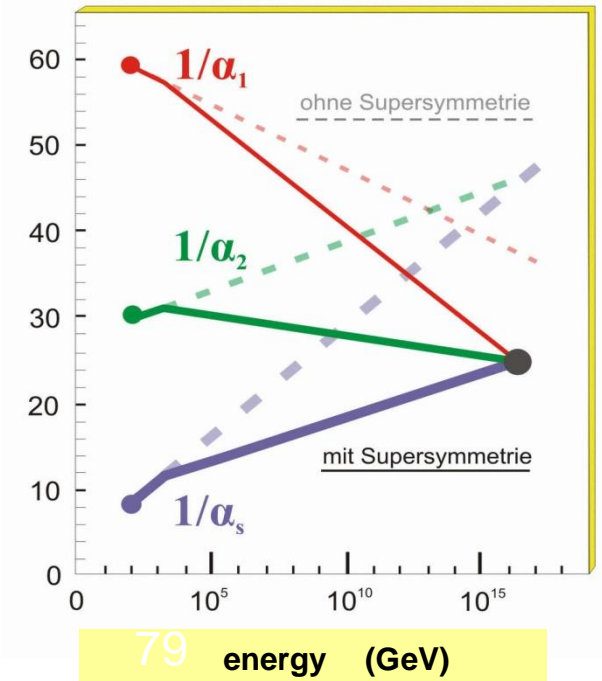
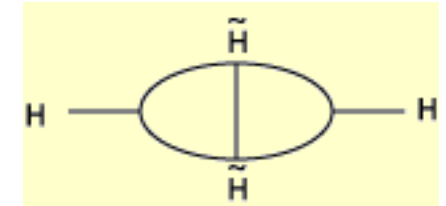
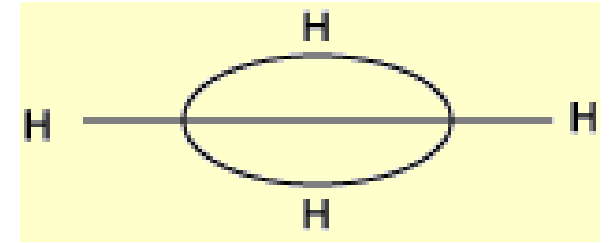
(i) Kuvvetlerin birlesmesi mumkun

(ii) Supersimetri evrendeki **karanlık madde** iyi bir aday

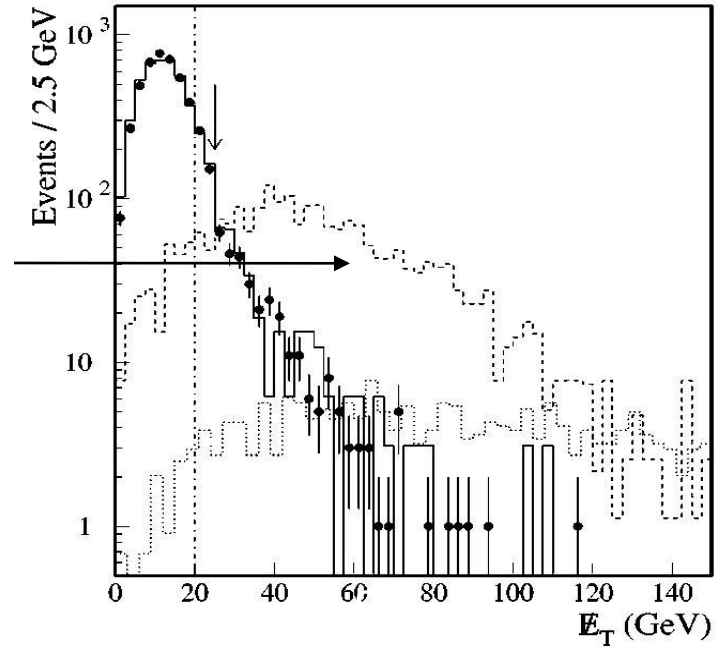
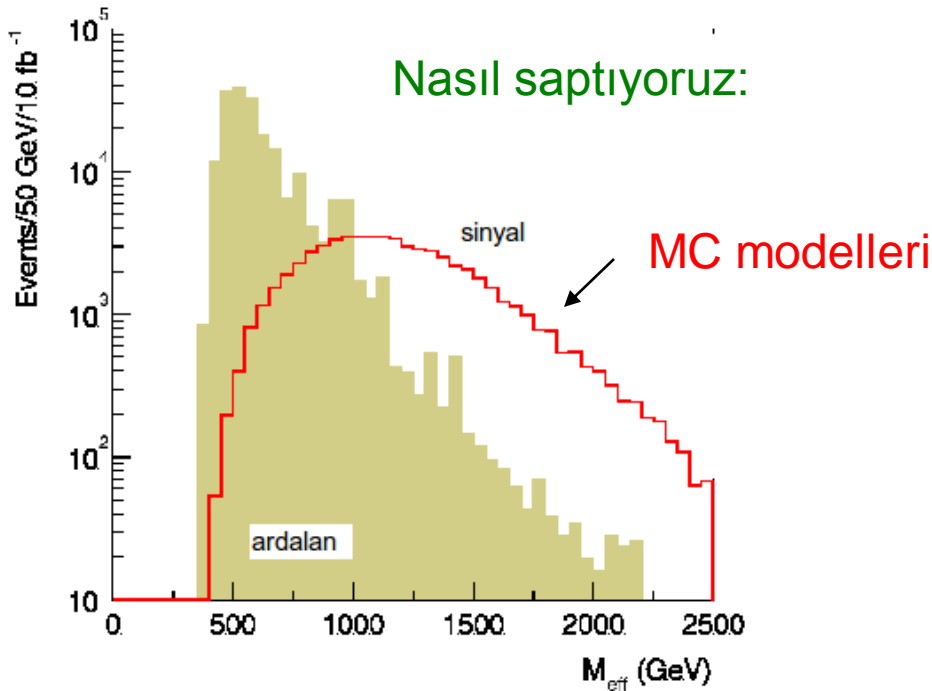
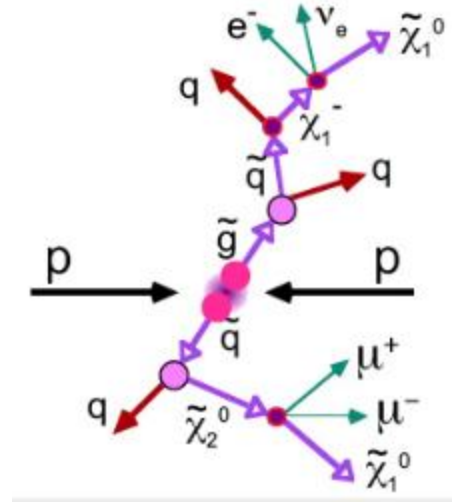
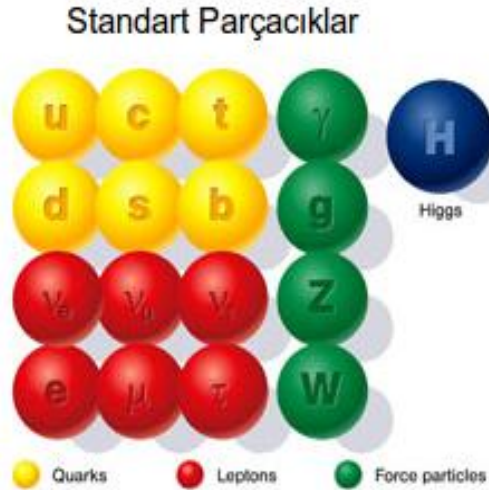


SUSY

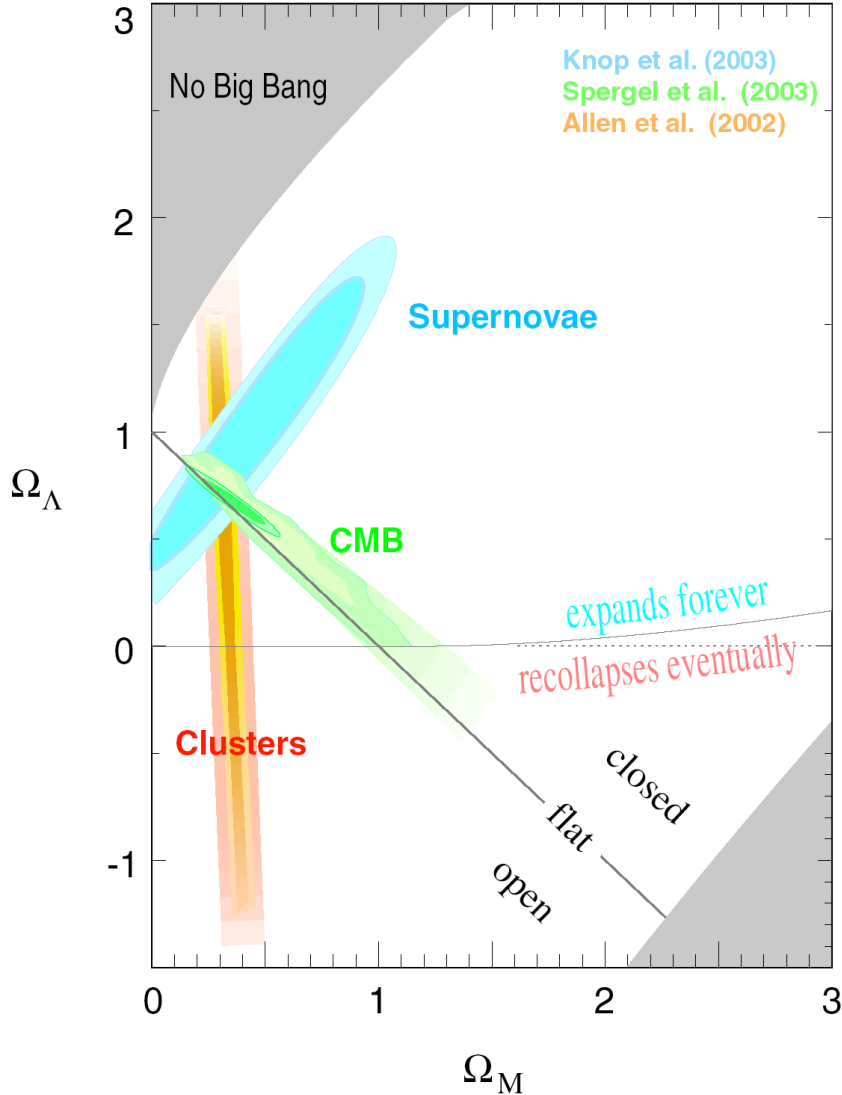
?



Süpersimetrik Parçacıklar (Henüz gözlenmedi)



Sentez



- Kozmolojik ölçümler büyük bir tutarlılık göstermekte (%10 hassaslık)

Karanlık Madde: $23\% \pm 4\%$

Karanlık Enerji: $73\% \pm 4\%$

[Baryonlar: $4\% \pm 0.4\%$

Neutrino: $\sim 0.5\%$]

Karanlık Madde ve karanlık Enerji

Bugün için tam olarak bilemiyoruz, ama bu iki problem birbirlerinden bağımsız gözüküyor.

Karanlık Madde

- Bildiğimiz parçacıklar katkıda bulunmuyor
- Baryonik olmayan
- kütle çekimle ilişkili

$$M_{\text{weak}} \sim 100 \text{ GeV}$$

-Birçok ilginç çözüm önerisi var

Karanlık Enerji

- Bütün bilinen parçacıklar etkili

$$M_{\text{Planck}} \sim 10^{19} \text{ GeV}$$

-Hiç bir sağlam çözüm önerisi yok

Generic U(1)' model

MSSM NMSSM U(1)' Model

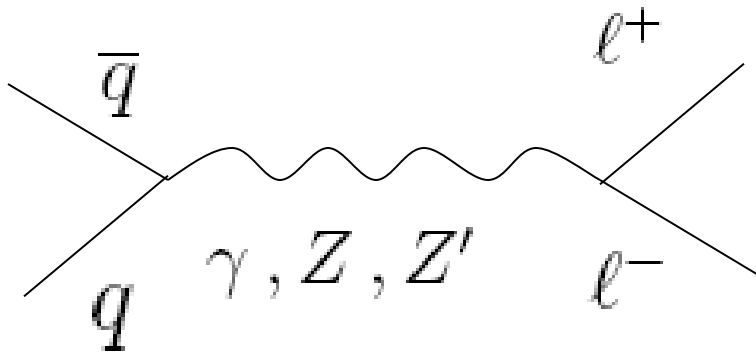
Field	SU(3) _c	SU(2) _L	U(1) _Y	U(1)' _Y
\widehat{Q}	3	1	1/6	Q'_Q
\widehat{U}	$\bar{3}$	1	-2/3	Q'_U
\widehat{D}	$\bar{3}$	1	1/3	Q'_D
\widehat{L}	1	2	-1/2	Q'_L
\widehat{E}	1	1	1	Q'_E
\widehat{H}_u	1	2	1/2	Q'_{H_u}
\widehat{H}_d	1	2	-1/2	Q'_{H_d}
\widehat{S}	1	1	0	Q'_S

adds to the spectrum a new gauge boson Z' and its gaugino

needed for solving the μ -problem; it adds to the spectrum a singlet Higgs S and its Higgsino

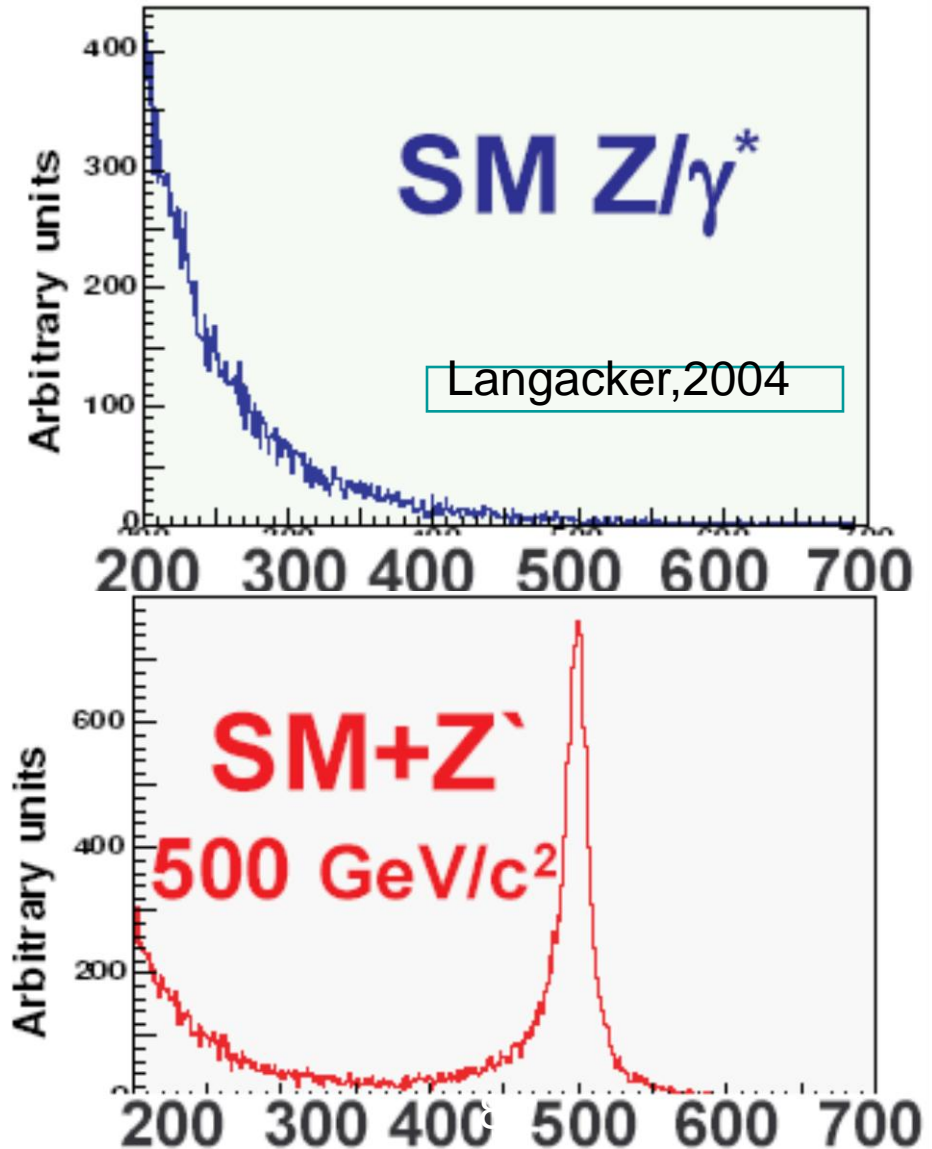
The Most Studied U(1)' Signal: Z' Boson

A new resonance behavior
in dilepton invariant mass:



The cleanest signals:

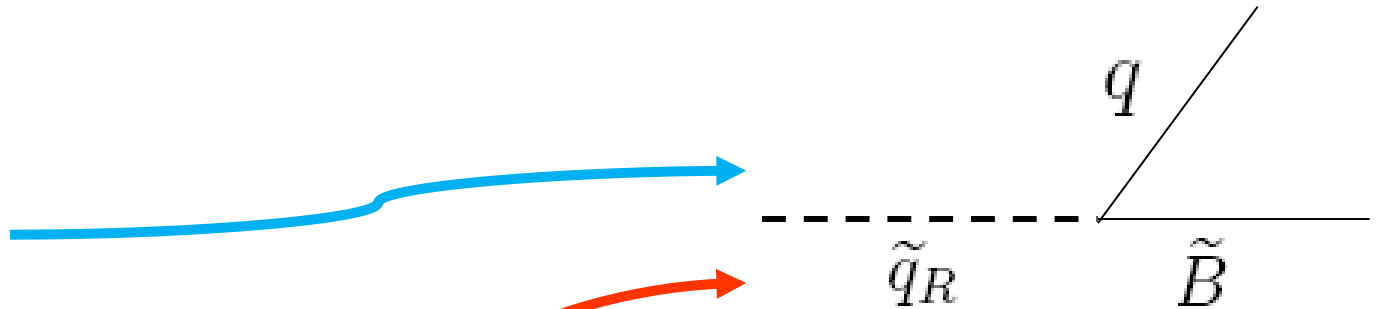
$$l = \mu, e$$



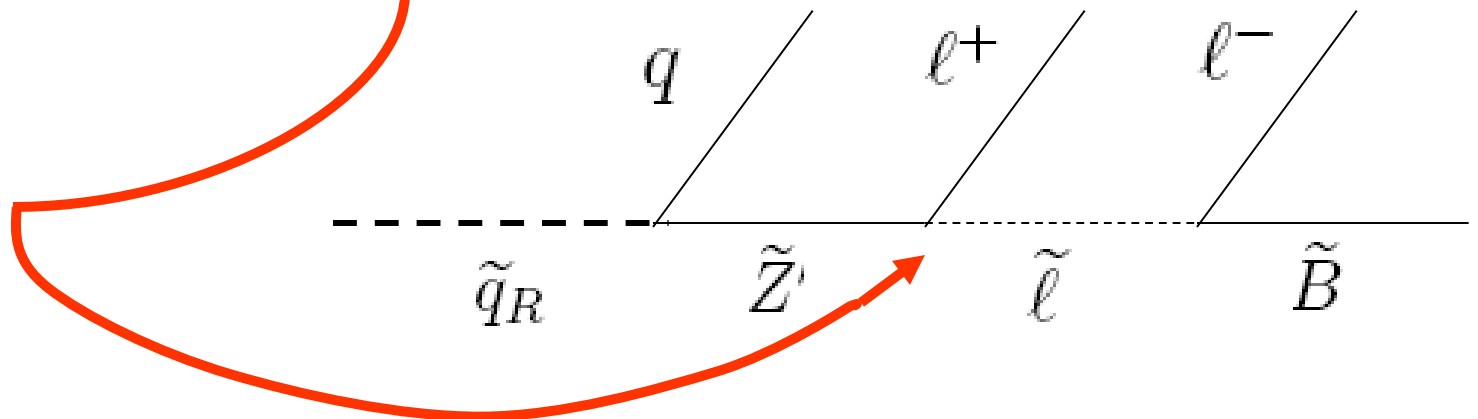
U(1)' Signal: Zino' Fermion

Squarks/gluinos will be produced copiously at the LHC. They decay differently in the MSSM and U(1)' model:

MSSM



U(1)'



U(1)' vs MSSM

MSSM:

$$\tilde{q}_R \rightarrow q_R \tilde{B}$$

1 jet + 0 lepton + MET

U(1)':

1 jet + 0 lepton + MET

$$\rightarrow q_R \tilde{B}$$

$$\tilde{q}_R \rightarrow q_R \tilde{Z}' \rightarrow q_R \ell^+ \tilde{\ell}^* \rightarrow q_R \ell^+ \ell^- \tilde{B}$$

1 jet + 2 lepton + MET

$$\rightarrow q_R \tilde{Z}' \rightarrow q_R \ell^+ \tilde{\ell}^* \dots$$

$$\rightarrow q_R \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell'^- \tilde{B}$$

1 jet + 4 lepton + MET

Simulation Studies for the LHC

The Setup [[arXiv:0902.3826](#) (PRD)]

U(1)' Model: E_6 -Motivated U(1)' Model

MSSM Parameters:

- $M_{\tilde{Y}} = 100$ GeV, $M_{\tilde{W}} = 400$ GeV, $M_{\tilde{g}} = 1300$ GeV
- $m_{\tilde{q}_{L,R}} = 1200$ GeV, $\mu_{eff} = 1400$ GeV
- $\tan \beta = 10$

Additional Parameters:

- $M_{Z'} = 981$ GeV

Free Parameters:

- $\sin \chi = 10^{-2}$

$$\mathcal{R}_{Y'} \equiv \frac{M_{\tilde{Y}'}}{M_{\tilde{Y}}}, \quad \mathcal{R}_{YY'} \equiv \frac{M_{\tilde{Y}\tilde{Y}'}}{M_{\tilde{Y}}}$$

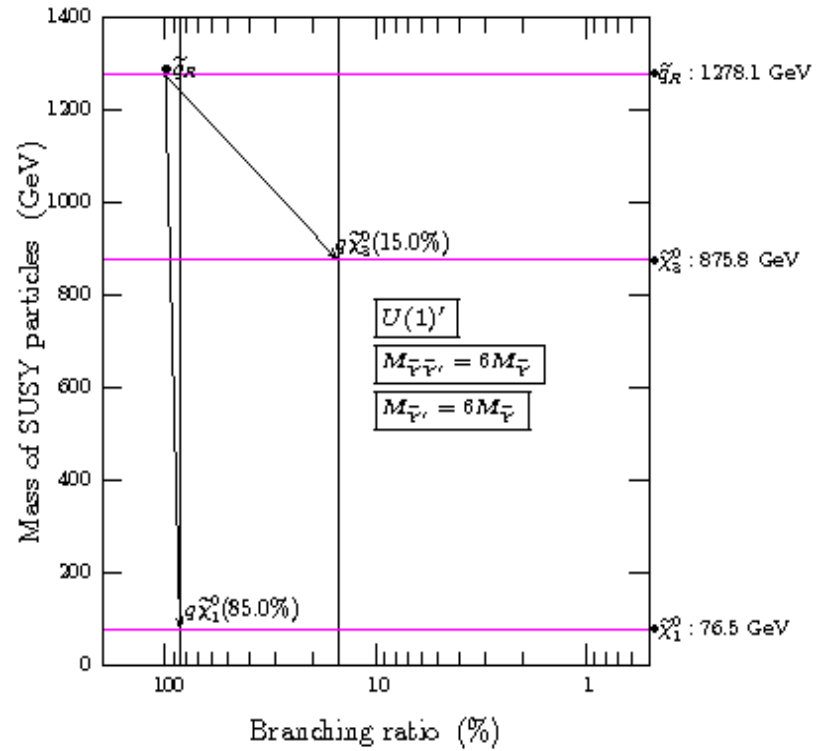
Simulation Studies for the LHC

U(1)' Model

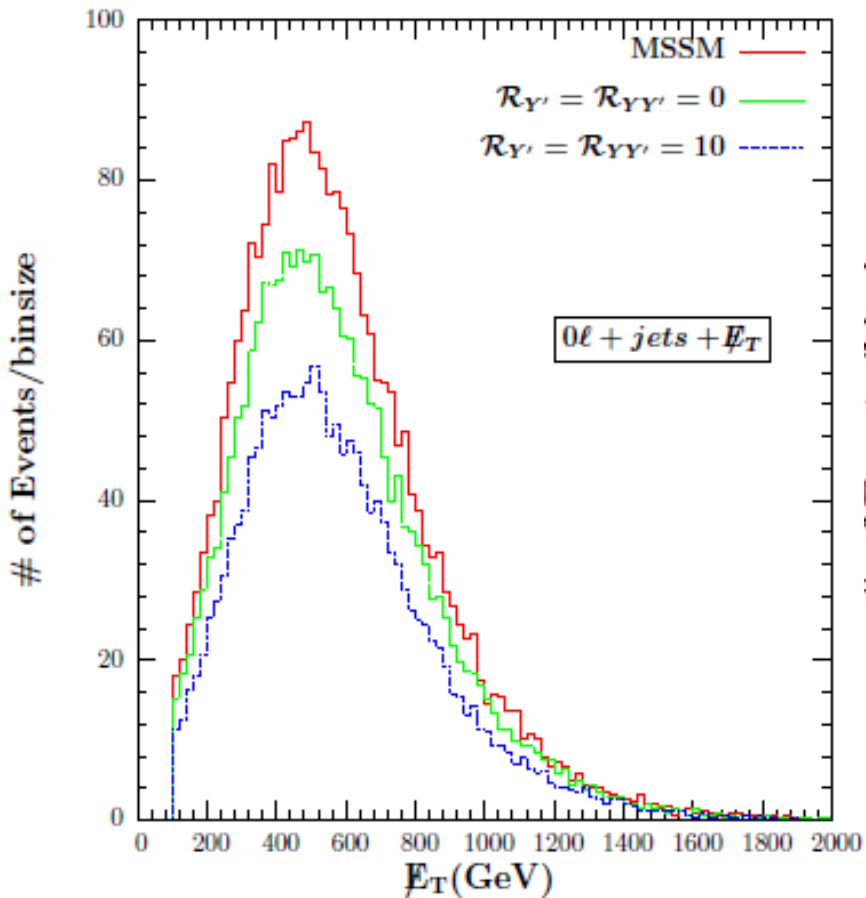
LAN-HEP files

COMP-HEP

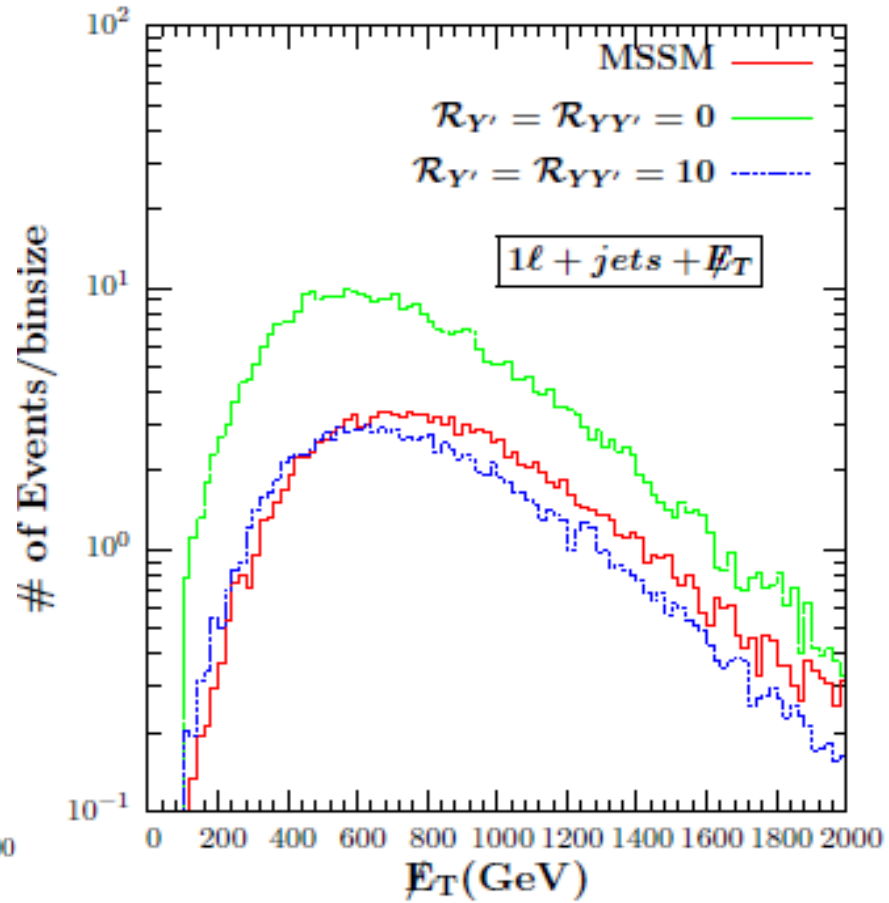
PYTHIA



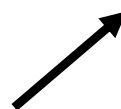
Simulation Studies for the LHC



Hadronic events



Leptonic events

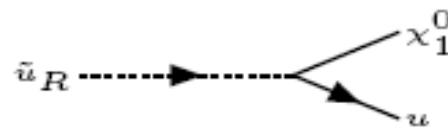


Main physics interest: **dijets in the squark production**

$$pp \rightarrow n \text{ leptons} + m \text{ jets} + \cancel{E}_T$$

SIGNAL	FINAL STATE	CANDIDATE PROCESSES FOR $N_{jets} = 2$
SIGNAL 1	$0 \ell + jets + E_T$	$pp \rightarrow (\tilde{q} \rightarrow q \tilde{\chi}_1^0) (\tilde{q} \rightarrow q \tilde{\chi}_1^0)$
SIGNAL 2	$1 \ell + jets + E_T$	$pp \rightarrow (\tilde{q} \rightarrow q' \ell \bar{\nu}_\ell \tilde{\chi}_1^0) (\tilde{q} \rightarrow q \tilde{\chi}_1^0)$
SIGNAL 3A	$2 \ell + jets + E_T$	$pp \rightarrow (\tilde{q} \rightarrow q' \ell \bar{\nu}_\ell \tilde{\chi}_1^0) (\tilde{q} \rightarrow q' \ell \bar{\nu}_\ell \tilde{\chi}_1^0)$
SIGNAL 3B	$2 \ell + jets + E_T$	$pp \rightarrow (\tilde{q} \rightarrow q \ell^+ \ell^- \tilde{\chi}_1^0) (\tilde{q} \rightarrow q \tilde{\chi}_1^0)$
SIGNAL 4A	$3 \ell + jets + E_T$	$pp \rightarrow (\tilde{q} \rightarrow q' \ell \bar{\nu}_\ell \ell'^+ \ell'^- \tilde{\chi}_1^0) (\tilde{q} \rightarrow q \tilde{\chi}_1^0)$
SIGNAL 4B	$3 \ell + jets + E_T$	$pp \rightarrow (\tilde{q} \rightarrow q' \ell \bar{\nu}_\ell \tilde{\chi}_1^0) (\tilde{q} \rightarrow q \ell'^+ \ell'^- \tilde{\chi}_1^0)$

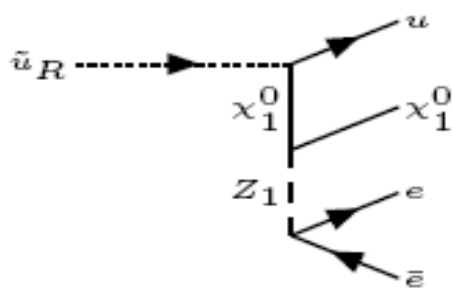
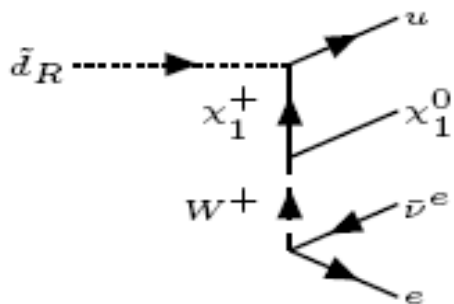
Squark \rightarrow Jet+ Missing Energy



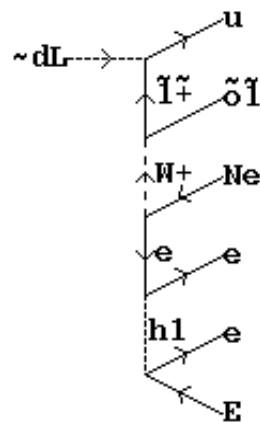
Squark \rightarrow Jet+ 3 leptons + ME

Sq \rightarrow Jet+ 1 + ME

Sq \rightarrow 2l + ME

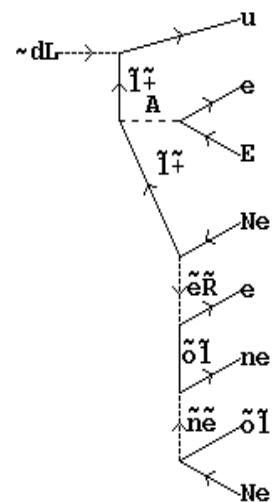


Squark \rightarrow Jet+ 2l + ME



Jet+ 3 leptons + ME

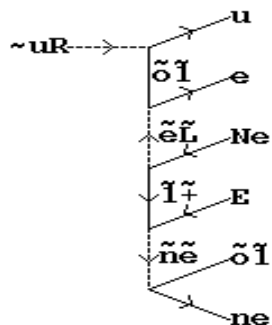
$\sim u_R$ is absent



Jet+ 3 leptons + ME

Squark \rightarrow Jet+ 1 + ME

$\sim u_R$ is absent



Efficiency sensitivity = $\frac{N_{\text{exp signal}}}{\sqrt{N_{\text{back}}}} = \frac{\varepsilon \cdot \sigma \cdot L}{\sqrt{\varepsilon_b \cdot \sigma_b \cdot L_b}}$ for each topology

A: 1 Jet + 0 Missing Energy events
1 Jet + Missing Energy events

B: Jets + 0 lepton + 0 Missing Energy events
Jets + 0 lepton + Missing Energy events

C: Jets + 1 lepton + 0 Missing Energy events
Jets + 1 lepton + Missing Energy events

D: Jets + 2 lepton + 0 Missing Energy events
Jets + 2 lepton + Missing Energy events

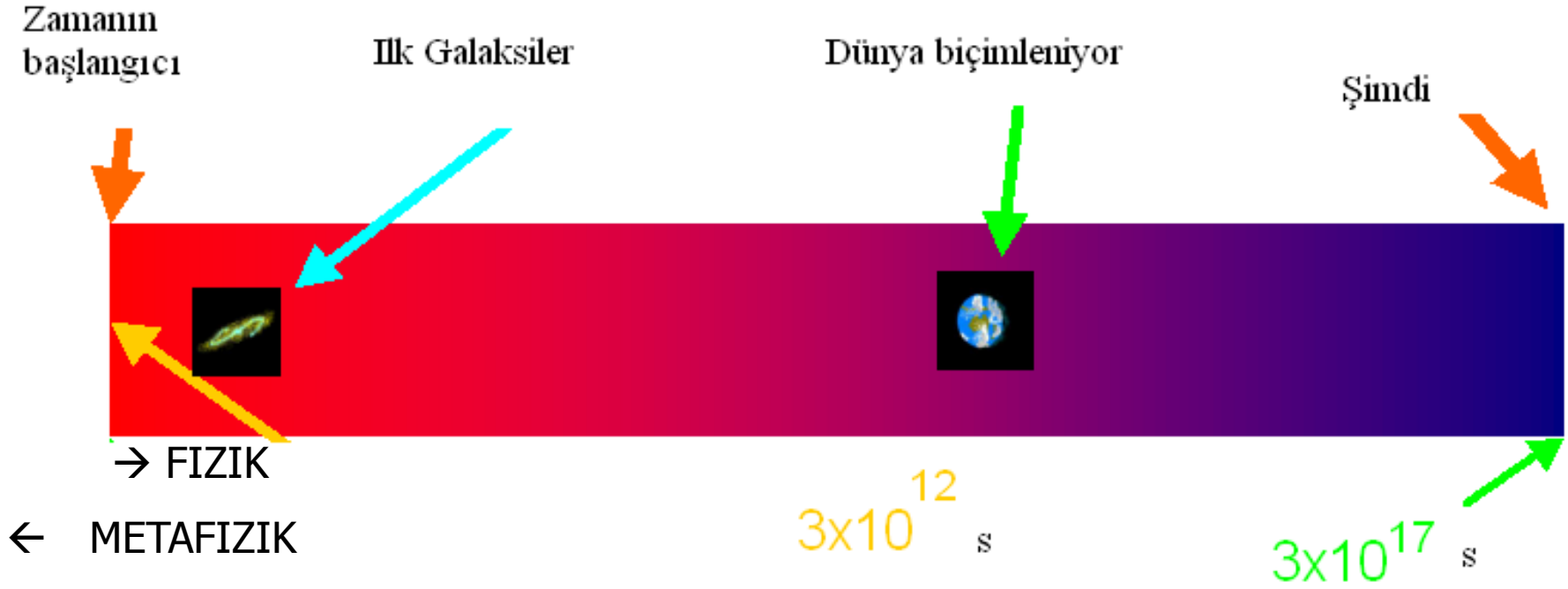
E: Jets + 3 lepton + 0 Missing Energy events
Jets + 3 lepton + Missing Energy events



Thank you!

Yedek slaytlar

Evrenin sonu?



Evrenin genişleme hızına (kara madde ile kara enerji oranı) göre 3 farklı senaryo:

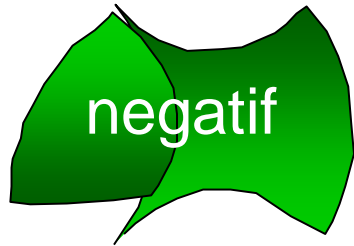
(1)



pozitif

Ağır evren

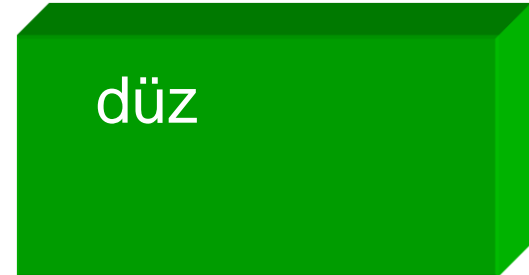
(2)



negatif

Hafif evren

(3)



düz

“düz evren”