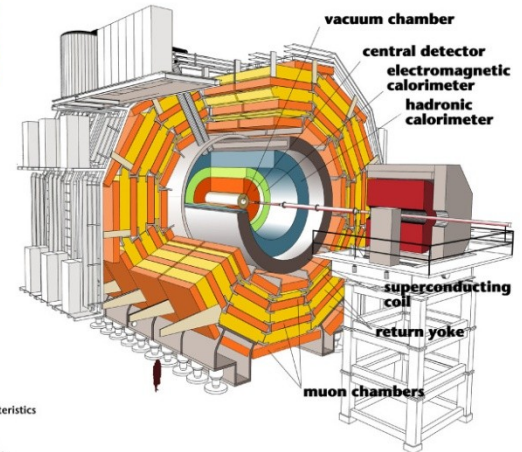
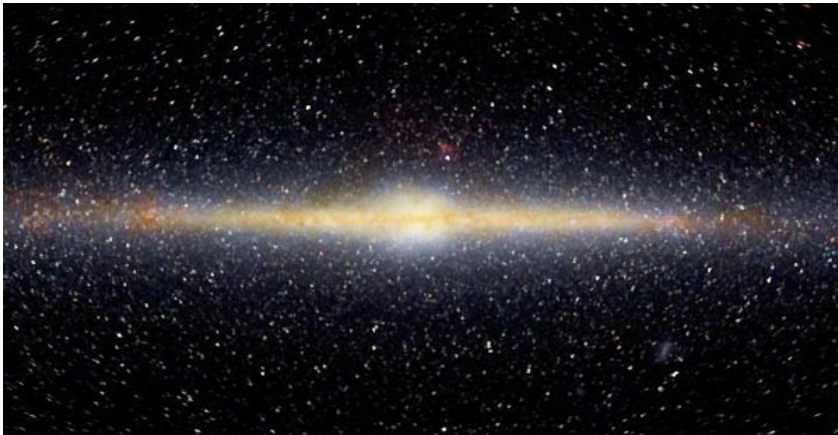




Evrenin Evrimi ve LHC deneyleri

Kerem Cankocak, ITU Fizik Bölümü

05.03.2010



Detector characteristics

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

İçerik

- CERN nedir?
- Evrenin evrimi ve Simetri
- Standart Model
- Neden LHC deneyleri?
- Parçacık Fiziğinin yöntemleri
- $U(1)$ ' modeli

CERN (www.cern.ch)



CERN'in açılışı “**Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire**” dir. İngilizcesi: European Organization for Nuclear Research. 1952'de geçici bir statüde kurulup, 1954' de resmiyet 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 bilgimiz atom çekirdeğinin çok daha derinine inmektedir



Merak Keşif Teknoloji Mühendislik Üretim Bilgi³

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, Azerbaycan, 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.



CERN tarihinde dönüm noktaları



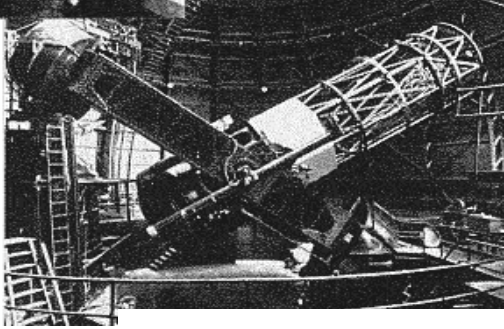
- * 1954: **CERN**' in (Avrupa biliminin) kuruluşu
- * 1957: ilk **hızlandırıcı** kuruluyor
- * 1959: **PS** çalışmaya başlıyor
- * 1968: **Georges Charpak** dedektör tekniklerinde devrim yaratıyor
- * 1971: dünyanın ilk **proton-proton** çarpıştırıcısı
- * 1973: **yüksüz akımlar** ispatlandı
- * 1976: **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

Modern Kozmolojinin doğuşu

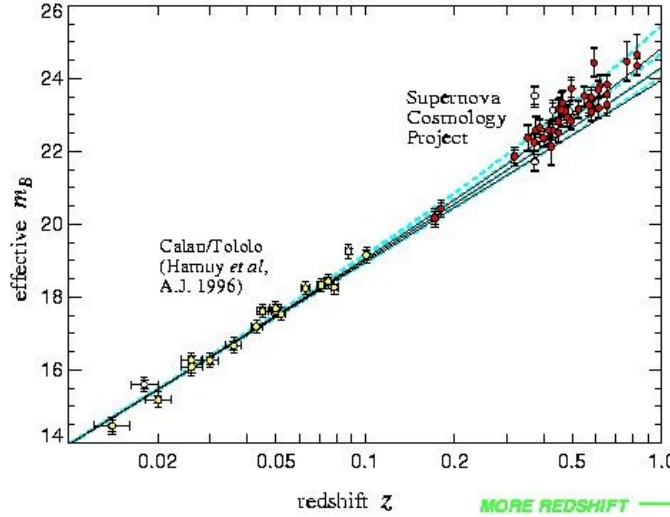
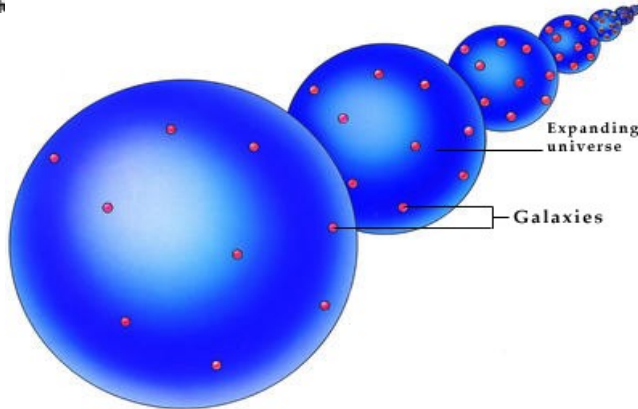


Edwin Hubble

1929



Mt. Wilson
100 Inch
Telescope



Doppler Etkisi ve Yıldızların Tayf çizgileri

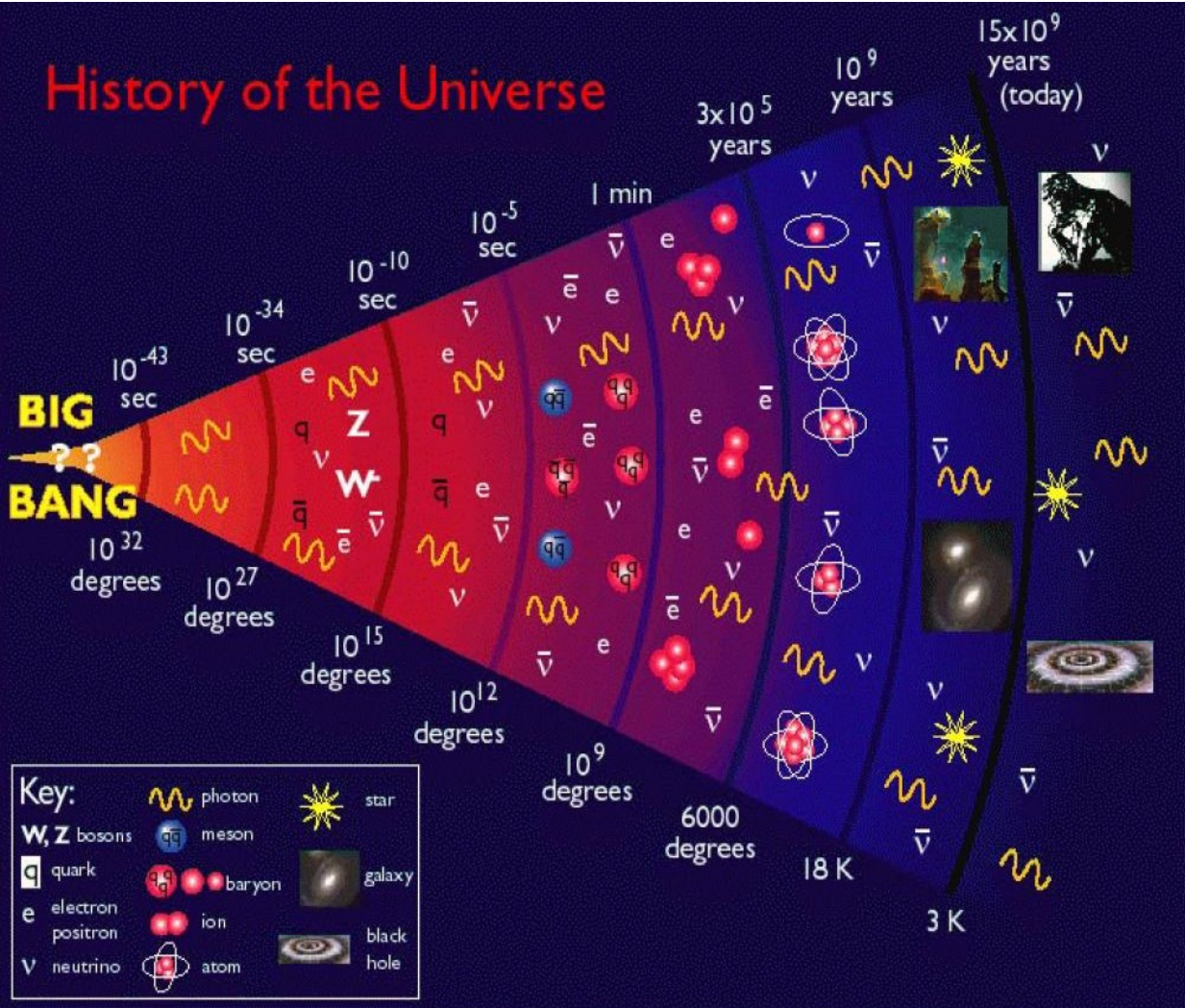
Sonuç: evren genişliyor !

Dolayısıyla bir başlangıcı vardı

(Büyük Patlama -Big Bang)

Evrenin kısa tarihi

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

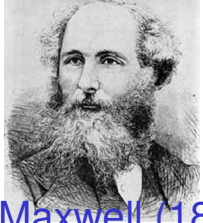
- > atom-altı parçacıklar
- > Madde-anti madde simetri kırınımı
- > enflasyonist genişleme
- > baryonlar, mezonlar
- > Çekirdek sentezi
- > Şeffaf evren (CMB)

Elektron, proton --> hidrojen atomu --->yıldızlar -> daha ağır atomlar
Süpernova --> güneşimiz --> dünya --> canlı yaşam (bizler yıldızlardan geldik)

Birleşme kuramlarının çok kısa tarihi



Newton (1680)



J.C. Maxwell (1864)

Standart Model

elektrik magnetizma

atomlar

elektromagnetizma

Kuantum mekaniği

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

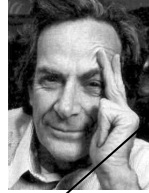
Gök cisimleri

elma

yerçekimi mekanik



Dirac (1930)



Feynman (1960'lar)

γ -bozunumu

β -bozunumu

Zayıf kuvvet

Genel görelilik



Einstein (1916)

Özel görelilik

Kuantum ElektroDinamiği

1962-1973: Glashow, Salam, Weinberg

Elektrozayıf kuram

α -bozunumu

Güçlü kuvvet

Kuantum Renk Dinamiği

Sicim teorileri

Büyük Birleşme ?

Madde ve boyutlar



~1 [m]

~ 5×10^{-6} [m]



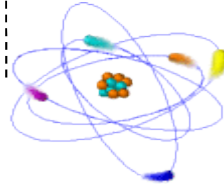
hücre

~ 2×10^{-9} [m]



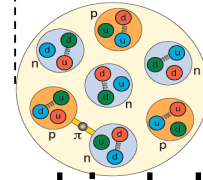
DNA

~ 2×10^{-10} [m]



atom

~ 5×10^{-15} [m]



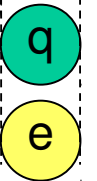
çekirdek

~ 1.5×10^{-15} [m]

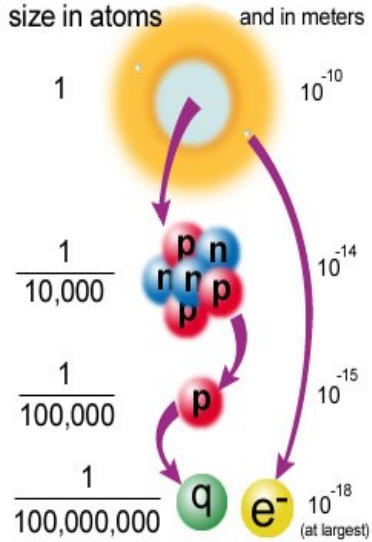


proton

< 1×10^{-18} [m]



kuar
lepton



En temel parçacıklar
kuarklar ve leptonlar'dır

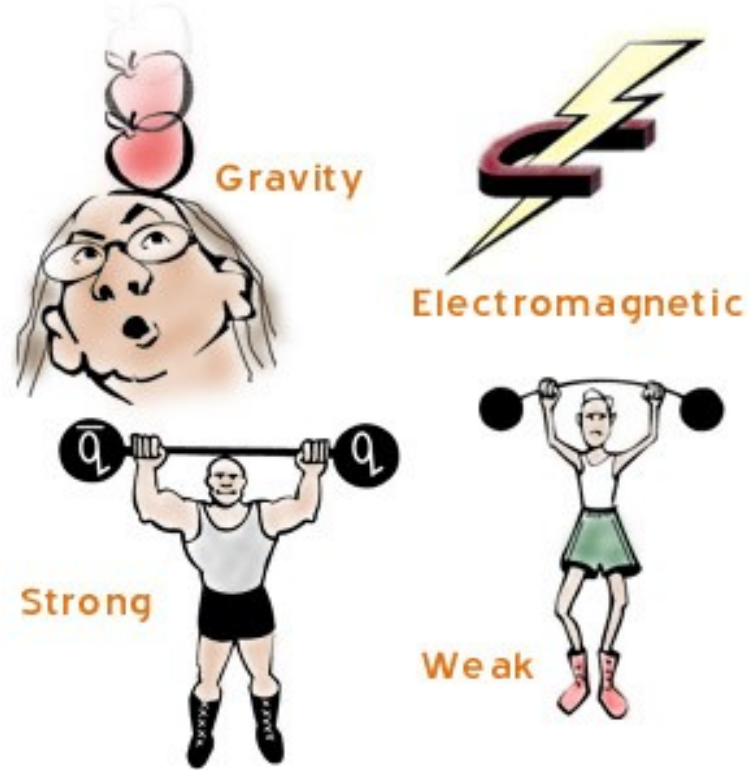
Dört Temel Kuvvet

Yerçekimi

Zayıf kuvvet: Z, W^\pm bozonları
(örn. X-ışınları)

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

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



Bilinen bütün diğer kuvvetler bu yukarıdakilerden meydana gelir

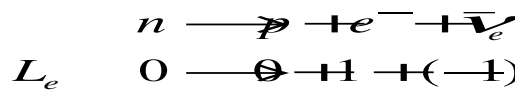
Standart Model (SM)'de Kuark & lepton aileleri

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}

Kuarklar bağımsız olarak var olamazlar

Neutrino lar neredeyse kütesiz (Sol-elliler) Lepton sayıları ayrı ayrı korunmakta Reaksiyona giren ve çıkan L_e, L_m, L_l sayıları aynı olmalı



hadronlar:

proton:

uud

nötron: udd

Kuvvet taşıyıcıları:

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^+	$\bar{\nu}_\tau$

Ayar
bozonları

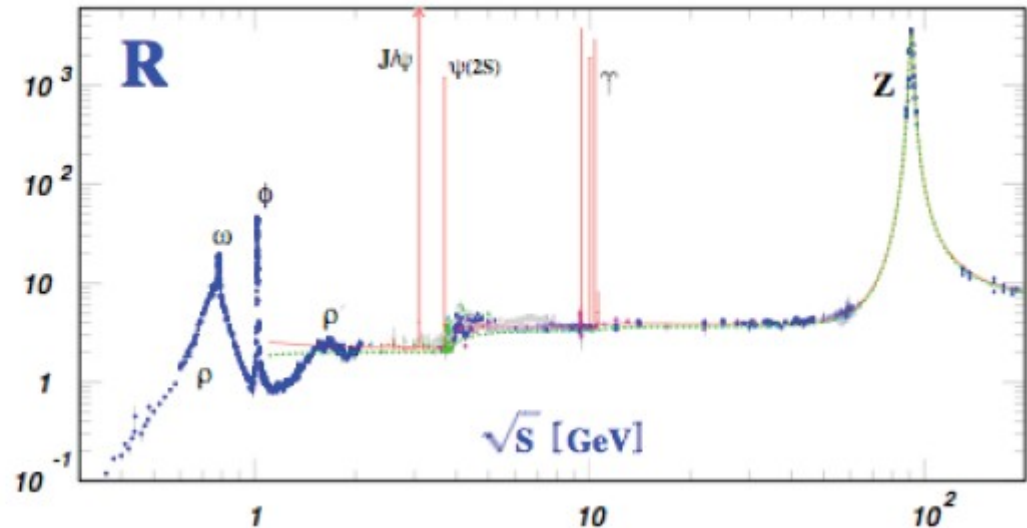
Examples of mass determination:

$M = \text{energy at production threshold}$

Production rate for $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$, as a function of the center of mass energy



The peaks represent the appearance of a new possible final state, made it possible by having enough CM energy to create it. It appears as a "resonance" in a "spectrum".



Hikayenin devamı

Mezonlar: kuark – antikuark çiftleri

Acaip-olmayan (non-strange) mezonlar

$$\pi^+ \equiv u\bar{d} \quad ; \quad \pi^- \equiv \bar{u}d \quad ; \quad \pi^0 \equiv (d\bar{d} - u\bar{u})/\sqrt{2}$$

Acaip mezonlar

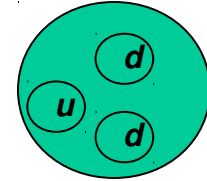
$$K^- \equiv s\bar{u} \quad ; \quad \bar{K}^0 \equiv s\bar{d} \quad ; \quad K^+ \equiv \bar{s}u \quad ; \quad K^0 \equiv \bar{s}d$$

Baryonlar: bağlı 3 kuark

Antibaryons: bağlı 3 antikuark

Acaip-olmayan (non-strange) baryonlar:

$$\text{proton} \equiv uud \quad ; \quad \text{neutron} \equiv udd$$



acaipliği -1 olan baryonlar:

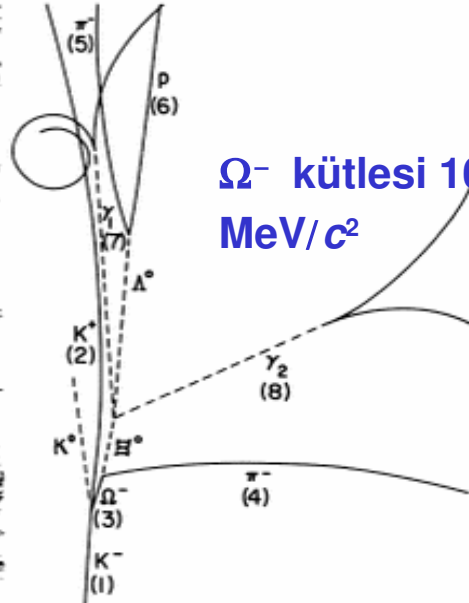
$$\Sigma^+ \equiv suu \quad ; \quad \Sigma^0 \equiv sud \quad ; \quad \Sigma^- \equiv sdd$$

acaipliği -2 olan baryonlar:

$$\Xi^0 \equiv ssu \quad ; \quad \Xi^- \equiv ssd$$

Parçacık cangılı

suvi hidrogen kabarcık odasında (BNL) gözlemlenen Ω^- olayı



Ω^- kütlesi 1686 MeV/c²

Matematiksel yapılar

Acayıplik	Matematiksel yapılar				Kütle (MeV/c ²)
0	N^{*++} <i>uuu</i>	N^{*+} <i>uud</i>	N^{*0} <i>udd</i>	N^{*-} <i>ddd</i>	1232
-1	Σ^{*+} <i>suu</i>	Σ^{*0} <i>sud</i>	Σ^{*-} <i>sdd</i>		1384
-2		Ξ^{*0} <i>ssu</i>	Ξ^{*-} <i>ssd</i>		1533
-3			Ω^- <i>sss</i>		1672 (öngörü)

Ω^- : 3 adet s – kuarkının bağıl durumu



açısai momentum = 3/ 2

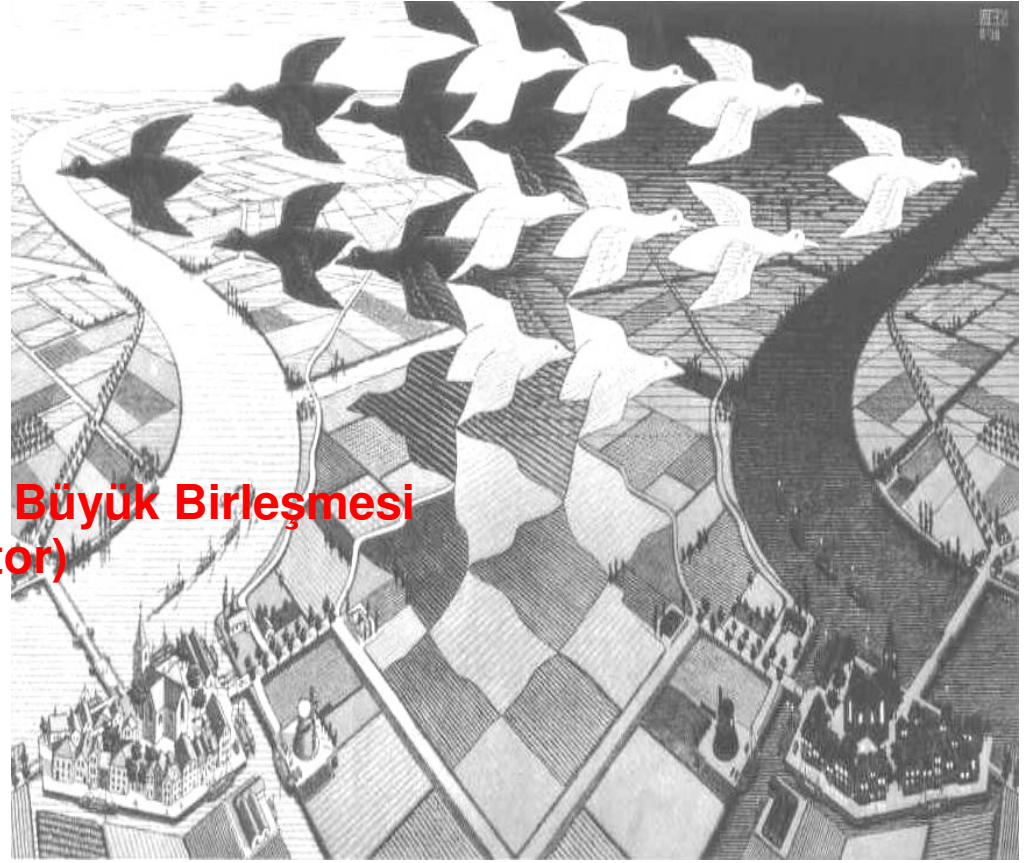
Pauli dışarlama ilkesi gereği 3 kuark aynı özelliğe sahip olamaz (farklı renk yükleri)

Temel Kozmolojik problemler

- Kara Madde
- Kara Enerji
- Baryogenesis

Temel Parçacık Fiziği problemleri

- Ayar sabitlerinin (gauge couplings) **Büyük Birleşmesi**
- Ayar hiyerarşisi sorunu (Higgs sector)
- CP simetri kırınımı
- Neutrino kütlesi



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 etkileşimleri açıklayan Quantum Elektromagnetik Dinamiği kuramı üzerine kurulmuştur, fakat kuark alanları SM'e elle koyulmuştur.
- **Elektrozayıf Simetri Kırılması** hala anlaşılabilmiş değil: Tüm madde ve kütleye 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.

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				

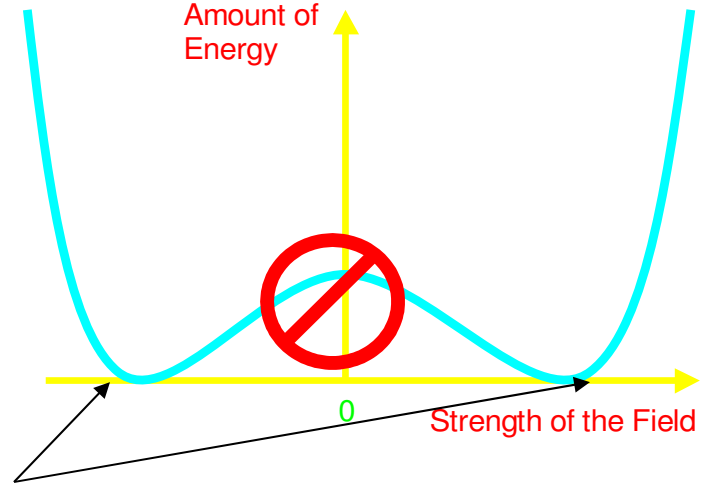
Source: AAAS *Yet to be confirmed

Higgs parçacığı henüz saptanmamıştır

Dört temel kuvvet

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

Bu durum kırılmış bir simetrinin sonucu

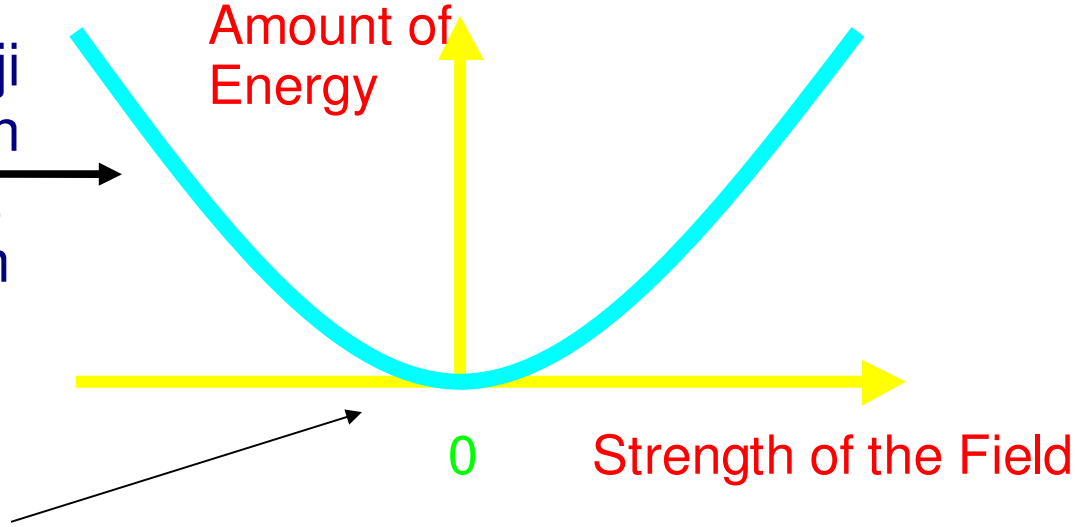


Evren pozitif veya negatif Higgs alanlı duruma yerleşmiş...

Evren ve Simetri

Bütün alanlar (kütleçekim, elektromanyetik,...vs) enerjiye sahiptir. Boş bir hacimin elektrik alanı ile dolduğunu düşünelim. Burada bir parçacık mevcut olmasa bile enerji vardır. Enerji, elektrik alanının gücüne (strength) bağlıdır.

Bir alanın enerji diyagramı: Alan sıfır olduğunda enerji minimum değerinde



Evren mümkün olan en düşük enerji değerine yerleşir.

Bu simetrik bir evrendir ve bu evrende hiçbir şey gerçekleşmez.

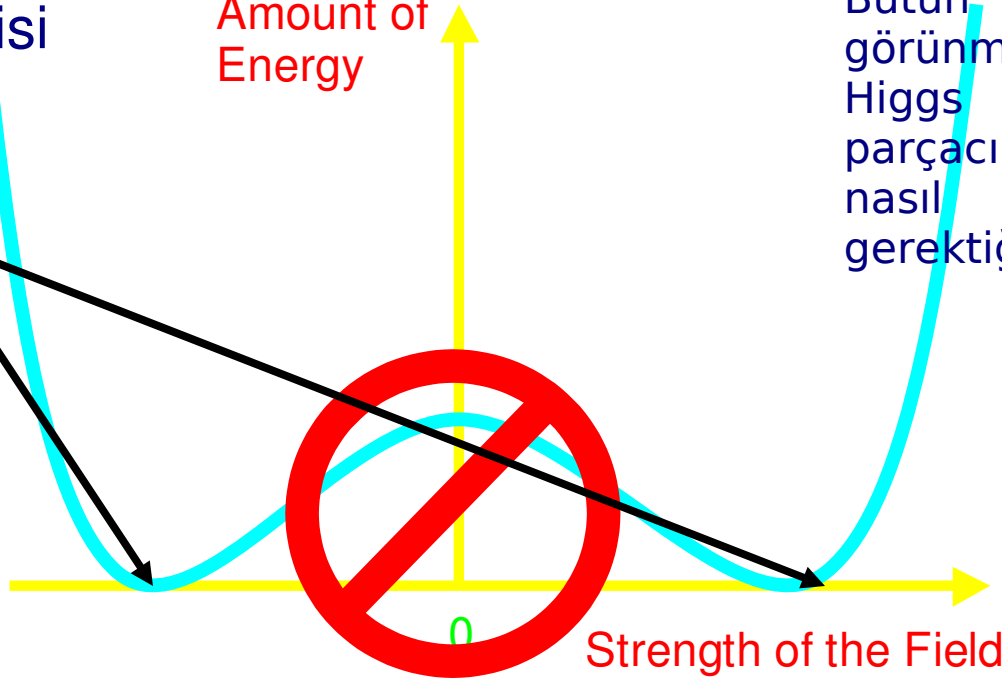
Kendiliğinden Simetri Kırınımı

Enerji - Alan grafiği bir Meksika şapkasına benzerse ne olur?

Vakum enerjisi
2 en düşük
enerji düzeyi
durumuna
sahip

Amount of
Energy

Bütün evreni dolduran
görünmez enerji alanlarına
Higgs alanı denir. Bunlar
parçacıkların ve kuvvetlerin
nasıl davranmaları
gerektiğini belirtir.



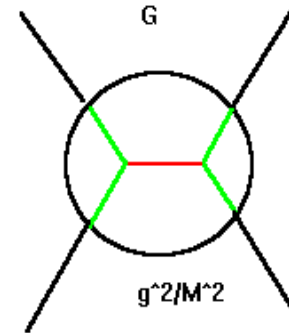
Evren pozitif
veya negatif
Higgs alanı
durumuna
yerleşir.

Dört temel kuvvet yerine, bir kuvvet ve bir çok görünmez Higgs alanı var ki, bu alanlar bu kuvveti 4 ayrı kuvvet gibi gösteriyorlar. Bu çözüm aynı zamanda Büyük Patlamanın ilk anlarındaki enflasyon sorununa da cevap veriyor.

Elektro - Zayıf Birleşme

- Örnek: nükleer beta bozunumu. Bozunma hızı az (weak effective coupling)
 - n ve μ bozunumları efektif 4 fermiyon etkileşimleri ile ifade edilir $G \sim 10^5 \text{ GeV}^{-2}$, $\Gamma_\mu \sim G^2 M_\mu^5$.
 - **Zayıf SU(2) ayar bozonları, W^+ , Z^0 , W^- , Higgs bozon alanının vakum beklenti değerleri ile etkileşerek kütle kazanırken U(1) photon, γ , kütesizdir.** $M_W \sim g_w \langle \phi \rangle / \sqrt{2}$.
 - SU(2) ve U(1) coupling'leri birleşmiştir $e = g_w \sin(\theta_w)$. (θ_w parametresi $v + p$, saçılmasından hesaplanabilir.
 - $g_w \sim G$ 4 fermiyon Feynman diyagram \sim 4 fermion efektif etkileşimi.
- Feynman propagatörü) $G \sim g_w^2 / M_W^2$. $G, e, \sin(\theta_w) \rightarrow M_W$. ($M_W \sim 80 \text{ GeV}$ CERN' de ölçüldü).

Higgs vakum alanı $\langle \phi \rangle \sim 174 \text{ GeV}$



$$V(r) \sim e^{-Mr} / r, \quad V(q) \sim 1 / (\vec{q}^2 + M^2)$$

$$\Gamma \sim |A|^2 \sim V(q)^2 \sim 1 / M^4$$

$$V(\langle \phi \rangle) \sim \lambda \langle \phi \rangle^4$$

Interaction	exchanged boson	relative strength	example
Strong	Gluon (g)	1	
Electromagnet.	Photon (γ)	$1/137$	
Weak	W^+, W^-, Z^0	10^{-14}	
Gravitation	Graviton (G)?	10^{-40}	

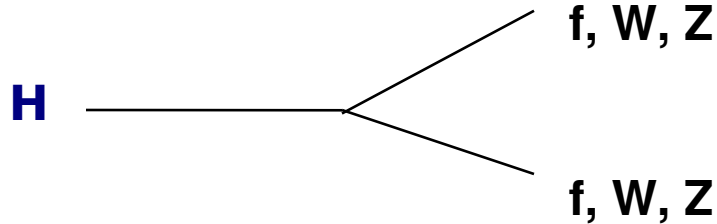
$$V(\phi) = \mu^2 |\phi|^2 + \lambda |\phi|^4 \quad \langle \phi \rangle^2 = -\mu^2 / 2\lambda$$

Higgs Mechanism

Higgs alanının vakum beklenti değeri $\langle\phi\rangle$, W ve Z ayar bozonlarına kütle kazandırır $M_W \sim g_W\langle\phi\rangle$ ("eter" kavramına benzer şekilde).

Fermionlar da Higgs alanı ile Yukawa etkileşimi yaparak kütle kazanırlar $m_f = g_f\langle\phi\rangle$.

Kuplaj değerleri bilinmese de, Higgs alanı bize evrendeki bütün kütlelerin üretimi için gereken mekanizmayı sağlar



$$\Gamma(H \rightarrow ff) \sim g_f^2 M_H \sim g^2 (M_f/M_W)^2 M_H, \quad g = g_W$$

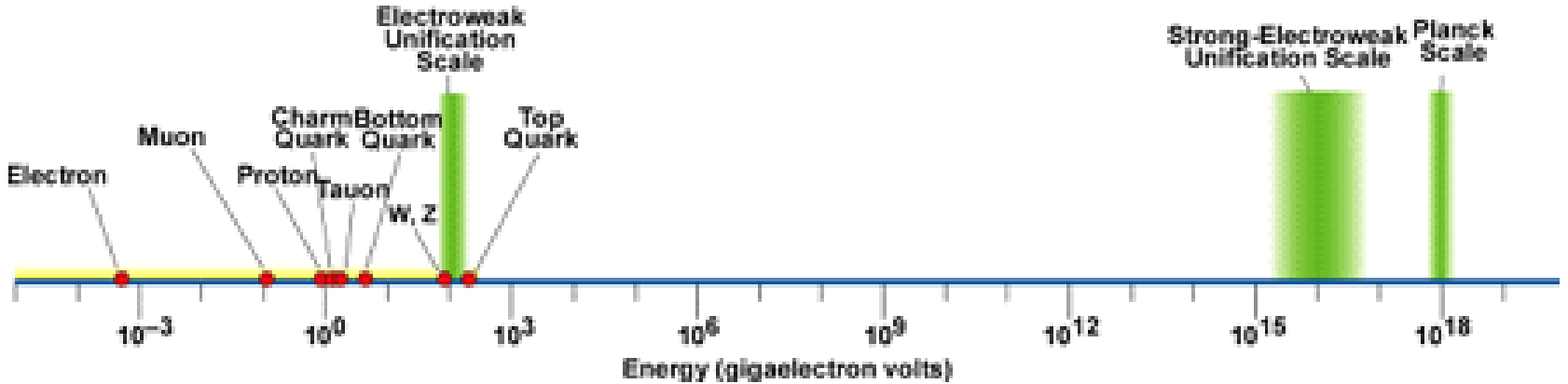
$$\Gamma(H \rightarrow WW) \sim g^2 M_H^3 / M_W^2 \sim g^2 (M_H/M_W)^2 M_H$$

$$\Gamma \sim M_H^3 \text{ or } \Gamma/M_H \sim M_H^2 \implies \Gamma/M_H \sim 1 \text{ @ } M_H \sim 1 \text{ TeV}$$

Evrenin enerji spektrumu

- Parçacık fiziğindeki hızlandırıcılar en son 100-1000 GeV düzeyine ulaşabilmişlerdir

(1Gev = 10^9 eV; eV = elektron volt) $M_P = 1 / \sqrt{8\pi G_{Newton}} = 2.4 \times 10^{18} GeV$

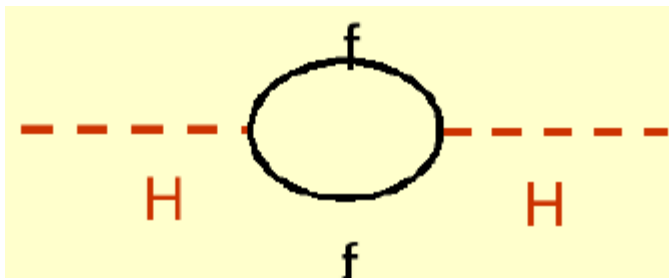
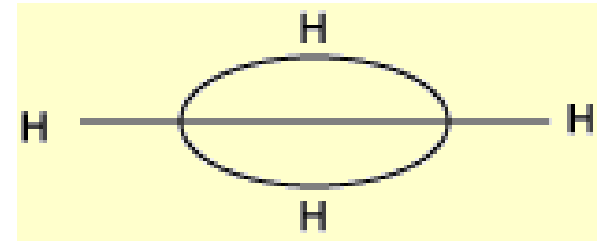
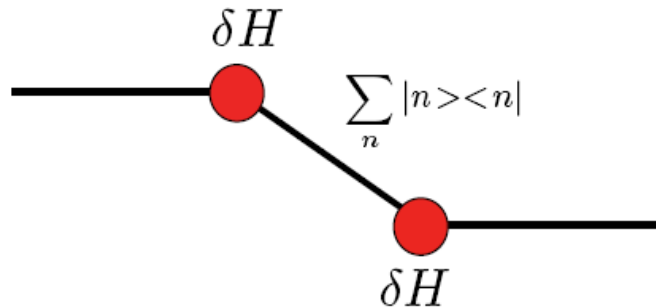
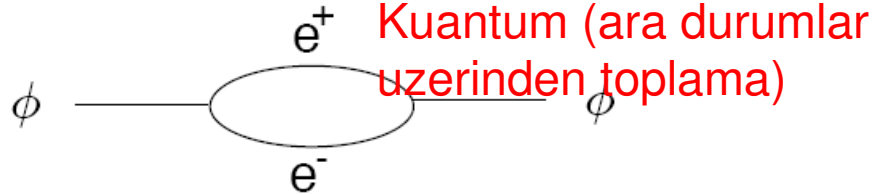
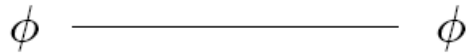


- Elektro-zayıf simetri kırınımı skalası ~ 100 GeV ($\sim M_W$)
- Kuantum çekim etkileri M_P düzeyinde etkili oluyor (yeni fizik)
- Eğer $\Lambda_{UV} \sim M_P$ olursa Higgs kütesine getirilecek düzeltmeler çok çok büyük oluyor (hierarchy problem) : M_P/M_W neden çok büyük?

SM'in Doğallık (Hierarchy problem) sorunu

(SM), yapılagelmiş bütün deneylerle mükemmel bir uyum sergilemiş olmasına rağmen, bizzat kendisinin sahip olduğu kuantum kararsızlığı nedeniyle hayati bir problemle karşıkarşıya kalmaktadır (*ayar hiyerarşisi problemi*). Morötesi geçerlilik sınırı yükseldikçe Elektroweak kuramı bir bütün olarak geçersiz kılan bu kararsızlık önlenmelidir ki nükleer bozulmalar bilinen hızda, güneş bilinen parlaklıkta, W/Z bozonlar ölçülmüş kütle değerlerinde kalabilsinler.

klasik

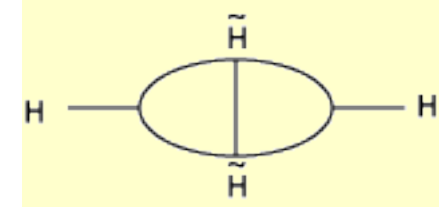


$$\delta m_H^2 = \frac{|\lambda_f|^2}{16\pi^2} [-2\Lambda_{UV}^2 + \dots]$$

Higgs parçacığını bulmak yetmiyor (quantum divergencies of Higgs)

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

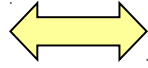
Elektroweak kuramın çöküşü ..(naturalness problem)



Standart Modelin ötesinde yeni fizik arayışları:

supersymmetry (SUSY) → cancelling quantum divergences

Quark
Top
Electron

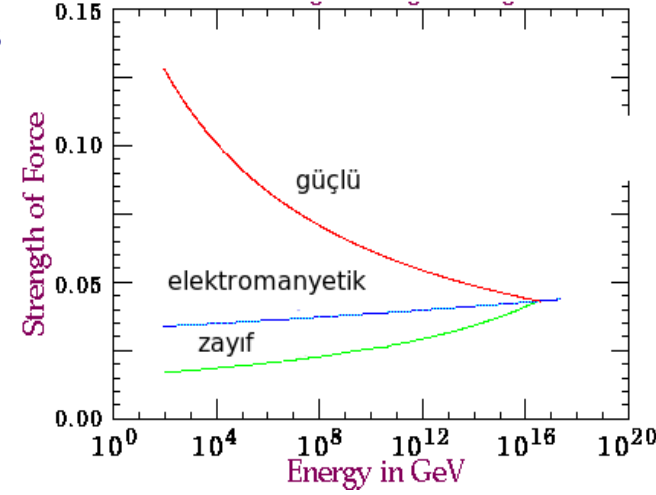


Squark spin=0
Stop
Selectron

Wino
Higgsino

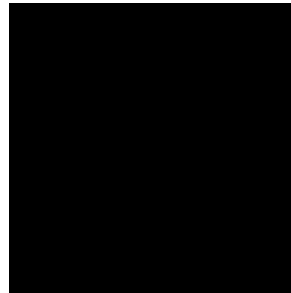
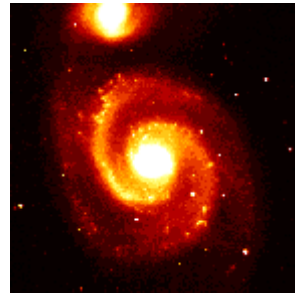
W spin=1/2
H

$$Q|Boson\rangle = |Fermion\rangle \quad Q|Fermion\rangle = |Boson\rangle$$



(i) Kuvvetlerin birleşmesi mümkün

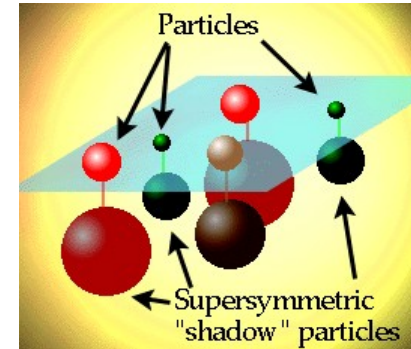
(ii) Supersimetri evrendeki **karanlık madde** iyi bir aday



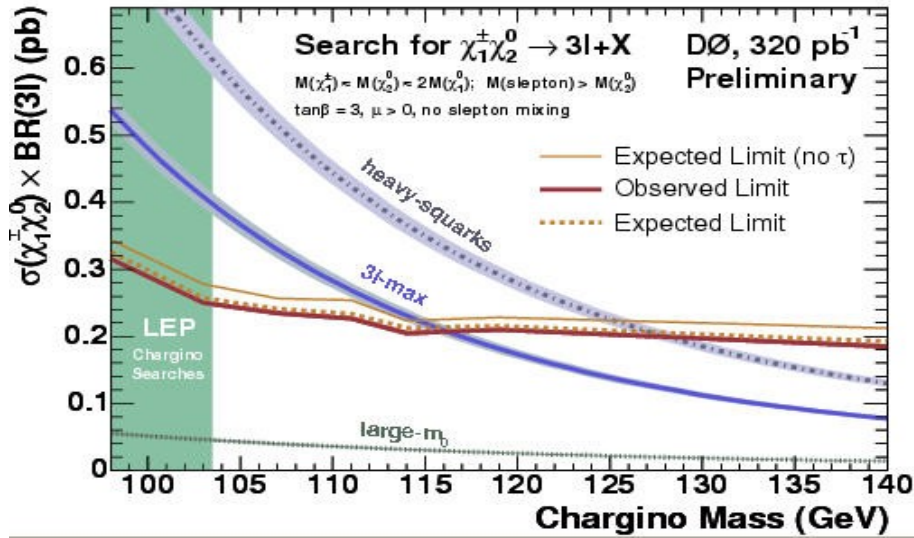
SUSY



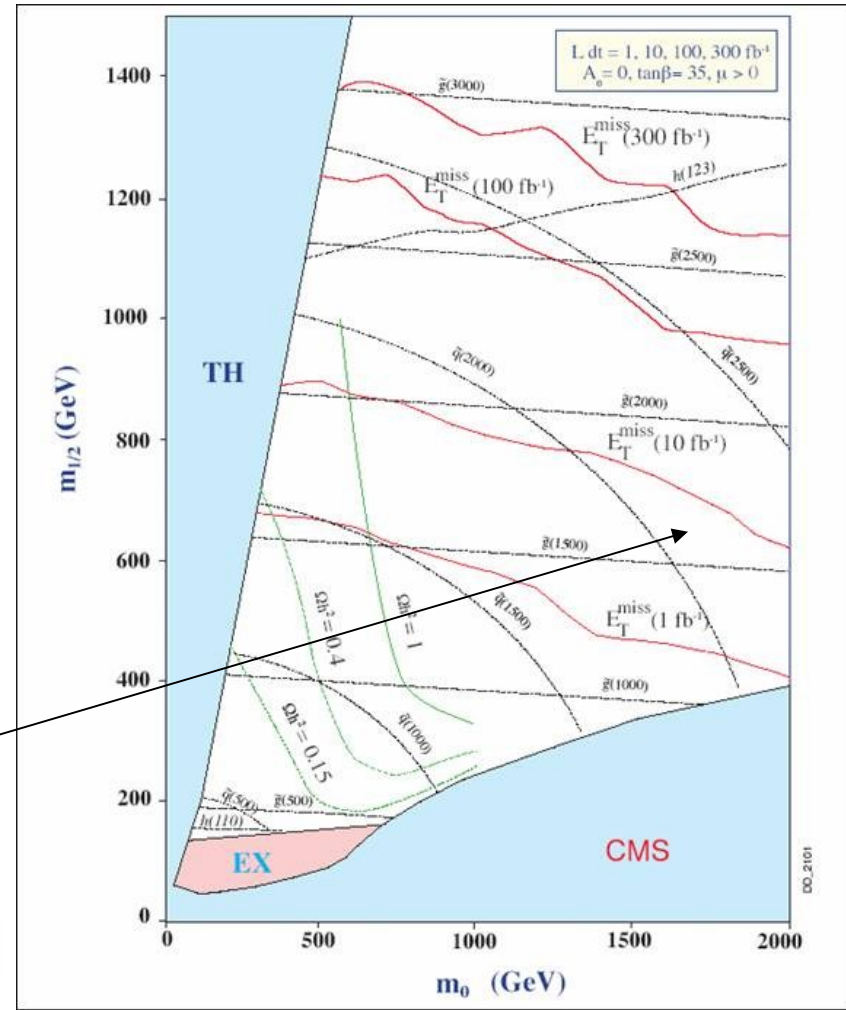
energy (GeV)



SUSY - Squark/Gluino Mass "Reach"



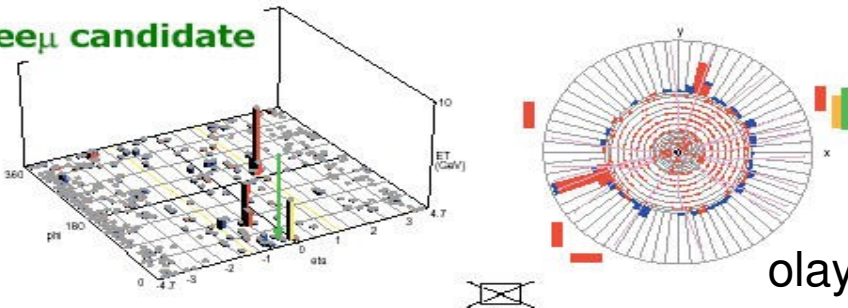
LHC 1 yıl boyunca 1/10
luminositede çalıştığında
SUSY keşfedilebilir



$$N = L \cdot \sigma$$

olay sayısı = Luminosite . tesir kesiti

An $ee\mu$ candidate



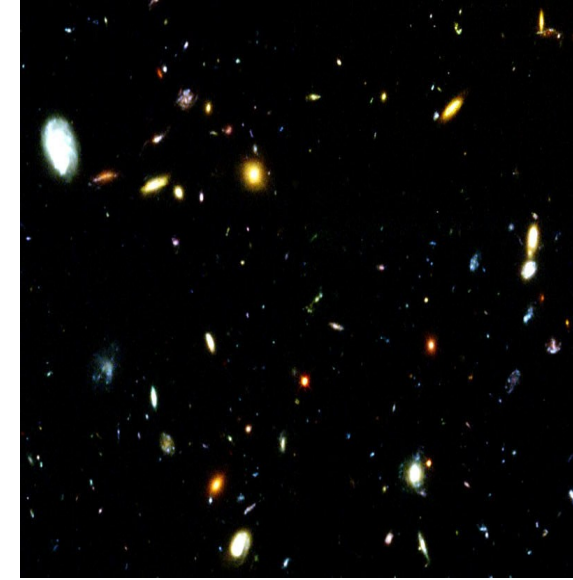
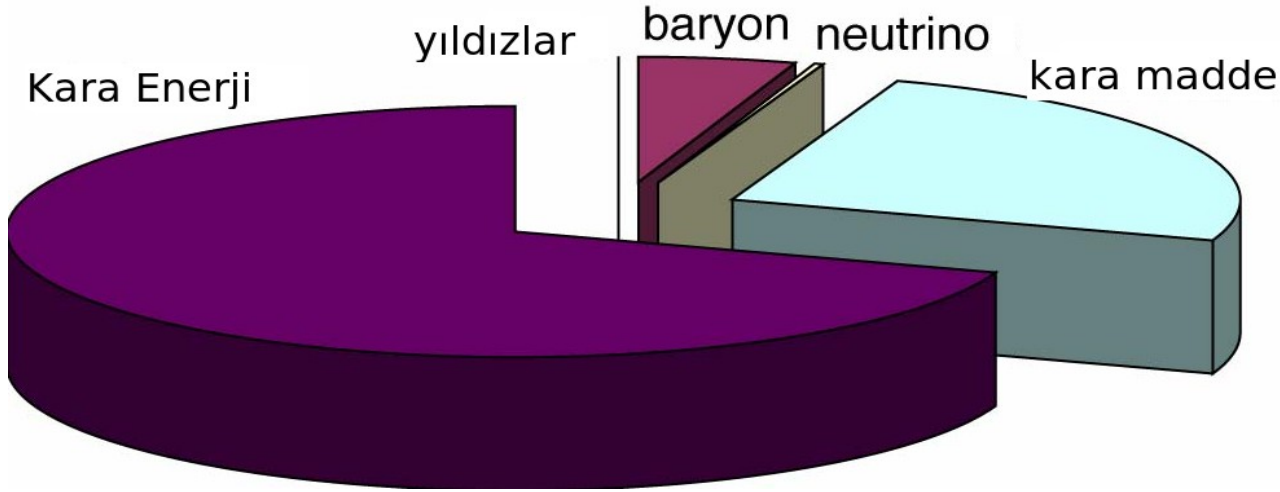
Minimal supersimetri: MSSM

Hiyerarşi probleminin temel nedeni SM'nin Higgs sektörünün doğal olmayışıdır yani Higgs alanının kütesinin sıfırlanmasının sistemin simetrilerini artırmamasıdır. Bu bağlamda problemin çözümü öncelikle Higgs sektörünün doğallaştırılmasını gerektirmektedir. Bu doğallaştırma için gereken temel öge yeni bir simetri yasasının bulunması olup süpersimetri (her bir parçacığa aralarındaki spin farkı $\frac{1}{2}$ olacak şekilde bir kardeş tayin edilmesi) uygun bir simetridir. Bu simetri yapısının en önemli sonuçlarından biri en hafif süpersimetrik parçacığın kararlı (hiç bozulmadan kalan ve dolayısıyla uzun ömürlü olan) bir parçacık oluşudur. Bu en hafif süpersimetrik parçacık (LSP) bir kara madde adayıdır. Mevcut proje çerçevesinde değişik süpersimetrik modellerdeki LSP adayları incelenecek ve LSP'nin LHC deneylerinde gözlemlenebilmesi için gerekli koşullar tartışılacaktır.

SM parçacık spektrumunu direk olarak süpersimetrize etmek en basit SUSY modelini verir: MSSM

Güncel Kozmolojik problemler

Evrenin tüm enerjisi



- Yıldızlar ve galaksiler $\sim 0.5\%$
- Nötrinolar $\sim 0.3-10\%$
- Geri kalan bildik madde (elektron ve protonlar) $\sim 4\%$
- **Kara Madde** $\sim 23\%$ -> adaylar hızlandırıcı fiziği ile incelenmekte
- **Kara Enerji** $\sim 73\%$
- Anti-Madde 0%
- Higgs yoğunlaşması $\sim 10^{\infty} \%??$

Standart model
(bilinen fizik)

Standart model
ötesi
(yeni fizik)

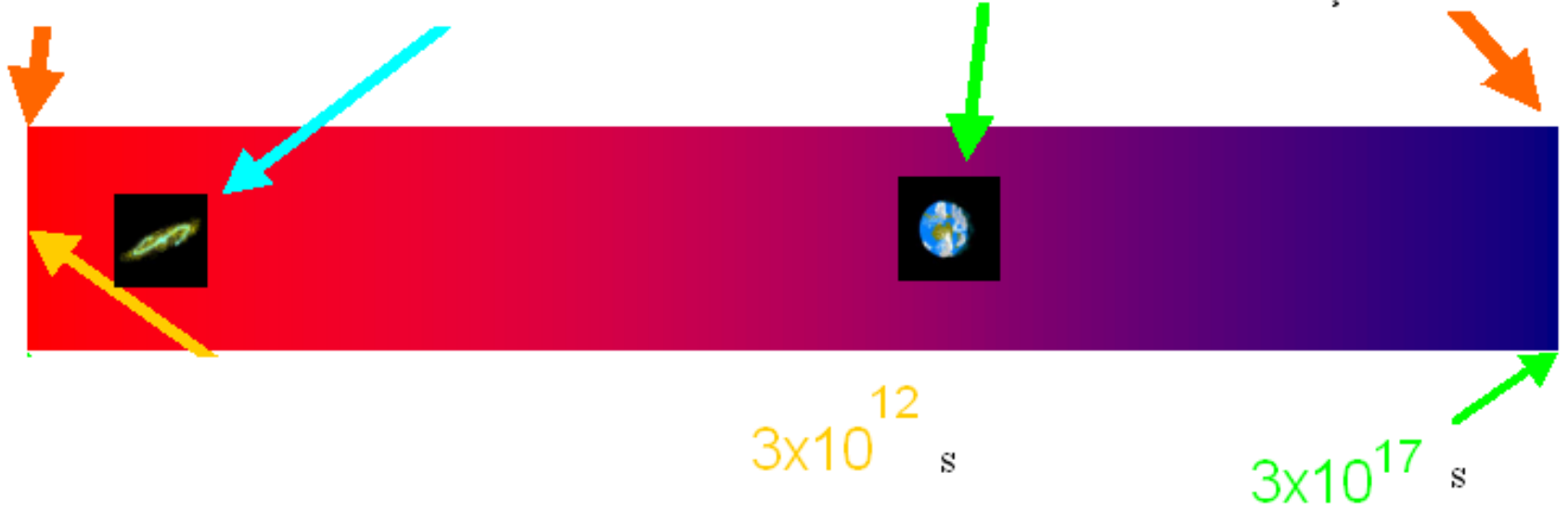
Evrenin sonu?

Zamanın
başlangıcı

İlk Galaksiler

Dünya biçimleniyor

Şimdi



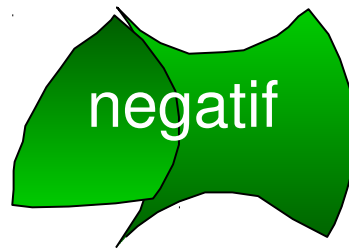
Evrenin genişleme hızına (kara madde ile kara enerji oranı) göre 3 farklı senaryo:

(1)



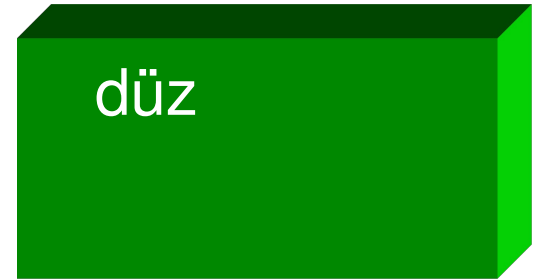
Ağır evren

(2)



Hafif evren

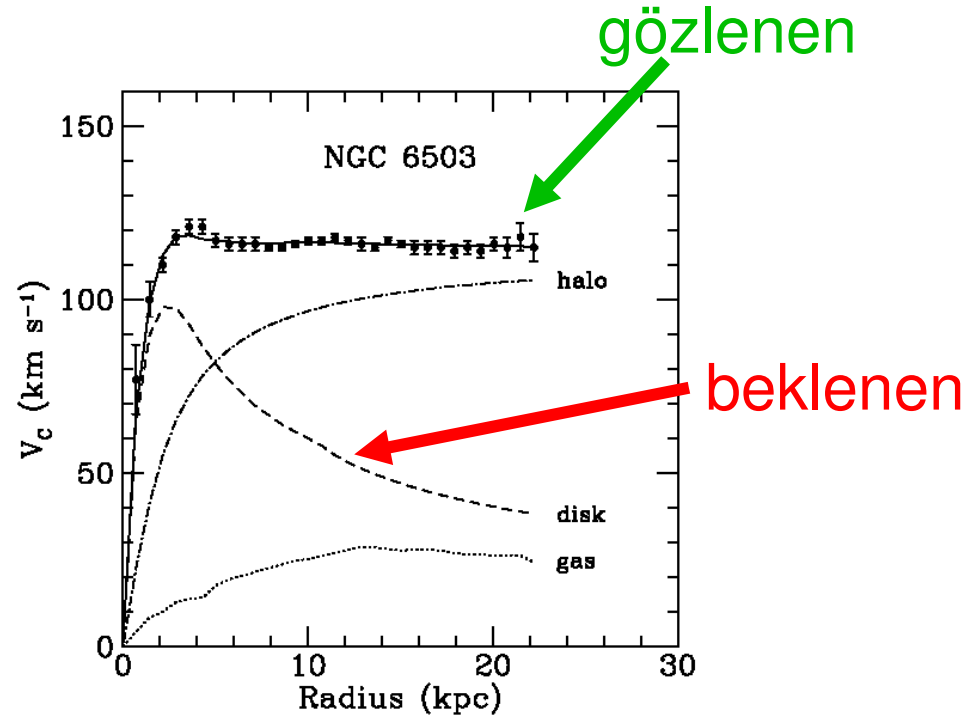
(3)



“düz evren”

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

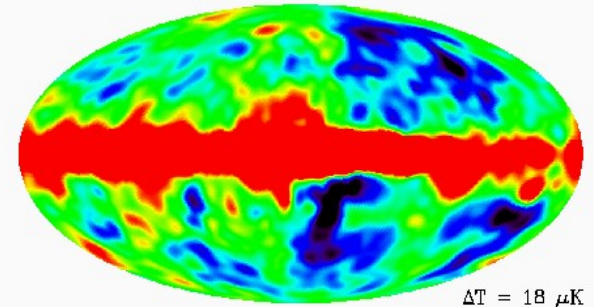
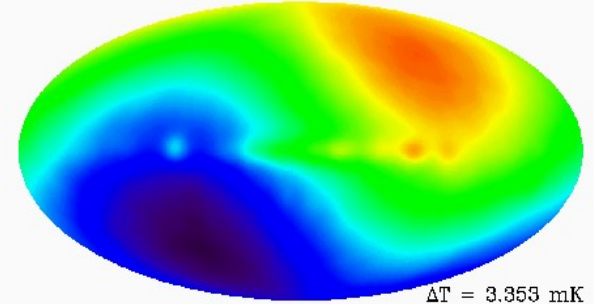
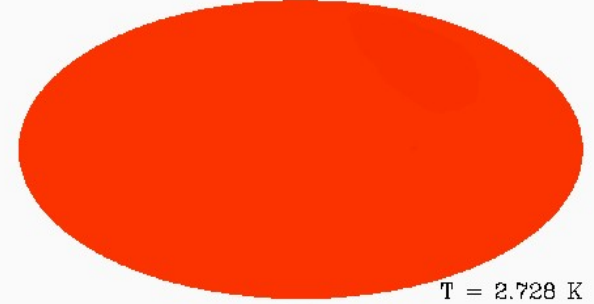
Evrenin başlangıcındaki kuark çorbası vakum enerjisinden geldi. Kuantum dalgalanmaları ise bu çorbadaki öbeklenmelere neden oldu



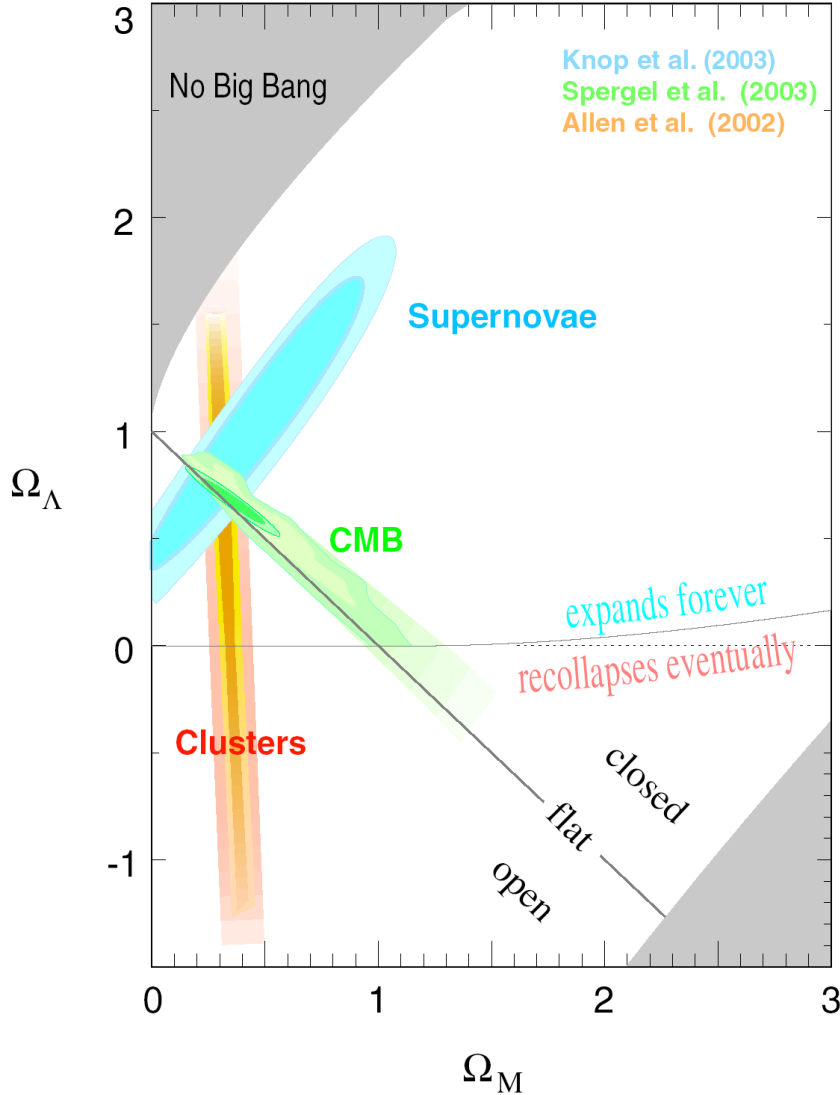
Evrenin yoğunluğu zaman içinde değişim göstermekte

Evren hızlanarak genişlemekte

COBE



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

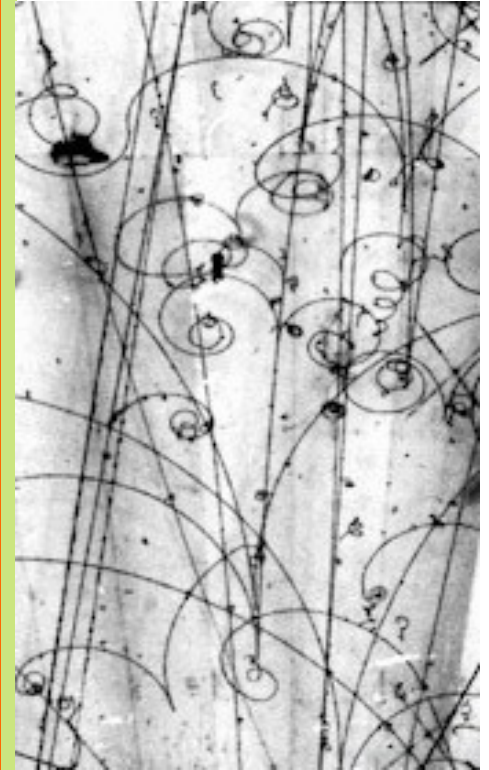
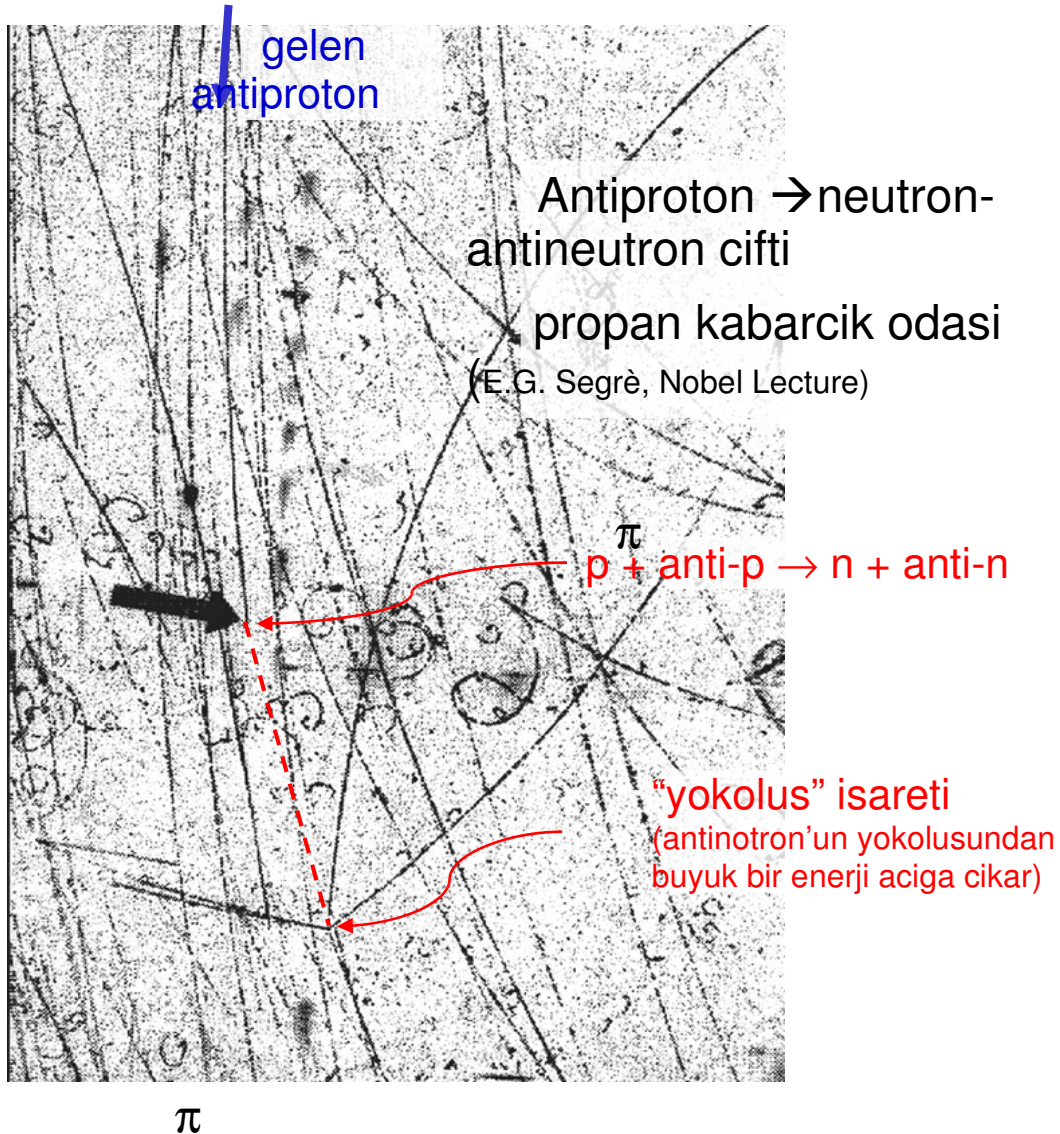
Karanlık Enerji

- Bütün bilinen parçacıklar etkili

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

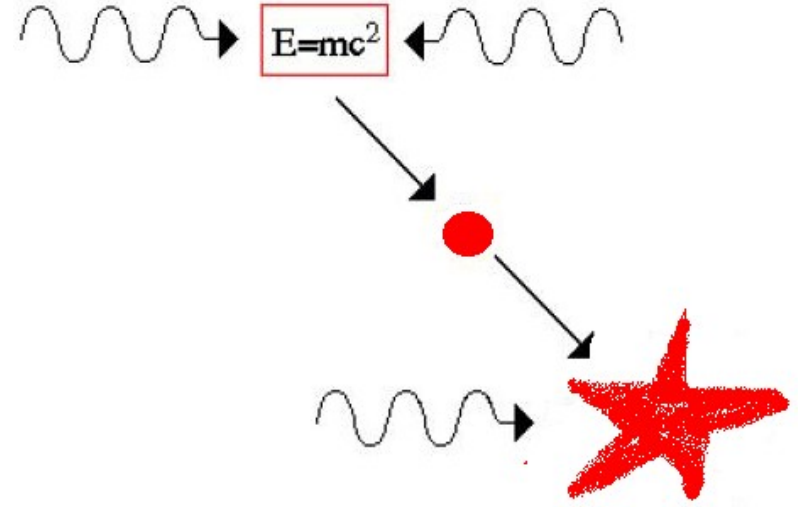
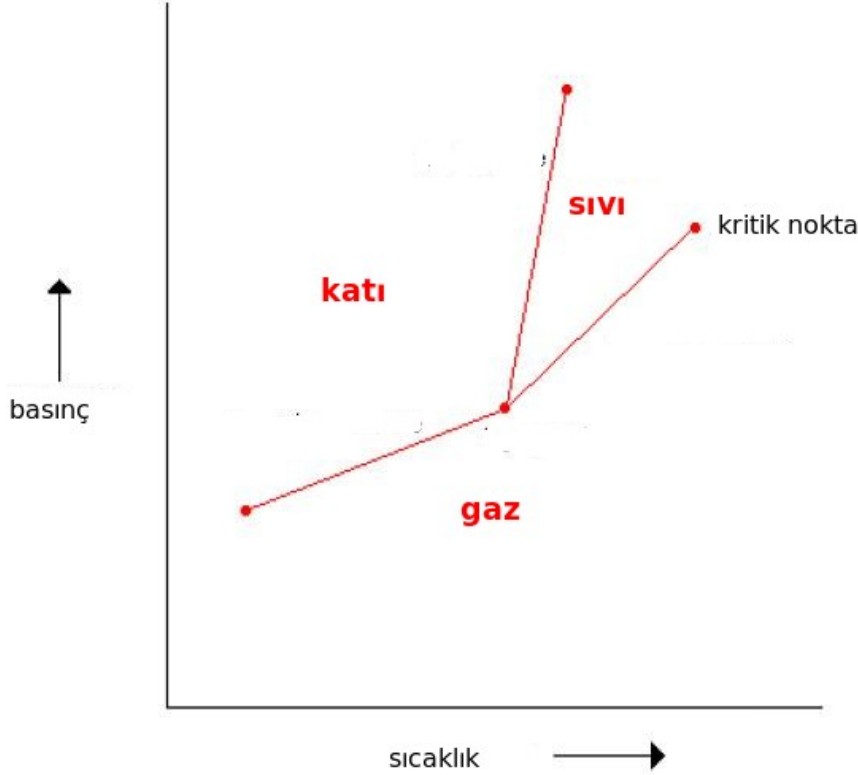
-Hiç bir sağlam çözüm önerisi yok

Madde - antimadde



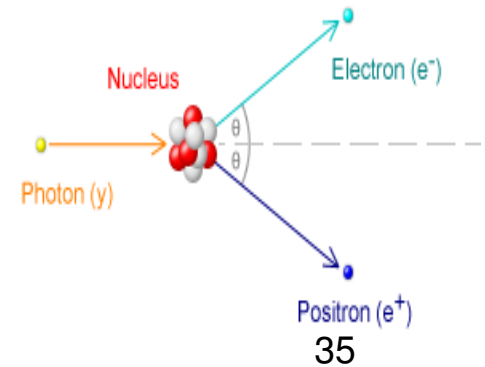
Kabarcik odasinda parcacik-antiparcacik izleri

Simetri ve simetrinin kırınımı

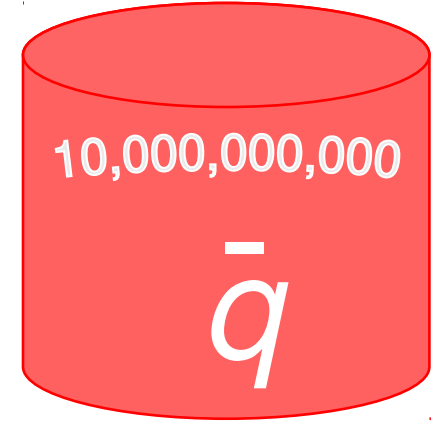
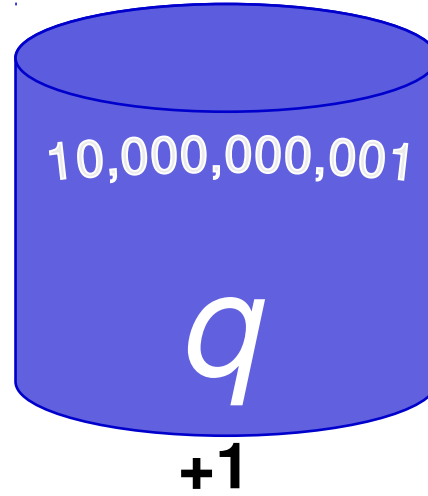
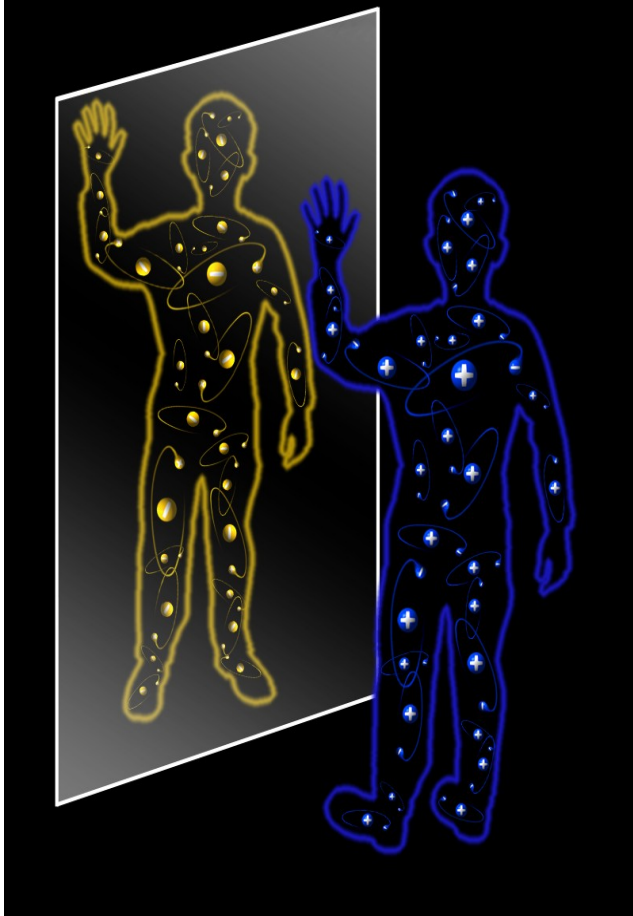


Simetri korunduğu sürece parçacıklar oluşamaz

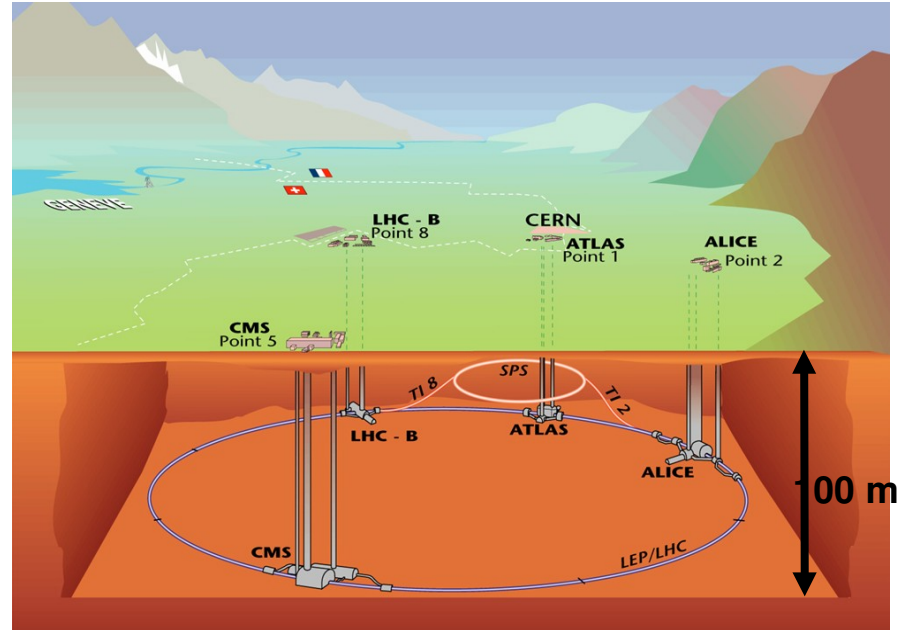
Evrenin ilk başlangıcında meydana gelen faz değişikliği ile gerçekleşen **simetri kırınımının** radikal sonuçları olmuş ve uzay-zaman ile kütle ayrılmıştır. Açığa çıkan enerji, parçacıkların meydana gelmesine neden olmuştur



Aynadan bakmak: Madde ve Antimadde ?



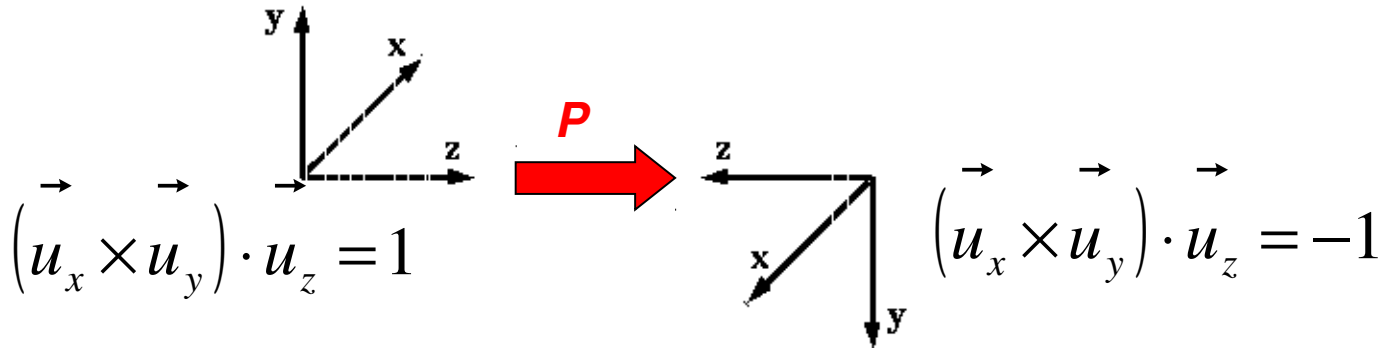
Madde-antimadde simetrisinin yokluğu



CERN'deki deneylerde
çözüm aranan sorulardan
biri

Kesikli Simetriler

PARITE: ayna simetrisi

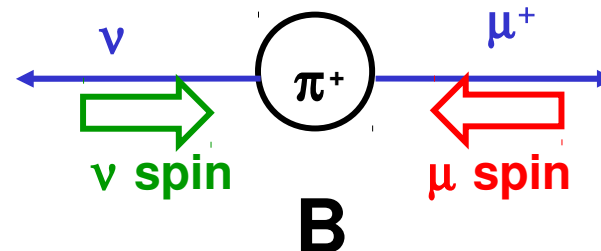
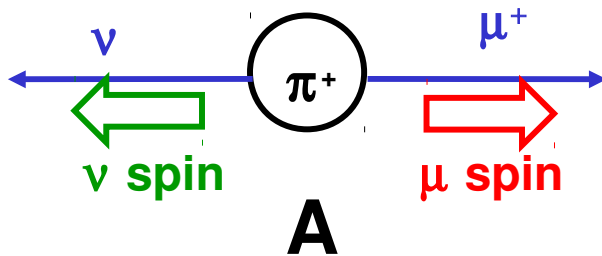


Parite korunumu: *Bütün fizik kanunları P transformasyonunda korunurlar; Doğa Sol ve sağ yön konusunda tarafsızdır...*

1950's : $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ and $K^+ \rightarrow 3 \pi$ ($\pi^+ \pi^+ \pi^-$ and $\pi^+ \pi^0 \pi^0$) zıt paritelere sahipler

$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$

T.D. Lee and C.N. Yang: zayıf etkileşimlerde parite korunmaz!!

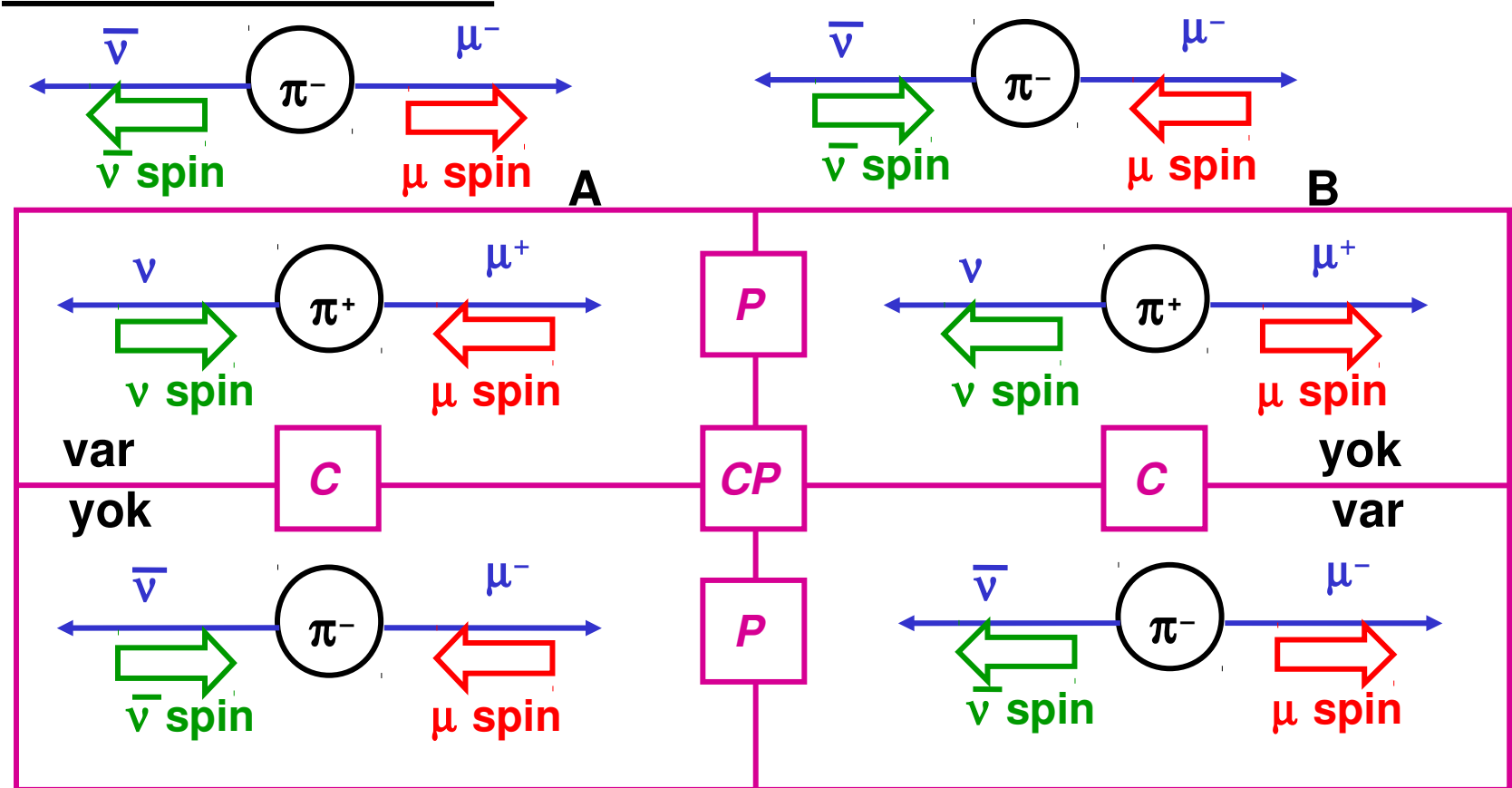


Yük eşleniği (C)

Parçacık \Leftrightarrow antiparçacık transformasyonu

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}$$

deneylerde B durumu gözlenmemiştir



π^- meson bozunumu C ve P değişmezliğini ihlal etmekte, ancak CP transformasyonu altında değişmez kalmaktadır

Ne varki, daha sonra CP simetrisinin de kırıldığı anlaşılacaktır !!

Küçük nesneleri “görmek”

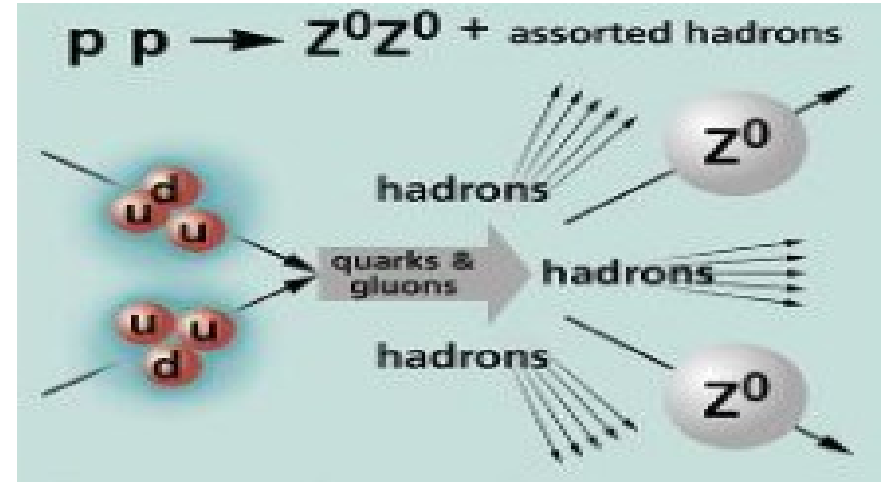
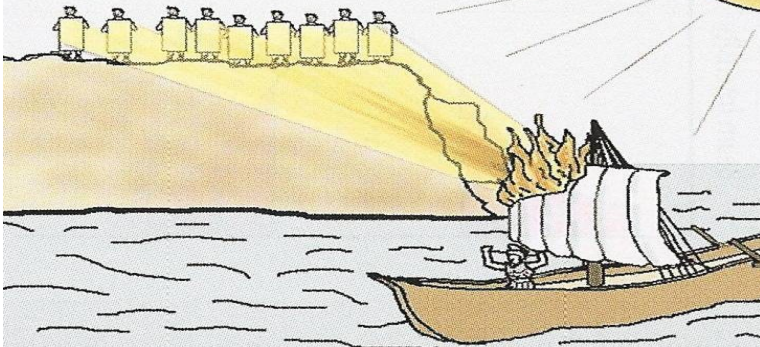
Dalga boyu $\sim 1/\text{enerji}$

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

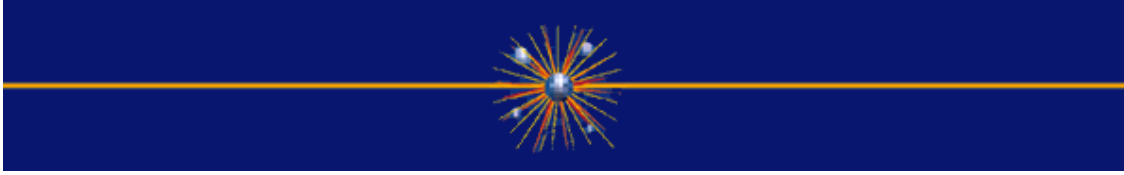


Arşimed Romalılara karşı
Siraküza savaşı (213 -211 MÖ).

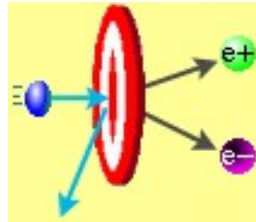
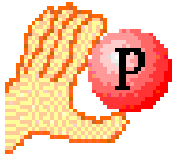


Bir sivrisineğin enerjisini atom çekirdeği boyutlarına indirdiğimizde çok yoğun bir enerji elde ederiz (parçacık hızlandırıcıları)

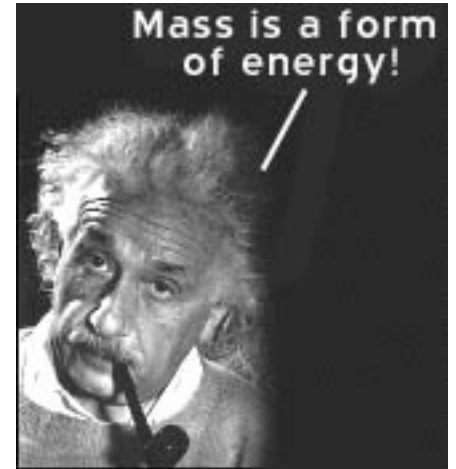
Neden hızlandırıcı kullanıyoruz?



- ✓ 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

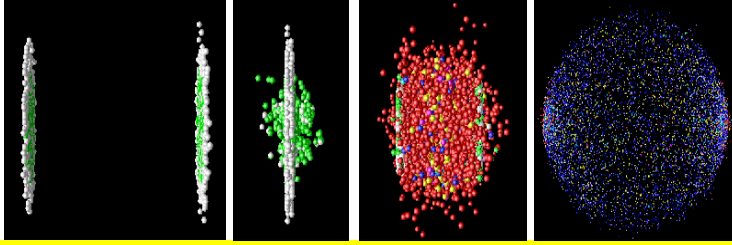


$$E=Mc^2 !$$



Enerjinin yoğunlaşması:
25 Milyar kilowat-saat enerji = bir gram madde.

Enerji=madde



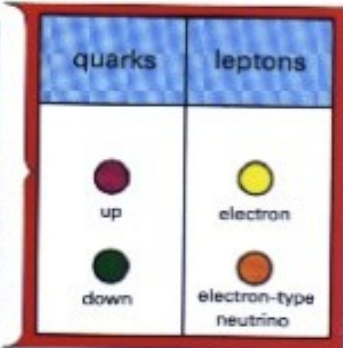
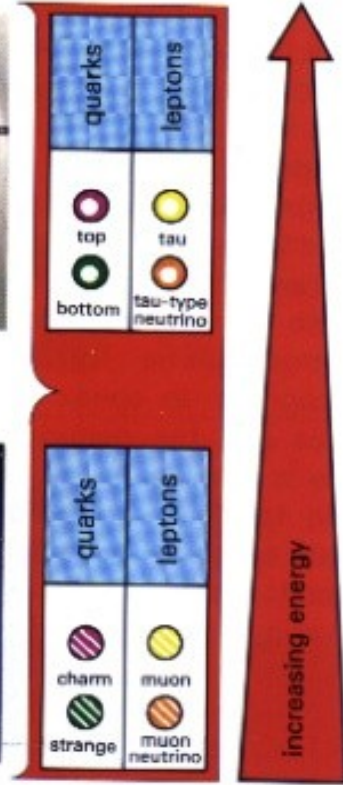
Çevremizde gördüğümüz herşey şu 3 temel parçacığın kombinasyonlarından oluşur:

elektron
u kuark
d kuark

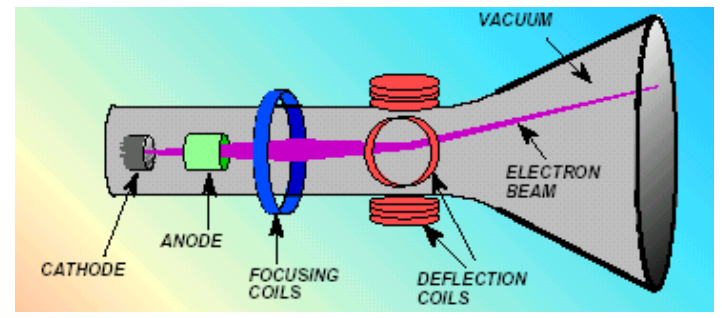
Bunların dışında başka parçacıklar da vardır, ama onlar saniyenin trilyonlarca kez küçük bir anında yok olurlar.

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?



Proton Hızlandırıcısındaki (LHC) çarpışmasında maddenin ter gö



TERA enerji !!!

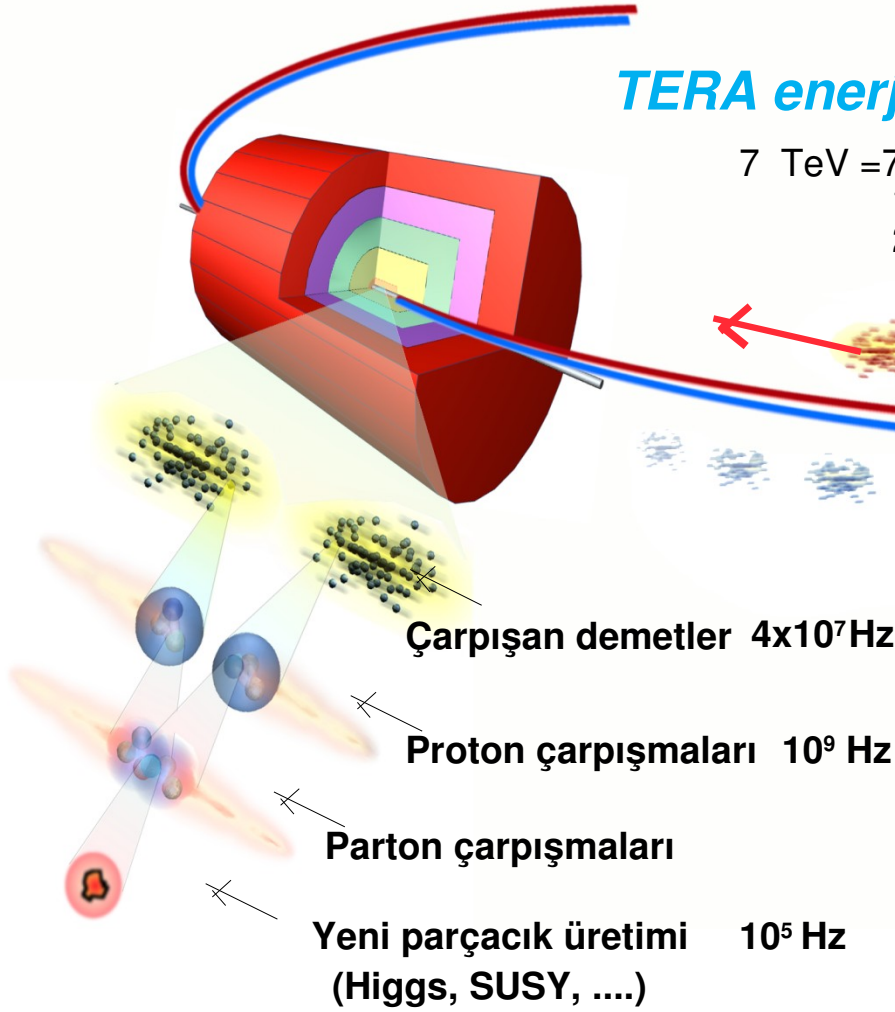
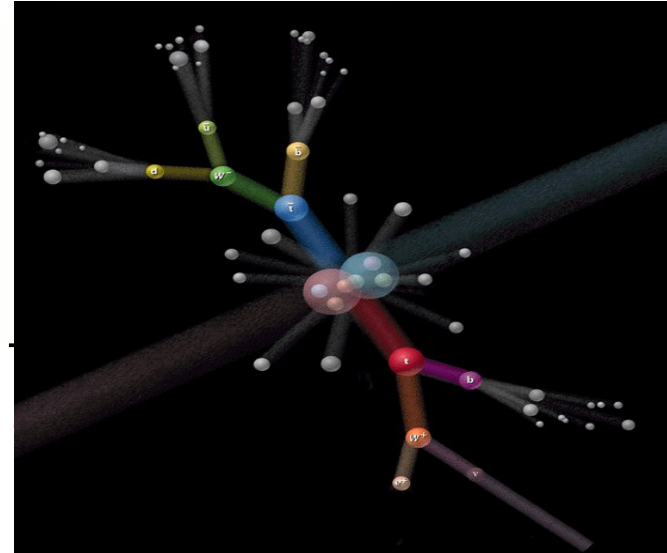
7 TeV = 7×10^{12} eV Demet enerjisi
 10^{34} cm² s⁻¹ Luminozite
2835 paket/demet
 10^{11} Proton/paket

Benzer bir sistem TV tüplerinde vardır

Proton

7 TeV

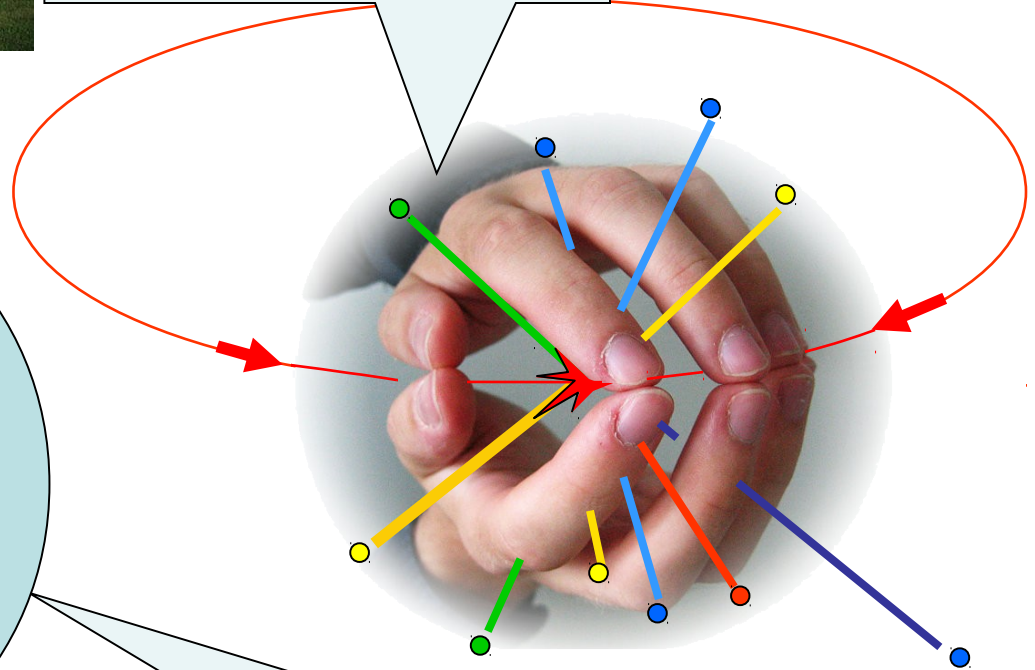
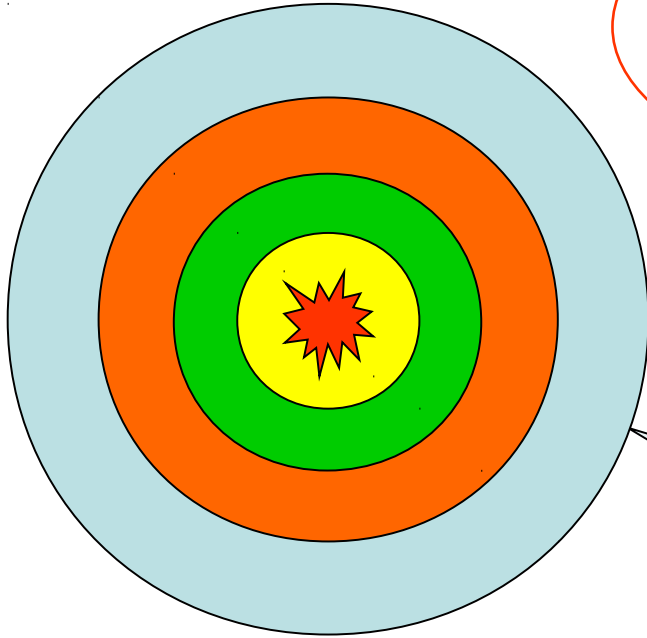
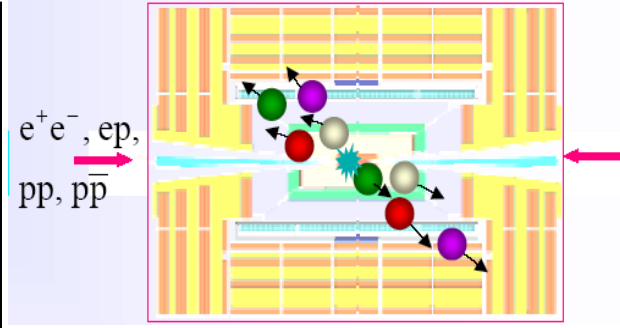
Proton



Dedektörler



Çarpışmadan çıkan parçacıkları yakalamak için her tarafı kapalı dedektörler kullanmak gerekir

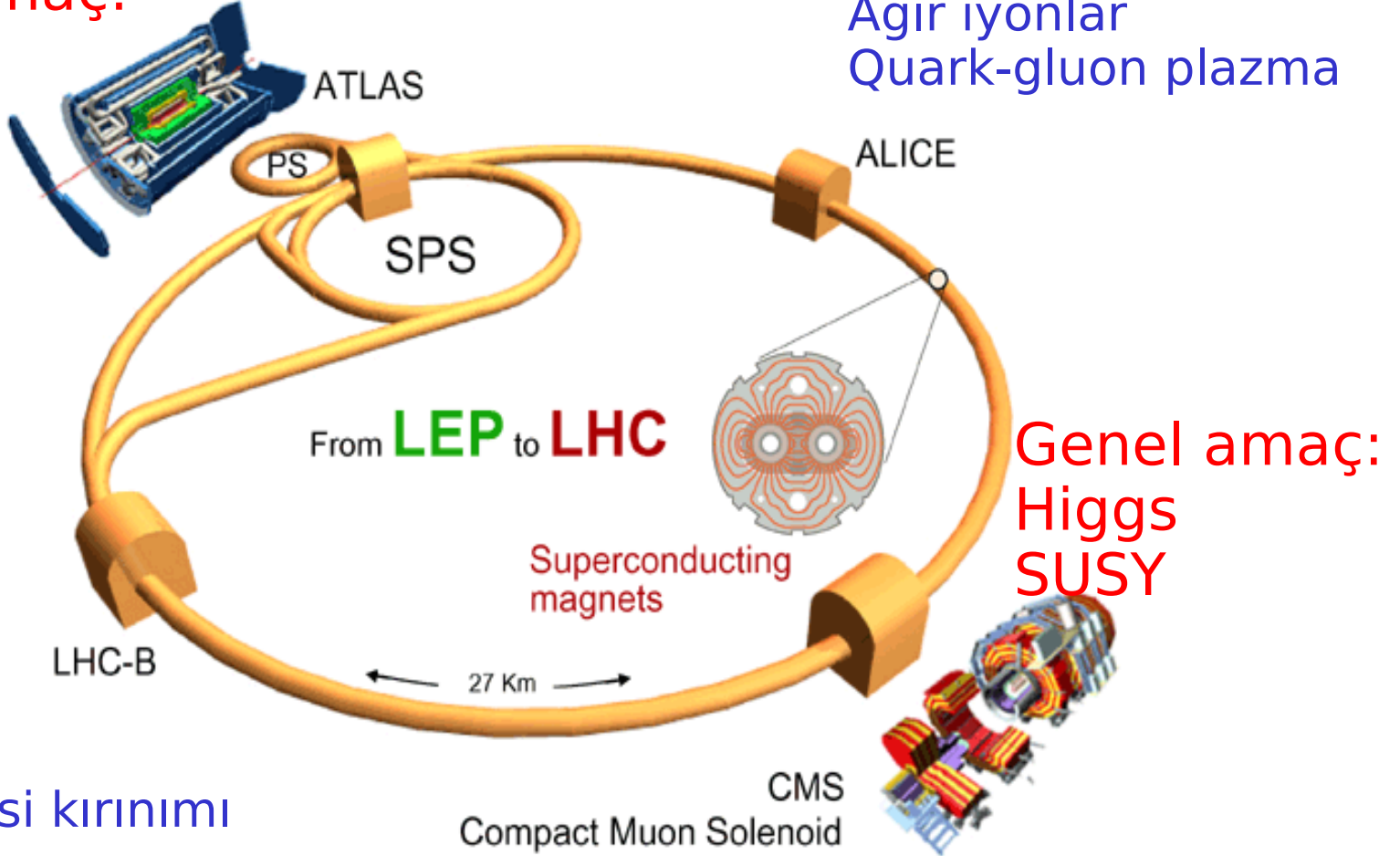


Çarpışma noktasının etrafında farklı dedektör katmanları bulunur

LHC Dedektörleri

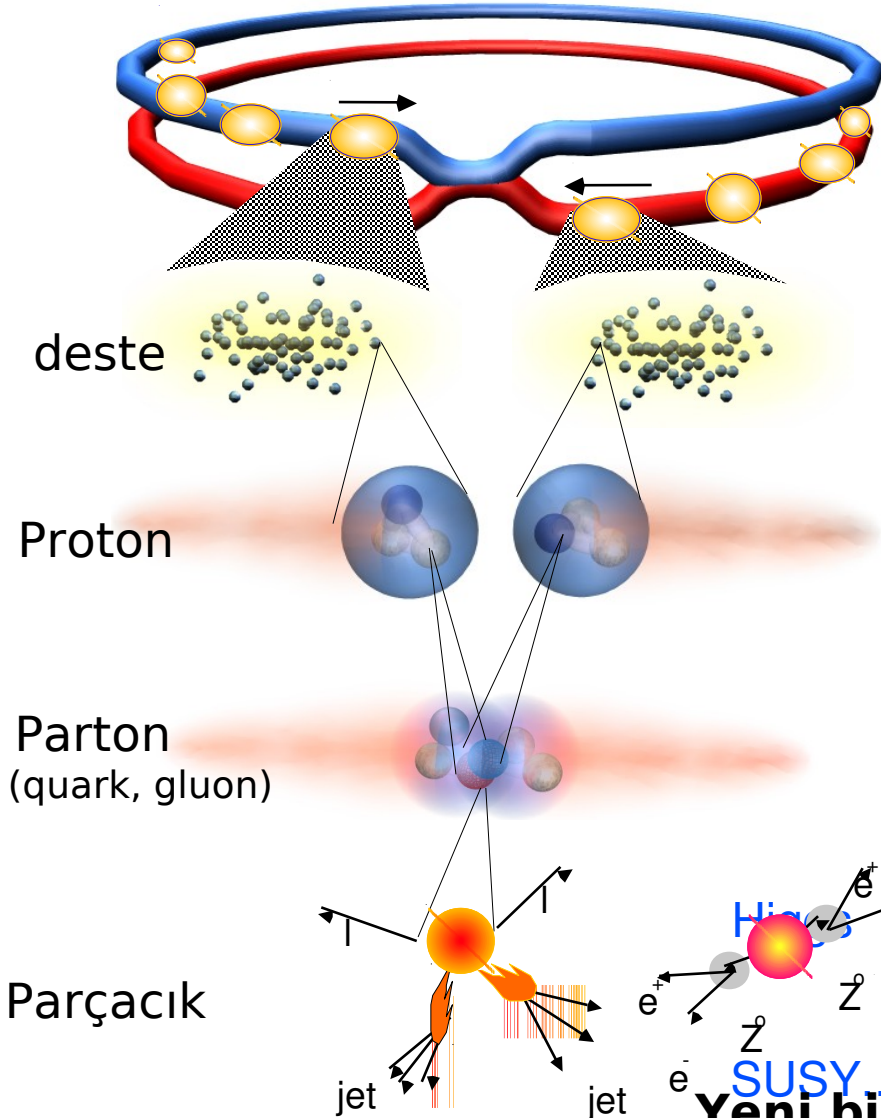
Genel amaç:
Higgs
SUSY

Ağır iyonlar
Quark-gluon plazma



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

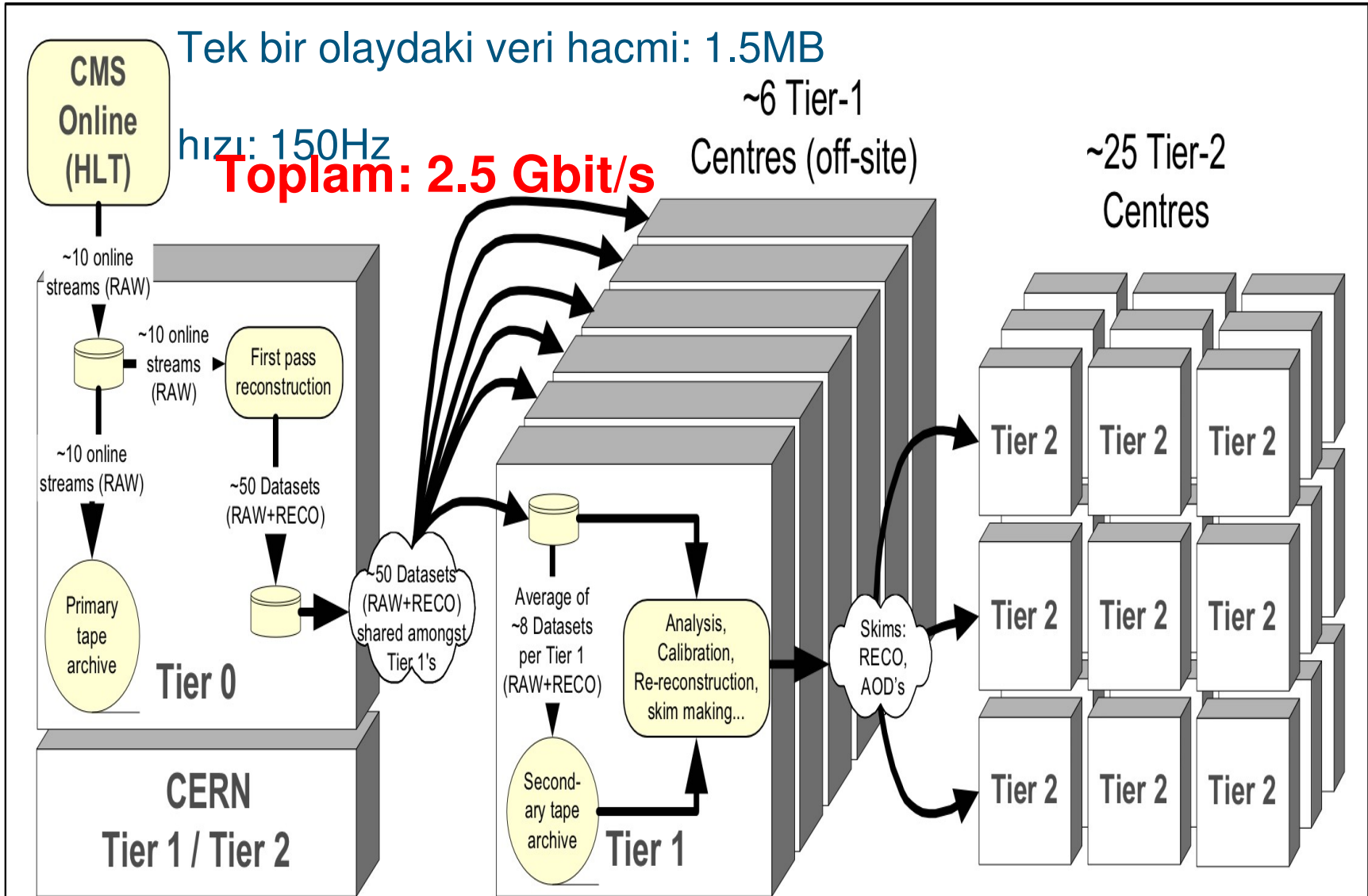
$E=mc^2$ Enerjinin yoğunlaşması

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



Higgs Discovery Limits

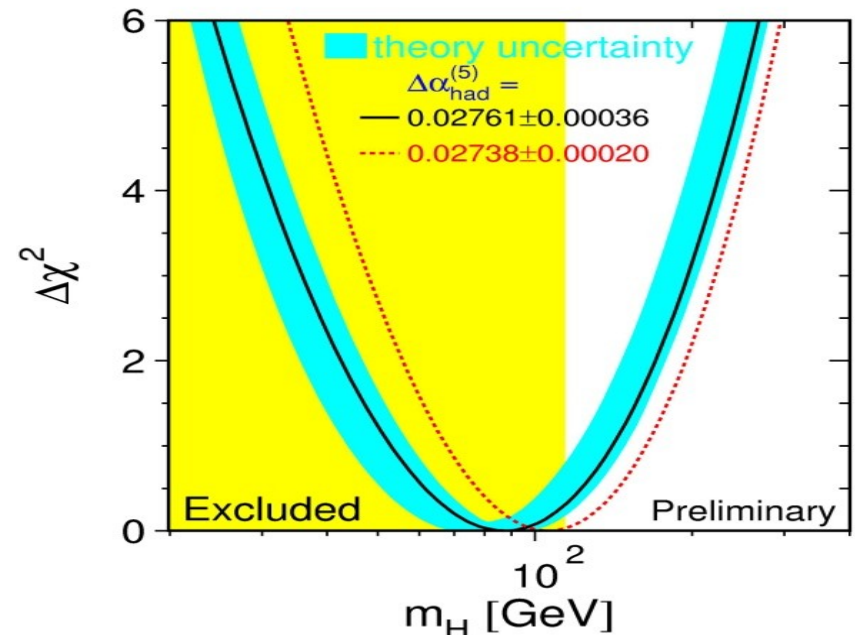
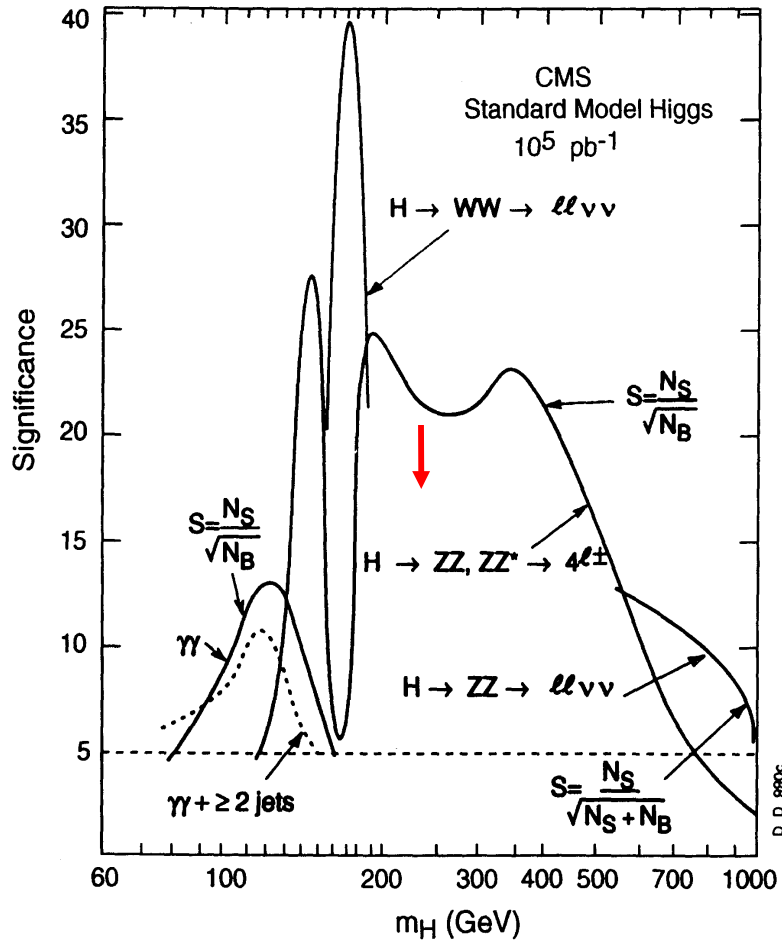
The main final state is $ZZ \rightarrow 4l$.

At high masses larger branching ratios are needed.

At lower masses the ZZ^* and $\gamma\gamma$ final states are used.

LEP II put a limit ~ 110 GeV.

CMS will cover the full range from LEP II to 1 TeV.

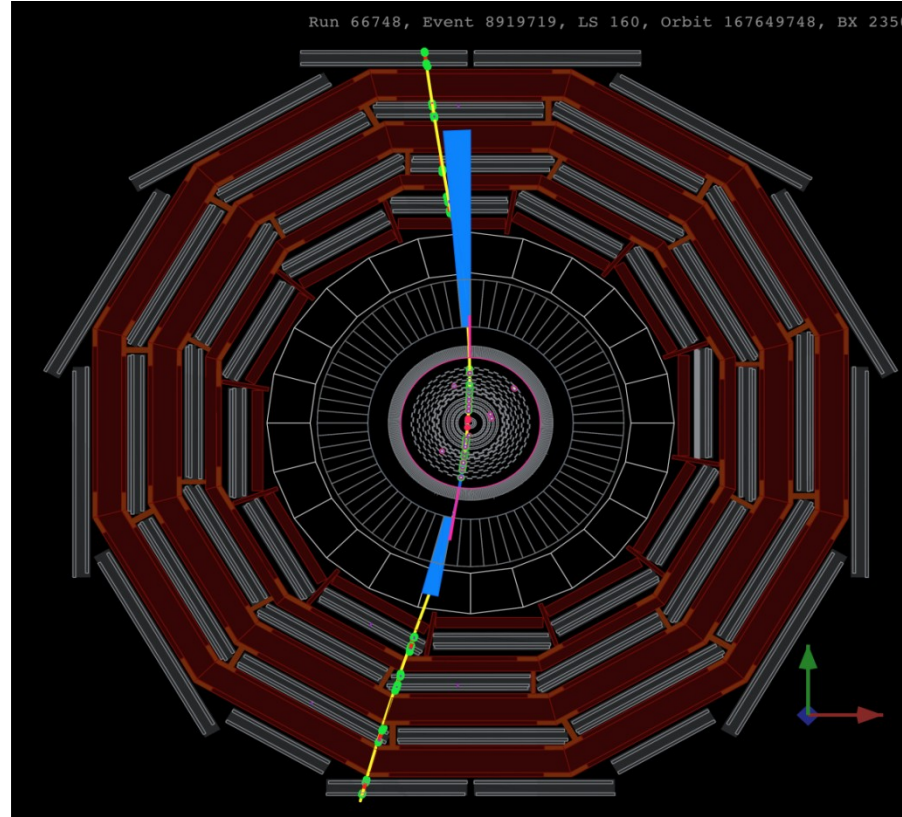


LHC ne durumda?

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 (900 GeV, 2.36 TeV)
- 2010 → 7 TeV



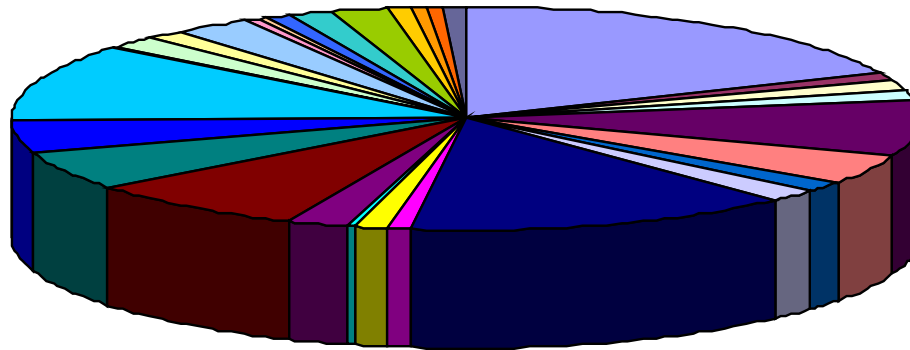
CMS Collaboration

CMS Collaboration

31 Countries

146 Institutes

1801 Physicists and Engineers



- USA
- Austria
- Belgium
- Finland
- France
- Germany
- Greece
- Hungary
- Italy
- Poland
- Portugal
- Slovakia
- Spain
- CERN
- Switzerland
- UK
- Russia
- Armenia
- Belarus
- Bulgaria
- China
- Croatia
- Cyprus
- Estonia
- Georgia
- India
- Korea
- Pakistan
- Turkey
- Ukraine
- Uzbekistan

CMS Detector Systems

Superconducting Coil, 4 Tesla

Muon Barrel
Drift Tube
Chambers (DT)
Resistive Plate
Chambers (RPC)

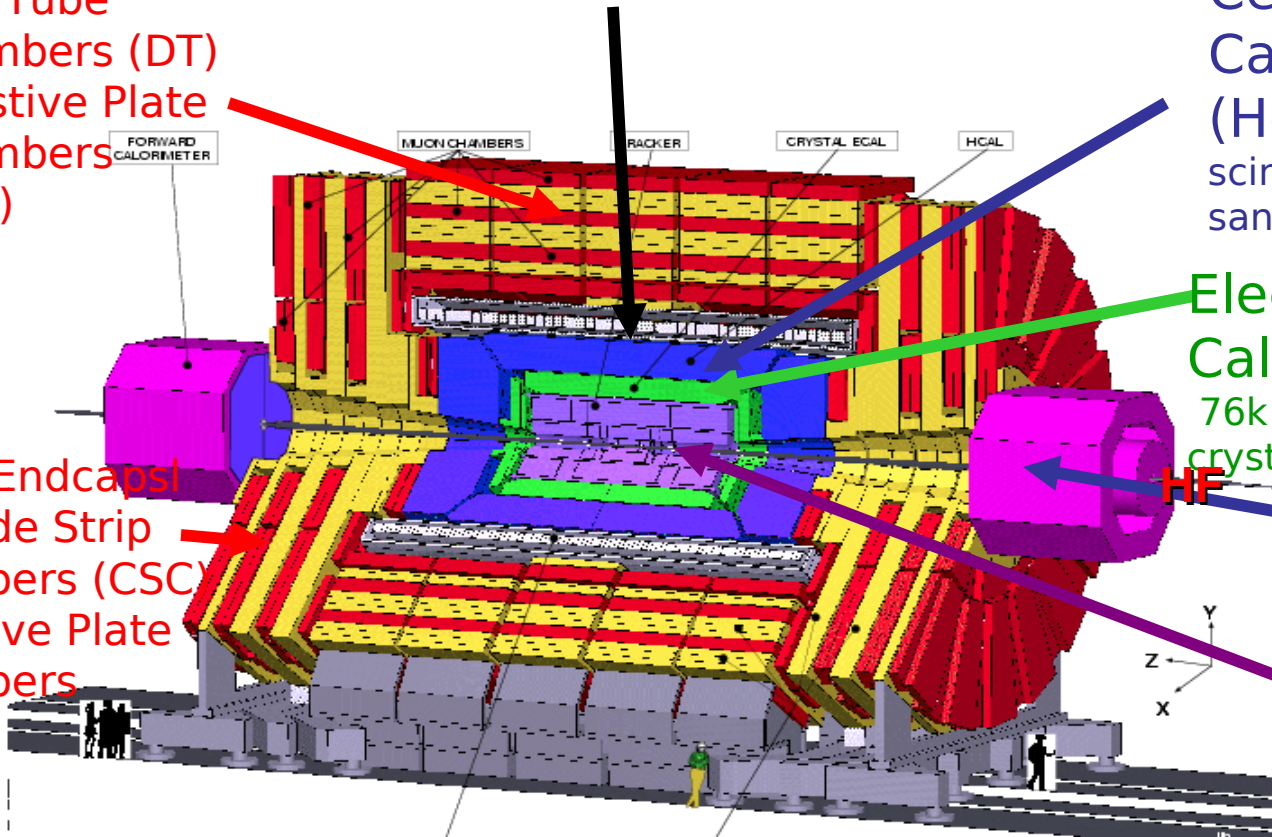
Central Hadronic
Calorimeter
(Hcal) Plastic
scintillator/brass
sandwich

Electromagnetic
Calorimeter (Ecal)
76k scintillating PbWO₄
crystals

Muon Endcaps
Cathode Strip
Chambers (CSC)
Resistive Plate
Chambers (RPC)

Tracker

Pixels
Silicon Microstrips
210 m² of silicon sensors
9.6M channels



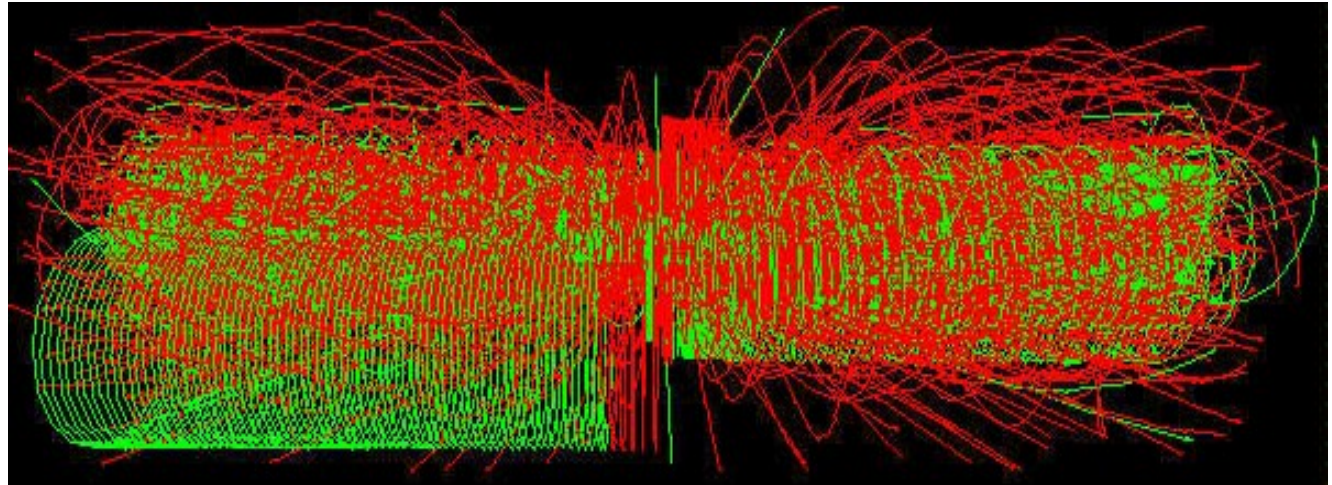
Total weight	12500 t
Overall diameter	15 m
Overall length	21.6 m

A “cliche” example

- $H \rightarrow ZZ$

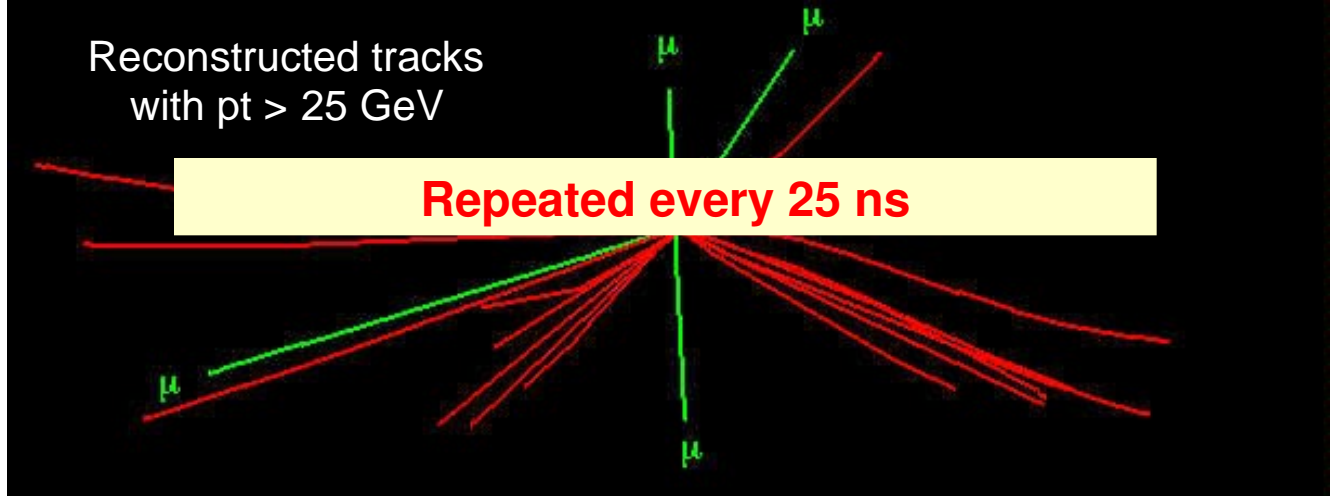
$Z \rightarrow \mu\mu$

$H \rightarrow 4 \text{ muon}$:
the cleanest signal

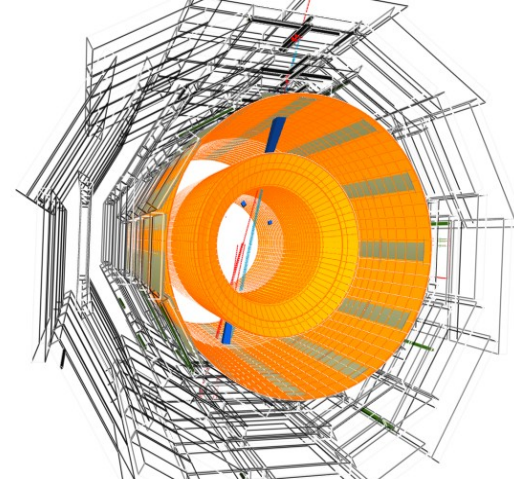


Reconstructed tracks
with $p_t > 25 \text{ GeV}$

Repeated every 25 ns

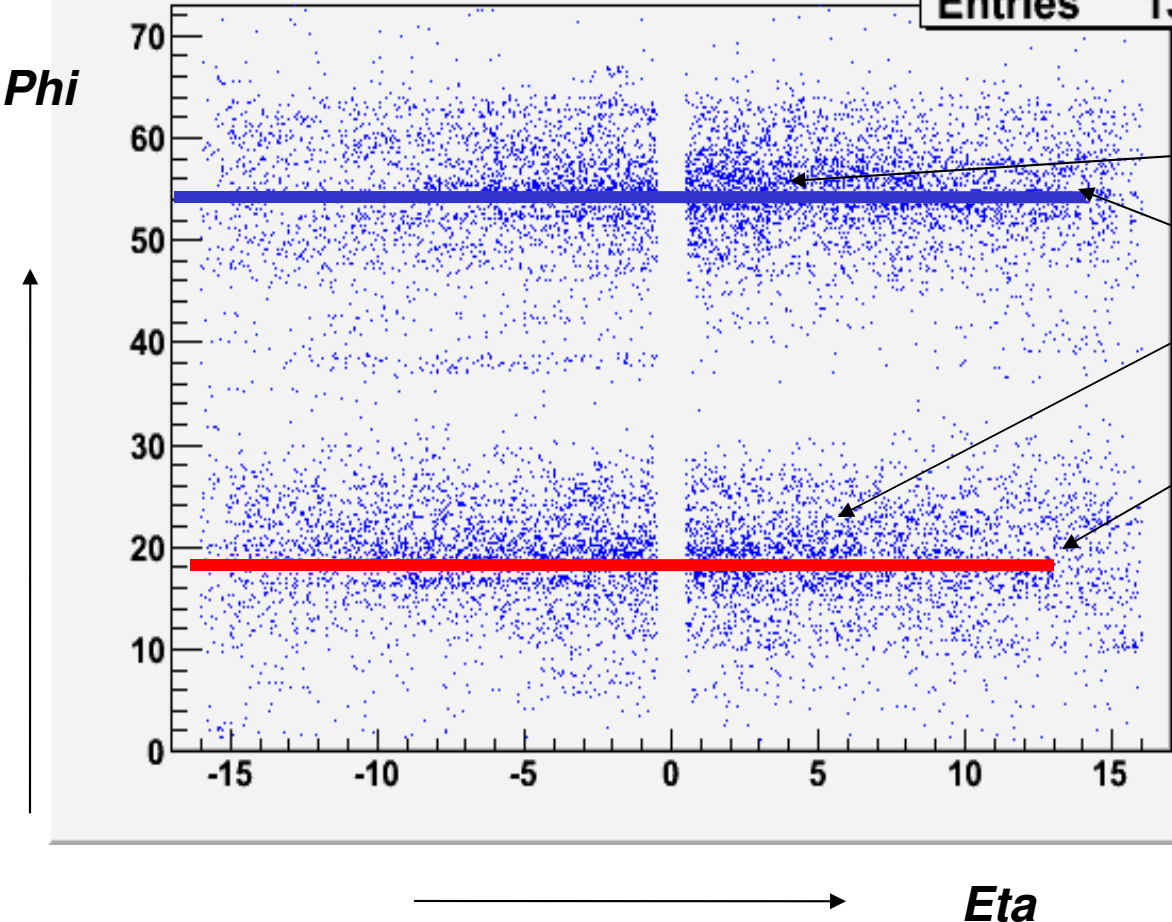


Muons in HCAL



Run 30478: HB occupancy, $E > 5fC$

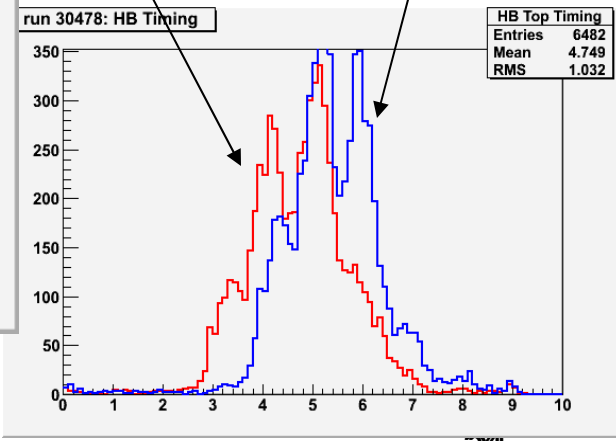
HB occupancy > 5
Entries 13411



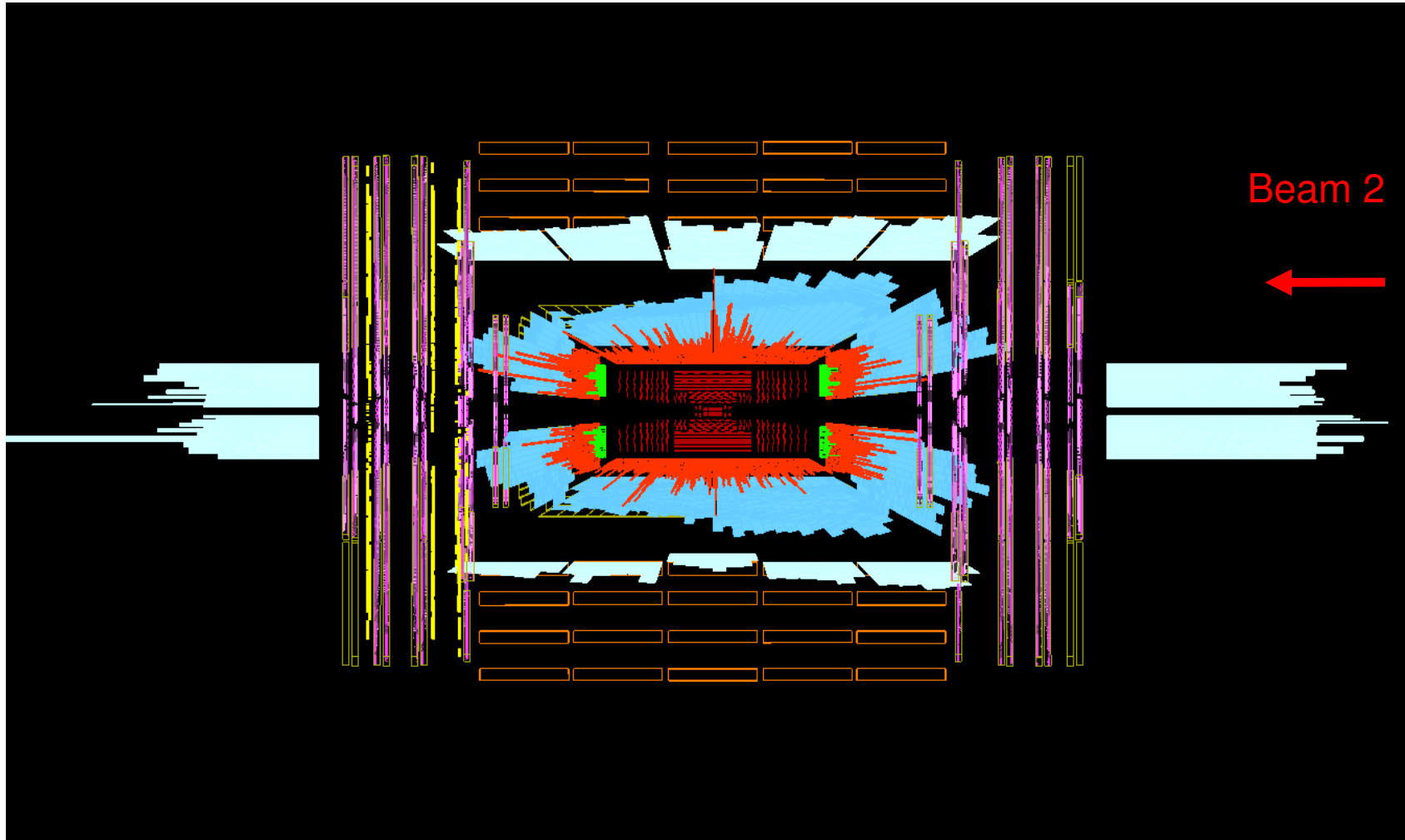
Muon flux

BOTTOM wedges

TOP wedges



'Beam splash' olayları



-Z on the left, +Z on the right

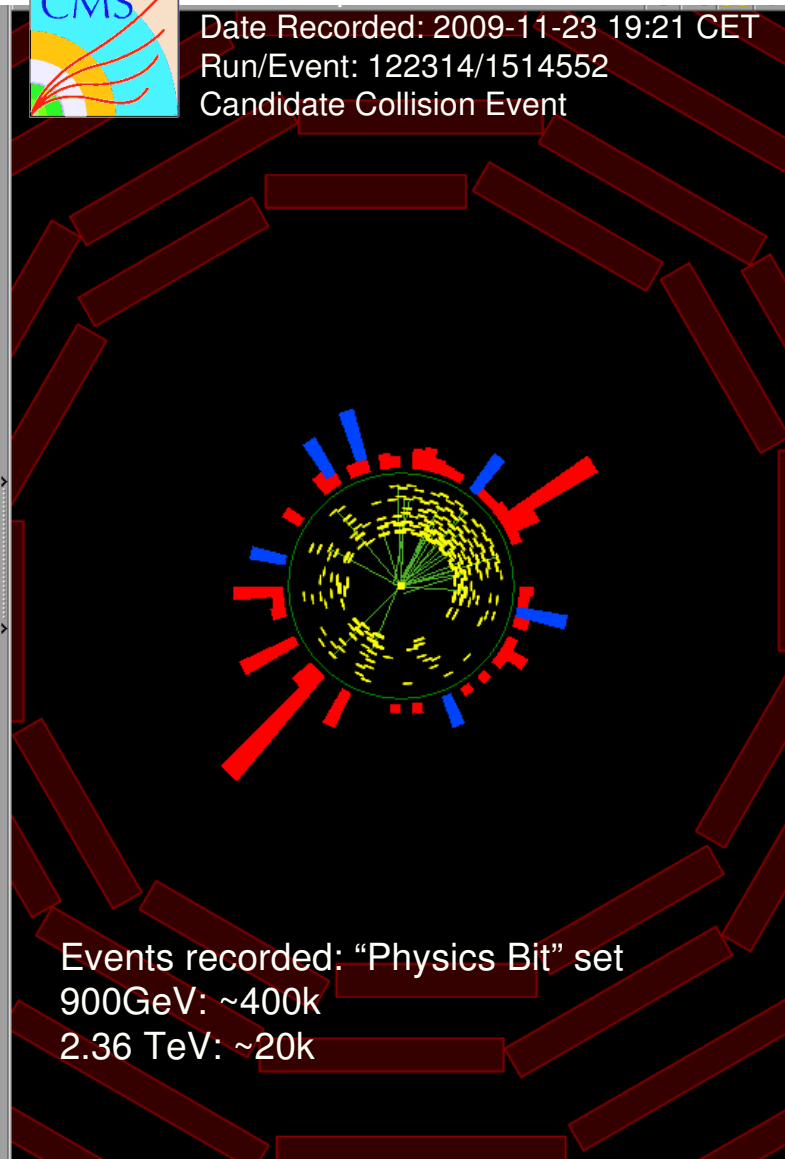
ECAL energy deposits in red, Preshower in green, HCAL energy deposits in blue (light blue for HF and HO), RPC muon hits are in yellow, and CSC muon hits are in magenta.

Start of the LHC: First Collisions

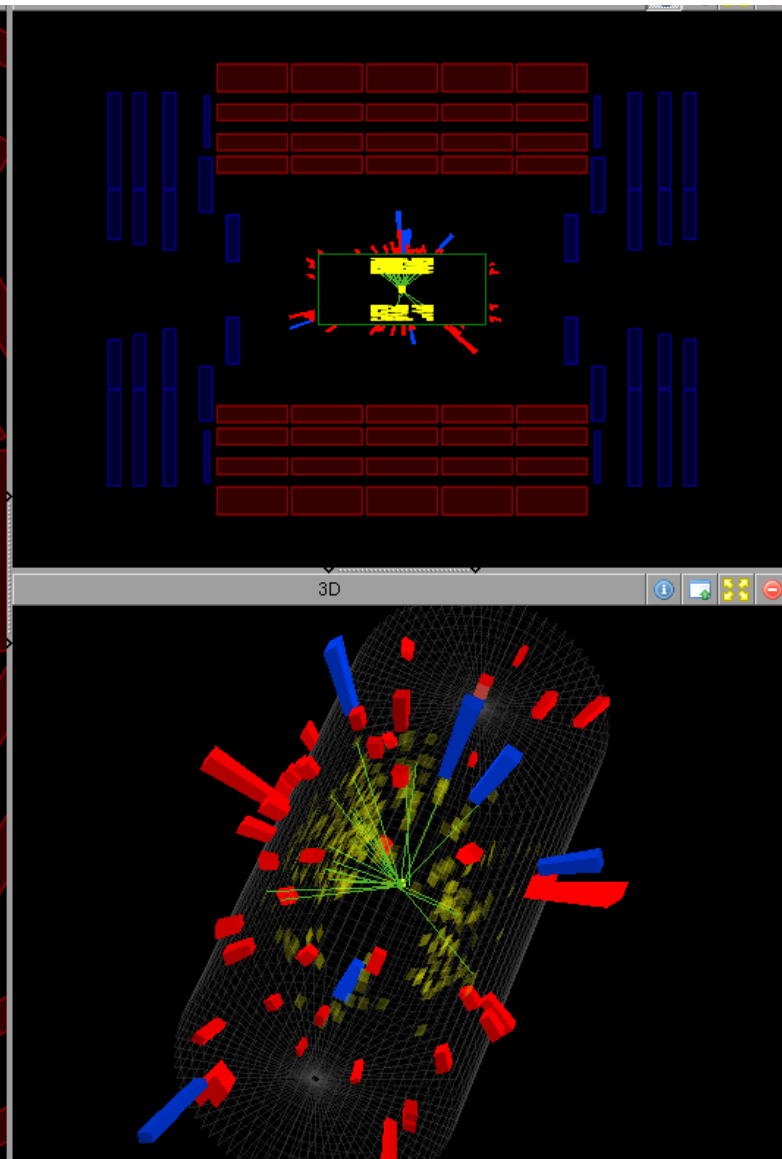
Monday 23rd November



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

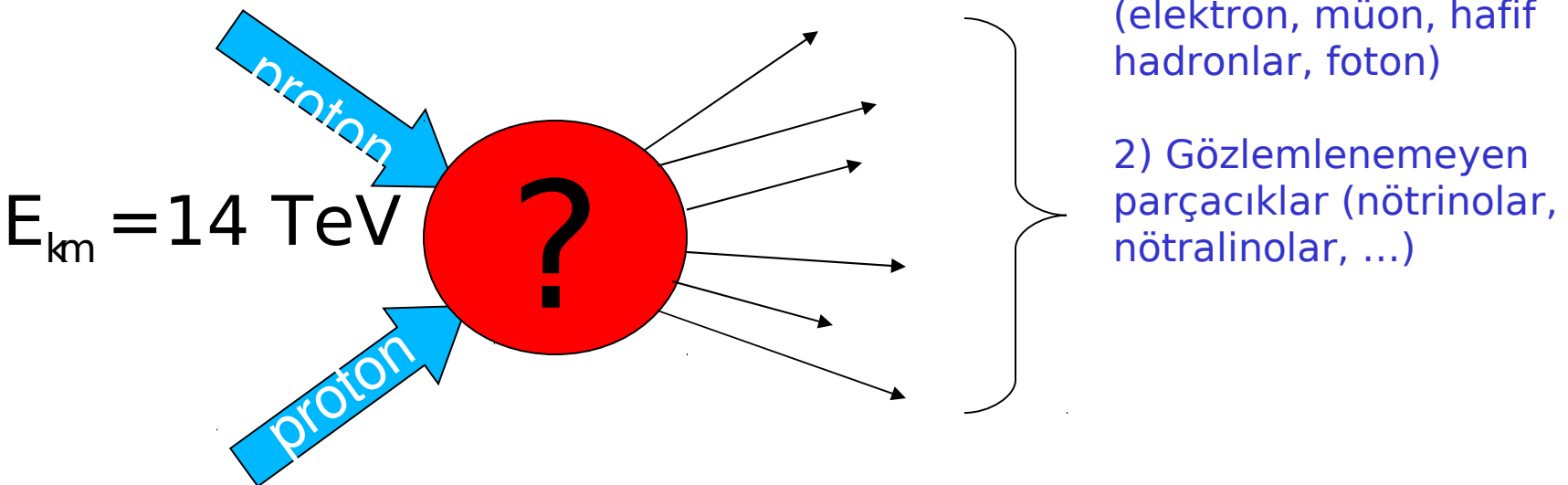




Yürütmekte olduğumuz TAEK projesi: LHC' de Yeni Kuvvetler Araştırması

CMS bir genel amaçlı proton-proton çarpışma deney olup birbirinden bağımsız olmayan iki ana hedefi vardır:

- a) Yeni madde türlerinin aranması.
- b) Yeni kuvvet yasalarının aranması.



MSSM' nin doğallık problemi

$$W_{\text{MSSM}} = h_e L H_d E^c + h_u Q H_u U^c + h_d Q H_d D^c + \mu \mathbf{H}_d \mathbf{H}_u$$

Kütle terimi = 0

- **Kütle terimi = 1**
- **SUSY kırılması ile hiçbir ilişkisi yok**

μ parametresinin orijini bilinmemektedir. Fiziksel olarak μ 'nun 1 TeV civarında değer alacak şekilde belirlenmesi gerekiyor. Bunu yapabilmek için MSSM'nin genişletilmiş bir formuna ihtiyaç vardır.

Çözüm: Ek ayar gruplu MSSM (U(1)' modeli)

• SM'in ayar yapısını ek bir Abelyan grupla (U(1)') genişletelim.

• μ Parametresini bir kiral süperalan \hat{S} ile değiştirelim öyle ki onun skaler kısmının VEV (boşluk beklenti değeri) μ ' yü versin.

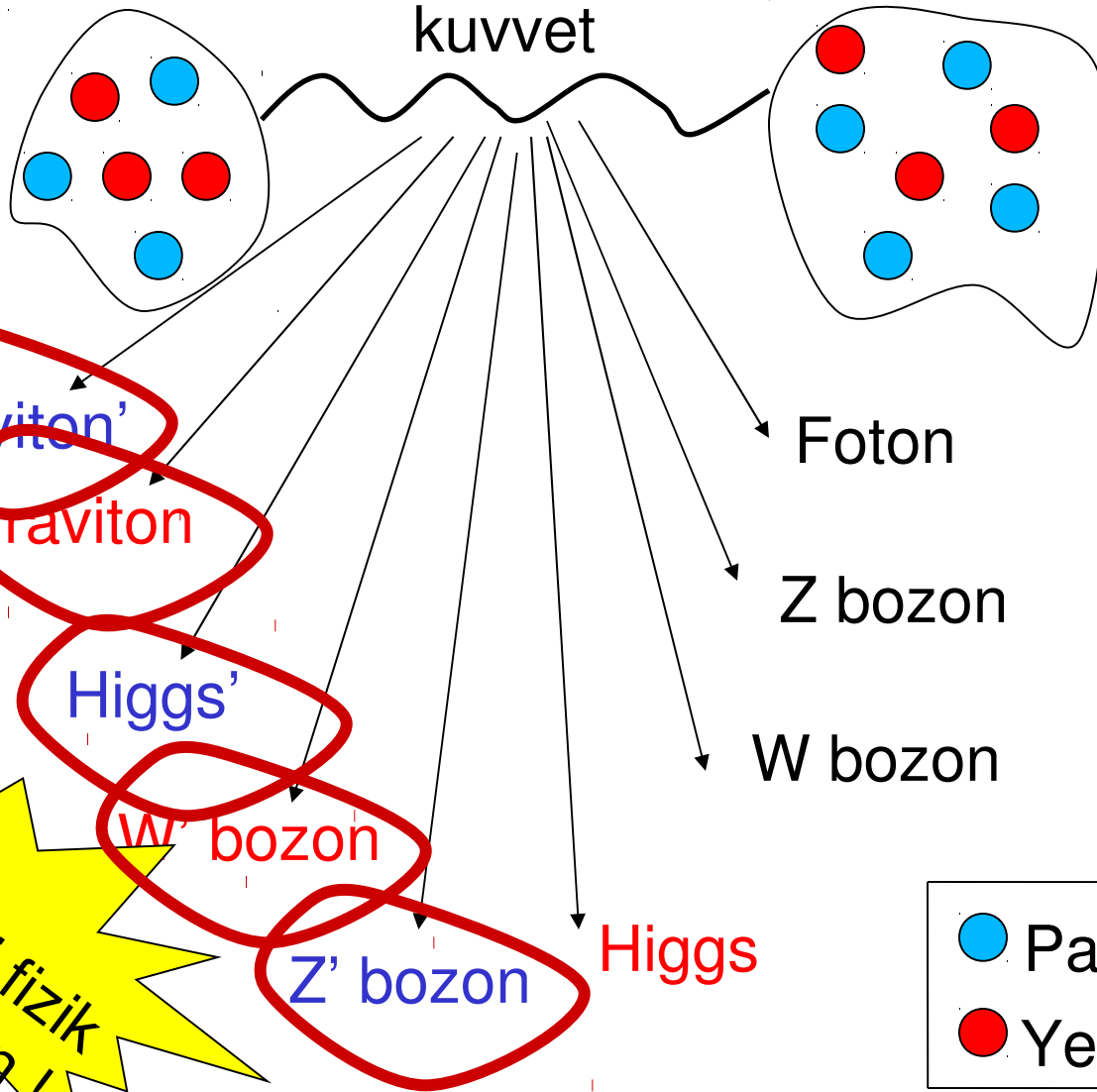
$$W_{NEW} = h_e L H_d E^c + h_u Q H_u U^c + h_d Q H_d D^c + h_s \mathbf{S} \mathbf{H}_d \mathbf{H}_u$$

Mass dimension = 0

Mass dimension = 0



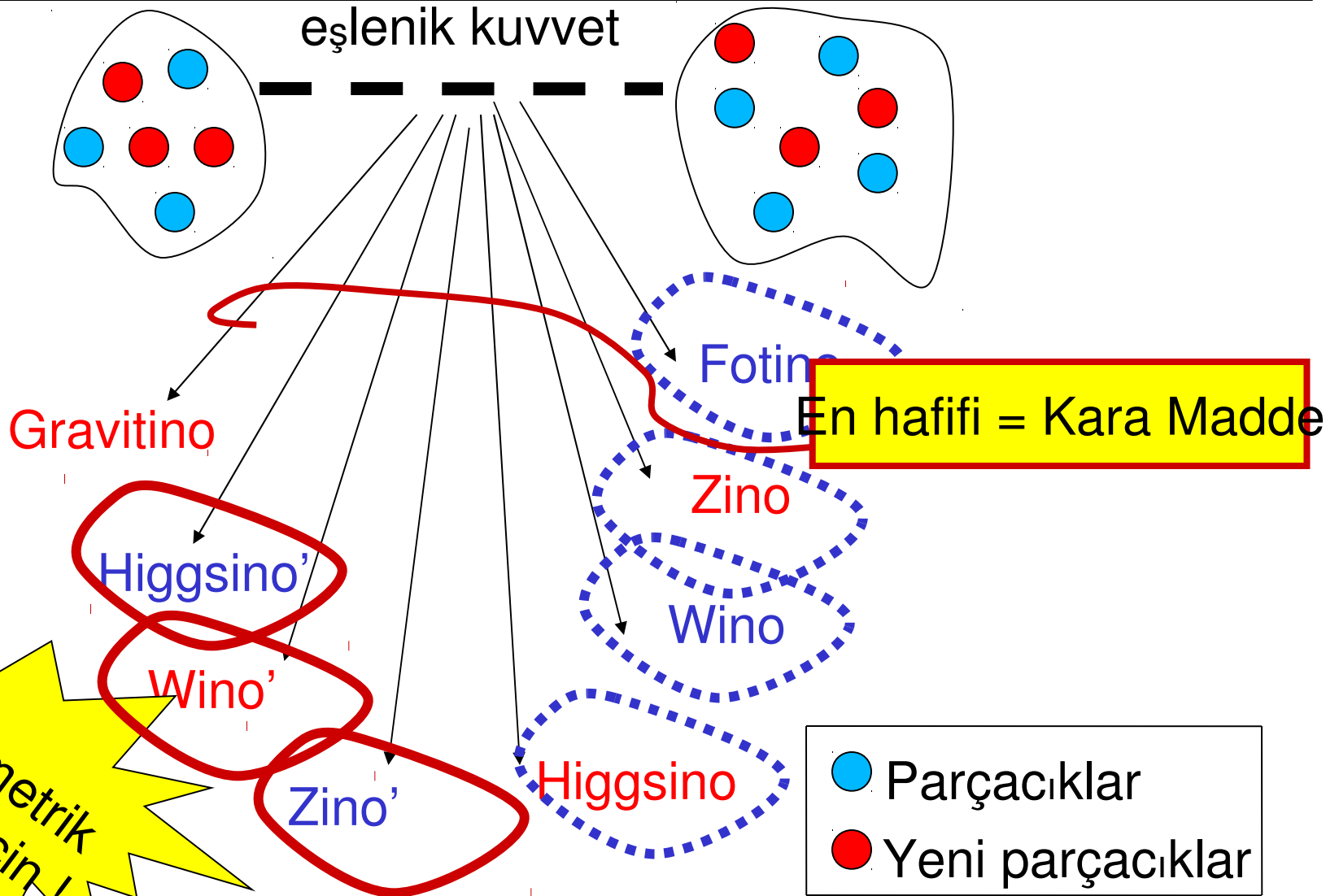
Yeni Kuvvetler



Bütün yeni fizik modelleri için !



Yeni Kuvvetler



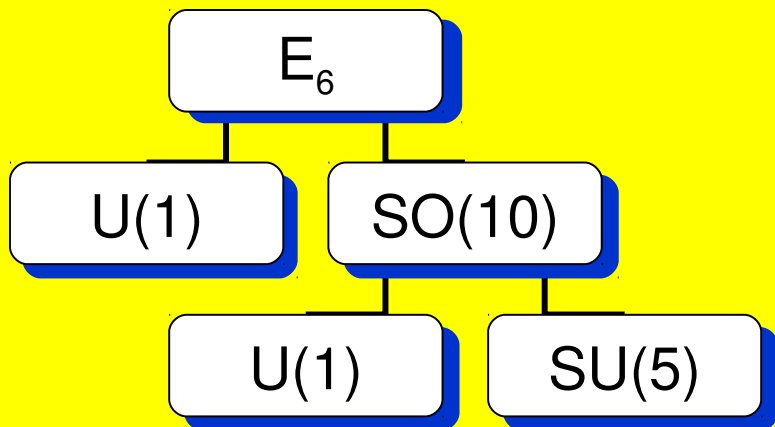


U(1)' Modeli: Motivasyonlar

Yüksek Enerjilerden

SUSY GUTs, Sicim

Ek U(1) TeV'de kırılır



$G_{SM} \times U(1)'$

Düşük Enerjilerden

$G_{SM} \times U(1)'$

$$W_{U(1)'} = h_s S H_u \cdot H_d + \dots$$

Ek U(1) TeV'de kırılır

MSSM μ problemi

$$W_{MSSM} \mu H_u \cdot H_d + \dots$$

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



Yeni Kuvvetler: Yeni Modeller

Ana proje konusu

a) Yeni ayar kuvvetleri.

$$G_{SM} = SU(3)_C \otimes SU(2)_L \otimes U(1)_Y$$

$$G_{SM} \Rightarrow G_{SM} \otimes U(1)' \quad \text{(U(1)' modeli)}$$

$$G_{SM} \Rightarrow SU(3)_C \otimes SU(2)_L \otimes SU(2)_R \otimes U(1)_{B-L}$$

(sol-sağ simetrik model)

X-SUSY

b) Yeni çekim kuvvetleri.

Einstein-Hilbert terimi: $\mathcal{R}/16\pi G_N$

$$\mathcal{R} \Rightarrow f(\mathcal{R})$$

$$\mathcal{R} \Rightarrow f(\mathcal{R}, \mathcal{R}_{\mu\nu}, \mathcal{R}_{\mu\nu\alpha\beta})$$

(yüksek enerji çikim)

Hayaletler!!

X-GRAV (çok-boyutlu uzaylarda)

ileri aşamada



Projenin Temel İddiası

Yeni bir ayar grubu olarak $U(1)$ ' simetrisi yalnızca barındırdığı Z' kuvveti ile değil bizzat Zino' eşlenik-kuvveti ile de CMS'de yoklanabilir.

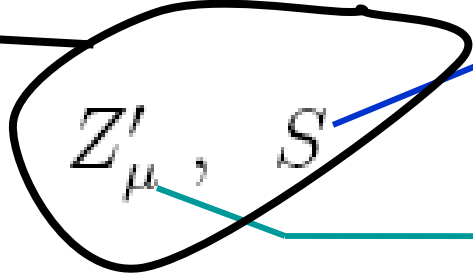
LHC enerjilerinde eşlenik-kuvvet lepton, jet ve MET spektrumlarında önemli değişimlere yol açar.

MSSM'den Farklılıklar

U(1)' modeli MSSM'dekilere ek olarak şu parçacıklara sahiptir:

Kuvvetler

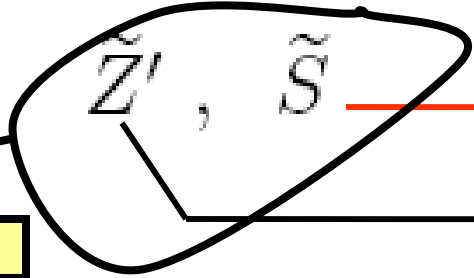
• Bozonlar:



Yeni bir Higgs alanı !

Yeni bir ayar alanı !

• Fermiyonlar:



Yeni bir Higgsino !

Yeni bir gaugino !

Eşlenik kuvvetler

Bu alanlar MSSM'ye göre bir çok yenilik içerirler
→ LHC'de gözlemlenecek bir çok yeni olay!

Başlıca U(1)' sinyalleri

- Z' bozonu tarafından indüklenen sinyaller

$$(p p \rightarrow Z' \rightarrow \ell^+ \ell^-, q\bar{q})$$

[Z' bozonun süper-eşleniklere bozulması dahil edilirse bu sınırlar 250-300 GeV kadar düşer.]

- Zino' fermiyonu tarafından indüklenen sinyaller

$$(p p \rightarrow \tilde{q} (\rightarrow q\tilde{Z}') \tilde{q} (\rightarrow q\tilde{Z}'))$$

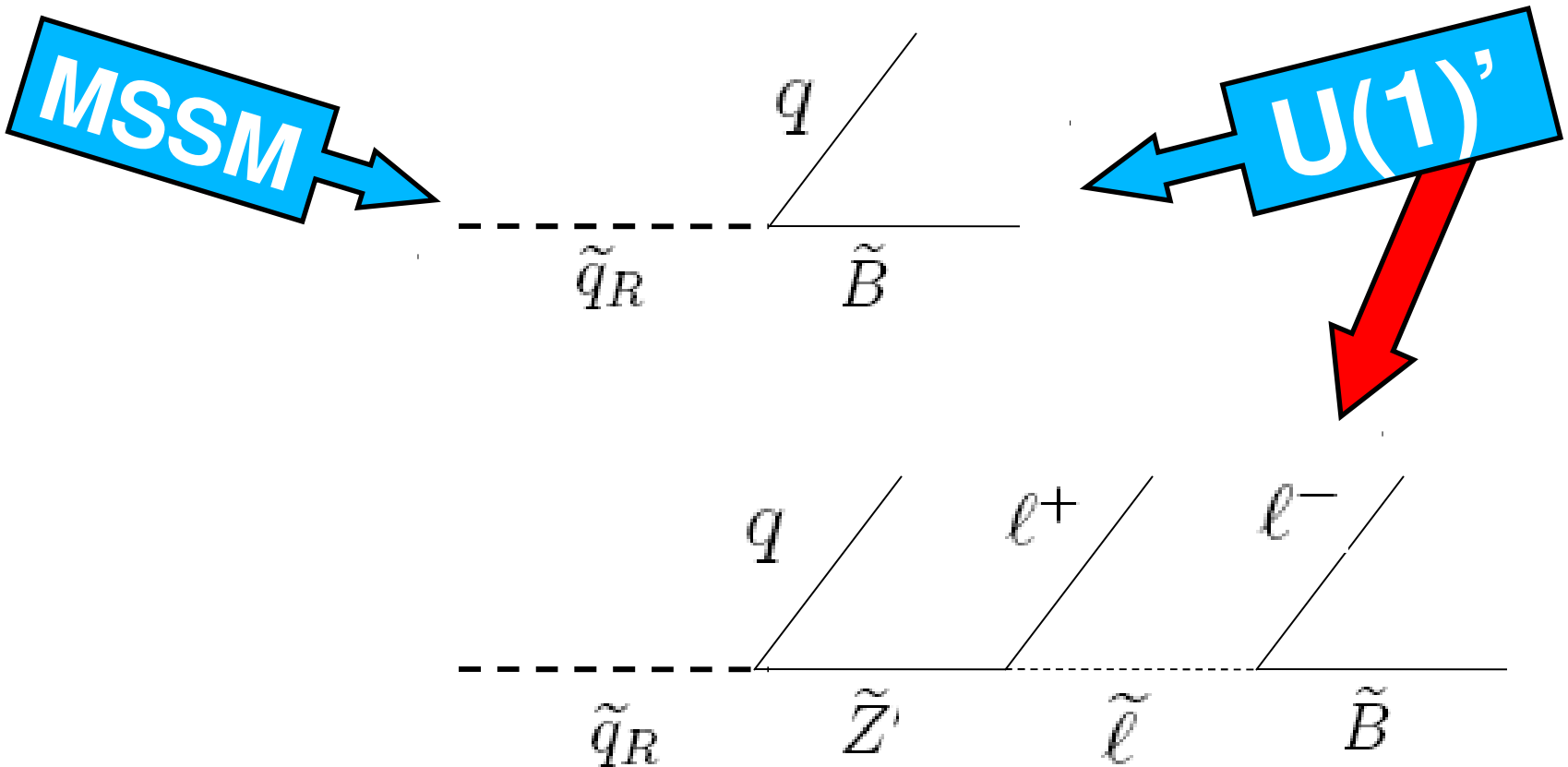
CDF II preliminary		L = 2.3 fb ⁻¹
Model	Mass Limits, 95% CL (GeV/c ²)	
Z' (SM)	1030	
Z' (η)	975	
Z' (χ)	892	
Z' (ψ)	878	
Z' (N)	861	
Z' (i)	789	
Z' (sq)	754	

Yeni bir ayar grubu olarak U(1)' simetrisi yalnızca barındırdığı Z' kuvveti ile değil bizzat Zino' eşlenik-kuvveti ile de CMS'de yoklanabilir.

LHC enerjilerinde eşlenik-kuvvet lepton, jet ve MET spektrumlarında önemli değişimlere yol açar.

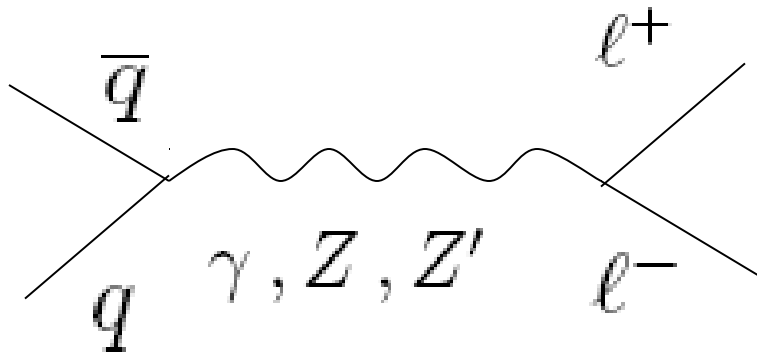
U(1)' Sinyalleri: Zino' etkileri

Sfermiyonlar MSSM'de olmayan **leptonik bozunma** kanalları geliştirirler :

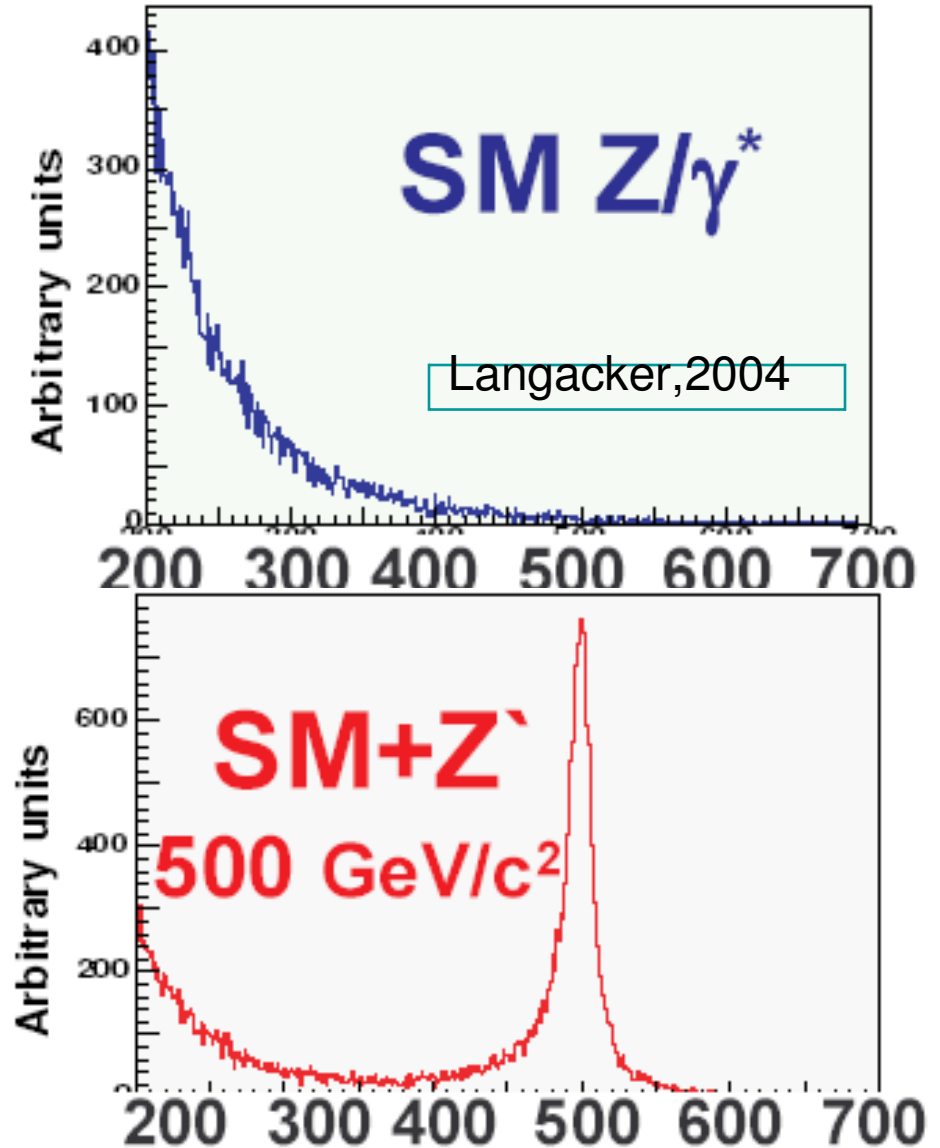


En çok çalışılan U(1)' Sinyali: Z' Boson

iki-lepton değişmez kütleğinde
yeni bir rezonans:

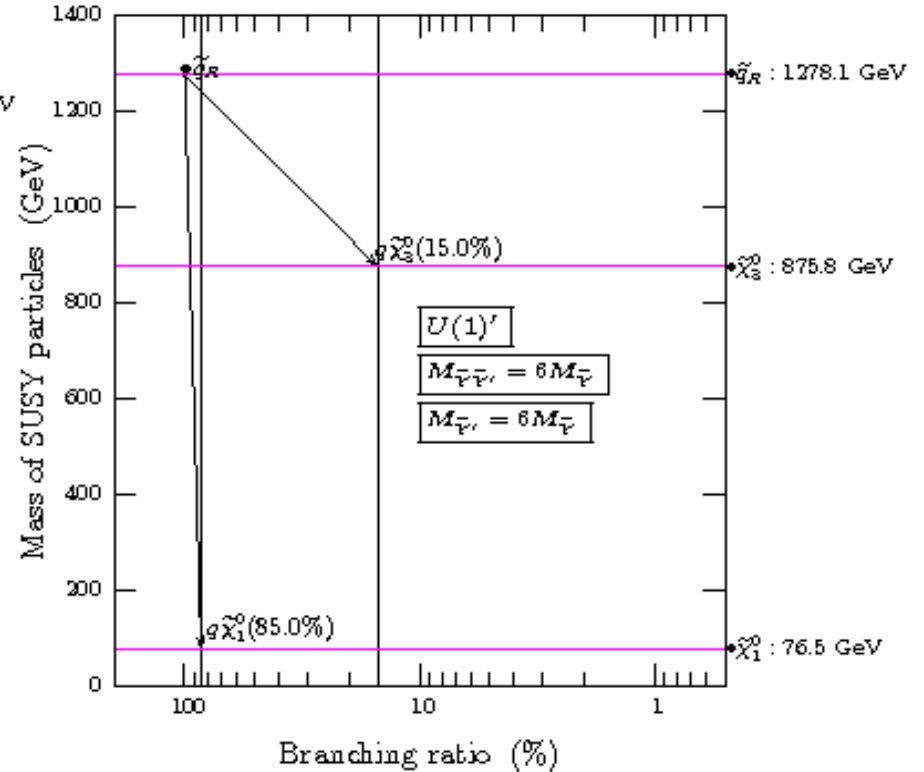
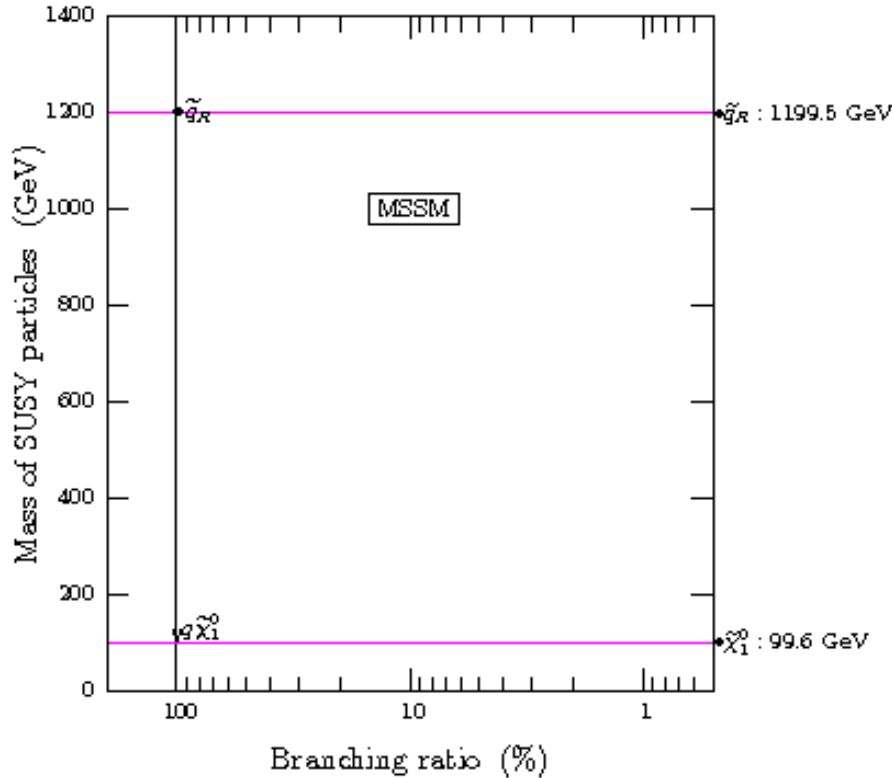


$$l = \mu, e$$





Simülasyon: Zino' etkileri



Saf jet olaylarının sayısı azalır; Zino' leptonlu olayların sayısını artırır.



U(1)' Sinyalleri: Zino' etkileri

MSSM:

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

1 jet + 0 lepton + MET

U(1)' :

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

1 jet + 0 lepton + MET

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

1 jet + 2 lepton + ME

$$\rightarrow q_R \tilde{Z}' \rightarrow q_R \ell^+ \tilde{\ell}^* \rightarrow q_R \ell^+ \ell^- \tilde{W}^3 \rightarrow q_R \ell^+ \ell^- \ell'^+ \tilde{\ell}'^- \rightarrow q_R \ell^+ \ell^- \ell'^+ \ell'^- \tilde{B}$$

1 jet + 4 lepton + ME



Simülasyon: Zino' etkileri

Parametreler:

U(1)' Modeli: E_6 grubundan gelen $U(1)_\eta$

Modeli

**MSSM-deki
Parametreler:**

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

Ek

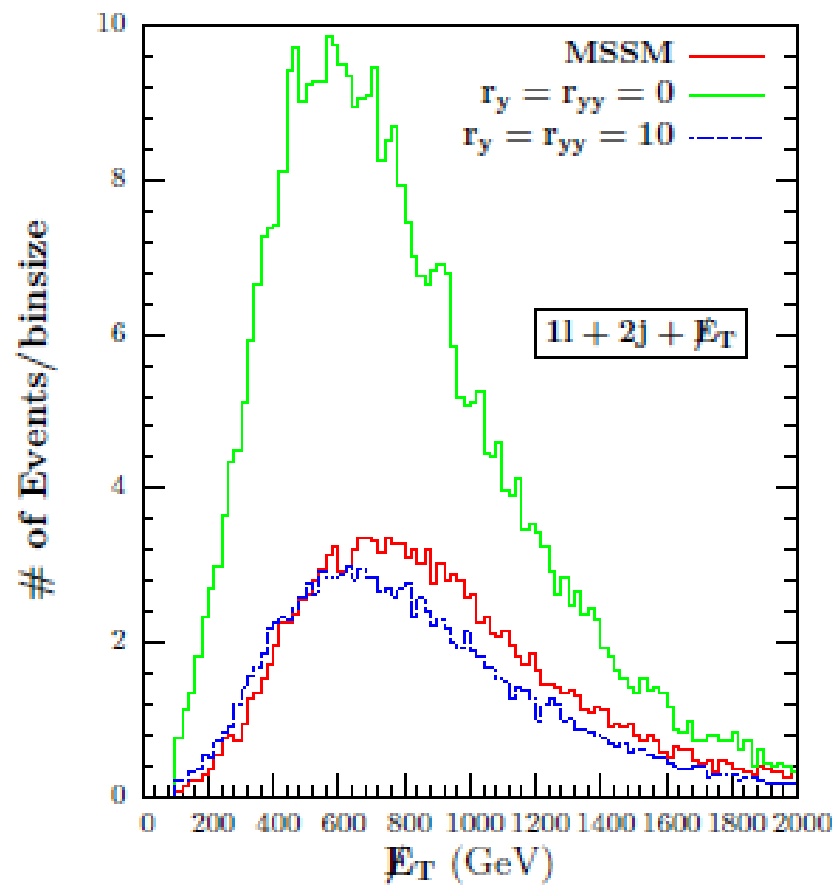
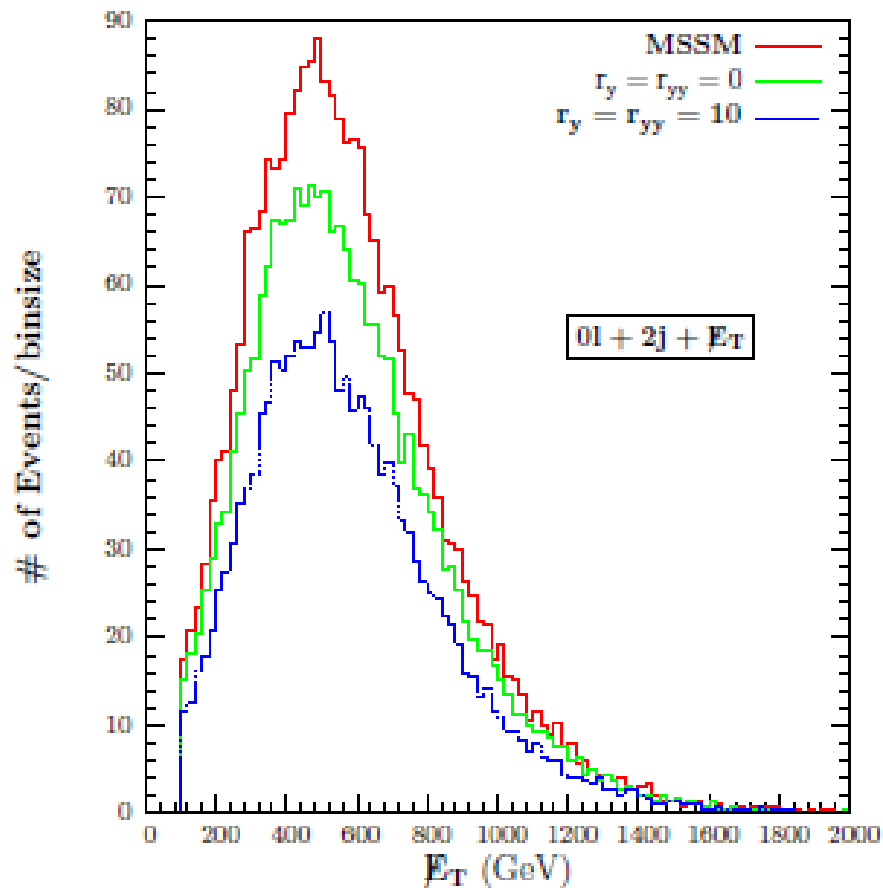
Parametreler:

- $M_{Z'} = 981 \text{ GeV}$
- $\sin \chi = 10^{-2}$

arXiv:0902.3826 (PRD)

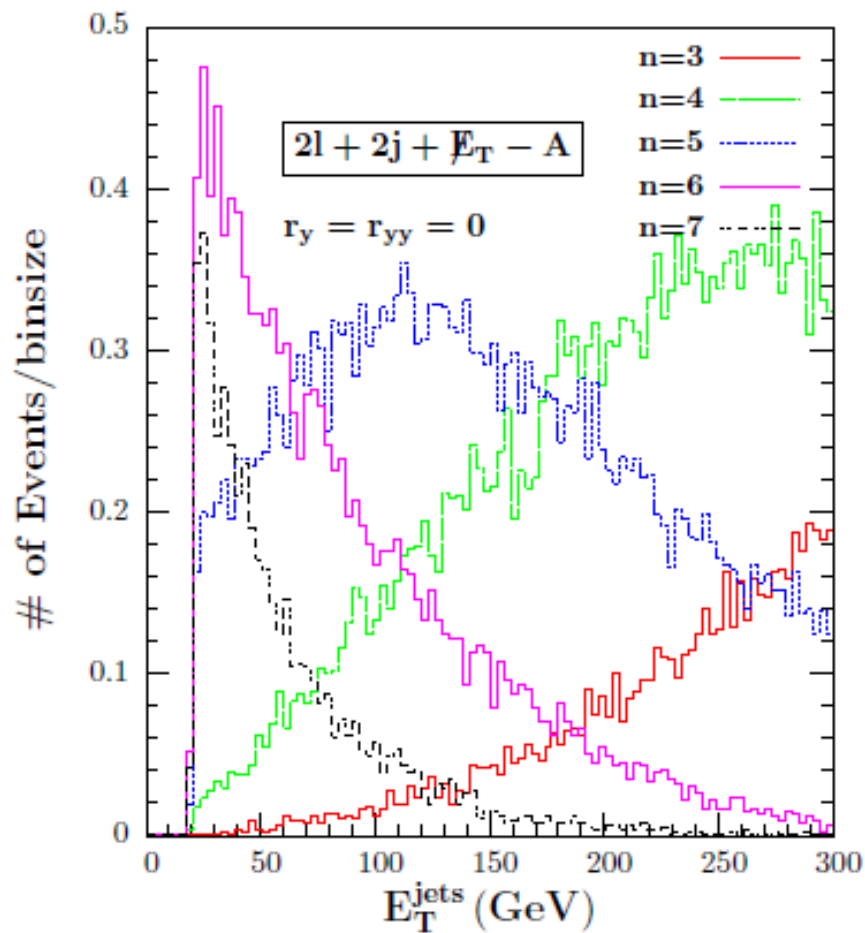
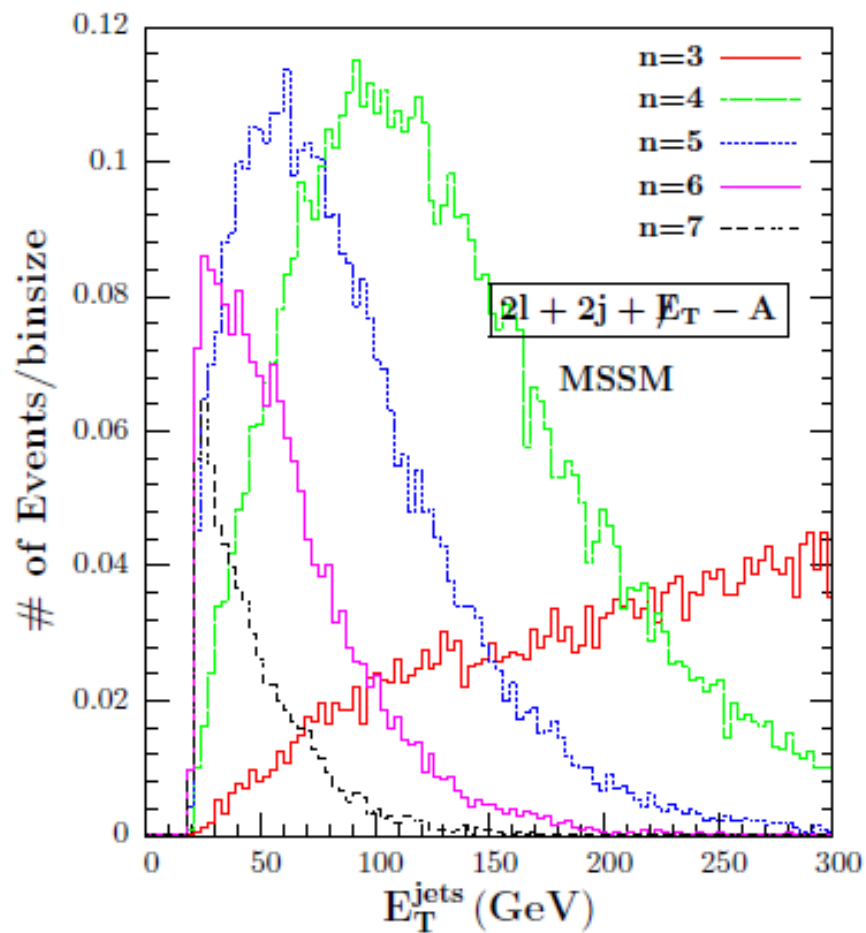


Simülasyon: Zino' etkileri





Simülasyon: Zino' etkileri

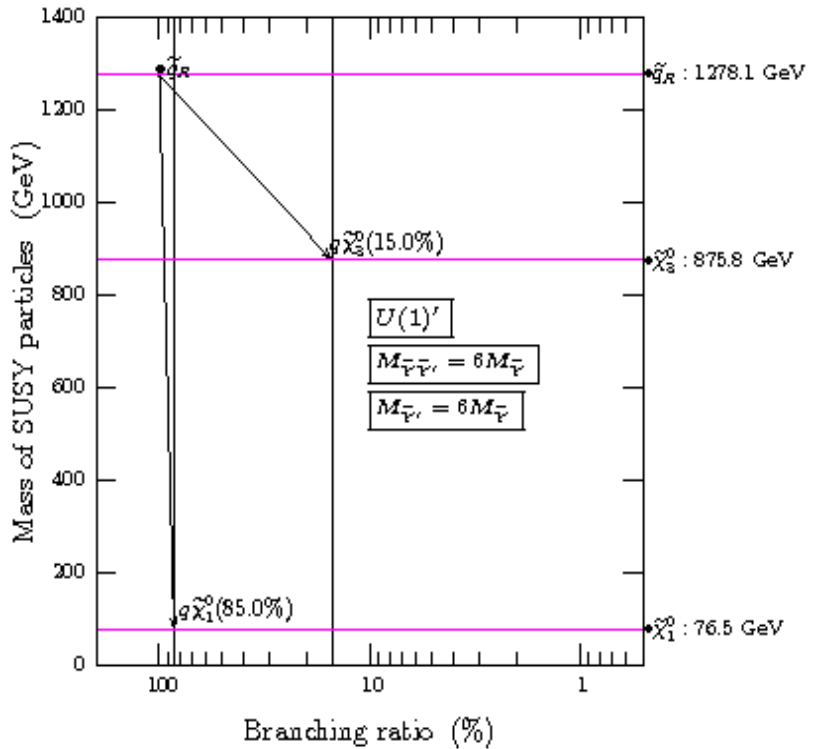


Simulation Studies for the LHC

U(1)' Model

LAN-HEP files

COMP-HEP



PYTHIA

CMSSW (dedektör)

75

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

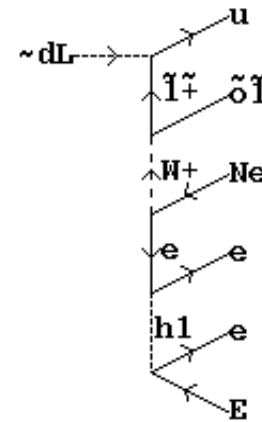
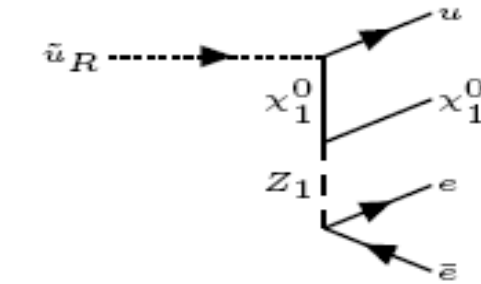
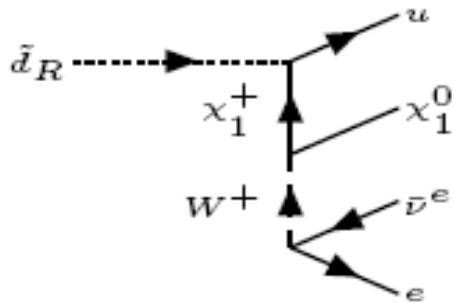
$$pp \rightarrow n \text{ leptons} + m \text{ jets} + \cancel{E}_T$$

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

Squark \rightarrow Jet+ Missing Energy

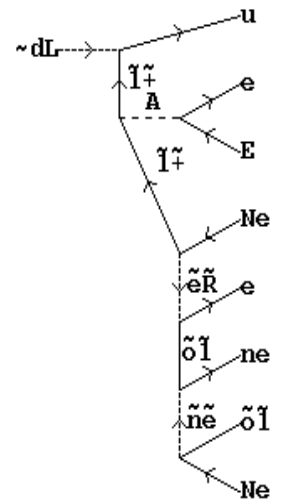


Squark \rightarrow Jet+ 3 leptons + ME
Sq \rightarrow Jet+ l + ME
Sq \rightarrow 2 l + ME



Jet+ 3 leptons + ME
 $\sim u_R$ is absent

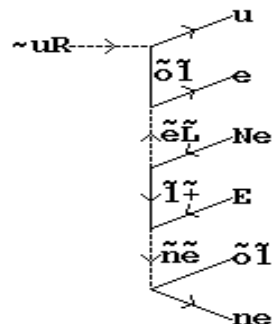
Jet+ 3 leptons + ME



Squark \rightarrow Jet+ l + ME

Squark \rightarrow Jet+ 2 l + 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

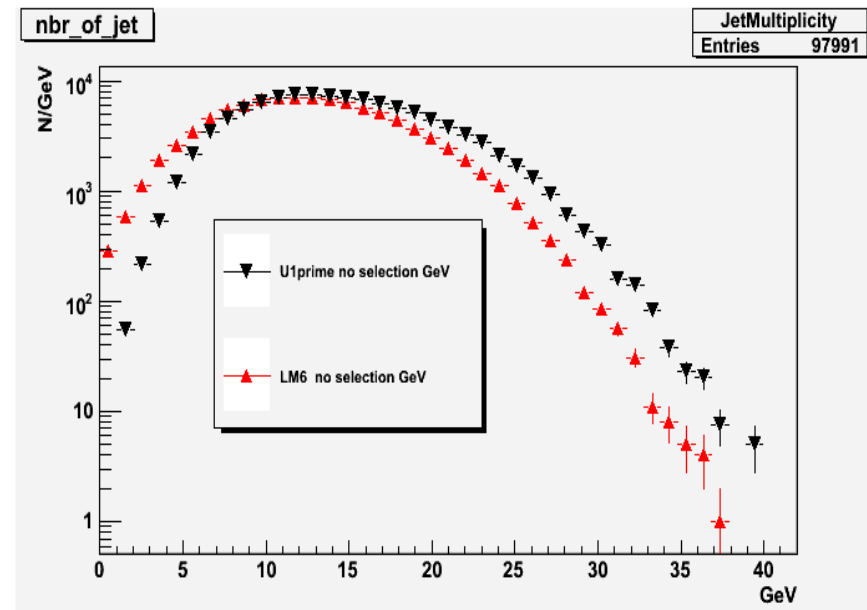
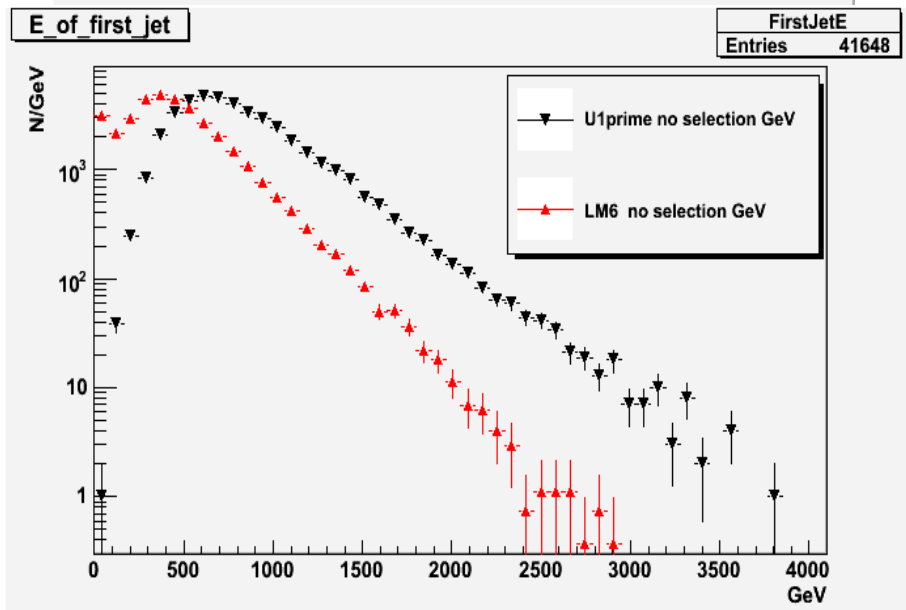
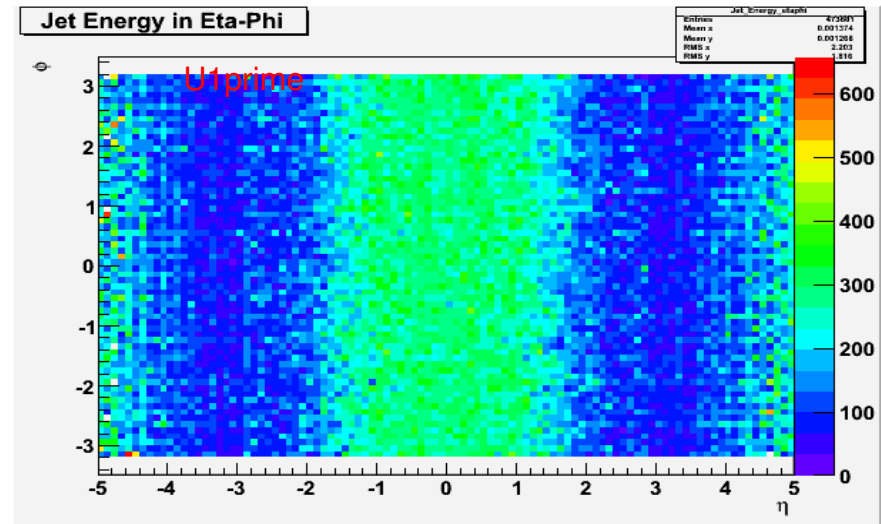
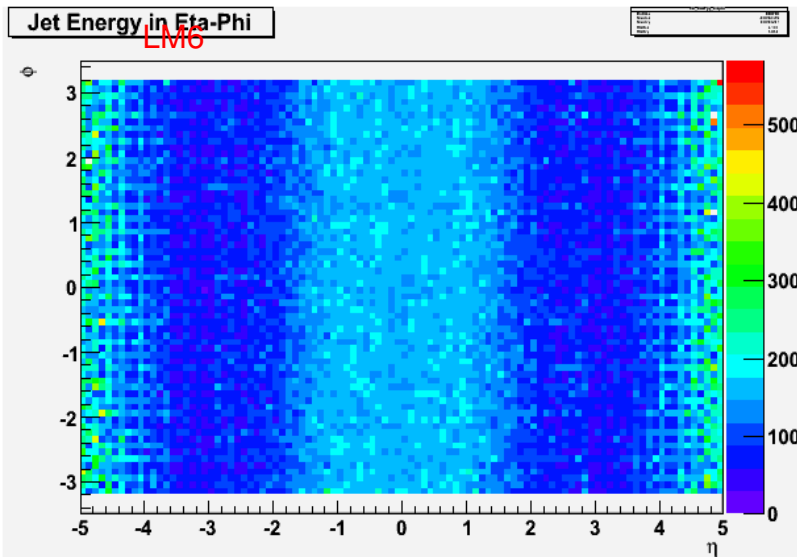
B: Jets + 0 lepton + 0 Missing Energy events
Jets + 0 lepton + Missing Energy events

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

Event Reconstruction in CMSSW



Event Reconstruction in CMSSW

