

# SM Ötesi

## kuramlar & işaretler

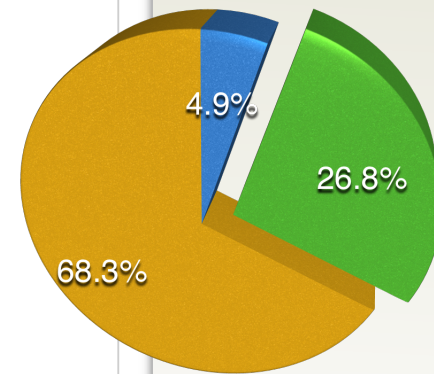
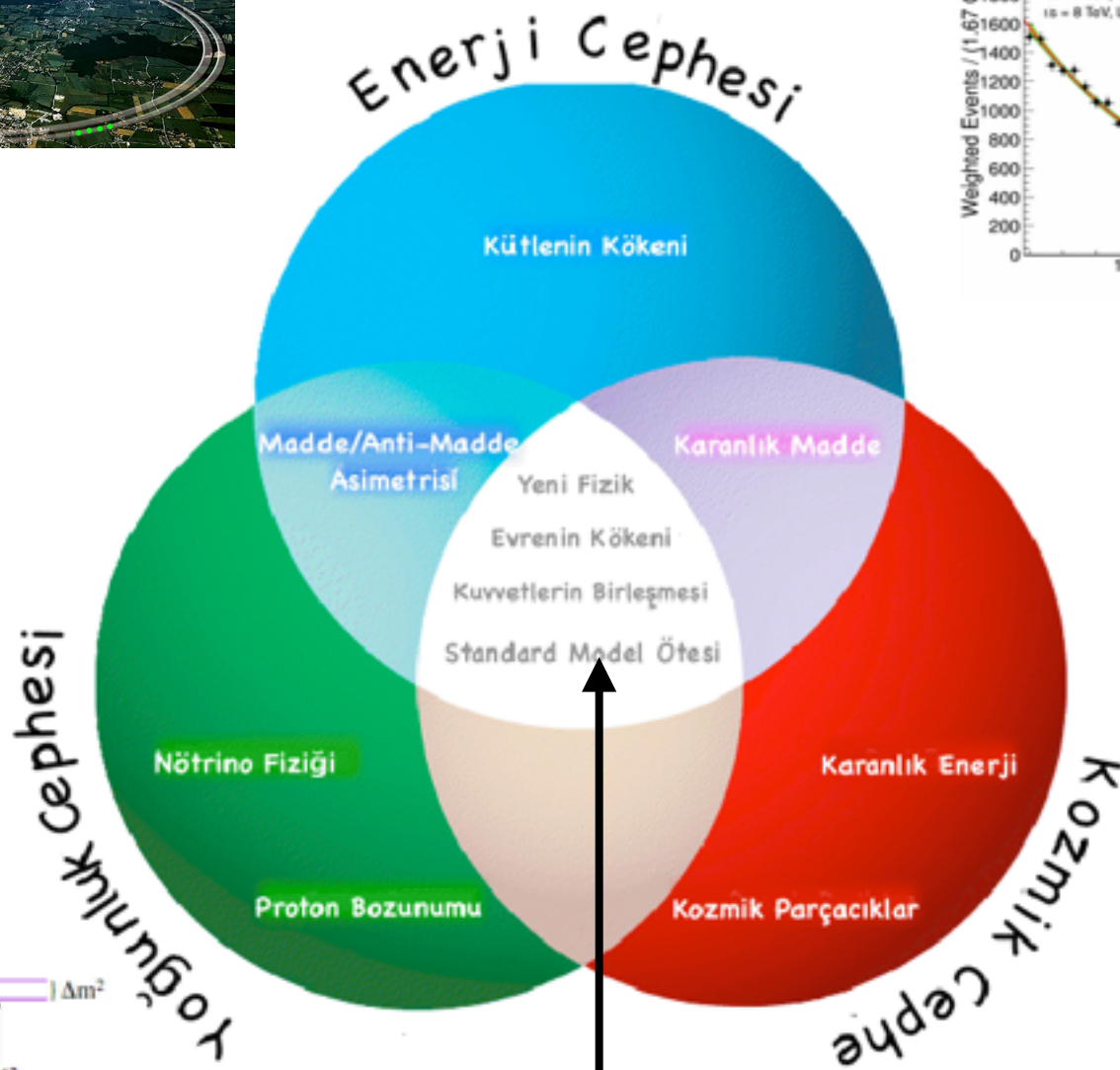
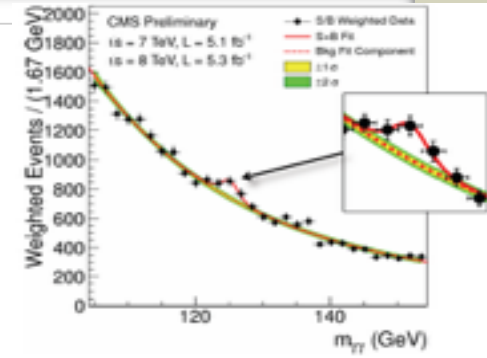


HPFBU 2015

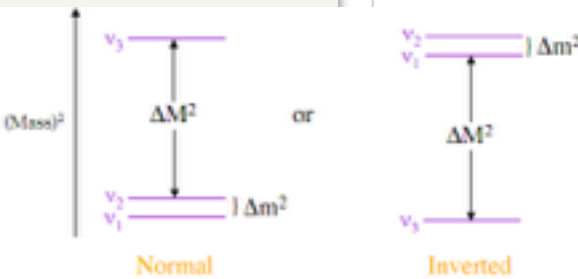
*Gökhan Ünel, Orhan Çakır*  
*Sezen Sekmen, Umut Köse*

- "Piyasa"daki SM Ötesi kuramlara bir bakış
- En önde gidem kuramların özgün işaretleri
- Neler yapılabilir.

# 3-cepheli bilim savaşı



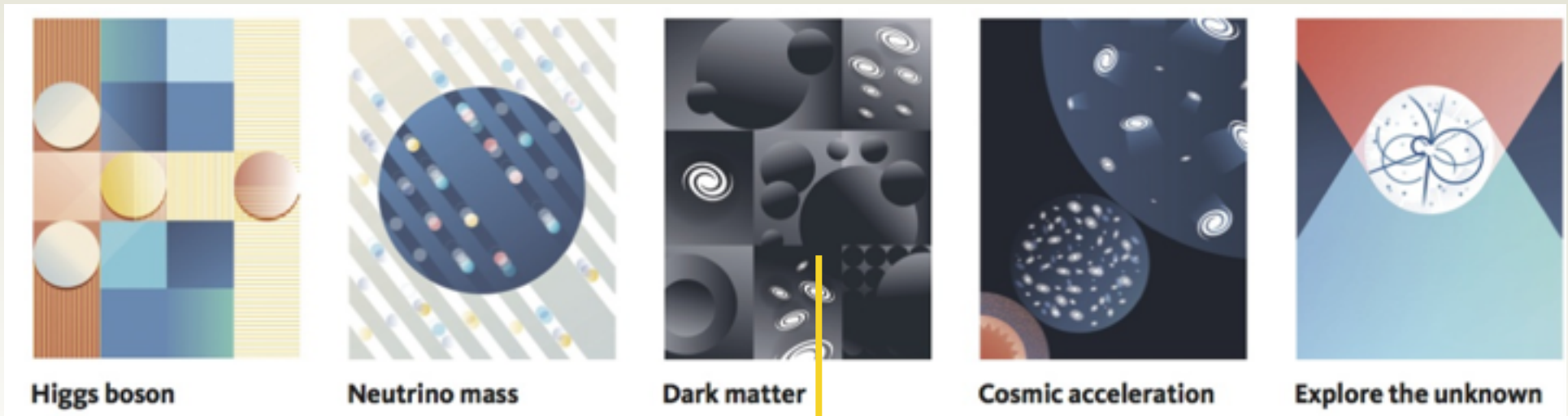
- Olağan Madde
- Karanlık Madde
- Karanlık Enerji



Önce buraya bakalım...

# P5'den 5 ayaklı plan

1. Higgs bosonunu yeni bir keşif gereci olarak kullanmak
2. Nötrino kütlelerinin ardındaki fiziğe bakmak
3. Karanlık maddenin fiziğine bakmak
4. Karanlık enerji ve şişmeyi (enflasyon) anlamak
5. Yeni parçacıkları, etkileşimleri ve fizik ilkelerini bulmak



# SM içeriđi

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
  - Kuvarklar & Leptonlar

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*
  - ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*
  - Higgs bosonu ile kütle kazanımı

- ▶  $3+1$  uzay-zaman

## ▶ *SM en son kuram olamaz:*

- Hierarchy sorunu:  $\delta H \sim M_H$
- EZ ve Güçlü kuvvetler birleşmiyor
- Gelişigüzel fermion kütleleri & karışımları
- Gelişigüzel aile sayısı
- Bilinmeyen baryon çıkış kaynağı

# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
  - Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*

Ayar Kümesi K

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

yeni ayar bosonları

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakışım Kırılması

yeni sayılar

yeni EZBK yöntemleri

Teknirenk

2HÇM

- ▶ *3+1 uzay-zaman*

yeni boyutlar

RS modelleri

ADD modelleri

# SM'den SM ötesine

Üstün Bakışım

4.Aile

► *Fermionlar: madde parçacığı*

- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bileşik modeller

BBK

► *Ayar kümesi yapısı*

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

yeni ayar bosonları

Ayar Kümesi K

Küçük Higgs

► *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

yeni sayılar

yeni EZBK yöntemleri

Dinamik Bakı Kırılması

Teknirenk

2HÇM

► *3+1 uzay-zaman*

yeni boyutlar

RS modelleri

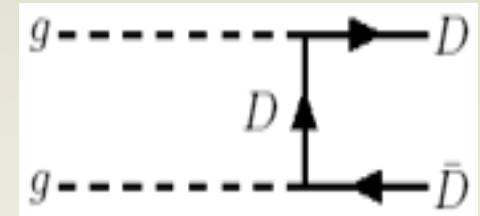
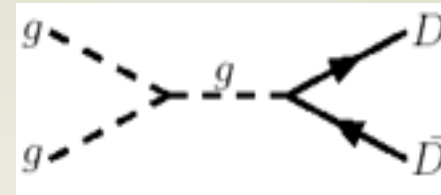
ADD modelleri

# Yeni Kuvarklar: $q=-1/3$ tekliler

- Öngören:  $E_6$  GUT
- Üretilmesi: gluon (kuvark) kaynaşmasından çift
- Bozunması: boson + hafif jet

$$D\bar{D} \rightarrow ZjZj \rightarrow 4\ell 2j$$

- yeni kuvark kütleleri taranır
- çift üretimi karışım açısından bağımsızdır.



- d-D karışımı ağaç seviyesinde dDh köşesine yol açar
- bu özelliği çift keşif için kullanabiliriz: hafif H & D
  - $m_D = 250 - 1000$  GeV arası taranır

$m_D = 250 (500) \text{ GeV}$			
$D_1$	$D_2$	BR	expected final state
$D \rightarrow hj$	$D \rightarrow hj$	0.029 (0.053)	$2j 4j_b$
$D \rightarrow hj$	$D \rightarrow Zj$	0.092 (0.120)	$2j 2j_b 2l$
$D \rightarrow hj$	$D \rightarrow Wj$	0.190 (0.235)	$2j 2j_b l E_{T,miss}$

# $q = -1/3$ tekliler hakkında

►  $E_6$  model yeni parçacıklar önerir:

$$SU_C(3) \times SU_W(2) \times U_Y(1) \subset E_6$$

• aile başına bir iso-tek kuvark:  $D, S, B$

$$\begin{pmatrix} u_L \\ d_L \end{pmatrix}, u_R, d_R, D_L, D_R \quad \begin{pmatrix} c_L \\ s_L \end{pmatrix}, c_R, s_R, S_L, S_R \quad \begin{pmatrix} t_L \\ b_L \end{pmatrix}, t_R, b_R, B_L, B_R$$

Olası varsayımlar:

1. Aile içi karışım, aileler arası karışımdan büyük olmalı
2.  $D$  kuvark en hafifi, SM gibi: BHÇ de kolay ulaşılmalı
3.  $E_6$  ayar bosonları ağır & SM bosonları ile etkileşmez

$$D \rightarrow Zd$$

$$D \rightarrow Wu$$

BR

25%

50%

Kalan Higgs ile



# Yeni kuvarklar $q=2/3$ tekliler

- Öngören: Küçük Higgs
- Üretilmesi:  $W$  değiş tokuşundan tek olarak
- Bozunması: boson + ( $t$  veya  $b$ ) jet

$$qb \rightarrow q'T \rightarrow q' Wb \quad (ht, Zt)$$

- $T(b)$  kuvark kütlelerine ve  $t$ - $T(b-B)$  karışımına bağlı
- 3 bozunma kanalı da çalışılmış.

$$Zt \rightarrow \ell\ell\nu j_b$$

$$Wb \rightarrow \ell\nu j_b$$

# Yeni kuvarklar çiftliler

• Öngören: DMM

• Üretilmesi: gluon (kuvark) kaynaşmasından çift

• Bozunması:  $W + \text{jet}$  (FCNC yok)

$$pp \rightarrow u_4 \bar{u}_4 \text{ or } d_4 \bar{d}_4$$

• yeni kuvark kütlesini tara

$$u_4 \rightarrow W^+ b$$

$$d_4 \rightarrow W^- t$$

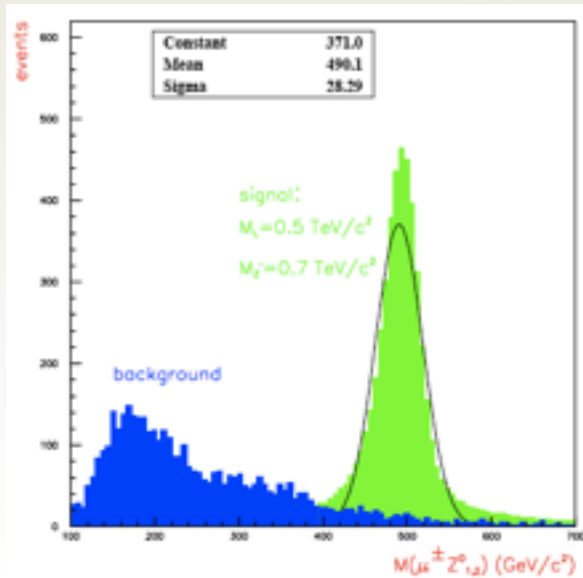
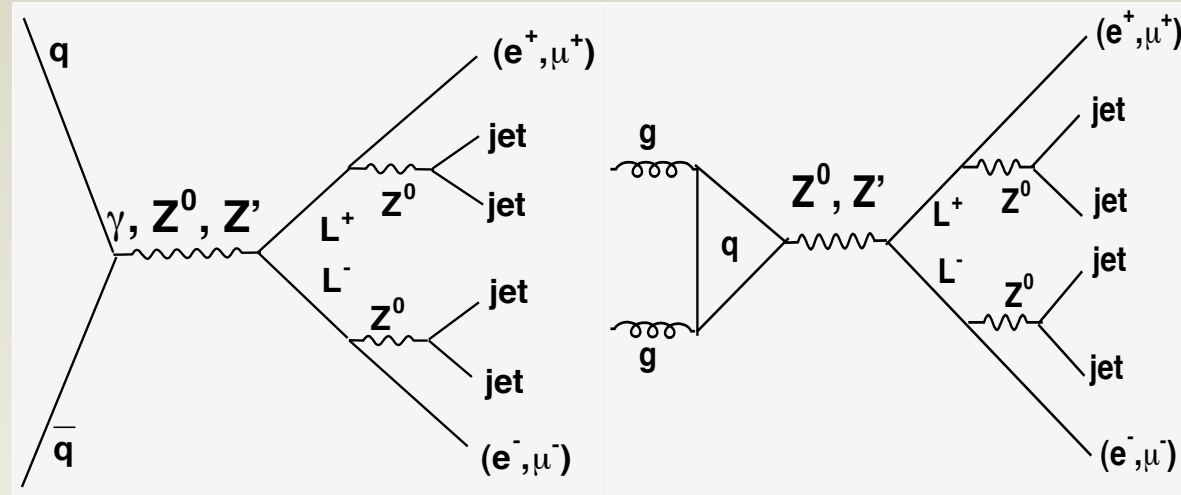
Quarks	u	c	t	$u_4$
	d	s	b	$d_4$
Leptons	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	$\nu_4$
	e	$\mu$	$\tau$	$e_4$
	I	II	III	IV

- CPV kaynağı (BAU için)
- Başka EZ bakışım kırılması - karma Higgs
- Fermiyon kütle hierarchy
- Kara Madde adayı

# Yeni Leptonlar

- Öngören: Dördüncü aile,  $E_6$  BBK, tekni renk.
- Üretilmesi: gluon/kuvark kaynaşmasından çiftler
- Bozunması: boson + lepton

- L ve  $Z'$  kütlesine bağlı

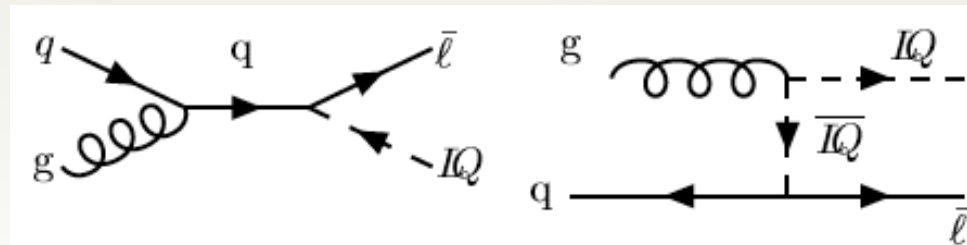
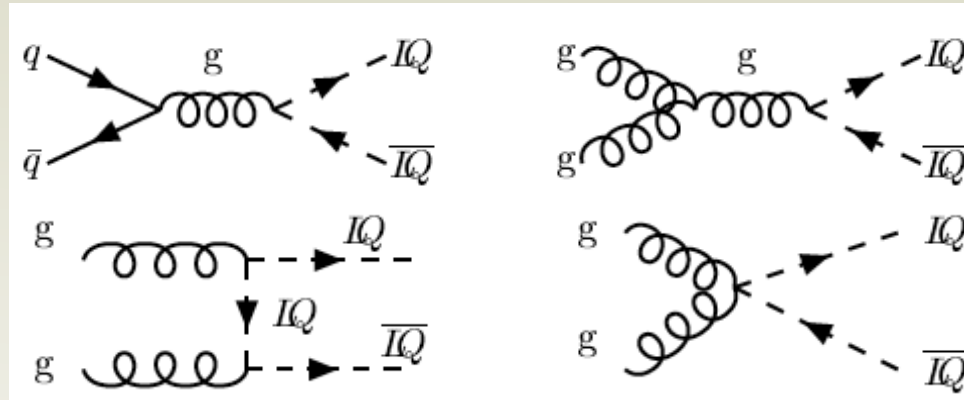


Yüksek  $Z'$  kütlesi L  
kütlesine erişimini  
arttırır:  $Z'=2\text{TeV}$  de  
 $L=1\text{TeV}$  erişilebilir.

# Lepto-kuvarklar

- Öngören: BBK & bileşik modeller
- Üretilmesi:  $g$ - $g$  ( $q$ ) kaynaşmasından çift+tek
- Bozunması:  $e$ (tür1) veya  $\nu$ (tür2) + hafif jetler

- Bağlaşım  $\kappa$ ,  $\lambda=e$  (for  $\nu$ )
- lepton-jet değişmez kütlesi taranır

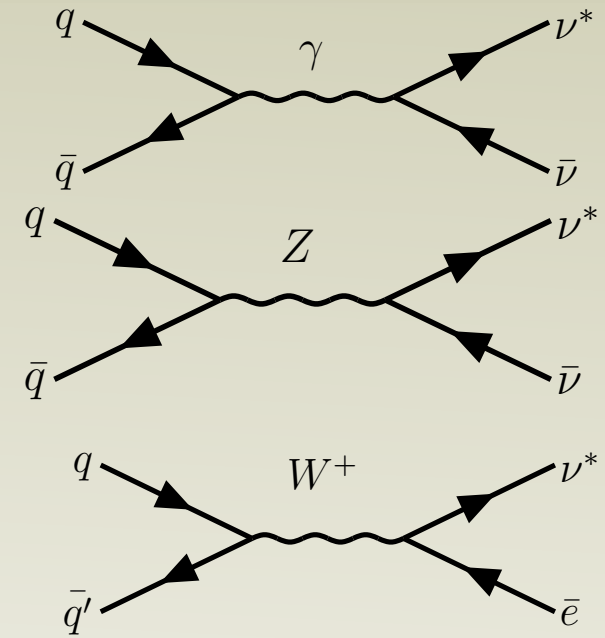


# Yeni bileşenler uyarılmış $\nu^*$

- Öngören: bileşik (preonic) modeller
- Üretilmesi:  $\gamma, Z, W$  yoluyla tekli ( $\nu\nu^* / \nu^* e$ )
- Bozunması: boson + lepton:  $\nu\gamma, \nu Z, eW$ 
  - nötrino kütleleri taranır
  - 2 bağlaşım olasılığı var:  $\nu\nu^*$  köşesiyle veya olmadan

## Fritzsch - Mandelbaum model

- 4 çeşit of preon olsun
  - $x \ y \ \alpha \ \beta$
- leptonları ve ağır bosonları oluşturabiliriz.
  - $u = \alpha x$  (Q:  $1/2 + 1/6 = 4/6 = 2/3$ )
  - $d = \beta x$  ( $d^i: \beta x^i$   $i=R, G, B$ )
  - $\nu = \alpha y$
  - $e = \beta y$
  - $W^+ = \alpha\beta^*$       $W^- = \alpha^*\beta$
  - $W^3 = 1/\sqrt{2}(\alpha\alpha^* + \beta\beta^*)$       $h = 1/\sqrt{2}(\alpha\alpha^* - \beta\beta^*)$



	Q	C	S
$\alpha$	1/2	1	1/2
$\beta$	-1/2	1	1/2
$x$	1/6	3	0
$y$	-1/2	1	0

# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar*: madde parçacığı
- Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bile modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*

Ayar Kümesi K

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

yeni ayar bosonları

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakı Kırılması

Teknirenk

2HÇM

yeni sayılar

yeni EZBK yöntemleri

- ▶ *3+1 uzay-zaman*

yeni boyutlar

RS modelleri

ADD modelleri

# Yeni bosonlar $W' / W_H$

- Öngören:  $SO(10)$ ,  $E_6$ , BBK, Küçük Higgs, EB,...
- Üretilmesi:  $q-q'$  yokolmasından s kanalıyla
- Bozunması: top-b

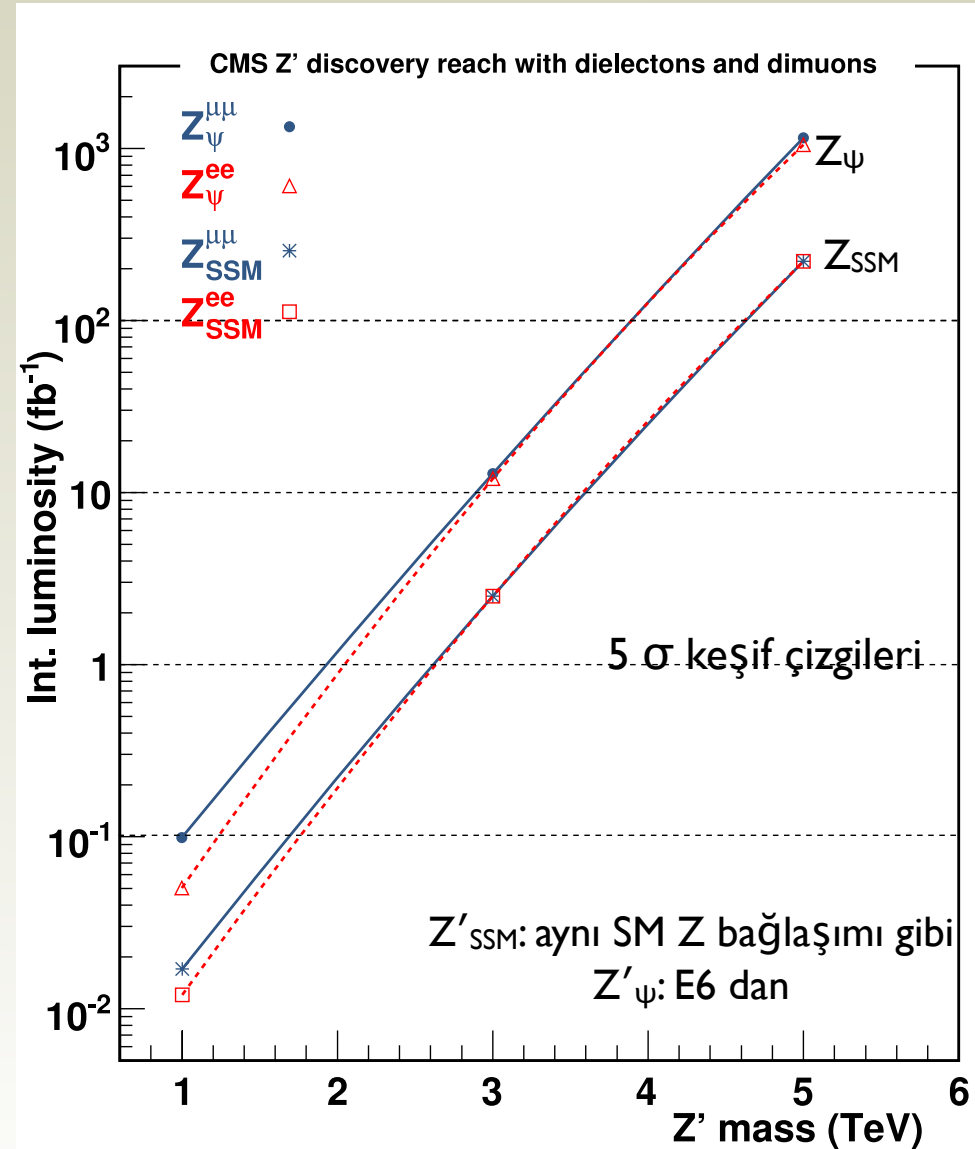
$$q\bar{q}' \rightarrow W' \rightarrow tb \rightarrow \ell\nu bb$$

- $W-W_H$  bağlaşımı  $\cot\theta$  üzerinden
- 1 & 2 TeV  $W_H$  kütlesi

# Yeni bosonlar: $Z'$

- Öngören:  $SO(10)$ ,  $E_6$ .. GUTs, Little Higgs, EDs
- Üretilmesi:  $q$ - $q$  yokolmasından
- Bozunması: fermiyon çiftlerine
  - İki lepton ( $ee$ ,  $\mu\mu$ ) kanalı temizdir.
  - Tevatron alt sınırları: 700-800 GeV
  - CMS'den 1.5 TeV  $Z'$  örneği elektronlardan (temiz sinyal)

- Sadece hadronlara bağlanan  $Z'$  : hadronsever
- $A_{FB}^b$  (dünya ortalaması) deki  $2.8\sigma$  çelişkiyi açıklayabilir
- $Z' \rightarrow 2 \text{ jet}$



BHÇ ~4.5 TeV  $m_{Z'}$  erişimi sağlayacak



# Hangi Z' ?

► Eğer bulunursa(!) hangi parçacık / model olduğunu anlamak için

① spin=dönü dağılımları ile parçacığı tanımak “kolay” 

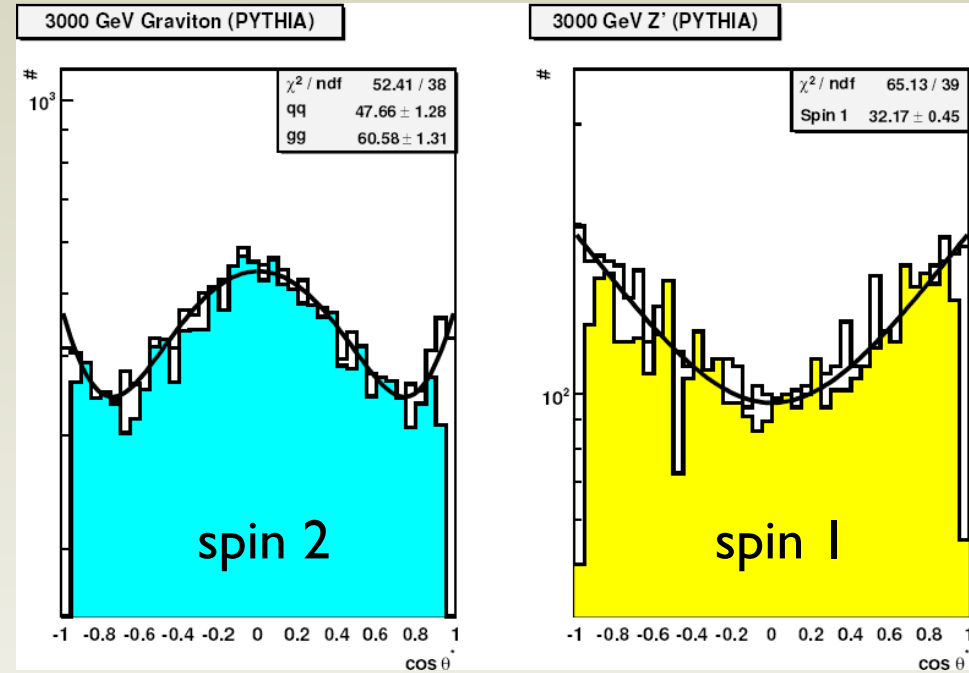
② Kuramı tanımak ise  $A_{FB}$  ile mümkün olabilir 

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \frac{3}{8}(1 + \cos^2\theta) + A_{FB}\cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{\vec{\ell} \cdot \vec{q}}{|\vec{p}| \cdot |\vec{q}|}$$

$$A_{FB} = \frac{\ell_F - \ell_B}{\ell_F + \ell_B}$$

$A_{FB}$ : kuramın öngördüğü şekilde bağlaşıma bağlı

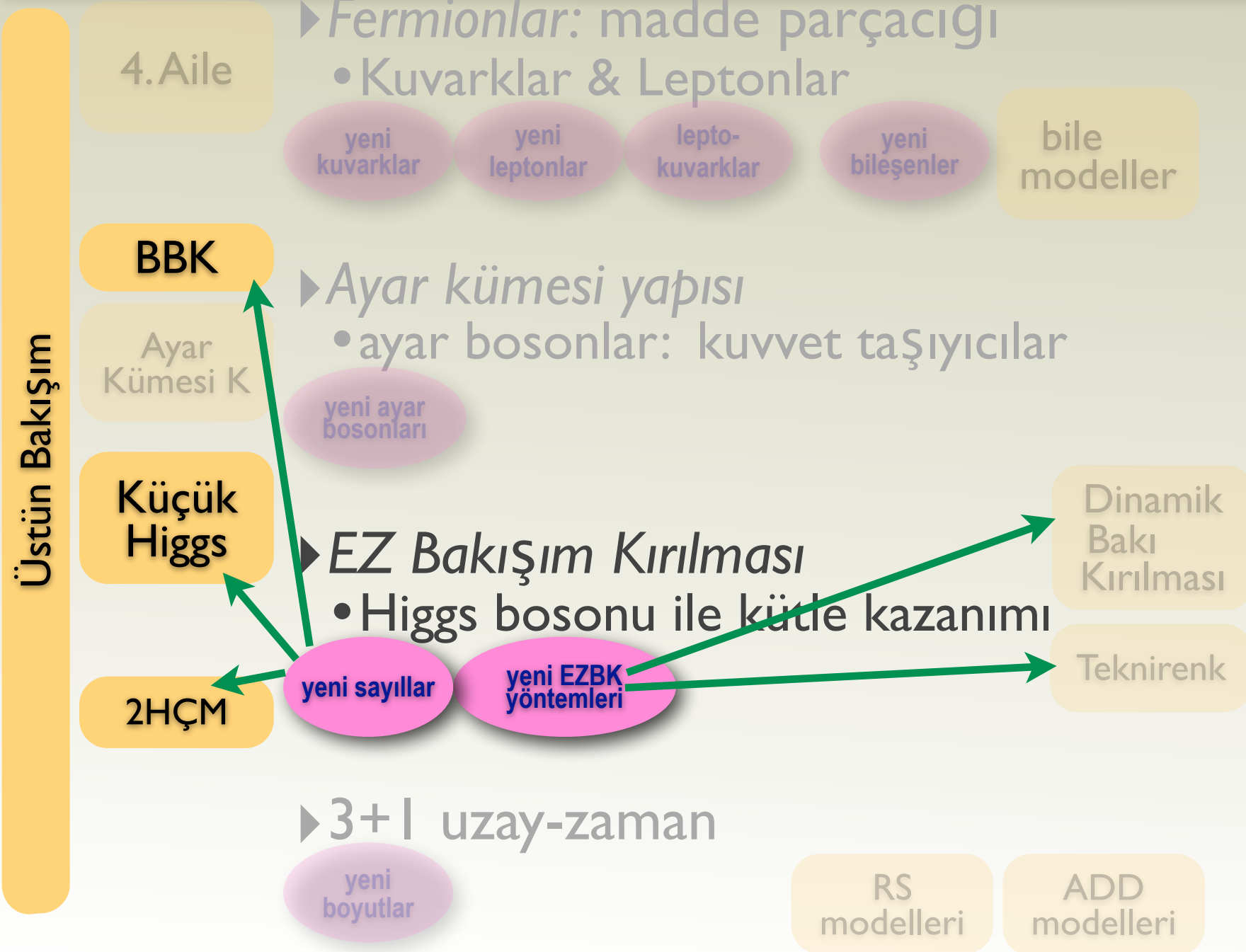


# Yeni bosonlar $Z^n$

- Öngören: RS, ADD modelleri
- Üretilmesi: q-q yokolmasından
- Bozunması: lepton çiftleri

$$pp \rightarrow \gamma^n / Z^n \rightarrow l^+ l^-$$

# SM'den SM ötesine

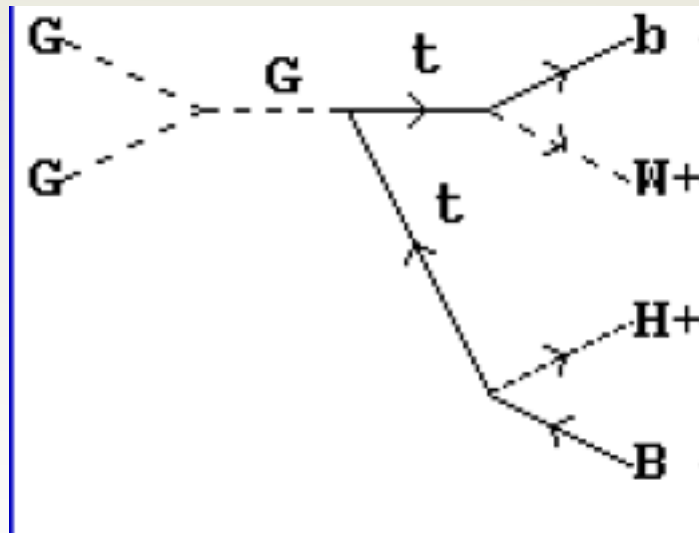


# Yeni Sayılar $q=0, \pm 1$

- Öngören: 2 Higgs çifti modeli (2HDM), *3 yüksüz, 2 yüklü*
- Üretilmesi:  $g-g$  kaynaşmasından /  $q-q'$  yok olmasından
- Bozunması: SM higgs gibi veya tipine göre bazı bozunmalar yasaklı / yüklü leptonlar veya bozonlar üzerinden

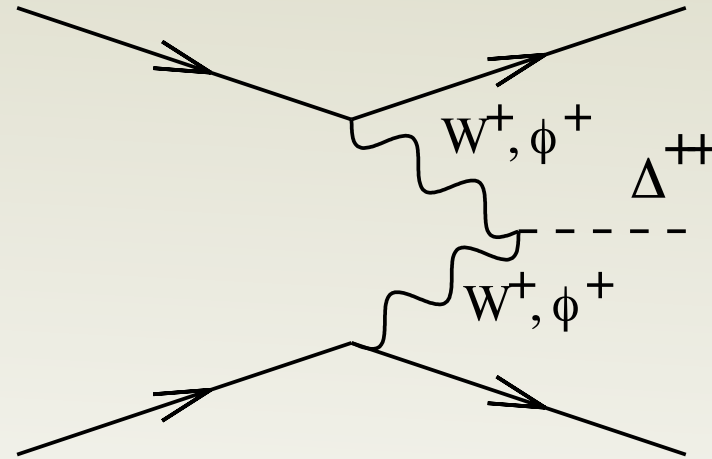
$h, H, A, H^+, H^-$

$bb' \rightarrow H^+ H^-$



# Yeni Sayılar $q=\pm 2$

- Öngören: Küçük Higgs, LRSM
  - Üretilmesi:  $q$ - $q$  yokolmasında çift &  $W$  kaynaşmasından tek
  - Bozunması: lepton çiftleri
- $e, \mu$  &  $\tau$  kanalları ayrı ayrı çalışılır



# Yeni EZBK: Üstün Bakışım (SUSY)

• Madde ve kuvvet taşıyıcılar arasında gözlemlenen “dönü” bakışımından vazgeçelim: **bütün SM parçacıklarına ü-eşler önerelim.**

- İnce ayar, KM gibi sorunları çözer

• ÜSBA gözlenmedi: üparçacıklar ağır: bakışım kırılmış

• Zengin olaybilim ( $R_{\text{parity}}$  ile bile):

- parameters # büyük: MSSM\* durumu >100
- bol seçenek: MSSM, mSUGRA, GMSB, AMSB..

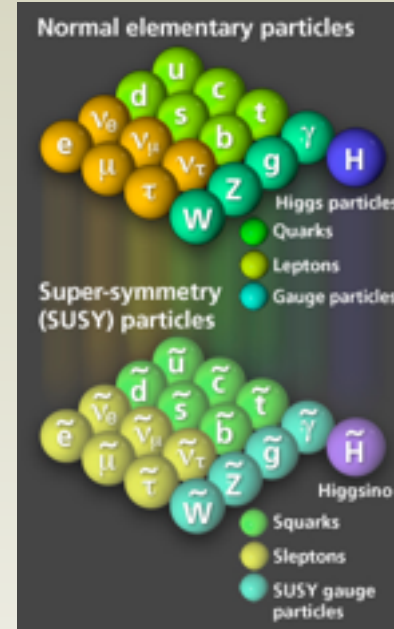
• Ortak özellikler:

5 parametre

6 parametre

- parçacıkların ardarda bozunması yüksek  $p_T$ li cisimlere yol açar,
- kararlı EHÜP algılanmadan kaçar: büyük  $E_T^{\text{eksik}}$ .

Arananlar: jetler +  $E_T^{\text{eksik}}$  ve leptonlar + jetler +  $E_T^{\text{eksik}}$



\*

#parameters=124, kaynak: SN-ATLAS-2006-058

# Yeni EZBK: mSUGRA

mSUGRA'nın EHÜPü KM adaydır.

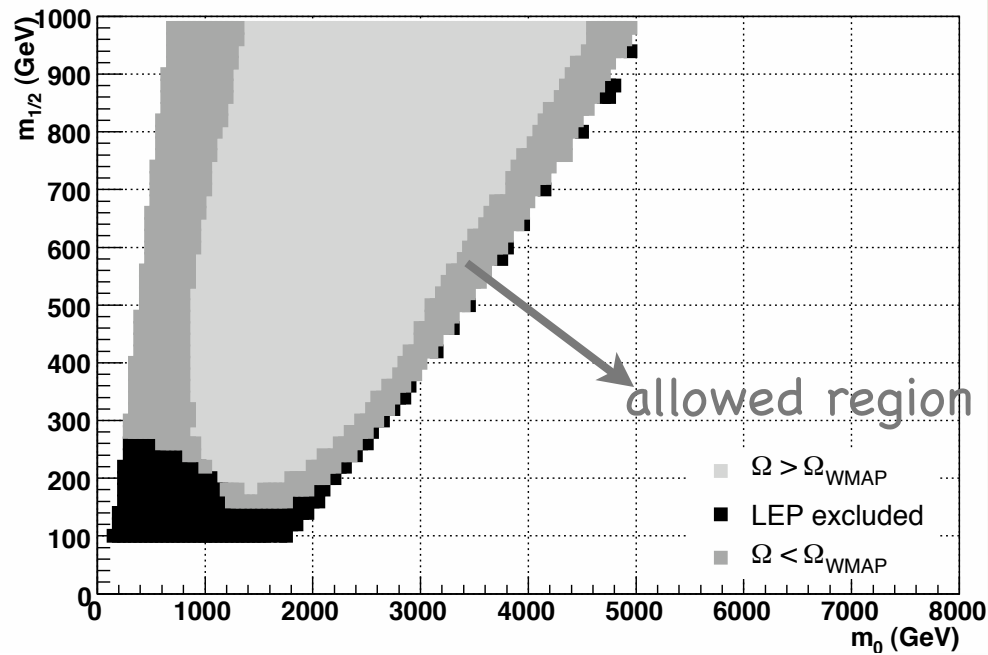
- model WMAP/Planck verisi ile uyumlu olmalıdır  $\tilde{\chi}_1^0$

R-parity çift üretimini gerektirir.

$$pp \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \quad \begin{aligned} \tilde{g} &\rightarrow \tilde{\chi}^+ t\bar{b} \\ \tilde{g} &\rightarrow \tilde{\chi}^- \bar{t}b \\ \tilde{g} &\rightarrow \tilde{\chi}^0 t\bar{t} \end{aligned}$$

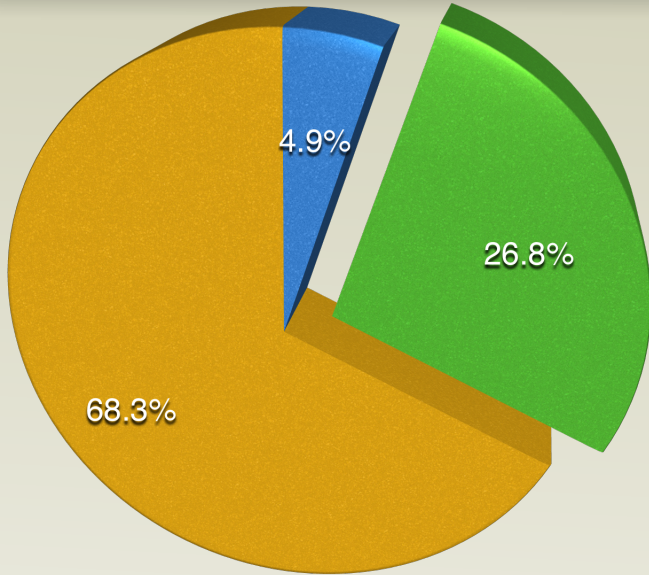
- $m_{1/2}$ - $m_0$  parameter uzayı taranır

ISAJET 7.71  $m_t = 175$  GeV,  $\tan\beta = 54$   $A=0$  GeV  $\mu > 0$

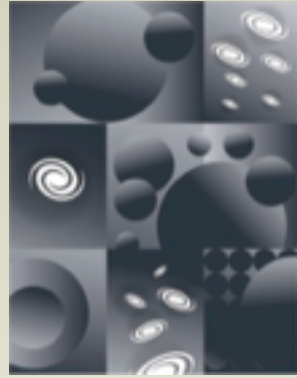


jetler +  $E_T^{\text{eksik}}$

# Kara Madde demişken



- Olağan Madde
- Karanlık Madde
- Karanlık Enerji



► P5: Evrenin %70ini oluşturuyor, ama doğası nedir? Hangi kuram ile açıklanır?

Birbirini tamamlayıcı Karanlık Madde gözlem yolları

saçılma

dolaylı gözlem

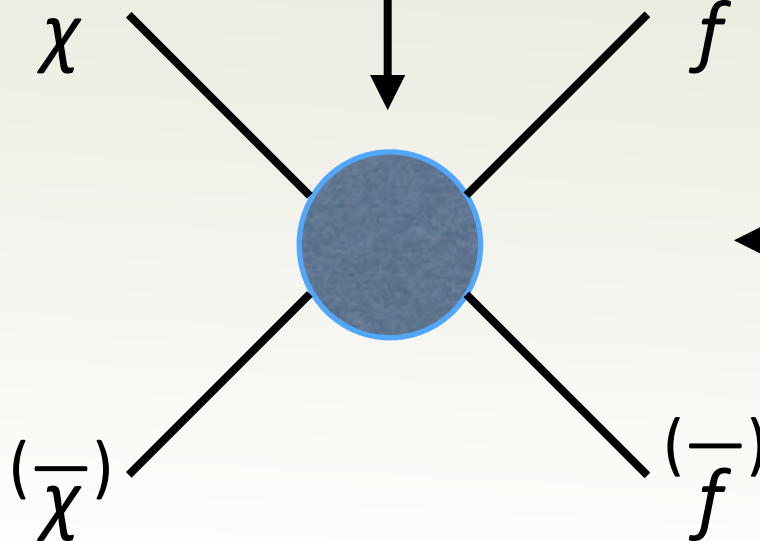


yokolma



üretim

doğrudan gözlem





## ► Doğrudan Gözlemler (aynı zamanda proton bozunması da bakar)



## ► Dolaylı Gözlemler

- AMS, Veritas, Magic...

(M,  $\sigma$ ) parametre uzayı taranıyor...

# SM'den SM ötesine

4.Aile

- ▶ *Fermionlar: madde parçacığı*
  - Kuvarklar & Leptonlar

yeni kuvarklar

yeni leptonlar

lepto-kuvarklar

yeni bileşenler

bile modeller

BBK

- ▶ *Ayar kümesi yapısı*

Ayar Kümesi K

- ayar bosonlar: kuvvet taşıyıcılar

yeni ayar bosonları

Küçük Higgs

- ▶ *EZ Bakışım Kırılması*

- Higgs bosonu ile kütle kazanımı

Dinamik Bakı Kırılması

yeni sayılar

yeni EZBK yöntemleri

Teknirenk

2HÇM

- ▶ **3+1 uzay-zaman**

yeni boyutlar

RS modelleri

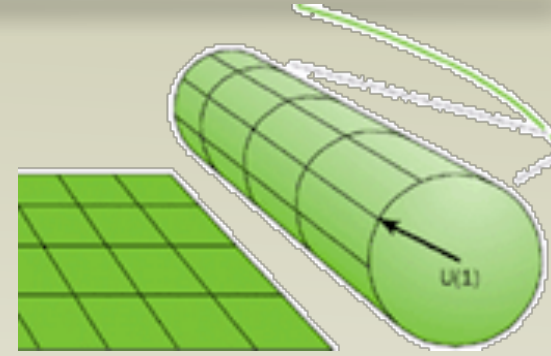
ADD modelleri

# bazı EB kavramları

## ► Geniş Ek Boyutlar (GEB, ADD):

- tıkızlanmış, düz
- $M_{Pl}^2 \sim R_n M_S^{2+n}$ ,  $M_S$ : sicim ölçeği
- Graviton yığına (bulk)

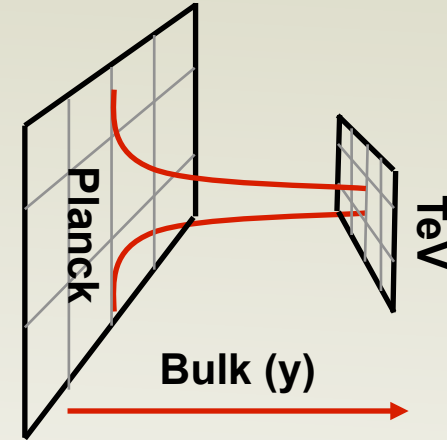
Arkani-Hamed, Dimopoulos, Dvali  
Phys Lett B429 (98)



## ► TeV-1 Ek Boyutlar (DDG):

- $M_T$  : tıkızlanma ölçeği
- Ayar & Higgs bosonlar da yığına

Dienes, Dudas, Gherghetta  
Nucl Phys B537 (99)



## ► Bükük Ek Boyutlar (RS):

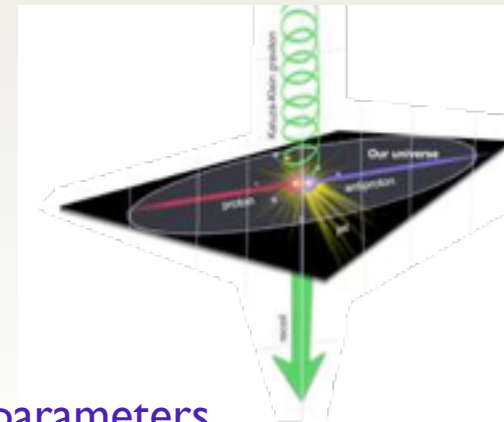
- 2-zarlı çözüm : RS tür 1
- $k/M_{Pl}$ ,  $k$ : eğrilme, bükülme çarpanı
- dar 2dönülü tınlaşım: Graviton

Randall, Sundrum  
Phys Rev Lett 83 (99)

## ► Evrensel Ek Boyutlar (UED):

- KK-sayısı korunumu
- $M_T$  ve kesim ölçeği  $\Lambda$
- Bütün SM parçıklar yığına
- Bir çok KK spectra (ÜSBA beklentileri gibi)

Appelquist, Cheng, Dobrescu  
Phys. Rev. D 64 (01)



$G^{ab}, M_C, R$  : model parameters

# EB: graviton

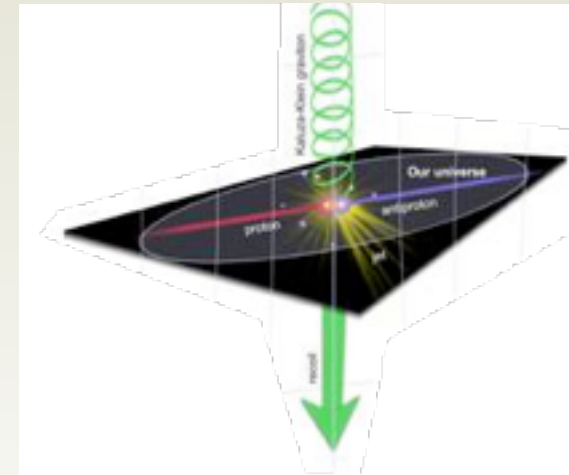
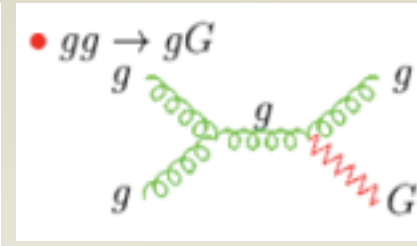
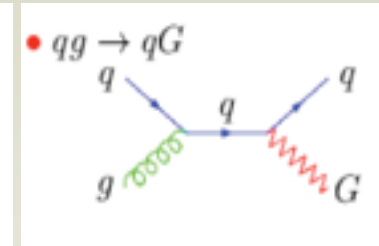
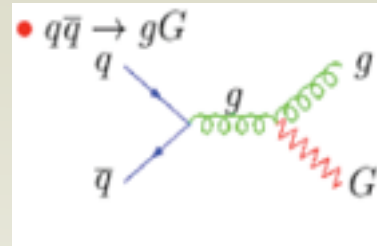
• Öngören: tüm ED modelleri

• Üretilmesi:  $q$ - $q$  yokolması,  $q$ - $g/g$ - $g$  kaynaşması

• Bozunması: - (kararlı)

$$gg/gq/q\bar{q} \rightarrow gG$$

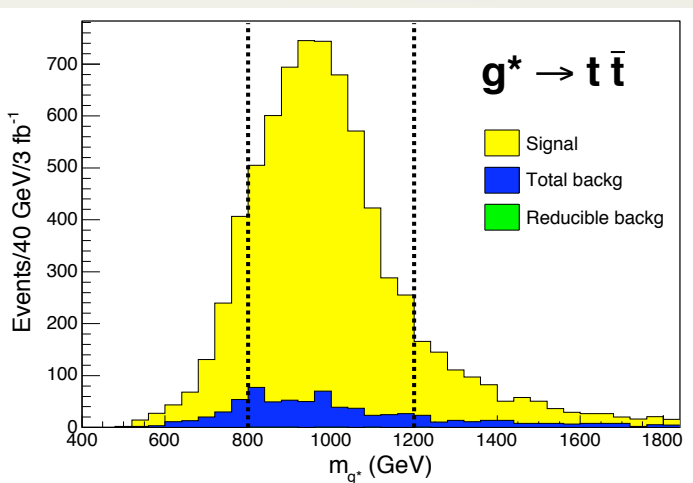
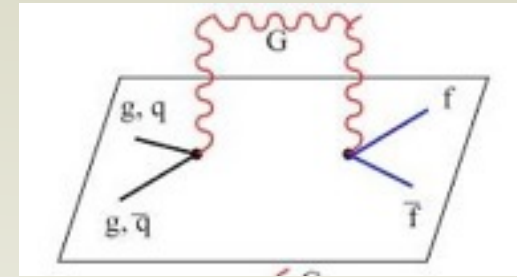
• #EB=2,3,4 & EB ölçeği taranmış



# EB: uyarılmış gluonlar

- Öngören:  $\text{TeV}^{-1}$  EBlar (DDG)
- Üretilmesi: q-q yokolmasından
- Bozunması: ağır kuvark çiftleri

$$q\bar{q} \rightarrow g^* \rightarrow t\bar{t} \\ \rightarrow b\bar{b}$$

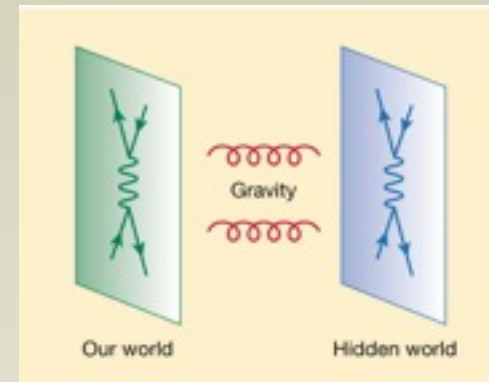
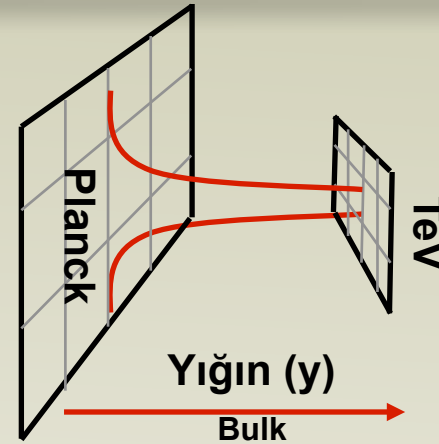


# Bükük Ek Boyutlar

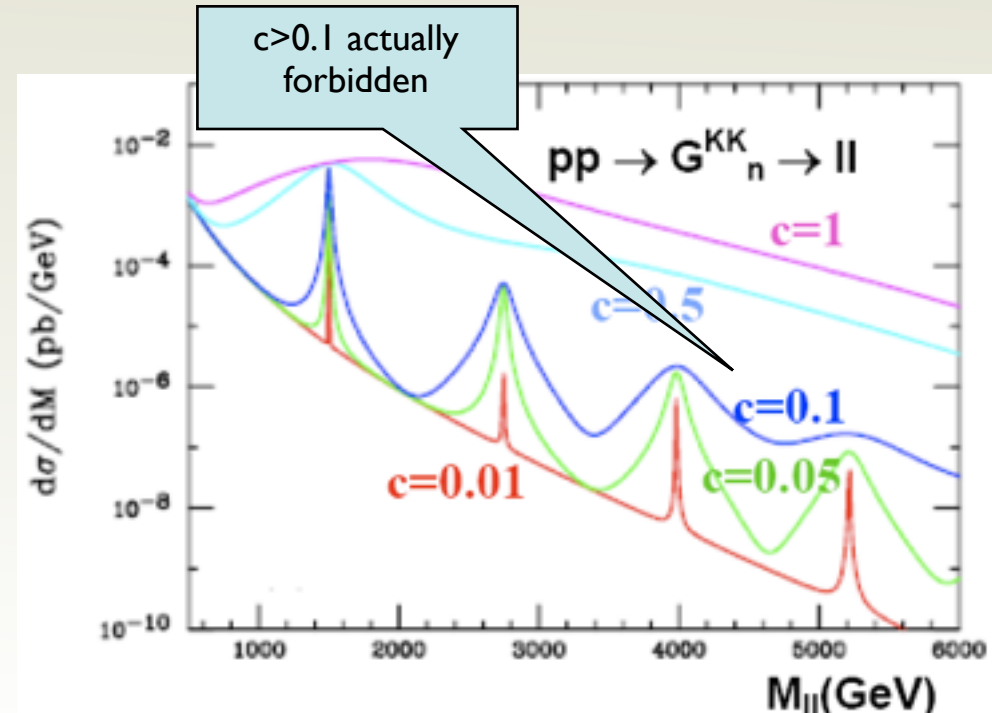
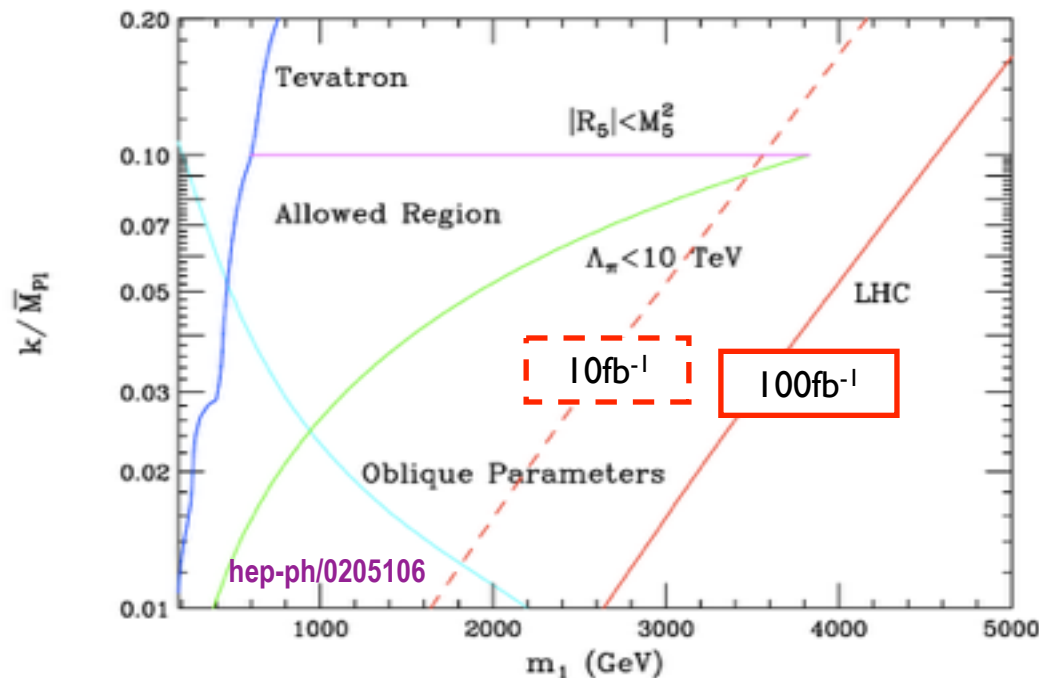
## Randall Sundrum (Tür I)

- ▶ Zar metriği yığındaki konumunun işlevi olarak verilir.
- ▶ Eşleşme sabiti:  
 $c = k/M_{pl}$ ,  $k$ : eğrilik ölçeği
- ▶ epey ayırık, dar genişliği olan graviton kütle dizisi çıkar, kütle değeri:

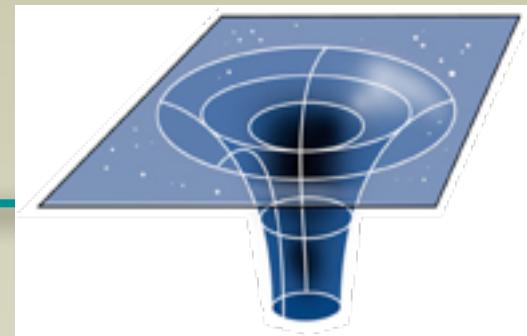
$$m_n = kx_n e^{krc\pi} \quad (J_1(x_n) = 0)$$



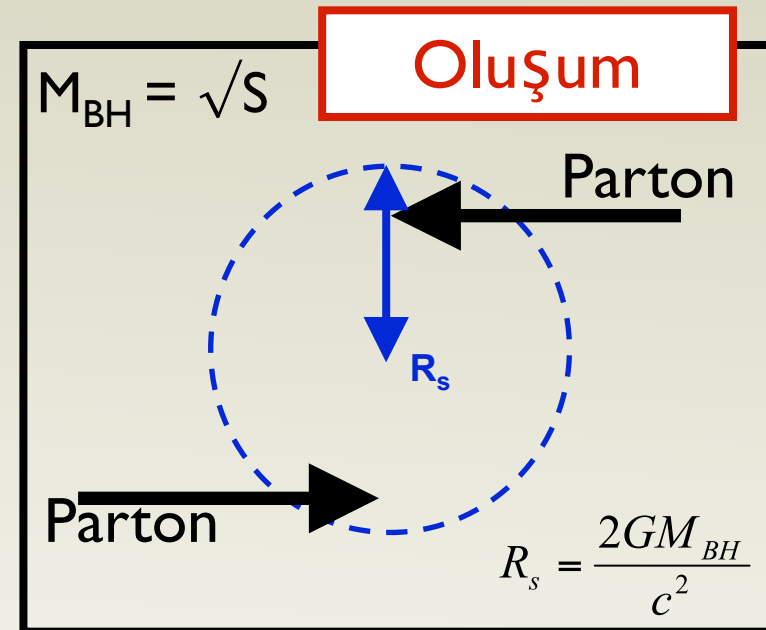
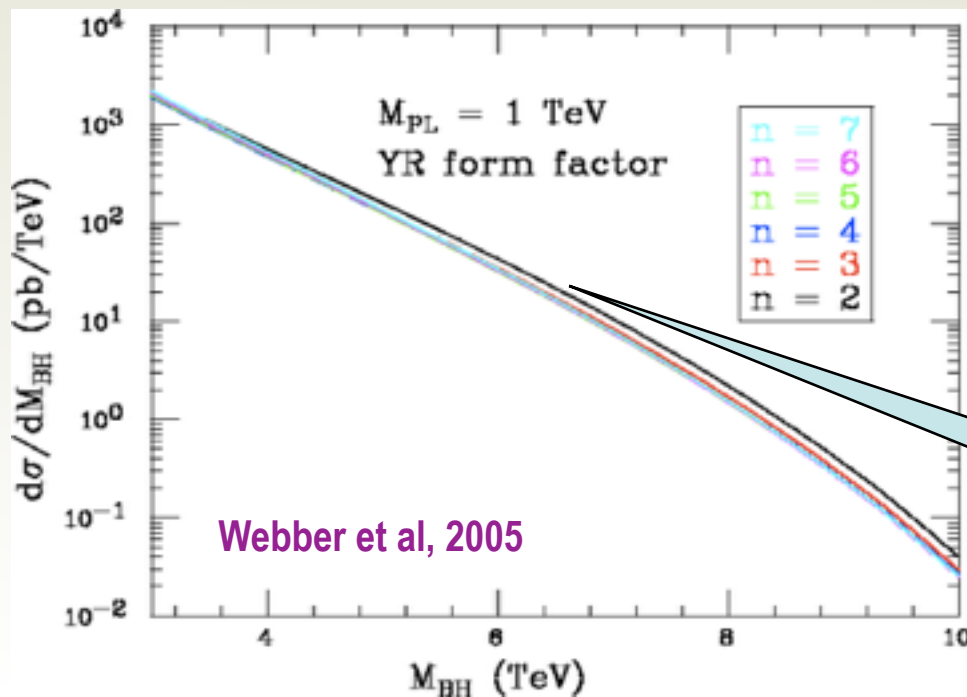
$$ds^2 = e^{-2ky} \eta_{uv} dx^u dx^v - dy^2$$



# mini Kara Delikler



- EB modellerinden gelir
- $E_{KM} > M_{Pl}$  olduğunda üretilir
- $M_{BH}$ ,  $M_{Pl}$ 'e yaklaştıkça yerçekiminin Kuantum kuramı gerekir.
- $\sigma \sim \pi R_s^2 \sim 1 \text{ TeV}^{-2} \sim 10^{-38} \text{ m}^2 \sim O(100) \text{ pb}$
- BHÇ, 1 Hz sıklık ile Karadelik üretebilir.



If the impact parameter of a 2-parton collision  $<$  Schwarzschild radius  $R_s$ , then a black hole with  $M_{BH}$  is formed.

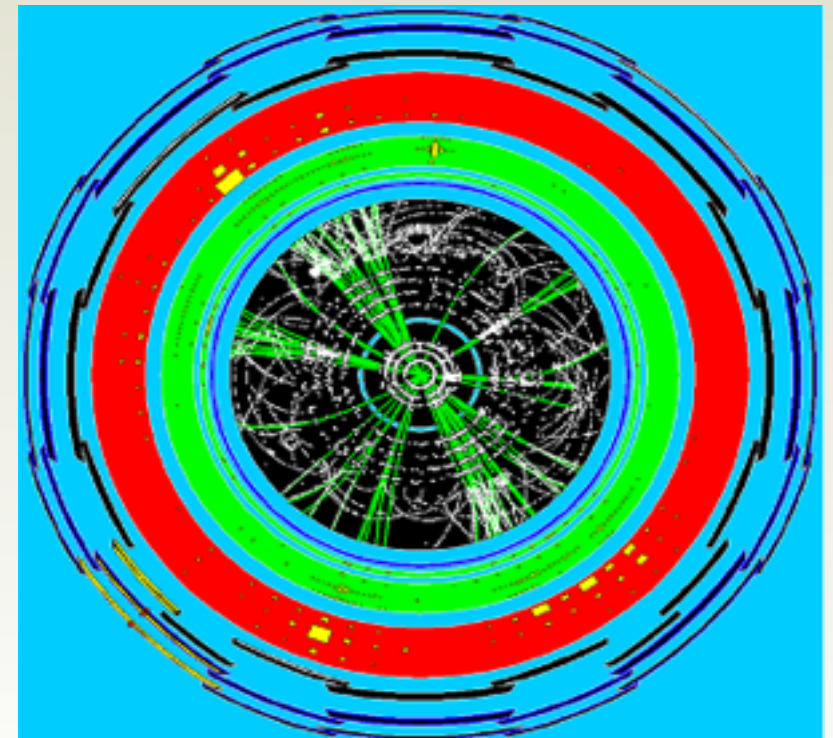
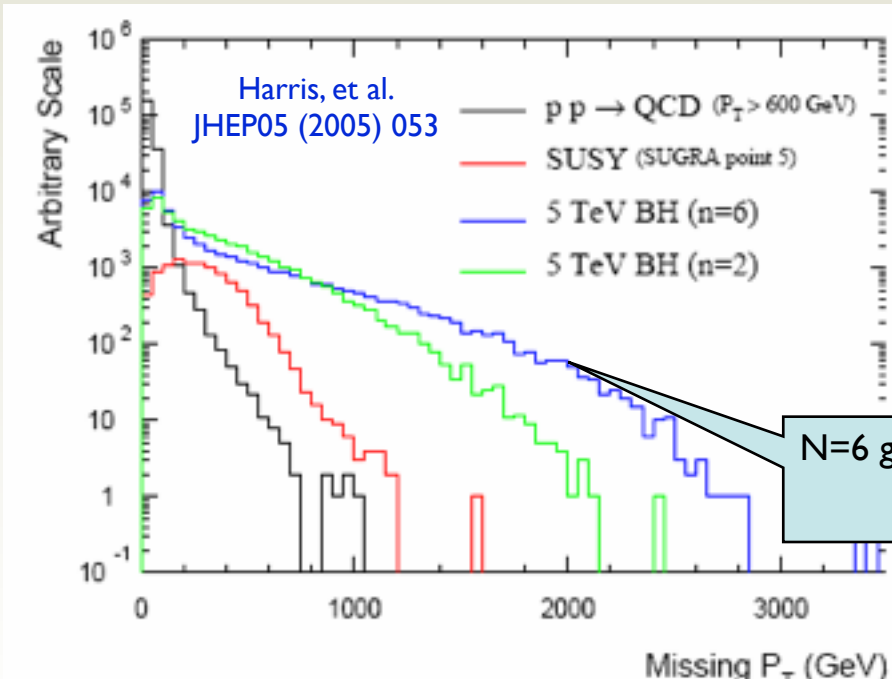
# mini KD Algılanması

## ► Ayırt edici özellikler

- KD yarıömrü  $\sim 10^{-27} - 10^{-25}$  saniye!
- Eşit olasılık ile bütün parçacıklara Hawking Yayınlamı ile bozunur (aynı bir karacisim gibi)
- $t, W, Z$  ve  $H$  bozunumlarıyla buharlaşır:  
(hadron : lepton) = (5 : 1)

6.1 TeV  $M_{BH}$

Bozunum





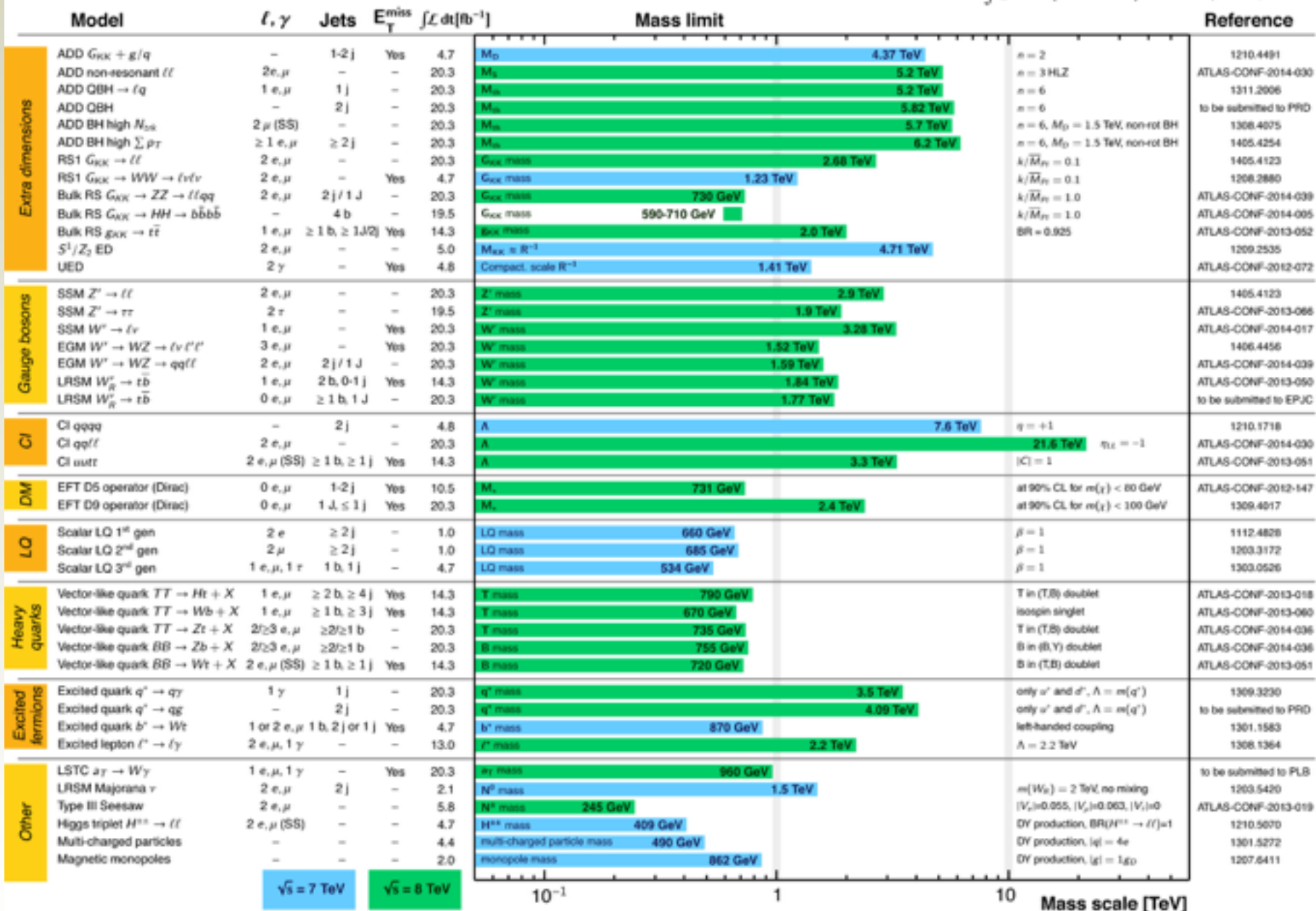
# BHÇ de son durum: ATLAS

## ATLAS Exotics Searches\* - 95% CL Exclusion

Status: ICHEP 2014

ATLAS Preliminary

$\int \mathcal{L} dt = (1.0 - 20.3) \text{ fb}^{-1}$   $\sqrt{s} = 7, 8 \text{ TeV}$

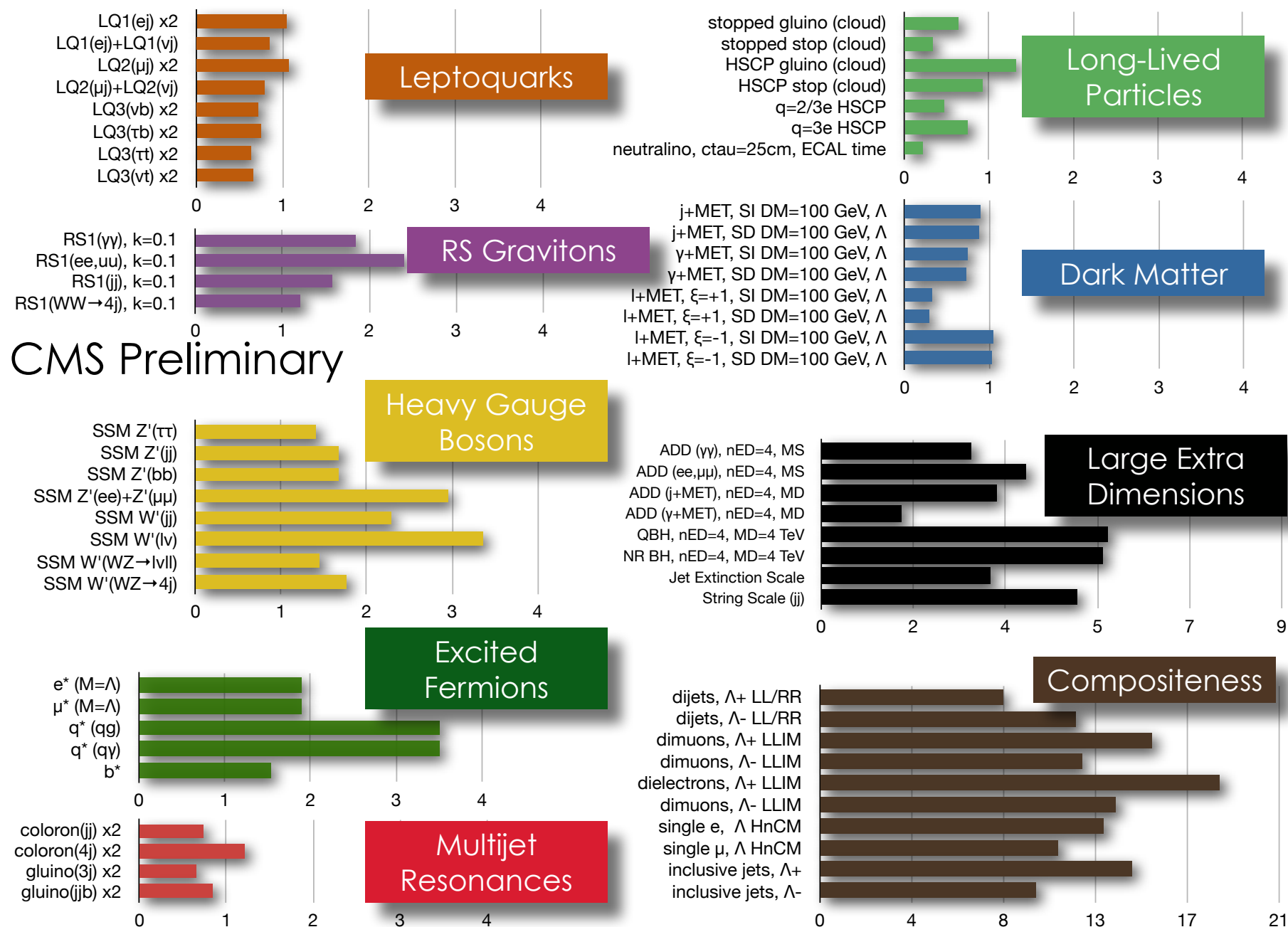


$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$   $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$

10<sup>-1</sup> 1 10 Mass scale [TeV]

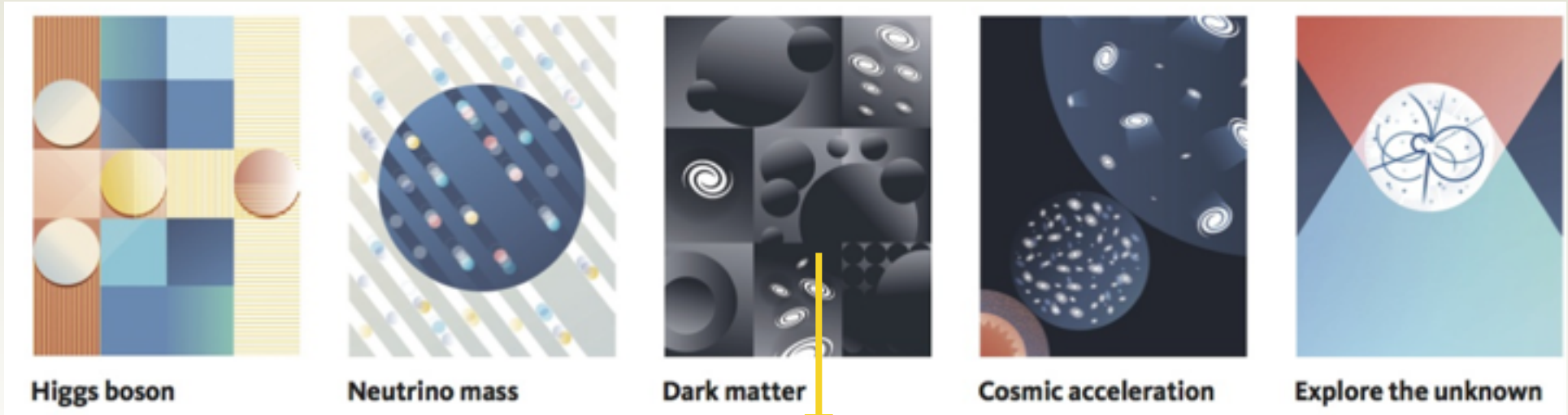
\*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown.

# BHC de son durum: CMS

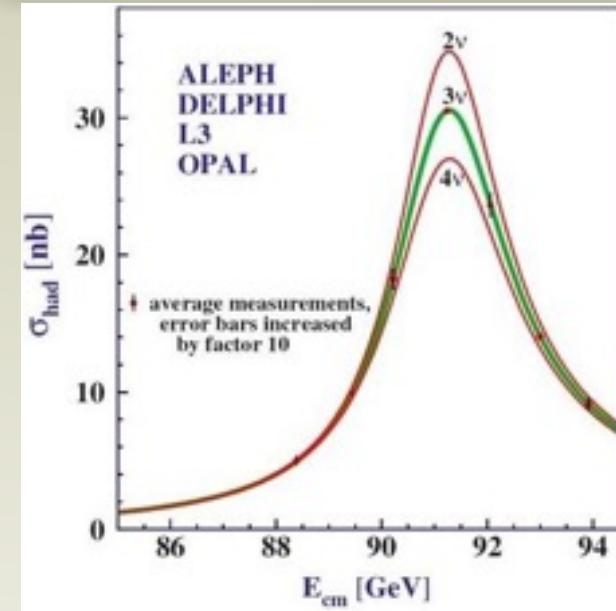
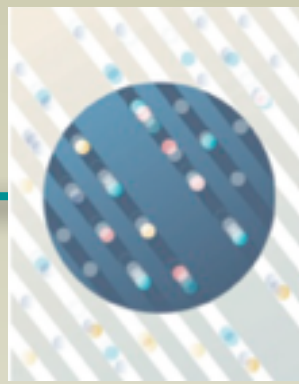


# P5'den 5 ayaklı plan

1. Higgs bosonunu yeni bir keşif gereci olarak kullanmak
2. Nötrino kütlelerinin ardındaki fiziğe bakmak
3. Karanlık maddenin fiziğine bakmak
4. Karanlık enerji ve şişmeyi (enflasyon) anlamak
5. Yeni parçacıkları, etkileşimleri ve fizik ilkelerini bulmak

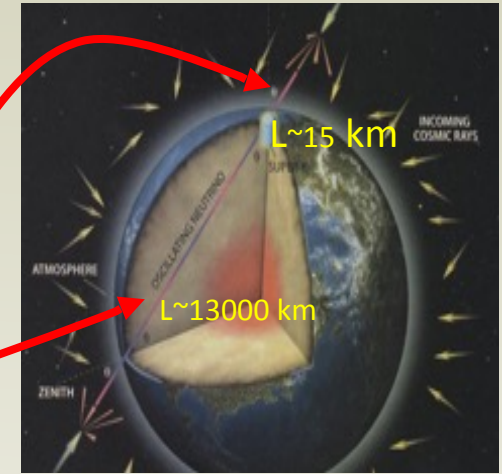
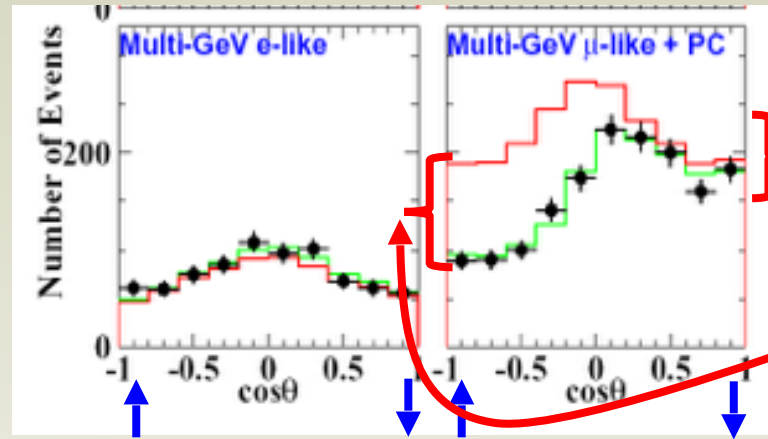


# Nötrino



$Z^0$  production cross-section and width

$$\Gamma_{inv} = \Gamma_Z - \Gamma_{had} - \Gamma_{ee} - \Gamma_{\mu\mu} - \Gamma_{\tau\tau}$$



Güneşten yayılan nötrinolar da olduğu gibi atmosferde oluşan nötrinolar da bir anomaly gözlenmiştir (SK 1998) → nötrinolar salınma uğrar dolayısıyla kütleli olmalıdır!

- ▶ Nötrino kütleleri nedir ve nereden gelir?
- ▶ Bildiğimizden başka nötrinolar var mı?
- ▶ Nötrinolar kendi kendilerinin mi karşıparçacıdır?
- ▶ Nötrinolar ve karşınötrinolar farklı şekilde mi salınır?

## Nötrinolar kütleli!

$$|v_\alpha\rangle = \sum_i U_{\alpha i}^* |v_i\rangle$$

Çeşni öz durumları

Kütle öz durumları

$$U = \begin{pmatrix} \cos\theta_{12} & \sin\theta_{12} & 0 \\ -\sin\theta_{12} & \cos\theta_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_{13} & 0 & \sin\theta_{13} e^{-i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_{13} e^{i\delta} & 0 & \cos\theta_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_{23} & \sin\theta_{23} \\ 0 & -\sin\theta_{23} & \cos\theta_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{i\phi_2} & 0 \\ 0 & 0 & e^{i\phi_3} \end{pmatrix}$$

Solar ve nükleer  
reaktörlerde**CP phase**  
Nükleer reaktörlerde  
ve hızlandırıcılardaAtmosferik ve  
hızlandırıcı nötrino  
deneylerinde**Majorana phases**  
Nötrinossuz çift beta  
bozunumunda

Karışım açısı

 $\Delta m^2 \neq 0$ 

$$P(v_\alpha \rightarrow v_\beta) = \sin^2 2\theta \sin^2 \left( 1.27 \frac{\Delta m^2 [eV^2] L [km]}{E [GeV]} \right)$$

L nötrino kaynağı ve detektör arasındaki mesafe

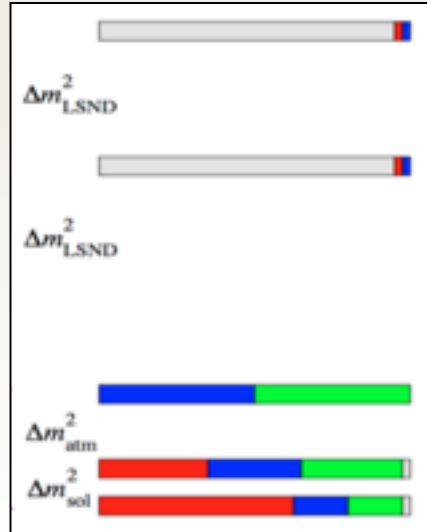
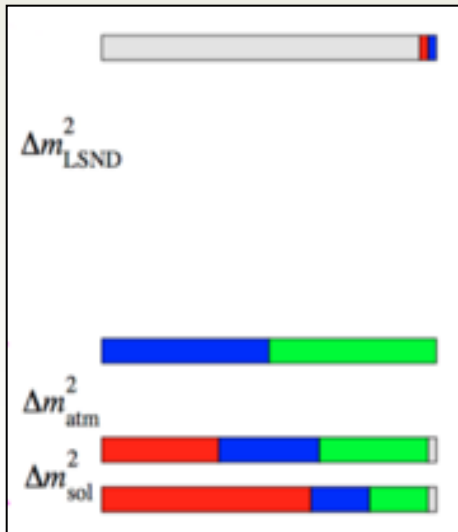
E nötrininin enerjisi

*Ama SM'de sağlam nötrino yok ki!*

$$\frac{\lambda_\psi v}{\sqrt{2}} \bar{\psi} \psi + \frac{\lambda_\psi}{\sqrt{2}} H \bar{\psi} \psi$$

1. LSND deneyi, Los Alamos, 1993-1998.  $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$  salınımı,  $E_\nu \sim 30$  MeV,  $L \sim 30$  m. Beklenenden daha fazla nötrino etkileşimi gözlenmesi,
2. MiniBooNE deneyi, Fermilab, 2002-2012. LSND'nin sonucunu test etmek için design edildi.  $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$  ve  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  salınım sonuçları,
3. Nükleer reaktorlardan çıkan nötrinoların akısı yeniden hesaplanması, %3.5 lik bir artış bulundu. Bu yeni hesaba göre daha önce yapılan kısa menzilli reaktör antinötrino deneylerinin sonuçlarında ortaya çıkan sonuçlar,
4. Gallium solar nötrino deneyleri
5. Kozmolojiden gelen bazı öngörüler

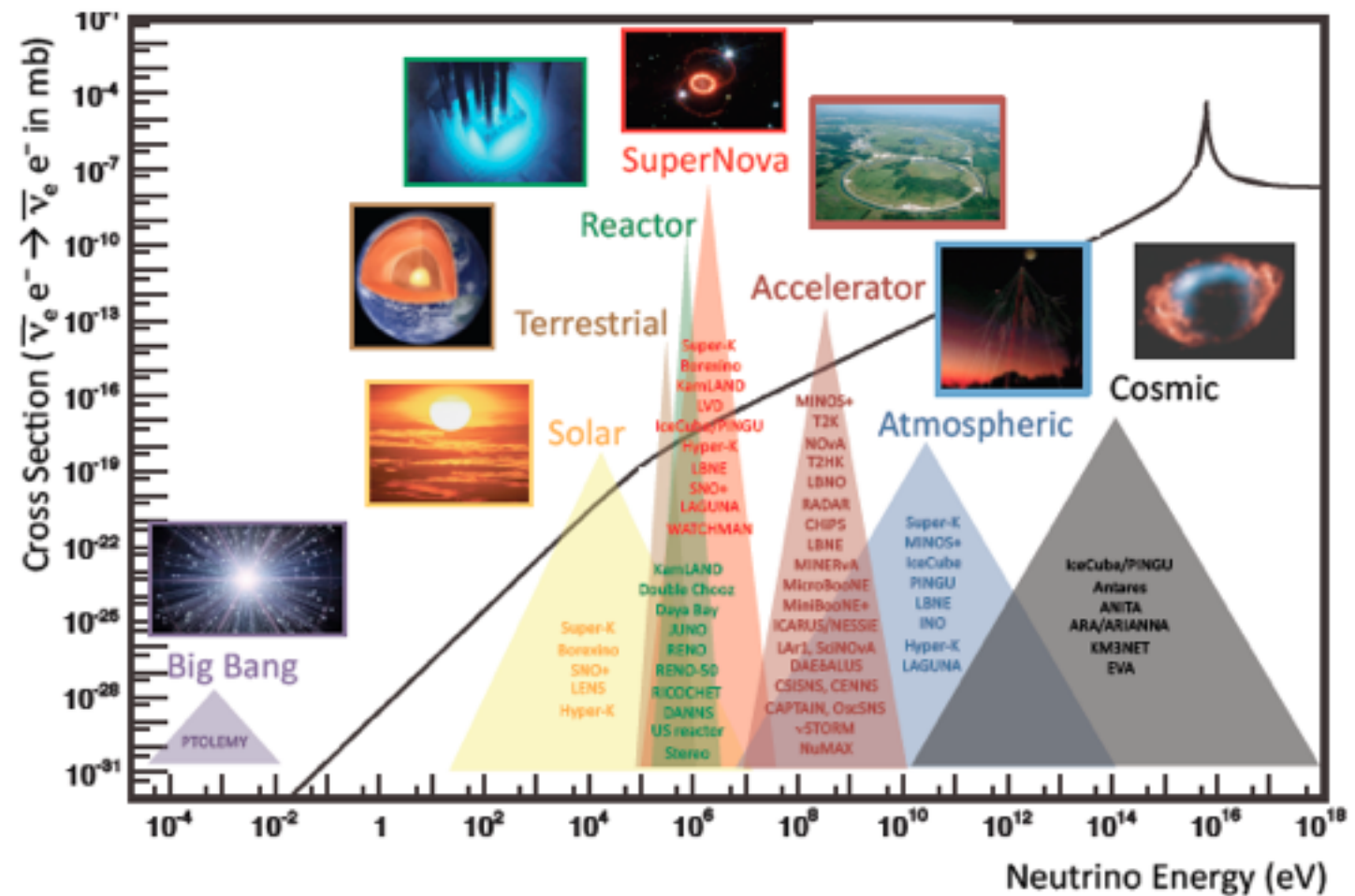
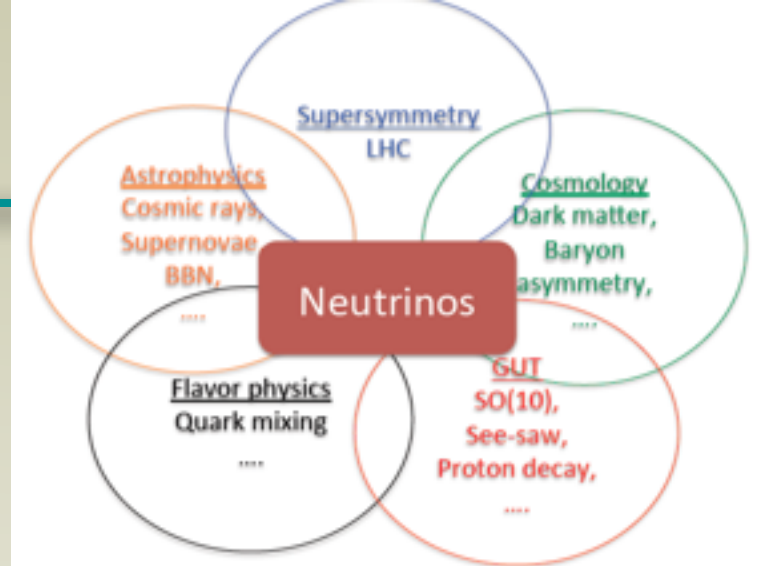
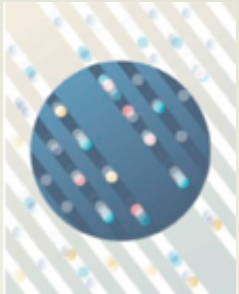
Yukarıda sıralı deneysel sonuçların açıklanabilmesi için 4<sup>th</sup> nötrinoya ihtiyaç var. Bu nötrino Z bozonuna bağlanmadığı için **STERİLE nötrino** adı verilmektedir.



Kısır

# Nötrinolar her

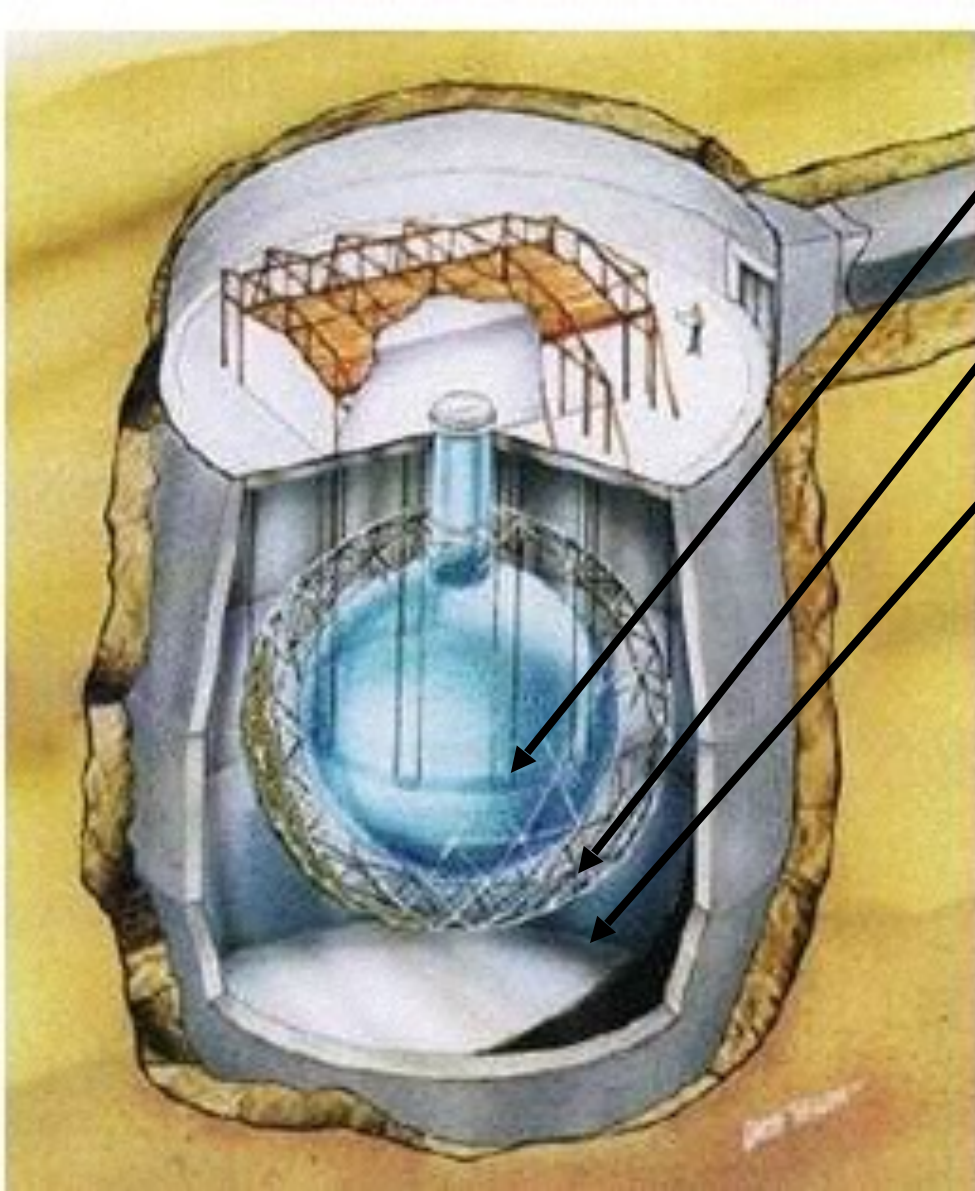
# yerde ve her yerden



Nötrino enerjisine göre nötrino gözlem kaynakları ve gözlem yapan deneyler

# Nasıl?

## Sudbury Neutrino Observatory (SNO)



1000 ton  $D_2O$  (99.92% saf)

1700 ton iç zırhlama  $H_2O$

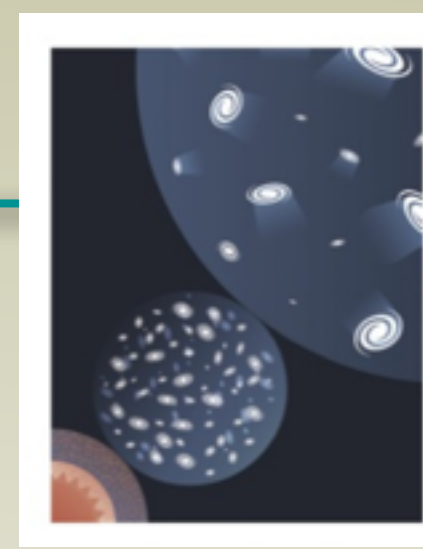
5300 ton dış zırhlama  $H_2O$



SNO deneyi güneşten gelen nötrinoları incelemiştir.



# Uzaysal İvmelenme



- ▶ Evren ivmelenerek genişliyor.
- ▶ Bunun sebebi gerçekten de karanlık enerji mi?
- ▶ Karanlık enerji zaman ile nasıl değişir?
- ▶ Karanlık enerji Einstein'ın kozmolojik sabitine mi bağlıdır?
- ▶ Kütleçekim kuramında değişiklik gerektirir mi?
- ▶ ...



**DES:** Şilide var olan M.Bianco teleskopuna takılan 570 megapixel kamera + 1mlik 5 lens, 74 CCD ile kızılakayışa bakıyor.

Ağustos 2013'de başladı ve 5-yıl veri toplayacak.

*(henüz sonuç açıklanmadı)*

# Teşekkürler ve...

---

## ► TARTIŞMA

- Türkiye'de neler yapılabilir?

## ► Ek Sayfalar:

\*Üstün Bakışım hakkında

# SMÖ Kuramlar: Yabancılar (Exotics)

## ► En yaygın kuramların kısa özeti:

### • Büyük Birleşim Kuramları (BBK):

- SM ayar kümesi, ElektroZayıf ve Kuantum Renk Dinamiğini birleştirebilmek için,  $SO(10)$  gibi daha geniş kümelerin içine gömülür.
- ek fermiyonlar ve bosonlar öngörülür.

### • Küçük Higgs modelleri:

- Aniden kırılan küresel bakışım ile yaklaşık 10 TeV'de kesim konur.
- ek bosonlar ve kuvarklar ile sıradüzen(hierarchy) sorunu çözülür.

### • Ek Boyutlar:

- b boyutlu kuramlardaki düşük Planck ölçeği, EZ ve Çekim etkileşimlerin bağlaşım sabitleri arasındaki sıradüzen(hierarchy) sorununu çözer.
- SM boson ve fermiyonlarının uyarımları öngörülür.

### • Ve bir çok başkaları: Dördüncü Aile, Gizli Vadi, tenkirenk

## ► Bu modellerin çoğu üstün bakışım (supersymmetry) kuramını dışlamaz.

# Sözlük

- ▶ Kesim : cut -off
- ▶ compact(ification) : tıkız(lanma)
- ▶ extra : ek
- ▶ warp : büküm
- ▶ potential : özgüç
- ▶ spin : dönü
- ▶ excitation : uyarım
- ▶ fusion : kaynaşma
- ▶ phenomenology : olaybilim
- ▶ bulk : yığın

# mSUGRA

$$\Omega_m h^2 = n_{\text{LSP}} \times m_{\text{LSP}}$$

Observed CDM density  $\rightarrow \Omega_m$

$n_{\text{LSP}}$   $\rightarrow$  LSP Relic Density

## ► 5 Parameters

- $m_0$  : sayıl kütle
- $m_{1/2}$  : gaugino kütle
- $A_0$  : H sf sf eşleşme sabiti.
- $\tan\beta$  : 2 H'nin vakum beklenen değeri oranı
- $\text{sgn}(\mu)$  : H kütle değişkeninin işareti

