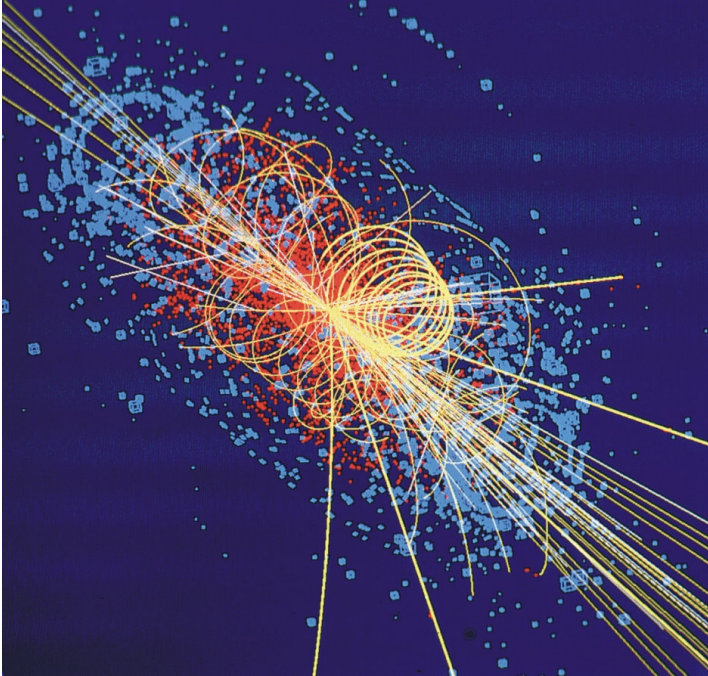




YENİ FİZİĞE DOĞRU

- *Yüksek Enerji Fiziği'ndeki son gelişmeler*
- *Fizik Bilimi'nin geleceği*



Öğr.Gör.Dr. Ahmet BİNGÜL
Gaziantep Üniversitesi
Fizik Mühendisliği Bölümü
16 Kasım 2007

İçerik

- **Parçacık Fiziği Kısa Tarihçesi**
- **Kuram** → *Standart Model ve Ötesi*
- **Deney** → *Hızlandırıcılar ve Detektörler*
- **Veri Analizi** → *Bilgisayarla son tahlil*
- **Gelecek** → ?

Bu seminer aşağıdaki adreste yeniden izlenebilir:

<http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/seminar/yef>

Fizik

Madde ve Enerjinin doğasını inceler!

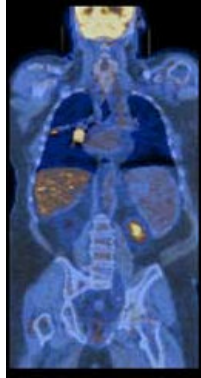
- 1600-1900
 - Mekanik
 - Elektrik ve Manyetizma
 - Termodinamik

- 1900-
 - Atom ve Molekül Fiziği
 - Yoğun Madde Fiziği
 - Çekirdek Fiziği (Nuclear Physics)
 - Yüksek Enerji Fiziği ≡ Parçacık Fiziği
 - Astrofizik

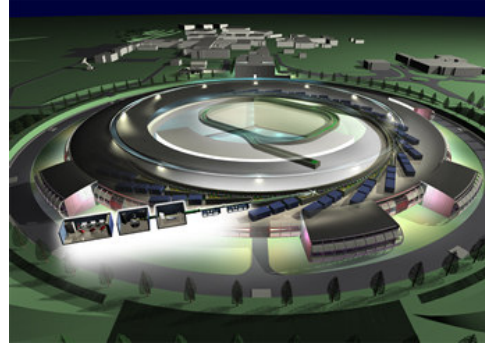
Parçacık Fiziği'nin Kısa Tarihçesi

- **M.Ö. 450** İlk atom kavramı *Democritus*
- **1807** Elementler ve Atom *J. Dalton*
- **1895** X-ışınları *W.C. Röntgen*
- **1896** Radyoaktivite *H. Becquerel, M.Courie*
- **1898** Atom: üzümlü kek modeli *J. J. Thompson*
- **1899** Elektron *J. J. Thompson*
- **1911** Atom Çekirdeği *E. Rutherford*
- **1913** Bohr Atom Modeli *N.Bohr*
- **1920** Isotoplar *E.W. Aston*
- **1932** Nötron *J. Chadwick*
- **1932** Pozitron *C.D. Anderson*
- **1947** Muon ve Pion *C. Powell*
- **1947** Kaon (strange quark) *Rochester*
- **1955** Karşı-proton *E. Segre*
- **1956** Nötrino *Rhines*
- **1960-70** Diğer mezonlar/baryonlar ...
- **1974** J/ψ (charm kuark) *SLAC*
- **1977** Alt kuark *Fermilab*
- **1983** W ve Z bozonları *CERN*
- **1995** Üst kuark *Fermilab (Tevatron)*
- **1995** Karşı-hidrojen atomu *CERN*
- **????**

Parçacık Fiziği Uygulamaları



Tıp



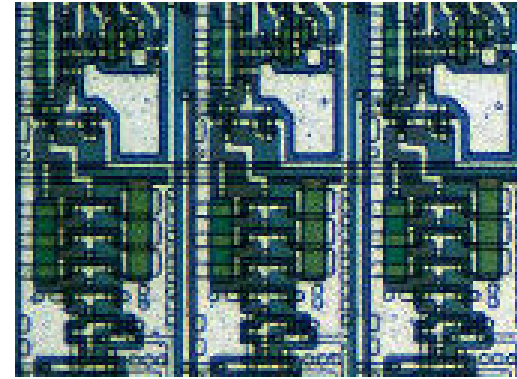
Araştırma



Eğitim



Bilgisayar



Teknoloji

Parçacık Fiziğindeki Birimler

- Enerji

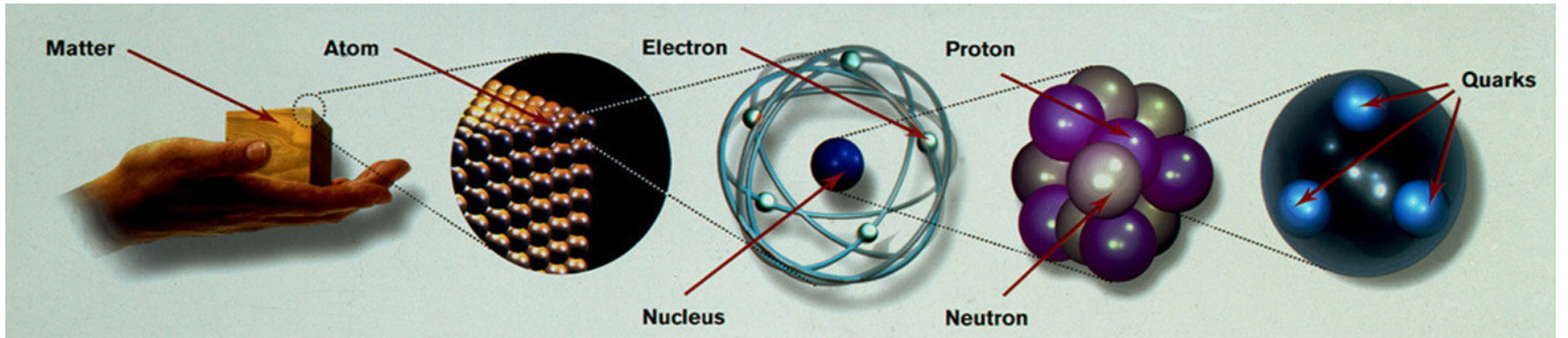
- SI birim sisteminde, Joule, $1\text{J} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$
- elektron-volt, eV: $1\text{ eV} = 1.6\times 10^{-19}\text{ J}$
 - $1\text{ MeV} = 10^6\text{ eV}$
 - $1\text{ GeV} = 10^9\text{ eV}$
 - $1\text{ TeV} = 10^{12}\text{ eV}$

- Kütle

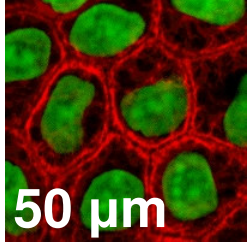
- SI birim sisteminde, kg.
- Doğal birim sisteminde $c = 1$: $E = mc^2 \rightarrow E = m$
 - $m = 1\text{ eV}/c^2 = 1\text{ eV} \equiv 1.8 \times 10^{-36}\text{ kg}$
 - $m = 1\text{ GeV} \equiv 1.8\times 10^{-27}\text{ kg}$

Atom

- Maddeyi oluşturan temel parçacıklar:
Elektron – Proton – Nötron ?



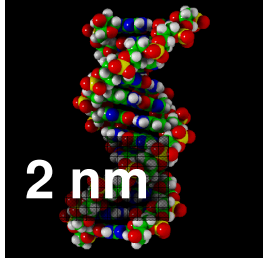
En Küçüğü Görmek



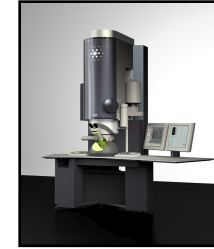
HÜCRE



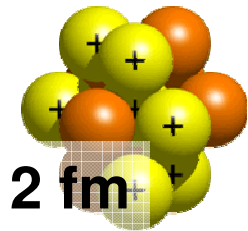
Mikroskop



DNA

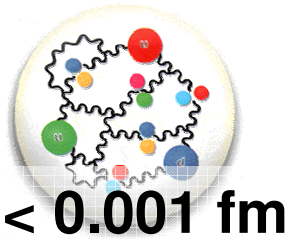


Elektron
mikroskopi



Atom Çekirdeği

Parçacık Hızlandırıcıları



Kuarklar



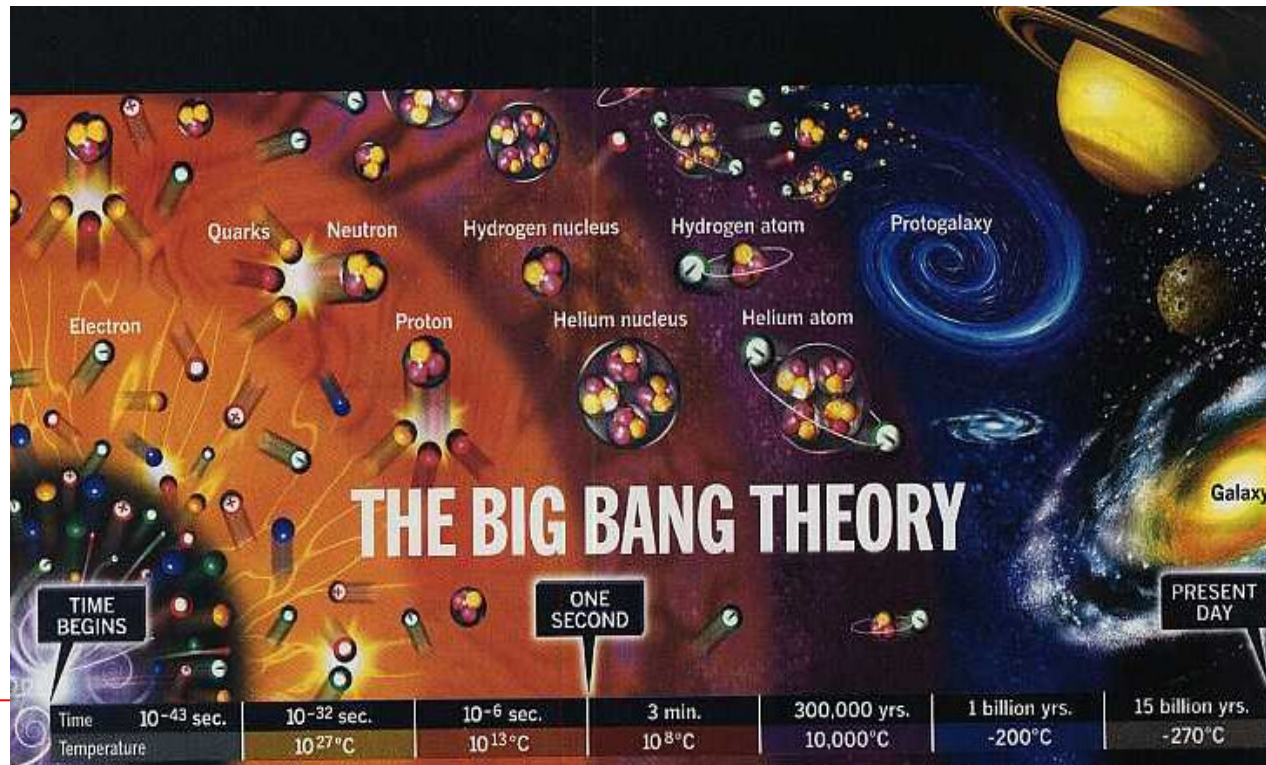
Büyük Patlama

- Evrenin bugünkü duruma nasıl geldiğini açıklayan kozmolojik model
- Genişleyen evren ...
 - 1924: Hubble kırmızıya kayma (red shift) yasası
 - 1964: Kozmik artalan gözlemleri

Evrenin sıcaklığı

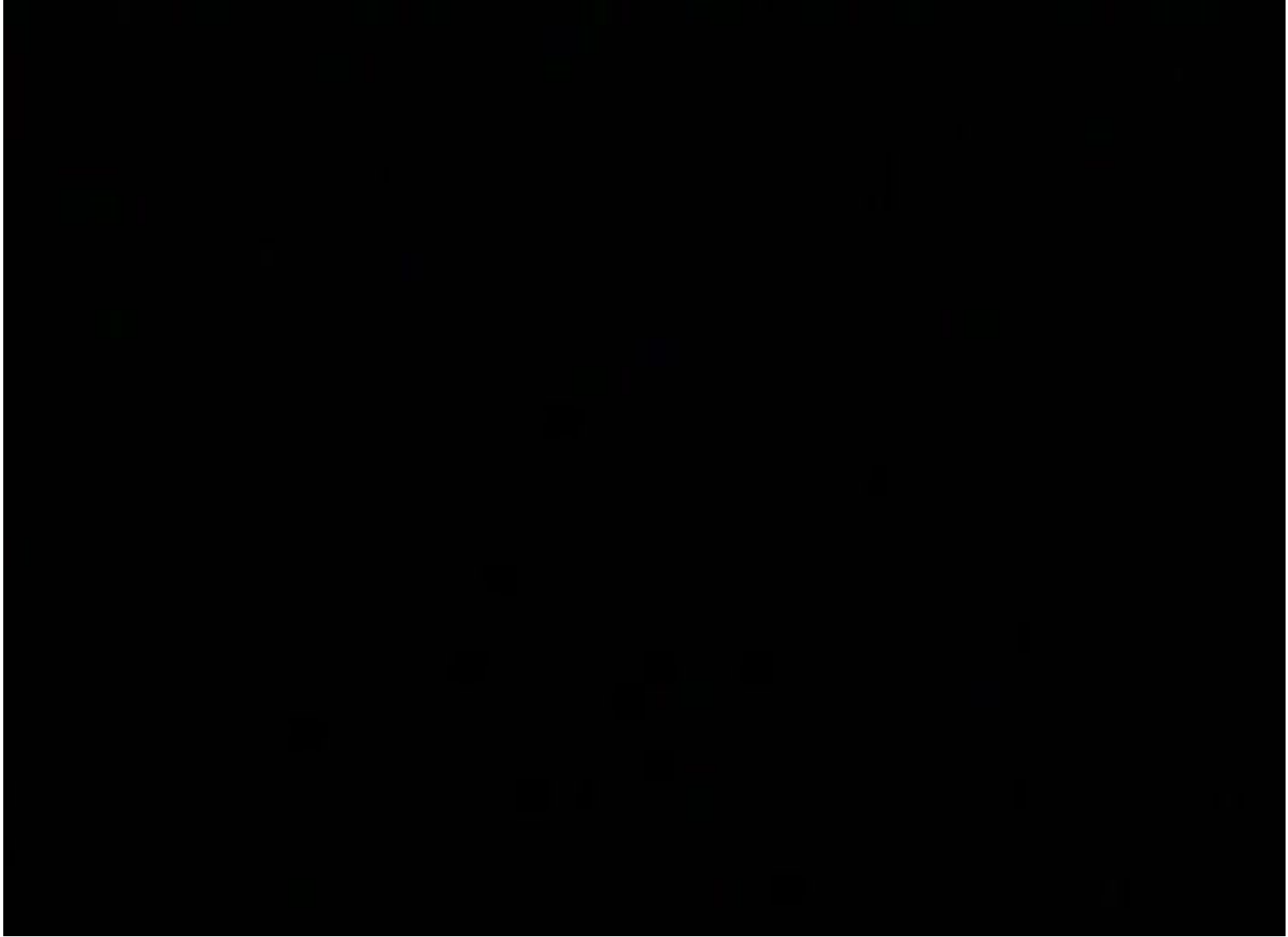
$$T \approx \frac{10^{10} K}{\sqrt{t}}$$

$t = 15$ milyar yıl $\rightarrow T \approx 3$ K



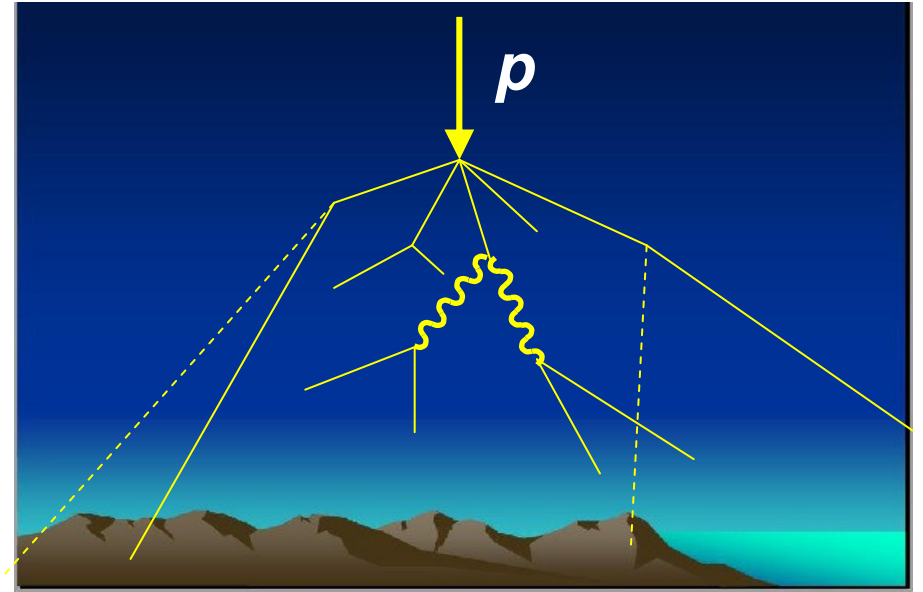
Büyük Patlama

[buyuk-patlama.mpg](#)

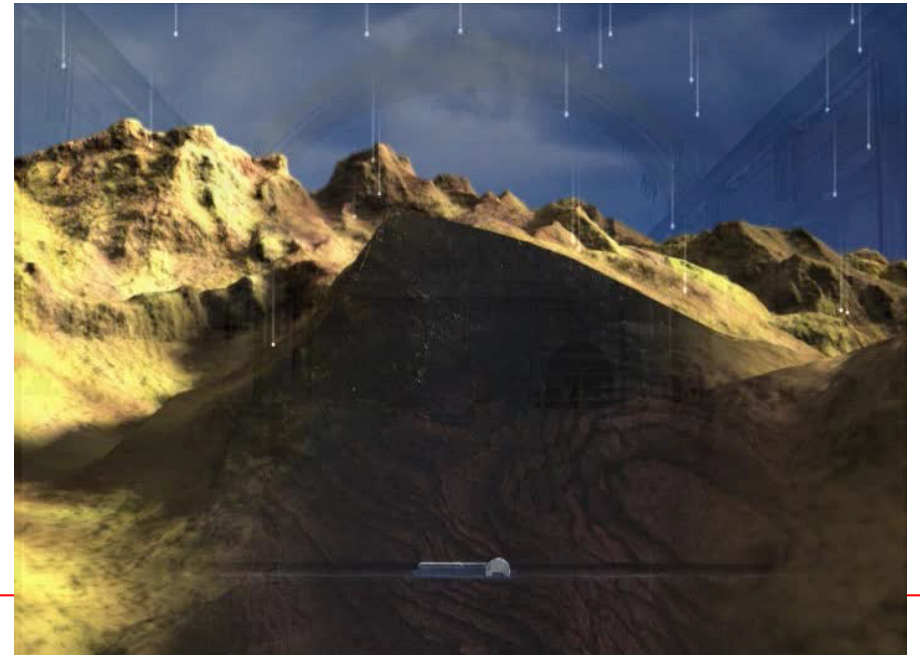


Kozmik Işınlar

- %90 p, %9 α , %1 e
- Doğal hızlandırıcı
 $0 < E < 10^{20}$ eV
- Pozitron, Muon ve Pion ilk kez kozmik ışınlarda bulundu
- Parçacık sağanağı şeklinde İsootropik dağılım
- Yeryüzündeki Kozmik muon akısı $\varphi = 180 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$

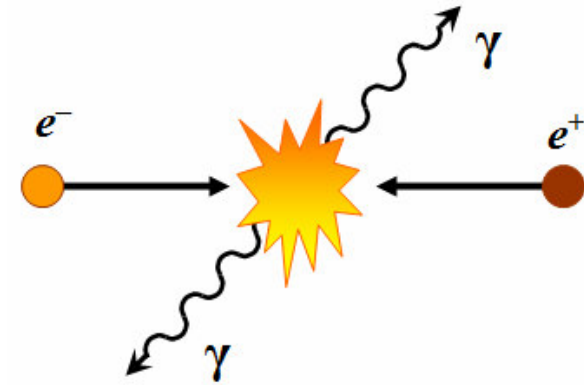
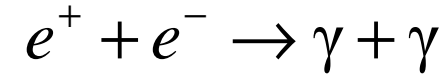
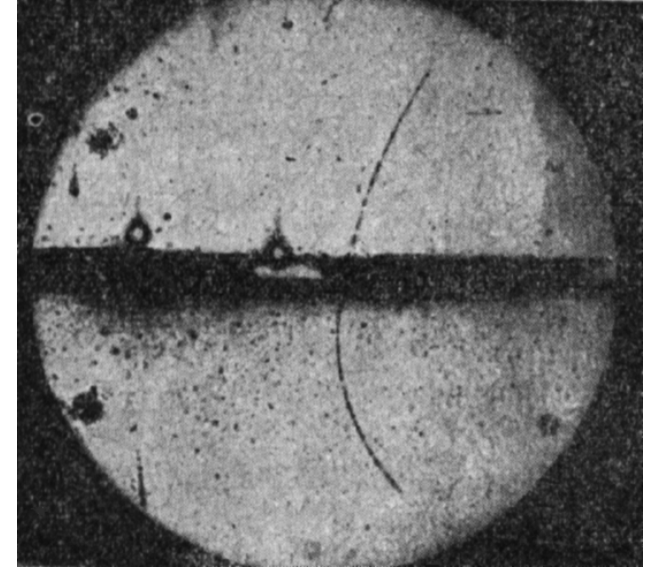


kozmic-saganak.mpg



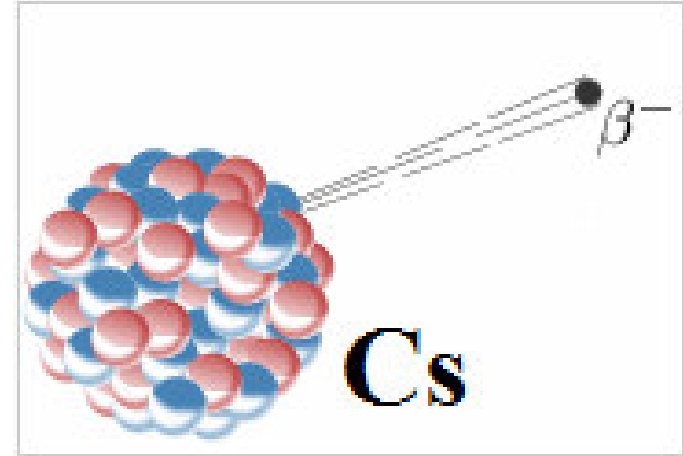
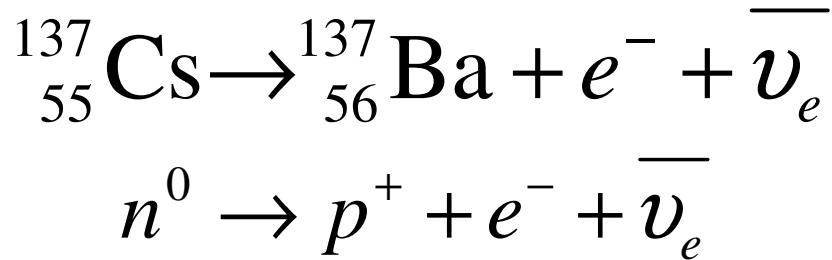
Karşı-Madde

- 1928 Dirac pozitif elektron (pozitron) önerisi
- 1932 Anderson gözlem: Kozmik ışınlar
- Her parçacık kendi karşı-parçacığına sahiptir.
Yüklü parçacıklar: **proton (+)** karşı-proton (-)
Yüksüz parçacıklar: **foton = karşı-foton**
- Madde ve karşı-madde birbirleri ile karşılaşıncaya madde enerjiye dönüşür.
- Tıp uygulaması: **PET**



Hayalet Parçacık: Nötrino

Beta Bozunumu



Nötrino: kütlelessiz ve yüksüz parçacık

Nötrino kaynakları

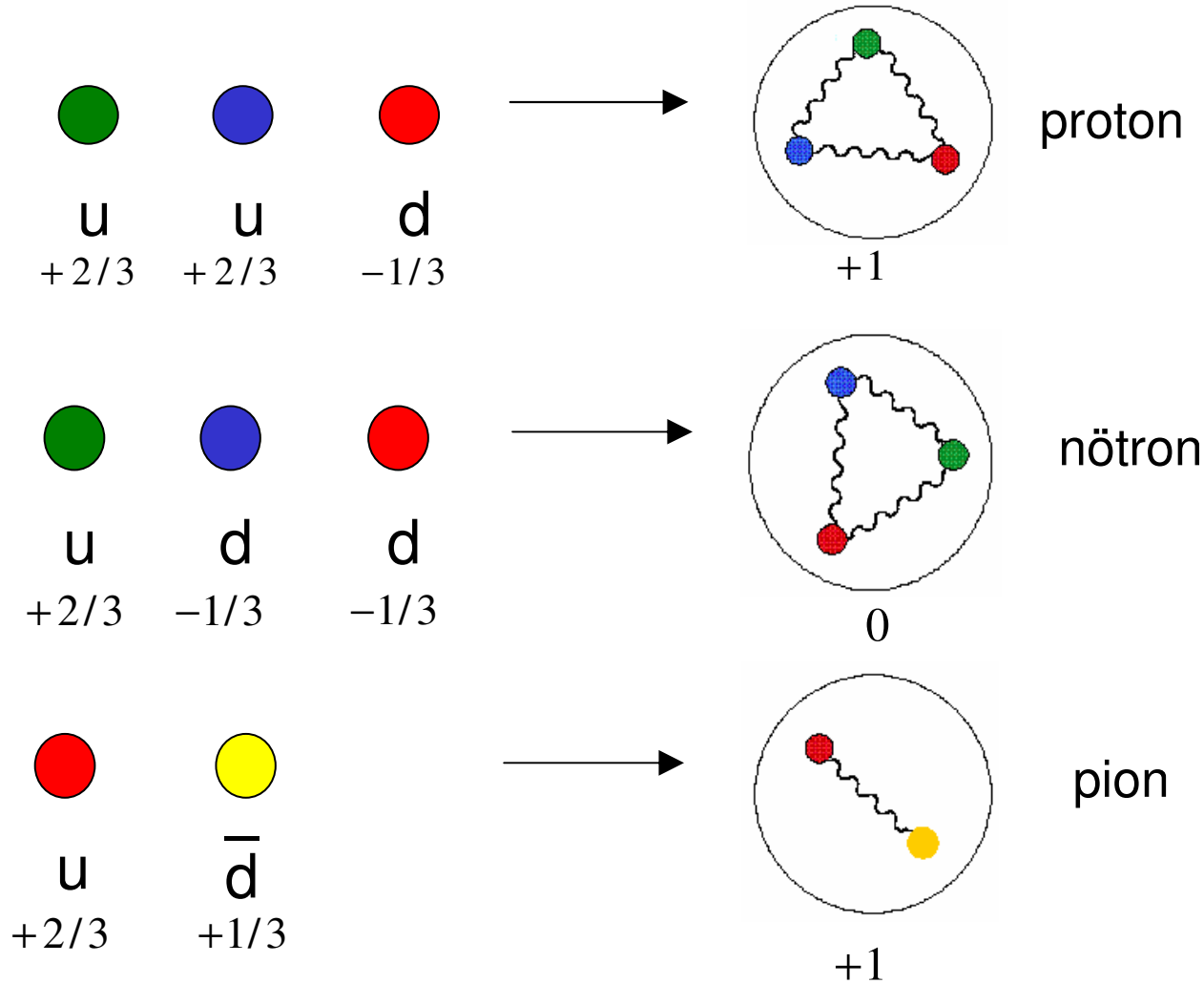
- Radyoaktif bozunmalarda
 - Reaktörlerde
 - Güneş ve diğer yıldızlardaki çekirdek tepkimeleri
- Nötrino akısı: $\varphi > 50 \times 10^{12} \text{ s}^{-1} / \text{insan}$

Parçacık Çiftliği

Sınıf	Parçacık Adı	Sembol	Kütle (MeV)	Ömür (s)	Bozunma modu
	Foton	γ	0	∞	
<i>Leptonlar</i>	Elektron	$e^- (e^+)$	0.5	∞	
	Nötrino (e)	$\nu_e (\bar{\nu}_e)$	0	∞	
	Muon	$\mu^- (\mu^+)$	106	10^{-6}	$e \nu_e \nu_\mu$
	Nötrino (μ)	$\nu_\mu (\nu_\mu)$	0	∞	
	Tau	$\tau^- (\tau^+)$	1784	10^{-13}	$e \nu_e \nu_t$
	Nötrino (T)	$\nu_\tau (\bar{\nu}_\tau)$	0	∞	
<i>Mezonlar</i>	Pion (yükü)	$\pi^- (\pi^+)$	140	10^{-8}	$\mu \nu_\mu$
	Pion (yüksüz)	π^0	135	10^{-16}	$\gamma \gamma$
	Kaon	$K^- (K^+)$	495	10^{-8}	$\mu \nu_\mu$
	Rho	$\rho^- (\rho^+)$	775	10^{-23}	$\pi \pi$
<i>Baryonlar</i>	Proton	p	938	10^{32}	$e^+ \pi^0$
	Nötron	n	940	920	$p e^- \nu_e$
	Lamda	Λ	1116	10^{-10}	$p \pi^-$
	Sigma	$\Sigma^- (\Sigma^+)$	1189	10^{-10}	$p \pi^0$
	Xi	$\Xi^- (\Xi^+)$	1321	10^{-10}	$\Lambda \pi$
	Omega	$\Omega^- (\Omega^+)$	1672	10^{-10}	ΛK

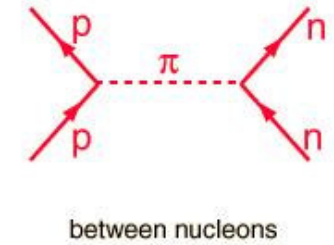
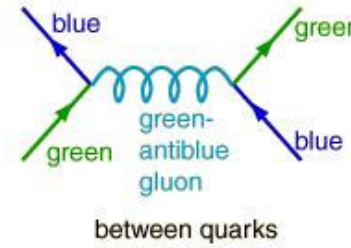
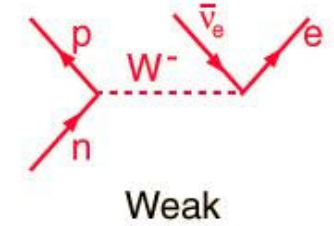
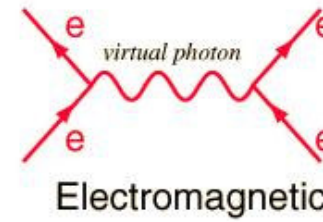
Standart Model

- Parçacıkları ve temel etkileşmeleri açıklayan *şimdilik* en iyi kuram.
- Kararlı maddeyi oluşturan parçacıklar *u* ve *d* kuarkları ve elektronlar



Dört Temel Kuvvet

Kuvvet	Geçerlilik	Menzil	Şiddet
Kütle çekim	Düşen cisimler Gezegenler Gökadalar	∞	1
Zayıf	Beta bozunumu Güneş füzyon	10^{-17} m	10^{25}
Elektromanyetik	Atomlar Moleküller Optik Elektronik Sürtünme	∞	10^{36}
Güçlü	Nükleonlar Kuarklar	10^{-15} m	10^{38}

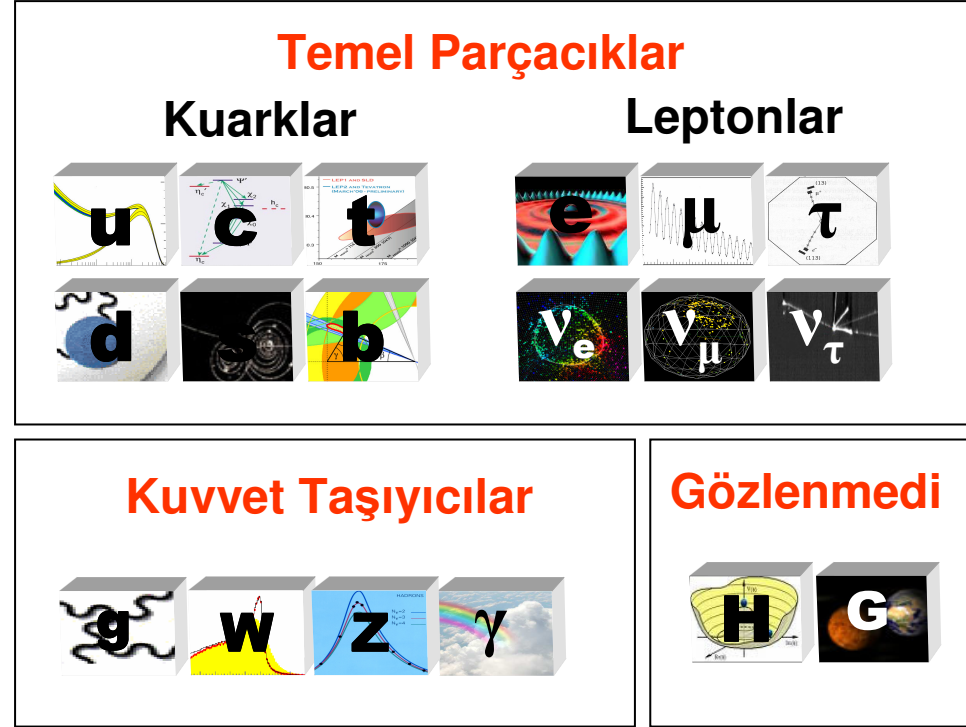


Strong Interaction

Standart Model

- Deneylemlerle örtüşüyor
- 3 kuvveti ve temel etkileşimleri açıklıyor
- Cevaplayamadığı sorular var
- Tabloda delikler tıkanmalı

Yeni Periyodik Tablo



Yeni Parçacıklar

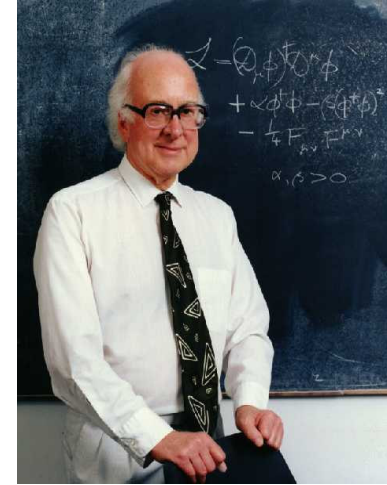
Higgs Bozonu (*Higgs Boson*)

■ *Elektrozayıf Kuvvet*

- 1960larda elektromanyetik ve zayıf kuvvet kuramsal olarak birleştirildi.
(A.Salam, S.Weinberg, S.Glashow)
- 1983'de W ve Z bozonları bulundu.
- Bu kurama göre, bütün parçacıkların çıplak kütlesi sıfırdır.
- *Sual:* Parçacıklar nasıl kütle kazanıyor?
Cevap: P. Higgs: "*Higgs mekanizması*"

■ *Higgs Alanı*

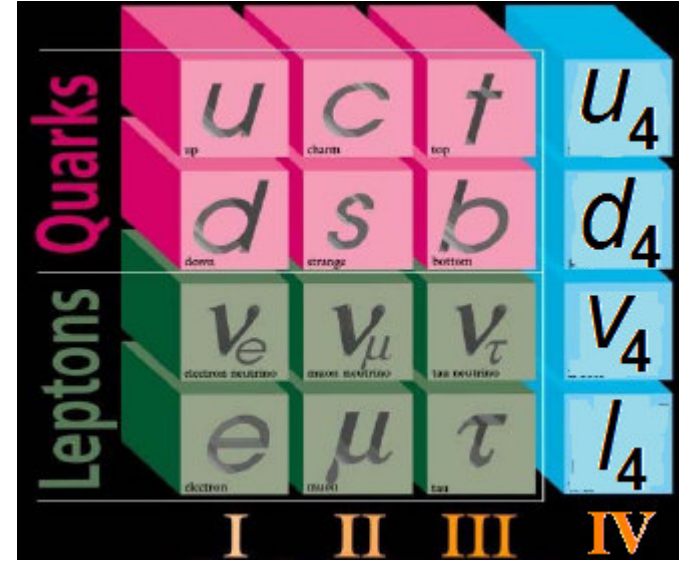
- Büyük patlamadan hemen sonra oluşan ve parçacıklara kütle kazandıran alan.
- Alan taşıyıcısı: Higgs Bozonu (H)
- Kütle: $m(H) > 114 \text{ GeV}$



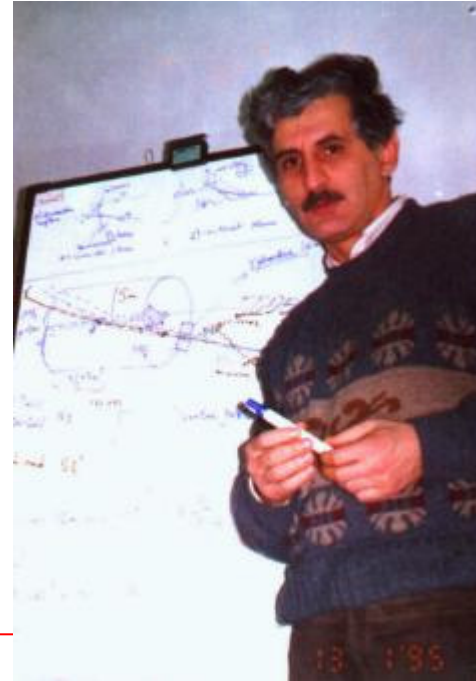
Yeni Parçacıklar

Dördüncü Aile (*Forth Family*)

- Önceki deneylerden toplanan verilere göre sadece $N = 3$ aile var
- SM'ye göre $N < 9$ olabilir!
- Bugünkü alt sınırlar $m_l > 80 \text{ GeV}$, $m_q > 128 \text{ GeV}$



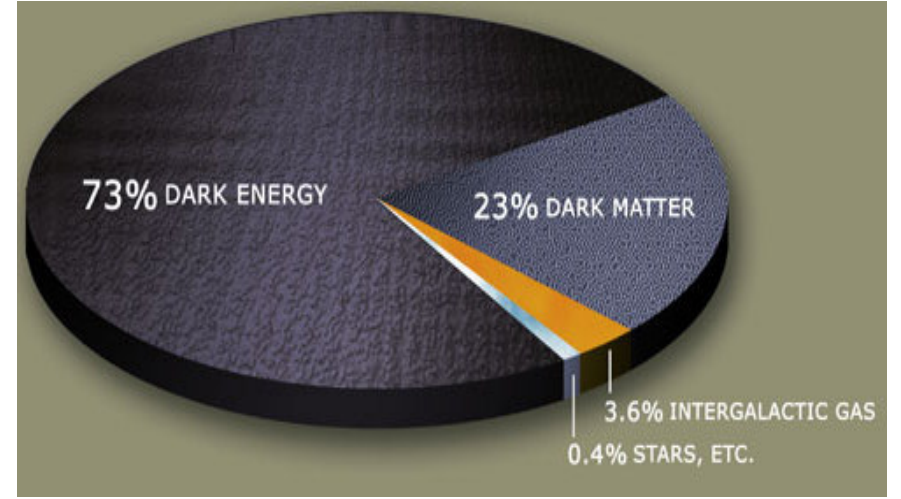
Saleh Sultansoy



SM Ötesi

Karanlık Madde (*Dark Matter*)

- em radyasyon yaymıyor ve yansıtıyor
- Görünür madde ile kütle-çekim etkileşmesine girebiliyor
- Gözlemler var olduğunu gösteriyor!

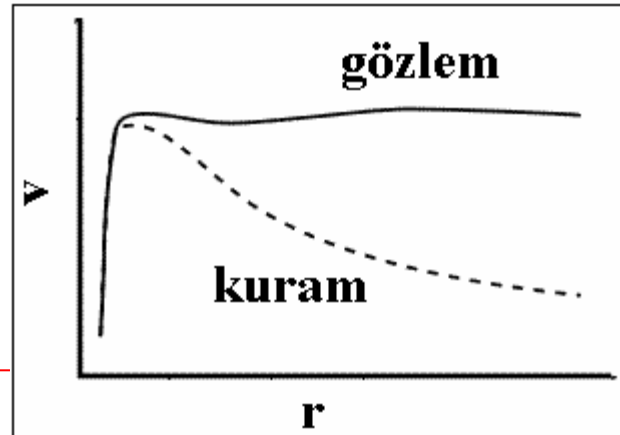


Karanlık madde kanıtları

$$\frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2} \rightarrow v = (GM / r)^{1/2}$$

Gökada göbek: $M \propto r^3 \rightarrow v \propto r$

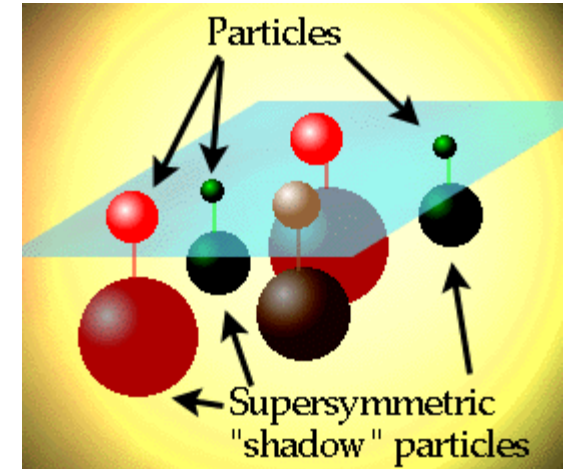
Gökada göbek dışı: $M \cong \text{sabit} \rightarrow v \propto r^{-1/2}$



SM Ötesi Yeni Parçacıklar

Süpersimetri (*Supersymmetry = SUSY*)

- 3 temel kuvveti açıklıyor.
- Normalden ağır, **süper parçacık eşlerini** öngörüyor.
- En hafifleri, karanlık maddeyi açıklıyor.
- “Yanlış olmayacak kadar güzel” bir kuram.



<i>Parçacık</i>	<i>Spin</i>	<i>Sparçacık</i>	<i>Spin</i>
quark(6 tane), q	1/2	skuark, \tilde{q}	0
lepton(6 tane), l	1/2	slepton, \tilde{l}	0
photon, γ	1	photino, $\tilde{\gamma}$	1/2
gluon, g	1	gluino, \tilde{g}	1/2
W^\pm	1	wino, \tilde{W}^\pm	1/2
Z^0	1	zino, \tilde{Z}^0	1/2
H	0	Higgsino, H^0_{12}, H^\pm	1/2

SM Ötesi Yeni Parçacıklar

Sicim Kuramı = Herşeyin Kuramı

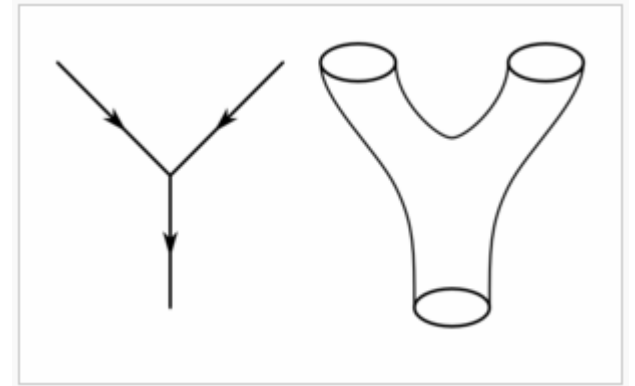
(*String Theory = Theory of Everything*)

Amaç:

Bütün parçacıkları (kuarklar ve leptonlar) ve dört temel kuvveti (kütleçekim, elektromanyetik, zayıf ve güçlü) bir çatı altında toplamak.

Fikir:

- Temel parçacıklar nokta şeklinde değil **titreşen sicim ilmikleridir** (loops of vibrating string)
- Aracı parçacıklar (γ, W, Z, g, G), sadece **tek cins bir sicimin farklı titreşim kipleridir**.
- Kuram ek boyutların (extra dimensions) varlığını öngörüyor:
 $4+6 = 10$ boyut veya $4+22 = 26$ boyut !



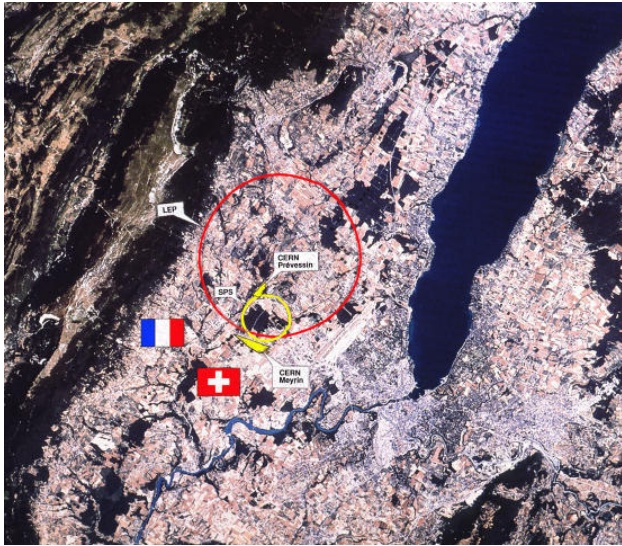
Cevap Bekleyen Sorular

- *Neden temel parçacıkların kütlesi var?*
- *Bu kütleler neden farklı?*
- *4. Aile, 5. Aile ...*
- *Nötrino kütlesi ve salınımı*
- *Madde karşı-madde neden dengesiz?*
- *Karanlık madde ve karanlık enerji nedir?*
- *Süpersimetrik parçacık eşleri*
- *4. kuvvet: Kütleçekim dahil edilemiyor*
- *Ek boyutlar mevcut mu?*

CERN



- *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*
European Council for Nuclear Research
European Laboratory for Particle Physics
Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
- İsviçre-Fransa sınırı, Cenevre kentinde kurulu dünyanın en büyük Parçacık Fiziği Araştırma Laboratuvarı



CERN



- 1949: L. De Broglie tarafından teklif edildi.
- 1952: 11 kurucu ülke ile kuruldu.
- 1959-1999: 9 ülke daha katıldı.
- 2007: 20 tam üye ülke

- 8 gözlemci

Türkiye

Hindistan

Japonya

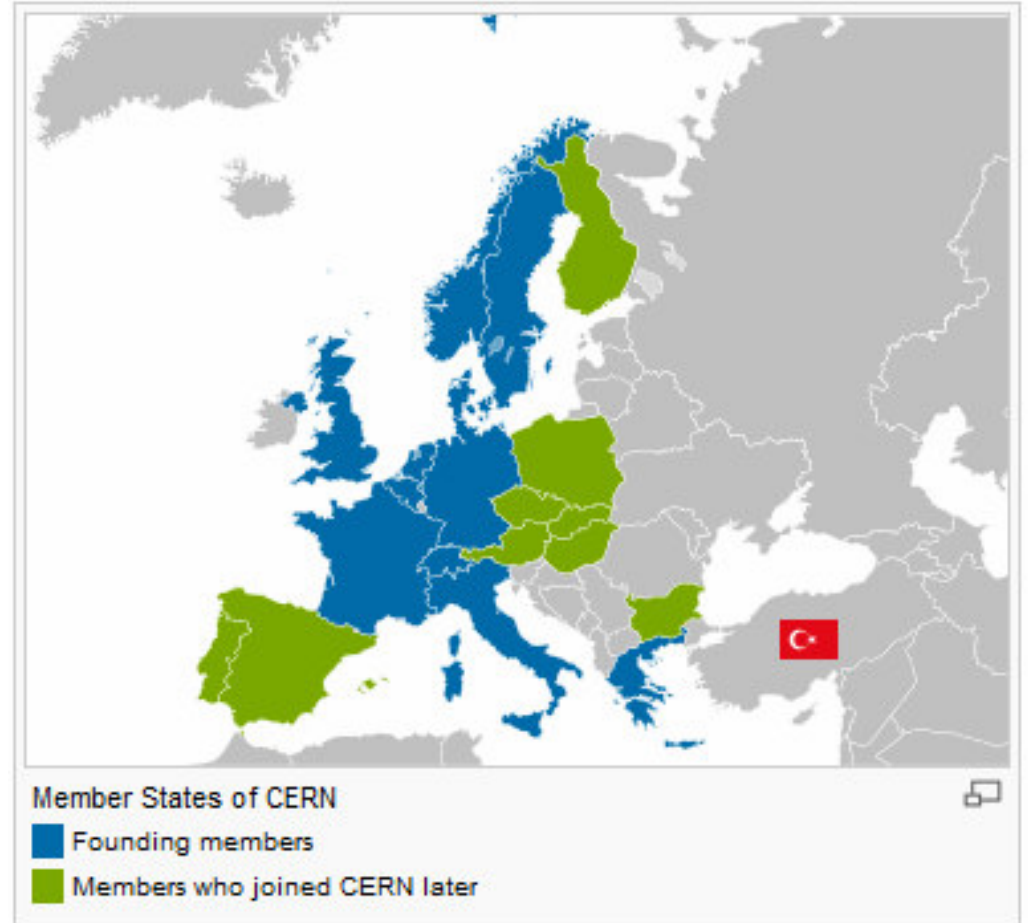
ABD

UNESCO

AB

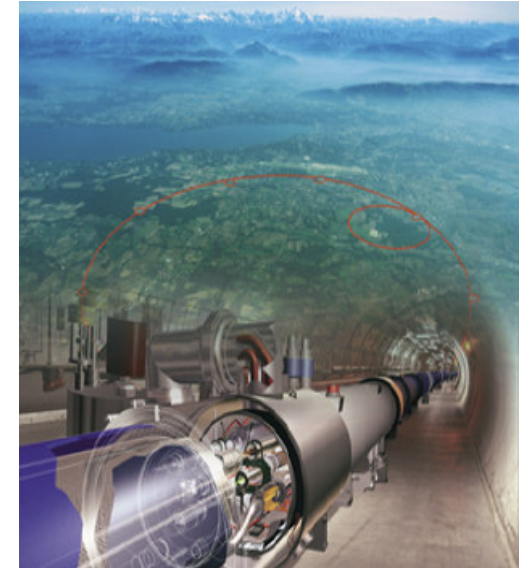
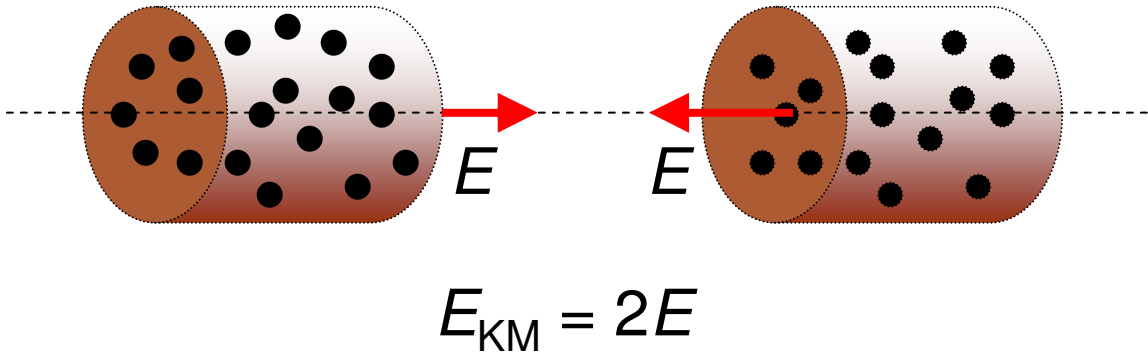
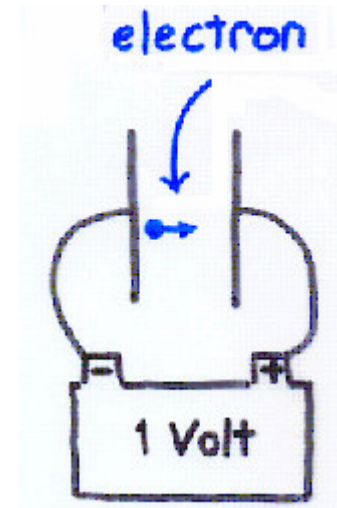
İsrail

Rusya



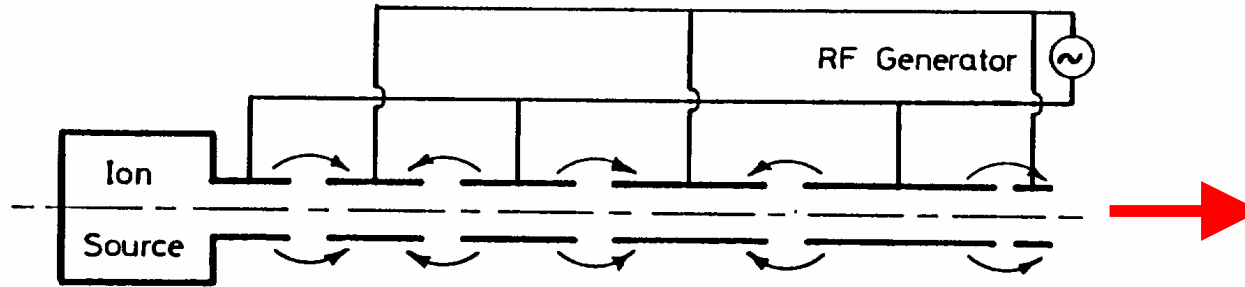
Parçacık Hızlandırıcıları

- **Hızlandırıcı (Accelerator)**
Temel yüklü parçacıkları **elektrik alan** ile hızlandıran (ivmelendiren) donanımlardır.
- **Çarpıştırıcı (Collider)**
Parçacık demetlerini belli bir **kütle merkezi (KM)** enerjisi çarpıştıran hızlandırıcılar.



Parçacık Hızlandırıcıları

■ Doğrusal Hızlandırıcı (Linear Accelerator: LINAC)



■ SLAC - Stanford Linear Accelerator Center

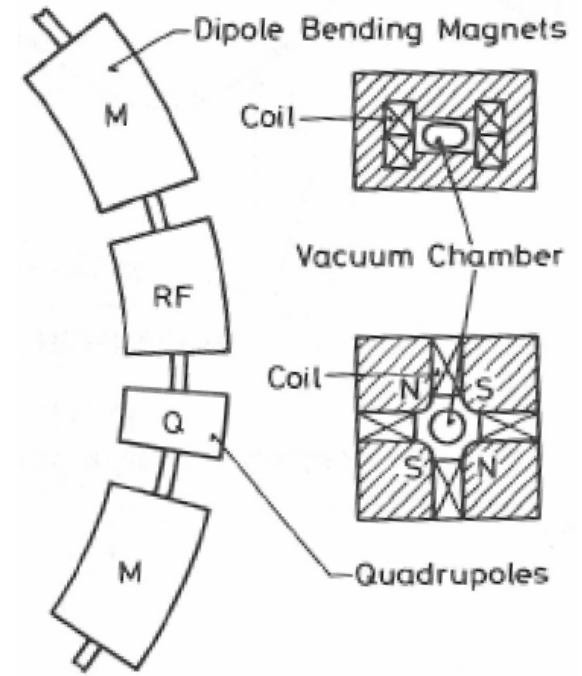
- 1966 yılında kuruldu
- 3.2 km uzunluk
- 50 GeV elektron-pozitron hızlandırıcısı



Parçacık Hızlandırıcıları

■ Dairesel Hızlandırıcı (Circular Accelerator)

Parçacıklar, eğici mıknatıslar aracılığı ile kapalı bir yörüngede defalarca geçirilerek hızlandırılırlar.



■ LEP (Large Electron Positron Collider)

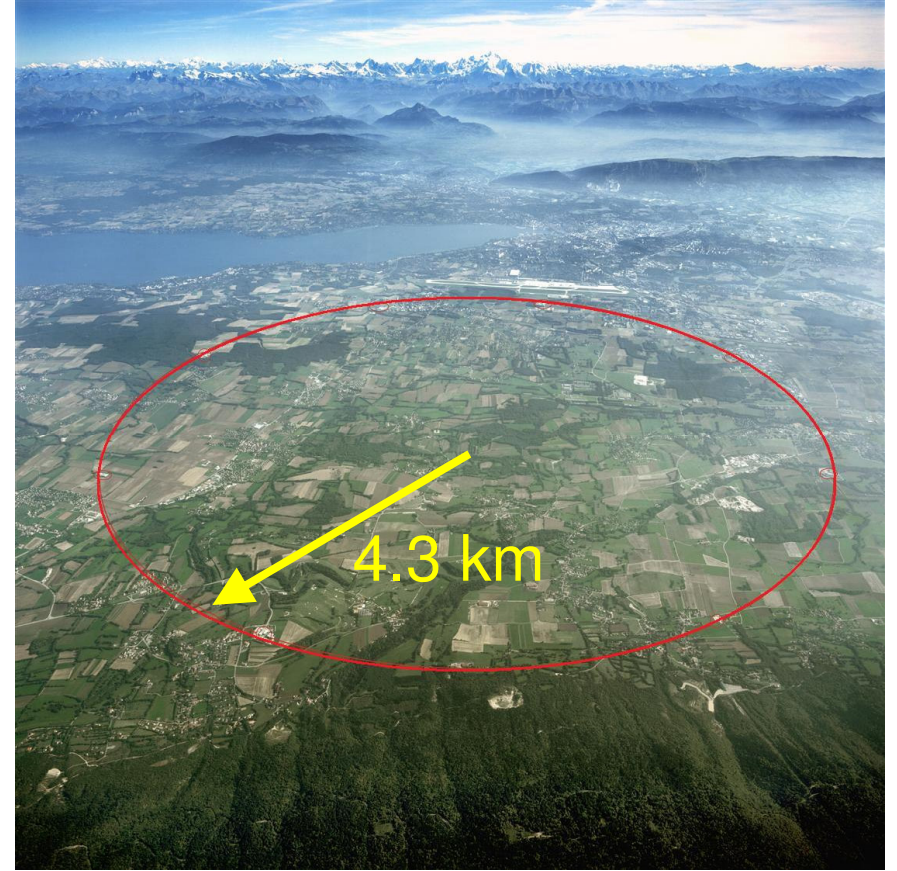
- 27 km çevre uzunluğu
- yaklaşık 100 m toprak altında
- 1989-2000 yıllarında W^\pm ve Z bozonları incelendi.



Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

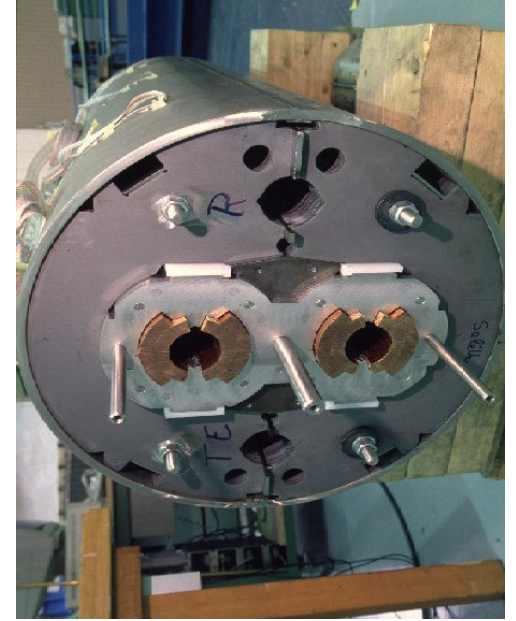
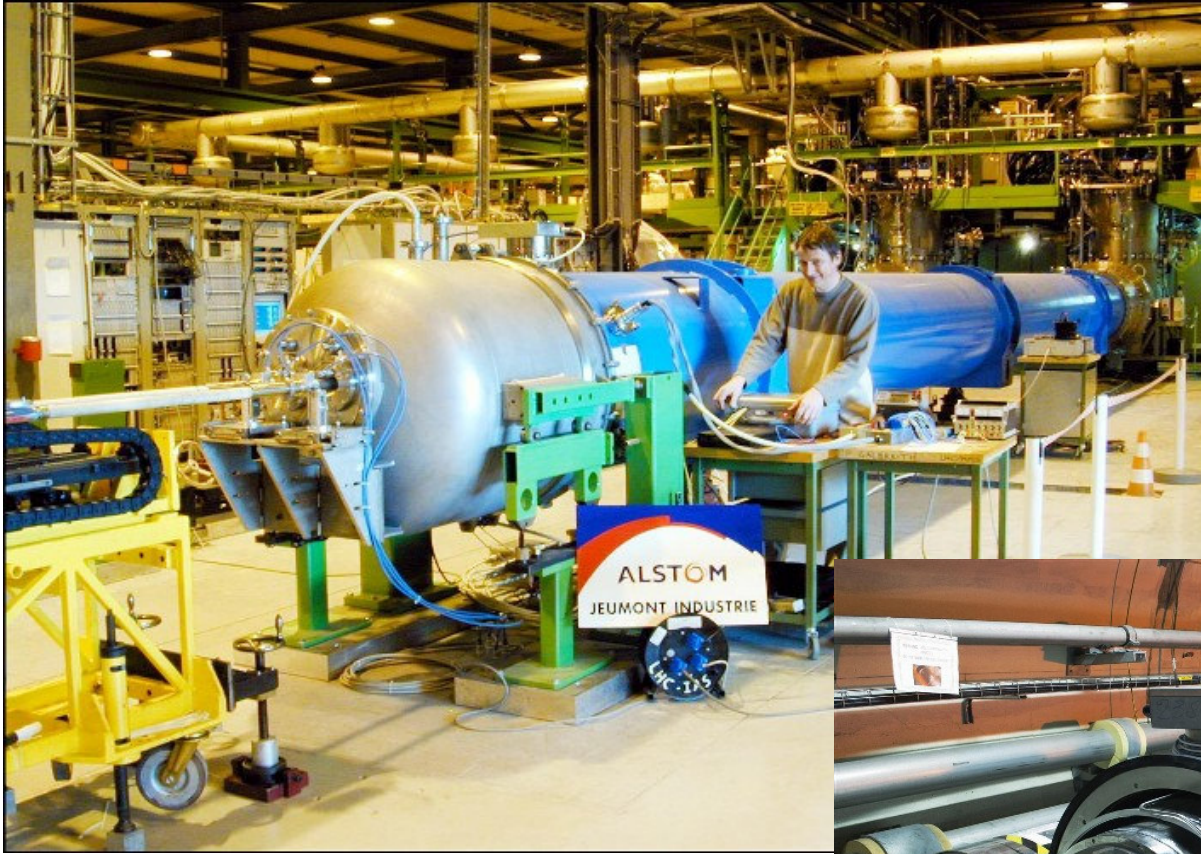
(LHC: Large Hadron Collider)

- **Büyük** : çarpıştırıcı çevre uzunluğu yaklaşık 27 km
Hadron: çarpıştırılacak parçacıklar:
 - $E_{KM} = 14$ TeV enerjili protonlar
 - $E_{KM} = 1150$ TeV enerjili kurşun (Pb) çekirdekleri
- LHC projesi:
 - Fikir Aralık 1994 yılında başladı.
 - 1989-2000 yılları arasında çalışan LEP tüneli LHC'ye devredildi.
 - Mayıs 2008'de hizmete girecek ?
 - Maliyet: 3 milyar € (5.5 milyar YTL)



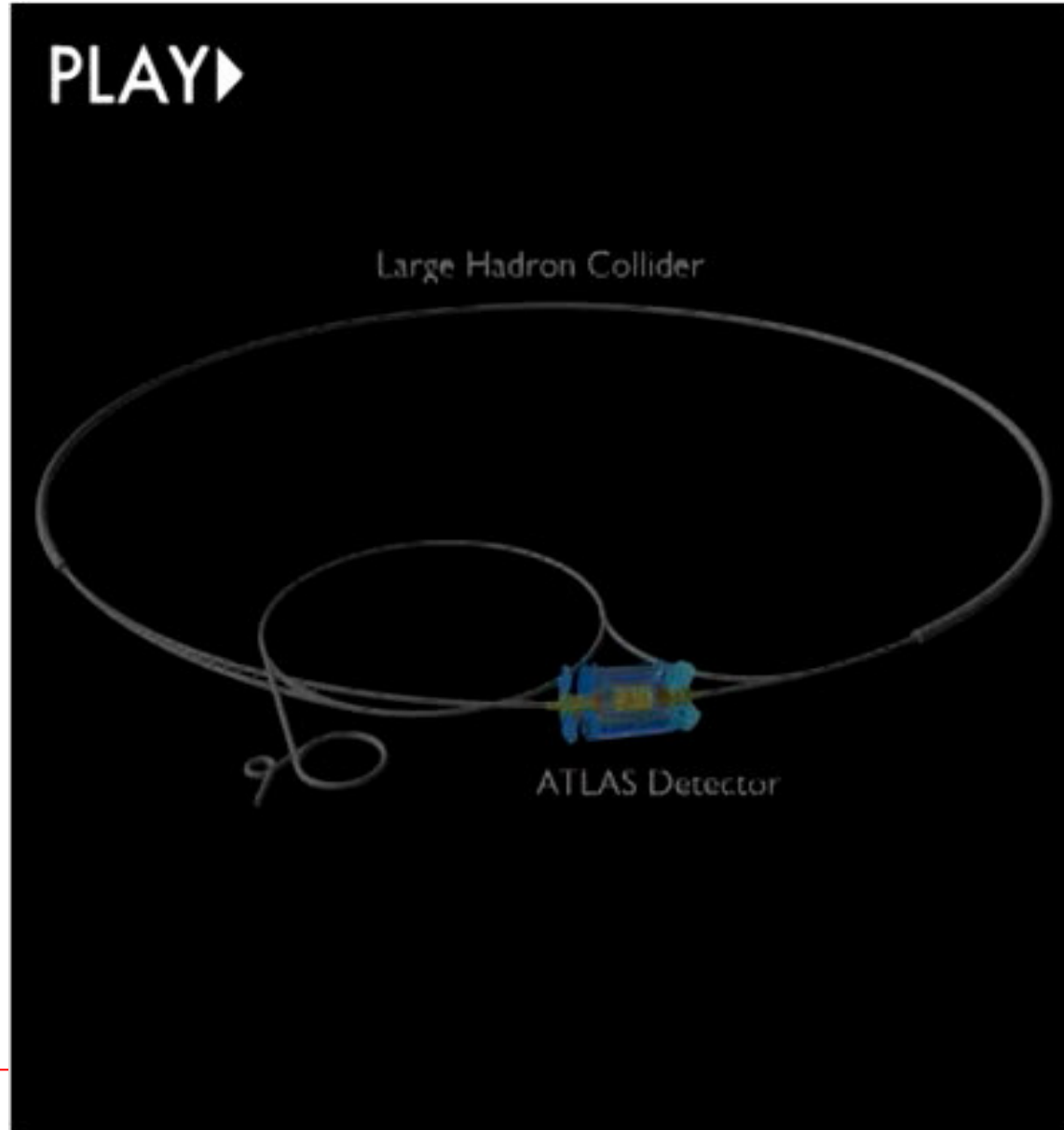


Büyük Hadron Çarpıştırıcısı



Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

[lhc-olay.mpg](#)



Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

■ Çarpışmalar tehlikeli mi?

Mini karadelikler ve Hawking radyasyonu

■ Evrenin en soğuk yeri !

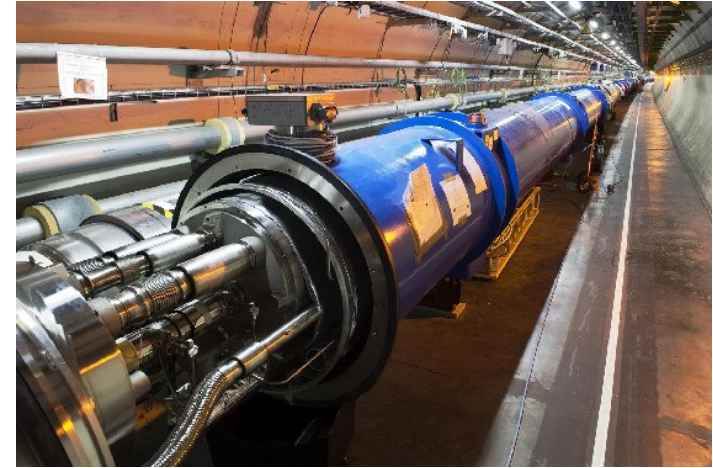
➤ LHC toplam 9300: dipol, kuadrapol, sekstupol, oktupol, dekapol içerir.

➤ Dipoller LHC boyunca **$B = 8.4 \text{ T}$** manyetik alan sağlayan süper-iletken elektro-mıknatıslardır (SEM).

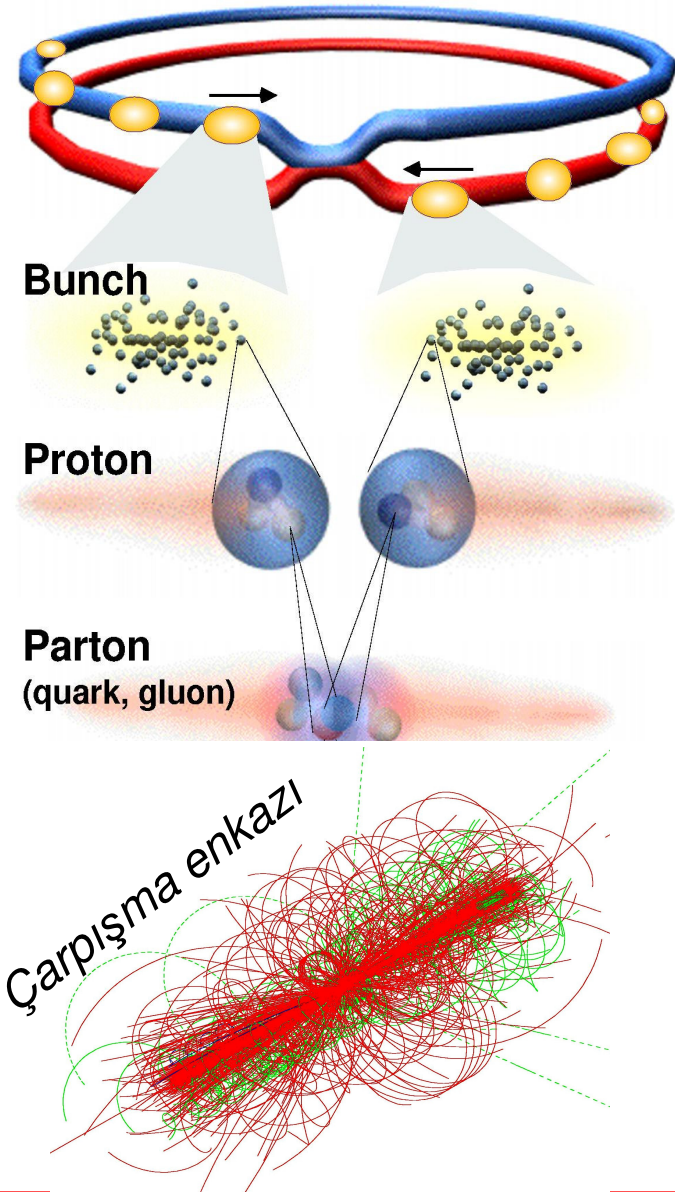
➤ SEM: $T < 10 \text{ K}$ (-263.2 °C) sıcaklıkta süper-iletken hale gelen Niobium-Titanium (NbTi) kablolarından yapılmış sargılardır.

Protonları bükecek $B = 8.4 \text{ T}$ 'lık alan **$i = 11\,400 \text{ A}$** 'lık akım ile sağlanacak.

➤ LHC, **$T = 1.9 \text{ K}$** (-271.3 °C) sıcaklıkta çalışacak (Evren sıcaklığı **$T = 2.7 \text{ K}$**)



Büyük Hadron Çarpıştırıcısı



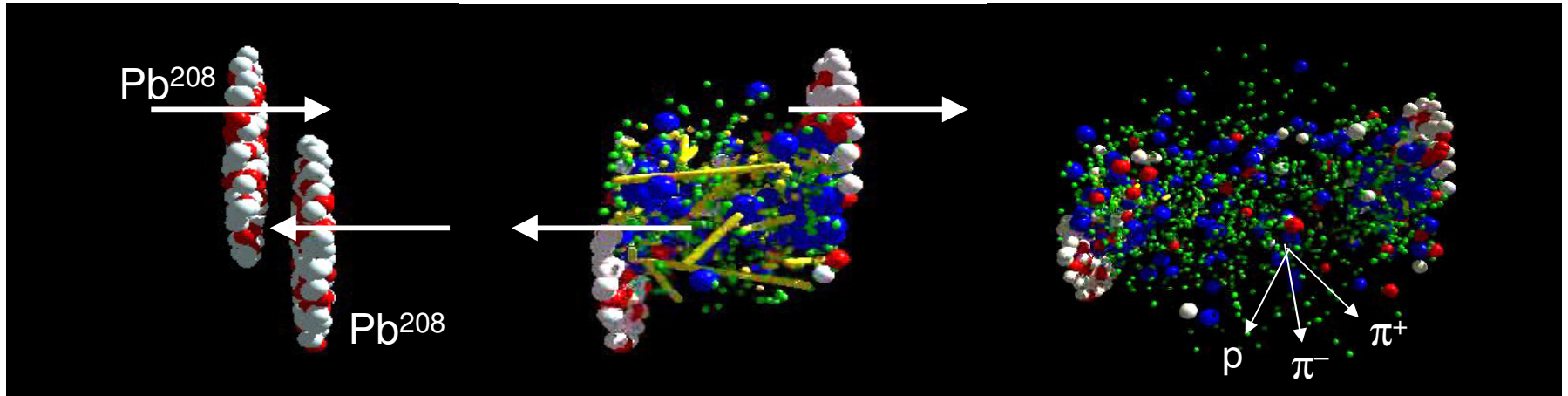
p-p çarpışması hakkında

- proton-proton
- 2808 x 2808 küme (bunch)
- Proton sayısı, $N = 10^{11}/\text{küme}$
- Küme çapı = 16 μm (saç teli 50 μm)
- Parlaklık, $L = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Komşu iki küme arası uzaklık: 7.5 m (25 ns)
- Küme çarpışma frekansı
 $f = 1/25 \text{ ns} = 40,000,000 \text{ Hz} = 40 \text{ MHz}$
- Proton çarpışma frekansı
 $f = 10^9 \text{ çarpışma/s}$
küme başına 20 kafa-kafaya/s

Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

Pb-Pb çarpışması

- $E_{\text{KM}} = 1150 \text{ TeV}$
- $E = 2.76 \text{ TeV/u}$
- Kuark-gluon plazması



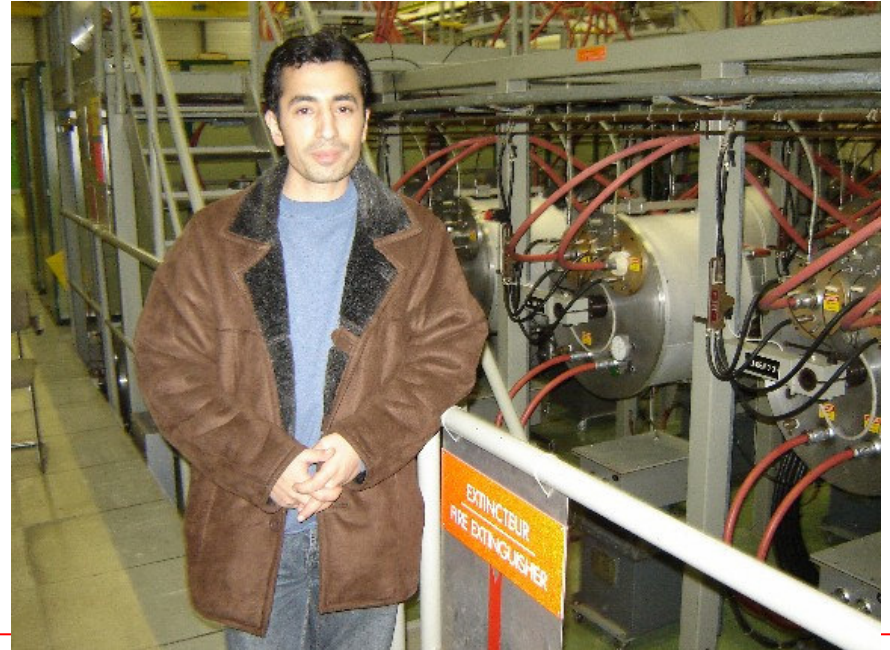
Yeni Nesil Hızlandırıcılar

■ ILC (International Linear Collider)

- LHC'nin bulgularını derinlemesine inceleyecek
- Elektron-pozitron çarpıştırıcısı
- $E_{KM} \sim \text{TeV}$
- 30-40 km uzunluk ?

■ CLIC (Compact Linear Collider), CERN

- Elektron-pozitron çarpıştırıcısı
- $E_{KM} \sim \text{TeV}$

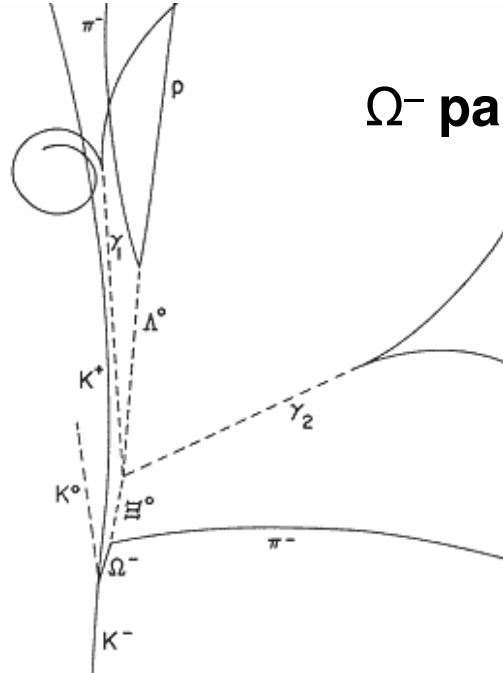
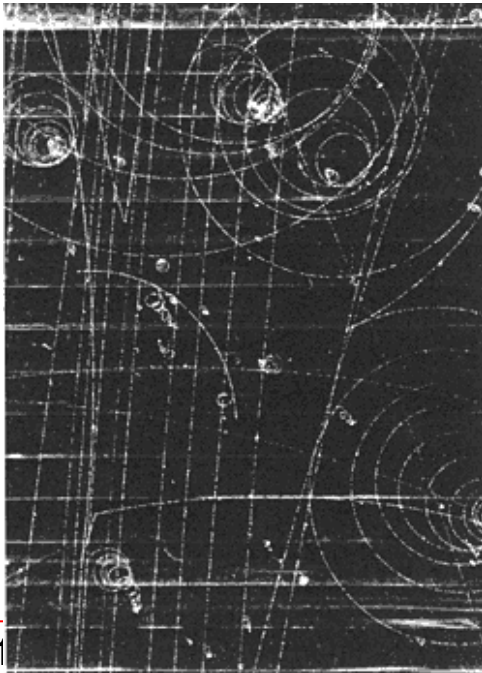


Parçacık Detektörleri

Detektörler ile çarpışma enkazında oluşan parçacıkların

- *yükü*
- *konumu*
- *uçuş zamanı*
- *momentumu*
- *enerjisi*
- *kimliği*

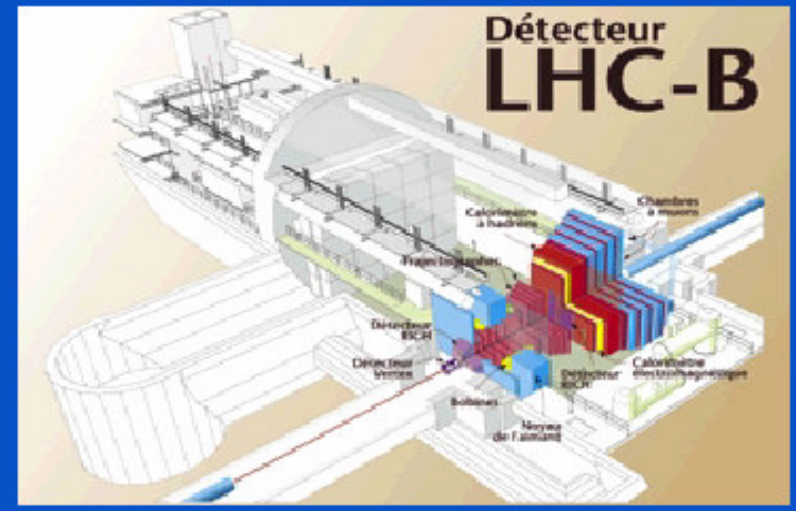
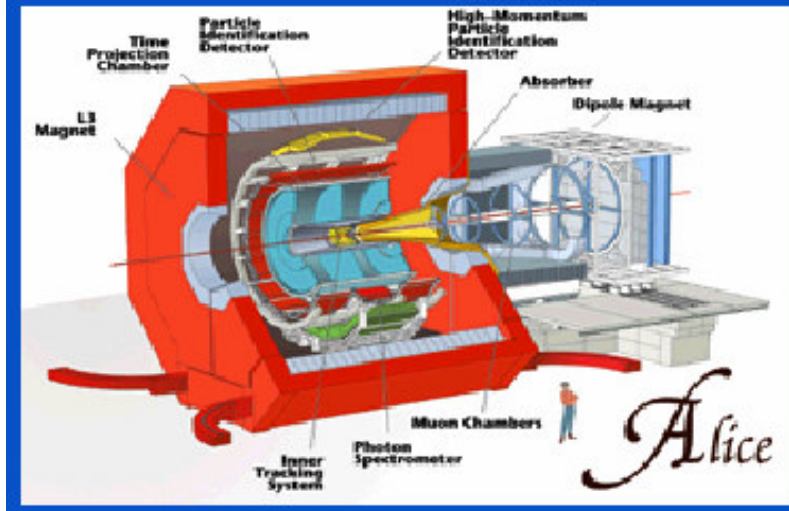
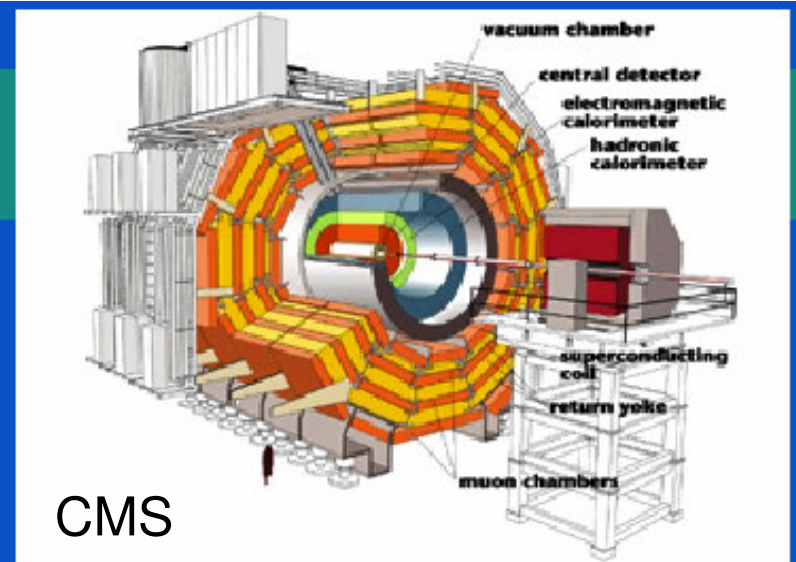
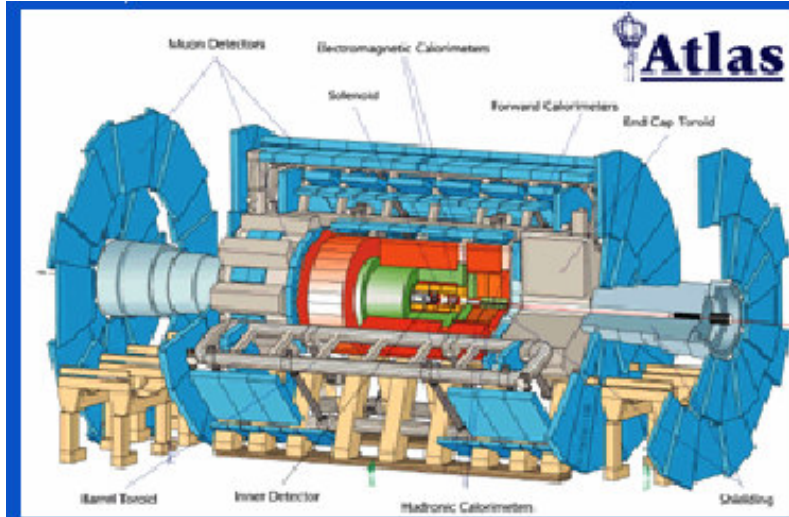
belirlenir.



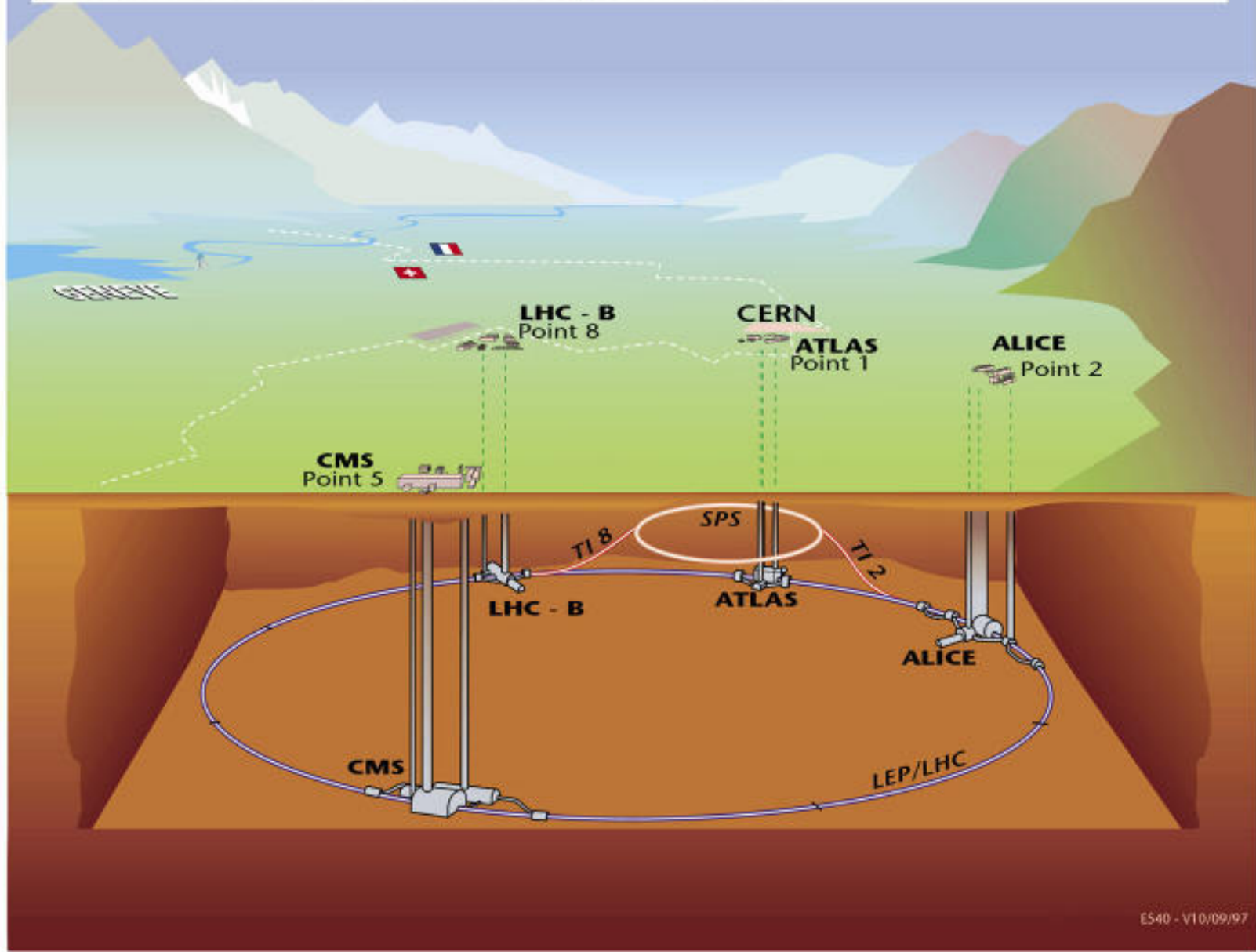
Ω^- parçacığının keşfi (1964)

Parçacık Detektörleri

LHC'de çalışacak 4 detektör

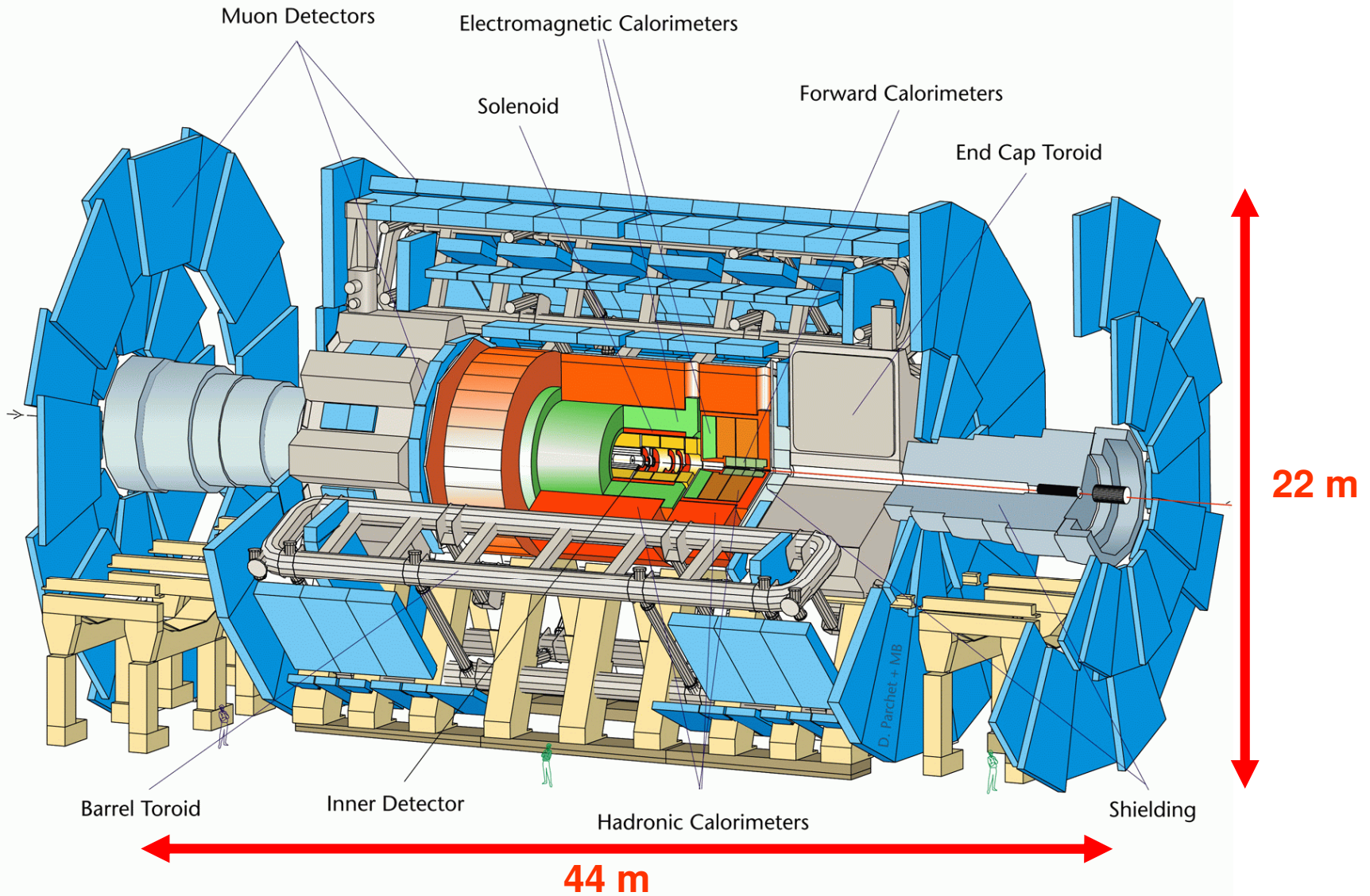


Overall view of the LHC experiments.



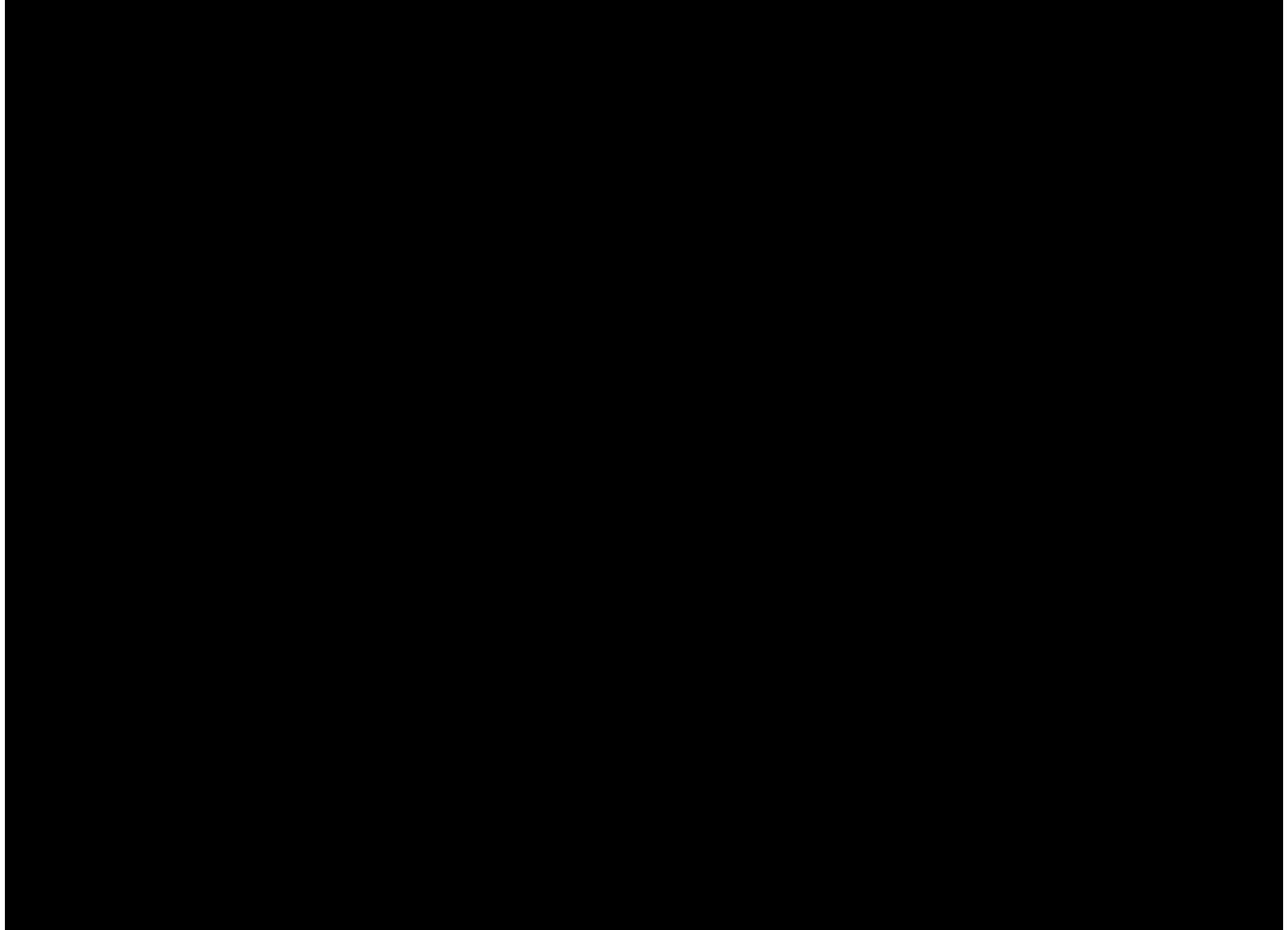
Parçacık Detektörleri

ATLAS Detektörü (<http://atlas.ch>)



Parçacık Detektörleri

[*atlas-tanitim.mpeg*](#)



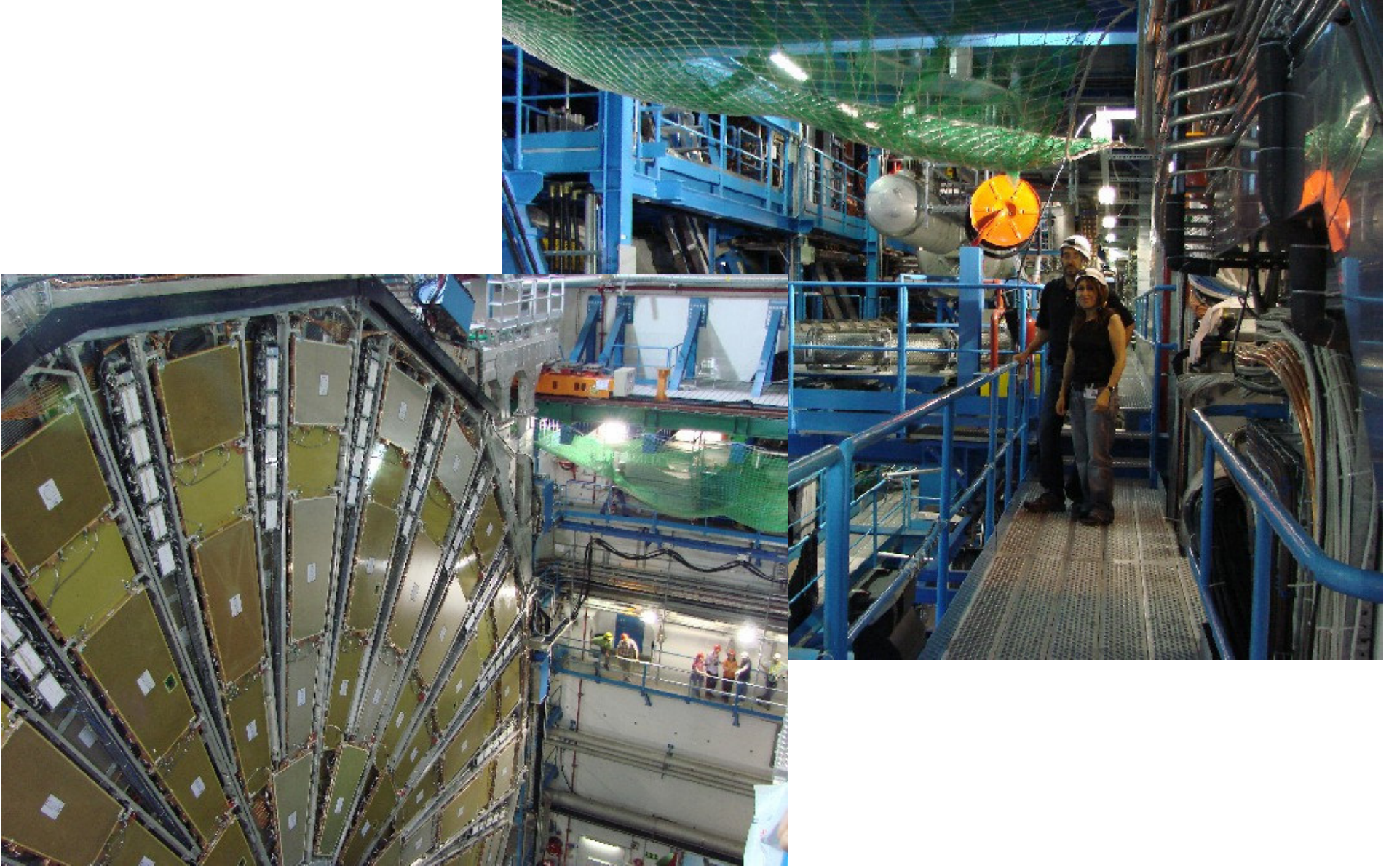
Parçacık Detektörleri

ATLAS İşbirliği Platformu

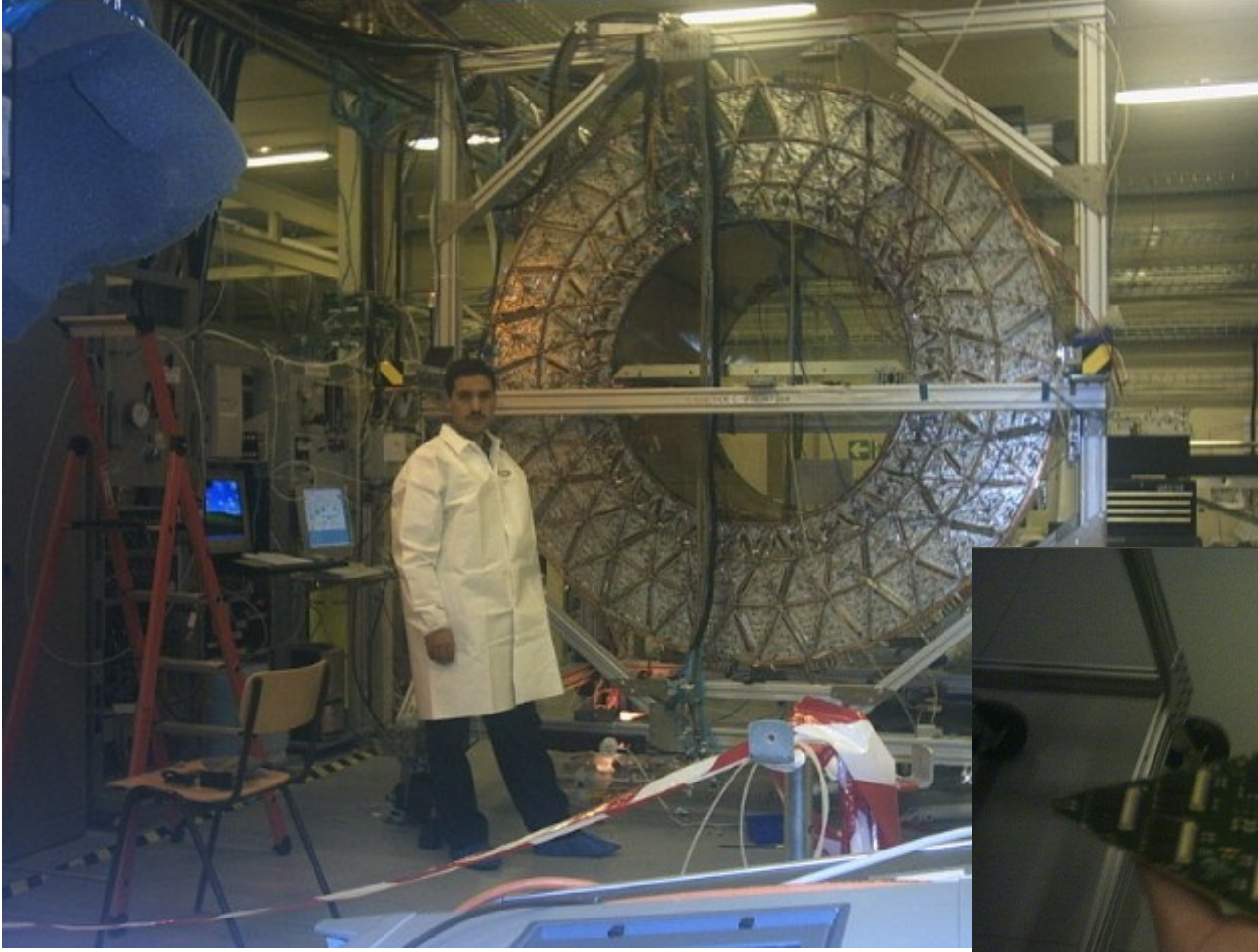
- 34 ülke
- 1850 fizikçi
- 175 enstitü
- **Türkiye:**
Boğaziçi Üniversitesi
Doğuş Üniversitesi
Gaziantep Üniversitesi
Ankara Üniversitesi



Parçacık Detektörleri



Parçacık Detektörleri

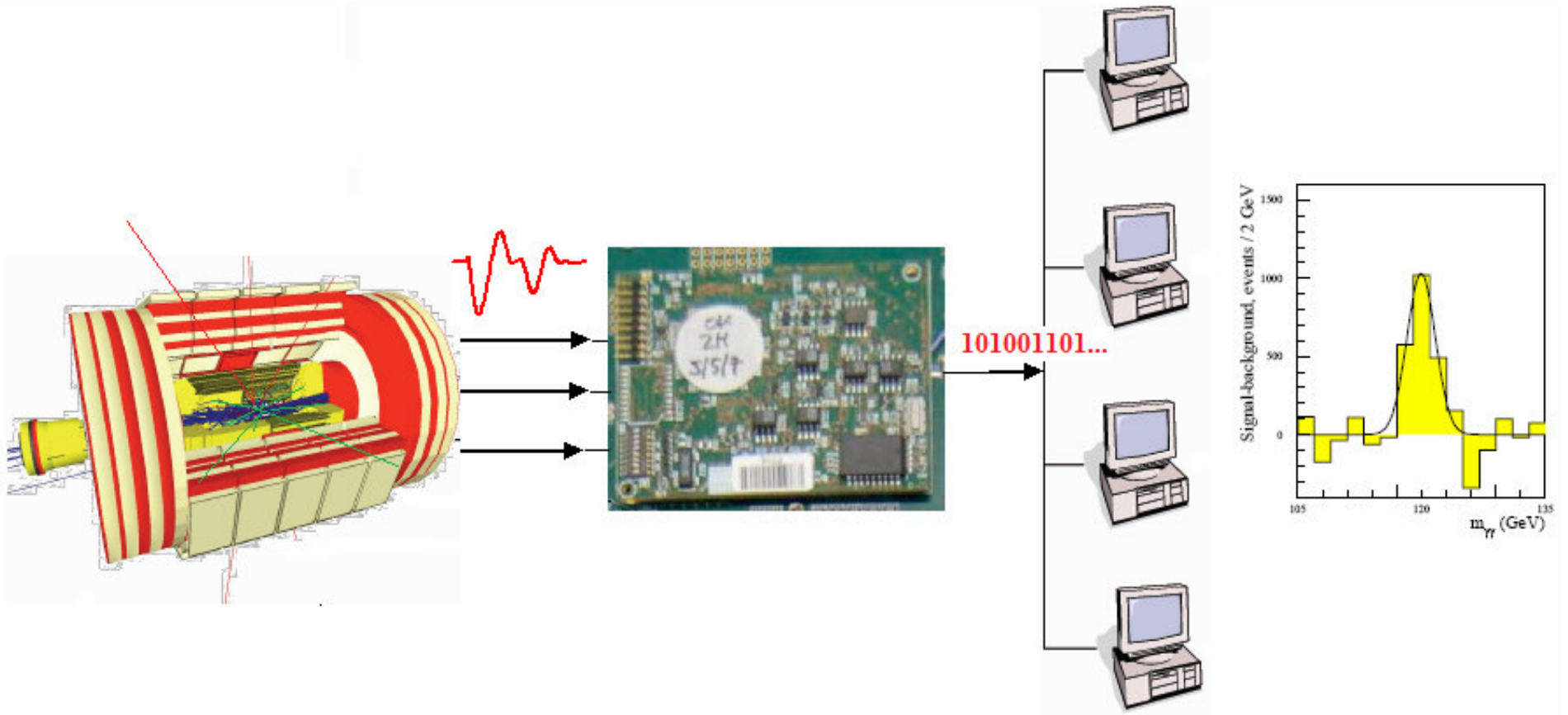


Veri Analizi

- LHC'de bakılacak önemli fizik olayları:
 - Higgs bozonu
 - Süpersimetrik parçacıklar
 - B mezon fiziği
 - Ağır kuarklar: üst kuark ve 4. aile
 - QCD: kuark-gluon plazması
 - Ek boyutlar
 - Leptokuark
 - Manyetik Monopol

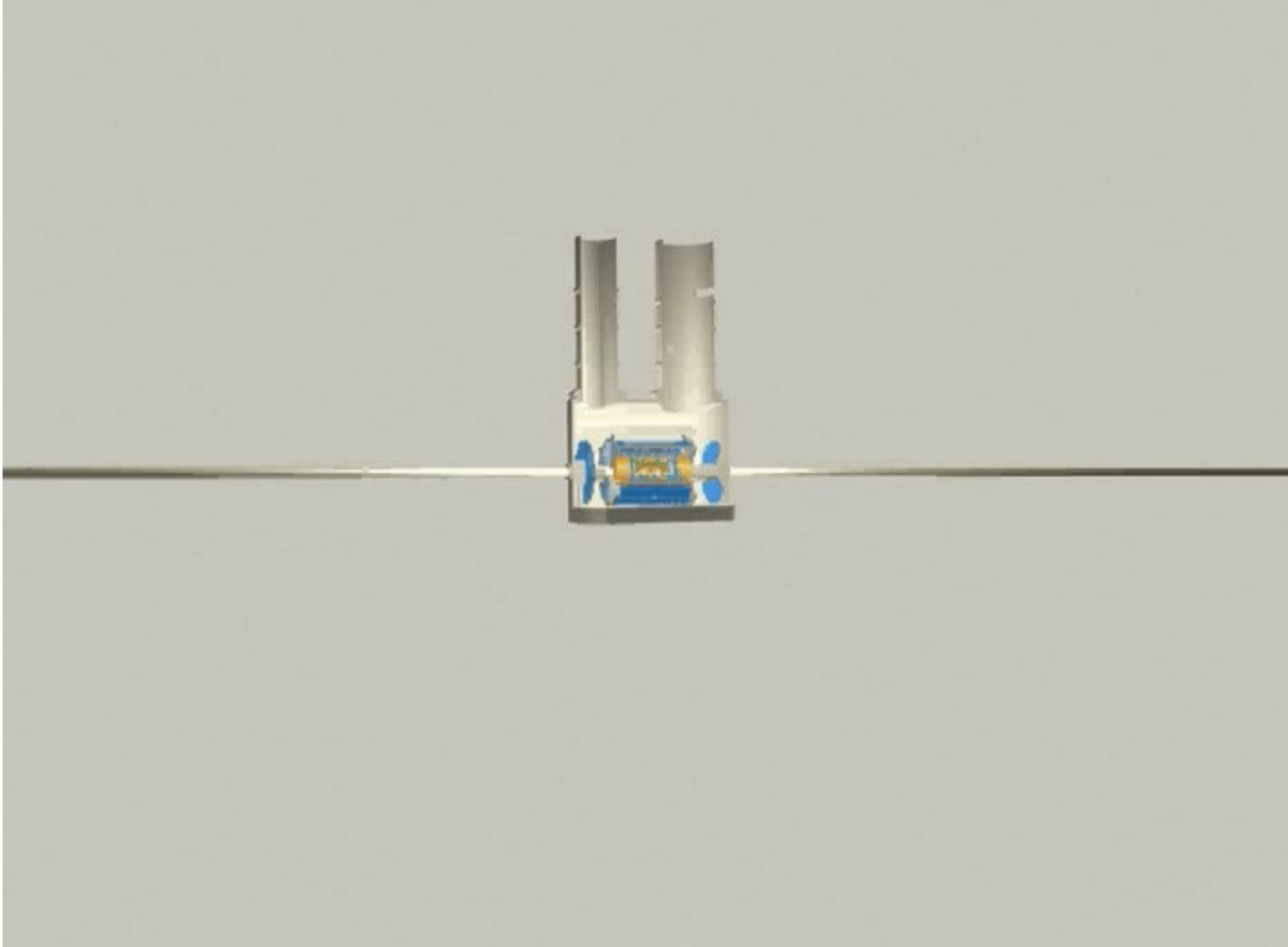
Veri Analizi

- Analiz Zinciri



Parçacık Detektörleri

[atlas-olay.mpeg](#)



Veri Analizi

Higgs Bozonu Bozunma Kanalları

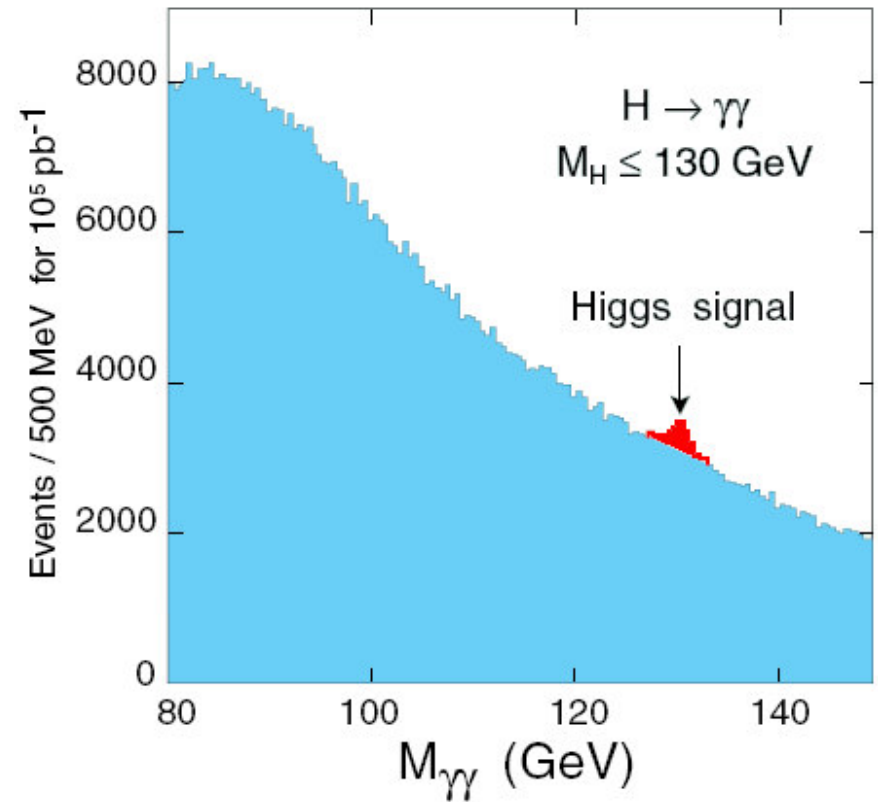
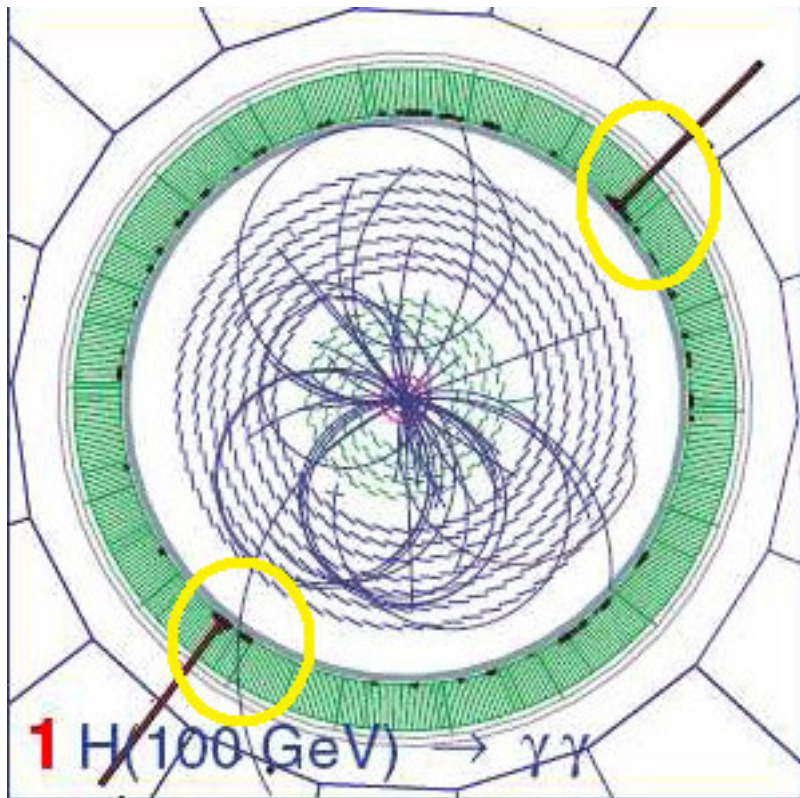
$$114 < m(H) < 130 \text{ GeV: } H \rightarrow \gamma\gamma$$

$$130 < m(H) < 600 \text{ GeV: } H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell^\pm ; \ell = e, \mu$$

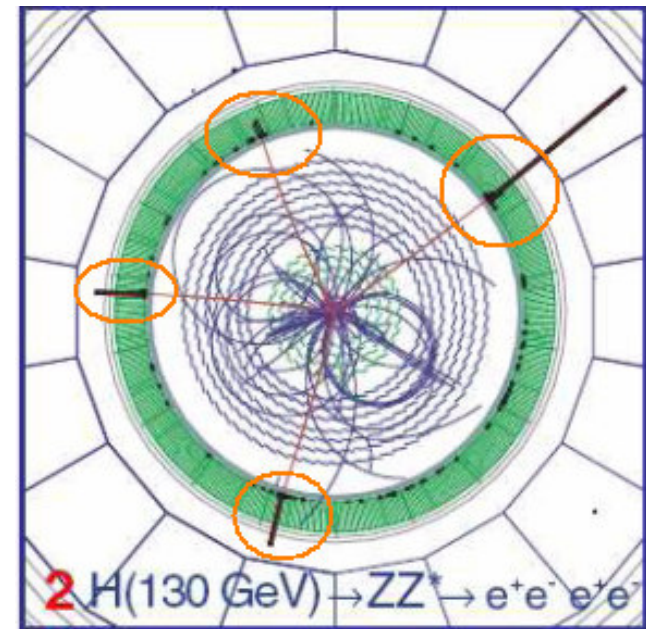
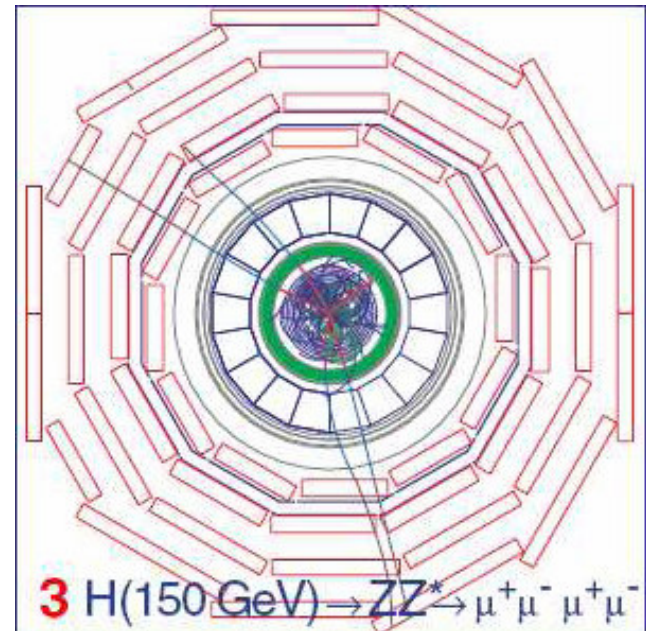
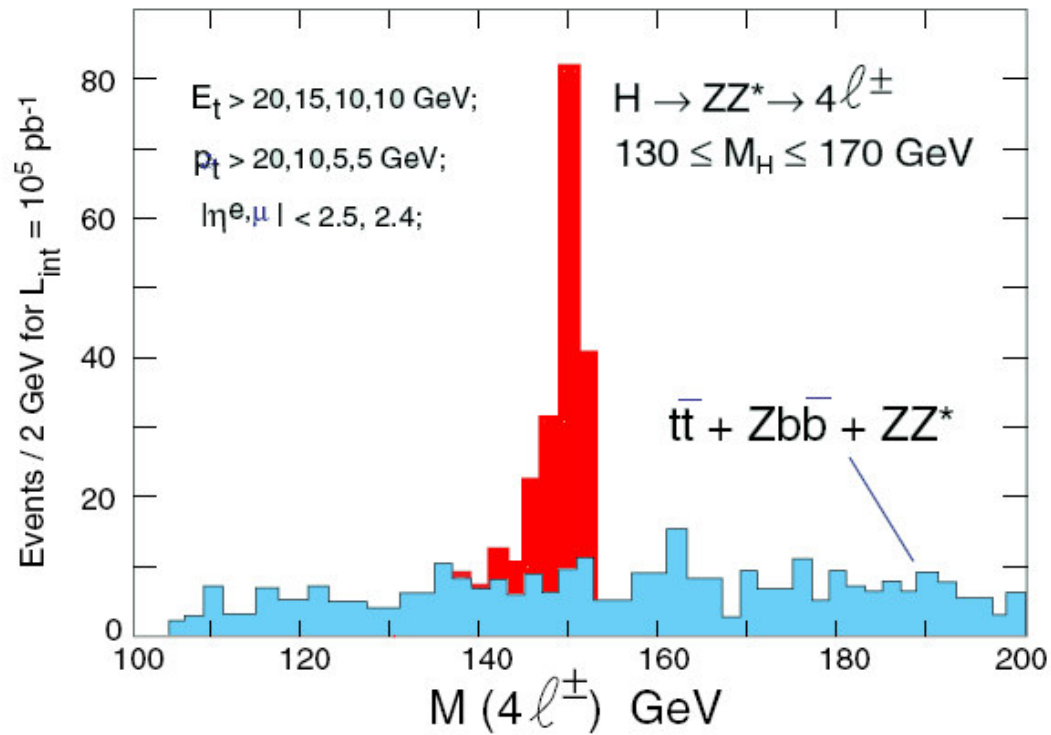
$$600 < m(H) < 1000 \text{ GeV: } H \rightarrow ZZ \rightarrow \ell\ell jj$$

Veri Analizi

Değişmez kütle:
$$M^2 = \left(\sum_k E_k \right)^2 - \left(\sum_k \mathbf{p}_k \right)^2$$



Veri Analizi

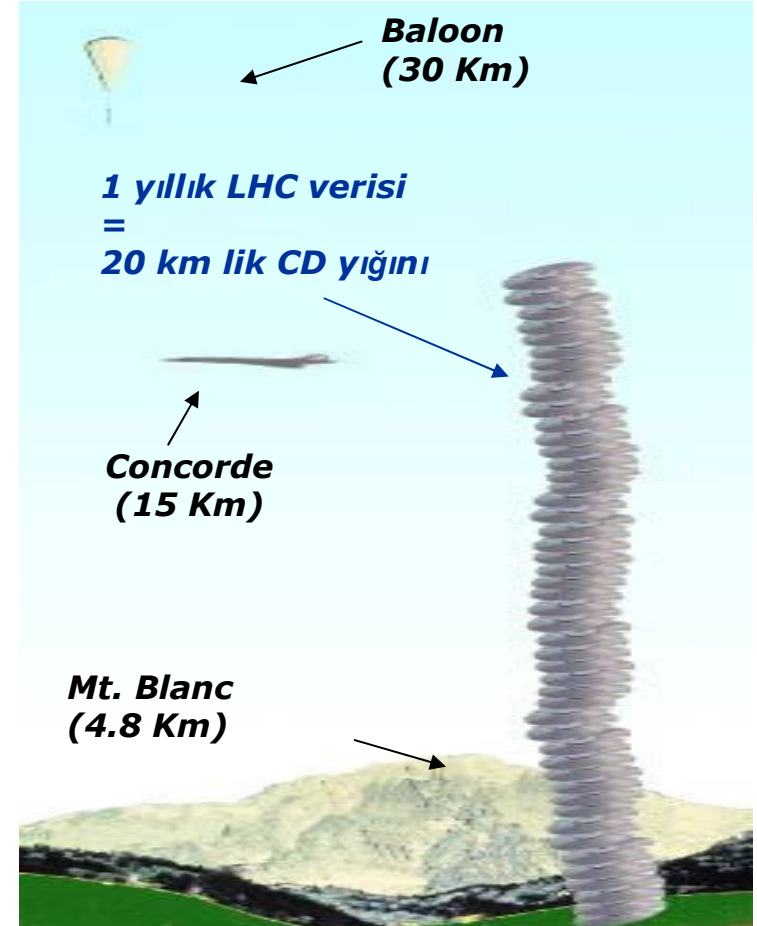


Veri Analizi

LHC'de toplanacak bilgi:
yılda 15 petabayt

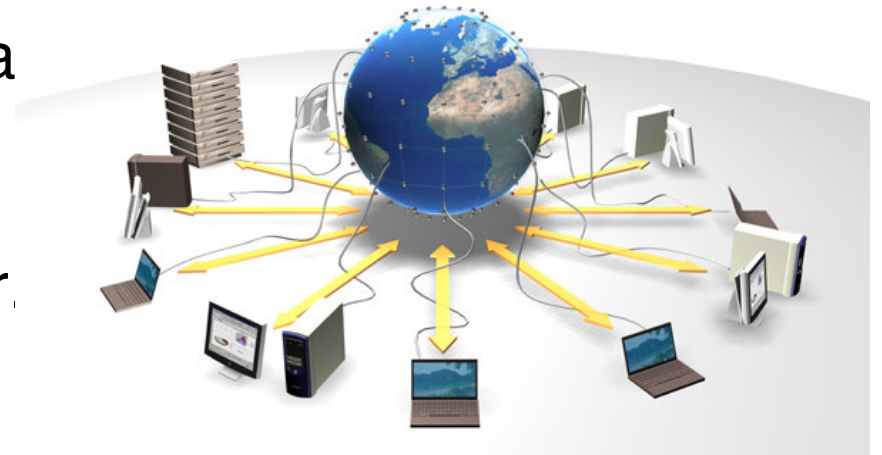
1 PB = 10^{15} B = 10^6 GB ~ 1.5×10^6 CD
15 PB ~ 22×10^6 CD \equiv 20 km CD yığını

LHC 2008'de veri alımı başlayacak
ve 10-15 yıl hizmet verecek.
Toplam veri ~ 200 PB!
Veri kontrolü çok zor!



Veri Analizi

- LHC veri analizleri, en azından 100,000 tane GHz hızında mikroişlemci içeren bilgisayarlarla yapılabilecek.
- *CERN %20'sine sahip.*
- Çözüm: Bilgisayar kümeleri kullanmak.
Yeni teknoloji: **GRID Distributed Computing**
- **GRID**, bilgisayarların hesaplama ve veri depolama kaynaklarını Internet üzerinden paylaşmak amacı ile oluşturulan bir servistir.



Veri Analizi

■ CERN – Web'in doğduğu yer

- 1990: CERN bilim adamlarından Tim Barners- Lee (Internet) http için HTML, URL, Web sunucu ve Web tarayıcı tanımlamalarını yaptı.
- 1991: CERN (Avrupa) fizikçileri ile SLAC (Amerika) fizikçileri arasında ilk kez Web bağlantısı ile bilgiler aktarıldı.



■ Web2 – Yeni bilgi aktarım protokolü

2004: CERN → California (11,000 km)
aktarım hızı: 6.25 GB/s

Kabus Senaryoları

- **Ya Higgs bulunamazsa ...**
 - 20 ülke, milyarlarca dolar masraf
 - Bütün yeni kuramlar yanlış
 - Planck ölçeğine kadar (10^{-35} m) yeni fiziğe ihtiyaç yok
- **Sadece Higgs bulunursa ...**
 - Kuramcılar: “Hiç bulunmasın daha iyi”
 - Deneyciler: “Higgs bulunursa bu bir zafer”

Önemli Linkler

- **CERN** <http://cern.ch>
- **LHC** <http://lhc.web.cern.ch>
- **ALICE** <http://aliceinfo.cern.ch>
- **ATLAS** <http://atlas.web.cern.ch>
- **CMS** <http://cms.cern.ch>
- **LHCb** <http://lhcb.web.cern.ch>
- **TOTEM** <http://totem.web.cern.ch>

- **CLIC** <http://clic-study.web.cern.ch>

- **ILC** <http://www.linearcollider.org>

- **GRID** <http://www.gridcomputing.com>

- **Faaliyetteki mevcut bütün deneylerin listesi:**
http://www.slac.stanford.edu/spires/experiments/online_exp.shtml