

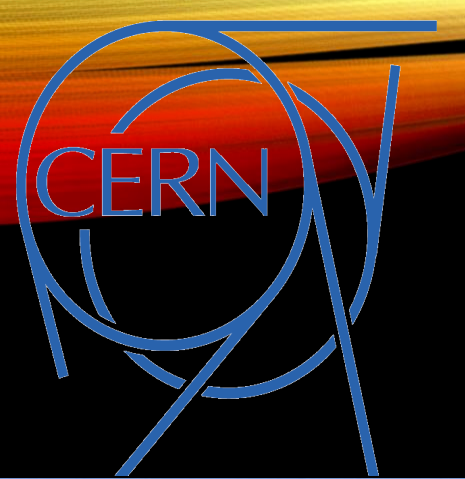
CERN VE HİGGS

HİGGS PARÇACIĞI NEDİR?

Tuba KÖYLÜ
Bilişim Teknolojileri Öğretmeni
Şanlıurfa İl Milli Eğitim Müdürlüğü
27 Haziran 2017

CERN

- CERN; Fransızca Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi kelimelerinin kısaltılmasıyla oluşturulmuş olup dünyanın en büyük parçacık fiziği laboratuvarıdır. İsviçre ve Fransa'nın sınırında yer alan bu kurum 1954 yılında 12 ülkenin katılımıyla kurulmuştur. Günümüzde ise 21 tam üyesi, 2 tam üye adayı ve 1 asosiye (ortak) üyesi (Türkiye) bulunmaktadır.



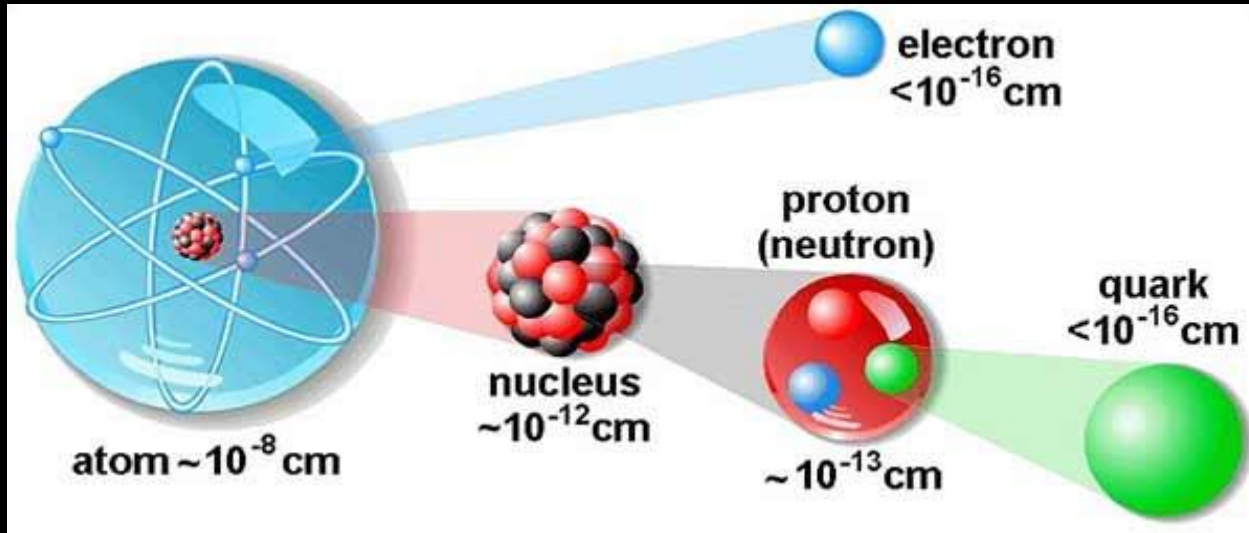
CERN

- CERN'de yürütölen araştırmaların esas amacı maddenin yapısını ve maddeyi bir arada tutan kuvvetleri anlamaktır. Bu amaçla CERN'de yapılan birçok deneyden en bilinen ve önemli olanı Büyük Hadron Çarpıştırıcısıdır(BHÇ). BHÇ'de protonlar hızlandırılarak çarpışmaları sağlanır. Ve bu çarpışma ile evrenin sır perdesi aralanmış olur.

PEKİ PROTONLARI NEDEN ÇARPIŞTIRIYORUZ?

Evrende var olan görebildiğimiz her şey maddelerden oluşuyor. Maddelerse atomlardan; atomlar proton, nötron, elektrondan; proton ve nötronlar ise kuarklardan. Peki ya kuarklar? Onların içinde neler var? Tıpkı küçük bir çocuğun misketin içinde ne olduğunu merak edip duvara çarpması gibi fizikçiler de protonun içindekileri merak edip onları yüksek hızla birbirine çarptırıyor. Böylelikle bu çarpışmadan buldukları sonuçlarla evreni ve onun sırlarını anlamaya çalışıyorlar.

ATOM ALTI PARÇACIKLAR



Maddenin en küçük birimi çoğu kez atom ve onu oluşturan protonlar ve nötronlar olarak bilinir. Fakat aslında proton ve nötronlar da kendisini oluşturan temel parçacıklardan meydana gelmiştir. Bu parçacıklar kuark olarak isimlendirilirler. Tüm kuark ve elektronlar ise fermiyon(madde parçacığı) olarak isimlendirilirler.

STANDART MODEL

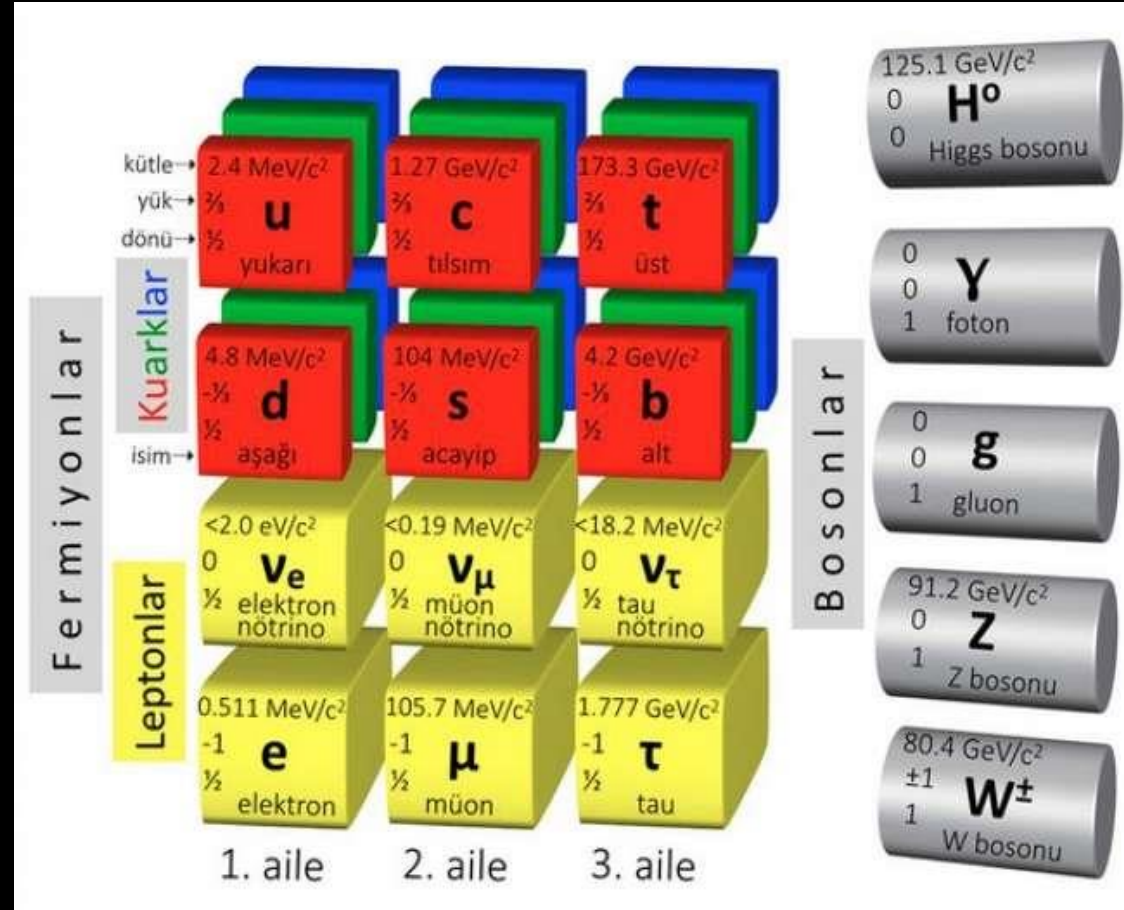
$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi} \not{D} \psi + h.c. \\ & + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + h.c. \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi) \end{aligned}$$

- Standart model (SM); gözlemlenen maddeyi oluşturan, şimdiye dek bulunmuş temel parçacıkları ve bunların etkileşmesinde önemli olan 3 temel kuvveti açıklayan kuramdır.

Bu kuvvetler; Elektromanyetik kuvvet, zayıf nükleer kuvvet (elektro-zayıf kuvvet) ve güçlü nükleer kuvvettir.

STANDART MODEL

Evrende bulunmuş olan tüm temel parçacıkların yer aldığı tabloda 3 parçacık ailesine sahip fermiyonlar ve evrendeki 3 etkileşimin taşıyıcı parçacıkları bulunmaktadır. Bu taşıyıcı parçacıklara bozon denilir. Bozonlar madde parçacıklarını hayata geçiren kuvvetleri iletirler.

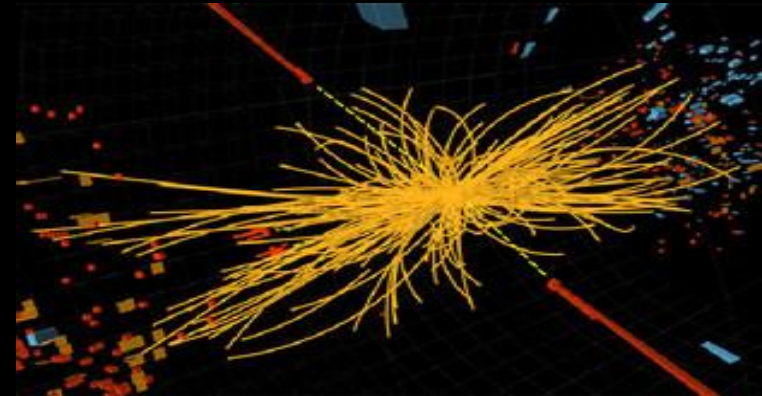


STANDART MODEL

- SM, maddeyi ve evrenimizi açıklamada oldukça başarılı ve kendi içinde tutarlı olmasına rağmen bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Örneğin kütle çekiminin standart model ile nasıl birleştirileceği henüz bilinmiyor, evrendeki madde-antimadde dengesizliği ve karanlık madde sorunu da bunlardan biridir. Temmuz 2012'e kadar Higgs bozonu da bu sorunlardan biriydi.

PEKİ NEDİR BU HİGGS PARÇACIĞI?

- Temel parçacıkların nasıl kütle kazandığına kafa yoran Peter Higgs ve bazı fizikçiler 1960'larda temel parçacıklara kütle kazandıran bir alan ve bu alandan doğan bir parçacık olduğunu ön gören kuramlarını oluşturdular. Bu kuramlarda «parçacık» ön görüşünde bulunduğundan dolayı daha sonra gözlenen parçacığa Higgs'in ismi verilecektir.



KÜTLE NEDİR?

- Kütle yi hepimiz Newton'un $F=ma$ ve Einstein'ın $E=mc^2$ formüllerinden biliyoruz.
- U,u,d kuarklarından oluşan protonun toplam kütlesi; 938.272 MeV
- U+u+d kuark durağan kütlesi ise; ~9.4 MeV kadardır.

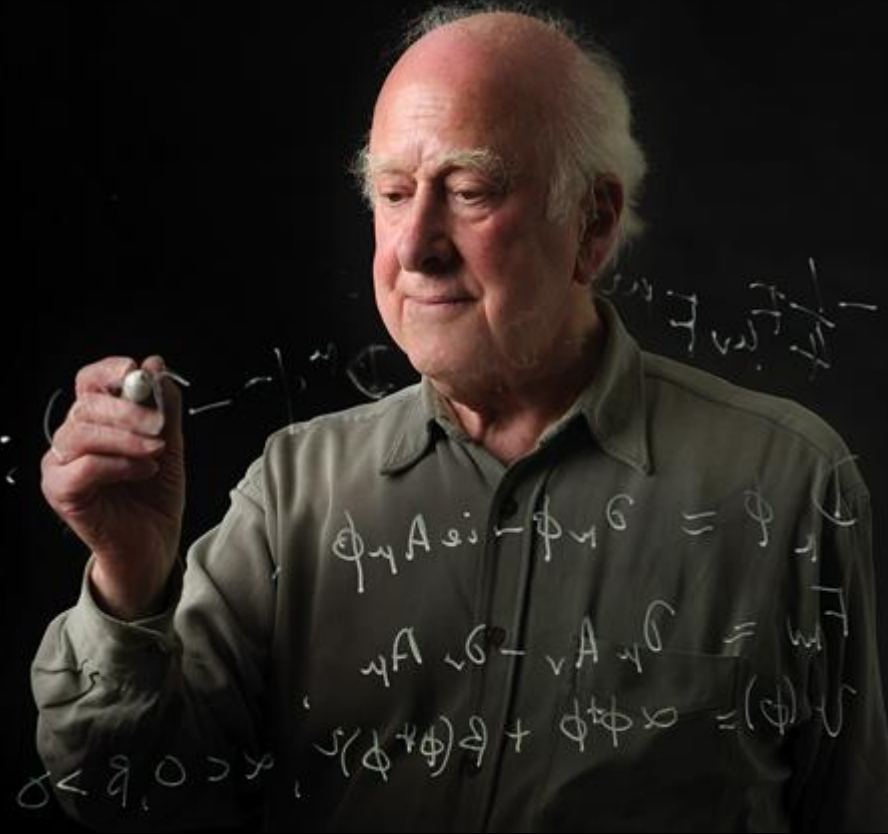
Kalan? Kuarkların ve gluonların kinetik enerjisi.

Peki noktasal olan kuarkların ve diğer bölünemez

parçacıkların kütleleri nereden geliyor?

HİGGS KURAMI

- Evrenin her yerinde var olabilen Higgs alanı temel parçacıklarla etkileşime girerek onlara kütle kazandırır. Ne kadar çok etkileşirlerse o kadar fazla kütle kazanırlar.



- Higgs parçacığı ise, Higgs alanından doğan parçacıktır. Higgs alanı ile parçacıklar arasındaki etkileşmeyi sağlar.

Higgs Alanı

13



<http://www.hep.ucl.ac.uk/~djm/higgsa.html>

1993'de David Miller'in analojisi

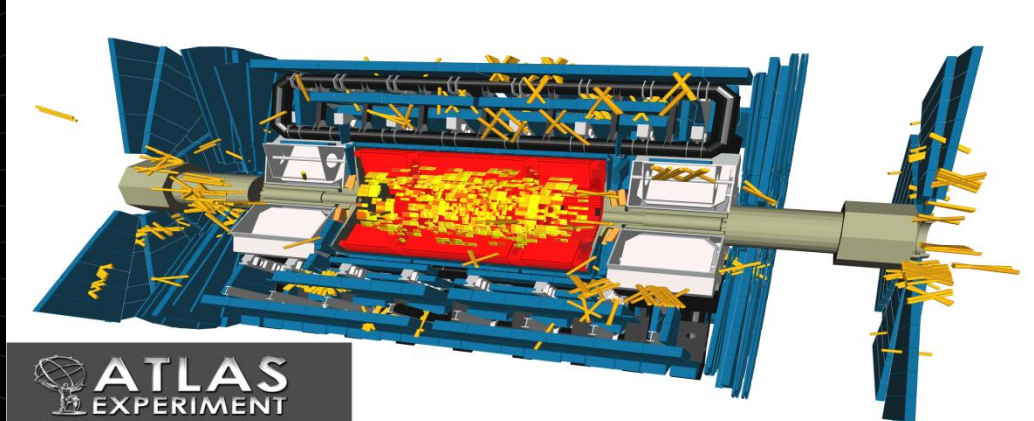
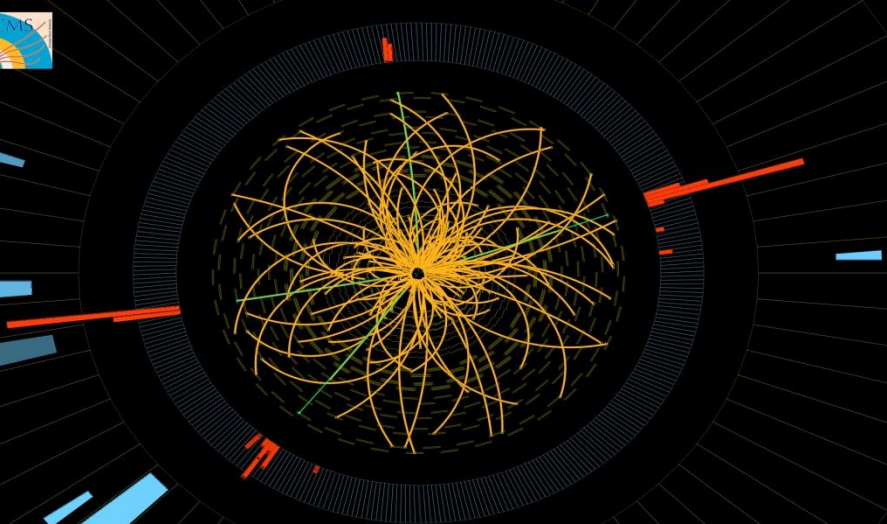
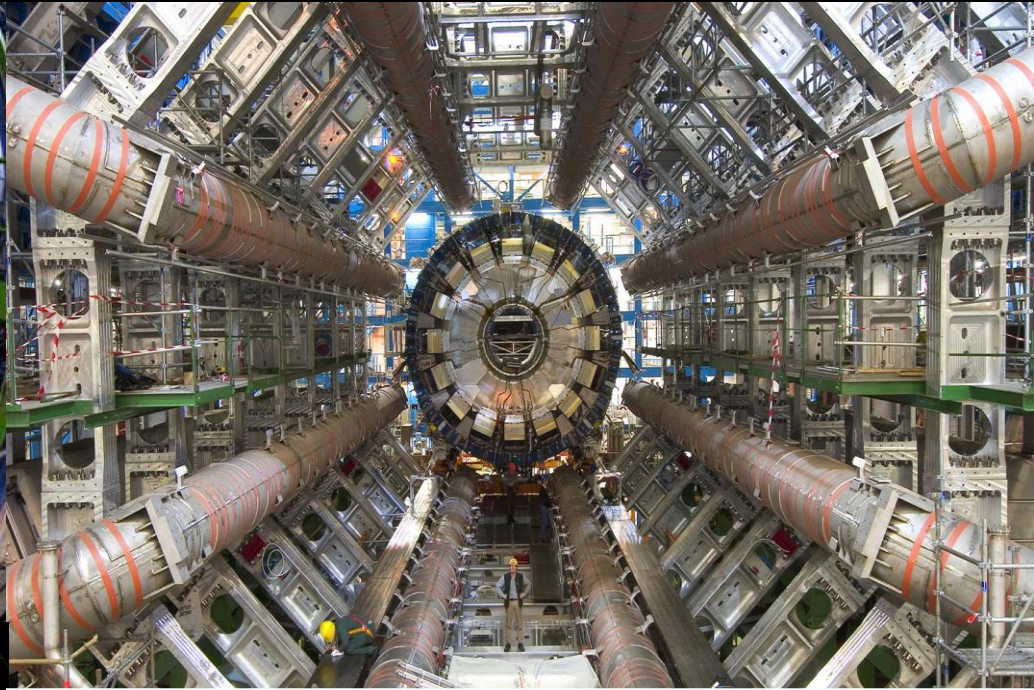
HIZLANDIRICILAR

14



Büyük hadron çarpıştırıcısı 27 km uzunluğunda ve yerin 90 m altında bulunan tünel içerisindeki hızlandırıcıların birbirine bağlanmasıyla oluşturulmuştur. BHC içerisinde protonlar doğrusal ve dairesel olarak ışık hızına çıkana kadar hızlandırılırlar. Max enerjiye ulaştıklarında ise kontrollü olarak çarpıştırılırlar. Bu çarpışmaları gözleyen iki büyük algıç bulunmaktadır. CMS ve ATLAS.

CMS VE ATLAS



ATLAS
EXPERIMENT

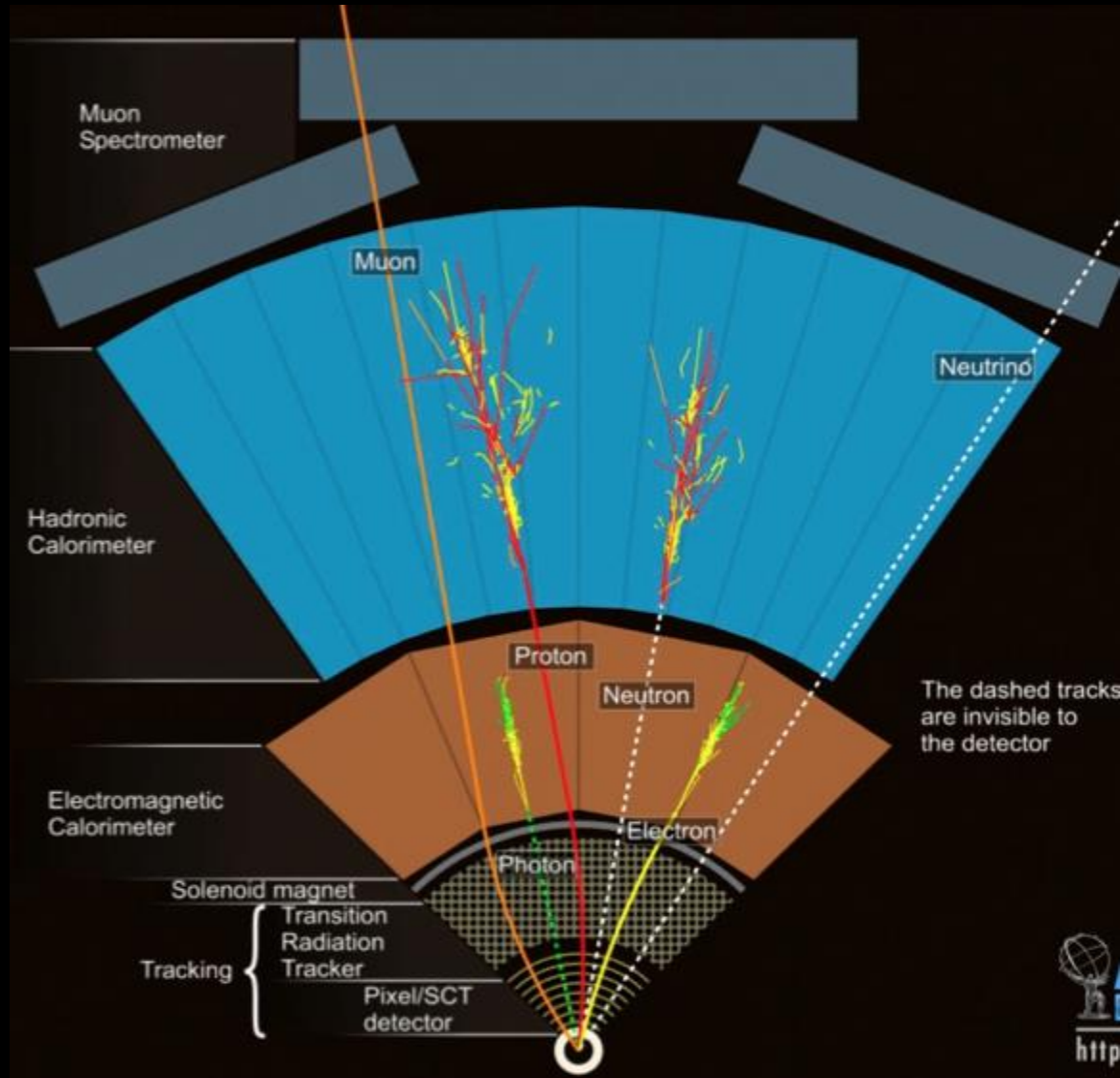
2009-11-20, 20:33 CEST
Run 140370, Event 2154

First Splash Event 2009

PARÇACIĞIN ALGIÇ İÇİNDE İZLEDİĞİ YOL

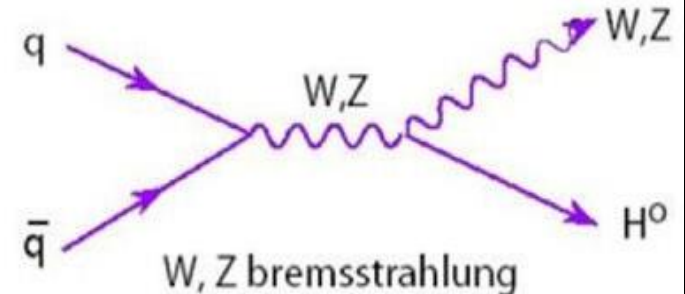
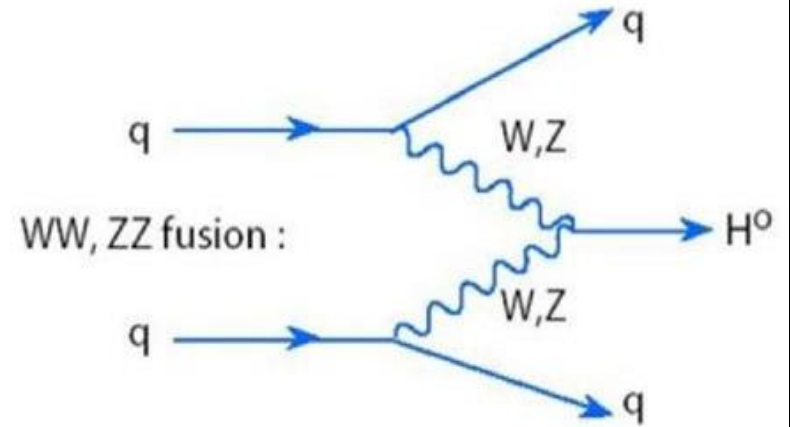
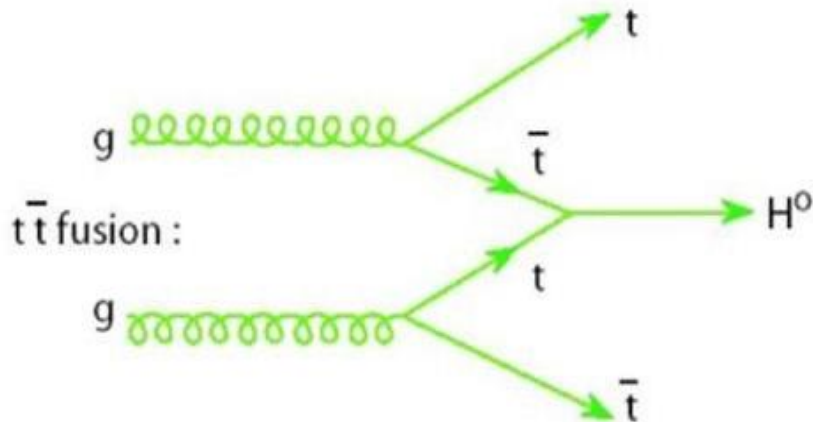
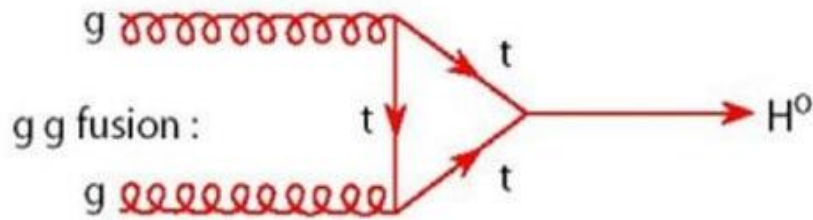
17

Çarpışma sonrasında bir saçılım gerçekleşir. Ve birçok tanecik ortaya çıkar. Her parçacığın özelliğine göre materyallerle üretilmiş kalorimetreler düşük enerji değerinden yüksek enerjiye doğru sıralanmıştır. Böylece parçacığın durduğu yer ve momentumuna bakılarak hangi parçacık olduğu anlaşılmaktadır.



BHÇ' DE HİGGS NASIL OLUŞUR?

- 2 proton çarpışınca aslında gg , gq yada qq etkileşimi gerçekleşir.
- Higgs birkaç farklı şekilde oluşabilir fakat kararsız bir parçacıktır hemen kendinden hafif parçacıklara bozunur.



HİGGS'İN BOZUNUMLARI

$$H \rightarrow \gamma\gamma$$

$$H \rightarrow \tau\tau$$

$$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \text{ leptons}$$

$$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4e$$

$$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$$

$$H \rightarrow ZZ \rightarrow 2e 2\mu$$

$$H \rightarrow ZZ \rightarrow ll qq$$

$$H \rightarrow WW$$

$$H \rightarrow WW \rightarrow ll \nu l$$

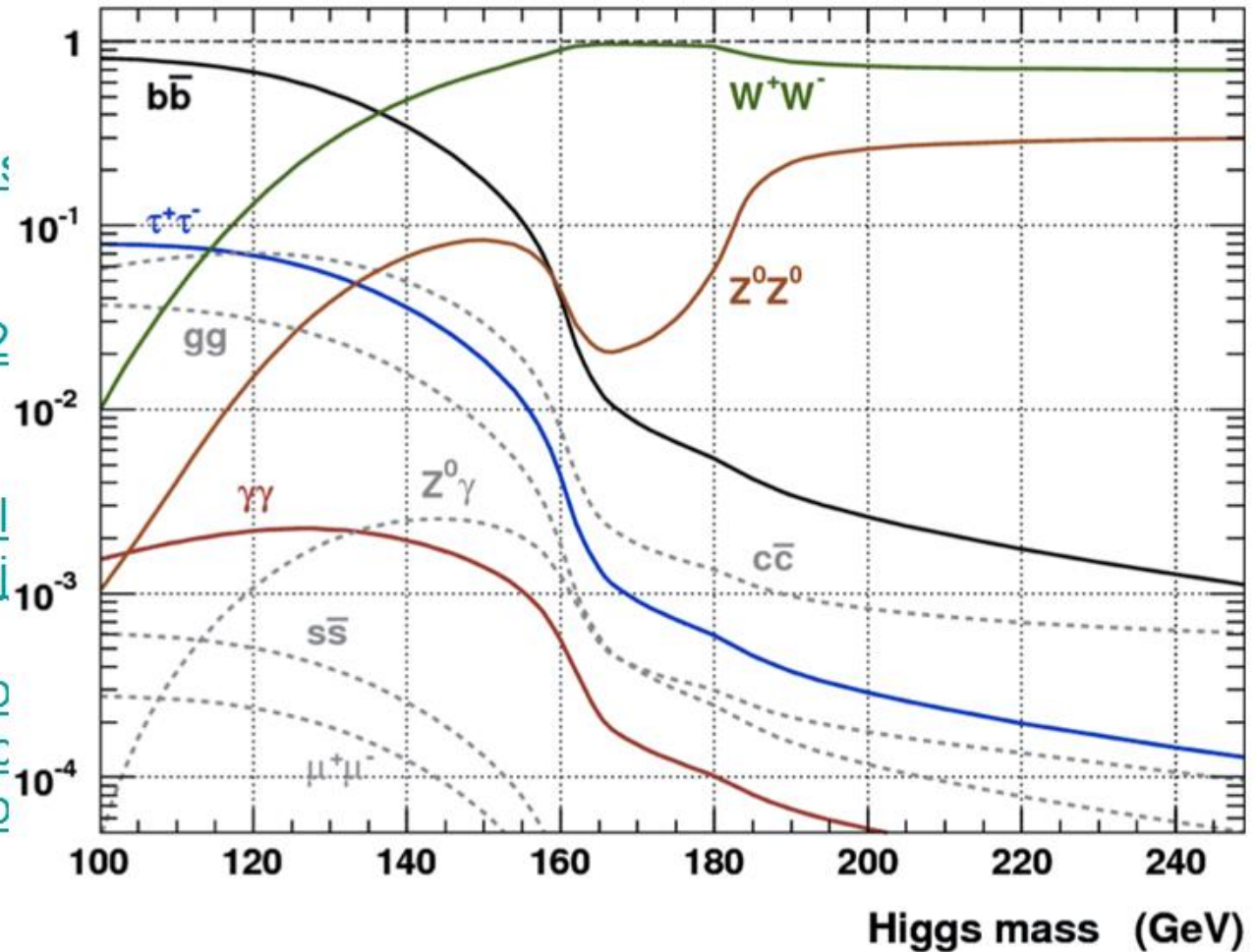
$$H \rightarrow WW \rightarrow ll \nu j$$

$$H \rightarrow ZH/WH$$

$$H \rightarrow ZH \rightarrow ll bb$$

$$H \rightarrow WH \rightarrow ll b\bar{b}$$

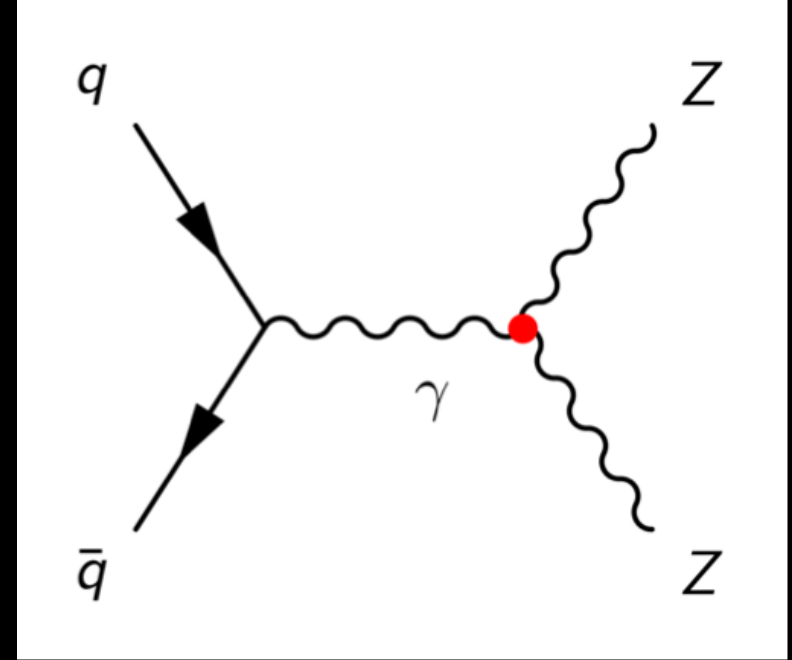
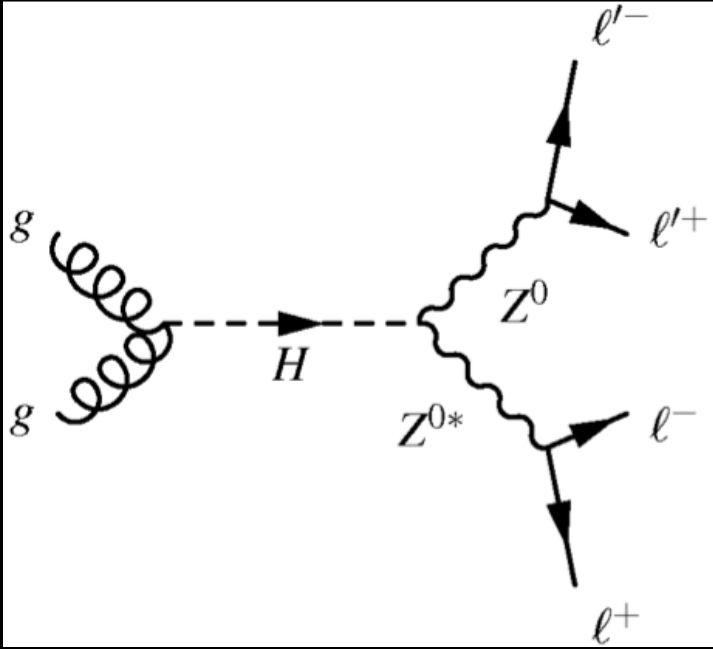
$$H \rightarrow ZH \rightarrow \nu\nu b\bar{b}$$



SİNYALİ ARDALANDAN AYIRT ETMEK

- BHÇ'de aranılan etkileşimler haricinde aranılanlara benzer son durumları veren birçok farklı etkileşim gerçekleşir. Bu etkileşimlere «ardalan» denir ve çoğu zaman sinyal diye adlandırdığımız aranan etkileşimlerden çok daha sık gerçekleşir.

SİNYALİ ARDALANDAN AYIRT ETMEK



- Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi aynı sonuçları veren Higgs'li ve Higgs'siz etkileşimler gözlenebilmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için Higgs'in bozunmasıyla ortaya çıkan tüm parçacıklar kullanılarak Higgs'in değişmez kütlesi hesaplanmıştır.

SİNYALİ ARDALANDAN AYIRT ETMEK

$$m^2 = \left(\sum_{i=0}^n E_i \right)^2 - \left| \sum_{i=0}^n \vec{p}_i \right|^2$$

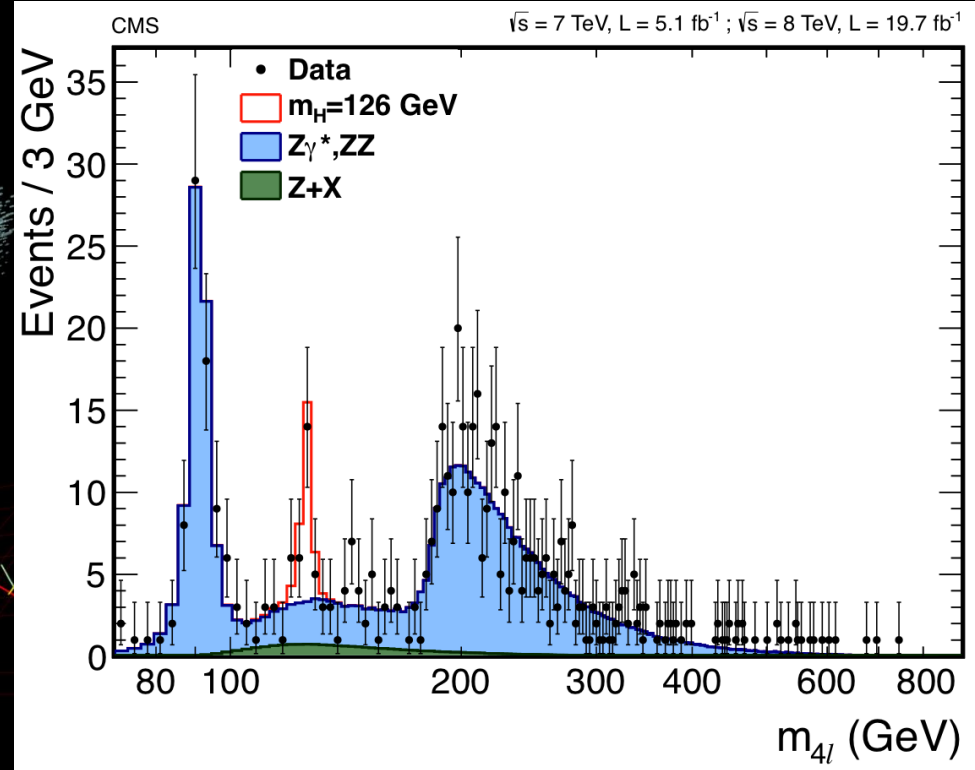
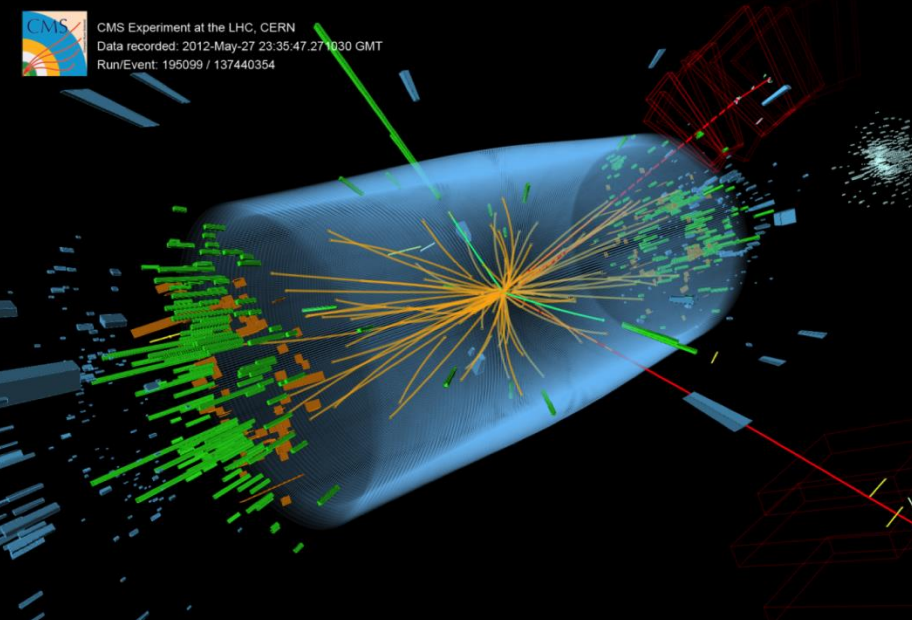
- Burada n çıkan parçacıkların sayısını, E_i ve \vec{p}_i de parçacık i'nin enerjisini ve momentumunu verir. Değişmez kütle her referans çerçevesinde aynıdır ve ana parçacığın (yani Higgs'in) kütlesine eşittir.

Higgs'li olaylardaki değişmez kütle hep Higgs kütlesi etrafında çıkarken ardalan olaylarda kütle rastgele dağılacaktır. Bu da Higgs'i ardalandan ayırt etmemize yarar.

SİNYALİ ARDALANDAN AYIRT ETMEK²³



CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-27 23:35:47.271030 GMT
Run/Event: 195099 / 137440354



- CMS algıci tarafından gözlemlenmiş verideki bir $pp \rightarrow ee\mu\mu$ olayı. Kırmızı çizgiler muonları, yeşil tek çizgiler de elektronları temsil ediyor.

- CMS'deki 4 leptonlu olayların değişmez kütle dağılımları.

SONUÇ OLARAK;

- Kuramın oluşturulmasından 48 yıl sonra gözlenebilen Higgs parçacığı ile maddenin neden kütleye sahip olduğu anlaşılmış ve standart modeldeki eksik bir parça tamamlanmış oldu.



- Yıllar sonra kuramlarının deneysel olarak kanıtlanması ile Peter Higgs ve François Englert, 13 Mart 2013'te Nobel Fizik ödülü kazandılar.

HİGGS'TEN SONRA?

- Higgs, şu anki gözlemlere göre Standart Model beklentileri ile uyumlu ancak gözlemlerin duyarlılığı arttırılarak bu uyum kesinleştirilmeye çalışılıyor. Gözlemlenecek herhangi bir uyumsuzluk SM ötesi fiziğin varlığını işaret edecektir.
- Higgs, SMce hesaplanan şekilde davranırsa da yine de SM ötesi yeni bir kuramın parçası olabilir
- Bunu anlamak için LHC'de SM ötesi kuramların öngördüğü yeni parçacıklar aranıyor.

KAYNAKÇA

- <https://indico.cern.ch/event/308126/attachments/588109/809376/ana.pdf>
- <https://indico.cern.ch/event/569790/contributions/2304352/attachments/1336776/2149148/HiggsDersi.pdf>
- https://tr.wikipedia.org/wiki/Avrupa_N%C3%BCkleer_Ara%C5%9Ft%C4%B1ma_Merkezi