



**TURKISH TEACHERS PROGRAM-5**  
**TÜRK ÖĞRETMEN ÇALIŞTAYI-5**  
**İSVİÇRE-CENEVRE**  
**01-05/02/2016**

**NURCAN AKŞİT**  
**SELÇUK MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ**  
**İSTANBUL-FATİH**



- **CERN Türk Öğretmenler Çalıştayı'nın beşincisi 1 Şubat - 5 Şubat 2016** tarihleri arasında Cenevre'de gerçekleşmiştir.
- Sunumlar, yerleşkede geziler, sergiler ve uygulamalı çalıştaylar ile katılımcılar, hızlandırıcı ve parçacık fiziği konularına ilk adımlarını atmışlardır.
- Katılımcılardan bilim elçiliği yaparak konuları geleceğin fizikçilerine, mühendislerine, bilişimcilerine, vs. aktarmaları beklenmektedir.



# AMAÇ

- Çağımızda yaşam boyu öğrenme ve mesleki gelişimi sürdürme bir lüks değil, her meslek için bir gereksinimdir.
- Söz konusu gereksinimin ne denli önemli ve kaçınılmaz olduğu, pek çok meslek için tartışma konusu bile olmamakta; ne tür etkinliklerin ve öğretim programlarının daha yararlı ve verimli olacağı araştırılmakta ve modeller geliştirilmektedir.
- Öğretmenlerin de mesleki gelişim etkinliklerinden ve olanaklarından yararlanarak alanlarında yeni bilgi ve beceriler edinerek olabildiğince yetkinleşmeleri, hizmet üretimini iyileştirmeleri beklentilerden biri olmuştur.



- Yakın zamanda, özellikle Higgs parçacığının keşfi sayesinde CERN laboratuvarına ve orada gerçekleşen hızlandırıcı ve parçacık fiziğine karşı yoğun bir ilgi ve merak oluştur.
- Bu merak yersiz değildir, çünkü parçacık ve hızlandırıcı fiziği, bilimin ve teknolojinin sınırlarını zorlayan, her an yenilikçi buluşlarla beslenen çok hareketli ve renkli bir bilim dalıdır.
- İşte tam bu sebepten öğrencilerin, gençlerin ve içinde kesif heyecanı taşıyan herkesin evrenin en temel yapıtaşlarını bulmayı amaçlayan bu dalı yakından tanımalarının yararlı olacağı düşünülmüştür.



# Bilimi ve Yeniliği Hızlandıran CERN





İkinci Dünya Savaşı'ndan parçalanmış olarak çıkan Avrupa'da, bilimsel çalışmalar da eski parlak günlerinin çok gerisinde kalmıştı.

- Zamanın ileri görüşlü tanınmış bilim insanları bu gidisin geri döndürülmesini sağlamak için uluslar arası bir atom fiziği laboratuvarı hayal etmeye başladılar.
- Böyle bir laboratuvar sadece parçalanmış Avrupa'yı birleştirme konusunda öncülük etmekle kalmayacak, aynı zamanda ülkelerin kendi olanakları ile gerçekleştiremeyecekleri büyük bir tesise olanaklarını birleştirerek ulaşabilmelerini sağlayacaktı.
- 9 Aralık 1949'da Lozan şehrinde toplanan "Avrupa Kültür Konferansı"nda Louis de Broglie bu düşüncüyü resmi olarak dile getirdi.



- Bir kaç ay sonra Floransa'da toplanan 5. UNESCO konferansında Isidor Rabi uluslararası işbirliğini geliştirmenin bölgesel laboratuvarlar kurulması ile gerçekleşmesini önerdi ve sonuç bildirgesine girmesini sağladı. İki ay sonra 1951'de Paris'te 11 ülke Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi kurulmasına karar verdi. Adı İngilizcede “European Council for Nuclear Research”, Fransızcada “**C**onseil **E**uropéen pour la **R**cherche **N**ucléaire” olan bu kuruluşun Fransızca isminin bas harfleri, kurumun kısa adı olarak kullanılmaya başlandı (**CERN**).



1952'de geçici Konseyin 3. toplantısında merkezin Cenevre'de kurulmasına karar verildi ve ilk kazma 1954'de vuruldu.



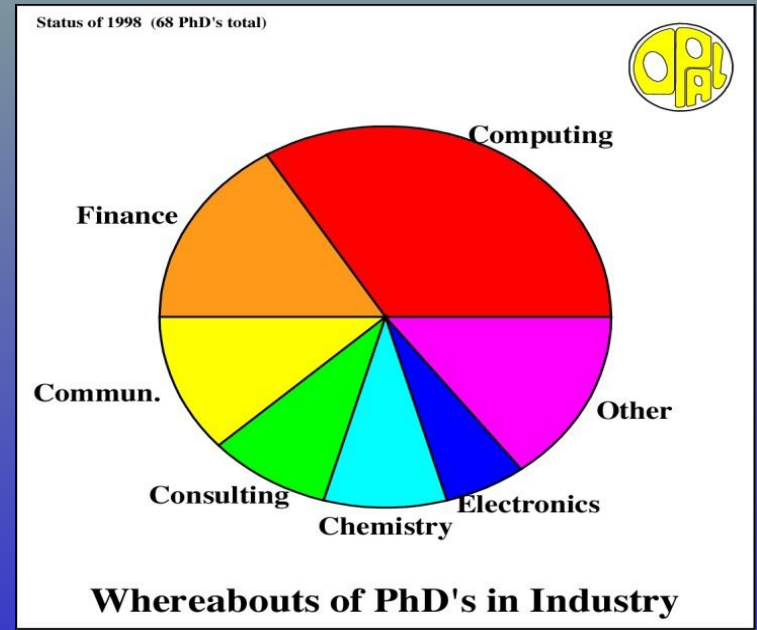
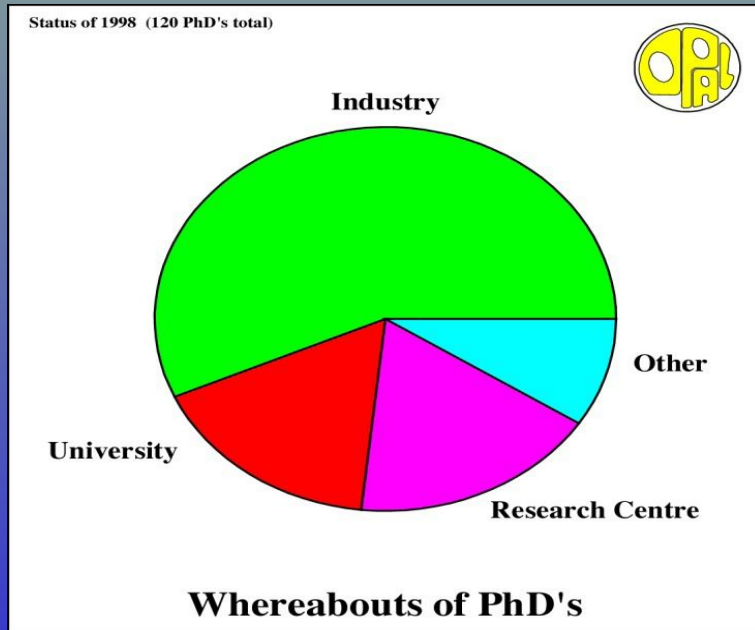




- Kuruluş anlaşması ise 12 ülke tarafından 1953'de imzalandı. **Danimarka, Fransa, Batı Almanya, Yunanistan, İtalya, Hollanda, Norveç, İsveç, İsviçre, İngiltere ve Yugoslavya** parlamentoları onamaları 29 Eylül 1954 tarihinde tamamlanarak 1952'de kurulan geçici "Avrupa Nükleer Araştırmalar Konseyi" yerine Avrupa Nükleer Araştırmalar Organizasyonu kurulmuş oldu. İsmi değişse de, yeni yapılanma CERN kısaltmasını kullanmaya devam etti.
- En son İsrail'in katılımı ile üye ülke sayısı 21 olan CERN Laboratuvarın da bütün dünyadan 10 binin üzerinde bilim insanı bilimin sınırlarını genişletmeye devam etmektedir.



Her gün 4000 üzerinde kadrolu veya diğer sözleşmeli personeli ve başka kurumlardan binlerce araştırmacı tarafından kullanılan, bankaları, postaneleri, kafeteryaları, heykel ve havuzları ile orta boy bir kasaba görünümündedir. CERN'de çalışanlara genel olarak bakıldığında ise en çok 26 yasındaki genç araştırmacıların bulunduğu görülebilir: bunlar çeşitli üniversitelerdeki doktora öğrencileridir.





- Avrupa Nükleer Araştırma Organizasyonu'nun en yetkili kurumu üye ülkelerden, biri siyasi idareyi temsilen biri de bilimi temsilen ikişer kişinin katılımı ile oluşturulan konseydir.
- Konseyde her ülke iki kişi tarafından temsil edilmesine rağmen her ülkenin tek oy hakkı vardır. Alınan kararların çoğu için oy çokluğu yeterli olsa da kararların oy birliği ile alınmasına özen gösterilir.
- Konseye bilimsel programlar için danışma görevi üstlenen Bilim Kurulu bilimsel yeterlilikleri dünyaca kabul görmüş bilim adamlarından oluşur. Süresi dolan üyeler yerine yenileri kurul üyelerince seçilir ve Konsey tarafından atanırlar.



# TÜRKİYE-CERN İLİŞKİLERİ

- 1961 yılında ülkemizin CERN'e gözlemci olarak katılmak üzere başvurmasından günümüze kadar inişli-çıkışlı bir yol izlemiştir. İlk 30 yıldaki ilişkiler, doktoralarını yurt dışında tamamladıktan sonra ülkemiz kurumlarına dönmüş olan deneysel fizikçilerin kişisel ilişkileri ile girdikleri deneylere bireysel katılımlar olarak devam etmiştir.
- Sonraki yıllarda ulusal bütçeden sağlanan desteklerle Türkiyeden çeşitli gruplar deneylere katılmaya başlamış, bu süreç zaman içinde büyüyerek günümüzde Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndaki dört ana deney basta olmak üzere birçok deneysel çalışmaya ve hızlandırıcı AR-GE çalışmalarına etkin katılım düzeyine ulaşmıştır. Ulusal grupların dışında yabancı ülkelerde çalışan birçok bilim insanı ve doktora öğrencileri ile CERN'de çalışan bilim insanı sayımız 200'ü geçmiştir.



Bunun dışında Türkiyeden şirketlerin BHC deneylerinin inşasına da katkıda bulunmuş, CMS deneyinin parçalarının üretiminde gösterdikleri başarı altın madalya ile ödüllendirilmiştir.





- 2010 yılında Türkiye tam üyelik için CERN'e başvurmuş ve CERN konseyi tarafından yapılan incelemeler sonucu, ülkemizin CERN'den faydalanabilecek ve CERN'de yapılan çalışmalara katkı sağlayabilecek düzeyde olduğu saptanmıştır.
- Üyelik görüşmeleri sürerken, Türkiye tam üyelikten vazgeçip, yarı üyelik diyebileceğimiz, üyelik haklarından katkı oranında faydalanabildiği ama oy hakkı olmayan "assosiye üye" 2 olmak kararı vermiş bu yöndeki antlaşma 12 Mayıs 2014 tarihinde CERN'de yapılan bir tören ile imzalanmıştır.





- Türkiye Büyük Millet Meclisinde onandıktan sonra yürürlüğe giren bu antlaşma sonucu bilim insanlarımız, mühendislerimiz ve öğretmenlerimiz CERN tarafından finanse edilen programlardan faydalanmaya başlamıştır.
- Yine bu antlaşma çerçevesinde Türkiye şirketleri CERN ihalelerine Türkiye'nin ödediği katkı payı oranında katılabilecekler, CERN'un ihtiyaç duyacağı teknolojilerin geliştirilmesine katkı yapabileceklerdir.
- CERN Türkiye ilişkilerinin canlanmasıyla etkinleşen çalışmalardan biri de Türkçe olarak yapılan öğretmen eğitim programıdır.







# CERN'İN TEMEL İŞLEVİ

- CERN'in temel işlevi maddenin yapı taşlarını ve bunların birbiri ile etkileşmelerini incelemek ve bu konuda yapılan deneysel çalışmalara ev sahipliği yapmak olsa da, bir taraftan geleceğin bilim insanı, mühendis ve kalifiye işgücünü yetiştirerek, bir taraftan da araştırmalarda gerekli teknolojilerin geliştirilmesini sağlayarak, üye ülkelere yetişmiş insan gücü ve bilgi birikimi sağlamaktadır. Bütün dünyadan bilim insanları için bir çekim merkezi oluşturarak da, değişik ülke ve kültürlerden insanları birleştirmektedir.



- Maddenin temel yapı taşlarını ve aralarındaki etkileşimleri inceleyen bilim dalına “**parçacık fiziği**” diyoruz.
- Maddenin çok küçük boyutlardaki yapısını incelemek için de maddeyi çok yüksek enerjilerde çarpıştırmak gerekiyor.
- Çarpışma enerjisi ne kadar büyük olursa o kadar küçük boyutlarda inceleme olanağı veriyor.
- Bunun için de parçacık hızlandırıcıları kullanılıyor. CERN’de birbirini tamamlayarak en yüksek enerjilere ulaşılmasını sağlayan bir takım hızlandırıcıların yanında kendi enerji sınırlarında yapılan deneylere de ev sahipliği yapabilen çeşitli hızlandırıcılar bulunmaktadır.



Büyük Hadron Çarpıştırıcısı tüneline bir görünüm: mavi borular vakum altında tutulan demet boruları ve bükücü mıknatısları, onların sağındaki beyazımsı borular ise sıvı helyum taşıyan soğutma düzeni içerir.



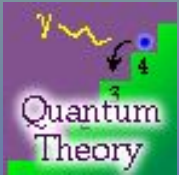
# Parçacık Fizığının Tarihi Gelişimi



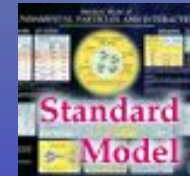
**Antik Çağlarda**



**1550 - 1900: Bilimin Gelişimi ve Klasik Mekanik**



**1900-1964:Kuantum Teorisi**



**1964-Şimdi: Modern Bakış (Standart Model)**



Hava



Su



Toprak



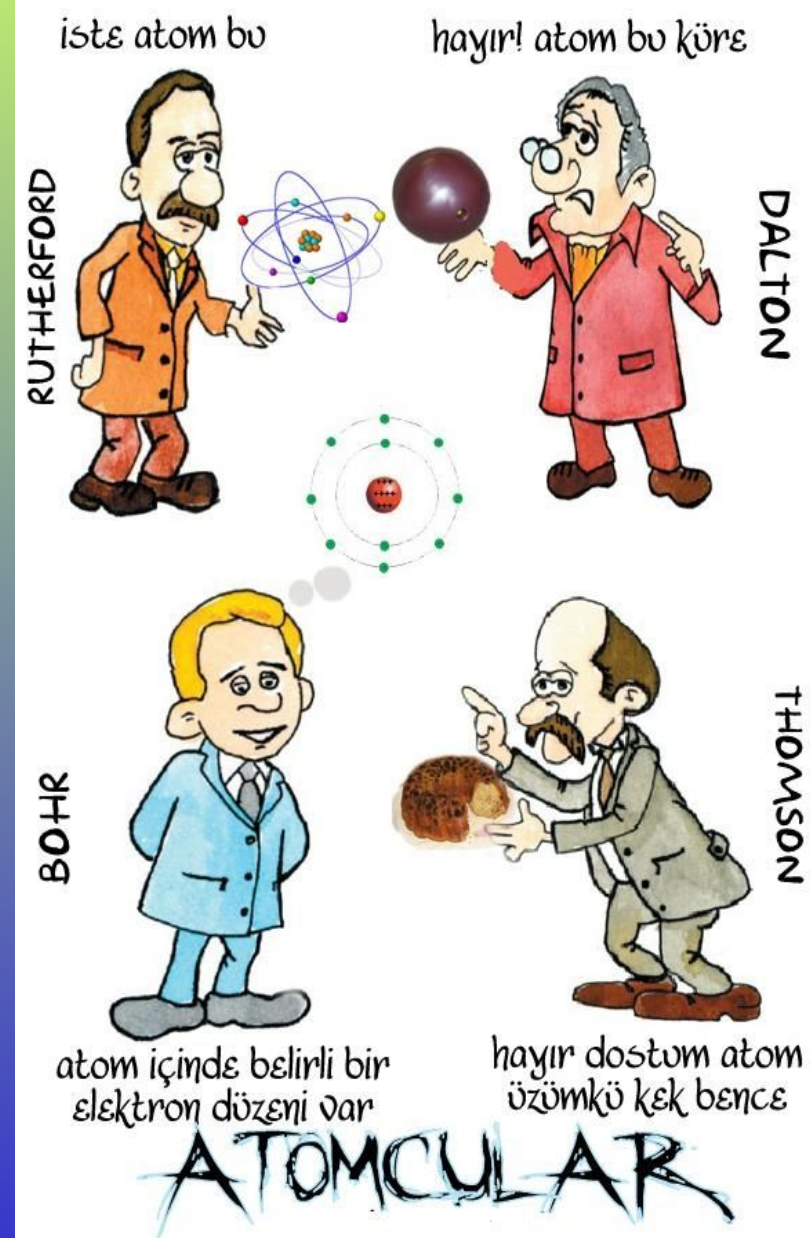
Ateş

Antik çağlardan, hatta daha öncesinden beri, insanoğlu, etrafındaki maddenin neden yapıldığını merak etti. Bir parça tahtayı alıp ikiye böldüğünde, iki tahta parçası elde ettiğini gördü. Her birini tekrar ikiye böldüklerinde ellerinde dört tahta parçası oldu. Her bir parça, ilk büyük parçadan küçük olmakla beraber yine de tahta parçasıydı. İki farklı okul doğmuştu: birisi bu bölme işleminin sonsuza kadar devam edebileceğini, bir diğeri ise bu bölme işlemine devam edilirse, bir süre sonra daha fazla bölünemeyecek en küçük yapıtaşına ulaşılacağını savunuyordu. Bu bölünemez en küçük yapı taşına ise “**atom**” adı verildi. Bir başka problem de, gördükleri maddenin birbirine dönüşüyor olmasıydı. Bir parça tahtayı yaktığında alev (ateş) alarak ve duman(hava) çıkararak küle (toprak) dönüşüyordu ve su buharı (su) oluşturuyordu. Neredeyse bütün cisimler bu dördüne ateş, toprak, su, hava-dönüştürülebiliyordu, ama bunlar birbirlerine dönüşmüyorlardı. O zamanlar bu dört elementin- ateş, toprak su, hava bütün diğer maddeleri oluşturan temel elementler olduğuna inanılıyordu.



# ATOM TEORİLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

- John Dalton Atom Teorisi (1803)
- Sir Joseph John Thomson Atom Teorisi (1902)
- Ernest Rutherford Atom Teorisi (1911)
- Borh Atom Teorisi (1913)
- De Brogli Atom Teorisi (1923)
- Born Atom Teorisi (1927)





# Dalton Atom Modeli

1700'lü yıllarda yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kimyasal tepkimeler için geçerli kütlenin korunumu kanunu, sabit oranlar kanunu ve katlı oranlar kanununun sonuçlarından yararlanarak John Dalton aşağıdaki teoriyi önermiştir.

- 1) Bilinen en küçük tanecik atomdur. Atomlar parçalanmazlar veya yeniden yapılamazlar. (Radyoaktifliğin keşfi ile atomun parçalanabileceği ispatlandığından bu madde geçersizdir.)
- 2) Bir elementin tüm atomları kütle ve diğer özellikleri bakımından özdeşirler. Diğer elementlerin atomlarından farklıdırlar. (Bir elementin farklı izotopları olduğundan ikinci madde geçersizdir. )
- 3) Elementler bir bileşiği oluştururlarken her iki elementin birleşen atom sayıları oranı hep sabittir.
- 4) Kimyasal değişimlerde atom sayıları değişmez, atomlar yeniden düzenlenerek farklı maddeleri oluştururlar.
- 5) Atomlar içi dolu kürelerdir. (Günümüzde atomların içi dolu küreler olmadığı aksine büyük bir kısmının boşluk olduğu bilindiğinden bu madde de geçersizdir.)





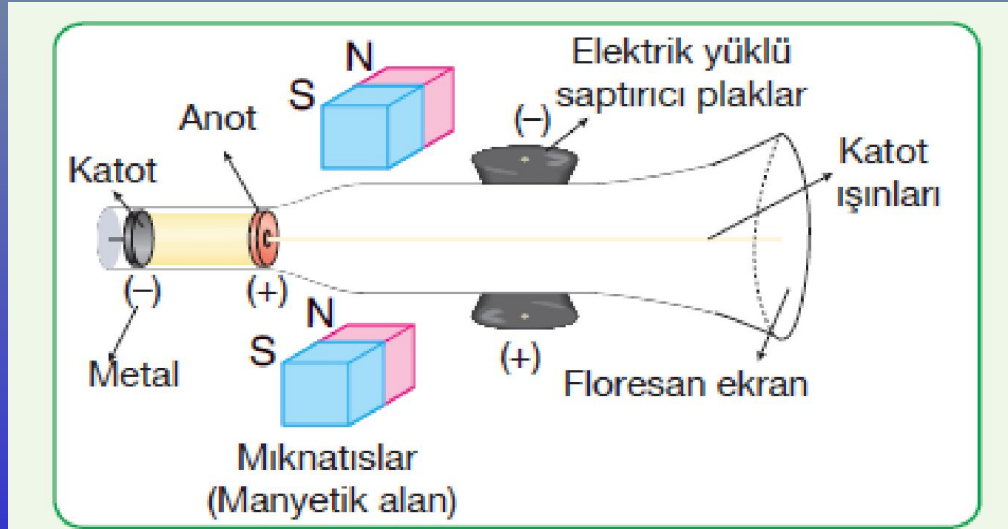
# ELEKTRONUN KEŞFİ

Parçacık Fiziği macerası J.J.Thomson'ın elektronu keşfetmesiyle başlar.

1906'da Nobel Fizik Ödülü



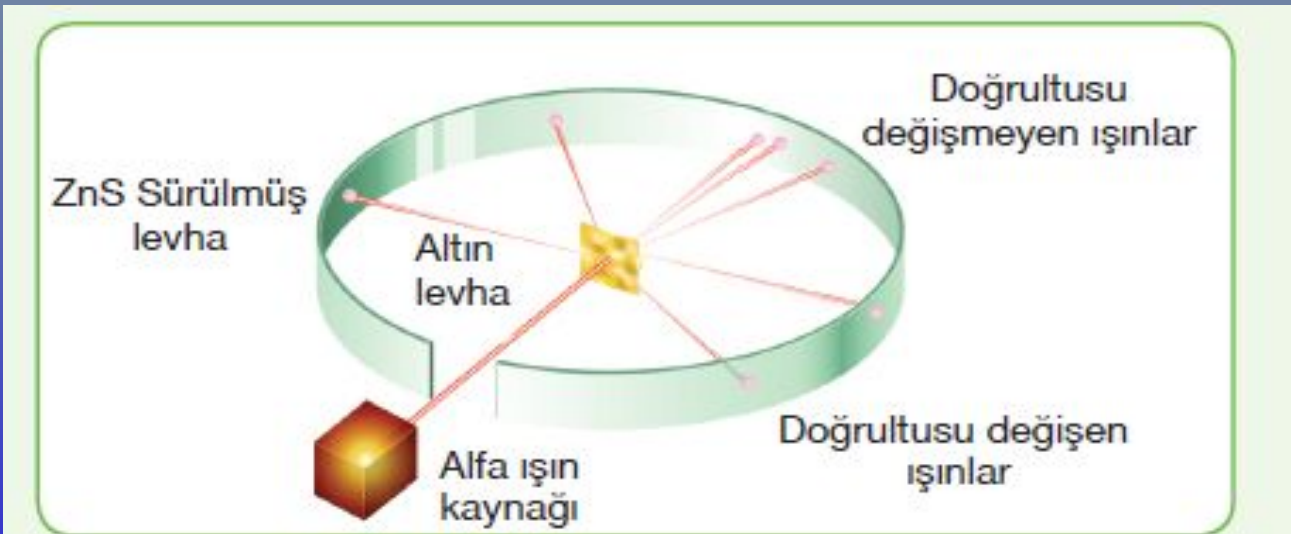
Sıcak bir telden yayılan katot ışınlarının (parçacık demeti) bir mıknatıs ile saptırılabilmesi ile bunların elektrik yükü taşıdığı, ve bükülme yönünden de bu yükün eksi olduğu belirlenmiştir.





## E. Rutherford Atom Teorisi (1911)

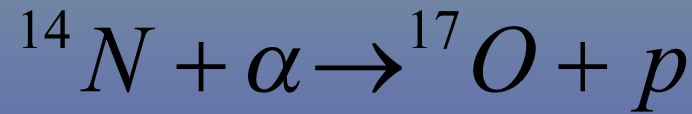
Rutherford, bir radyoaktif kaynaktan çıkan  $\alpha$ -taneciklerini ( $\text{He}^{2+}$ ) bir demet halinde dar bir aralıktan geçirip çok ince altın bir levhaya gönderdi. Rutherford'a göre büyük bir enerji ile gelen  $\alpha$ -tanecikleri ince altın levhadan kolayca geçebilmeli ve yönlerini değiştirmemeliydiler. Ancak gözlemleri beklediğinden farklı çıktı.  $\alpha$ -taneciklerinin çok büyük bir kısmı yönlerini değiştirmeden levhayı geçtiler. Ancak bir kısmı yönlerinden saptılar. Sapmaya uğrayan taneciklerin açısal dağılımını ZnS sürülmüş levha üzerinde görünen parıldamalar sayesinde belirledi. Hiç beklemediği halde taneciklerin çok küçük bir kısmı da levhaya çarpıp geri döndü. Bilinen kanunlara göre  $\alpha$ -tanecikleri ancak kendilerininin çok büyük kütle ve elektrik yüklerine çarptıkları zaman geri dönebilirler.





# Protonun Keşfi

Rutherford 1918 yılında pozitif yüklü alfa taneciklerini azot, flor, sodyum,aleminyum, fosfor ve bor elementlerine göndererek yaptığı çalışmalarda hepsinin  $H^+$  iyonuna eşit pozitif tanecikler saçtığını gözlemledi. Daha sonra proton olarak adlandırılan  $H^+$  taneciğinin her madde için ortak olduğunu belirledi. Böylece proton keşfedilmiş oldu.





# Nötronun Keşfi

James Chadwick tarafından 1932 yılında keşfedilmiştir. Bu keşfinden dolayı 1935'te Nobel Fizik Ödülü almıştır.



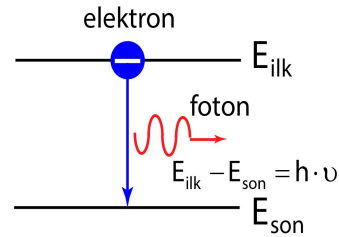
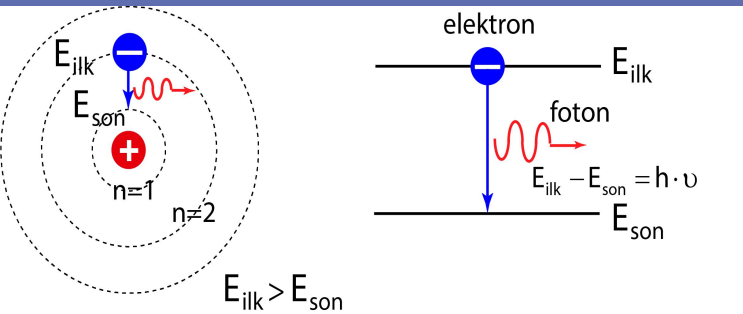
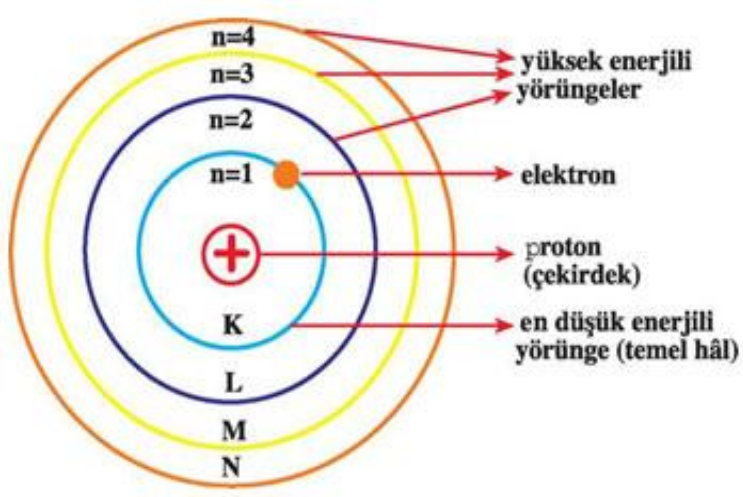
Chadwick  ${}^4\text{Be}$  elementini alfa parçacıkları ile bombardıman etmiş bunun sonucunda berilyumdan yüksek girişime sahip, manyetik alandan etkilenmeyen elektriksel nötr ışık hızından daha yavaş hıza sahip parçacığın yayıldığını görmüştür. Bu yüksüz parçacığa **nötron** adını vermiştir.

Nötronun bulunuşundan sonra, atomu oluşturan temel parçacıkların proton, nötron ve elektronlar olduğu anlaşılmıştır.



# Bohr Atom Modeli

Bohr atom modeli öncesi diğer atom modellerinde, atomun çekirdeğinde, (+) yüklü proton ve yüksüz nötronların bulunduğu, çekirdeğin etrafında dairesel yörüngelerde elektronların dolaştığı ifade edildi. Bu elektronların çekirdek etrafında nasıl bir yörüngede dolaştığı, hız ve momentumlarının ne olduğu ile ilgili bir netice ortaya konmadı. Bohr ise atom teorisinde elektronların hareketini bu noktadan inceledi.



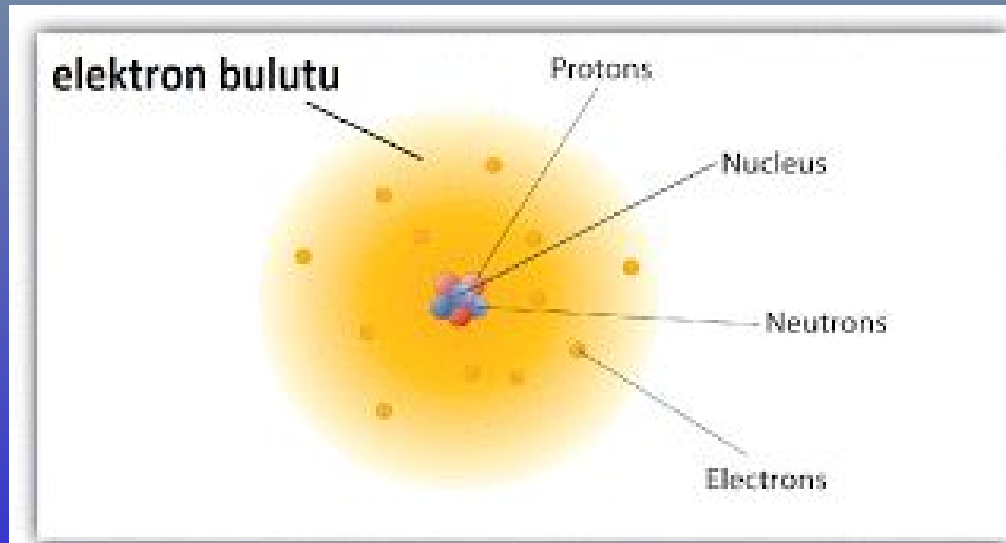
1. Bir atomdaki elektronlar çekirdekten belli uzaklıktaki yörüngelerde hareket eder ve bu yörüngelerdeki açısal momentumu Plank sabitinin tam katlarıdır. Her kararlı hâlin sabit bir enerjisi vardır.
2. Herhangi bir kararlı enerji seviyesinde elektron dairesel bir yörüngede hareket eder. Bu yörüngelere enerji düzeyleri veya kabukları denir.
3. Elektron kararlı hâllerden birinde bulunurken atom ışık (radyasyon) yayınlamaz. Ancak, yüksek enerji düzeyinden daha düşük enerji düzeyine geçtiğinde, seviyeler arasındaki enerji farkına eşit bir ışık kuantı yayınlar. Burada  $E = E_{\text{son}} - E_{\text{ilk}}$  bağıntısı geçerlidir.
4. Elektron hareketinin mümkün olduğu kararlı seviyeler, K, L, M, N, O gibi harflerle veya en düşük enerji düzeyi 1 olmak üzere, her enerji düzeyi + bir tam sayı ile belirlenir ve genel olarak "n" ile gösterilir. (n: 1,2,3 ...)

**Yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine atlayan elektron foton salarak enerji yayar.**



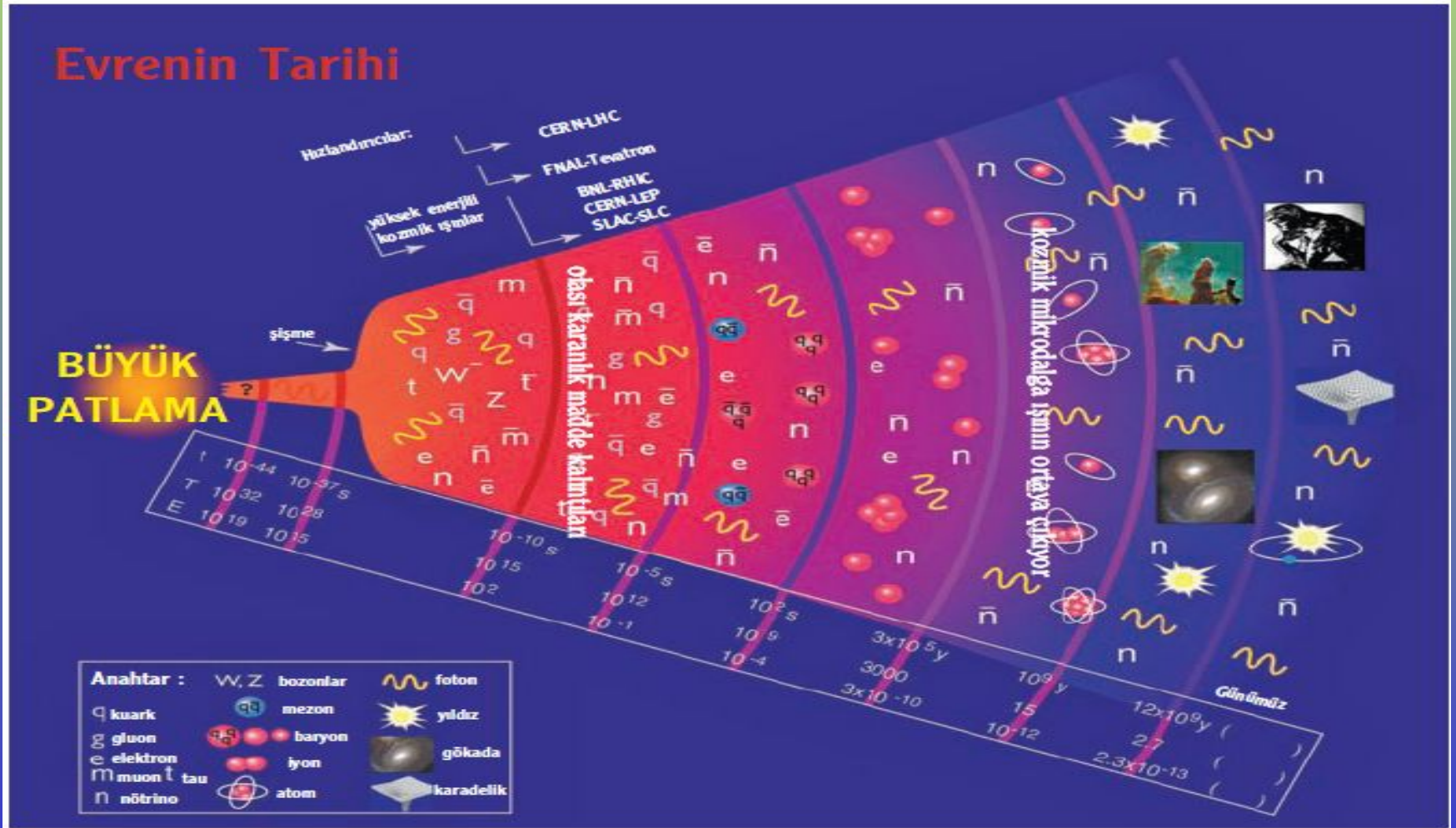
# Modern Atom Modeli

- Modern atom modeli, dalga mekaniğindeki gelişmelerin elektronun hareketine uygulanmasına dayanır. Bu modelin öncüleri L. D. Broglie, Schrödinger, Heisenberg gibi bilim adamlarıdır.
- Modern atom modeli, atomun yapısını ve davranışını diğer atom modellerine göre, daha iyi açıklamaktadır. Modern atom modelini kısaca;
  1. Elektron hem tanecik hem de dalga özelliği göstermektedir.
  2. Atomdaki elektronun aynı anda yeri ve hızı saptanamaz.
  3. Elektronların çekirdek etrafında bulunma olasılığının en yüksek olduğu bölgelere orbital denir.



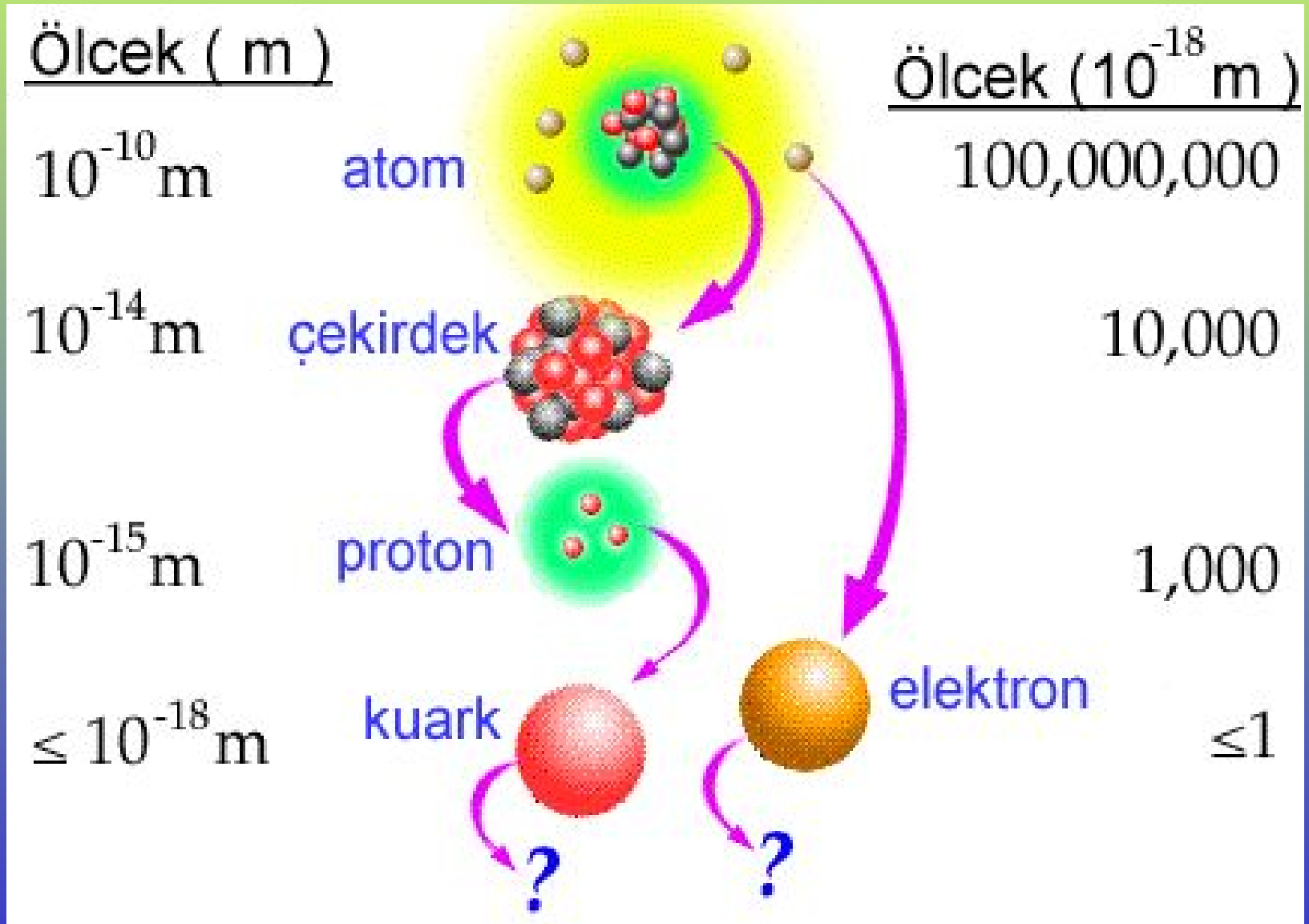


# STANDART MODEL ve PARÇACIK FİZİĞİ





# Maddenin Yapısı







## Fermionlar

Leptonlar ve  
kuarklar

$$\text{Spin} = \frac{1}{2}$$

Baryonlar (kkk)

$$\text{Spin} = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$$

## Bozonlar

$$\text{Spin} = 1^*$$

Kuvvet Taşıyıcı  
Parçacıklar

$$\text{Spin} = 0,$$

$$1, 2, \dots$$

Mezonlar ( $k\bar{k}$ )

\*Öngörülen gravitonun spini 2



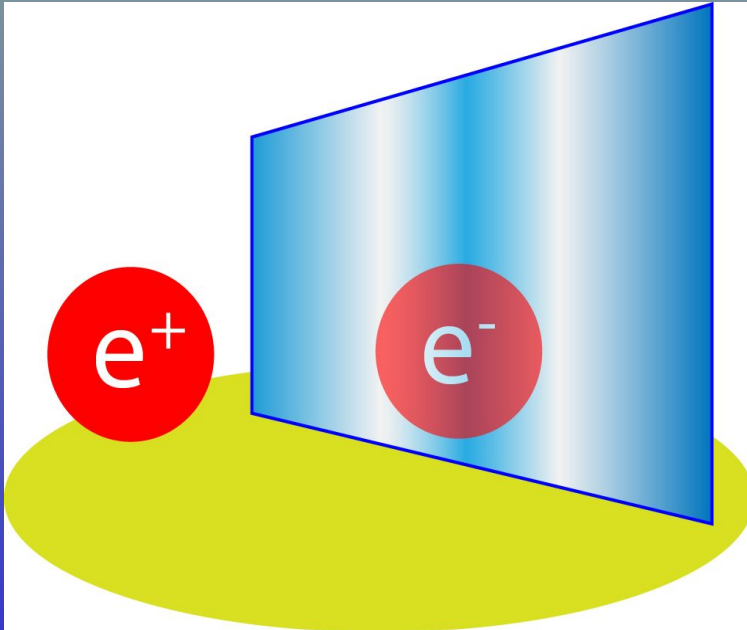
Zayıf etkileşmeye katılan fakat güçlü etkileşmeye katılmayan parçacıklara **Leptonlar** denir.

<b>Leptons</b> spin = 1/2		
<b>Flavor</b>	<b>Mass GeV/c<sup>2</sup></b>	<b>Electric charge</b>
<b><math>\nu_e</math> electron neutrino</b>	<b><math>&lt;1 \times 10^{-8}</math></b>	<b>0</b>
<b><math>e</math> electron</b>	<b>0.000511</b>	<b>-1</b>
<b><math>\nu_\mu</math> muon neutrino</b>	<b><math>&lt;0.0002</math></b>	<b>0</b>
<b><math>\mu</math> muon</b>	<b>0.106</b>	<b>-1</b>
<b><math>\nu_\tau</math> tau neutrino</b>	<b><math>&lt;0.02</math></b>	<b>0</b>
<b><math>\tau</math> tau</b>	<b>1.7771</b>	<b>-1</b>



# Karşıtparçacıklar

Parçacık fiziğinde yapılan teorik ve deneysel çalışmalar parçacık olarak yalnızca **kuark** ve **leptonların** olmadığını göstermiştir. Bunlardan başka karşıtparçacık olarak tanımlanan parçacıklar da vardır. Buna göre her atom altı parçacık için bir karşıtparçacık (antiparçacık) bulunur. Karşıtparçacığı aynadaki görüntü gibi düşünebiliriz. Gerçek bir cisim ile görüntüsü arasında, sadece simetrik bir terslik vardır. Benzer şekilde bir parçacık ile bu parçacığın karşıtparçacığı arasındaki tek fark yüklerinin ters işaretli olmasıdır. Bunun dışında karşıtparçacığın yük büyüklüğü ve kütleleri aynıdır.



Parçacık	Karşıtparçacık
Elektron	Pozitron
Proton	Karşıtproton
Nötron	Karşıtnötron
Nötrino	Karşıtnötrino



# Hadronlar



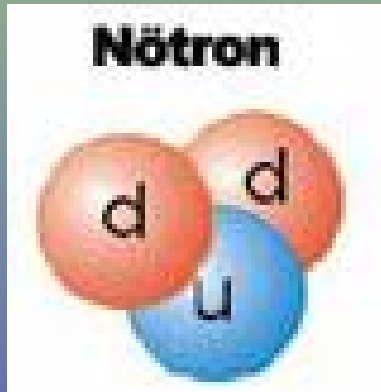
**Baryonlar** ( $qqq$ )

**Mezonlar** ( $q\bar{q}$ )

**Proton**



**Nötron**

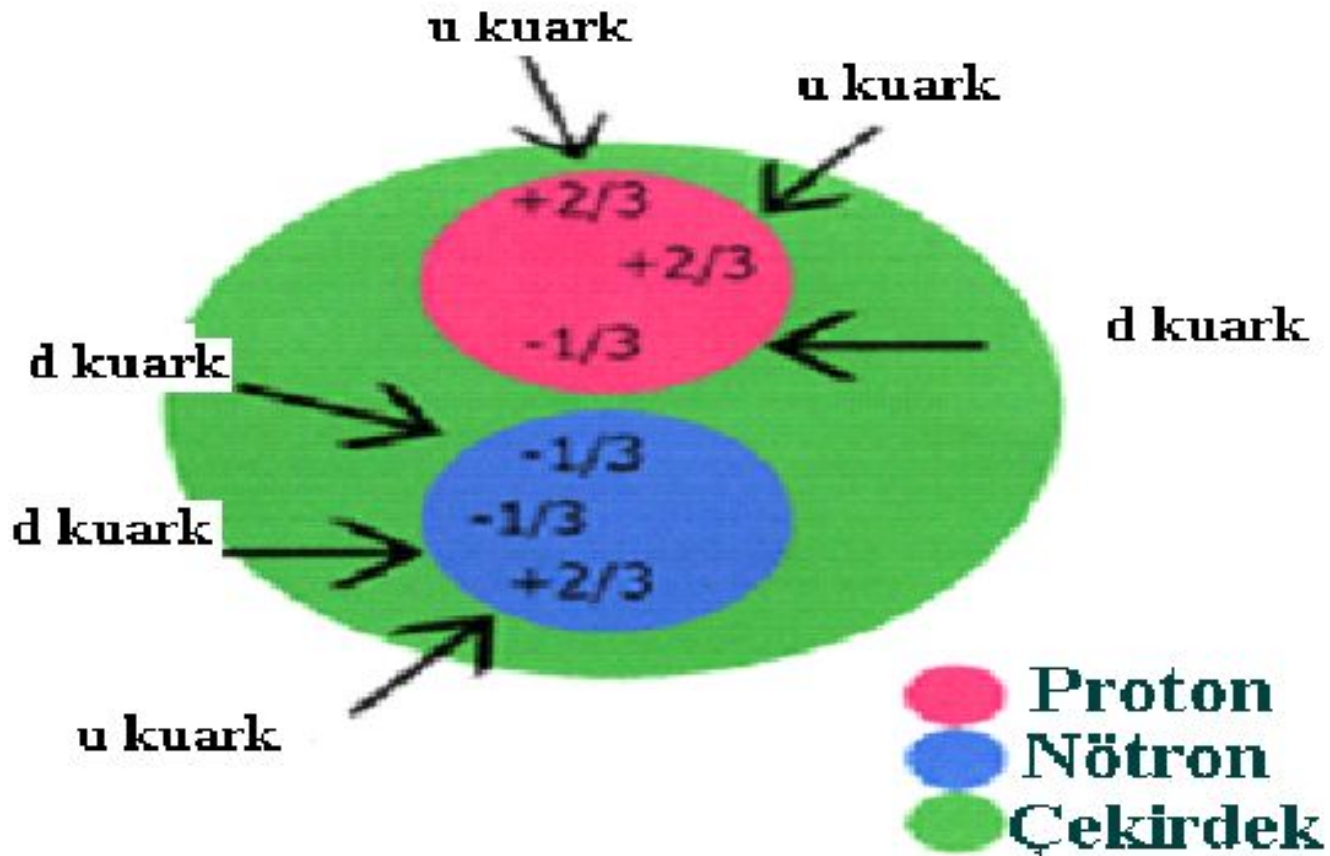


**Pion**



# Hadronların Kuark Modeli

(1964 yılında Gell-Mann ve Zweig)





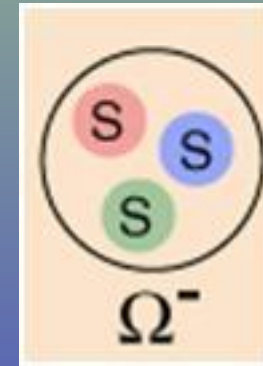
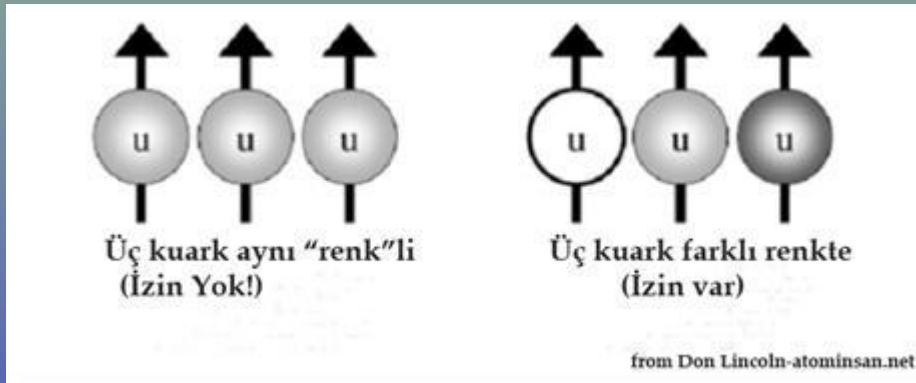
## Kuarklar ve Karşıtkuarklar

Kuark	Kütlesi (MeV/c <sup>2</sup> )	Yükü	Karşıtkuark	Kütlesi (MeV/c <sup>2</sup> )	Yükü
Yukarı (u)	4	$+\frac{2}{3}e$	$\bar{u}$	4	$-\frac{2}{3}e$
Aşağı (d)	8	$-\frac{1}{3}e$	$\bar{d}$	8	$+\frac{1}{3}e$
Tılsımlı (c)	1500	$+\frac{2}{3}e$	$\bar{c}$	1500	$-\frac{2}{3}e$
Tuhaf (s)	150	$-\frac{1}{3}e$	$\bar{s}$	150	$+\frac{1}{3}e$
Üst (t)	176000	$+\frac{2}{3}e$	$\bar{t}$	176000	$-\frac{2}{3}e$
Alt (b)	4700	$-\frac{1}{3}e$	$\bar{b}$	4700	$+\frac{1}{3}e$



# Kuarklar Renk Yükü Taşır

üç adet acayip kuark  $\Omega^-$  (sss) içeren  
parçacığının spini  $3/2$   $\uparrow \uparrow \uparrow$  dir.



Kuarklar **Üç**, Gluonlar ise **Sekiz** Çeşit Renk Yükü  
Taşır.



**Kuarklar**  
bir renk



**Karşıt kuarklar**  
bir karşıt renk



**Gluonlar**  
bir renk ve  
bir de karşıt renk

**TAŞIR!**



**Kırmızı** → **Antikırmızı + Mavi** → **Mavi**





# Kuantum Renk Dinamiği (KRD)

**Kuarklar arası etkileşmeleri tanımlayan teori**

$$L = \bar{\Psi}_j (i\gamma_\mu D_{jk}^\mu - m_{jk}) \Psi_k - \frac{1}{4} F_a^{\mu\nu} F_{\mu\nu}^a$$

$$D_{jk}^\mu = \delta_{jk} \partial^\mu + ig_s (T_a)_{jk} G_a^\mu$$

$$F_a^{\mu\nu} = \partial^\mu G_a^\nu - \partial^\nu G_a^\mu - g_s f_{abc} G_b^\mu G_c^\nu$$

KRD Lagranjyeni Aşağıdaki Yerel Ayar Dönüşümleri Altında İnvaryanttır.

$$\Psi(x) \Rightarrow \Psi'(x) = [1 - g_s \varepsilon_a T_a] \Psi(x)$$

$$G_a^\mu(x) \Rightarrow G_a^{\mu'}(x) = G_a^\mu(x) + \partial^\mu \varepsilon_a(x) + g_s f_{abc} \varepsilon_b(x) G_c^\mu(x)$$



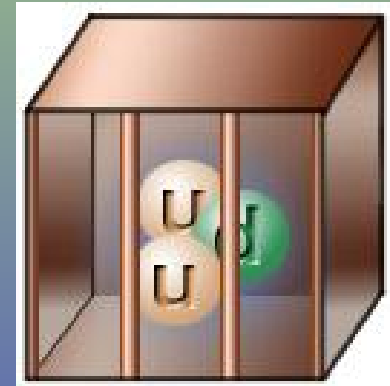
# 2004 NOBEL FİZİK ÖDÜLÜ ASİMPOTOTİK ÖZGÜRLÜK

$$g^2(p) = \frac{16\pi^2}{7 \ln \frac{p^2}{\Lambda^2}}$$

$$g^2(T) = \frac{4\pi}{\left( b_1 \ln \frac{T^2}{\Lambda^2} + \frac{b_2}{b_1} \ln \frac{T^2}{\Lambda^2} \right)}$$

$$b_1 = (1/12\pi)(11N - 2N_f)$$

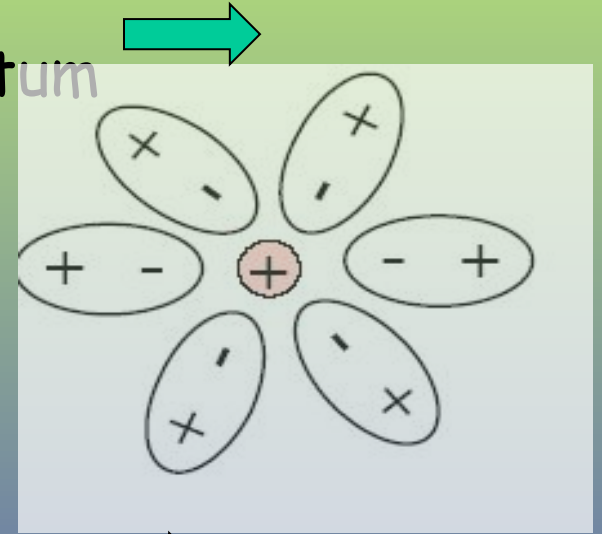
$$b_2 = (1/3)(4\pi)^{-2}(34N^2 - 13NN_f + 3N_f/N).$$



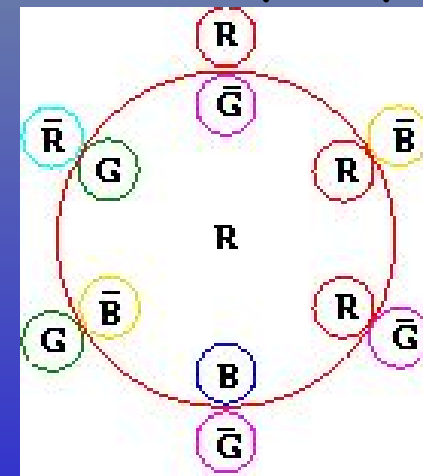
**Gross, Wilczek ve Politzer 1973**

# Vakum Polarizasyonu

- Büyük mesafe  $\rightarrow$  küçük momentum  
küçük yük  $\rightarrow$  küçük kuvvet  
(KED-**perdeleme**)



- Büyük mesafe  $\rightarrow$  büyük momentum  
büyük kuvvet (QCD-**antiperdeleme**)  $\rightarrow$  büyük yük  $\rightarrow$



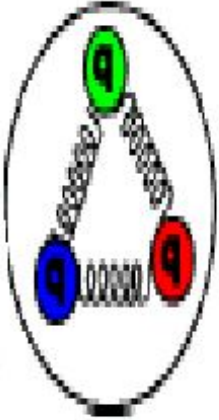
# ***TERMAL KUANTUM RENK DİNAMİĞİ (TKRD)***



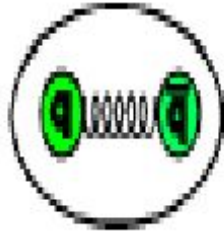
***Kritik Sıcaklık ~ 150-250MeV***

## Normal Hadronik Madde

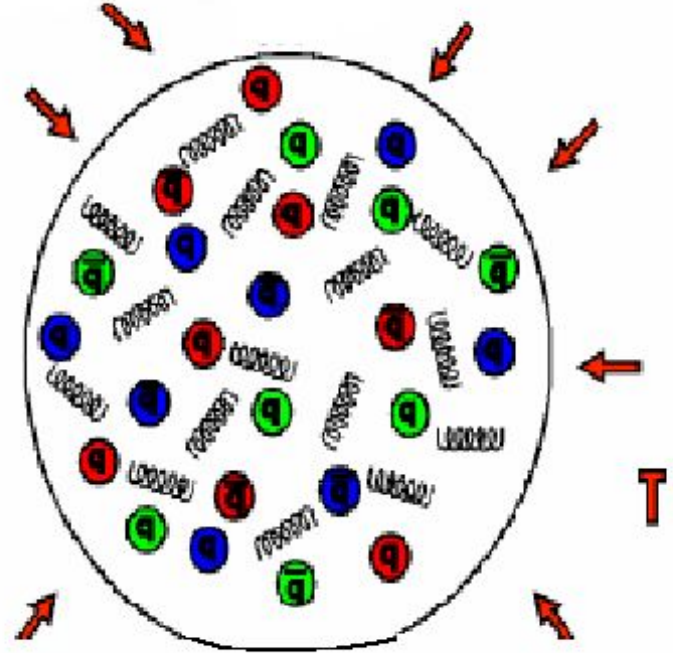
Baryon



Mezon

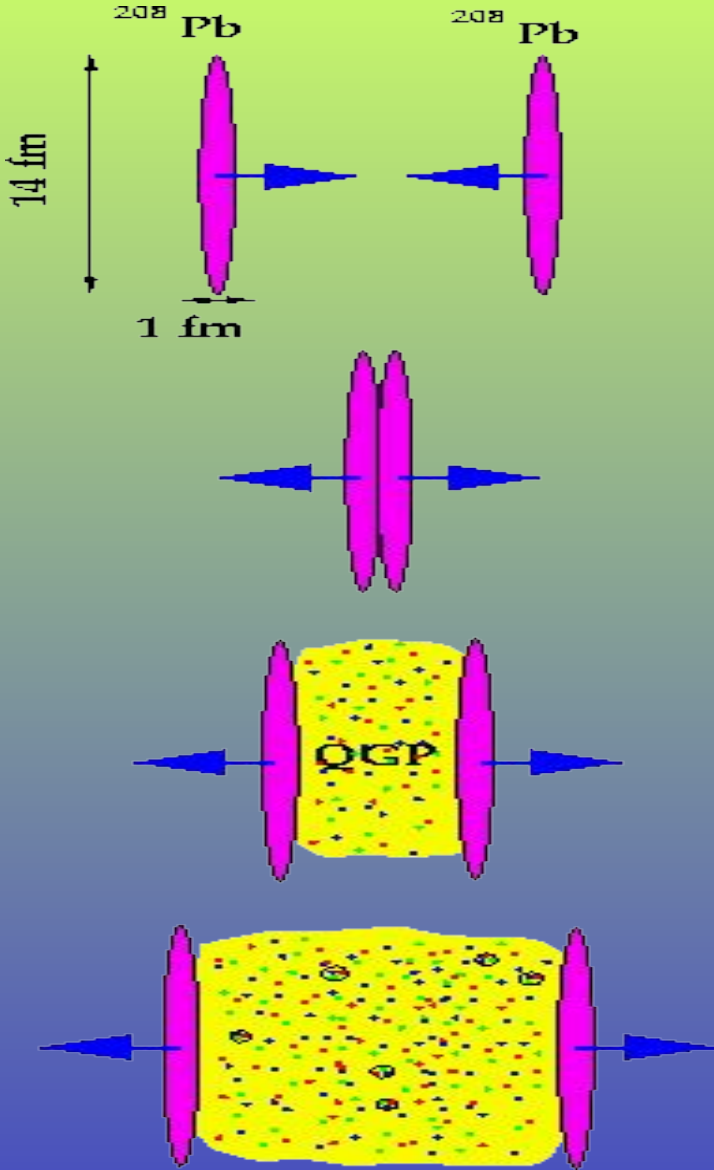


## Kuark-gluon Plazma



- *Büyük patlamanın ilk mikro saniyelerinde*
- *Bir nötron yıldızının içinde*
- *Çok yüksek enerjili hızlandırıcılarda ağır iyon çarpışma deneylerinde*

# Rölativistik ağır iyon çarpıştırma programları



- 80'li yıllarda nükleon başına yaklaşık 1GeV'lik enerji ile Tevatron hızlandırıcısı kullanılarak başlamıştır.
- 90'lı yıllarda Avrupa Nükleer Araştırma Merkezinde (CERN) Süper Proton Siklotronunda (SPS)
- 2000 yılının sonlarında, Brookhaven Ulusal Laboratuvarında (BNL) kütle merkezi 100-200GeV enerjiye sahip Rölativistik Ağır İyon Çarpıştırıcısı (RHIC)
- Günümüzde CERN'de Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) ile birkaç TeV'lik enerjilere çıkmıştır.



# TEMEL ETKİLEŞİMLER

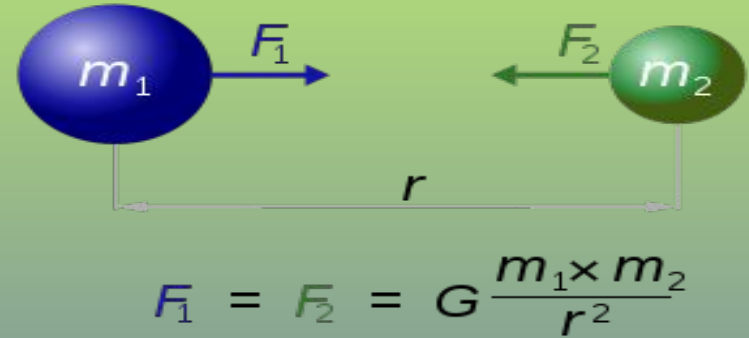


	Kütleçekimi	Zayıf (Elektrozayıf)	Elektromanyetik	Güçlü
Taşıyan	Graviton (henüz gözlenmedi)	$W^+, W^-, Z^0$	Foton	Gluon
Etkilenen	Hepsi	Kuarklar ve leptonlar	Kuarklar, yükü leptonlar ve $W^+, W^-$	Kuarklar ve gluonlar



# Kütle Çekim Kuvveti

**Kütle çekimi**, nesnelere birbirlerine doğru çekme kuvveti uygulamasına denir. Bu çekme kuvveti; cisimlerin kütleleriyle doğru orantılı, merkezleri arasındaki uzaklığın karesiyle de ters orantılıdır.



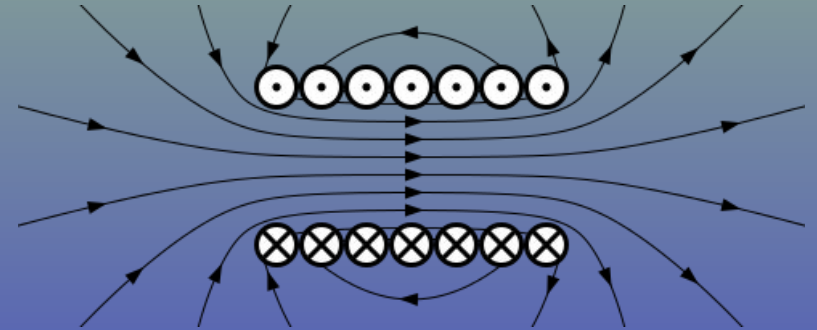
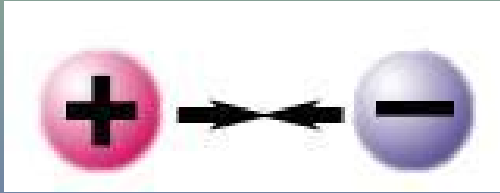
Kütle çekiminde, kuvvet taşıyıcı bozonun, graviton adı verilen varsayımsal parçacık olduğu düşünülmektedir. Graviton spini 2 olan yüksüz ve kütsüz bozondur. Ancak şimdiye kadarki deneylerde bu parçacık gözlenememiştir. Kütle çekimi, Standart Model tarafından açıklanamamakta, Standart Model'in kuantum mekaniğindeki matematiğe nasıl dahil edileceği, henüz tam olarak bilinmemektedir.





# Elektromanyetik Kuvvet

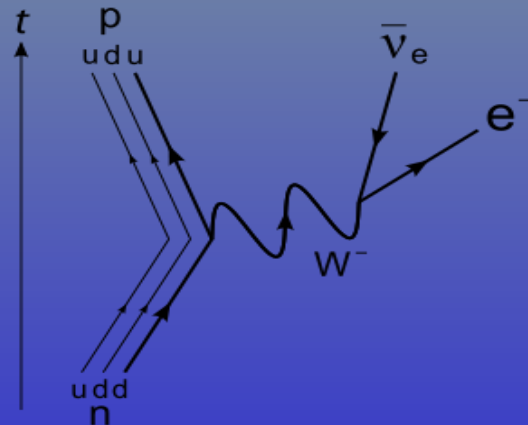
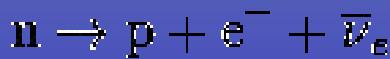
Elektrik ve Manyetik kuvvetleri Maxwell denklemleriyle bir biriyle ilişkilendirilmiştir. Kuvvet taşıyıcı parçacıkları fotonlardır. Fotonlar spini 1 olan yüksüz bozonlardır. Yüklü atomaltı parçacıklar arasındaki elektromanyetik ilişkiyi Kuantum elektrodinamiği (KED) inceler.





# Zayıf Nükleer Kuvvet

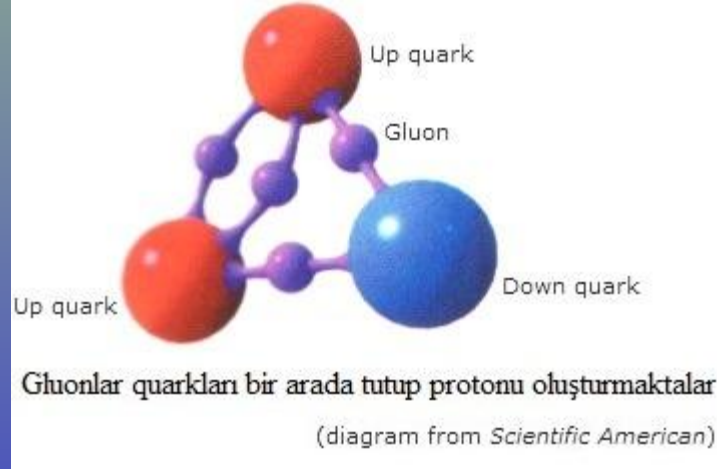
Zayıf nükleer kuvvet ya da *zayıf kuvvet*, pek çok parçacığın ve hatta pek çok atom çekirdeğinin kararsız olmasından sorumludur. W ve Z bozonları, zayıf etkileşime aracılık eden temel parçacıklardır. W bozonunun iki türü +1 ve -1 elektrik yüklerine sahiptir.  $W^+$  bozonu  $W^-$  bozonunun antiparçacığıdır. Z bozonu (veya  $Z^0$ ) elektriksel olarak yüksüzdür ve kendisinin antiparçacığıdır. Her üç parçacık da yaklaşık  $3 \times 10^{-25}$  s'lik yarı ömürleri ile çok kısa bir süre varlıklarını sürdürür. Bu bozonlar yaklaşık W'lar 80GeV ve Z 90GeV kütleleri ile protona göre 100 kat daha ağırdır. Her üç türün de spini 1'dir. W ve Z parçacıklarının keşfi CERN'ün büyük başarı hikâyesidir. 1983 yılında Süper Proton Senkrotronunda (SPS) gözlemlendi.





# Güçlü Nükleer Kuvvet

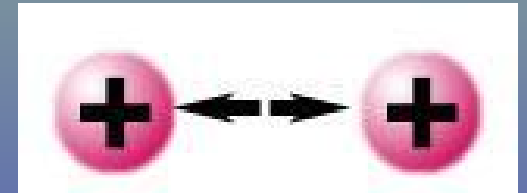
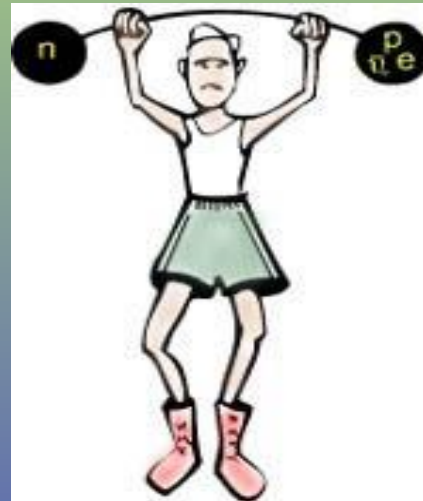
Kuarklar ve gluonlar arasındaki etkileşim **güçlü etkileşim** olarak adlandırılır ve bu etkileşim Kuantum renk dinamiği kuramı (QCD) ile açıklanır. Kuvvet taşıyıcı ara parçacıkları gluonlardır. Gluonların kütlesi yaklaşık 340MeV dir.





# Standart Model

Bu dört kuvvetten üçünü birleştiren teoriye **Standart Model** denir.

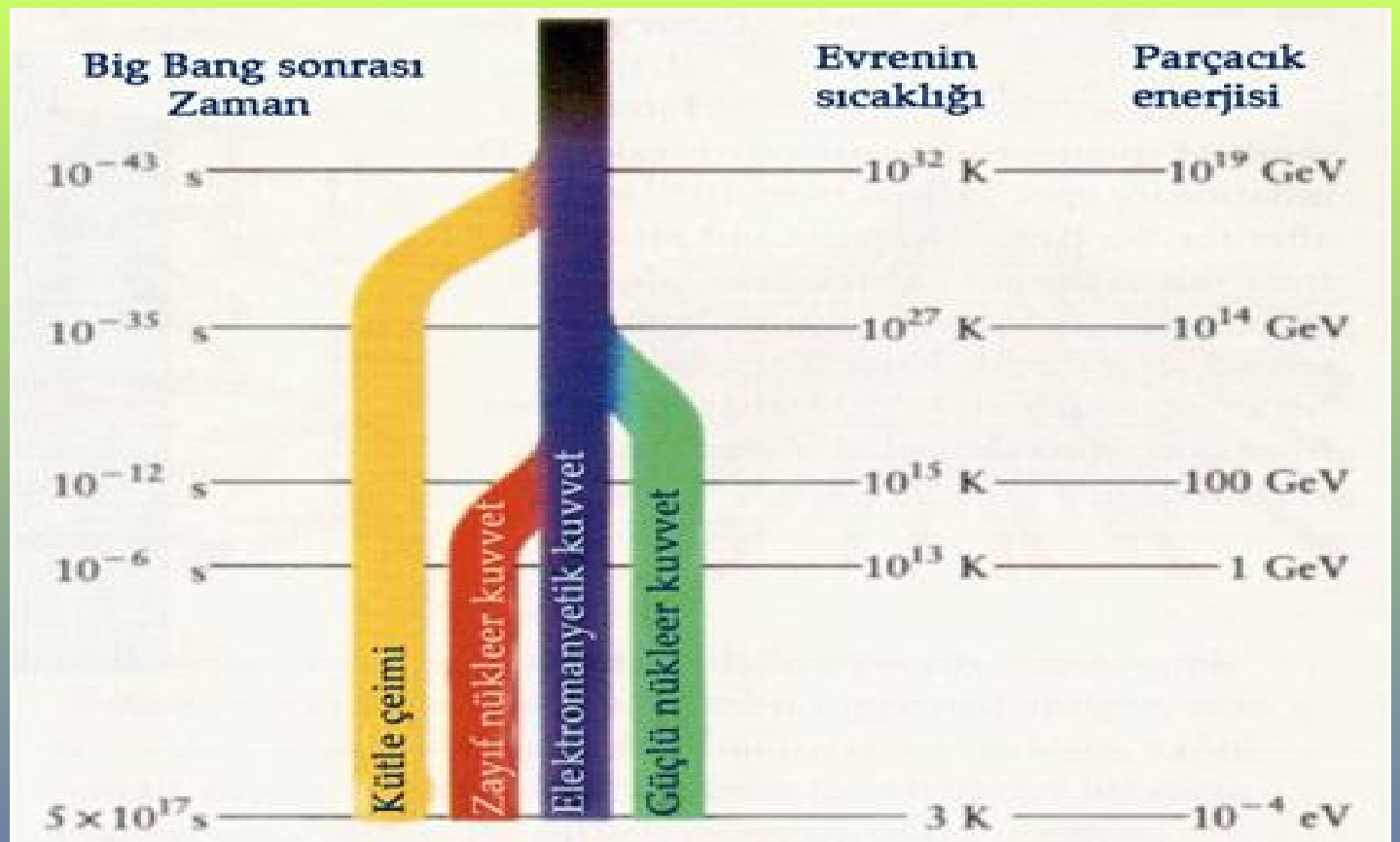




# Elektrozayıf Kuvvet



1967'de Steven Weinberg, Sheldon Glashow ve Abdus Salam zayıf nükleer kuvvet ile elektromanyetik kuvvetin gerçekte tek bir temel etkileşimin farklı yüzleri olduğunu ileri sürdüler. Bu kuvvetlerin birleştirilmesi ve tek bir teoriyle açıklanması bu kişilere 1979 Nobel ödülünü kazandırmıştır.



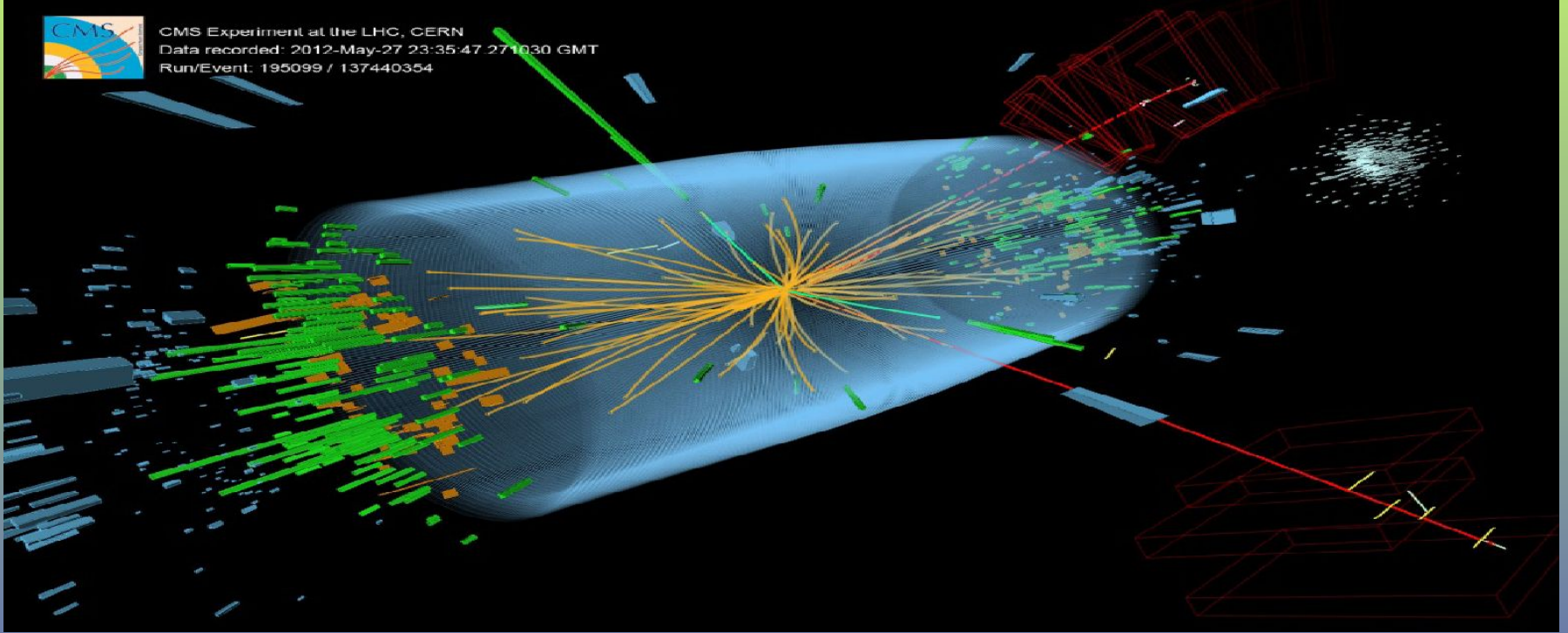
Evrenin dört temel kuvveti, başlangıçta birleşikti. Çok sıcak evren soğumaya başladığında ilk olarak kütle çekim kuvveti ayrıldı; öteki üç kuvvet tek bir birleşik kuvvet olarak kaldı. Daha sonraki simetri kırılması  $10^{-35}$  saniyelik evrende gerçekleşti ve güçlü nükleer kuvvet ayrıldı. Evren  $10^{-12}$  saniyelik iken elektrozayıf kuvvet iki bileşene ayrıldı ve evrende var olan dört kuvvet ortaya çıktı.



# Higgs Bozonu

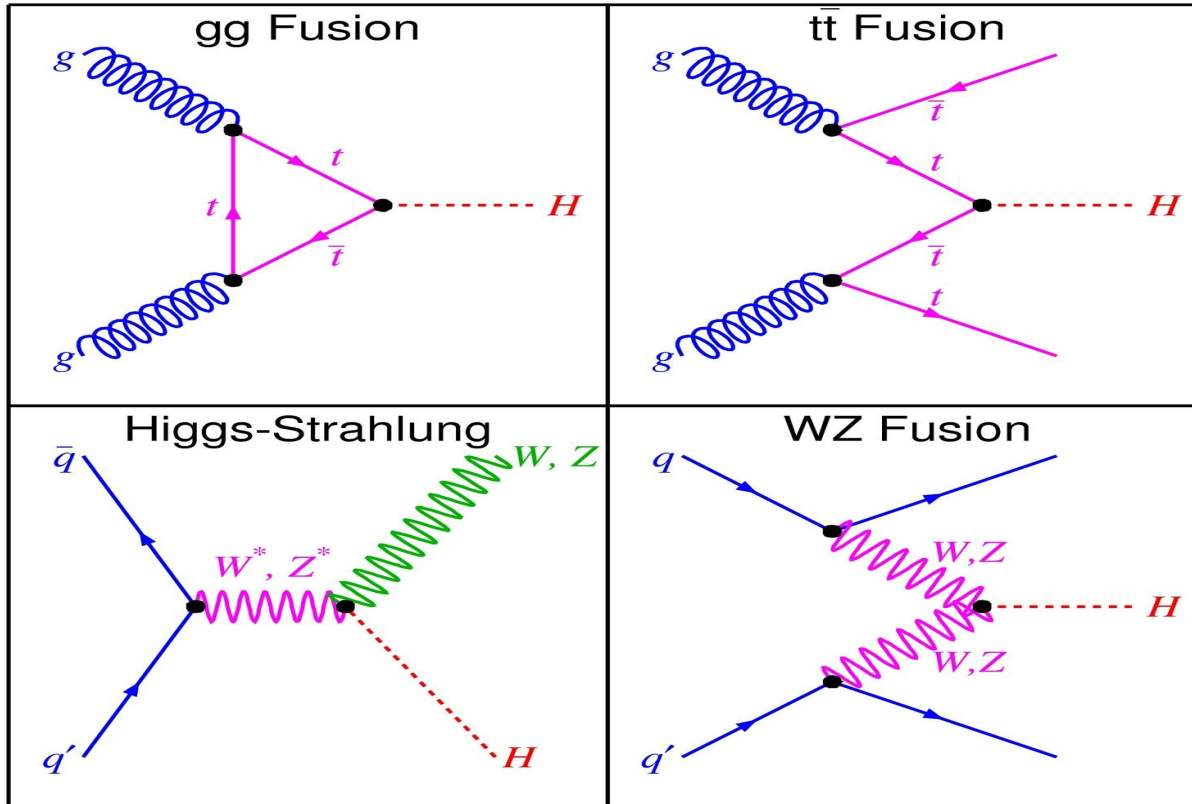
Standart Modeldeki fermiyonlara kütle kazandırmak için varlığı öne sürülmüş spini 0 (*sıfır*) olan parçacık Higgs parçacığı, ilk defa 1962 yılında Philip Warren Anderson tarafından ortaya atılmıştı. 1964'te birbirinden bağımsız üç grup, bu mekanizmayı görelilik kuramına uygun hale getirdiler: Robert Brout ve Francois Englert; Peter Higgs; Gerald Guralnik, C. R. Hagen ve Tom Kibble. Daha sonra da Steven Weinberg ve Abdus Salam, Higgs mekanizmasını kullanarak Standart Model'in temellerini kurdular.

14 Mart 2013'te bilimadamları CERN de bulunan ATLAS ve CMS deneylerinde Higgs Bozonu'nun varlığından emin olduklarını, yani diğer adıyla Tanrı Parçacığı'nı bulduklarını açıkladı. Keşfedilen yeni parçacık, 125 GeV kütleyle sahip (hidrojen atomununun 125 katı) bir bozon ve Higgs mekanizmasına sahip. 08 Ekim 2013 tarihinde Nobel Fizik Ödülünü, Peter Higgs ve Francois Englert kazandığı açıklandı.



LHC'deki en büyük iki dedektörden biri olan CMS'de Higgs bozonunun sinyali, çarpışma merkezinden çıkan iki özel foton biçiminde ortaya çıkıyor. LHC'nin 27 km uzunluğundaki halka biçimli tüneline ışık hızı eşğine kadar hızlandırılan iki protonun çarpışma enkazından çıkan bu fotonlar, şekilde merkezden saat 11 ve saat 4 yönlerinde çıkan kesikli sarı çizgiler ve uzantılarındaki yeşil bantlarla gösteriliyor.



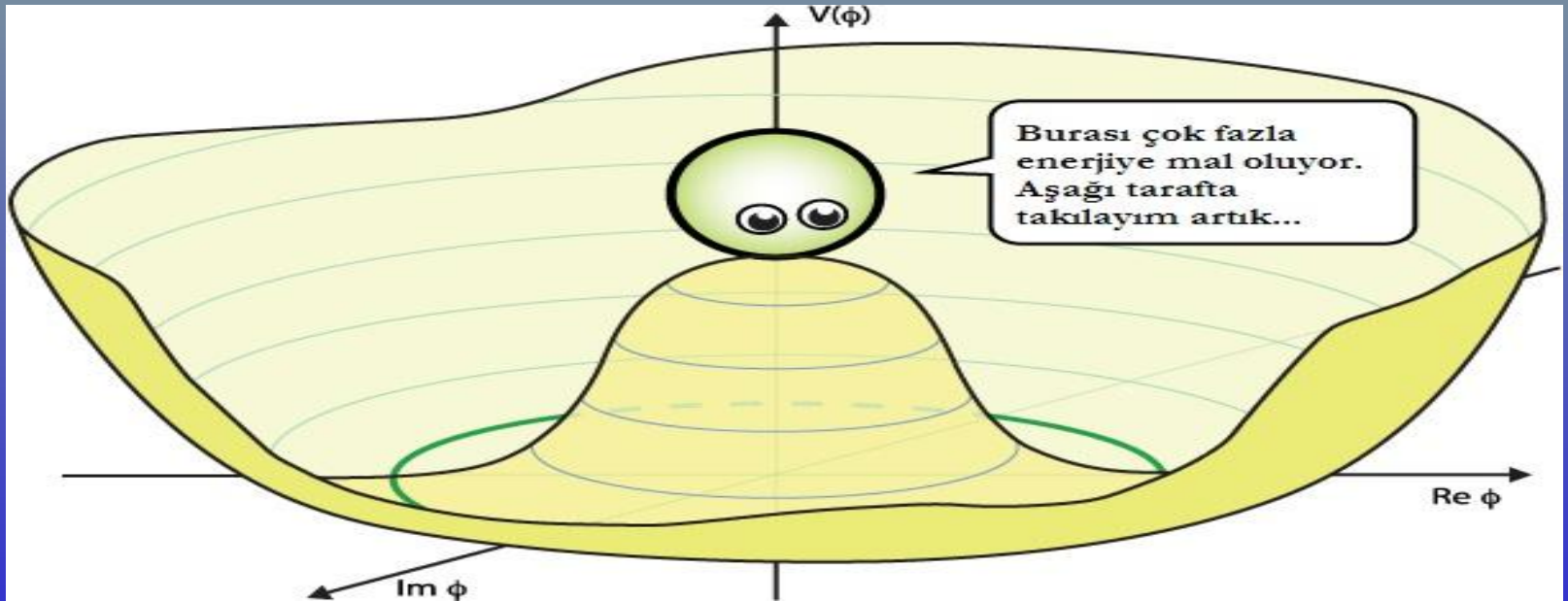


## Higgs' in doğuş mekanizmaları



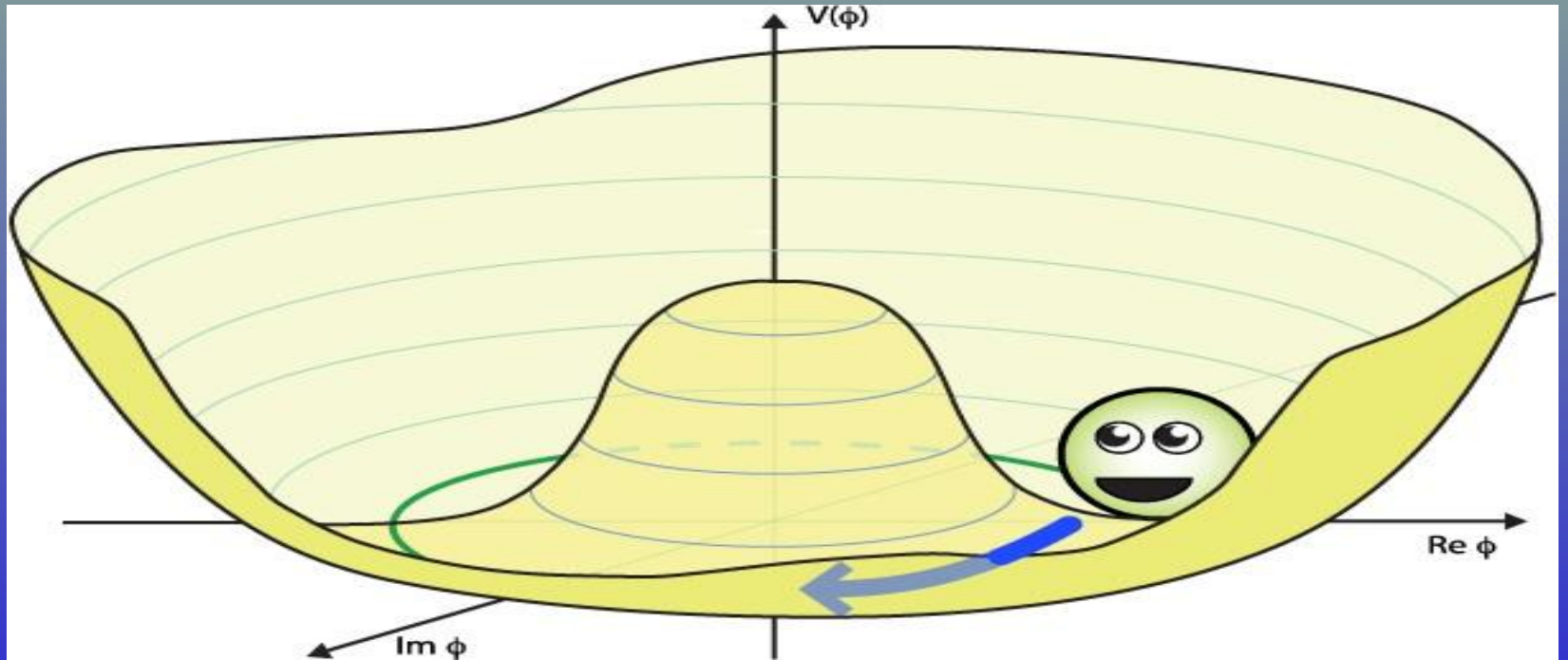
# Higgs Mekanizması

Beklenen vakum değeri ile kuantum alanları sisteminin potansiyel enerji fonksiyonları belirlenir. Yani alanın enerji seviyesinin değışim grafiği. Buna meksika şapkası deniliyor. 3 boyutlu bir grafik ve  $V$  ile gösterilen dikey boyut alandaki değerlere denk gelen potansiyel enerjiyi simgelemekte. Şapkanın ortasındaki potansiyel değerde olan Higgs Alanı (küre şeklinde gösteriliyor) bu sırada tamamı ile simetriktir. Nasıl döndürürseniz döndürün aynı şekilde gözükür. Fakat bu Higgs alanı etrafında daha düşük enerjiyle var olabileceği durum gördüğünde, ki grafikte şapkanın alt kısmına, yeşil çembere denk geliyor bu, o duruma geçiş yapar. Tepeden aşağıya iner ve böylece simetri bozulmuş olur. Bu olaya ***Kendiliğinden Simetri Kırılması*** deniliyor.





Bu grafikte ise Higgs alanı daha düşük olan potansiyel enerji seviyesine geçiş yapmış durumda ve simetri özelliği böylece kayboldu. İlk grafikte Higgs alanını temsil eden küre döndüğünde bir şey değişmiyordu fakat ikinci grafikte dönerken şapkanın içinde halka çizmekte. Yani simetrik değil, sürekli değişiyor görüntü.





Bütün bunları çok ayrıntılı bir şekilde modelleyen ve doğru sonuçlar veren bir kuramımız var: Standart Model (SM). Ancak, Standart Model bu kuarkların ve leptonların neden kütleyle sahip olduklarını açıklayamıyor. En basit kuram, bütün parçacıkların kütesiz olmasıdır. Evreni alanlar doldurmuştur; parçacıklar Higgs alanı denen bu alanla etkileşime girerken kütle kazanmaktadırlar.





# SM Karşılaştığı Sorunlar

**Çok fazla parametre var:** Standart Model içinde dışarıdan ithal ettiğimiz birçok parametre var. Bu parametrelerin orijini hakkında birçok sorumuz var. Örneğin kuarklar teoriye elle koyulmuşlardır: SM temel olarak elektrozayıf etkileşmeleri açıklayan **Kuantum Elektromanyetik Dinamiği** kuramı üzerine kurulmuştur, fakat kuark alanları SM'e elle konulmuştur. Kuark alanlarının kendiliğinden çıktığı modeller SM ötesi kuramlardır.

Niye  $\mu$  leptonun kütlesi, elektronun kütlesinin yaklaşık 200 katı? Niye bütün nötrinoların kütlesi bu kadar küçük? Niye  $\alpha$  ile gösterilen elektromanyetik etkileşme sabitini içeren sabit, düşük enerjilerde neredeyse  $\alpha \sim 1/137$ ? Bu soruların cevapları Standart Modelin içinde yer almaz.



**Elektrozayıf simetri Kırılması hala anlaşılabilmiş değil:**  
Elektromanyetik ve zayıf kuvveti birleştiren elektrozayıf kuvvet aslında kırılmış bir simetridir. Tüm madde ve kütleye sahip kuvvet taşıyıcı alanlar, kendiliğinden gerçekleşen elektrozayıf simetri kırılması ile kütle kazanmaktadırlar. Higgs bozonunun keşfi parçacıkların nasıl kütle kazandığını açıklamada önemli bir köşe taşı da olsa, bu mekanizma tam olarak anlaşılabilmiş değil.



**Güçlü çekirdek kuvvetinde yük-ayna simetrisinin (CP) kırılması anlaşılabilmiş değil:** Bu nedenle evrende neden karşımadde olmadığıнын cevabı tam olarak verilmiş değildir. Günümüzde zayıf çekirdek kuvvetinin CP simetrisi altında tam olmadığı deneylerle kanıtlanmıştır. Fakat güçlü çekirdek kuvvetinin de, CP simetrisi altında tam olmadığı yolunda deneysel kanıtlar bulunmuştur.



**Çeşni karışımı ve ailelerin sayısı keyfi:** SM de kuarklar ve leptonlar yukarı-aşağı, tılsım-garip ve üst-alt kuarklar ile, elektron-elektron nötrinosu, müon-müon nötrinosu ve tau-tau nötrinosu şeklinde üç aile şeklinde düzenlenmişlerdir. Fakat neden üç aile olması gerektiği hala belirlenememiştir. Etrafımızdaki uzayın tamamına yakını en hafif aileden oluştuğuna göre diğer ağır iki aileye neden gerek bulunmaktadır?





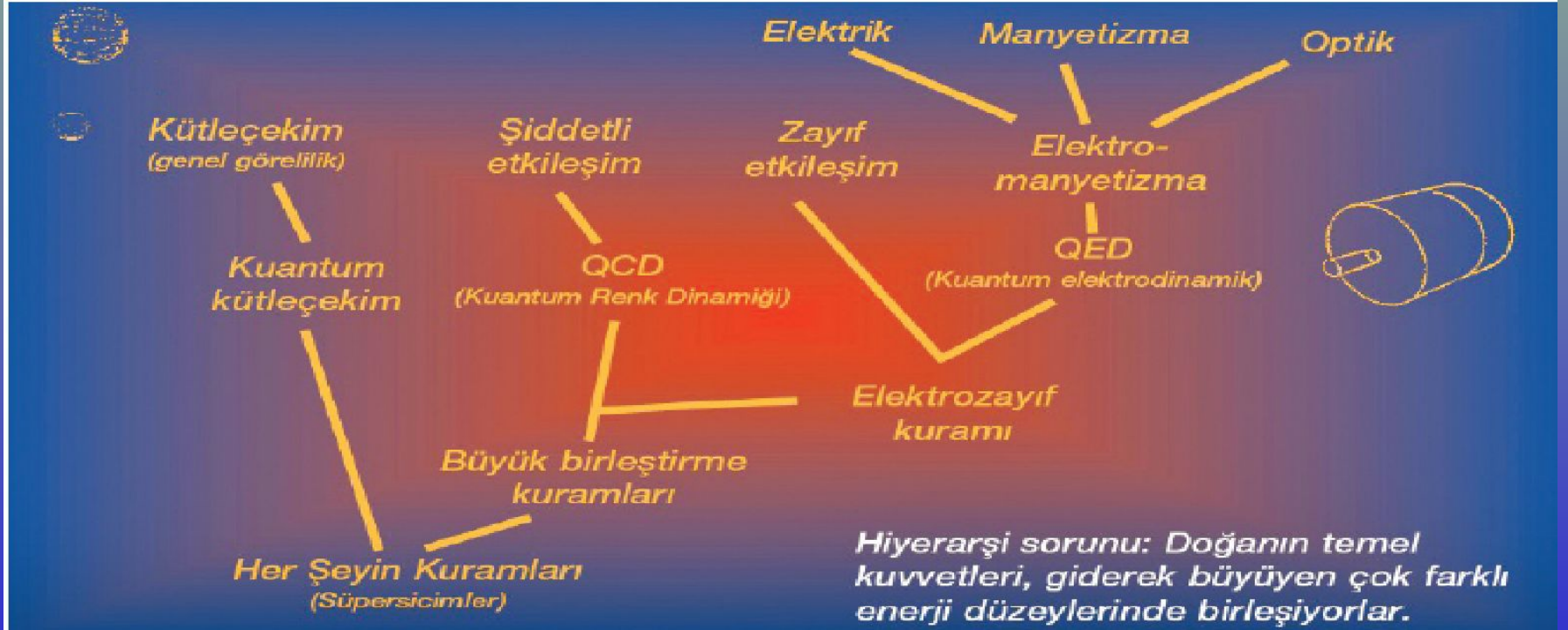
**Kütle spektrumunun orijini belirsiz:** SM içinde birçok alan vardır, bu alanların kuantumları olan parçacıklar, Higgs alanıyla olan etkileşmelerinin mertebesine göre kütle kazanırlar. Fakat Bu kütle yelpazesinin orijini hala belirsizdir. Kuarkların ve leptonların neden bu kadar farklı kütlelere sahip oldukları anlaşılmış değildir.



**Kuark ve Lepton alanları temel mi?** Kuark ve lepton alanlarının birer temel alan mı oldukları, yoksa daha temel alanlardan mı oluştuklarının SM içinde bir cevabı yoktur.

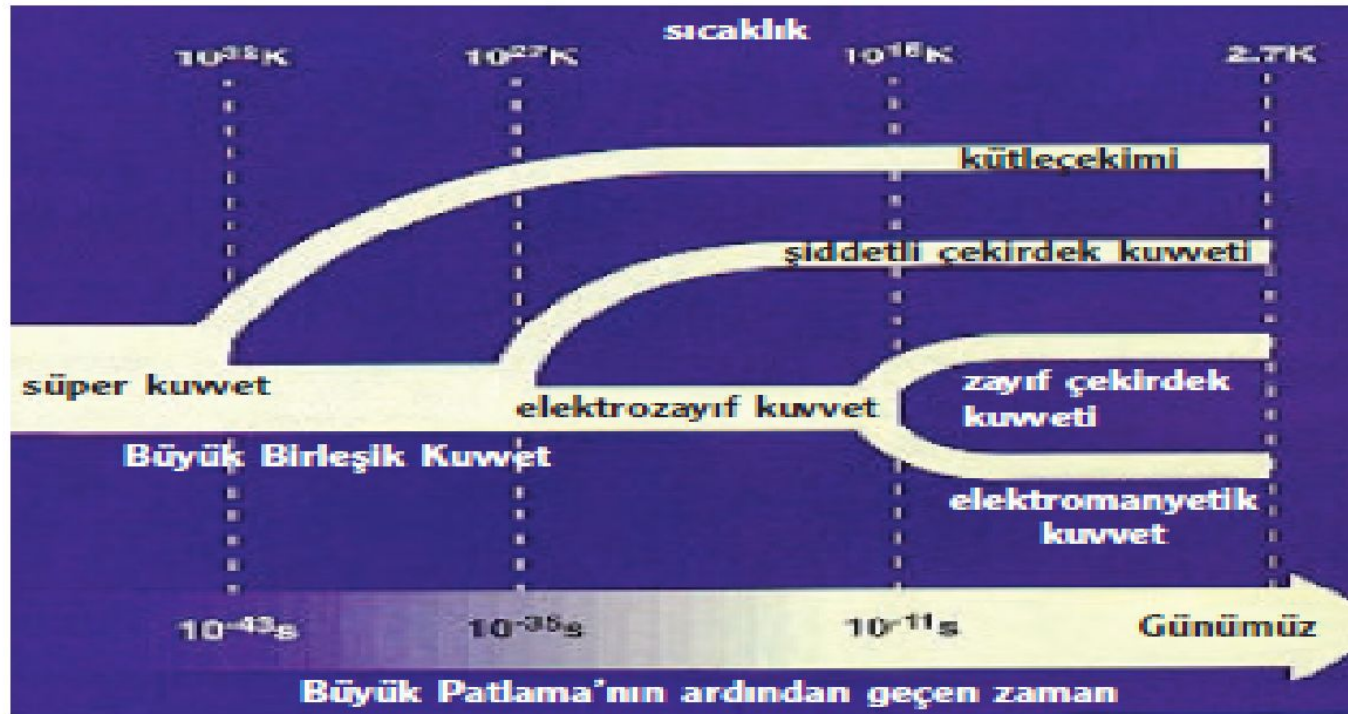


**Ayar hiyerarşisi problemi:** Elektroyeğin etkileşmelerin (yani daha önce zayıf çekirdek kuvvetiyle elektromanyetik kuvvetin özdeşleştirilmesi olan elektrozayıf kuvvetle güçlü çekirdek kuvvetinin de özdeşleştirilmesi) standart modeli (SM), yapıla gelmiş bütün deneylerle mükemmel bir uyum sergilemiş olmakla birlikte, bizzat kendisinin sahip olduğu kuantum kararsızlığı nedeniyle hayati bir problemle karşı karşıya kalmaktadır (*ayar hiyerarşisi problemi*). Morötesi geçerlilik sınırı yükseldikçe elektroyeğin kuramı bir bütün olarak geçersiz kılan bu kararsızlık önlenmelidir ki, nükleer bozunmalar bilinen hızda, güneş bilinen parlaklıkta, W/Z bozonlar ölçülmüş kütle değerlerinde kalabilsinler.





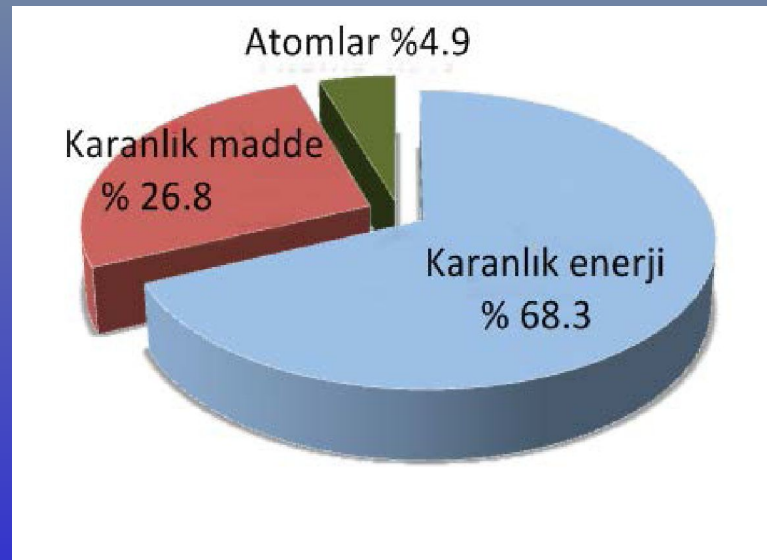
**Kütleçekim dışlanıyor:** Dört temel doğa kuvvetinden biri olan kütleçekim kuvveti SM içinde yer almamaktadır



Başlangıçta tümüyle özdeş olduğu düşünülen dört temel doğa kuvvetinin Büyük Patlama'nın ardındaki ilk anlarda ayrışmasını gösteren şema



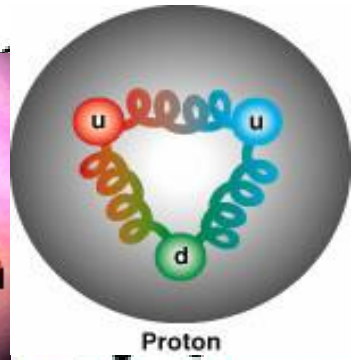
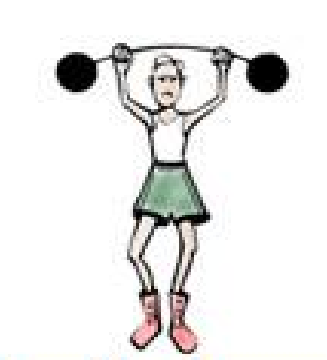
**Kozmolojik Problemler:** SM'in sorunlarının yanı sıra henüz çözülmemiş, olan diğer kozmolojik problemlerse, karanlık madde ve karanlık enerjinin kaynağıdır. Gözlemlenebilir evrende yapılan ölçümler, gökadalara hesaplanabilen maddeden daha fazla bir maddenin çekim etkisi yüzünden çok hızlı döndüklerini ortaya çıkarmıştır. Kaynağını bilmediğimiz bu maddeye **karanlık madde** adını vermekteyiz. Öte yandan, yine son yıllarda yapılan ölçümler göstermiştir ki, itici bir enerji sayesinde evren hızlanarak genişlemektedir.





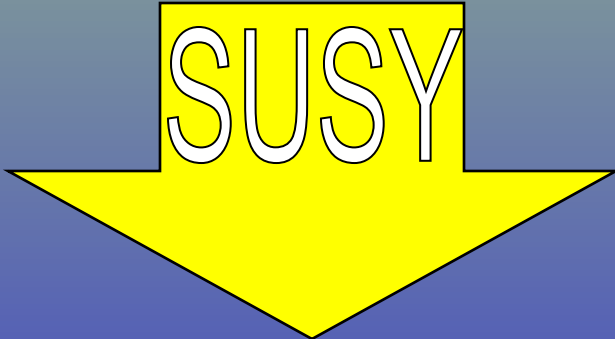
# Süper Simetri (SUSY)

Göründüğü gibi, fizikçileri Standart Modelin son model olmadığına ve daha tam bir teorinin olabileceğine inanması için yeterli sebep vardır. Süpersimetriye göre, her fermiyona karşılık bir bozon ve her bozona karşılık da bir fermiyon vardır. Standart Model'deki her kuarka, bir tane spini sıfır olan bir skuark, her leptona spini sıfır bir slepton, her W, Z, foton ve gluona karşılık da spini 1/2 olan bir gaugino karşılık gelir. Standart Model'in süpersimetrik versiyonunu yazmak için, tek bir Higgs bozonu yetmez, bunun yerine toplam 5 tane Higgs bozonu ve her birine karşılık spini 1/2 olan Higgsino karşılık gelir. Bu süpersimetrik eşlerin en önemli özelliklerinden biri de eş fermiyon ve bozonların aynı kütleyle sahip olmalarıdır.



<b>Gravity</b>	<b>Weak</b>	<b>Electromagnetic</b>	<b>Strong</b>
	<b>(Electroweak)</b>		
<b>Graviton</b> (not yet observed)	$W^+ W^- Z^0$	<b>Photon</b>	<b>Gluon</b>

**BOZONLAR**

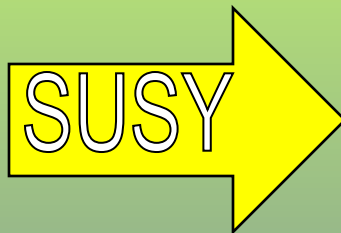


**FERMİYONLAR**

<b>Graviton</b> (not yet observed)	$\tilde{W}^+ \tilde{W}^- \tilde{Z}^0$	<b>Fotino</b>	<b>Glino</b>
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------	--------------



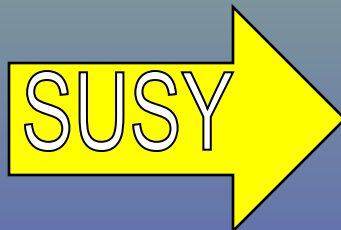
Higgs Boson



Higgsino



Higgs Boson

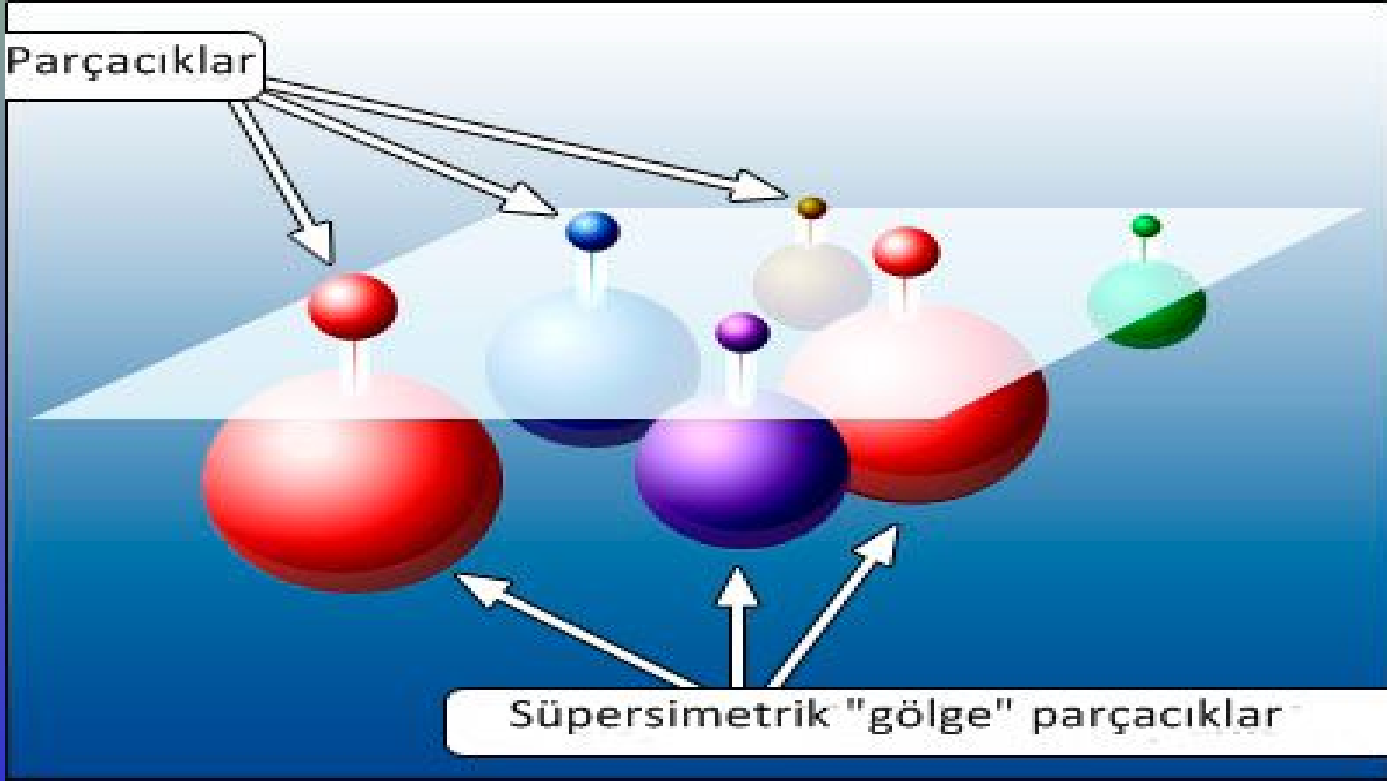


Higgsino





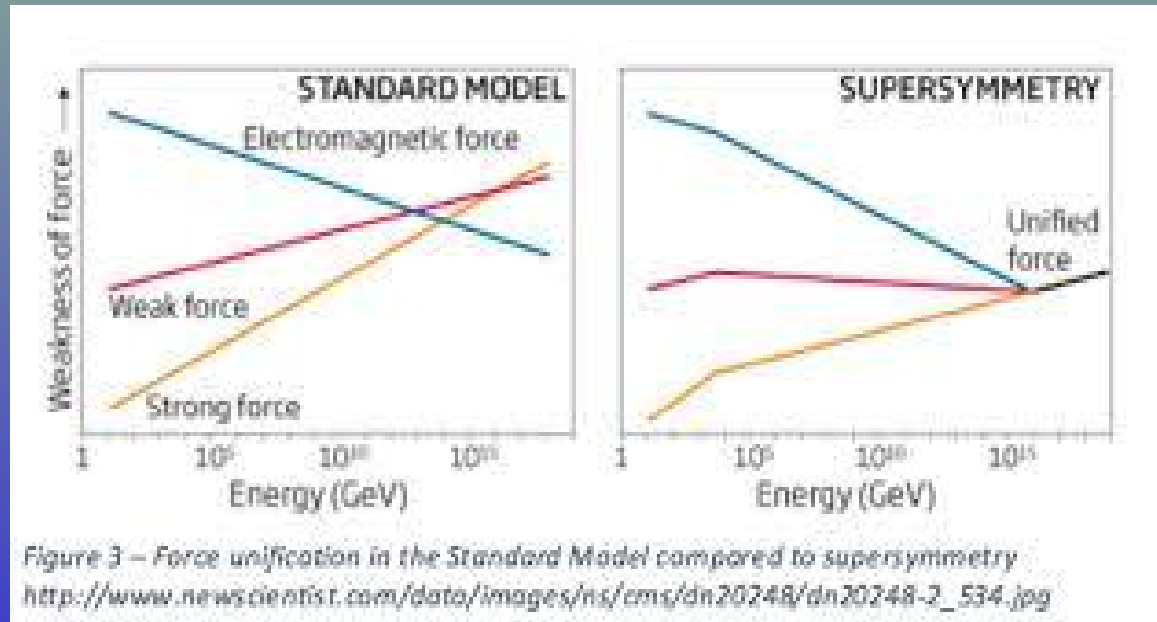
Standart Model'in süpersimetrik versiyonu pek çok yeni parçacık içeriyor. Peki bu parçacıklar nerede? Şimdiye kadar yapılan deneylerde, bu parçacıkları gözleme çalışmaları hep başarısız oldu. En basitinden kütlesi elektronun kütlesine eşit olan bir bozon, hiç bir deneyde gözlemlenemedi. Süpersimetrik eşlerin gözlemlenememesiyle ilgili bildiğimiz tek açıklama süpersimetrik eşlerin kütlelerinin şimdiye kadar yapılan deneylerde üretilmeyecek kadar ağır olmalarıdır.





# Büyük Birleşme Teorisi (GUT)

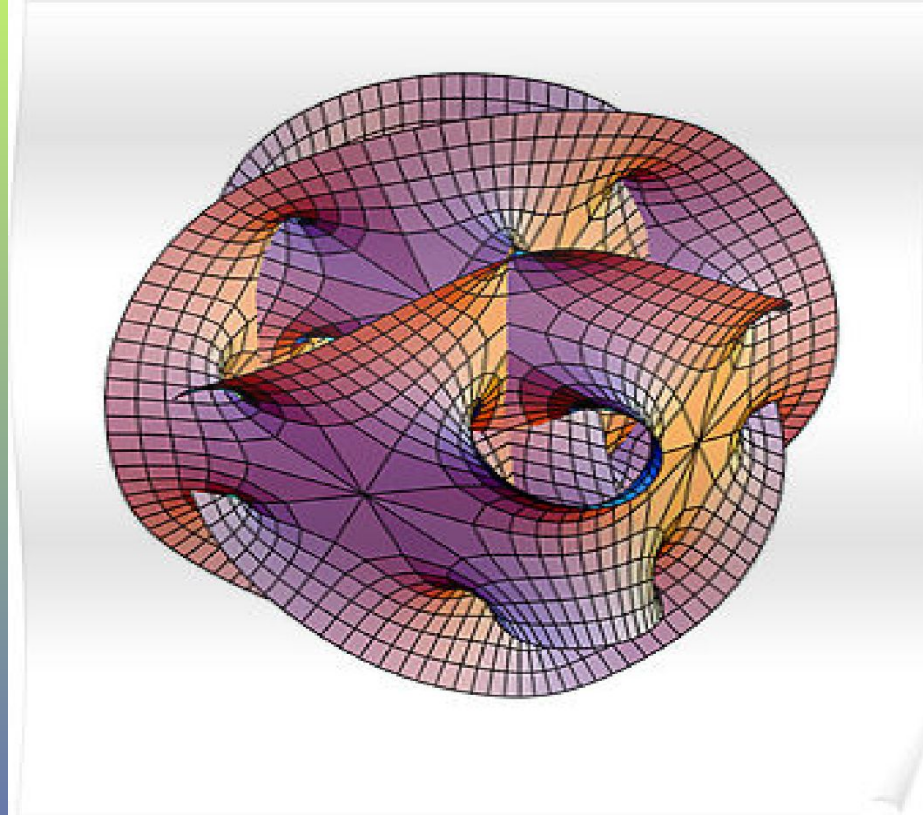
Süpersimetri evrendeki kuvvetleri birleştirmeye aday bir teoridir. Bu tür teorilere Büyük Birleştirme Teorileri (BBT) adı verilir. BBT 'nin temel felsefesi, *ayar simetrisinin enerji ile birlikte artması varsayımına* dayanır. Bu hipoteze göre, bütün bilinen etkileşimler, aslında bir ayar grubuna ait aynı etkileşimin farklı dallarıdır. Birleşme, yüksek enerjilerde ortaya çıkar.



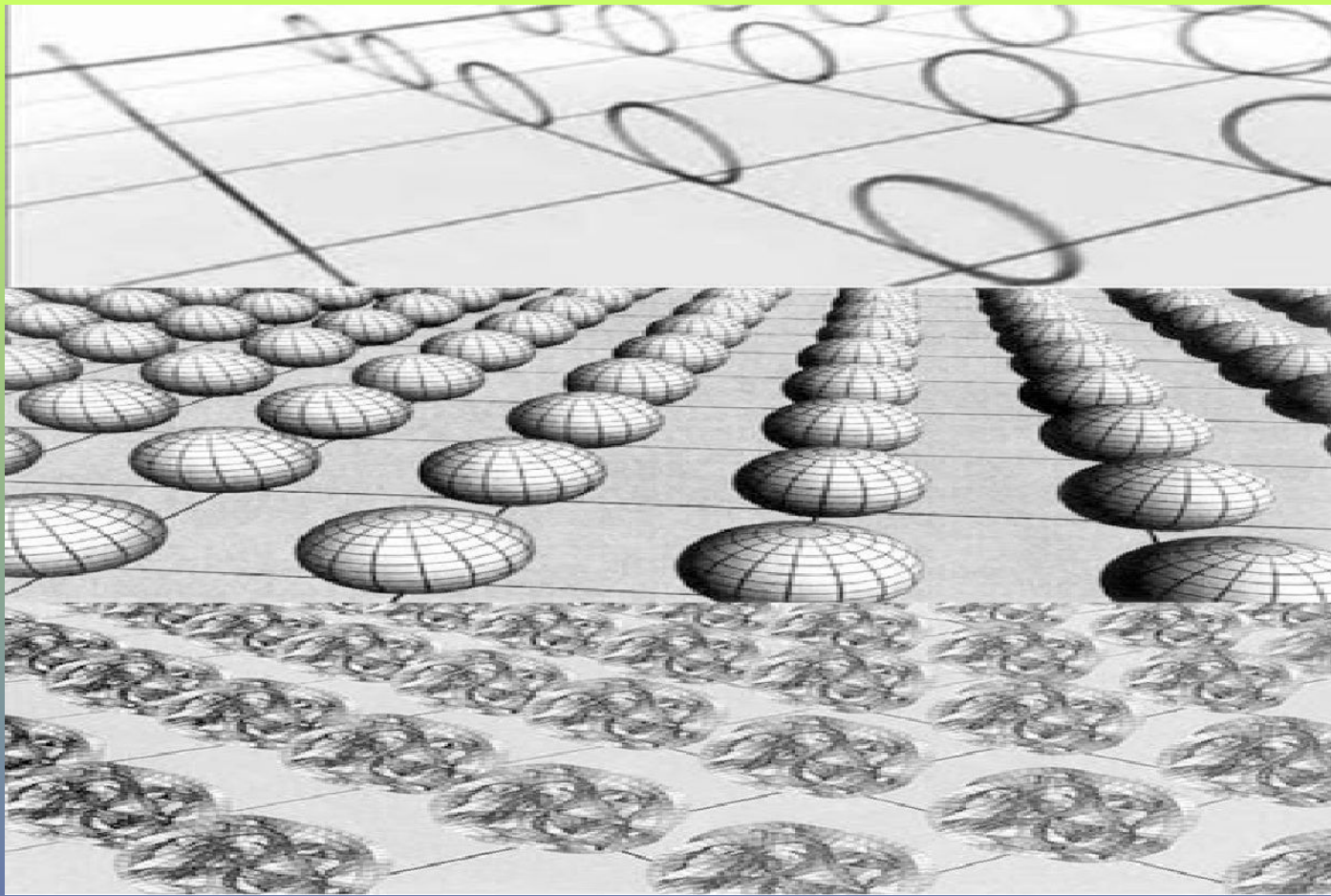


# Çok Boyutlu Uzaylar

SM ötesi fizik modellerine bir alternatif de çok boyutlu uzaylardan gelir. Hiyerarşi probleminin nedeni, kuantum genliklerinin hesabında keyfi derecede küçük mesafelere inilmesidir. Halbuki SM'in üst geçerlilik sınırı olan 1 TeV civarında çok boyutlu, ek boyutların kabaca 1 mm veya daha kısa olduğu ve Newton çekim sabitinin bu civarda değer aldığı bir uzay-zaman bulunması mümkündür ki bu durumda hiyerarşi problemi kendiliğinden ortadan kalkar. Çok çeşitli modellerin içinde sicim kuramından gelen 11 boyutlu modeller en popüler olanıdır. Bu türden yüksek boyutlu çekim kuramları çeşitli karanlık madde adayları da içerir. Bu iki yol yeni fizik yasalarının alabileceği muhtemel şekiller hakkında ana çerçeveyi çizmektedir. Çok boyutlu uzayların bir takım özellikleri LHC deneylerinde test edilebilir, ancak sinyal çok zayıf olduğu için oldukça zor bir iştir.



Sicim kuramcılara göre, hissedemediğimiz ek boyutların birbiri üzerine kıvrılmış durumda olduğu bir Calabi-Yau modellemesi.



Günlük yaşamda deneyimlediğimiz dört boyutu (üç uzay boyutu ve zaman), uzay-zaman içinde göstermek gerekirse ne olur? Eğer uzayın her noktası küçük halkalar biçimindeyse, bu dört boyuta ilave olarak bir ek boyut (halka üzerindeki konum); Eğer her nokta bir kürecik şeklindeyse, iki ek boyut (enlem ve boylam) gerekiyor. Sicim kuramcıları, uzayın her noktasını birbiri üzerine kıvrılmış altı ek boyuttan oluşan bir Calabi-Yau manifoldu olarak tasarımıyorlar.



# CERN'deki LHC deneylerinde güncelleme ve geliştirme çalışmaları

- LHC deneyleri sadece Higgs parçacığının kütlesini ölçmek için tasarlanmadı. Tam tersine, asıl iş Higgs bulunduktan sonra başlıyor. Higgs'i keşfetmek aslında bulmacanın küçük bir parçasıydı. LHC deneyleri için en kötü senaryo, belki de Higgs'i keşfedip başka hiçbir şey keşfedememek olabilir.
- Yukarıda saydığımız fizik problemlerini çözme amacıyla devam eden LHC deneylerinde sürekli olarak geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Araştırılan parçacıklar ve olaylar çok nadir olarak ortaya çıktıklarından, bu deneylerde çarpışan proton-protonların sayısı ve bu çarpışmaların daha yoğun bir şekilde meydana gelmeleri (parlaklık - lüminozite) çok önemlidir. Bu amaçla LHC'nin lüminozitesinin artırılması başlıca hedeflerdendir.



# KAYNAKLAR

- " Meraklısına Parçacık ve Hızlandırıcı Fiziği "Bora Akgün, Gökhan Ünel, Samim Erhan, Sezen Sekmen, Umut Köse, Veli Yıldız, 06/03/14
- " Standart Model ve Ötesi " ,Altuğ Özpineci, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Nisan 2007
- "Maddenin Yeni Hali-Quark-Gluon Plazma", Veliev E., Yılmazkaya J., TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 421, Aralık 2002
- " Kuark-Gluon Plazmada Acayip ve Tılsımlı Parçacıkların Üretiminin İncelenmesi ", Yüksek Lisans Tezi, Nurcan Akşit, 2006
- " Termal KRD Toplam Kuralları Yöntemi İle Hafif Mezonların Nükleer Madde Ortamında İncelenmesi ", Doktora Tez, Nurcan Akşit, 2012