

Parçacık Fiziği: Söyleşi

Saleh Sultansoy, TOBB ETÜ, Ankara & AMEA Fizika İstitutu, Bakı

Gökhan Ünel, UC Irvine

- Rutherford, Mehmet Akif ve CERN
- Biraz daha Tarih(çe)
- Üçüncü Periyodik Tablo



Sen geçenlerde demiřtin ki:

“Yazık hala biz,

**Dü nkü ilmin bile biganesiyiz, cahiliyiz,
İ Őte fıkdanı bu ihmal edilen ma’rifetin,
Nesli bir acze dü Őürmü Ő ki, bugün, memleketin,
Bir yı ğın kuvveti var, hem ne tabi’i de, henüz,
Biz o kuvvetlere eller gibi hakim de ğiliz!**

Yarının ilmi nedir, halbuki? Gayet müdhiş:

**“Maddenin kudret-i zerriyesi” uğraştı ğı iř,
O yaman kudrete hakim olabilsem diyerek,
Sarf edip durmada birçok kafa binlerce emek,
Onu bir buldu mu, artık bu zemin: Bařka zemin,
Ç ü nkü bir damla kö mürden edecekler te’min,
Ö yle milyonla de ğil, na-mütenahi kudret!...**

Mehmet Akif ERSOY, 18 Eylül 1919 * Safahat, 6.bölüm

İ ngilizce:

Türkiye Türkçesi:

Azerbaycan Türkçesi:

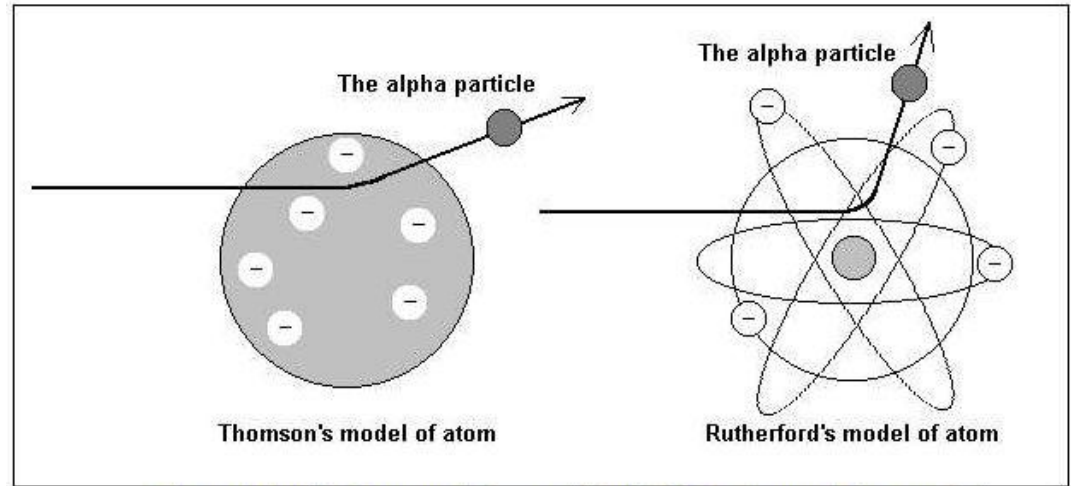
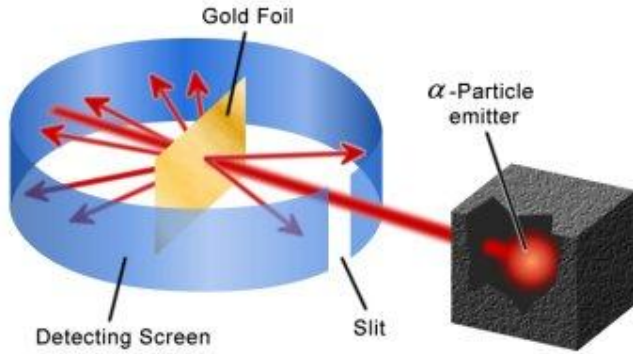
Elementary Particles, Fundamental Particles

Temel Paracıklar

Elementar Zerrecikler

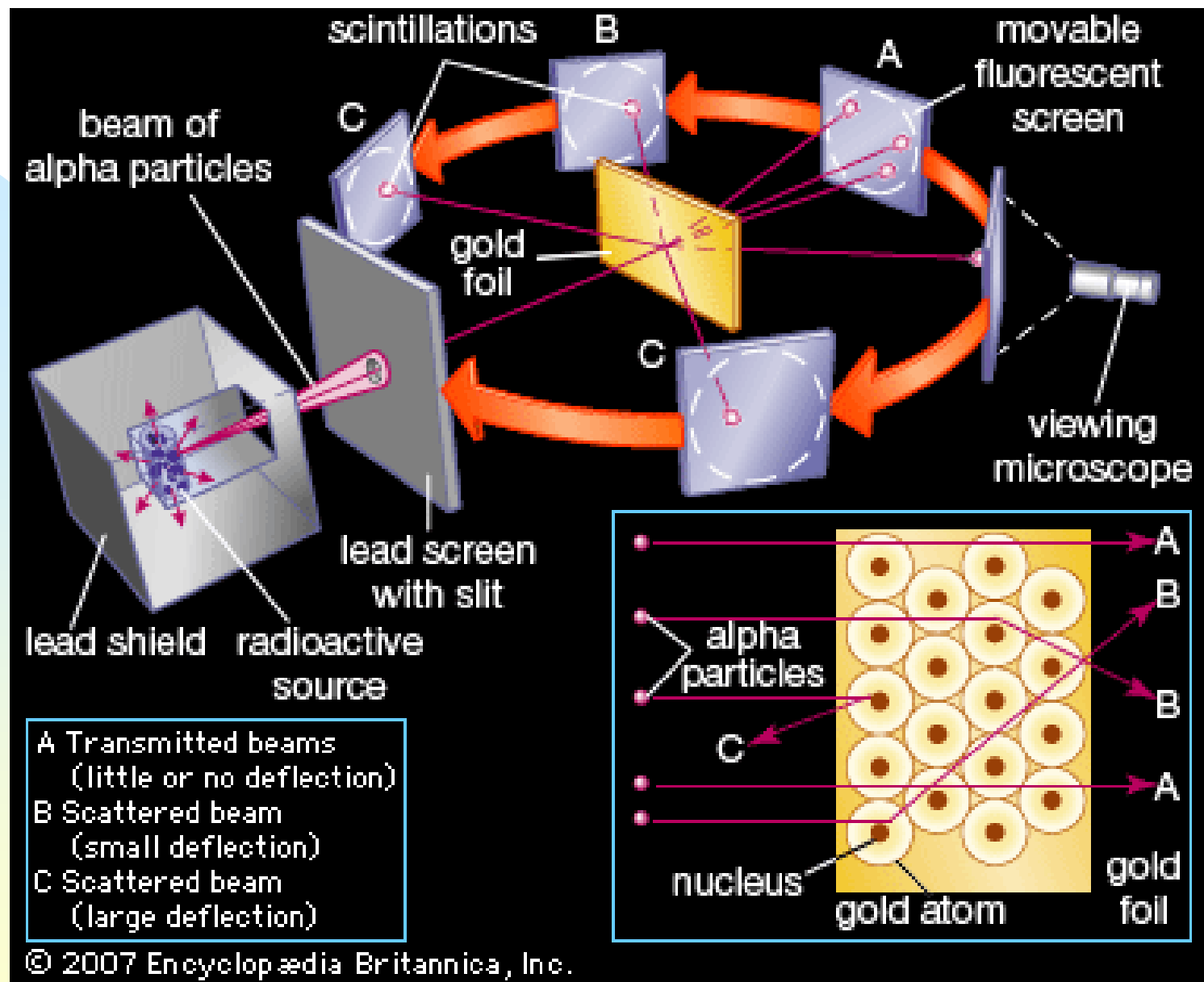
Yaşamımızı Değiştiren Deney

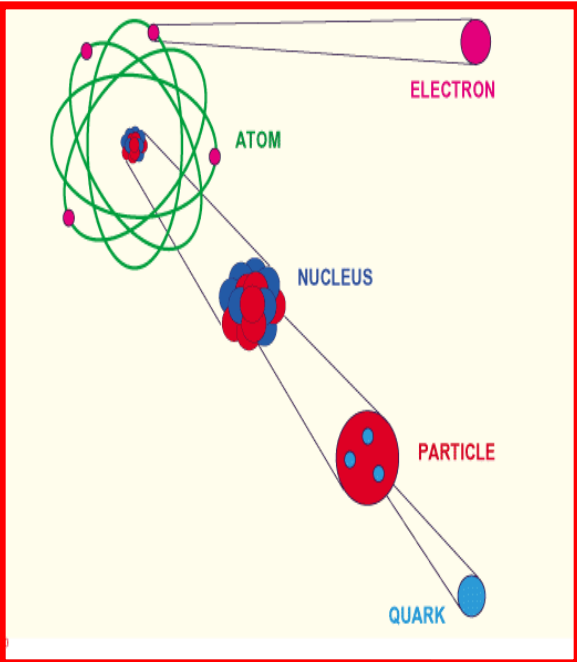
Rutherford Deneyi (1911)




The models of the Thomson's atom and Rutherford's atom; and the expected aberrations of alpha particle in both cases.

Rutherford deneyinden elde ettiğimiz bilgiler modern bilimin ve yüksek teknolojinin bilimsel temelini oluşturuyor.





- ☆ Rutherford (1911): Çekirdekli atom (proton)
- ☆ Chadwick (1932): Nötronun keşfi
- ☆ SLAC (1968): Proton ve nötronların içindeki kuarkların keşfi





Wavelength of probe radiation should be smaller than the object to be resolved

$$\lambda \ll \frac{h}{p} = \frac{hc}{E}$$

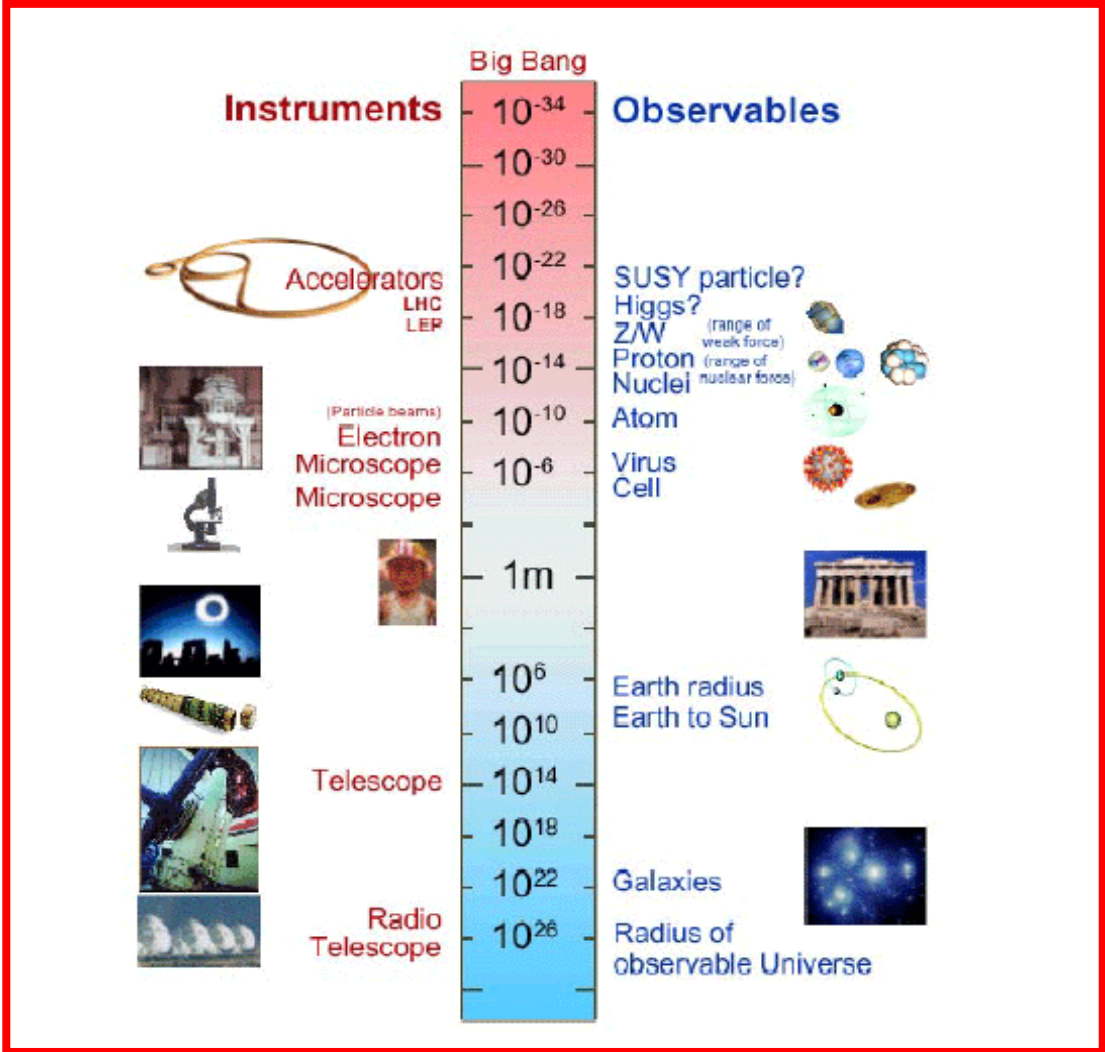
| Object | Size | Energy of Radiation |
|---------|---------------------|-------------------------|
| Atom | 10 ⁻¹⁰ m | 0.00001 GeV (electrons) |
| Nucleus | 10 ⁻¹⁴ m | 0.01 GeV (alphas) |
| Nucleon | 10 ⁻¹⁵ m | 0.1 GeV (electrons) |
| Quarks | ? | > 1 GeV (electrons) |

Radioactive sources give energies in the range of MeV

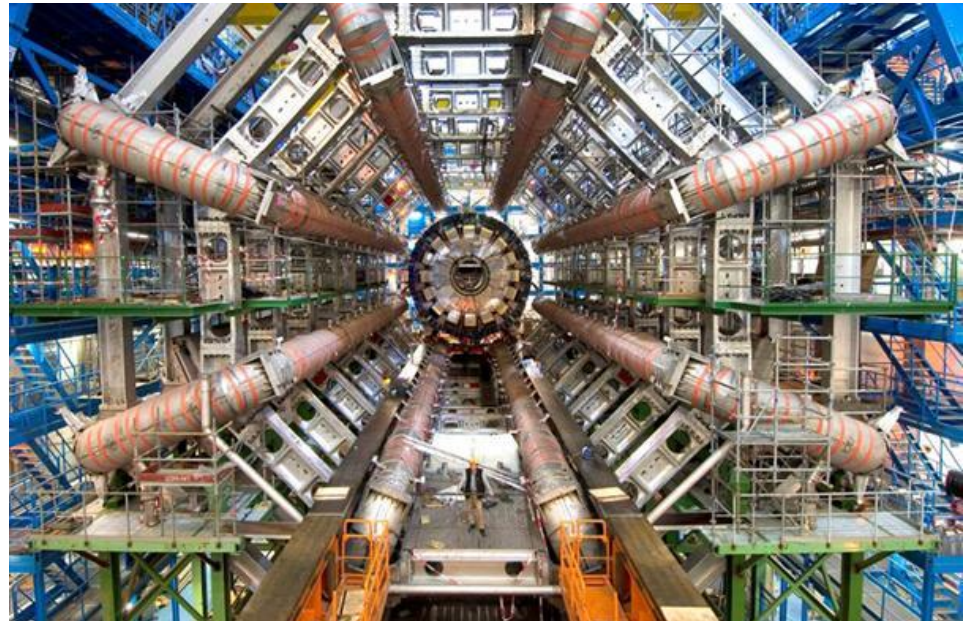
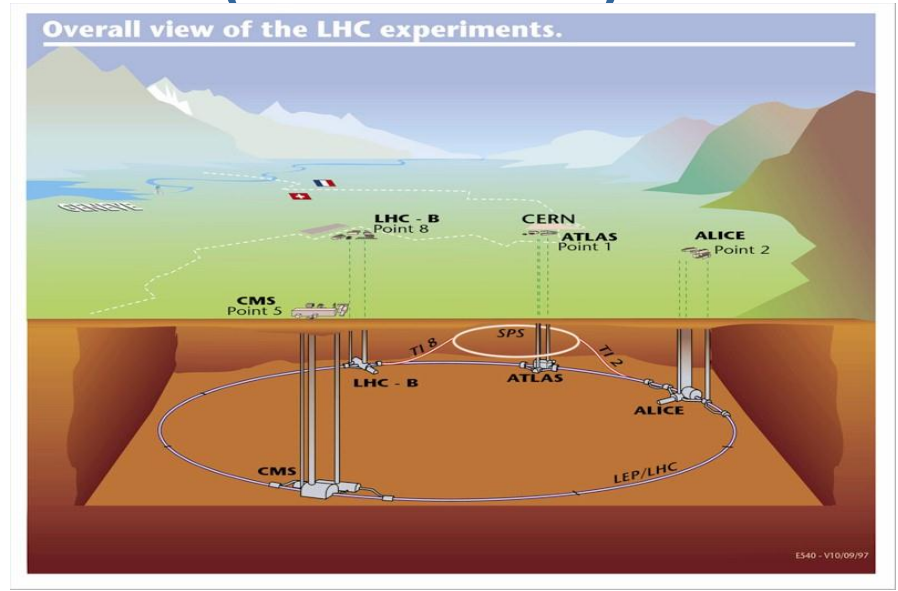
Need accelerators for higher energies.

*"electronic eyes"



1911 (Rutherford) → 2011 (CERN LHC)



Bugün “Maddenin kudret-i zerriyesi” CERN’de araştırılıyor

Tablo: Maddenin yapısı ile ilgili son 150 yıldaki gelişmeler ve önümüzdeki yıllar için öngörü

| Aşamalar | 1870’ler-1930’lar | 1950’ler-1970’ler | 1970’ler-2020’ler |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| Temel Öğe enflasyonu | Kimyasal elementler | Hadronlar | Kuarklar, leptonlar |
| Sistematik | Periyodik tablo | Sekizli Yol | Çeşni demokrasisi ? |
| Tasdiklenen öngörüler | Yeni elementler | Yeni Hadronlar | Dördüncü aile ? |
| Açıklayıcı deney | Rutherford | SLAC | LHC |
| Yapı taşları | Proton, nötron, elektron | Kuarklar | Preonlar ? |
| Enerji skalası | MeV | GeV | TeV |
| Teknolojiye etkisi | İstisnai | Yan etki | İstisnai ? |

Ö. Etişken, “1911’den 2011’e Rutherford’dan 100 yıllık hediye”,
TÜBİTAK Bilim ve Teknik 529 (2011) 40-45

Bu Tabloya daha sonra geri döneceğiz

Modern Bilimin Doğuşu

- ✧ 1895: Elektronun keşfi
- ✧ 1897: Radyoaktivite
- ✧ 1905: Özel görelilik
- ✧ 1911: Atom Çekirdeği
- ✧ Kuantum fiziği
- ✧ ...

Biraz daha Tarih(çe)

→1930'lar

$e, p, n + \gamma + \nu$ (Pauli) + π (Yukawa)

EM etkileşmeler γ ile taşınır

Kuvvetli etkileşmeler π^\pm ve π^0 ile taşınır

Zayıf etkileşmeler - Fermi (kontakt dört-fermion)

Leptonlar: e and ν ; Mezonlar: π^\pm and π^0 ; Barionlar: p and n .

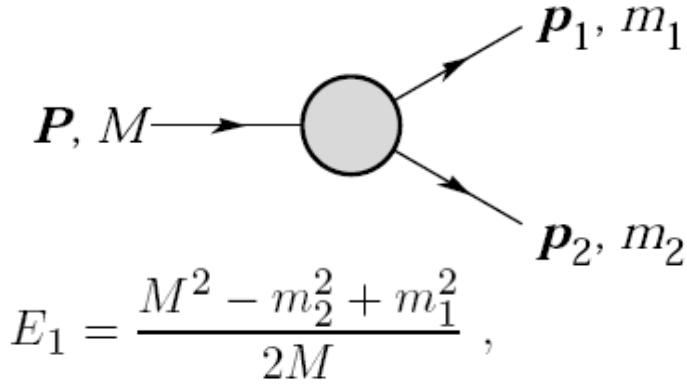
Tüm (görünen) Evren bu az sayıda parçacıktan oluşuyor:

Çekirdekler proton ve nötronların bağlı durumudur, Atomlar çekirdek ve elektronların bağlı durumudur, Moleküller atomların bağlı durumudur vb. Kimya tam anlamıyla Bilim oluyor...

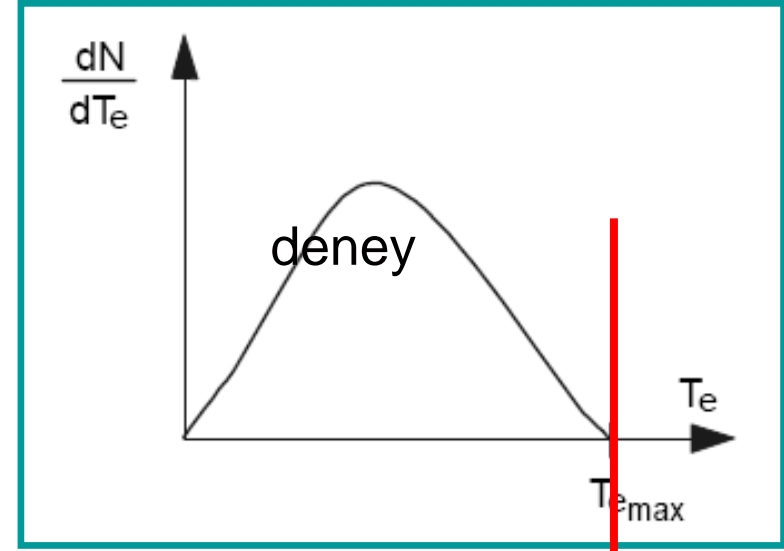
20.Yüzyılın tüm yüksek teknolojisinin temelinde bu resim yatıyor!

Nötrino da nerden çıktı?

(veya Enerji-Momentum korunmasının önemi)



$$|p_1| = |p_2|$$



$$m_2 \approx M, m_1 \ll M \rightarrow E_1 \approx M - m_2$$

Deney sonucu: Enerji korunmuyor?

Yada son durumda **3-cü parçacık!**

Soru: açısal momentum (spin) korunumu ne diyor?

Pauli bu fikrini 1930'da Tubingen'de yapılan toplantıya mektup yazarak bildirdi. Makale olarak yayınlamadı. O zaman enerji korunumdan vazgeçmek yeni parçacık önermekten daha kolaydı!

Psikolojik dönüşüm: bugün yeni modeller nerdeyse sonsuz sayıda yeni parçacık öneriyor ...

π –mezonun kütlesi

(veya belirsizlik ne işe yarar)

Bir Demir çekirdeğinde 28 proton ve 28 nötron var. Protonlar müthiş bir Coulomb itmesine maruz kalıyorlar. Bağlı durumda kalmaları için daha büyük bir kuvvet (ve bunun taşıyıcısı) gerekiyor. Ama bu kuvvet kısa menzilli olmalıdır. Yoksa bütün Evren çok büyük bir çekirdek şeklini alırdı.

$$V_{\text{Yukawa}}(r) = -g^2 \frac{e^{-mr}}{r}$$

Yukawa, r 'in bir 0.5 fm çivarında olduğunu kabul ederek ve Heisenberg'in belirsizlik prensibini kullanarak, π –mezonun kütlesinin 100 MeV olarak tahmin etti. ($\hbar c \approx 200 \text{ MeV fm}$)

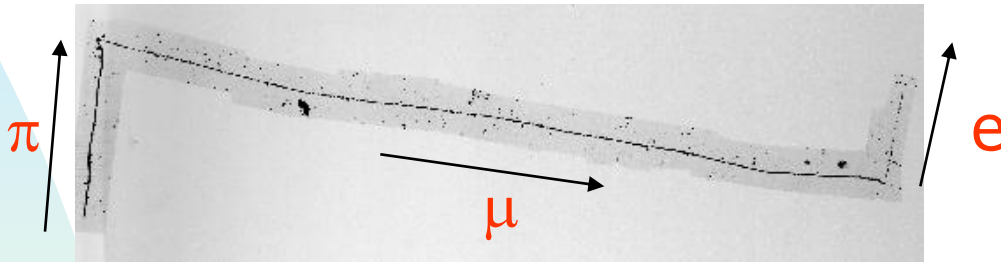
Soru: Zayıf etkileşmelerin menzili?

Düşün: QCD'de ne oluyor?

Bu güzel ve sade resim 1937'de μ -mezonun keşfi ile bozuldu!

Yukawa'nın öngördüğü π -mezonları ararken tamamıyla farklı bir şey bulduk. Bu yeni parçacık görünürde kuvvetli etkileşmelerle üretilirken, madde ile EM etkileşme vasıtasıyla etkileşiyordu...

Gerçek π -mezonlar 10 yıl sonra emülsiyon deneylerinde bulundu:



$\mu - e$ bilmecesi (puzzle):

İkinci "ağır" elektronun varlığı Doğa'nın neyine lazım?

→ **1960'lar**: hadron (mezon and barion) enflasyonu ⇒ **Quark'lar**

→1970'ler

Teori: GİM mekanizması \Rightarrow c-kuark ¹⁾ \Rightarrow 2 aile

Deney: charmed hadrons + τ -lepton + beauty

Teori: CKM \Rightarrow 3 aile (CP bozulması, BAU ²⁾)

→1990'lar

Deney: t-quark bulundu (Tevatron), $m_H > 114$ GeV (LEP2)

Teori: Dördüncü ailenin geri dönüşü (Çeşni demokrasisi veya DMM)

1) Ayrıca $q-l$ simetriden (ν_μ karşılığı)

2) Evrenin baryon asimetrisi (bugün 3 aile yetmiyor, 4.aile? Hou & Co)

Periodic Table of the Elementary* Particles

| family | ν (<i>direct</i>) | l | u | d |
|--------|-------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| 1 | < 2 eV | 510.998910(13) keV | 1.7 to 3.1 MeV | 4,1 to 5.7 MeV |
| 2 | < 190 keV | 105.658367(4) MeV | 1.18 to 1.34 GeV | 80 to 130 MeV |
| 3 | < 18.2 MeV | 1.77682(16) GeV | 171.9(1.5) GeV | 4.1 to 4.4 GeV |
| 4 | > 39.5 GeV | > 100 GeV | > 256 GeV | > 128 GeV |

Also,

$$m_\gamma = 0 (< 10^{-18} \text{ eV})$$

$$m_g = 0 (< \text{few MeV})$$

$$m_W = 80.396(25) \text{ GeV}$$

$$m_Z = 91.1876(21) \text{ GeV}$$

$$m_H > 114.4 \text{ GeV}$$

Scale:

$$\eta \approx 247 \text{ GeV}$$

* *Elementary in the SM framework. At least one more level (preons) should exist.*

(Particle Data Group), JP G 37, 075021 (2010) and 2011 partial

$$\sin^2(2\theta_{12}) = 0.861^{+0.026}_{-0.022}$$

$$\Delta m_{21}^2 = (7.59 \pm 0.21) \times 10^{-5} \text{ eV}^2$$

$$\sin^2(2\theta_{23}) > 0.92 [i]$$

$$\Delta m_{32}^2 = (2.43 \pm 0.13) \times 10^{-3} \text{ eV}^2 [j]$$

$$\sin^2(2\theta_{13}) < 0.15, \text{ CL} = 90\%$$

Stable Neutral Heavy Lepton Mass Limits

Mass $m > 45.0 \text{ GeV}$, CL = 95% (Dirac)

Mass $m > 39.5 \text{ GeV}$, CL = 95% (Majorana)

Neutral Heavy Lepton Mass Limits

Mass $m > 90.3 \text{ GeV}$, CL = 95%

(Dirac ν_L coupling to e, μ, τ ; conservative case(τ))

Mass $m > 80.5 \text{ GeV}$, CL = 95%

(Majorana ν_L coupling to e, μ, τ ; conservative case(τ))

b' (4th Generation) Quark, Searches for

Mass $m > 190 \text{ GeV}$, CL = 95% ($p\bar{p}$, quasi-stable b')

Mass $m > 199 \text{ GeV}$, CL = 95% ($p\bar{p}$, neutral-current decays)

Mass $m > 128 \text{ GeV}$, CL = 95% ($p\bar{p}$, charged-current decays)

Mass $m > 46.0 \text{ GeV}$, CL = 95% (e^+e^- , all decays)

t' (4th Generation) Quark, Searches for

Mass $m > 256 \text{ GeV}$, CL = 95% ($p\bar{p}$, $t'\bar{t}'$ prod., $t' \rightarrow Wq$)

Recent **CDF** exclusions

372 GeV with **4.8 fb⁻¹**
(d4 \rightarrow tW)

358 GeV with **4.6 fb⁻¹**
(u4 \rightarrow qW)

ATLAS/CMS: $m > 450 \text{ GeV}$

SM fermiyonlarının kütleleri ve karışımları parçacık fiziğinin en önemli bilmecesidir.

Bu bilmecenin çözümü YEF camiasının en yüksek önceliği olmalıdır

En az 3 SM ailesinin varlığı ve özellikle SM fermiyonlarının karışımı daha temel (preon) düzeyinin varlığına işaretir

Muhammed Abdus SALAM 1989 yılında bunun ötesinde en az bir temel düzeyin daha (pre-preon) olmasının gerektiğini söylemişti

SUSY (eğer varsa) en temel düzeyde gerçekleşmelidir

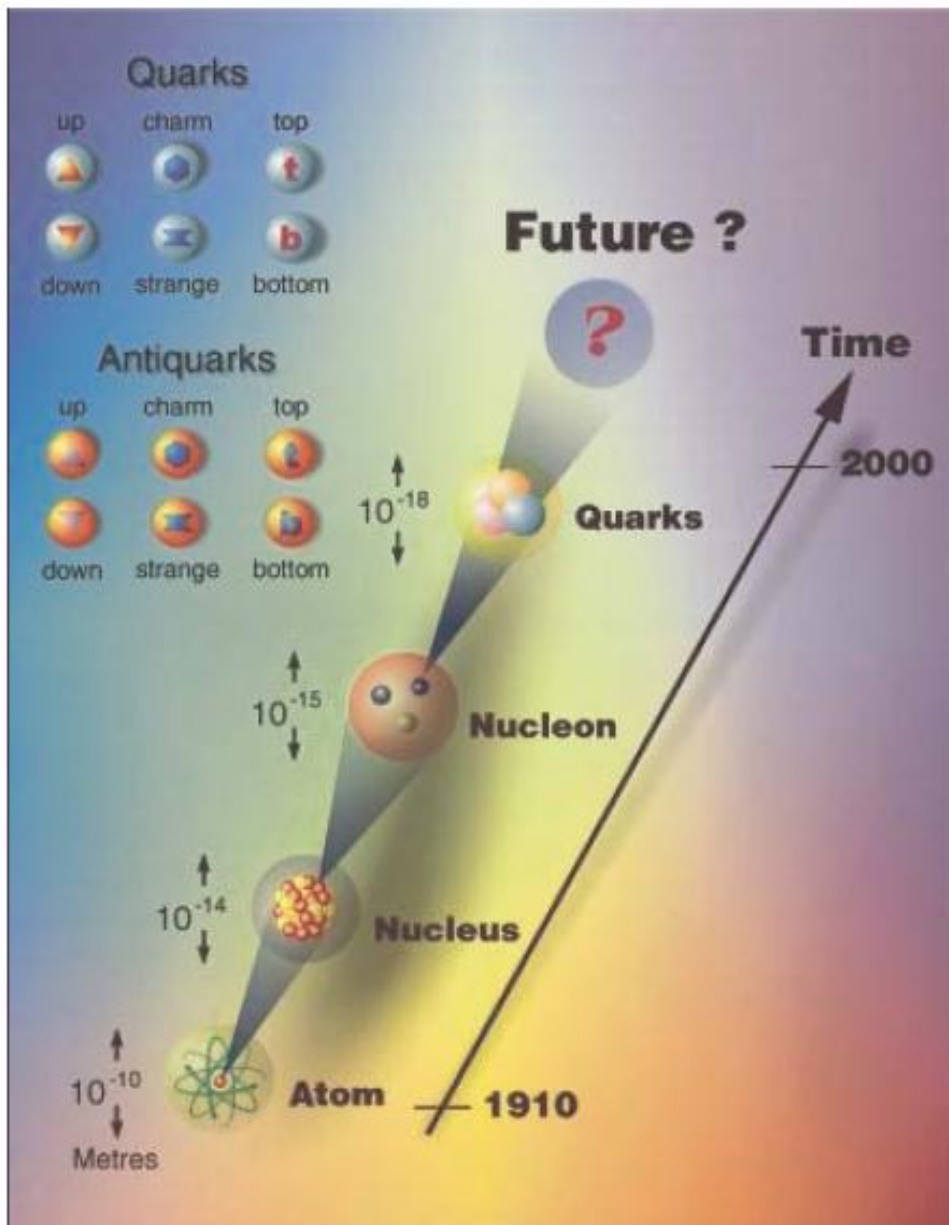
Bu düzeyde tamamen farklı fizik (ve matematik) ile karşılaşabiliriz !

| | | | | |
|-------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| Inflation | Systematic | Confirmed Predictions | Clarifying experiments | Fundamentals |
| Chemical Elements | Mendeleyev Periodic Table | New elements | Rutherford | p, n, e |
| Hadrons | Eight-fold Way | New hadrons | SLAC DIS | quarks |
| SM fermions | Flavor Democracy | Fourth family ? | LHC ? | Preons ? |

Table I: Historical analogy

Tablo: Maddenin yapısı ile ilgili son 150 yıldaki gelişmeler ve önümüzdeki yıllar için öngörü

| Aşamalar | 1870'ler-1930'lar | 1950'ler-1970'ler | 1970'ler-2020'ler |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| Temel Öğe enflasyonu | Kimyasal elementler | Hadronlar | Kuarklar, leptonlar |
| Sistematik | Periyodik tablo | Sekizli Yol | Çeşni demokrasisi ? |
| Tasdiklenen öngörüler | Yeni elementler | Yeni Hadronlar | Dördüncü aile ? |
| Açıklayıcı deney | Rutherford | SLAC | LHC |
| Yapı taşları | Proton, nötron, elektron | Kuarklar | Preonlar ? |
| Enerji skalası | MeV | GeV | TeV |
| Teknolojiye etkisi | İstisnai | Yan etki | İstisnai ? |



Physics:

Fourth SM family ?

Exotic leptons and quarks ?

New bosons (IVB and Higgs) ?

SUSY ?

Preons ?

Extra dimensions ?

.... Black holes, Un-particles ??
Un-physics ???

Tools:

Hadron, Lepton and Lepton-Hadron Colliders

Düşünmek için birkaç soru:

d-kuark u-kuarktan daha hafif olsaydı ne olurdu?

Elektronun kütlesi 5 Mev olsaydı ne olurdu?

Nükleer kuvvetler temelinde yaşam mümkün mü? Ömrü ne kadar olur?

CP korunsaydı ne olurdu?

Muhammed Abdus SALAM 1989 yılında neden pre-preon'lar dedi?

Klasik Fizik ile Kuantum Fiziğin ana farkları nedir? Önümüzdeki Yeni Fizik hangi matematik temellere dayanabilir?