



FİZ0424 PARÇACIK FİZİĞİ

*Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
10. Hafta*

AYSUHAN OZANSOY

İçerik

1. *SM*' in cevaplayamadığı sorular
2. Karanlık Madde ve Karanlık Enerji
3. Nötrino Salınımları
4. *SM* Ötesi Modellerden Bazıları

1. SM' nin cevaplayamadığı sorular:

SM parçacık fiziğinde “son söz” değil....

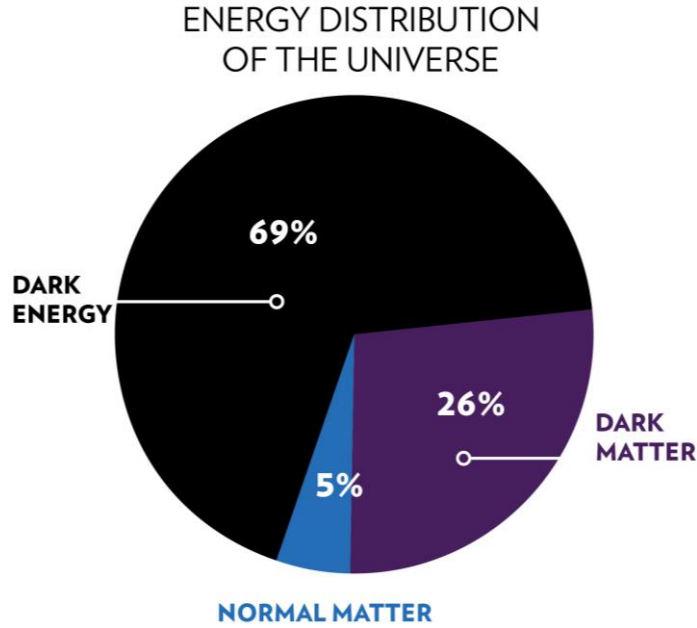


- Fermiyon aileleri → Neden birbirlerini tekrarlıyor?
 - Higgs → Başka Higgs parçacığı var mı? Higgs temel parçacık mı?
 - Parametre sayısının fazlalığı → Parçacık kütleleri, karışım açıları, bağlaşım sabitleri...
 - Bu parametre değerlerini deneylerden elde edilmesi
 - Hiyerarşi problemi → $M_{GUT}(\sim 10^{15} \text{ GeV}) \gg M_{EW}(\sim 10^2 \text{ GeV})$ (büyük birleşik ölçek ile ew(elektrozayıf) ölçek arasındaki fark)
($M_{Planck}(\sim 10^{19} \text{ GeV}) \gg M_{EW}(\sim 10^2 \text{ GeV})$)
 - Nötrino kütleleri → Nötrino salınımlarını SM açıklayamıyor
 - Kütle çekimi → SM' e dahil edilememiş
 - Karanlık madde
 - Madde - antimadde asimetrisi
- Bu sorulara cevap bulabilmek için SM ötesi teoriler geliştirilmiş (Beyond the Standard Model)

2. Karanlık Madde ve Karanlık Enerji

Karanlık maddenin olduğunu nereden biliyoruz?

Karanlık madde



- Bazı galaksilerin dönüş hızı beklenenden daha fazla. Bu durumda içlerindeki yıldızların savrulması gerekir; ancak savrulmazlar, başka bir şeyin onları tutuyor olması gerekir.
- Kütleçekimsel Mercek Etkisi: Işığın bükülebiliyor olması
- Çarpışan galaksilerden yayılan ışık

Karanlık madde:

- Görünmez
- Kütleli var
- Normal madde ile etkileşmez



Karanlık Enerji

- Evren genişliyor: Evrende gördüğümüz cisimler ortalama olarak bizden uzaklıkları ile doğru orantılı bir hızda uzaklaşıyor. Bu hızın kütleçekiminden dolayı azalmasını bekleriz ancak beklenin aksine evrenin genişleme hızı artıyor. Bunun sebebi karanlık enerji.

3. Nötrino salınımları:

Son yıllarda yapılan deneysel gözlemler, nötrinoların bir çeşniden diğerine geçtiğini gösterdi. Bu sonuç, nötrinoların sıfır olmayan bir kütleyle sahip olduklarını ve lepton ailesi sayılarının (elektron, müon ve tau) ayrı ayrı korunmadığı anlamına gelir.

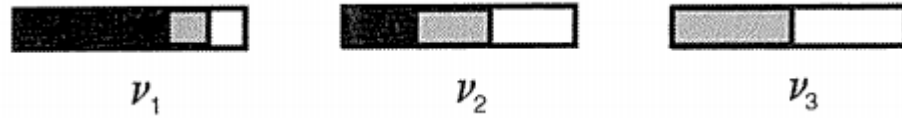
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu1} & U_{\mu2} & U_{\mu3} \\ U_{\tau1} & U_{\tau2} & U_{\tau3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

→ Nötrinolar, çeşni öz durumları olarak etkileşmeye girerler ancak kütle öz durumları olarak yayılırlar.

Çeşni
Durumları

PMNS matrisi
(Pontecorvo–
Maki–Nakagawa–
Sakata)

Kütle
öz durumları

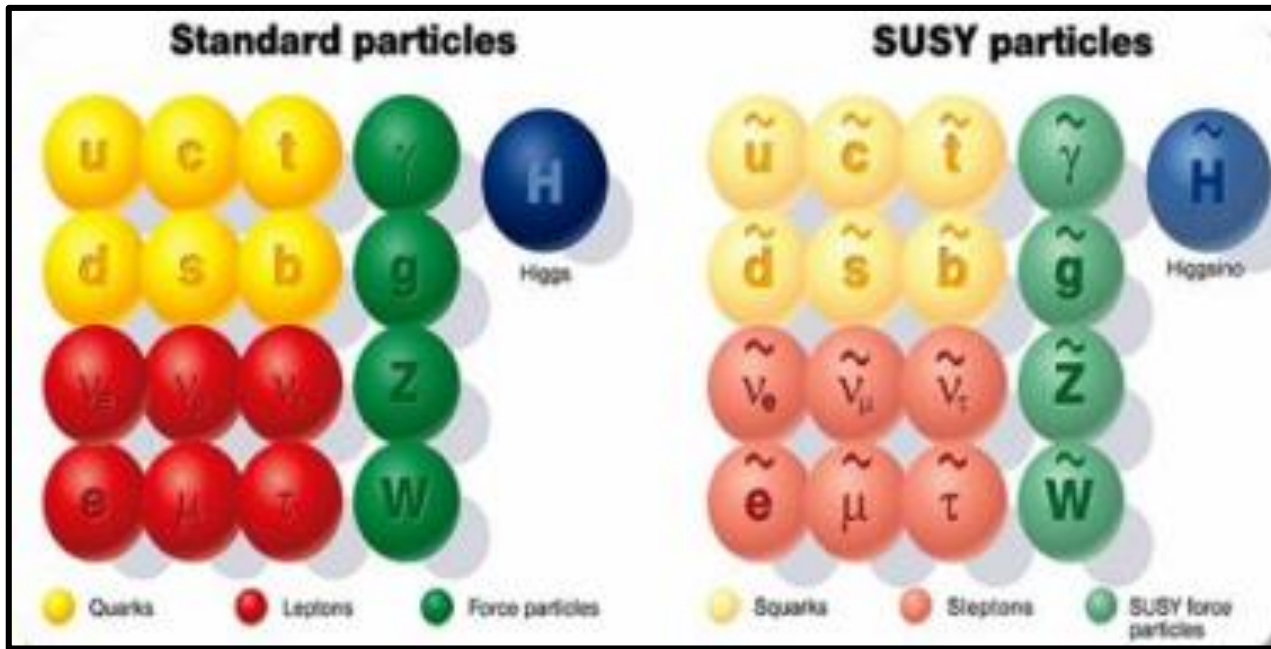


Kütle öz durumlarının çeşni içerikleri: siyah elektron nötrinosu, gri müon nötrinosu ve beyaz tau nötrinosu

4. SM Ötesi Modellerden Bazıları

• Süpersimetri (SUSY=Super Symmetry)

- Fermiyonlar ve bozonlar arasında bir simetri kuruyor.
- Her parçacık için bir süpereş parçacık var. Bu süpereşlerin spinleri SM parçacıklarından 1/2 kadar farklı. Örneğin skuark ve sleptonlar spin-0 parçacıklar. Fotino, gluino, wino, zino spin-1/2 parçacıklar.
- Higgs' in kütlesini açıklar, hiyerarşi problemine çözüm getirir, karanlık madde için bir aday sunar.

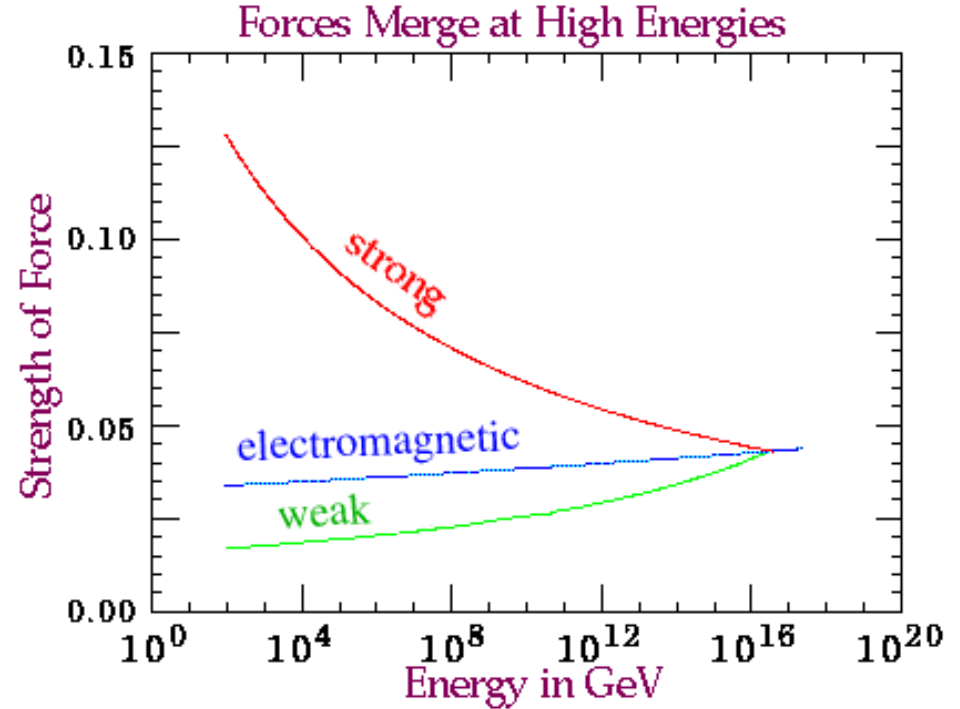
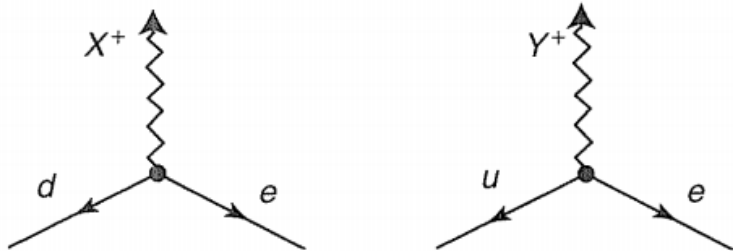


Parçacık	Spin	Sparçacık	Spin
Kuark	1 / 2	skuark	0
Lepton	1 / 2	slepton	0
Foton	1	Fotino	1 / 2
Gluon	1	Gluino	1 / 2
W	1	Wino	1 / 2
Higgs	0	Higgsino	1 / 2

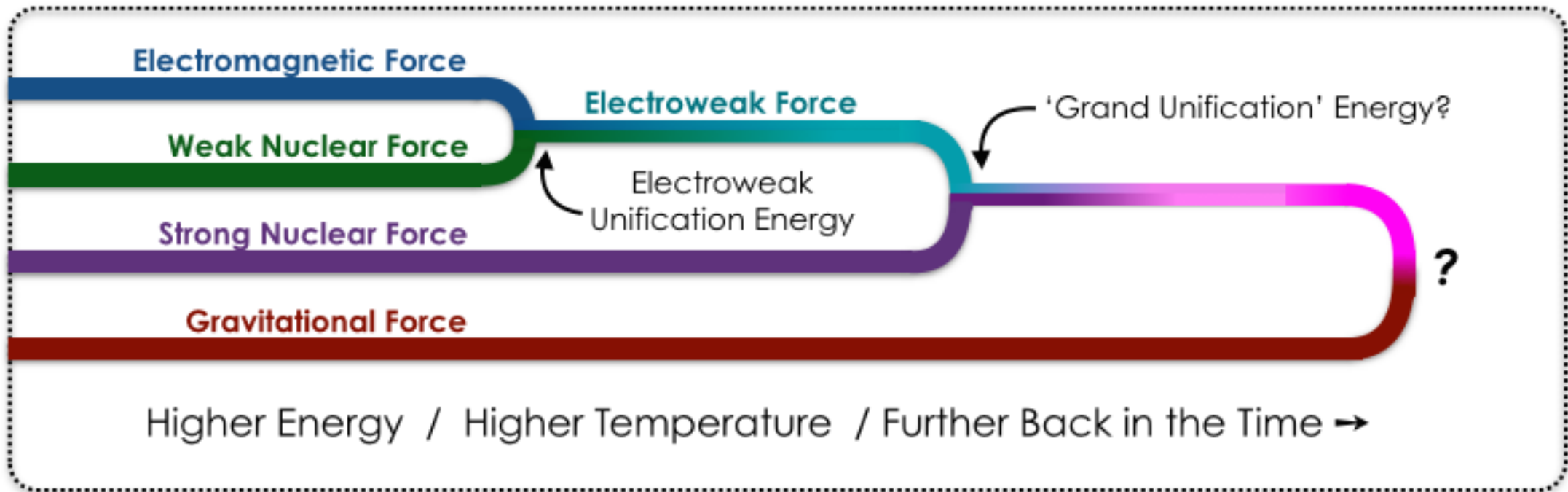
→ Ancak bu model, parçacık ve parametre sayısını artırıyor

• Büyük birleştirme teorileri (Grand Unified Theories=GUT)

- Güçlü ve elektrozayıf etkileşmeleri birleştirmeye çalışan teoriler. (yeni bir ayar grubu tanımlayarak)
- $M_{GUT} \sim 10^{15} \text{ GeV}$ (Büyük Birleşik Ölçek)
- Pek çok GUT senaryosu A (baryon) ve L (lepton) sayılarının korunmadığı süreçleri öngörür.
- Nötrino salınımlarını açıklar.
- Serbest parametre sayısını azaltır.
- Kesikli elektrik yüklerini öngörür.
- X ve Y olarak adlandırılan yeni ayar bozonları önerir.



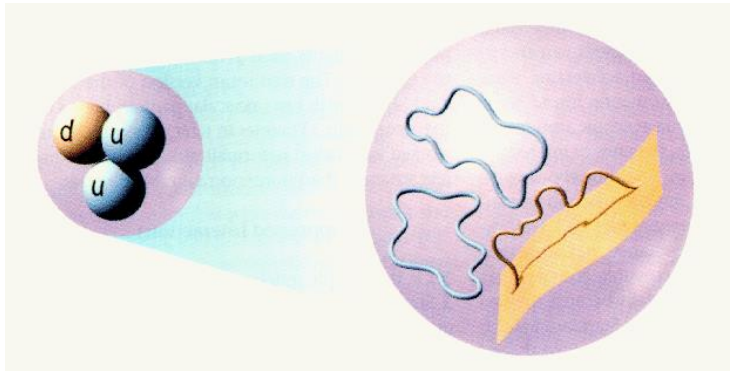
Unification of the Fundamental Forces



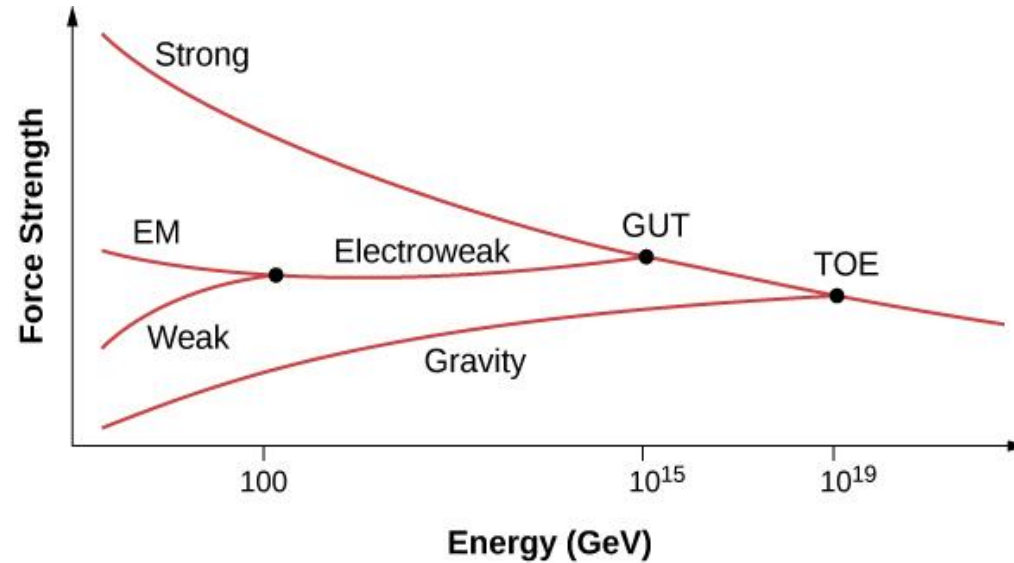
<http://www.thomasgmccarthy.com/an-introduction-to-collider-physics-x>

• Sicim teorisi (String Theory)

- "Her şeyin teorisi (TOE)" → **SM+Kütleçekimi** (Dört kuvveti birleştiriyor)
- Dört temel kuvvetin birleşme ölçeği (Planck ölçeği) $M_{\text{Planck}} \sim 10^{19} \text{ GeV}$
- Çok küçük boyutlardaki sicimin titreşimleri ile parçacıklar elde ediliyor.
- 9+1 uzay zaman boyutunda titreşen sicimler



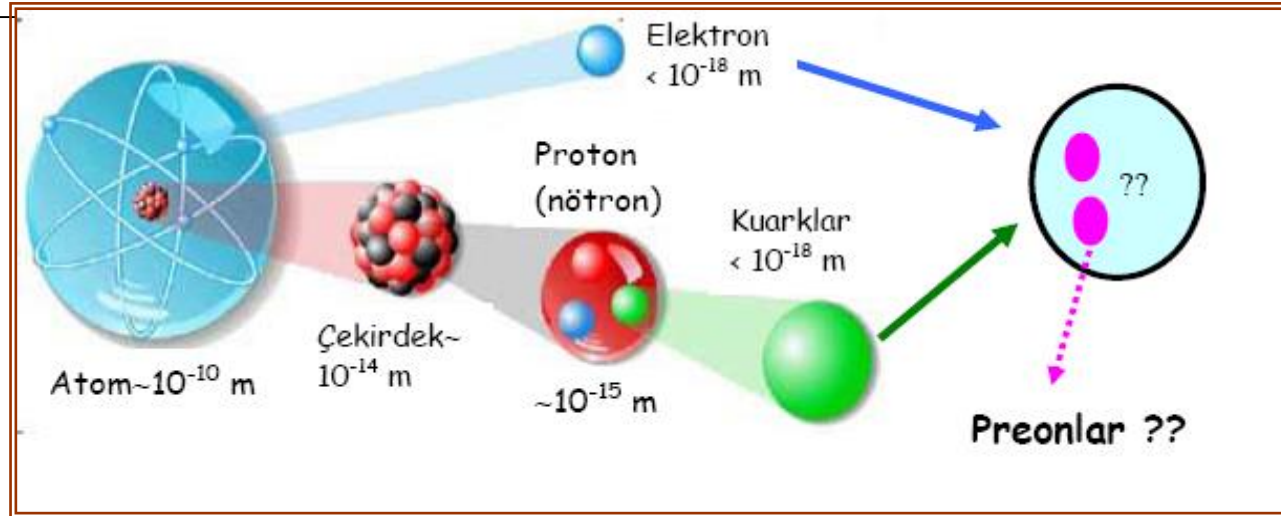
- Kütle çekimi dahil ediyor
- Bilinen parçacık ve parametre sayısı azalıyor (Tüm parçacıklar tek bir sicimden elde edilebiliyor)



• Kompozitlik

- Kompozit modellere göre kuark ve leptonlar iç yapıya sahip, daha temel bileşenlerden oluşuyorlar.
- Daha temel olan bu bileşenlere **preon** adı veriliyor.
- Preonlar arasında yeni etkileşimleri ve SM parçacıklarının **uyarılmış durumlarını** öngörür.

→ Fermiyon ailelerinin neden birbirlerini tekrar ettiğini, karışım açılarını açıklar.



Kaynaklar:

1. "Introduction to Elementary Particles" , D. Griffiths, Wiley, 2nd revised edition, 2013.
(Türkçe' ye çevirisi mevcut, Temel Parçacıklara Giriş, Çeviri Editörü. G. Önengüt, Nobel Akademik Yayıncılık, 2015)
2. "Particle Physics", B.R. Martin and G. Shaw, 3rd edition, John Wiley & Sons, 2008. (ilk baskı, 1992)
3. "Introduction to High Energy Physics", D. H. Perkins, 4th edition, Cambridge Univ. Press, 2000. (İlk baskı 1972)
4. "Quarks and Leptons-An Introductory Course on Modern Particle Physics" , F. Halzen and A. D. Martin, John Wiley & Sons, 1984.
5. "Introduction to Nuclear and Particle Physics", A. Das and T. Ferbel, World Scientific, 2nd edition, 2006.
6. "The Particle Hunters", Y. Ne'eman and Y.Kirsh, Cambridge University Press, 2nd edition, 1996 (İlk baskı 1983)