

Standart Model PARÇACIKLAR

Fermiyonlar	Kuarklar	Leptonlar	Spin 1/2																																		
<table border="1"> <tr><td>yukarı</td><td>tılsım</td><td>üst</td></tr> <tr><td>aşağı</td><td>tuhaf</td><td>alt</td></tr> <tr><td>elektron</td><td>müon</td><td>tau</td></tr> <tr><td>elektron nötrinosu</td><td>müon nötrinosu</td><td>tau nötrinosu</td></tr> </table>	yukarı	tılsım	üst	aşağı	tuhaf	alt	elektron	müon	tau	elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu	<table border="1"> <tr><td>yukarı</td><td>tılsım</td><td>üst</td></tr> <tr><td>aşağı</td><td>tuhaf</td><td>alt</td></tr> <tr><td>elektron</td><td>müon</td><td>tau</td></tr> <tr><td>elektron nötrinosu</td><td>müon nötrinosu</td><td>tau nötrinosu</td></tr> </table>	yukarı	tılsım	üst	aşağı	tuhaf	alt	elektron	müon	tau	elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu	<table border="1"> <tr><td>elektron</td><td>müon</td><td>tau</td></tr> <tr><td>elektron nötrinosu</td><td>müon nötrinosu</td><td>tau nötrinosu</td></tr> </table>	elektron	müon	tau	elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu	<table border="1"> <tr><td>gluonlar</td></tr> <tr><td>foton</td></tr> <tr><td>W & Z</td></tr> <tr><td>higgs</td></tr> </table>	gluonlar	foton	W & Z	higgs
yukarı	tılsım	üst																																			
aşağı	tuhaf	alt																																			
elektron	müon	tau																																			
elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu																																			
yukarı	tılsım	üst																																			
aşağı	tuhaf	alt																																			
elektron	müon	tau																																			
elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu																																			
elektron	müon	tau																																			
elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu																																			
gluonlar																																					
foton																																					
W & Z																																					
higgs																																					
			Spin 1																																		
			Spin 0																																		

Doğada dört temel etkileşim vardır: güçlü etkileşim, zayıf etkileşim, elektromanyetik etkileşim ve kütleçekimi. Parçacık fiziğinin standart modeli ya da kısaca standart model, tüm temel parçacıkları ve dört temel etkileşimin üçünü (güçlü, zayıf ve elektromanyetik etkileşimi) bir araya getiren kuramdır.

Aileler

Standart model altında isimlendirilmiş 17 parçacık vardır. Bu parçacıklar, **fermiyonlar** ve **bozonlar** olarak iki ana guruba ayrılır. Fermiyonlar madde parçacıkları, bozonlarsa bu parçacıklar arasındaki etkileşimlere aracılık eden kuvvet parçacıklarıdır.

Kuarklar

Standart modelde altı tür kuark vardır: u, d, s, c, t, b. Bu fermiyonlar, doğada serbest halde bulunmazlar. Ancak bir araya gelerek çeşitli parçacıkları oluştururlar. Bir kuark ve bir antikuark içeren parçacıklara **mezon**, üç kuark içeren parçacıklaraysa **baryon** denir. Kuarklardan oluşan parçacıkların genel adıyla **hadronlar**.

Leptonlar

Doğada serbest halde bulunan fermiyonlara lepton denir. Bu gruba giren parçacıkların en bilinen örneği elektrondur. Lepton kelimesi Yunancadaki leptos kelimesinden türetilmiştir. İnce, zarif, hafif, küçük gibi anlamlara gelir. Leptonlar genel olarak adlarının ima ettiği gibi hadronlardan daha hafiftir. Ancak 1975 yılında keşfeilen tau bu duruma bir istisna teşkil eder. Taunun kütlesi protonunkinin iki katı kadardır.

Spin

Klasik mekanikte spin terimi bir cismin kendi kütle merkezi etrafındaki açısal momentumunu ifade etmek için kullanılır. Standart modelde temel parçacıklar noktasal olarak ele alındığı için kendi kütle merkezleri etrafındaki dönüşlerinden kaynaklanan bir spinleri olduğunu söylemek anlamsızdır. Ancak kuantum mekaniği temel parçacıkların birimi açısal momentumla aynı, ölçülebilir bir niceliğe sahip olduklarını söyler ve bu özellik de spin olarak adlandırılır. Her parçacık bir spin kuantum sayısına sahiptir. Bozonların spin kuantum sayıları bir tam sayıyken (0, 1, 2, ...) fermiyonlarınkiyse bir tam sayının yarısıdır (1/2, 3/2, 5/2, ...).

Temel fermiyonların (leptonların ve kuarkların) spin kuantum sayısı 1/2'dir. Hadronların spinise kendini oluşturan parçacıkların spinlerinin bir bileşimidir. Üç tane 1/2'nin negatif olmayan kombinasyonları için iki ihtimal vardır: $1/2 + 1/2 + 1/2 = 3/2$ ve $1/2 + 1/2 - 1/2 = 1/2$. Dolayısıyla üç kuarktan oluşan baryonların spini ya 1/2 ya da 3/2'dir. İki tane 1/2'nin negatif olmayan kombinasyonları için de iki ihtimal vardır: $1/2 + 1/2 = 1$ ve $1/2 - 1/2 = 0$. Dolayısıyla bir kuarktan ve bir antikuarktan oluşan mezonların spini ya 0 ya da 1'dir.

STANDART MODELDEKİ TEMEL PARÇACIKLAR

Aile	Simge	İsim	Tahmin	Keşif	Spin Sayısı	Elektrik Yükü	Renk Yükü	Kütle (MeV/c ²)	
Fermiyonlar	u	yukarı kuark	1964	1968	1/2	+2/3	k, y, m	2,3	
	d	aşağı kuark	1964	1968	1/2	-1/3	k, y, m	4,8	
	c	tılsım kuark	1970	1974	1/2	+2/3	k, y, m	1275	
	s	tuhaf kuark	1964	1968	1/2	-1/3	k, y, m	95	
	t	üst kuark	1973	1995	1/2	+2/3	k, y, m	173.200	
	b	alt kuark	1973	1977	1/2	-1/3	k, y, m	4420	
	e	elektron	1874	1897	1/2	-1	-	0,5110	
	n	müon		1936	1936	1/2	-1	-	105,7
	x	tau			1975	1/2	-1	-	1777
	o _e	elektron nötrinosu	1930	1956	1/2	0	-	<10 ⁵	
o _n	müon nötrinosu	1940'lar	1962	1/2	0	-	<10 ⁵		
o _x	tau nötrinosu	1970'ler	2000	1/2	0	-	<10 ⁵		
Bozonlar	g	gluon	1962	1978	1	0	8 renk	0	
	c	foton	1899		1	0	-	0	
	W	W bozonu	1968	1983	1	± 1	-	80.390	
	Z	Z bozonu	1968	1983	1	0	-	91.190	
H	Higgs bozonu	1964	2013	0	0	-	125.900		

Antiparçacıklar

Antiparçacıklar, parçacıklar ile aynı kütleye fakat zıt işaretli ama aynı büyüklükte yüklere sahip parçacıklardır. Örneğin elektronun (e⁻) elektrik yükü -1 iken elektronun antiparçacığı olan pozitronun (e⁺) elektrik yükü +1'dir.

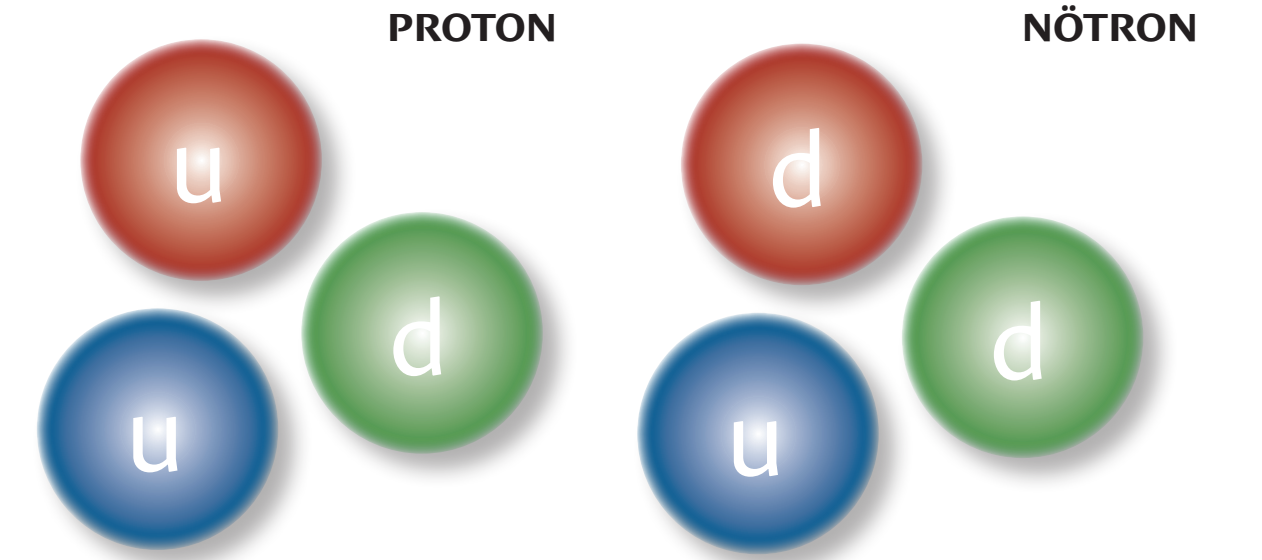
Kırmızı renkli, +2/3 elektrik yüklü bir aşağı kuarkın antiparçacığının elektrik yükü -2/3, rengiyse mavi ve yeşilin karışımı yani camgöbeğidir. Antiparçacıkların simgelerinin üzerine genellikle "e⁻" işareti konulur. Örneğin yukarı kuarkın

simgesi u, antiyukarı kuarkın simgesi \bar{u} 'dir. Antiparçacıkların bir araya gelmesiyle antimadde oluşur. Örneğin protonun antiparçacığı olan antiproton iki antiyukarı kuark ve bir antiaşağı kuarktan oluşur.

Nükleonlar

Atom çekirdeğinde bulunan proton ve nötronlar nükleon olarak adlandırılır. Her ikisi de baryondur.

Protonlar iki yukarı bir aşağı kuarktan, nötronlarsa iki aşağı bir yukarı kuarktan oluşur.



I	II	III
yukarı	tılsım	üst
aşağı	tuhaf	alt
elektron	müon	tau
elektron nötrinosu	müon nötrinosu	tau nötrinosu

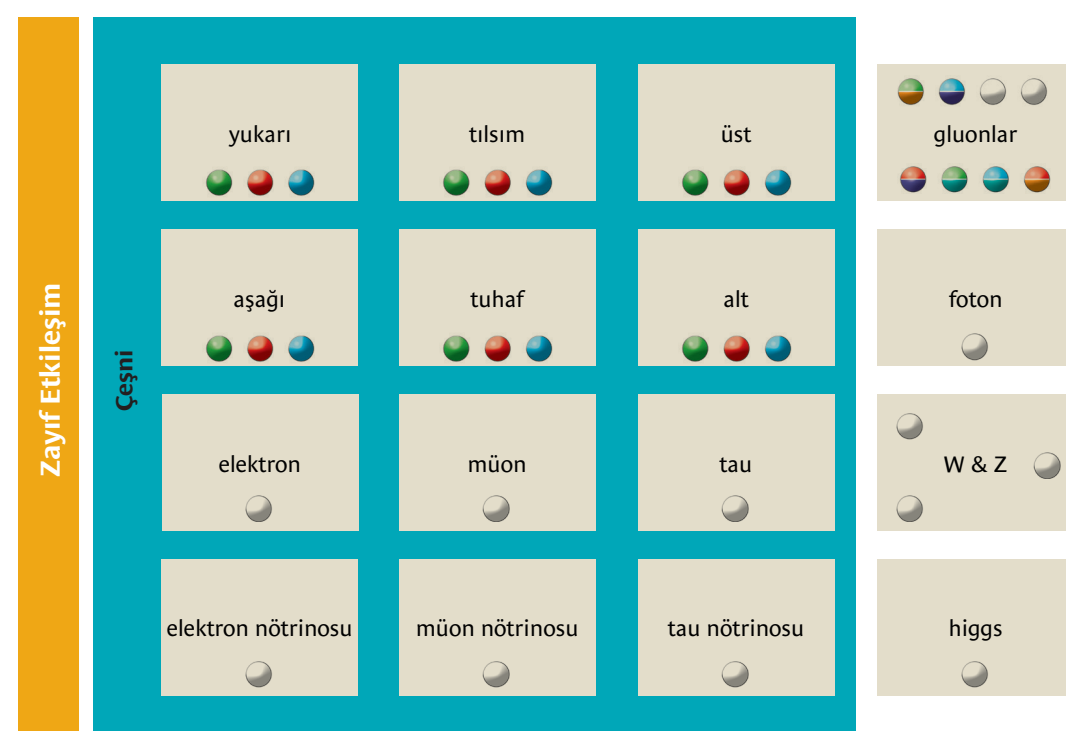
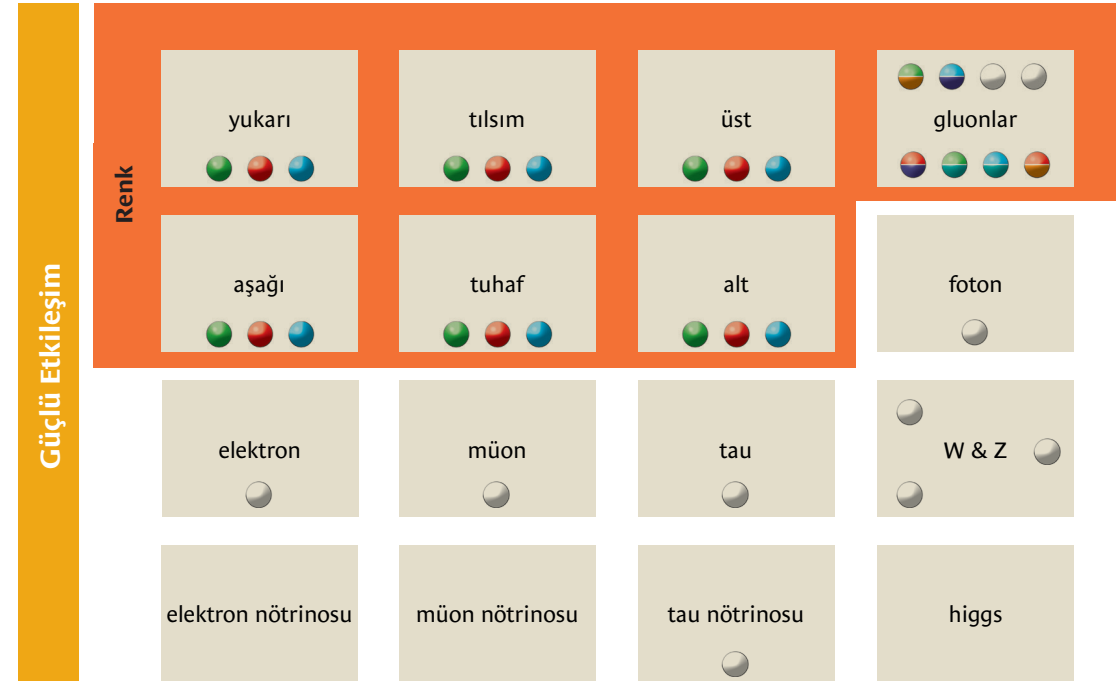
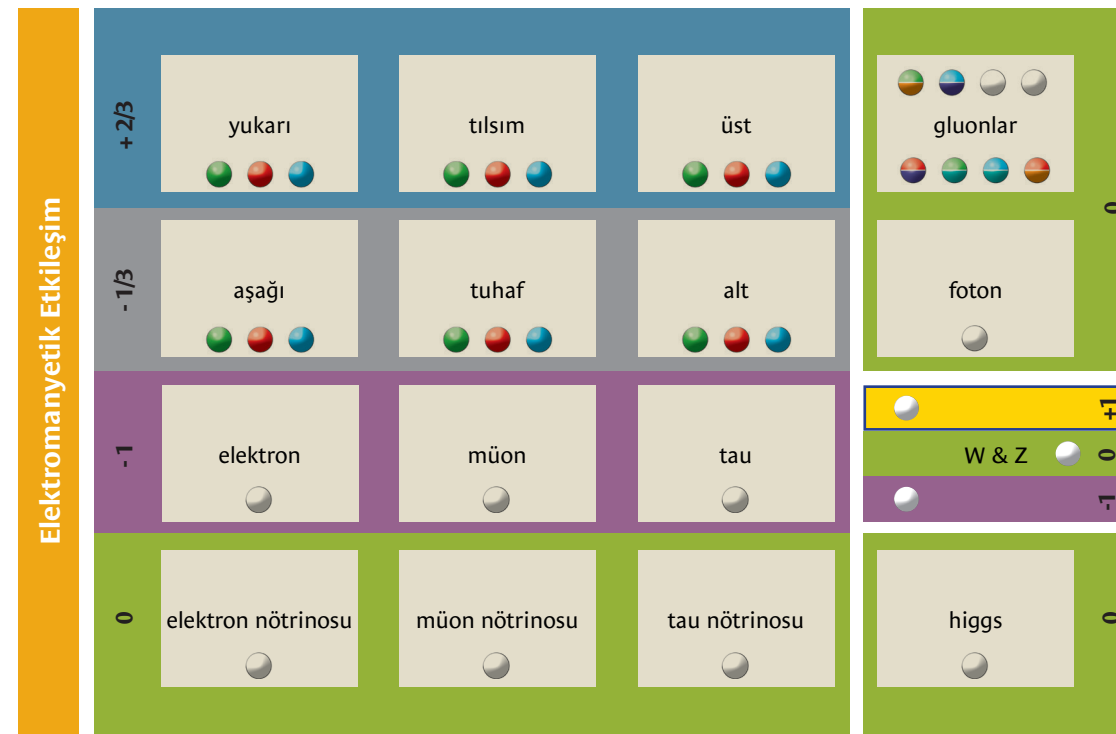
gluonlar
foton
W & Z
higgs

Nesiller

Standart modeldeki fermiyonlar üç nesil altında gruplandırılır. Birincisinde u, d, e ve ν_e ; ikincisinde c, s, μ , ν_μ ; üçüncü nesilde t, b, τ ve ν_τ vardır. Birinci nesildeki kuarkların bir araya gelmesiyle oluşan hadronlar uzun ömürlüdür. İkinci nesildeki kuarkları içeren hadronlarsa kararsızdır. İkinci nesil kuark içeren parçacıkların en kararlısı u, d ve s kuarklardan oluşan lambdadır. Bu parçacığın ortalama ömrü saniyenin milyarda birinden azdır. Üçüncü nesil kuarklardan biri olan üst kuark o kadar kararsızdır ki neredeyse hiçbir şey yapmadan bozunur. Bu parçacık hakkındaki bilgilerin tamamı bozunma ürünlerinin incelenmesiyle elde ediliyor.

Standart Model

ETKİLEŞİMLER



Standart model güçlü kuvvet, zayıf kuvvet ve elektromanyetik kuvveti içerir. Bir parçacığa kuvvet etki etmesinin sebebi belirli bir özelliğe sahip olmasıdır. Elektromanyetik kuvvet elektrik yükü olan parçacıklara, güçlü kuvvetse renk yükü olan parçacıklara etki eder. Parçacıkların zayıf etkileşimde yer almalarının nedeniyse çeşnileridir. Etkileşimlere bozonlar aracılık eder: elektromanyetik etkileşime foton, güçlü etkileşime gluonlar, zayıf etkileşime W ve Z bozonları. Bu bozonların tamamının spini 1'dir.

Elektrik Yükü

Elektrik yüküne sahip parçacıklar elektromanyetik etkileşimde yer alırlar. Parçacıkların elektrik yükü herhangi bir değer alamaz. Elektronun elektrik yükünün mutlak değeri temel elektrik yükü birimi (e) olarak tanımlanır. Doğada serbest halde bulunan elektron, müon, proton, nötron gibi parçacıkların elektrik yükü bu değer tam katlarıdır. Örneğin elektronun yükü -1e, protonun yükü +1e'dir. Kuarkların elektrik yükü temel elektrik yükünün +2/3 ya da -1/3 katıdır. Zıt işaretli elektrik yükleri birbirini çekerken aynı işaretli elektrik yükleri birbirini iter. Elektrik yüklü parçacıklar arasındaki mesafe arttıkça elektromanyetik kuvvetin büyüklüğü azalır.

Fotonlar

Elektromanyetik etkileşime fotonlar aracılık eder. Bu bozonların kütlesi ve elektrik yükü sıfırdır. Elektrik yüklü parçacıkların fotonlar aracılığıyla etkileşimlerini tanımlayan matematiksel model **kuantum elektrodinamiği** olarak adlandırılır.

Renk

Kuarklar taşıdıkları renk yükü nedeniyle güçlü etkileşimde yer alırlar. Bir kuark üç farklı renkten birine sahip olabilir: kırmızı, yeşil, mavi. Kuarklara atfedilen renkler insan gözü tarafından algılanan renkler gibi düşünülmemelidir. Bu özelliğe renk adı verilmesinin nedeni insanların görme algısıyla olan bir benzerlikten dolayıdır. İnsan gözü kırmızı, yeşil ve mavi ışığın karışımını beyaz olarak algılar. Benzer biçimde tamamı farklı renklere üç kuark bir araya geldiklerinde renk yükü nötr olan bir baryon oluşur. İnsan gözünün algıladığı her renk için bir antirenk vardır. Örneğin kırmızı ve camgöbeği birbirinin zıttıdır. İnsan gözü kırmızı ve camgöbeği renkli ışıkların karışımını beyaz olarak algılar. Benzer biçimde antikuarlar da antirenklere sahiptir. Herhangi bir renge sahip bir kuarkla o rengin zıttına sahip bir antikuar bir araya geldiklerinde renk yükü nötr olan bir mezon oluşur. Renk yüküne sahip kuarklar doğada serbest halde bulunmaz. Kuarkların bir araya gelmesiyle oluşan ve doğada serbest halde bulunan tüm parçacıkların renk yükü nötrdür. Renk yüklü parçacıklar arasındaki mesafe arttıkça güçlü kuvvetin büyüklüğü azalır.

Gluonlar

Güçlü etkileşime gluonlar aracılık eder. Sekiz ayrı gluon vardır. Tamamı kütsesizdir ve elektriksiz yükleri sıfırdır. Renk yüklü parçacıkların gluonlar aracılığıyla etkileşimlerini tanımlayan matematiksel model **kuantum kromodinamiği** olarak adlandırılır.

Çeşni

Standart modeldeki 12 temel fermiyonun her birinin ayrı bir çeşniye sahip olduğu söylenir. Standart modeldeki üç etkileşim arasında sadece zayıf etkileşim parçacıkların çeşnisini (türünü) değiştirebilir. Bu yüzden bozunma süreçlerinin tamamından zayıf etkileşim sorumludur. Örneğin bir yukarı, iki aşağı kuarktan oluşan nötronun bozunarak iki yukarı bir aşağı kuarktan oluşan protonun oluşması sürecinde bir aşağı kuarkın bir yukarı kuarka dönüşmesini sağlayan zayıf etkileşimdir.

W ve Z Bozonları

Çeşnili parçacıklar W ve Z bozonları aracılığıyla etkileşirler. Biri +1e yüklü diğeri -1e yüklü iki ayrı W bozonu vardır: W⁺ ve W⁻. Z bozonunun elektrik yükü ise sıfırdır. Foton ve gluonların aksine W ve Z bozonları kütselidir. Çeşnili parçacıkların W ve Z bozonları aracılığıyla etkileşimini tanımlayan matematiksel model **kuantum çeşnidinamiği** olarak adlandırılır. Ancak bu terim günümüzde pek kullanılmaz. Yüksek enerjilerde zayıf ve elektromanyetik kuvvetler giderek daha çok birbirine benzer. Elektromanyetik etkileşim ve zayıf etkileşimi beraber tanımlayan matematiksel modele **elektrozayıf kuram** denir.

Higgs Bozonu ve Kütle

Standart modeldeki parçacıkların bazıları kütsel olarak bazıları kütsesizdir. Standart model bu durumu Higgs mekanizmasıyla açıklar. Tüm uzayın Higgs alanıyla dolu olduğu varsayılır. Fermiyonlar, W ve Z bozonları uzayda hareket ederken bu alanla etkileşerek kütle kazanırlar. Fotonun ve gluonların kütsesiz olmasının sebebiyse Higgs alanıyla

etkileşmemeleridir. Etkileşime aracılık eden parçacığa Higgs bozonu ya da Higgs parçacığı denir. Higgs bozonunun kendisi de Higgs alanıyla etkileşerek kütle kazanır. Higgs bozonunun diğer bozonlardan önemli bir farkı vardır. Elektromanyetik, güçlü ve zayıf etkileşimlerin aksine Higgs mekanizması kuvvet benzeri bir şeyle sonuçlanmaz. Higgs bozonu standart modelde spini 0 olan tek parçacıktır.

