



# Parçacıklar ve Parçacıkların Enerji Kaynakları Üzerinde Etkileri

Nurettin ÇEK

Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, nurettincek001@gmail.com

(Dergiye gönderilme tarihi: 3 Kasım 2014, kabul tarihi 2 Şubat 2016)

## Özet

Canlı ve cansız tüm varlıklar atomlardan oluşmuştur. Atom temel olarak proton, nötron ve elektron parçacıklarından oluşmaktadır. Ancak yapılan bilimsel araştırmalar, atomları oluşturan parçacıkların daha küçük parçacıklar olan atomaltı parçacıklarla oluştuğunu ortaya çıkarmıştır. Atomaltı parçacıkların kütleleri, elektriksel yükleri ve spinleri hakkında detaylı araştırmalar yapılmaktadır. Atomaltı parçacıkların kütleleri, elektriksel yükleri, spinleri vb. özelliklerinden dolayı dört temel kuvvetin (zayıf çekirdek kuvveti, kuvvetli çekirdek kuvveti, kütle çekim kuvveti ve elektromanyetik kuvvet) ortaya çıktığı bilim insanları tarafından belirtilmiştir. Atomaltı parçacıklar standart modelde detaylı araştırılmıştır. Bu çalışmada atomaltı parçacıklar arasındaki etkileşim, atomaltı parçacıklar arasındaki dengeyi sağlayan unsurlar ve atomaltı parçacıkların etkileşimleri sonucu enerji kaynaklarının oluşumu anlatılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Atom, atomaltı parçacık, enerji kaynakları

## Particles and Particles Effects on the Energy Sources

### Abstract

All animate and inanimate beings are composed of atoms which are, in basic terms, formed by protons, electrons and neutrons. Recent scientific research shed light on this simple model and showed that the existence of subatomic particles which produce protons, electrons and neutrons. There is ongoing research to determine the classical definition of these subatomic particles as such their masses, charges as well as spins. In the view of this research, scientists model forces on the four distinct and basic forms; weak and strong nuclear forces, electromagnetic forces and finally gravitational forces. With this modelling a new theoretical study area is born known as the Standard Model. In this study the interaction between subatomic particles, the balance between them and the usage of these interactions in order to create energy are discussed.

**Keywords:** atom, subatomic particle, energy sources

## 1. GİRİŞ

Yapılan araştırmalar sonucu maddeyi oluşturan temel öge olan atomdan bile daha küçük yapıların var olduğu anlaşılmış ve bu yapılar atom altı parçacıklar diye adlandırılmıştır. Atom altı parçacıklar Standart Model adı verilen teoride anlatılmaya çalışılmıştır.

Standart Model, farklı temel parçacıkların nasıl düzenlendiğini ve farklı kuvvetler aracılığıyla birbirleri ile nasıl etkileştiğini açıklamaya çalışan bir teori olup içerisinde fermiyonlar, bozonlar, madde-karşıtmadde ve bunların etkileri hakkında bilgiler yer almaktadır.

### 1.1.FERMİYONLAR

Standart modele göre fermiyonlar; 6 eşit lepton, 6 çeşit kuark ve bunların karşıt parçacıklarından oluşur. Kuarklar ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979))

**Tablo 1.** Kuarklar ve özellikleri

Kuarkın Adı	Sembolü	Elektrik Yükü	Kütlesi (MeV)	Spini
Yukarı (up)	u	$+\frac{2}{3}$	1.5-4	$\frac{1}{2}$
Aşağı (down)	d	$-\frac{1}{3}$	4-8	$\frac{1}{2}$
Gerip (strange)	s	$-\frac{1}{3}$	80-130	$\frac{1}{2}$
Tılsım (charm)	c	$+\frac{2}{3}$	1150-1350	$\frac{1}{2}$
Alt (bottom)	b	$-\frac{1}{3}$	4100-4400	$\frac{1}{2}$
Üst (top)	t	$+\frac{2}{3}$	172700	$\frac{1}{2}$

Atom çekirdeğinde kuarklar grup halinde bulunur. Örneğin proton iki yukarı bir aşağı (u, u, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak protonun yükü  $(+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3}) = +1$  olur. Proton kararlı (parçacığın fiziksel ve kimyasal değişime uğramadan özelliklerini uzun süre koruduğu) haldedir.

Nötron ise bir yukarı iki aşağı (u, d, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak nötronun yükü  $(+\frac{2}{3} -\frac{1}{3} -\frac{1}{3}) = 0$  olur. Bu nedenle nötronun yükü sıfırdır. Nötron kararlıdır (parçacığın fiziksel ve kimyasal değişime uğramadan özelliklerini uzun süre koruyamadığı) haldedir.

Kuarklar hadronların temel parçacıklardır. Yani kuarklar birleşerek hadronları oluşturur. En geniş hadron grubu olan baryonlar, üç kuarktan oluşur. Proton ve nötron baryon grubundadır. Bir kuark ve bir anti kuarktan oluşan hadron grubuna mezon denir. Hadronlar yeğin (güçlü) çekirdek kuvvetleri, çekimsel kuvvetler ve yüklü elektromanyetik kuvvetler aracılığıyla etkileşime girerler. En kararlı baryonlar protonlardır. Baryonlar çok hızlı (1 saniyeden az zamanda) bozunurlar. Bozunma geçiren baryonlar kararlı halde olan protona dönüşürler. Bozunma veya reaksiyon sonrasında baryon oluşuyorsa anti baryonda oluşur. Buna Baryon Sayılarının Korunumu Yasası denir. Bu yasaya göre bozunma öncesindeki baryon sayısı, bozunma sonrasındaki baryon sayısına eşittir (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979); Terazawa (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Das ve Ferber (2003); Griffiths (2004); Lichtenberg (2007)).

**Spin:** Parçacığın kendi çevresindeki dönme hareketidir. Bu dönme hareketinden dolayı momentum meydana gelmektedir. Bu nedenle Spin sayesinde parçacığın kuantumlu yapısı hakkında bilgiler sağlanır. Hadronların genel özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Hadronlar ve özellikleri

Hadron adı	Hadron Grubu	Sembol	Elektrik yükü	Kütlesi (MeV)	Spini
Pion	Mezon	$\pi^+$	+1	139.6	0
Kaon	Mezon	$K^+$	+1	493.7	0
Proton	Baryon	P	+1	938.3	$\frac{1}{2}$
Nötron	Baryon	N	0	939.6	$\frac{1}{2}$
Lambda	Baryon	$\Lambda^0$	0	1115.6	$\frac{1}{2}$
Sigma	Baryon	$\Sigma^+$	+1	1189.4	$\frac{1}{2}$
		$\Sigma^0$	0	1192.5	$\frac{1}{2}$
		$\Sigma^-$	-1	1197.3	$\frac{1}{2}$
Ksi	Baryon	$\Xi^0$	0	1315	$\frac{1}{2}$
		$\Xi^1$	-1	1321	$\frac{1}{2}$
Omega	Baryon	$\Omega^+$	-1	1672	$\frac{3}{2}$

Çekirdek kuvvetlerinin nasıl etkili olduğuna dair ilk öneri 1935 yılında Yukawa tarafından ortaya konmuştur. Yukawa’ya göre çekirdeği bir arada tutan kuvvetler; proton ve nötron arasında bir kütleyle sahip parçacıklar tarafından gerçekleştirilmekteydi. Bu parçacıklar proton ve nötronun kütleleri arasında bir kütleyle sahip olduklarından İngilizcede ara değer anlamına gelen **mezon** ile adlandırılmıştır.

Bu parçacıkların 1947 yılında deneysel ortamda gözlemlenmesi sonucunda Yukawa aynı yıl Nobel Ödülü almıştır. Mezonlar, atomların kurduğu kovalent bağlardaki elektronların veya elektromanyetik etkileşimlerdeki fotonların rolü düşünüldüğünde daha iyi anlaşılır. Örneğin, iki elektronun elektromanyetik etkileşim içerisinde bulunduğunu düşünelim. Bu elektronlar arasındaki elektromanyetik kuvvete aracılık yapan alan parçacığı fotonlardır. Bu etkileşimde bir elektrondan diğerine enerji ve momentum aktarımı gerçekleşir Mezonlar, çekirdekteki parçacıklar arasındaki çekirdek kuvvetine aracılık eden parçacıklardır. Örneğin, proton ile nötron arasındaki yeğin (güçlü) kuvvetlere mezonlar aracılık eder. Buradan hareketle madde

parçacıklarıyla etkileşim parçacıklarının (kuvvet parçacıklarının) birbirinden farklı olduğu söylenebilir. Buna göre proton, elektron gibi parçacıklar **madde parçacıkları**, foton ve mezon gibi parçacıklar ise **etkileşim parçacıkları** olarak adlandırılır (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979); Terazawa (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Das ve Ferber (2003); Griffiths (2004); Mahmoud (2004); Lichtenberg (2007); İnternet 1).

Fermiyonların diğer bir türü olan Leptonların da kütleleri, spinleri ve elektriksel yükleri vardır. Leptonlar ve özellikleri Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Leptonlar ve Özellikleri

Lepton Adı	Sembolü	Elektrik Yükü	Kütlesi (MeV)	Spin
Elektron	e	-1	0.511	$\frac{1}{2}$
Muon	$\mu$	-1	105.6	$\frac{1}{2}$
Tau	$\tau$	-1	1777	$\frac{1}{2}$
Elektron nötrino	$\nu_e$	0	0	$\frac{1}{2}$
Muon nötrino	$\nu_\mu$	0	<000.27	$\frac{1}{2}$
Tau nötrino	$\nu_\tau$	0	<0.35	$\frac{1}{2}$

Elektron, elektriksel ve kimyasal etkileşimleri gerçekleştirir. Leptonlar içerisinde sadece elektronlar kararlıdır. Elektron nötrino, leptonların en hafif olanıdır ve saniyede milyonlarcası vücudumuzdan geçmekte olup kararlıdır haldedirler. Muon, elektrondan daha ağır ancak kararlıdır haldedir. Muon’un ömrü saniyenin 2 milyonda biri kadardır. Muon nötrinosü bazı parçacıkların bozunması sonucu muonlarla beraber ortaya çıkmaktadır. Tau, elektron ve muondan daha ağırdır ancak kararlıdır haldedir. Tau nötrinosu bazı parçacıkların bozunması sonucu taularla beraber ortaya çıkmaktadır.

Anti (karşıt) parçacık, kütlesi, spini ve diğer birçok özellikleri parçacık ile aynı olan maddelerdir. Anti parçacığın, parçacıktan farkı yüklerinin işaretinin zıt olmasıdır. Örneğin (+) yüklü protonun anti parçacığı olan anti proton (—) yüklüdür. (—) yüklü olan elektronun anti parçacığı (+) yüklü olan pozitrondur. Evrende birçok maddenin anti (karşıt) maddesi vardır.

Ağır bir leptonun bir bozunma ürünü daima onun karşılık gelen nötrinosu olacaktır. Diğer ürün bir kuark ve onun antikuarı, veya daha hafif bir lepton ve onun anti nötrinosu olacaktır.

Önceki ve sonraki aile ürünlerinin toplam sayısı korunmalıdır. Unutmamak gerekir ki bir anti parçacık negatif bir aile ürünü olarak düşünülür. Örneğin, eğer bir tau parçacığı daha hafif bir leptona bozunursa tau’ya karşılık gelen nötrino bozunmanın bir ürünü olacaktır. Diğer ürün daha hafif bir lepton ve onun karşılık gelen anti nötrinosu olacaktır.

Leptonlar, zayıf çekirdek kuvvetleri, çekimsel kuvvetler, ve yüklü elektromanyetik kuvvetler aracılığıyla etkileşime girerler. Yakalanmaları ve gözlemlenmeleri çok zor olan nötrinolar da lepton grubundadırlar. Nötrinolar, CERN ve SLAC laboratuvarlarında bulunan büyük hızlandırıcılarla yapılan deneylerde yakalanarak elde edilmektedir. Nötrinolar elektrik yükleri olmayan, kütleleri sıfıra yakın temel parçacıklardır. Nötrinoların elektrik yükleri olmadığından elektromanyetik etkileşim yapamazlar. Nötrinolar ışık hızına yakın hızda hareket ederler ve maddenin içerisinde hiçbir etki yapmadan geçebilirler. Örneğin; bir ışık yılı kalınlığındaki kurşun bir levhadan ve evrende bulunan binlerce gök cisminin içerisinde hızlarını değiştirmeden, yönlerini değiştirmeden, onlara zarar vermeden rahatça geçerler. Nötrinoların, evrende temel kaynağı yıldızlardır.

Bu nedenle evrende az olduğu düşünülen nötrinolar düşünülenin aksine evrende fazladır. Vücutumuzdan milyonlarca nötrino geçmekte ve bize zarar vermemektedirler. Nötrinoların karşıt parçacığı olan anti nötrinolar beta bozunumu sırasında açığa çıkan yüksüz parçacıklardır. Nötrino ve anti nötrinoların özelliklerinin aynı olması gerçekte aynı parçacıklar olduğunun kanıtıdır. Nötrino ile anti nötrino arasındaki fark; nötrinoların evrende temel kaynağı yıldızlar, anti nötrinoların temel kaynağı beta bozunumu olmasıdır (Bouchiat ve ark. (1972); Shupe (1979); Terazawa (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Das ve Ferber (2003); Griffiths (2004); Lichtenberg (2007).

Yıldızların asıl enerji kaynağı hidrojenidir. Yıldızın yapısında bulunan ve protonları oluşturan yukarı kuarklardan bir tanesi, aşağı kuarka dönüşerek önce nötronları oluşturur. Nötron sayısındaki artış Hidrojen (H) atomunun izotoplarına dönüşmesini sağlar. Oluşan izotoplar (döteryum ve trityum) birleşerek Helyuma dönüşür. Helyum ise fisyon reaksiyonları yani Beta ışıması yaparak sonucunda tekrar Hidrojene dönüşür. Helyumun yaptığı fisyon beta ışımasıdır. Tüm bu reaksiyonlar sonucunda yıldızlar, oluşturdukları büyük miktarlardaki enerjiyi etraflarına ısı ve ışık olarak yayar. Böylece yıldızlarda Beta ışıması (bozunumu) gerçekleşir. Yani yıldızlardan ortaya çıkan nötrinolar beta ışıması (bozunumu) sonucu açığa çıkar. Anti nötrinolar da beta ışıması (bozunumu) sonucu açığa çıkar. Bu durum nötrino ve anti nötrinoların aynı şekilde ortaya çıktığının ve aynı maddelere ait olduklarının bir başka kanıtıdır.

## 2. BOZONLAR

Bozon kuvvet anlamına gelmektedir. Fermiyonlar, bozonlar sayesinde birbirleriyle etkileşim kurmaktadır. Aynı yükler birbirlerini iter zıt yükler birbirlerini çeker. Örneğin; bir atomda birden fazla proton olduğu zaman bu protonlar aynı yüklü oldukları için birbirlerini iterler ve buna bağlı olarak atomun parçalanması gerekirken atom parçalanmamaktadır.

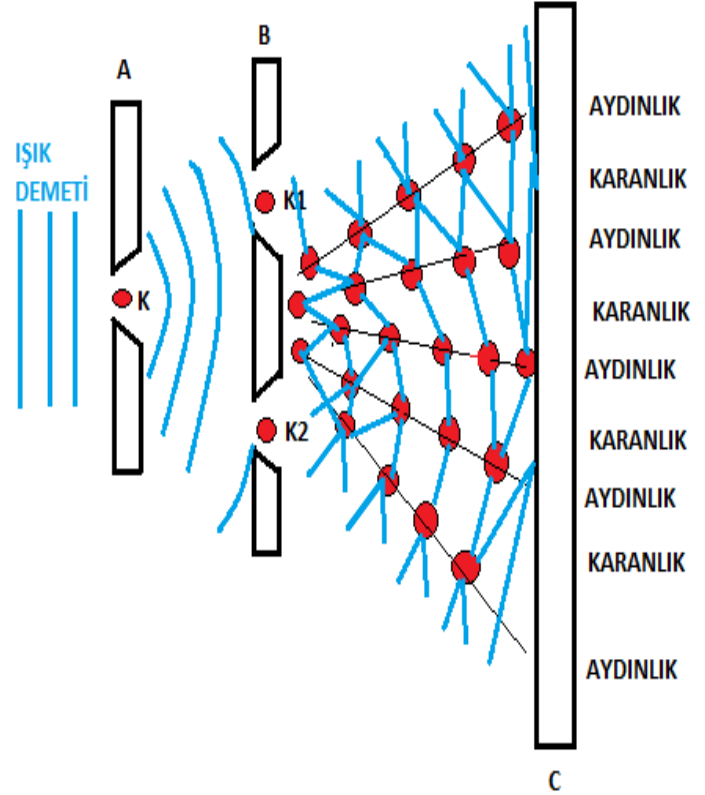
Atomun parçalanmamasının nedeni protonlar arasında bozonların bulunmasıdır.

Günümüze kadar Foton, Gluon, Graviton, W, Z ve Higgs bozonlarından söz edilmiştir.

### 2.1. Foton Bozonu

Fotonlar enerji yüklü parçacıklardır. Görünen ışık fotonlardan oluşmaktadır. Fotonlar ışığın hem dalga hem de tanecikli modelleriyle açıklanmaktadır. Bu modellere göre ışık yani foton hem tanecikli yapıya sahip hem de dalga özelliğine sahiptir.

Görünen ışığın (fotonun) tanecikler halinde yayıldığını ilk olarak ortaya atan Newton'dur. Işığın tanecikler halinde yayılması yansıma ve kırılma olaylarının açıklanmasını sağlıyordu. Newton yaptığı deneylerde "ışık, doğrusal bir yörüngede sonsuz hızla ilerleyen taneciklerden oluşur" sonucuna ulaştı. 1678 yılında Hollandalı Fizikçi ve astronom Christian Huygens, ışık kaynaklarının çok yüksek frekanslı titreşimler meydana getirdiğini ve bu titreşimlerin saydam ortamlarda dalgalar halinde yayıldığını fikrinin ortaya attı. Bu fikre dar bir aralıktan ışık ışınları geçirerek bu ışınların önündeki ekranda karanlık ve aydınlık ortamlar oluşturmasını gözlemleyerek vardı. Ancak dönemin bilim insanları tarafından Huygens'in fikri kabul edilmedi (İnternet 2). Huygens ışığın dalga hareketi şeklinde olduğu prensibini ispatlayabilmek için İngiliz Fizikçi Thomas Young gibi düzenek kurdu. Kurulan düzenek aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 1. Young'un çift aralıklı ışık girişim deneyi (İnternet 2).

Young deney düzeneğinde bir ışın demeti, ortasında K deliği bulunan levhaya çarptığında bu delik noktasal ışık kaynağı gibi davranarak ışık dalgaları yayar. Dalgalar A levhasından B levhasına gelir. B levhası üzerinde bulunan K1 ve K2 delikleri yine etrafına ışık yayar. Bu dalgaların birbiri içine girmesi (girişim), C ekranı üzerinde girişim çizgileri dediğimiz bir sıra aydınlık bir sıra karanlık çizginin olduğu görülür. Young'un deneyinde açığa çıkan çizgiler ışığın dalga özelliğini açıkça kanıtlamaktadır. K1 ve K2 deliklerinden biri kapanınca aydınlık ve karanlık çizgiler yok olmaktadır. Bu deneye göre denizdeki dalgalar gibi ışık ışınları bazen birbirini yok ediyor bazen güçlendiriyordu. Huygens bu deneylerden "Işık kaynağı yayınladığı dalga boyunun tam katları kadar uzaktaki noktaları, kendisiyle aynı fazda titreşen ışık kaynağı hâline getirir. Işığın boşlukta ilerleyebilmesini, boşluğu dolduran esir maddesi sağlar" sonucuna ulaştı. Ancak bu tür davranışın tanecik modeli ile açıklanması mümkün değildi (İnternet 2).

1850 yılında Jean Foucault ışığın sıvılardaki hızının havadakinden daha az olduğunu göstererek tanecik teorisinin yetersizliğini kanıtladı (Serway ve Beichner (2000)).

Alman fizikçi Heinrich Rudolf Hertz 1887 yılında uygun frekanslarda üzerine ışık gönderilen metal yüzeylerden elektron salındığını gözlemlemiş ve buna fotoelektrik (ışık yoluyla elektrik üretimi) olayı adını vermiştir. Hertz elektron salınımının metal yüzeyine gönderilen ışının frekansına bağlı olmadığını, salınan elektron sayısının ise ışın şiddeti ile orantılı olduğunu söylemiştir

Elektrik, ışık ve manyetizmayı birleştiren Maxwell ışık hakkında yeni bir teori ortaya atarak ışığın elektromanyetik dalga özelliği gösterdiğini ileri sürmüştür. Maxwell'e göre ışık; enerji taşıyan, boşlukta ilerleyebilen, elektrik ve manyetik alanlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Maxwell'in teorisini geliştiren Max Planck, elektromanyetik ışımamın sürekli olmadığını ve ışığın enerji taşıyan paketler hâlinde iletildiğini açıklamıştır (Serway ve Beichner (2000); İnternet 3).

Planck 1900 yılında yaptığı çalışmaların sonunda ışık şiddetinin sürekli artmadığını ileri sürdü. Planck'ın ortaya attığı teze göre enerji de madde gibi sürekli değildir. Planck'ın ileri

sürdüğü kuantum (dalga) kuramı ile klasik fizikçiler arasındaki fark; klasik fizikçiler cismin sahip olabileceği enerji miktarı için herhangi bir sınırlama getirmezken Planck'ın tezi enerjiyi belirli değerlerde özel paketler biçiminde sınırlar. Planck, ışın enerjisinin belli büyüklüklerde soğurulup (emilip) yayımlanabileceğini yani kuantumlar (dalgalar) halinde alınıp verilebileceğini ileri sürmüştür. Planck'a göre her kuantum (dalga) enerjisi, ışınımın frekansı (f) ile doğru orantılıdır. Planck bir kuantumun taşıdığı enerjisi;

$$E = h \times f \quad (1)$$

bağıntısını kullanarak hesapladı. Bu bağıntıdaki E enerji, f frekans ve h Planck sabiti olup değeri  $6.626 \times 10^{-34}$  Joule'dür.

Planck'ın ışığın dalga (kuantum) modeli başlangıçta kabul görmedi. Albert Einstein fotoelektrik olayı açıklayabilmek için Planck'ın modelini kullandı Einstein Planck'ın ortaya attığı kesikli ve belli büyüklükteki enerji kuantumlarının metal elektronları ile etkileşmesi sonucu fotoelektrik olay oluştuğunu açıkladı. Bunun üzerine Planck'ın ışığın dalga (kuantum) modeli kabul edildi (Serway ve Beichner (2000); İnternet 3).

Albert Einstein, ışığın foton adı verilen enerji yüklü parçacıklardan oluştuğunu ve dalgasal olarak yayıldığını kanıtladı. Albert Einstein, bir fotonun bir metal atomuna çarptığı zaman tüm enerjisini elektronlara verdiğini, fakat bir elektron koparması için minimum enerjiye (eşik enerjisine)sahip olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır (İnternet 3; Taylor ve ark. (2008)).

Albert Einstein'ın çalışmasını kısaca özetlersek, "metal yüzeyine düşen ışık (foton) elektronları fırlatır (hareket ettirir), ışık (foton) şiddeti arttırılırsa fazla sayıda elektron fırlar (hareket eder) ve ışığın (fotonun) enerjisi arttırılırsa fırlayan (hareket eden) elektronun hızı artar" sonucuna ulaşırız. Einstein enerjisi;

$$E = m \times c^2 \quad (2)$$

formülüyle ifade etmiştir. Bu formülde E enerji, m kütle ve c ışık hızıdır (saniyede 300.000 km).

Milikan, Einstein'ın fotoelektrik çalışmasını başlangıçta yanlış bulmuş ancak kendisi yaptığı deneylerle Einstein'ın fotoelektrik çalışmasını doğrulayan sonuçlar bulmuştur (İnternet 3).

Günümüzde fotoelektrik ilkeyle çalışan birçok alet vardır. Güneş Pilleri, Fotodiyot, Fotodirenç, Fotosel vb. aletler fotoelektrik ile çalışmaktadırlar. Fotoelektrik, fotonlar ile meydana geldiğinden bu aletlerin fotonlar ile çalıştığını da söyleyebiliriz.

1924 yılında Fransız Fizikçi Lois de Broglie ve daha sonraki yıllarda Alman Fizikçi Schrödinger ışığın hem dalga hem de tanecik olduğunu belirterek dalga (kuantum) mekaniği fikrini ortaya çıkardılar. Dalga (kuantum) mekaniğine göre enerji;

$$E = h \times f = m \times c^2 \quad (3)$$

olur (İnternet 3; Taylor ve ark. (2008)).

Burada E enerji, h Planck sabiti, f frekans, m kütle ve c ışık hızıdır.

Kuantum (dalga) mekaniği ile ışığın yani fotonun hem dalga hem de tanecikli modeli olduğu kanıtlanmış oldu. Dalga mekaniği bilim insanları tarafından kabul edildi ve halen geçerliliğini korumaktadır.

Fotonlar metal yüzeyden elektron sökebilirler, tüm maddelerin ısınmasına etki edebilirler. Tüm maddeler kuark ve leptonlardan oluşmaktadır. Buradan fotonlar kuark ve leptonlara etki ederler sonucuna ulaşırız. Fotoelektrik olayda fotonlar metalden elektron sökerek elektron hareketini sağlayarak ve hem elektronlara hem de protonlara etki etmektedir. Bu durum fotonların kuark ve leptonlara etki ettiğinin bir başka kanıtıdır.

## 2.2. Gluon Bozonu

Gluonlar kuarkları birarada tutma özeliğine sahiptir. Kuarklar arası mesafe arttıkça bu kuvvetin değeri de üstel olarak artar.

Kuarklar gluonlardan dolayı doğada serbest halde bulunamazlar. Kuarkların birleşerek oluşturduğu hadron grubu olan protonlar artı yüklüdür. Bir atomda birden fazla proton olduğu zaman aynı yükler birbirini iter ilkesine göre protonlar birbirlerini iter. Eğer gluonlar protonları bir arada tutmasaydı atom parçalanırdı (Zuchelli (2002)). İki kağıdı yapıştırıcı ile yapıştırdığımızda yapıştırıcı kağıtlara çekim kuvveti uygular. İşte gluonlarda kuarklara yapıştırıcıya benzer şekilde çekim (yapışma) kuvveti uygular. Bu nedenle gluonlar kuarkları bir arada tutar. Böylece atomu oluşturan parçacıklar bir arada durur.

## 2.3. Graviton Bozonu

Maddeler arasında kütle çekim kuvveti oluşmasını sağlamaktadır. Graviton bozonu Güneş sistemindeki çekim kuvvetini oluşturarak dengeyi sağlamaktadır (Griffiths (2004)).

## 2.4. W Bozonu

W bozonu adını zayıf nükleer kuvvetten (weak nuclear force) alır. W bozonun iki türü vardır. Birinci türü  $W^+$  bozonudur.  $W^+$  bozonu +1 elektrik yüküne sahiptir. W bozonunun ikinci türü  $W^-$  bozonudur.  $W^-$  bozonu -1 elektrik yüküne sahiptir.  $W^+$  bozonu ile  $W^-$  bozonu birbirlerinin anti (karşıt) parçacıklarıdır. W bozonu Radyoaktif bozunumlarda rol oynar. W bozonu etki ettiği parçacığın elektrik yükünü 1 arttırabilir veya 1 azaltabilir. Ayrıca etki ettiği parçacığın spinini de 1 birim değiştirebilir. W bozonu etki ettiği parçacığın neslini de değiştirebilir. Örneğin; strange (garip) kuarkı yukarı (up) kuarka dönüştürebilir. Bu nedenlerden dolayı zayıf çekirdek kuvvetleri üzerinde etkilidir (Griffiths (2004)).

## 2.5. Z Bozonu

Z bozonunun yükü sıfır (zero) olduğu için bu ismi almıştır. Z bozonunun anti parçacığı yine kendisidir. Z parçacığı yüksüz olduğu için etki ettiği parçacığın elektrik yükünü ve neslini değiştirmez. Z bozonu etki ettiği parçacığın sadece spin ve momentumunu değiştirir. Bu nedenle zayıf çekirdek kuvvetleri üzerinde etkilidir (Griffiths (2004)).

## 2.6. Higgs Bozonu

Higgs bozonu, Peter Higgs, Gerald Guralnik, Richard Hagen, Tom Kibble, François Englert ve Robert Brout tarafından standart modeldeki Fermiyonlara kütle kazandırmak için varlığı öne sürülmüş parçacıktır.

Albert Einstein tarafından ortaya çıkarılan Enerji formülüne ( $E=mc^2$ ) göre kütle enerjiye dönüşebilir. Örneğin;Nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan radyoaktif maddelerden Enerji elde edilirken kütleleri büyük oranda yok olmaktadır. Ancak enerji kütleye dönüştürülemedi. Higgs bozonu ile enerjinin kütleye dönüştürülmesi amaçlanmaktadır.14 Mart 2013 tarihinde Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN)'nden gelen haberlerde Higgs Bozonunun bulunduğu belirtilmiştir. Higgs Bozonu ile Enerji kütleye çevrilecektir. Böylece yok olan maddeler geri kazandırılacaktır. Tüm varlıklar Allah tarafından yaratılmıştır. Enerjinin kütleye çevrilmesini sağladığı için Higgs bozonuna Tanrı parçacığı da denmektedir. Higgs bozonu CERN'de yapılan deneylerde protonların çarpıştırılmaları sonucu bulunmuştur. Higgs bozonu kısa bir süre için görüldükten sonra fotona dönüşmüştür (İnternet 4; Beskid ve ark. (2013)). Bozonlar ve genel özellikleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Bozonlar ve genel özellikleri

Bozon Adı	Sembol	Elektrik Yükü	Kütlesi (MeV)	Spin
Foton	$\gamma$	0	0	1
Gluon	$g$	0	0	1
Graviton	$G$	0	91200	2
W	$W$	-1, +1	80400	1
Z	$Z$	0	91187	1
Higgs	$H$	0	126000	0

### 3. BOZONLARIN ETKİ ETTİĞİ KUVVETLER

Bozonlar dört temel kuvvete etki etmektedirler. Bu dört temel kuvvet şunlardır:

Zayıf Çekirdek Kuvveti, Şiddetli Çekirdek Kuvveti, Kütle Çekim Kuvveti ve Elektromanyetik Kuvvettir.

#### 3.1. Zayıf Çekirdek Kuvveti

Bazı radyoaktif bozunmaların olmasını sağlar. Örneğin; bir radyoaktif bozunma olan beta bozunması zayıf çekirdek kuvvetleri tarafından sağlanmaktadır. W, Z ve Higgs bozonları zayıf çekirdek kuvvetleri oluşmasını sağlar. Zayıf çekirdek kuvvetleri kuarklar ve leptonlar üzerinde etkilidir (Terazawa ve ark. (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004)).

#### 3.2. Şiddetli Çekirdek Kuvveti

Çekirdek içinde kuarkların bir arada tutunmasını sağlar. Gluon bozonları şiddetli çekirdek kuvvetinin oluşmasını sağlar (Terazawa ve ark. (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004)). Örneğin; bir atomda birden fazla proton olduğu zaman aynı yükler birbirini iter ilkesine göre protonlar birbirlerini iter. Gluonlar protonları bir arada tutarak atomun parçalanmasını engellemektedir. Gluon bozonunun protonları bir arada tutan kuvveti protonların birbirlerini itme kuvvetinden daha büyük olduğu için Gluon bozonları şiddetli çekirdek kuvvetinin oluşmasını sağlamaktadır. Gluon bozonu sadece kuarklara etki ettiği için şiddetli çekirdek kuvvetleri sadece kuarklar üzerinde etkilidir.

#### 3.3. Kütle Çekim Kuvveti

Kütlesel tüm parçacıkların birbirini çekmesini sağlayan kuvvettir. Graviton bozonu kütle çekim kuvveti oluşmasını sağlar. Bütün parçacıklar arasında etki eder. Güneş sistemini bir arada tutan kuvvet budur (Terazawa ve ark. (1982); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004); Mahmoud (2004)).

Maddeler arası kütle çekim kuvveti (F);

$$G \frac{m_1 \times m_2}{d^2} \quad (4)$$

formülüyle bulunur. Burada  $m_1$  birinci cismin kütlesi,  $m_2$  ikinci cismin kütlesi,  $d$  cisimler arası uzaklık ve  $G$  kütle çekim sabiti olup değeri  $6.7 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>'dir (Kg: kilogram, N:Newton, m<sup>2</sup>: metre kare).

#### 3.4. Elektromanyetik Kuvvet

Elektromanyetizma; elektriksel; manyetik ve kimyasal olayların oluşmasını sağlayan kuvvettir. Foton bozonu elektromanyetik kuvvet oluşmasını sağlar. Elektromanyetik kuvvetler fotonlar tarafından oluşturulduğu için kuarklar ve leptonlara etki ederler (Terazawa ve ark. (1982); Weinberg (1990); Jadach ve ark. (1991); Zuchelli (2002); Griffiths (2004)).

## 4. MADDE-KARŞIT MADDE ÇARPIŞMALARI

Bir madde ile karşıt madde çarpıştıkları zaman parçacıklar ile karşıt parçacıkları birbirlerini yok edebilir ve bu esnada büyük miktarlarda enerji açığa çıkarabilirler. Çarpışma sırasında açığa çıkan enerji değişik formlara dönüşebilir. Örneğin, elektron ( $e^-$ ) ve pozitron ( $e^+$ ) aynı kütle ve yüke sahiptir, ancak yüklerinin işareti zıttır. Bu parçacıklar çarpıştıklarında aşağıdaki denklemde de görüldüğü gibi birbirlerini yok eder ve "gama ışını" olarak enerjiye dönüşür (Beskidt ve ark. (2013)).

$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma \quad (5)$$

(Petrusevski and Pejov (2005); Beskidt ve ark. (2013)).

Elektron ile pozitronun çarpışmasında açığa çıkan enerji, Einstein'ın kütle enerji eş değeri formülünden hareketle;

$$E=(m_e^- \times c^2)+(m_e^+ \times c^2) \quad (6)$$

$$E=(m_e^- + m_e^+) \times c^2 \text{ ise } m_e^- = m_e^+ = m_e \quad (7)$$

olduğundan

$$E=2 \times m_e \times c^2 \quad (8)$$

olur ve

$$E=2 \times (0.51 \times c^2) \text{ ise } E= 1.02 \text{ MeV} \quad (9)$$

olur.

$$e^- + e^+ \leftrightarrow \gamma \text{ denklemi tersinir } (\gamma \leftrightarrow e^- + e^+) \quad (10)$$

olduğundan yeterli enerjiye sahip iki gama ( $\gamma$ ) fotonu çarpıştığında enerji, maddeye dönüşebilir. Gama ışınlarının çarpışmaları sonucunda oluşan elektron ve pozitron izler bırakır (İnternet 5; İnternet 6).

Örneğin, 1.02 MeV enerjili gama fotonları elektron ve pozitron çifti oluşturabilir. Ancak böyle bir süreçte  $\gamma \leftrightarrow e^-$ ,  $\gamma \leftrightarrow e^+$  ve  $\gamma \leftrightarrow e^- + p$  reaksiyonları tek başına görülmez (İnternet 5; İnternet 6). Gama fotonlarının sahip olduğu enerji;

$$E = h \times f \times (h \times f \rightarrow e^- + e^+) \quad (11)$$

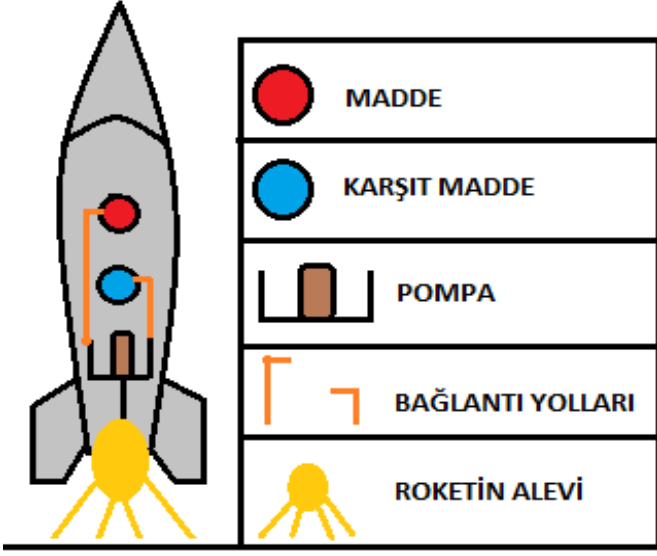
eşitliğinden yararlanılarak bulunabilir.

Burada;  $h$ , Planck sabitidir ve değeri  $6.62 \times 10^{-34}$  Joulesaniye'dir.  $f$  ise oluşan fotonun frekansdır ve SI birim sisteminde birimi s<sup>-1</sup> veya Hertz'dir.

Karşıt parçacıklardan yararlanılarak geliştirilen pozitron salma tomografisi sayesinde tıpta, beyin ve kalbin işleyişine dair teşhisler konulabilmektedir. Örneğin, beyin kanaması geçiren bir hastanın beyninin hangi bölgesinde kanama olduğunun tespit edilebilmesi için beyin tomografisi çekilmelidir. Bunun için hastaya öncelikle pozitron yayan radyoaktif madde, glikoz çözeltisi ile enjekte edilmektedir. Beyne ulaşan radyoaktif maddeden yayılan pozitronlar elektronlar ile çarpışır. Bu çarpışma sonucunda yayılan gama ışınları, pozitron salma tomografisi taraması ile belirlenir ve beyne ait görüntüler, bilgisayarlar aracılığıyla elde edilir. Beyindeki damarlar içerisinde ilerleyen radyoaktif maddeden çıkan pozitronların oluşturduğu gama ışınlarının bilgisayar ekranındaki görüntüsü, düzgün bir yol izlemektedir. Bu izlerin düzgün olmadığı bölgelerden yola çıkılarak hasarlı damarlar belirlenebilir. Pozitron salma tomografilerinin çalışması prensibi, pozitron ile elektronun çarpıştırılması sonucunda saçılan gama ışınlarının taranması ile hasarlı bölgelerin belirlenmesine dayanmaktadır. Tıpta kullanılan bu teknolojinin parçacıklarla ilgili çalışmalara dayanması, bu alandaki araştırmaların önemini ortaya koymaktadır (Wells ve ark. (2009)).

2000'li yıllara gelindiğinde karşıt madde ile ilgili önemli sayılabilecek teknolojik gelişmeler yaşandı. NASA (Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)'de çalışan bir grup bilim insanı Şekil 2'de modellendiği gibi karşıt madde roketi tasarımı yaptıklarını açıkladı. Karşıt madde roketi, çok uzak mesafelerin az yakıtla kısa sürelerde alınabilmesi için tasarlanan bir roket çeşididir. Karşıt madde roketlerinde madde-karşıt madde reaksiyonları sonucu oluşan büyük miktardaki enerjinin, roketin hareketi için gerekli itme gücünü oluşturması planlanmaktadır. Bu

reaksiyonlarda açığa çıkan enerji, nükleer fisyon reaksiyonları sonucu oluşan enerjiden 1000 kat, nükleer füzyon reaksiyonları sonucu oluşan enerjiden ise 300 kat daha fazladır (Nutt (2002); İnternet 7)).



Şekil 2. Madde- Karşıt Madde İle Çalışan Roket Modeli (Öztürk (1989), İnternet 8)):

Tablo 5'te görüldüğü gibi madde-karşıt madde reaksiyonları sonucu açığa çıkan yaklaşık enerji miktarı, diğer reaksiyonlardan açığa çıkan yaklaşık enerji miktarından çok fazladır.

Tablo 5. Madde-karşıt madde reaksiyonları sonucu oluşan enerji miktarı (Öztürk (1989)):

Madde Miktarı (kg)	Reaksiyonda Kullanılan Madde Türü	Yaklaşık Enerji Miktarı (Joule)
1	Benzin	$9.1 \times 10^6$
1	Uranyum	$8.2 \times 10^7$
1	Proton-Karşıt proton	$9 \times 10^{10}$

Karşıt madde roketi kullanan bir uzay aracının 10 miligramlık karşıt madde ile insan taşıyan roketin 45 günde Marsa ulaşabileceği düşünülmektedir (Nutt (2002); İnternet 8; Öztürk (1989); İnternet 9)).

## 5. PARÇACIKLARIN ENERJİ KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Parçacıklar sayesinde enerji kaynakları oluşmaktadır. Proton iki yukarı bir aşağı (u, u, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak protonun yükü  $(+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3}) = +1$  olur. Proton kararlı haldedir. Nötron ise bir yukarı iki aşağı (u, d, d) kuarktan oluşur. Buna bağlı olarak nötronun yükü  $(+\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}) = 0$  olur. Bu nedenle nötronun yükü sıfırdır. Nötron kararsız haldedir. Lepton grubunda olan elektron -1 yüklüdür. Elektriksel ve kimyasal etkileşimi elektron gerçekleştirir. Elektronların iletken ortamda hareket etmesi sonucu elektrik akımı oluşmaktadır. Eşit sayıda proton ve elektron bulundurarak nötr olan gama ışınları Elektron, Proton veya Nötronların hareketi sonucu ortaya çıkan elektromanyetik enerjidir. Gama ışınması sayesinde ısı enerjisi de açığa çıkar. Elektromanyetik enerji ile bitkilerin gelişimine olumlu katkıda bulunulabilir.

Foton bozonunun elektron hareketini sağlayarak fotoelektrik olay meydana getirmesi sonucu Güneş pilleri sayesinde ışıktan elektrik enerjisi üretilebilmektedir.

Atom çekirdeğinden 2 proton ve 2 nötron ayrılması sonucu alfa ışınları oluşur. Alfa ışınları sayesinde elementler birbirlerine

dönüşebilir ve enerji elde edilebilir. Benzer durum beta ( $B^-$ ) ışınmaları için de geçerlidir. Atom çekirdeğinden 1 proton ve 1 nötron ayrılması sonucu oluşan beta ışınları ile de elementler birbirlerine dönüşür ve enerji elde edilebilir. Atom çekirdeğinde pozitron ayrılması yani 1 protonun bir nötrona dönüşmesi ile pozitron ( $B^+$ ) ışınması oluşur. Bunun sonucunda aynı elementin izotopları oluşmaktadır. Tüm bu ışınlar sonucu ısı enerjisi açığa çıkar. Ayrıca laboratuvar ortamında Alfa, Beta ve Pozitron ışınları sonucunda Nükleer santrallere yüksek oranda saflaştırılmış uranyum gibi yakıt maddesi üretilmektedir (İnternet 9).

Parçacıkların birbirleriyle etkileşimleri sonucu oluşan Radyo dalgaları sayesinde çok uzak mesafelere kadar ses veya görüntü sayesinde veri akışı sağlanmaktadır. Cep telefonları, radyo, televizyon gibi aletler radyo dalgaları sayesinde veri akışını sağlamaktadır (İnternet 10).

Parçacıkların birbirleriyle etkileşimleri sonucu açığa çıkan mikrodalga ışınlar, yemeklere etki ederek yemeklerdeki bazı moleküllerin titreşim hızlarının (kinetik enerjilerinin) artmasına sebep olmakta ve yemeklerin daha erken pişmesini sağlamaktadır (Raj ve ark. (2013); Kaiser (1983)). Böylece enerji tasarrufu sağlanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca mikrodalgalar sayesinde ısı ile elektrik üretilebilir.

Higgs bozonu sayesinde enerjinin kütleye dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Eğer bu gerçekleşirse özelliğini kaybeden maddeler Higgs bozonun kullanılarak enerji ile tekrar eski hallerine dönüştürülecektir. Böylece Nükleer santraller vb. yerler için yakıt sorunu çözülecek ve enerji üretim maliyeti düşerek enerji üretimi artacaktır.

Nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan radyoaktif maddelerin kütleleri büyük oranda enerjiye dönüşmektedir. Higgs bozonu sayesinde enerjiye dönüşen kütle tekrar eski haline dönüştürülecektir. Böylece geri dönüşüm sağlanacaktır. Çürüyen maddeler de çürürken çevresine enerji vermektedir. Higgs bozonu sayesinde çürüyen maddelerin de geri dönüştürülmesine katkı sağlanacaktır.

Ultraviyole ışınlar sayesinde canlılar D vitamini alır (Everett ve ark. (1966)). Ultraviyole ışınlar fosforlu maddelere geldiği zaman görünür ışık açığa çıkar. Floresan lambalarda elektrik akımı ile ultraviyole ışın üretilir. Üretilen ultraviyole ışınlar fosforla kaplanan cama çarptığında görünür ışık oluşur (Everett ve ark. (1966); Gribben (2004)). Böylece ışık enerjisi oluşmasını sağlar.

Kızılötesi ışınlar da parçacıklar sayesinde oluşmaktadır. Kızılötesi ışınlar ısı enerjisi oluşmasını sağlamaktadır. Kızılötesi ışınların oluşturduğu ısı, moleküllerin ısınmasına ve moleküllerin hareket hızlarının artmasına sebep olur (Lytle ve ark. (1993); Bendiganavale ve Malshe (2008)).

Madde karşıt madde çarpışmaları sonucu çok büyük oranda enerji açığa çıkmaktadır. Örneğin elektron ile pozitronun çarpışması sonucu açığa çıkan enerji bir roketi çok daha hızlı ve daha kısa zamanda uzağa gidecek şekilde hareket ettirmektedir. Bozonlar etki ettiği parçacıkların spinlerini, momentumlarını, elektrik yüklerini, kütlelerini etkileyebilirler. Buna bağlı olarak da parçacıklardan üretilecek enerjiyi veya parçacıklara verilecek enerjiyi de etkiler.

Aynı kutuplu iki mıknatısın birbirini itmesi, zıt kutuplu mıknatısların birbirlerini çekmesi bozonlar sayesinde gerçekleşmektedir. Ayrıca bir bobinin etrafında mıknatıs hareket ettirilmesi sonucu elektrik enerjisi oluşması da mıknatıstaki bozonların Proton, nötron gibi kuraklara ve elektron gibi leptonlara etki etmesi sonucu oluşmaktadır. Bozonlar elektronlara, protonların uyguladığı çekim kuvvetinden daha fazla itme kuvveti uygular. Böylece elektron yörüngelerinden dışarı çıkar ve hareket ederek elektrik akımını oluştururlar. Doğru Akım (DC) ve Alternatif Akım (AC) jeneratörlerinde bobinin

mıknatıs etrafında hareket etmesi sonucu elektrik akımı üretilmesi bunun kanıtıdır.

DC ve AC jeneratörler Rüzgar Türbinlerinde, Hidroelektrik Santrallerinde, Jeotermal enerji santrallerinde, Nükleer santrallerde, Termik santrallerde vb. yerlerde elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Bu durum parçacıkların enerji kaynağı oluşmasını sağladığının bir başka kanıtıdır.

Parçacıkların enerji kaynaklarının temeli olduğunun sayılamayacak kadar örneği vardır. Konu kısaca özetlenirse; “Tüm maddeler lepton, kuarklardan oluşmuştur. Bu nedenle hayatın ve enerji kaynaklarının temeli parçacıklardır. Sonuç olarak Parçacıklar elektriğin, manyetizmanın, elektromanyetizmanın ve radyasyonun oluşmasını sağlar. Enerji Kaynakları parçacıklar sayesinde vardır” bilgisi ortaya çıkar.

## Kaynaklar

Bendiganavale, A.K. and Malshe, V.C. 2008. Infrared Reflective Inorganic Pigments. Recent Patents on Chemical Engineering 1(1), 67-79.

Beskidt, C., Boer W., Kazakov D., 2013. A comparison of the Higgs sectors of the CMSSM and NMSSM for a 126 GeV Higgs boson. Physics Letters B 726(4-5), 758-766.

Bouchiat, C., Iliopoulos, J. and Meyer, P.H. 1972. An Anomaly-Free Version of Weinberg's Model. Physics Letters B 38(7), 519-523.

Das, A., Ferber, T. 2003. Introduction to Nuclear and Particle Physics. World Scientific Publishing Company, (2. Baskı), 399 s, London.

Everett, M.A., Yeagers, E., Sayre, R.M. and Olson, R.L. 1966. Apenetration of Epidermis By Ultraviolet Rays”, Photochemistry and Photobiology, 533-542. (Article first published online: 25.06.2009).

Frönlich, H. 1980. The Bioligal Effects of Microwaves and Related Quenstions. Advances in Electronic and Electron Physics, 85-152.

Gribben, J. 2004. The Scientists; A History of Science Told Through the Lives of Its Greatest Inventors. Random House, 424-432.

Griffiths, D. 2004. Introduction to Elementary Particles. Wiley VCHV Verlag GmbH&Co. (1. Baskı), 392 s., Federal Republic of Germany.

İnternet 1. Yukawa Hideki, Britannica Encyclopedia, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/654820/Yukawa-Hideki> (05.08.2013).

İnternet 2. Light: Particle or a Wave? <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/lightandcolor/particleorwave.html> (21.08.2013).

İnternet 3. Origins of Quantum Theory. [http://www.pitt.edu/~jdnorton/teaching/HPS\\_0410/chapters/quantum\\_theory\\_origins/](http://www.pitt.edu/~jdnorton/teaching/HPS_0410/chapters/quantum_theory_origins/) (03.04.2013).

İnternet 4. New results indicate that particle discovered at CERN is a Higgs boson. <http://press.web.cern.ch/press-releases/2013/03/new-results-indicate-particle-discovered-cern-higgs-boson> (11.06.2013).

İnternet 5. Madde-Antimadde Çarpışmaları [http://www.engr.psu.edu/antimatter/Papers/NASA\\_anti.pdf](http://www.engr.psu.edu/antimatter/Papers/NASA_anti.pdf) (14.09.2013)

İnternet 6. Atomlardan Kuarklara, Atomaltı Temel Parçacıklar <https://file.ac/3xfRuSyjWbs/Unite6.pdf> (27.02.2015).

İnternet 7. Madde Antimadde Çarpışmaları [http://www.nasa.gov/exploration/home/antimatter\\_spaceship.html](http://www.nasa.gov/exploration/home/antimatter_spaceship.html) (10.07.2013)

İnternet 8.Improved Antimatter Spaceship for Mars Missions [http://www.nasa.gov/exploration/home/antimatter\\_spaceship.html](http://www.nasa.gov/exploration/home/antimatter_spaceship.html) (10.07.2013)

İnternet 9. How Long Does It Take To Get To Mars? <http://www.universetoday.com/14841/how-long-does-it-take-to-get-to-mars/> (16.09.2013).

İnternet 10. Alpha, Beta and Gamma Radioactivity. Royal Society of Chemistry, Registered Charity Number 207890. Online: [http://www.rsc.org/images/essay3\\_tcm18-17765.pdf](http://www.rsc.org/images/essay3_tcm18-17765.pdf)

Jadach, S., Ward, B.F.L., and Was, Z. 1991. The Monte Carlo Program KORALZ, Version 3.8, for the Lepton or Quark Pair Production at LEP/SLC Energies. Computer Physics Communications 66(2-3), 276-292.

Kaiser, F. 1983. Thery of Resonant Effects of RF ond MW Energy” In Michaelson, S. (Ed), Biological Effects and Dosimetry of Nonionizing Radiation, Plenum Pub., 251-282, New York.

Lichtenberg, D. 2007. The Universe and The Atom. World World Scientific Publishing Company, (1. Baskı), 328 s, Singapore.

Lytle, C.D., Cyr, W.H., Bira, J.Z., Miller, SA, James, R.H., Landry R.J., Jacobs, R.A., Kaczmarek R.G, Sharkness C.M, Gaylo,r D., 1993. An Estimation of Squamous Cell Carcinoma Risk from Ultraviolet Radiation Emitted by Fluorescent Lamps. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 9(6), 268-74.

Mahmoud T. 2004. Development of the readout chamber of the ALICE transition radiation detector and evaluation of its physics performance in the quarkonium sector. Dissertation Ruperto-Combined Faculties of Natural Science and Mathematics, Carola University of Heidelberg, Germany.

Nutt, R. 2002. The History of Positron Emission Tomography. Molecular Imaging&Biology 4(1), 11-26.

Petrusevski, V.M. And Pejov, L. 2005. The  $\gamma \rightarrow e^- + e^+$  Process. A Useful And Intuitive Analogy To Relativistic Quantum Mechanical Explanation In Undergraduate Radiochemistry Courses. Chemistry, 14(2), 93-98.

Öztürk, G. 1989. Antimaddeyle Yıldızlara Yolculuk. Bilim ve Teknik Dergisi, 16-19.

Raj, Y., Ahuja, Sharma, S. and Bahadur, B., “Autism: An Epigenomic Side-Effect of Excessive Exposure to Electromagnetic Fields”, International Journal of Medicine and Medical Sciences, 5 (4), 171-174, Nisan 2013.

Serway, R.A. and Beichner, J. 2000. Physics for Scientists and Engineers With Modern Physics. Saunders College Publishing.

Simon, B. 1977. Functional Integration and Quantum Physics. Akademic Press INC. LTD. London.

Shupe, M.A. 1979. A Composite Model of Leptons and Quarks. Physics Letters B 86(1), 87-92.

Taylor, J.R., Zafiratos, C.D. And Dubson, M.D. 2008. Physics for Scientists and Engineers With Modern Physics. Lecturer Publishing.

Terazawa, H., Yasuè, M., Akama, K. and Masaki, Hayashi M., 1982. Observable Effects of the Possible Sub-Structure of Leptons and Quarks. Physics Letters B 112(4-5), 387-392.

Wells, R.G., deKemp, R.A., Beanlands, R.S.B. 2009. Positron Emission Tomography Instrumentation, pp. 25-45. Online: <http://web.unipar.br/~berg/Fundamentos%20de%20Imagens%20Medicas%20-%20Cardiologia/Positron%20Emission%20Tomography%20Instrumentation.pdf>

Zuchelli, P., 2002. A Novel Concept For A  $\bar{\nu}_e / \nu_e$  Neutrino Factory: The Beta-Beam. Physics Letters B 532(3-4), 166-172.