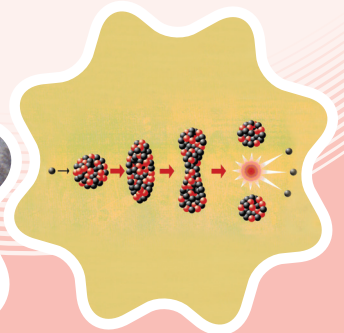
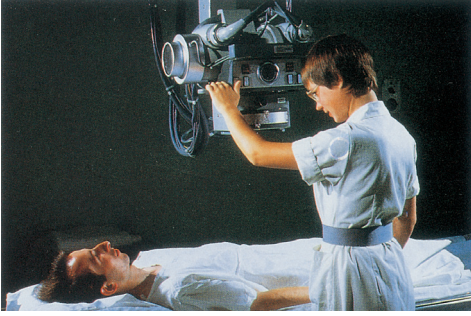


<b>MODERN FİZİK</b> .....	<b>225</b>
X Işınları .....	225
Maddelerin Yapısını Tanımda X Işınlarının Kullanımı .....	227
Kristal Yapılar .....	228
Yarı İletken Maddeler .....	228
Süper İletkenler .....	229
Nano Teknoloji .....	229
Çekirdeğin Yapısı .....	232
Çekirdek Kuvvetleri .....	233
Radyoaktiflik .....	234
Yarı Ömür .....	236
Radyoaktif Yaş Tayini .....	237
Nükleer Enerji .....	239
Fisyon .....	239
Füzyon .....	240
Problemler .....	243
Çoktan Seçmeli Sorular .....	245

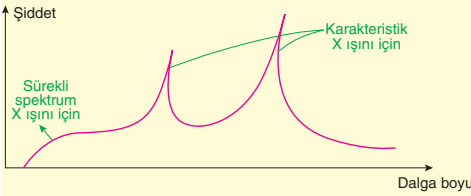


## X IŞINLARI



X ışınlarını en bilinen uygulamalarından biri tıbbi tanıdır.

Hedef maddesine elektron çarptırarak iki değişik biçimde X ışını elde edilir.



Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi bir metal hedeften çıkan X ışını spektrumu, geniş **sürekli bir spektrumla** birlikte **karakteristik X ışınlarından** kaynaklanan keskin çizgilerden oluşur.

### Sürekli Spektrum X Işını:

Hızlandırılan elektronların hedef maddesi atomlarının (+) yüklü çekirdekleri tarafından elektriksel kuvvetler etkisinde yavaşlatılması sürecinde ortaya çıkarlar.

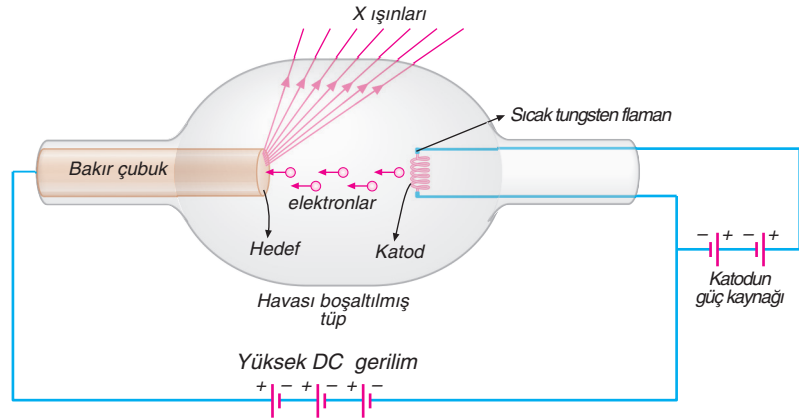
### Karakteristik X Işını:

Hızlandırılan elektron hedef maddesinin K kabuğundaki elektronuna çarparak onu üst yörüngeye çıkarır. Elektronun ayrıldığı bu kabukta oluşan boşluk daha yüksek enerji düzeyindeki bir elektron tarafından doldurulur. Bu esnada iki enerji düzeyi farkına eşit enerjili X ışını fotonu salınır. Bu şekilde oluşan ışınlar karakteristik X ışını denir.

Fotoelektrik olayda; metal yüzeye ışık gönderildiğinde metalden, elektron koptuğunu biliyoruz. Şimdi bu olayın tam tersi olan bir durumu inceleyeceğiz. Yani metal yüzeye elektron gönderildiğinde metal yüzeyden ışık çıkabileceğini ele alacağız.

1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen adındaki Alman bilim adamı, havası boşaltılmış bir vakum lambasının içinden geçirdiği elektrik akımıyla deney yaparken lambadan garip bir ışınım oluştuğunu gördü. Daha sonra bu ışınımın o zamana kadar izlenenlerden farklı olduğunu tespit ederek o zamanda gizemli olan bu ışınlar X ışınları adını verdi. (Bu ışınlar Röntgen ışınları da denir) Bu ışınlar üzerine yaptığı çalışmalardan dolayı 1901'de ilk Nobel Fizik ödülü sahibi oldu.

Fotoelektrik olayın tersi biçimde gerçekleşen X ışınlarının oluşumunda havası boşaltılmış tüp içindeki metal yüzey elektronlarla bombardıman edilir. Aşağıdaki şekilde havası boşaltılmış bir X ışınları tüpü görülmektedir.



Sıcak flamandan çıkan elektronlar, çok yüksek DC gerilimi altında hızlandırılarak metal olan hedef maddesine çarptırılarak durdurulur. Elektronlar duruncaya kadar negatif bir ivme oluşur. Bu esnada elektronların kinetik enerjileri, hedef maddesinden yayılan X ışınları enerjisine dönüşür. Bilindiği gibi tüm elektromanyetik dalgalar elektrik yüklerinin ivmeli hareketinden kaynaklandığı için X ışınları da elektromanyetik dalgadır. X ışınlarının elektromanyetik spektrumundaki dalga boyu aralığı **0,01 nm – 10 nm** arasındadır ( $1 \text{ nm} = 1.10^{-9} \text{ m}$ ). Ancak bu spektrumun sınırları keskin değildir: kısa dalga boyunun ucu gama ışınları ile, uzun dalga boyu ucu ise mor ötesi ışıkla karışır.

Hızlandırılan elektronların kinetik enerjisinin X ışınlarının enerjisine dönüşümü şöyle olur:  $V$  potansiyel farkı altında hızlandırılan elektronların kinetik enerjisi:

$$E_k = \frac{1}{2} m\theta_{\max}^2$$

$$E_k = e.V$$

$m$ : Elektronun kütlesi

$e$ : Elektronun yükü

$\theta_{\max}$ : En yüksek enerjiye sahip elektronun hızı

$V$ : Elektronun hızlandırıldığı potansiyel fark

şeklinde yazılır.

Metal hedefe çarpan elektron, metal hedef içinde t süre yavaşlayarak durduğu tespit edilirse oluşan X ışınlarının frekansı:

$$\nu = \frac{1}{t}$$

olarak yazılabilir.

X ışınlarının enerjisi:

$$E = h\nu_{\max}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

$\nu_{\max}$ : Oluşan X ışınlarının maksimum frekansı

$\lambda_{\min}$ : Oluşan X ışınlarının minimum dalgaboyu

şeklinde yazılır. Elektronların kinetik enerjisini X ışınlarının enerjisini dönüştüren bağıntı,

$$\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = h \nu_{\max}$$

$$e.V = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

olur. Bu sonuca göre; X ışınlarının minimum dalga boyu ya da maksimum frekansı, hedef maddesinin türüne bağlı değildir.



### Örnek

Bir X ışınları tüpünde hızlandırıcı potansiyel fark 24800 V dur.

- a) Oluşan X ışınlarının minimum dalga boyu kaç m dir?  
b) Oluşan X ışınlarının maksimum frekansı kaç Hz dir?

( $c = 3.10^8$  m/s;  $hc = 12400$  eVÅ ;  $1\text{Å} = 1.10^{-10}$  m)

### Çözüm

a) Elektronların maksimum kinetik enerjisi

$$E_k = e.V$$

$$= 24800 \text{ eV}$$

$$eV = \frac{hc}{\lambda_{\min}} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{12400 \text{ eVÅ}}{24800 \text{ eV}} = 0,5 \text{ Å}$$

$$b) \nu_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\min}} = \frac{3.10^8}{0,5.10^{-10}}$$

$$\nu_{\max} = 6.10^{18} \text{ Hz}$$

### X Işınlarının Özellikleri

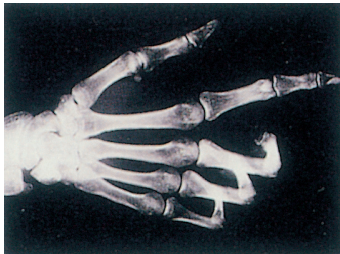
X ışınları yüksek frekans ve enerjiye sahip oldukları için madde içine girme özelliklerine sahiptirler. Çeşitli hastalıkların tanı ve tedavisinde başta X ışınları olmak üzere çeşitli ışınım türlerinden yararlanılmasına dayalı tıp dalına radyoloji denir. Radyologlar, X ışınlarıyla çekilen filmleri, inceleyerek vücudun iç organları ile ilgili bilgi edinirler. X ışınları, vücudun bazı dokuları tarafından diğer dokulara göre daha çok soğurulur. Örneğin kemikler kaslara göre daha çok X ışını soğurur. Bu yolla vücuttaki hastalıklı dokular saptanır.

Bilgisayarlı tomografi taramasında röntgen filmi yerine son derece duyarlı algılayıcılar kullanılır. Bu yöntemde vücuda X ışını demeti gönderilir. Soğulamayan ışınlar vücuttan geçerek algılayıcı etkililer. Daha sonra bilgisayar bu bilgiyi dijital görüntü olarak ekranda verir.

X ışınları içinden geçtiği hücreye her zaman belirli bir zarar verdiği için büyük bir dikkatle kullanılmalıdır. Ancak öte yandan X ışınları ile kanserli dokulardaki hücreleri yok etmede kullanılması da yararlı bir yöndür.

X ışınları, sanayide metal parçalarının özellikle dökümlerin ve kaynak yapılmış parçaların sağlamlığını test etmekte kullanılır. Hava alanlarına girişte yolcu valizlerinde yasa dışı bir maddenin olup olmadığını anlamak için X ışınlarından yararlanılır.

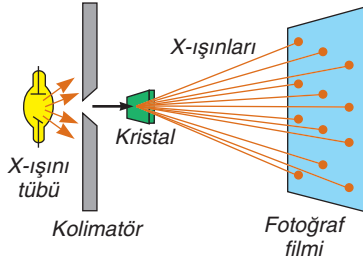
X ışınları astronomide de kullanılır. X ışınları sayesinde yıldızlar, süpernova kalıntıları ve kuasarların varlıkları saptanabilir.



X ışınları kemik tarafından soğurulur.

## Maddelerin Yapısını Tanımada X Işınlarnın Kullanımı

X ışınları ile bir maddenin kristal ve moleköl yapısını incelemek için kullanılan yöntem **X ışını kristalografisi** denir. X ışınları görünür ışığın frekansından çok yüksek olduğu için içinden geçtiği mercek prizma ve saydam ortamlardaki doğrultu değişimi son derece küçüktür. (X ışınlarının dalga boyu çok küçük olduğu için, bu ışınlar göre hava ile camın kırıcılık indisleri birbirlerine çok yakındır) Ama öte yandan kristallerdeki (elmas, tuz, şeker, kristal yapıdır) atomlar düzenli bir yerleşim içindedir. En önemlisi de atomlar arasındaki mesafe, X ışınlarının dalga boyuna çok yakındır. (~ 0,1 nm) Bu nedenle X ışınları kristal maddeden geçerken kırınıma uğrar.



X ışınları ile oluşan kırınım benekleri

Yanda verilen şekilde incelenecek kristal bir madde üzerine düşürülen X ışınlarının maddeyi geçerken oluşturduğu kırınım beneklerini şematik olarak göstermektedir. Kristal içinde dağılan ışık dalgaları bazı yönlerde yapıcı, bazı yönlerde yıkıcı girişim yaparlar. Oluşan girişim desenindeki beneklerin konumları çözümlenerek kristalin atom yapısı konusunda bilgi edinilir. Ayrıca, atom yapısı bilinen, yani atomlar arası uzaklığı bilinen bir kristal yapıya gönderilen X ışınlarının kırınımı, onların dalga boyunu hesaplamada çok pratik bir yöntemdir.

X ışını kırınımına dayalı inceleme yöntemi biyolojide de çok önemli bir yer tutar. Örneğin DNA olarak bilinen deoksiribonükleik asidi kristallerinin içinden geçen X ışınlarının kırınımının incelenmesi, DNA moleküllerinin ikili sarmal yapısının belirlenebilmesine yardımcı olmuştur. Böylece bilim insanları, genetik şifreyi ve bunun kalıtım sürecindeki rolünü öğrenmede X ışınları sayesinde büyük adımlar atmıştır.

## MADDENİN YAPISI

Evrendeki tüm maddenin çok az bir kısmı katı halde bulunmakla birlikte katı maddeler, çevremizdeki fiziksel dünyanın büyük bir kısmında vardır. Bir katı madde sıkı sıkıya birbirine bağlı atomlar iyonlar veya moleküllerden oluşur. Bunları birarada tutan kuvvetlerin niteliği farklı türlerde katıların ayırt edici özelliklerini ortaya çıkarır.

Katıları, atom gruplarının dizilişi ve simetri özelliklerine göre iki sınıfa ayırabiliriz bunlar **kristal katılar** ve **amorf (düzensiz)** katılardır. Bir katı, yapıldığı atom, iyon veya moleküllerin düzgün ve tekrarlanan biçimde üç boyutlu yapıda ise bu maddelere kristal madde denir. Amorf katılarda ise kristallerde olduğu gibi belirgin bir düzen yoktur.

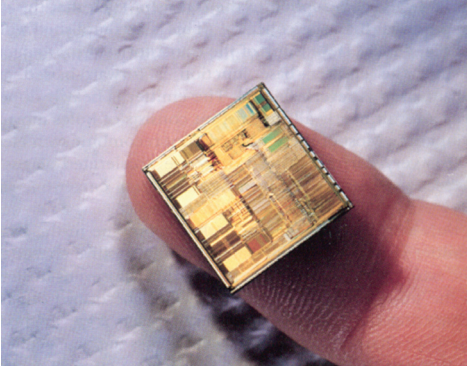
Amorf bir katıdaki bağların sağlamlığı değişkendir. Çünkü tek düze bir tekrarlanan düzenli atom yapısına sahip değildir. Amorf bir katı ısıtıldığında zayıf bağlar diğerlerine göre daha düşük sıcaklıklarda kırılır ve katı yavaş yavaş yumuşar. Kristal katı ısıtıldığında ise bağlar ayı anda kopar.

Atomları birarada tutan kimyasal bağlar, bağ kuvvetine göre büyükten küçüğe doğru: iyonik bağ, kovalent bağ, metalik bağ, hidrojen bağı ve Van der Wals bağı olarak sıralanır.

Üç temel bağ çeşidi aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- 1. İyonik Bağ:** Bir atom, diğer atoma bir veya daha fazla dış elektronu vererek birleştiğinde kurulan bağıdır. Tepkimeye giren elementlerden birinin atomları, elektron kaybedip pozitif yüklü iyonlara dönüşürken, diğer elementin atomları elektron kazanıp negatif yüklü iyonlar oluştururlar. Böylece zıt yükler birbirlerini çekerek aralarında bir bağ kurulmuş olur.
- 2. Kovalent Bağ:** Elektronlar bir atomdan diğerine aktarılmaksızın ortaklaşa kullanılmasından doğan bağıdır.
- 3. Metalik Bağ:** Bu bağlar metal ve alaşımlarında bulunur. Metal atomları üç boyutlu bir yapı içinde düzenlenir. Atomların dış yörüngelerindeki elektronlar yapının her tarafında serbestçe dolaşarak atomları birbirine bağlar.





Bir silikon parçası üzerinde oluşturulan çip'in 1 cm<sup>2</sup> alanında binlerce devre elemanı bulunur.

**Sıvı Kristaller:** Günlük yaşamımızda her an karşılaştığımız tuz, şeker, şap, kükürt gibi maddeler kristal yapıdadır. Yine çok değerli taşlar olan, zümrüt ve elmas kristal yapılıdır. Bu bahsedilen maddeler katı halindedir. Bir de **sıvı kristal** denilen maddeler vardır ki katı madde şeklindeki kristallere göre son derece teknolojik gelişmelerde işlevleri vardır.

Son yıllarda oldukça ilgi toplayan ve yarı iletkenler teknolojisi ile katı hal aygıtlarının gelişmesini hızlandıran sıvı kristallerin icadı yeni değildir. 1888 yılında F. Reinitzer adındaki bir botanist, bir maddeyi incelerken ilginç bir durumla karşılaştı. Şöyle ki ısıtıldığı zaman iki ayrı erime noktası ortaya çıktı. Önce bulanık bir sıvı meydana geliyordu, bu bulanık sıvı mikroskopla incelendiğinde yıldız biçiminde kristaller gözlenmekteydi. Isı verilerek sıcaklık artırıldığında sıvı bu sefer berraklaşarak tamamen saydam hale geliyordu. Katı ile sıvı arasındaki maddenin ilk erime sonrası haline **sıvı kristal** adı verildi.

Sıvı kristallerinin varlığı yüz yıldan fazla bir süredir bilinmesine karşılık son yıllardaki öneminin artması iki nedene dayanır. Bunların birincisi, insan vücudu gibi canlı sistemlerdeki hücrelerde bulunmasıdır. Hücre yapısı içindeki olayların incelenmesinde biyofizik alanındaki araştırmalara yeni kapılar açmıştır. İkincisi ise elektronik teknolojinin gelişmesine büyük katkı sağlamasıdır.

Sıvı kristallerin; basınç, biçim değiştirme, ısı ve titreşim eylemlerine karşı belirli tepkileri vardır. Örneğin iki kalın cam levha arasına konulan sıvı kristal madde üzerine parmağımızın en küçük basıncı karşısında değişik renkli görüntüler oluşur. Bu özellikten yararlanarak elektronik saatler ve hesap makinelerinin daha kullanışlı hale geldiğini basit bir örnek olarak verebiliriz. Yine sıvı kristalleri yardımıyla bir cismin sıcaklığını çok duyarlı biçimde belirleyebiliriz. Isı değişimine duyarlı sıvı kristallerdeki renk değişimini izlemek sıcaklığı saptamak için yeterlidir.

Bildiğimiz bazı maddelerde sıvı kristal vardır. Örneğin hücre zarı, bazı proteinler, sabun ve deterjan köpükleri gibi. Sıvı kristallerinden yararlanma alanları sayılamayacak kadar çoktur. Bunlarda bazıları şunlardır: Modern elektronik göstergeler, uçak sanayinde ek yerlerindeki hataları ortaya çıkarmada, elektronikte kullanılan yarı iletken sistemlerde, camların (otomobil camı, gözlük camı gibi) ışığı istenildiği kadar geçirmesini sağlayan filtre yapımında.

**Yarı İletken Maddeler:** Yarı iletken maddeler, ne tümüyle iletken ne de tam anlamıyla yalıtıcıdır. Yani elektrik iletkenliği bakımından iletkenler ile yalıtıcılar arasında kalan maddelerdir. Bu maddelerde elektronların bir bölümünün hareket yeteneği vardır. Yarı iletken maddelere dışardan ısı, ışık ya da elektriksel potansiyel fark uygulandığında serbest kalan elektronlar harekete geçerek iletkenlikleri gerçekleşir. **Diğer iletken maddelerde, maddenin sıcaklığı artırıldığında direnci artarak iletkenliği azalmasına karşılık yarı iletkenlerde durum tamamen tersidir.** Yukarıda bahsedilen dış etkiler ortadan kalktığında iletkenlikleri azalarak yalıtıcı hale gelirler. Bu durum yarı iletkenlerin elektronik alanda kullanılmalarını gerektirmiştir.

Yarı iletkenlerin olduğu elektronik devre elemanlarında en fazla silisyum ve germanyum kullanılır. Bu maddelere çok az miktarda bazı katkı maddeleri, örneğin arsenik eklendiğinde elektronikteki işlevleri daha da belirginleşir. Nitekim transistörler arsenikle güçlendirilmiş yarı iletken maddeden yapılmıştır.

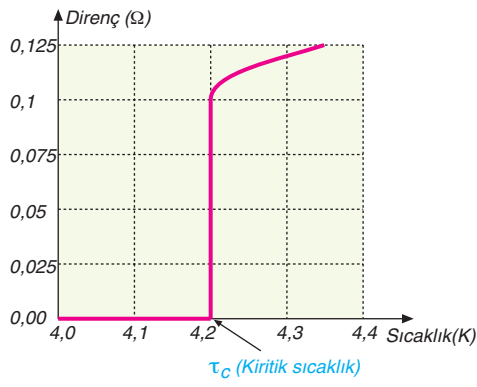
Yarı iletkenlerin kullanılma alanları çok geniştir. Örneğin; bilgisayarlar, cep telefonları dijital kameralar, bilgisayarlı tomografi, yapay kalp pilleri gibi alanları dışında ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmede de önemli bir yer tutar.



**LCD TV:** LCD ekranlar iki kat polarize cam arasında yer alan yüzbinlerce likit kristal hücreden oluşmuştur.



Süper iletken maddelerdeki manyetik itme kuvveti, manyetik yastık üzerinde kayan MAGLEV frenlerinin yapılması fikrini doğurmuştur.



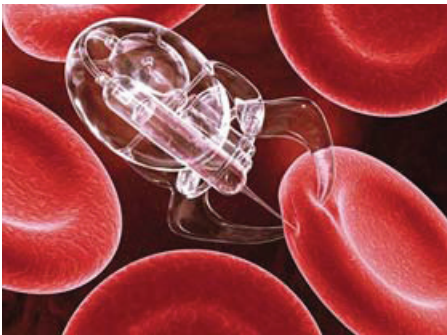
**Üstün iletkenler (Süper iletkenler):** Bazı element ve alaşımlar, çok düşük sıcaklıklarda elektrik akımına karşı tüm direnci sıfırlanır ve elektrik iletkenliği olağanüstü artar. Bu durumda olan iletkenlere **üstün iletken (süper iletken)** denir.

Üstün iletkenlik ilk defa 1911 yılında Hollandalı fizikçi Heike Kamerlingh Onnes tarafından keşfedilmiştir. Onnes cıva'da 4,2 K sıcaklığına kadar inmeyi başardı. Deneyleri sırasında Onnes, bu sıcaklık değerinde cıvanın ilginç bir özelliğini keşfetti. **Kritik sıcaklık (T<sub>c</sub>)** adını verdiği bu sıcaklıkta cıva tüm direncini kaybederek **süper iletken** haline dönüşmüştü. Diğer iletkenlerde bu kritik sıcaklıklar ise daha sonraki yıllarda yapılan deneylerde çok değişik sıcaklıklara karşılık geldiği ortaya çıkarıldı. Bu kritik sıcaklık değerleri, örneğin Alüminyum için, 1,19 K; kurşun için 7,18 K dir. Onnes bu keşfi ile 1913 yılında Nobel Fizik Ödülünün sahibi oldu. Ayrıca T<sub>c</sub> sıcaklık değerinin zannedildiği gibi maddenin normal durumdaki iletkenliği ile ilgisi yoktur. Örneğin son derece iyi iletken olan altın, bakır ve gümüş süper iletkenlik göstermemektedir. T<sub>c</sub> değeri kimyasal bileşime, basınca ve moleküler yapıya bağlıdır.

Yandaki grafikte cıvanın elektriksel direncinin sıcaklığa bağlı grafiği görülmektedir. Direnç, T<sub>c</sub> (kritik sıcaklık) değerinden yüksek durumlarda metallerdeki normal değişim içermektedir. Ancak sıcaklık, T<sub>c</sub> = 4,2 K değerinin altına düştüğünde cıvanın direnci sıfırlanarak süper iletken durumuna geçer. Bu önemli durumun önemini vurgulamak için şu örnek çarpıcıdır: Süper iletken oluşturmuş kapalı bir devrede bir kere akım oluşturduktan sonra, bu akımın artık **voltaj uygulanmaksızın** kararlı biçimde yıllarca devam ettiği gözlenen bir gerçektir.

Bugün binlerce süper iletken madde bilinmektedir. Bu maddelerin kritik sıcaklıkları son derece düşüktür. Süper iletkenlerin teknolojiye olan katkılarının çok fazla olması için kritik sıcaklığın yüksek olması hatta oda sıcaklığında olması istenilen durumdur. Ancak bu yüksek sıcaklığa ulaşmak kolay değildir. 2001 yılında Japonya Aoyama Gakuin Üniversitesi'nden Jun Akimitsu adındaki bir bilim adamı önderliğinde yapılan bir çalışmada magnezyum diborür adlı malzemede 40 K sıcaklığında süper iletkenliği gerçekleştirdiler. Bu sıcaklığın oda sıcaklığına göre çok düşük olmasına rağmen ilerisi için umutları arttırmıştır.

Süper iletkenliğin teknolojiye yarattığı veya yaratacağı önemli olumlu sonuçlar vardır. Bu konuda yapılan süper iletken mıknatıslar, en iyi elektromıknatısların on katı kadar etkili olabilmektedir. Süper iletken mıknatıslar enerji depolama aracı olarak düşünülmektedir. Ayrıca bu mıknatıslar, tıpta manyetik rezonans görüntüleme biçimlerinde (MR) kullanılmaktadır. Bu yöntem iç organların yüksek kalitede görüntülerinin elde edilmesini sağlama açısından X ışınlarına göre daha sağlıklıdır. Eğer oda sıcaklığında süper iletkenlik gerçekleştirilirse her doktorun ameliyatında kullanabileceği beyin ve vücut tarayıcıları olabilir. Yüksek verimli elektrikle çalışan otomobiller, trenler, daha güçlü elektrik santralleri aklımıza ilk etapta gelen örneklerdir.



Nano teknoloji birçok bilim dalını kapsamasına karşın tıp alanında oldukça çarpıcı gelişmelere imkan tanıyacaktır. Mikroskobik robotlar vücudun dolaşım sistemine girerek tanı ve tedavide çok etkili olacaktır.

**Nano Teknoloji:** Günümüzün teknolojisi, büyük oranda gözlenebilir boyutlarda ki bildiğimiz makine ve aygıtlardan oluşmaktadır. Geleceğin teknolojisinde kullanılacak malzemeler daha hafif daha sağlam ve ısıya daha dayanıklı olacaktır. Bu durumda bilim ve teknoloji alanında **nano-malzemelerden** oluşacak elektronik, enerji, tıp ve makine mühendisliği gibi sanayi dallarında etkili olacaktır. Hatta mekanik ile elektroniğin birarada olduğu **mikro-elektromekanik** sistemler günlük yaşamımızı şimdiden doldurmaya başlamıştır. Daha küçük ölçekteki nano malzemelerden oluşan ürünler ise bir süre sonra mikro-elektromekanik sistemlerin yerini alacağı kesindir.

1 nanometre 0,000000001 m (1.10<sup>-9</sup> m) dir. Yani 1 metrenin milyarda biridir. Daha somut karşılaştırma yapmak gerekirse bir golf topunun yarıçapının Dünya'nın yarıçapına oranı şeklinde ifade edilebilir. Bu boyutlardaki malzemelerle çalışan insanlar için fizik ve kimyanın klasik ilkeleri her zaman işlemez. Maddelerin nano boyuttaki özellikleri mak-

roskopik boyuttaki özelliklerinden farklı olabilmektedir. Örneğin külçe şeklindeki altın, başka maddelerle reaksiyona girmesi zor olurken, nano boyutlardaki altın tam tersi özellik gösterebilmektedir. Bu durum nanoteknolojinin ne kadar farklı bir dünya olduğunu gösteren sadece bir örnektir.

Nano – malzeme üretmek için genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlardan birincisi, yapılan malzemeyi istenilen küçük boyutlara indirmektir. Mikroçip biçiminde devreler bu şekilde elde edilir. İkinci yöntem istenilen özellikte nesnelere oluşturmaktır. Bu yöntemde kullanılan en önemli düzenek taramalı tünelleme mikroskopudur. Bu mikroskop ile gözlem yaparak malzemenin en küçük ayrıtlarına yön verilir.

Nano teknolojinin gelişmesinin önünde bir çok engeller olmasına rağmen bu konuda araştırma ve çalışma yapanlar bu engelleri birer birer aşmaktadır. Öyle ki bilim kurgu dünyasında görmeye alıştığımız düzeneklerin bir gün yapılabileceği artık hayal olmaktan çıkmaktadır. Nano teknoloji en fazla bilgisayar teknolojisini etkileyecektir. Bunun yanında tıp, inşaat, makine, çevre, havacılık alanlarında kullanılacak kadar geniş bir alanı da etkileyeceği tahmin edilmektedir.



## POPÜLER FİZİK



## ÖRNEKLİ ALIŞTIRMALAR



## Kalıcı Mıknatıs Deneyi



1933 yılında, iki Alman fizikçi Walter Meissner ve Romert Ochsenfeld, süper iletkenlerin manyetik etkisine ait önemli bir özellik keşfettiler.

Bir manyetik alana karşı manyetik alan yaratan maddelere diyamanyetik maddeler denir. Bazı maddelerde bu diyamanyetik özellik vardır. Ancak bu diyamanyetik özellik süper iletken maddelerde şiddetli biçimde bulunmaktadır. Çünkü süper iletkenler, dış manyetik alanı yok edecek kadar karşı manyetik alan üretirler. Bu olaya yukarıda bahsedilen bilim insanının adı verilerek **Meissner etkisi** olarak fizik literatürüne girmiştir.

Yukarıda resimde de görüldüğü gibi süper iletkenin üzerine konulan bir mıknatıs havada durmaktadır. Bu dengenin Meissner etkisi ile olduğunu şöyle açıklayabiliriz: Mıknatısın manyetik alanı süper iletkende bir akım indükler. Bu akım dış manyetik alanı yok edecek yönde yeni bir manyetik alan yaratır. Böylece süper iletkenin ve mıknatısın birbirlerine bakan tarafları aynı manyetik kutup şekline gelerek birbirlerini iter. Mıknatıs kendi ağırlığı kadar bir manyetik kuvvetle yukarı yönde itilir.



## Soru

Bir radyoloji uzmanı, bir insanın vücudundaki bir tümörün özelliğini öğrenmek için X ışınları kullanmaktadır.

X ışınları tüpündeki gerilim 155 kV değerine ayarlandığında oluşan X ışınlarının en kısa dalga boyu kaç pm dir?

(1 pm=1.10<sup>-12</sup> m; 1 nm=1.10<sup>-9</sup> m; hc=1240 eV.nm)



## Soru

Bir X ışınları tüpünde oluşan ışınların maksimum frekansı 0,8.10<sup>19</sup> Hz dir.

Buna göre elektronlar hangi potansiyel fark altında hızlandırılmıştır?

(h=6,62.10<sup>-34</sup> joule.saniye; e<sup>-</sup> = 1,6.10<sup>-19</sup> coulomb)



## Soru

Bir X ışınları tüpünde hızlandırılan elektronlar hedef maddesine 0,5.10<sup>6</sup> m/s lik hızla çarpmaktadır.

Elektronlar hedef maddesi içinde 1.10<sup>-12</sup> m yol alarak durduklarına göre ortaya çıkan X ışınlarının dalga boyu kaç Å dur? (1Å = 1.10<sup>-10</sup> m)

## Çözüm

$V = 155 \text{ kV}$ 'luk gerilim ile hızlandırılan elektronların kazandığı kinetik enerji, 155 keV değerindedir. Bu kinetik enerji tamamen X ışınlarındaki bir fotonun enerjisine dönüştüğü düşünülürse, oluşan ışınların dalga boyu minimum olur.

$$E_k = \frac{hc}{\lambda_{min}} \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{e.V} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{e.155000 \text{ V}}$$

$$\lambda_{min} = 0,008 \text{ nm} = 8 \text{ pm} \text{ bulunur.}$$

## Çözüm

Hızlandırılan elektronların kinetik enerjisi tamamen X ışınlarının enerjisine dönüşürse oluşan X ışını fotonlarının frekansı maksimum olur.

$$E_k = h\nu_{max} \Rightarrow e.V = h\nu_{max}$$

$$V = \frac{h\nu_{max}}{e}$$

$$V = \frac{6,62.10^{-34} . 0,8.10^{19}}{1,6.10^{-19}}$$

$$V = 33100 \text{ V}$$

bulunur.

## Çözüm

Elektronların hedef maddesi içindeki hareket süreleri bilinirse oluşan X ışınlarının frekansı:

$$\nu = \frac{1}{t_{durma}}$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada  $t_{durma}$ : elektronun hedef maddesi içindeki hareket süresidir. Buna göre önce  $t_{durma}$  süresi bulunmalıdır.  $t_{durma} = \frac{d}{\vartheta_{or}}$

bağıntısında  $d$ , elektronların aldığı yol,  $\vartheta_{or}$  ise elektronların yavaşlama esnasındaki ortalama hızıdır.

$$\vartheta_{or} = \frac{\vartheta_{ilk} + \vartheta_{son}}{2} = \frac{0,5.10^6}{2} = 0,25.10^6 \text{ m/s}$$

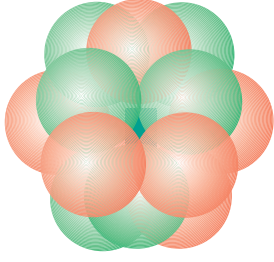
$$t_{durma} = \frac{1.10^{-12}}{0,25.10^6} = 4.10^{-18} \text{ saniye}$$

$$\nu = \frac{1}{t_{durma}} = \frac{1}{4.10^{-18}} = 0,25.10^{18} \text{ Hz}$$

Oluşan X ışınlarının dalga boyu :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.10^8}{0,25.10^{18}} = 12.10^{-10} \text{ m} = 12 \text{ Å} \text{ bulunur.}$$





Çekirdekte protonlar ve nötronlar (nükleonlar) bir arada dağınıksızın dengededir.

## ÇEKİRDEĞİN YAPISI

1930'lu yılların başına kadar atom, proton, nötron ve elektron adı verilen üç parçacıktan oluştuğu düşünülüyordu. Fakat çok geçmeden çekirdekte başka parçacıkların da olduğu saptandı. Atomun hemen hemen tüm kütlesi atoma göre çok küçük hacim kaplayan çekirdekte yoğunlaşmıştır. Çekirdeğin boyutlarının atom boyutlarına göre çok küçük kaldığını açıklamak için şöyle bir karşılaştırma, daha anlaşılır olur: Eğer atomun tüm ayrıntıları hayali olarak büyütülerek bir stadyum kadar olduğu düşünülürse, çekirdek stadyumun ortasında bir futbol topu görünümünde olur.

Çekirdeğin yarıçapı çok küçük olduğu için bu küçük uzunlukları ifade etmede **femtometre (fm)** adı verilen birim kullanılır. Femtometre, bazan ünlü fizikçi Enrico Fermi'nin anısına **fermi** olarak ifade edilir.

$$1 \text{ femtometre (fm)} = 10^{-15} \text{ metre (m)}$$

dir. Örnek olsun diye bu birimle çekirdek yarıçapı olarak, karbon atomunun ve gümüş atomunun çekirdek yarıçapları, sırasıyla yaklaşık biçimde 2,7 fm ve 5,7 fm değerinde ifade edelim.

Bütün çekirdekler belli başlı iki parçacıktan oluşur. Bunlar pozitif elektrik yüklü **proton** ve elektrik yük taşımayan **nötron** dur. Bu durumun tek istisnası tek bir protona sahip hidrojen çekirdeğidir.

Atom çekirdeğini tanımlamada aşağıdaki nicelikler kullanılır.

1. **Atom numarası (Z):** Çekirdekdeki proton sayısına eşittir.
2. **Nötron sayısı (N):** Çekirdekdeki nötron sayısına eşittir. ( $N = A - Z$ )
3. **Kütle numarası (A):** Çekirdekdeki **nükleon** (nötronlar ve protonlar) sayısına eşittir.

İçerdikleri proton ve nötron sayılarını belirtecek şekilde, çekirdeklerin sembolik olarak gösterilmesi uygun ve yaygın bir uygulamadır.

Sembol,  ${}^A_ZX$  şeklindedir. Burada X, elementin kimyasal sembolüdür. Örneğin



sembolünde kütle numarası 56, atom numarası 26 dır. Bu durumda çekirdek 26 proton ve 30 nötron içermektedir.

**Yük ve Kütle:** Protonun yükü büyüklük olarak elektron yüküne eşit fakat pozitifdir.

$$1 \text{ proton yükü} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

dur. İsminden de anlaşılacağı gibi nötron yüksüzdür.

Atom ve çekirdek fiziğinde kütle birimi,  ${}^{12}\text{C}$  atom kütlelerinin 1/12'si olarak tanımlanır. Buna **atomik kütle birimi** denir ve **u** ile gösterilir. Böyle bir kütle standardı ile kütleler duyarlı biçimde ifade edilir. u ile kg arasındaki ilişki:

$$1 \text{ u} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

dır.

Atomdaki belli başlı üç parçacığın kütleleri ise şöyledir:

$$\text{Proton'un kütlesi} = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,007238 \text{ u}$$

$$\text{Nötron'un kütlesi} = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,008629 \text{ u}$$

$$\text{Elektron'un kütlesi} = 9,10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,000549 \text{ u}$$

Hafif çekirdekte proton sayılarının nötron sayılarına oranı 1/1 iken; ağır çekirdekte bu oran 1/1,6 kadar olmaktadır. En basit atom olan hidrojen çekirdeğinde  $Z = 1$ ,  $N = 0$  dır. Karbon çekirdeği için  $Z = 6$  ve  $N = 6$  iken daha ağır olan uranyum çekirdeğinde  $Z = 92$ ,  $N = 146$  dır.

Proton sayıları eşit nötron sayıları farklı olan çekirdeklere **izotop**, nötron sayıları eşit olan çekirdeklere **izoton**, nükleon sayıları eşit olan çekirdeklere de **izobar** denir.

## ÇEKİRDEK KUVVETLERİ

Çekirdekte, nötron ve protonların sıkı bir şekilde birarada bulunmaları şaşırtıcı gelebilir. Çünkü aynı elektrik yüküne sahip protonlar arasında elektriksel itme kuvveti vardır. Bu itme kuvveti etkisinde çekirdek içindeki parçacıkların dağılması beklenir. Bu parçacıkların dağılmasını engelleyen kuvvete **güçlü çekirdek kuvveti** (yeşil kuvvet) denir. Bu kuvvet çok kısa menzildir (yaklaşık 2 fm). Nükleonlar arasındaki bu kısa erimli kuvvetler **yeşil etkileşim**den doğar. Bu etkileşim çekirdeği birarada tutan öyle bir kuvvettir ki protonlar arası oluşan elektriksel kuvveti yenecek güçtedir. Güçlü çekirdek kuvveti elektrostatik kuvvetten çok farklıdır. İki proton arasında, iki nötron arasında ve bir proton ile bir nötron arasında birbirlerini çekici karakterde ve eşit biçimde oluşur.

Doğada yaklaşık 400 adet kararlı çekirdek vardır. Yüzlerce de kararsız çekirdek gözlenmiştir. Hafif çekirdekler eşit sayıda nötron ve proton içeriyorsa yani  $Z = N$  ise daha kararlıdır. Ayrıca  $Z = 20$  üstündeki ağır çekirdekte nötron sayısı proton sayısına nazaran daha büyük olduğunda kararlılık artar. Çünkü proton sayısı arttıkça itici elektriksel kuvvet artacaktır. Nötronlar sadece çekici kuvvete neden olduklarından kararlılık için daha çok nötrona gereksinim vardır. Ancak bu denge sınırsız değildir. Büyük  $Z$  değerleri için protonlar arası itici kuvvet daha çok sayıda nötron sayısı ile dengelenemez. Bu olay  $Z = 83$  sayısı ile sınırlıdır.  $Z = 83$  den daha fazla proton içeren çekirdek kararlı değildir. İşte kararsız çekirdekte taneciklerin parçalanıp başka taneciklere dönüşmesi esnasında ortaya çıkan başka bir çekirdek kuvveti vardır. Bu kuvvete **zayıf çekirdek kuvveti** denir. Kısa menzilli kuvvettir (yaklaşık  $10^{-3}$  fm).

## Bağlanma Enerjisi

Genel olarak tüm kararlı **çekirdeklerin ölçülen kütleleri, çekirdekleri meydana getiren nötron ve protonların kütlelerinin toplamından yani ( $Zm_p + Nm_n$ ) toplamından daha azdır**. Aradaki kütle farkı özel görelilik teorisine göre bir enerjiye karşılık gelir. Bu enerji nötron ve protonları çekirdek içinde tutan **bağlanma enerjisi** dir. Kütle farkı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\text{çek}}$$

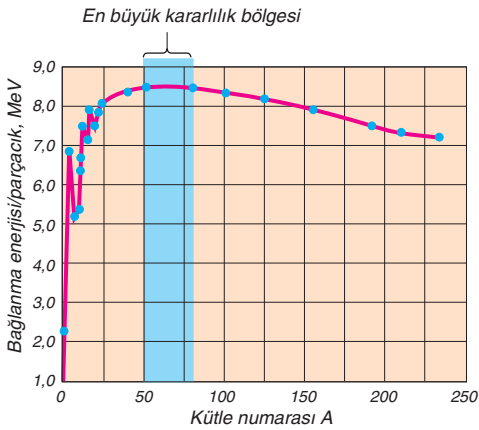
Burada  $m_p$  : proton kütlesi,  $m_n$  : nötron kütlesi ve  $M_{\text{çek}}$  : çekirdeğin gerçek kütlesi

Görelilik kuramı, kütle farkının çekirdeğin toplam bağlanma enerjisine eşdeğer olduğunu söyler. Buna göre;

$$\text{Toplam bağlanma enerjisi} = E_b = (\Delta m)c^2$$

dir. Bu ifade aynı zamanda görelilik teorisinin bir kez daha kanıtlanması anlamına da gelir. Bağlanma enerjisi ne kadar büyükse çekirdeği parçalamak için gerekli enerji o kadar büyüktür.

Yandaki grafik, nükleon başına bağlanma enerjisi  $A$ 'nın fonksiyonu olarak çizilmiştir. Bu eğriden  ${}^4\text{He}$  çekirdeğinin nükleon başına düşen bağlanma enerjisinin çok yüksek olduğu, yani "He'nin çok kararlı olduğu görülür.  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ 'dan sonra ise  $E_b/A$ , hemen hemen sabit kalmaktadır. Bu demir izotopu, bir nükleonunu koparmak için en büyük enerjiye ihtiyaç duyduğu için en kararlı çekirdektir.



Nükleon başına bağlanma enerjisinin, kütle numarasına bağlı olarak değişimi

Grafikten anlaşıldığına göre kütle numarası 60 dan büyük ve 60 dan küçük çekirdekler, periyodik cetvelin orta kısmındaki çekirdeklere göre daha az kararlıdır.



Atom ve çekirdek fiziğinde 1 atomik kütle birimi olan  $u$  değerinin ne kadarlık enerjiye eşdeğer olduğunun bilinmesi hesaplarda kolaylık sağlar. Bu değer :

$$\Delta m = 1u = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\Delta mc^2 = 1,492 \cdot 10^{-10} \text{ J} = \mathbf{931,5 \text{ MeV}} \text{ dir.}$$



### Örnek

${}^4_2\text{He}$ 'nin atomik kütlesi 4,002604 u olarak verilmektedir.

- a) Helyum çekirdeğinin bağlanma enerjisi kaç MeV değerindedir?  
b) Nükleon başına bağlanma enerjisi kaç MeV/nükleon olur?

(1 atomik kütle biriminin enerji olarak eşdeğeri:

$$931,5 \text{ MeV/u}; m_p = 1,007276 \text{ u}; m_n = 1,008665 \text{ u}; m_e = 0,000549 \text{ u})$$

### Çözüm

Önce birbirinden ayrılmış durumda nükleonların toplam kütlesi bulunur.

$$\begin{aligned} m_{\text{toplam}} &= 2m_p + 2m_n \\ &= 2(1,008665 \text{ u} + 1,007276 \text{ u}) \\ &= 4,031882 \text{ u} \end{aligned}$$

Helyum'un çekirdek kütlelerini bulmak için atomik kütlelerden iki elektronun kütlelerinin farkı alınmalıdır.

Helyum'un çekirdek kütlesi:

$$4,002604 \text{ u} - 2(0,000549) = 4,001506 \text{ u} \text{ bulunur.}$$

Buna göre kütle farkı:

$$\Delta m = 4,031882 \text{ u} - 4,001506 \text{ u} = 0,030376 \text{ u} \text{ elde edilir.}$$

Çekirdekteki bağlanma enerjisini bulurken 1 u değerine karşılık gelen 931,5 MeV değeri ile çarpılır.

$$E_b = (0,030376 \text{ u}) (931,5 \text{ MeV/u}) = 28,29 \text{ MeV} \text{ bulunur.}$$

$$\mathbf{b) \frac{E_b}{A} = \frac{28,29 \text{ MeV}}{4} = 7,07 \text{ MeV/nükleon}}$$

## RADYOAKTİFLİK

Radyoaktif maddeden yayınlanan üç tip radyasyon vardır. Alfa ( $\alpha$ ) bozunmasında alfa parçacıkları yayınlanır. Alfa parçacıkları  ${}^4_2\text{He}$  çekirdekleridir. Beta ( $\beta$ ) bozunmasında ya elektron ya da pozitron yayınlanır. Pozitron tüm özellikleriyle elektrona benzeyen bir parçacıktır (elektronun karşıt maddesi) Sadece elektrik yükü farklıdır, +e yüküne sahiptir.  $e^-$  ve  $e^+$  sembollerini sırasıyla beta bozunumunda yayınlanan elektron ve pozitronu sembolize ederler. Üçüncü radyasyon Gamma ( $\gamma$ ) ışınlarıdır. Bu ışınlar yüksek enerjili fotonlardır.

Çekirdekte yer alan nükleonlar (proton ve nötron) zıt iki tür kuvvetin etkisindedir. Bu kuvvetlerden birisi çekici "güçlü çekirdek kuvveti", diğeri ise protonların aynı işaretli olmasından doğan itici "coulomb kuvveti"dir. Nötronlara göre dengesiz çok sayıda protonun çekirdekte olması çok büyük itici kuvvet oluşturur ki böyle bir durumda kararlılığın olmayacağı açıktır: Ayrıca nötron sayısının proton sayısına oranı arttıkça kararsızlık da artar. Periyodik cetvelin sonunda bulunan atomlara doğru gidildikçe kararsızlığın arttığı görülür. En ağır kararlı çekirdek olarak  ${}^{207}_{83}\text{Bi}$  bilinir. Bundan daha ağır çekirdekler kararsızdır.

Bu kararsız çekirdekler kararlı olmak ve daha düşük enerjili hale gelmek için  $\alpha$  ve  $\beta$  olan yüklü parçacıkları ve  $\gamma$  ışınlarını yayınlar. Bu olaya **radyoaktiflik** ya da **radyoaktif bozunma** denir. Kararlı çekirdekler de dışardan uyarılarak yapay radyoaktif çekirdek haline getirilebilirler. Kendiliğinden  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  radyasyonları yayınlayan çekirdeklere **doğal radyoaktif çekirdekler** denir.

**Doğal radyoaktif çekirdek bir  $\alpha$  parçacığı yayınladığında kütle numarası 4 birim ve atom numarası 2 birim azalır.** Bunun sonucunda yeni bir radyoaktif çekirdek oluşur.

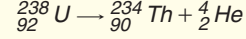


### Örnek

Uranyum serisinde  ${}_{92}^{238}\text{U}$  izotopu bir  $\alpha$  parçacığı yayınlamak başka bir radyoaktif çekirdek olan Toryum izotopuna dönüşmektedir. Bu dönüşüme ait nükleer reaksiyon denklemini yazınız?

### Çözüm

${}_{Z}^A\text{U}$  izotopunda A'dan 4, Z'den 2 eksilir.



**Not:**  $\alpha$  parçacıkları  ${}_2^4\text{He}$  çekirdekleridir.

**Doğal radyoaktif çekirdek bir  $\beta$  parçacığı yayınladığında oluşan çekirdeğin atom numarası 1 artar, ancak kütle numarası değişmez.** Çünkü  $\beta$  parçacığının kütlesi çekirdeğin kütlesi yanında son derece küçüktür. İlk çekirdekle oluşan çekirdek bir izobar çifti oluşturur.



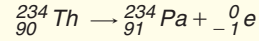
### Örnek

Uranyum serisinin izotopu olan toryum ( ${}_{90}^{234}\text{Th}$ ),  $\beta$  parçacığı yayınlamak protaktinyum çekirdeğine dönüşür.

Bu dönüşüme ait nükleer reaksiyon denklemini yazınız.

### Çözüm

${}_{Z}^A\text{Th}$  izotopunda  $\beta$  yayınlanırsa A değişmez Z, 1 artar.



**Not:**  $\beta$  parçacıkları elektronlardır.

Doğada var olan radyoaktif çekirdeklerin hemen hemen tümü atom numarası 81 ile 92 arasındaki bölgede bulunur. Dört doğal radyoaktif çekirdek serisi vardır. Bunlar Uranyum serisi, Toryum serisi, Aktinyum serisi ve Neptünyum serisidir. Neptünyum serisinin izotopları tükenmiştir.

Tüm doğal radyoaktif seri uzun ömürlü bir izotopla başlar,  $\alpha$  ve  $\beta$  parçacıklar yaparak sonuçta kararlı bir kurşun izotopu ile son bulur.

Kararlı durumda olan bazı çekirdekler proton, nötron,  $\alpha$  ve  $\beta$  parçacıkları veya fotonlarla bombardıman edilerek uyarılırlar. Uyarılan bu çekirdekler radyoaktif bozunmaya uğrarlar. Böyle çekirdeklere **yapay radyoaktif çekirdek** denir.

## Radyoaktif Bozunma Yasası

Radyoaktif bir elementin zamanla aktivitesi azalır. Bu azalma esnasında maddeyi meydana getiren atomlar tek tek radyasyon yayarak daha küçük çekirdeklere dönüşür. Madde içindeki atomların ne zaman değişime uğrayacağı önceden kestirilemez. Ancak çok sayıdaki atom topluluğunda diyelim ki 1 saniyede bozunan ortalama atom sayısı belirlenebilir.

Bir radyoaktif madde içinde t anında N tane atomun olduğunu düşünelim. Bu atomlardan dt gibi çok küçük bir zaman diliminde bozunmaya uğrayacak ortalama atom sayısı dN olsun. Bir radyoaktif izotopun birim zamanda bozunan atom sayısına bu atomun **aktifliği** denir. dN/dt ile gösterilir.



Bu parıldayan saatin akrep, yelkovan ve sa-yıları fosforesent madde ile karışık çok az miktarda radyum içerir. Radyumun radyoaktif bozunması, saatin karanlıkta parıldama sonucunu görünmesine neden olur.



İZOTOP	YARI ÖMÜR
Uranyum – 238	4.51 milyar yıl
Radyum – 226	1622 yıl
Aktinyum – 227	21,6 yıl
Berkelyum – 249	314 gün
Polonyum – 210	138 gün
Radon – 222	3,8 gün
Fermiyum – 251	7 saat

Bazı radyoaktif izotopların yarı ömür süreleri



Bir Geiger sayacı, radyoaktiflik düzeyleri için çok duyarlı bir test aracıdır.

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

Bağıntıdaki (–) işareti, maddedeki atom sayısı olan  $N$  değerinin zamanla azaldığını göstermektedir. Orantı katsayısı olan  $\lambda$  **bozunma sabiti** olarak adlandırılır. Her radyoaktif izotopun kendine özgü bozunma sabiti vardır. Yukarıdaki bağıntı,

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \Rightarrow N = N_0 e^{-\lambda t}$$

şekline dönüşür. Burada  $N_0$ ,  $t = 0$  anında var olan atomların sayısını,  $N$  ise  $t$  anında bozunmamış atom sayısını ifade eder. Yukarıdaki bağıntı, radyoaktif çekirdek sayısının zamanla üstel olarak azaldığını göstermektedir.

Bir radyoaktif çekirdeğin bozunma hızı'na  $R$  denirse, bu bozunma hızı,

$$R = \frac{dN}{dt} = N_0 \lambda e^{-\lambda t} = R_0 e^{-\lambda t}$$

dir. Burada  $R_0 = N_0 \lambda$  dir.  $t = 0$  anındaki bozunma hızı,

$$R = \lambda N$$

şeklinde yazılır. Bu  $\lambda N$  bozunma hızına **aktivite** denir. Kararsız çekirdeklerin sayısı fazla ve bozunma sabiti büyükse (yaşam süresi), aktivite yüksektir.

Yukarıdaki bağıntılarda, bozunma hızı olarak tanımlanan aktiflik birimi **curie (ci)** dir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$1 \text{ ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ parçalanma/s}$$

Bu birim, orijinal aktiflik birimi olarak seçilmiştir. Yaklaşık olarak 1 g radyumun aktifliğine eşittir. Aktifliğin (SI) birim sistemindeki birimi **becquerel (Bq)** dir.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ parçalanma/s}$$

Buna göre,

$$1 \text{ ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

şeklinde yazılır.

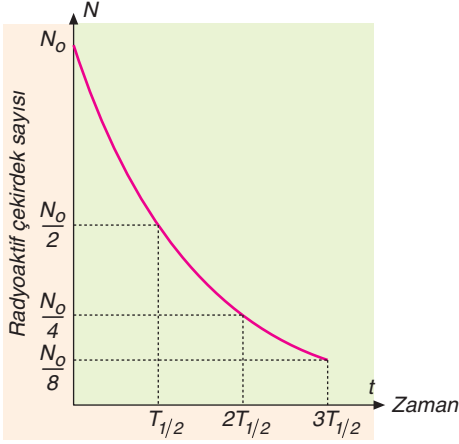
## Yarı Ömür

Belli bir çekirdeğin bozunmasını ifade eden başka bir parametre de **yarı ömür** ( $T_{1/2}$ ) dir. Yarı ömür aşağıdaki gibi tanımlanır.

**Bir radyoaktif maddenin yarı ömrü, belli sayıdaki çekirdeklerin bozunarak sayılarının yarıya inme süresidir.**

$N = N_0 e^{-\lambda t}$  bağıntısında  $N = \frac{N_0}{2}$  ve  $t = T_{1/2}$  yazılarak her iki tarafın tersini aldıktan sonra  $N_0$  çarpanı sadeleştirilerek  $e^{\lambda T_{1/2}} = 2$  elde edilir. Her iki tarafın logaritması alındığında aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$



Bu bağıntı yarı ömür ( $T_{1/2}$ ) ile bozunma sabiti olan ( $\lambda$ ) arasındaki ilişkiyi içerir.

Bir yarı ömür süresi sonunda, tanım gereği  $\frac{N_0}{2}$  adet radyoaktif çekirdek kalır. İki yarı ömür süresi sonunda ise bunu yarısı bozunur geriye  $\frac{N_0}{4}$  adet radyoaktif çekirdek kalır. Üç yarı ömür sonunda  $\frac{N_0}{8}$  adet çekirdek kalır. Yandaki grafikte radyoaktif çekirdek sayısının zamana bağlı grafiği verilmiştir.



### Örnek

Karbon – 14 ( $^{14}_6\text{C}$ ) radyoaktif çekirdeğin yarı ömrü 5730 yıldır. 1000 adet  $^{14}_6\text{C}$  çekirdeğinden 22920 yıl sonra bozunmadan kalan çekirdek sayısı kaçtır?

### Çözüm

5730 yıl sonra  $\frac{N_0}{2} = 500$  adet bozunmamış çekirdek kalacaktır. Bunu izleyen 5730 yılda ise  $\frac{N_0}{4} = 250$  adet çekirdek kalır. Bu arada geçen sürenin  $5730 + 5730 = 11460$  yıl olduğuna dikkat edilmelidir. Tekrar 5730 yıl daha zaman geçerse (Toplam geçen zaman  $11460 + 5730 = 17190$ )  $\frac{N_0}{8} = 125$  çekirdek kalır. Bir 5730 yıl sonra  $\frac{N_0}{16} = 62,5$  adet çekirdek kalır ki bu arada geçen süre 22920 yıl olmuştur.



Buz adam, İtalyan buzulları, onu açığa çıkarmak için yeterince ısındığı 1911 de keşfedildi. Karbon-14 yaş tayini, bu adamın 5300 yıl önce yaşamış olduğunu açığa çıkardı.

(Palme, Paul Hanny/Gamma Liaison)

## Radyoaktif Yaş Tayini

Radyoaktivitenin en önemli uygulamalarından biri de, eski çağlardan günümüze kalan maddelerin yaşlarının belirlenmesidir. Bu yaş belirlemede Karbon izotopları kullanılır. Ancak karbon izotoplarını kullanarak 10 bin yıldan daha eski kalıntıların yaşı belirlenemez. Daha eski zamanlara ait maddeler, örneğin Dünya'nın yaşı ile ilgili radyum, uranyum ve helyum kullanılır.

Odon, kemik gibi bir zamanlar canlı olan maddelerin yaşlarını bulmak için, bilim insanları radyoaktif izotop olan karbon – 14'den hareketle **radyokarbon yaş tayini** adı verilen bir teknik kullanırlar. Yarı ömrü 5730 yıl olan bu izotop, atmosferdeki atomlarının uzaydan gelen kozmik ışınlar tarafından bombardıman edilmesi sonucu dünya üzerinde sürekli olarak üretilir. Radyoaktif karbon kimyasal olarak karbon-12 ile aynı özellikleri taşıdığından, tüm canlılar bu iki izotopu belirli oranlarda taşırlar. Bu oran, yani karbon-14'ün karbon-12'ye oranı ortalama olarak  $1,3 \cdot 10^{-12}$  civarındadır. Fakat örneğin bir ağaç öldüğünde, içindeki karbon miktarı yenilenmez; ancak mevcut karbon-14 atomlarının 5730 yıl yarı ömürle bozunmaları devam eder. O halde zamanla karbon-14 ün karbon-12'ye olan oranı azalır ve böylece gram başına düşen aktivitede değişim olur. Bu olay ağacın ölmünden bu yana geçen zamanı belirlemede kullanılır.



## POPÜLER FİZİK

## Radyoaktiflikten Yararlanma

Bilindiği gibi radyoaktif maddeler atom bombasının yapımında kullanılır ama bu maddelerin bilim, tıp ve sanayide insanların yararına kullanıldıkları alanlar da vardır. Örneğin gamma ışınları insan vücudunun derinliklerine kadar işleyebilir ve belirli türden canlı hücreleri yok edebilir; işte gamma ışınlarının bu özelliklerinden yararlanarak, vücuttaki istenmeyen hücre çoğalmalarının önüne geçilebilir ve örneğin bazı kanser türleri tedavi edilebilir. Ama ışınlar sağlıklı hücreleri de yok eder, onun için tedavinin büyük bir dikkatle yürütülmesi gerekir.

Radyoaktif atomlar, maddelerin "etiketlenmesinde" de kullanılabilir; bunun için maddedeki bazı normal atomlar çıkarılarak bunların yerine radyoaktif atomlar yerleştirilir ve bu atomların çıkardığı ışı- nımdan yararlanılarak madde izlenir. Tıpta bu yöntem, hangi maddenin vücudun hangi bölümüne gittiğini saptamak için (örneğin yeni bir ilaç denenirken) kullanılır. Radyoaktif etiketleme- den, kimya ve biyokimyada mole- küllerin kimyasal tepkimelere katılım aşamalarını ve süreçlerini izlemek için yararlanılır.

Sanayide, metal parçalarda her- hangi bir yarı, çatlak ve kusur, özellikle de kaynak kusuru olup ol- madığını saptamak için başvuru- lan fotoğraf çekimlerinde X ışınları yerine kobalt 60 gibi rad- yoaktif izotopların çıkardığı gamma ışınımı kullanılır. Yüksek enerjili gamma ışınlarıyla hasta- nelerdeki sağlık gereçleri sterilize edilebilir, yani mikroplardan arın- dırılabilir, ayrıca besinlerin saklan- masında gene bu tür ışınlardan yararlanılabilir (Temel Britannica Ana yayıncılık A.Ş sayı 95 1990).



## ÖRNEKLİ ALIŞTIRMALAR



## Soru

Polonyum izotopu olan  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ ,  $\alpha$  ışınması yaparak Pb çekirdeğine dönüşmüştür. Bu dönüşümün denklemini yazınız.



## Soru

Radyoaktif  ${}_{8}^{19}\text{O}$  izotopu  $\beta$  ışınması yaparak kararlı F izotopuna dönüşmüştür. Bu dönüşüm denklemini yazınız.



## Soru

Yarı ömrü 30 saniye olan bir radyoaktif maddede  $5 \cdot 10^{12}$  tane atom vardır.

- Buna göre, ilk 1 saniyede bozunun atom sayısı kaçtır?
- 100 saniye sonra kalan atom sayısı kaçtır?

**Yol gösterme:**  $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$  bağıntısından

$t = 100$  yazılarak sonuca gidilmelidir. Ancak daha kolay bir yol olarak aşağıdaki bağıntı da kullanılabilir.

$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n}$  Burada,  $n = \frac{t}{T_{1/2}}$  olarak yerine yazılır.

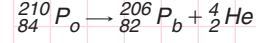


## Soru

Aynştanyum  $-253$  radyoaktif izotopun yarı ömrü 20 gündür. 1200 Aynştanyum  $-253$  çekirdeğinden 80 gün sonra bozunmadan kalan çekirdek sayısı kaçtır?

## Çözüm

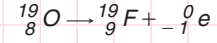
$\alpha$  ışınmasında radyoaktif elementin atom numarası 2, kütle numarası 4 azalır.



## Çözüm

$\beta$  ışınması kararsız çekirdeklerin elektron fırlatmasıdır (çekirdekdeki nötronlardan biri proton ve elektrona parçalanır, proton çekirdekte kalır elektron dışarı fırlatılır).

$\beta$  ışınmasında nötron sayısı 1 azalır proton sayısı 1 artar.



## Çözüm

a) Birim zamanda bozunun atom sayısı

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 \text{ dir.}$$

$$N_0 = 5 \cdot 10^{12} \text{ tane olduğu biliniyor.}$$

Önce  $\lambda$  bozunma sabitini bulalım.

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{30} = 2,31 \cdot 10^{-2} \text{ 1/s}$$

1 saniyede bozunun atom sayısı,

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= \lambda N_0 = 2,31 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{12} \\ &= 11,55 \cdot 10^{10} \text{ atom/saniye} \end{aligned}$$

b)  $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n} = \frac{1}{2^{100/30}} \Rightarrow N \approx 0,5 \cdot 10^{11}$  tane

## Çözüm

Geçen yeni ömür süresi	Bozunmadan kalan çekirdek sayısı
20 gün	$\frac{1200}{2} = 600$
20 gün	$\frac{600}{2} = 300$
20 gün	$\frac{300}{2} = 150$
+ 20 gün	$\frac{150}{2} = 75$
80 gün	

Geçen toplam 80 günde bozunmadan kalan çekirdek sayısı 75 dir.



## NÜKLEER ENERJİ



Atom bombası insanlığın yüzkarasıdır.

Bir atom çekirdeğinde bazı değişikliklere yol açan bir tepkimede açığa çıkan enerjiye **nükleer enerji** denir. Nükleer enerji oluşturmak için iki teknik kullanılır. Bu teknikler fisyon ve füzyondur. Fisyon, büyük kütleli bir çekirdeğin daha küçük iki çekirdeğe bölünmesidir. Füzyon ise iki hafif çekirdek, daha ağır bir çekirdek oluşturmak için birleşmesi olayıdır. Her iki durumda da enerji açığa çıkar. Bu enerji, ya bombalar şeklinde insanlığa zararlı ya da örneğin, elektrik enerjisi üreterek insanlığa yararlı olarak kullanılabilir.

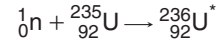
### Fisyon

Nötron'un keşfinden hemen sonra (1930), bu yüksüz parçacıkların nükleer reaksiyonlar meydana getirmek için kullanılabileceği anlaşıldı. Yükleri olmadığı için bir çekirdeğin içine kolayca girebilirler.

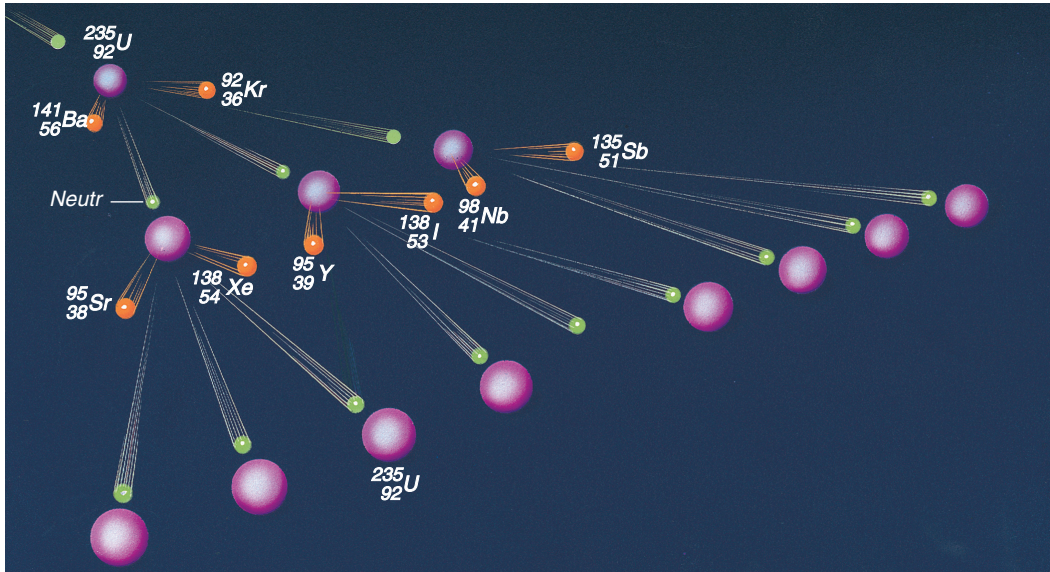
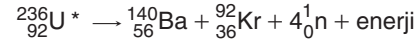
1934 yılında, Enrico Fermi adındaki bilim adamı uranyumu, nötronla bombardıman ederek uranyumun önce nötronları yakaladığını ve sonra da  $\beta$  parçacığı yayınlarak kararsız bir ürün oluşturduğunu tespit etti. Daha sonra Fermi'nin çalışmalarını geliştiren Otto Hahn ve Fritz Strassman ile Lise Meitner ve Otto Frisch 1939 yılında uranyumu nötronlarla bombardıman ederek yaklaşık eşit kütleli iki çekirdeğe bölündüğünü ve üç nötron ile enerjinin açığa çıktığını belirlediler. Bu bölünme olayına **fisyon (çekirdek bölünmesi)** adı verilir.

Bu ünitenin "çekirdekte bağlanma enerjisi" kısmında görüldüğü gibi çekirdek bölünmesi esnasında oluşan çekirdeklerin toplam kütlesi, ilk durumdaki ana çekirdeğin külesinden azdır. Kütleler arasındaki bu farka kütle eksikliği ( $\Delta m$ ) denir. Kütle enerjisinin  $c^2$  ile çarpımını ( $\Delta mc^2$ ) fisyon esnasında açığa çıkan enerjinin sayısal değerini verir.

Fisyon olayında ilk adım bir nötron'un  ${}^{235}_{92}\text{U}$  çekirdeği tarafından yakalanmasıdır.

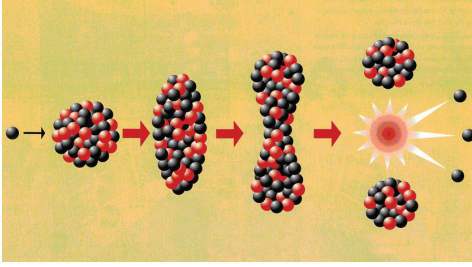


Oluşan  ${}^{236}_{92}\text{U}^*$  çekirdeği çok kısa bir süre sonra ( $10^{-12}$  saniye) bozunuma uğrayarak aşağıdaki etkileşme gerçekleşebilir. Elde edilen sonuç birçok olasılıktan sadece bir örnektir.



Bir fisyon zincir reaksiyonu





Nükleer Filyon

$^{235}_{92}\text{U}$  çekirdeğine bir nötron girerek bir filyon olayı gerçekleştiğini ve üç nötron çıktığı düşünülürse bu üç nötron üç tane daha  $^{235}_{92}\text{U}$  çekirdeğinin parçalanmasına neden olur. Bu parçalanmadan  $3^2 = 9$  tane nötron çıkar. Bu nötronla benzer şekilde başka çekirdekleride parçalayarak **zincir reaksiyonu** yaratır. Sonuçta büyük bir enerji açığa çıkar. Yukarıdaki şekil böyle bir zincir reaksiyonu göstermektedir. Filyon olayını gerçekleştirmek için en elverişli çekirdekler  $\text{U}^{235}$ ,  $\text{U}^{238}$ ,  $\text{U}^{233}$  ve  $\text{Pu}^{239}$  izotoplarıdır.

Filyon zincir reaksiyonu nükleer **reaktör**'lerin çalışma sisteminin temelini oluşturur. Reaktörde süreklilik gösteren ancak patlayıcı olmayan bir zincir reaksiyonunu sürdürmek için, her bir filyon ancak bir diğer filyona neden olmalıdır. Çünkü bir den fazla olursa reaksiyon patlayıcı olur. O nedenle bir nükleer reaktörde zincirleme reaksiyon bu şekilde denetim altına alınabilir. Bu tür ilk reaktörü 1942 yılında ABD'li fizikçi Enrico Fermi, Chicago Üniversitesinde kurdu.

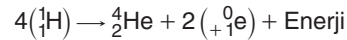
Zincirleme filyon reaksiyonu denetimsiz bir reaksiyon şeklinde olmazsa patlama oluşturan bomba şekline dönüşür. Atom bombası bu şekilde zincirleme filyon reaksiyon sonucunda patlama amacıyla yapılmıştır. Ne yazık ki ilk kez ABD tarafından 6 Ağustos 1945'te ilk atom bombası Japonya'nın Hiroşima şehrine atılarak çok sayıda insanın ölmesine neden olmuştur.

1986 Ukrayna Chernobyl reaktör kazası ile 2011 yılında Japonya'nın Fukuşima nükleer santralinde tsunami nedeniyle oluşan nükleer reaktör kazası, haklı olarak dikkatleri reaktör güvenliği ve nükleer enerjinin kullanımındaki risklere toplamıştır. Son yıllarda Dünya'mızın bir nükleer felakete karşılaşmaması için uluslararası boyutta gerekli önlemler ve çalışmalar yapılmaktadır.

## Füzyon

Filyon olayında ağır bir çekirdek daha hafif iki çekirdeğe bölünürken enerji meydana çıkar. Hafif iki çekirdek de uygun koşullarda birleştirildiğinde yine enerji açığa çıkmaktadır. Bu olaya **füzyon** adı verilir. Evrendeki Güneş ve yıldızların enerjileri bu tip füzyon reaksiyonlarından oluşur.

Güneş ve yıldızların enerji kaynağı füzyon reaksiyonu olmasına rağmen, bu reaksiyon dünya üzerinde sürekli bir enerji kaynağı olarak henüz gerçekleştirilememiştir. Buradaki güçlük, içerdikleri protonlar nedeniyle pozitif elektrik yüklü iki çekirdeğin birbirini itmesi ve bir araya çok güç getirilebilmelerinden kaynaklanır. Bu güçlüğü aşmak için gaz halindeki yakıtı milyon santigrat derece düzeyine çıkacak şekilde ısıtmaktır. Eğer bu gerçekleşirse madde elektriksel olarak nötr durumda olan parçacıklardan oluşan plazma şekline dönüşür. Güneş ve yıldızlar plazma halindedir. Plazma içinde büyük hızlarla hareket eden çekirdekler çarpışarak füzyonu oluştururlar. Çok yüksek sıcaklık etkisiyle Güneşteki 4 hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeği oluştururken iki pozitronla ( ${}_{+1}^0\text{e}$ ) birlikte çok büyük bir enerji açığa çıkar.



Filyon olayında olduğu gibi füzyonda da kontrollü şekilde enerji yaratılabilirse füzyon, son derece büyük enerji kaynağıdır. Ancak uygun koşullarda füzyon için gerekli plazmanın yüksek sıcaklık ve basınçta bir kabın içine konulması gerekir. Plazmanın kap ile teması sağlanmayacak biçimde teknikler geliştirilmelidir. Bu tekniklerin geliştirilmesi oldukça güçtür.

Eğer füzyon reaksiyonları güvenli biçimde gerçekleştirilebilirse, geleceğin füzyon reaktörleri çok az nükleer yakıt gereksinim gösterecek ve o ölçüde de az atık üretecektir. Bu konuda çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte bir füzyon reaktörü gerçekleşirse Dünya'nın enerji problemine büyük bir katkı sağlayacağı açıktır.

**KAVRAMSAL SORULAR**

1. X ışınlarının oluşumu ile fotoelektrik olayın oluş biçimini karşılaştırınız.
2. Hızlandırılan elektronların kinetik enerjileri daha büyük yapılırsa X ışınlarının hangi özelliklerinde artış olur.
3. X ışınlarının oluşumunda metal hedef üstünde elektronların durma süresi daha kısa olursa ışınların hangi özellikleri nasıl değişir?
4. X ışını kristalografisi nedir?
5. Kristal katıların yapısal özellikleri nelerdir?
6. Sıvı kristallerinin kullanılma alanlarından iki tanesini yazınız.
7. Yarı iletken nedir? Açıklayınız.
8. Süper iletkenlik nedir? Açıklayınız.
9. 1 femtometrenin metre olarak karşılığı nedir?
10. Çekirdekte bağlanma enerjisi nedir? Açıklayınız.
11. Fisyon nedir? Açıklayınız.
12. Füzyon nedir? Açıklayınız.

**BOŞLUK DOLDURMA**

1. X ışınları ..... küçük elektromanyetik dalgalarıdır.
2. Katılar, atom gruplarının dizilişi ve simetri özelliğine göre ..... ve ..... olarak ikiye ayrılır.
3. Elektronlar bir atomdan diğerine aktarılma maksızın ortaklaşa kullanılmasından doğan bağa ..... denir.
4. Katı ile sıvı arasındaki maddenin ilk erime sonrası haline ..... denir.
5. Ne tamamen iletken ne de tamamen yalıtkan olan maddelere ..... denir.
6. Bazı elementlerin çok düşük sıcaklıkta elektrik akımına karşı tüm direnci sıfırlanır. Bu şekilde olan iletkenlere ..... denir.
7. Bazı maddelerin düşük sıcaklıklarda elektrik akımına karşı dirençlerinin sıfır olduğu sıcaklık derecesine ..... denir.
8. Transistörler arsenikle güçlendirilmiş ..... maddeden yapılmışlardır.
9. Kütle numarası çekirdekteki ..... sayısına eşittir.
10. Atom numarası çekirdekteki ..... sayısına eşittir.
11. Kararlı çekirdekteki proton ve nötronların toplam kütleleri, çekirdeğin külesinden ..... dır.
12. Çekirdek bir  $\alpha$  parçacığı yayınladığında atom numarası ..... birim azalır.

**DOĞRU YANLIŞ**

1. X ışınlarının madde içinden geçme özellikleri vardır.
2. X ışınlarının dalga boyu görünür ışığın dalga boyundan büyüktür.
3. X ışınları elektrik ile yüklüdür.
4. Sıvı kristalleri, katı kristallerin sıvı haline dönüşmüş şeklidir.
5. Silisyum ve germanyum yarı iletkenler sınıfındadır.
6. En iyi süper iletkenler altın, bakır ve gümüşdür.
7. Yarı iletkenlerin sıcaklığı arttığında iletkenliği artar.
8. Süper iletken hale gelen her maddenin kritik sıcaklığı aynıdır.
9. Süper iletken maddelerin kritik sıcaklığı kimyasal bileşime bağlı değildir.
10. Nükleon sayısı, proton ve elektron sayısı toplamıdır.
11. Proton sayısı 83 den büyük kararlı çekirdek yoktur.
12.  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  ışınları elektromanyetik dalgadır.
13. Radyoaktif çekirdek  $\alpha$  ışınması yaptığında kütle numarası 4 birim azalır.



## KAVRAMSAL SORULAR



- X ışınlarının oluşumu ile fotoelektrik olayın oluş biçimini karşılaştırınız.  
*Hızlandırılan elektronların metal yüzeyden X ışınları çıkarır. Fotoelektrik olay ise ışınların metal yüzeyden elektron koparmasıdır.*
- Hızlandırılan elektronların kinetik enerjileri daha büyük yapılırsa X ışınlarının hangi özelliklerinde artış olur.  
*Frekansında ve enerjisinde artış olur.*
- X ışınlarının oluşumunda metal hedef üstünde elektronların durma süresi daha kısa olursa ışınların hangi özellikleri nasıl değişir?  
*Frekansı daha yüksek olur.*
- X ışını kristalografisi nedir?  
*X ışınları ile bir maddenin kristal ve molekül yapısını incelemek için kullanılan yöntemdir.*
- Kristal katıların yapısal özellikleri nelerdir?  
*Atom, iyon veya moleküller düzgün ve tekrarlanan düzenli yapıdadırlar.*
- Sıvı kristallerinin kullanılma alanlarından iki tanesini yazınız.  
*1. Elektronikte yarı iletken sistemlerde  
2. Işığı istenilen miktar kadar geçiren cam filtreler*
- Yarı iletken nedir? Açıklayınız.  
*Elektrik iletkenliği açısından iletkenler ile yalıtkanlar arasında olan maddelerdir.*
- Süper iletkenlik nedir? Açıklayınız.  
*Çok düşük sıcaklıklarda elektrik akımına karşı tüm direncin sıfırlandığı maddelere denir.*
- 1 femtometrenin metre olarak karşılığı nedir?  
*1 fm = 10<sup>-15</sup> m*
- Çekirdekte bağlanma enerjisi nedir? Açıklayınız.  
*Çekirdeğin kütlesi, çekirdeği meydana getiren nötron ve protonların kütle toplamından azdır. Aradaki bu kütle farkına eşdeğer olan kütle enerji değerine bağlanma enerjisi denir.*
- Fisyon nedir? Açıklayınız.  
*Çekirdek bölünmesinde enerji açığa çıkması olayına denir.*
- Füzyon nedir? Açıklayınız.  
*Çekirdek birleşmesinden açığa çıkan enerji çıkması olayına füzyon denir.*



## BOŞLUK DOLDURMA



- X ışınları *dalga boyu* küçük elektromanyetik dalgalardır.
- Katılar, atom gruplarının dizilişi ve simetri özelliğine göre *kristal* ve *amorf* olarak ikiye ayrılır.
- Elektronlar bir atomdan diğerine aktarılma maksızın ortaklaşa kullanılmasından doğan bağa *kovalent* denir.
- Katı ile sıvı arasındaki maddenin ilk erime sonrası haline *sıvı kristal* denir.
- Ne tamamen iletken ne de tamamen yalıtkan olan maddelere *yarı iletken* denir.
- Bazı elementlerin çok düşük sıcaklıkta elektrik akımına karşı tüm direnci sıfırlanır. Bu şekilde olan iletkenlere *süper iletken* denir.
- Bazı maddelerin düşük sıcaklıklarda elektrik akımına karşı dirençlerinin sıfır olduğu sıcaklık derecesine *kritik sıcaklık* denir.
- Transistörler arsenikle güçlendirilmiş *yarı iletken* maddeden yapılmışlardır.
- Kütle numarası çekirdekteki *nükleon* sayısına eşittir.
- Atom numarası çekirdekteki *proton* sayısına eşittir.
- Kararlı çekirdekteki proton ve nötronların toplam kütlesi, çekirdeğin kütlelerinden *büyük*tür.
- Çekirdek bir  $\alpha$  parçacığı yayınladığında atom numarası *2* birim azalır.



## DOĞRU YANLIŞ



- D** 1. X ışınlarının madde içinden geçme özellikleri vardır.
- Y** 2. X ışınlarının dalga boyu görünür ışığın dalga boyundan büyüktür.
- Y** 3. X ışınları elektrik ile yüklüdür.
- Y** 4. Sıvı kristalleri, katı kristallerin sıvı haline dönüşmüş şeklidir.
- D** 5. Silisyum ve germanyum yarı iletkenler sınıfındadır.
- Y** 6. En iyi süper iletkenler altın, bakır ve gümüştür.
- D** 7. Yarı iletkenlerin sıcaklığı arttığında iletkenliği artar.
- Y** 8. Süper iletken hale gelen her maddenin kritik sıcaklığı aynıdır.
- Y** 9. Süper iletken maddelerin kritik sıcaklığı kimyasal bileşime bağlı değildir.
- D** 10. Nükleon sayısı, proton ve elektron sayısına eşittir.
- D** 11. Proton sayısı 83 den büyük kararlı çekirdek yoktur.
- Y** 12.  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  ışınları elektromanyetik dalgadır.
- D** 13. Radyoaktif çekirdek  $\alpha$  ışınması yaptığında kütle numarası 4 birim azalır.



## PROBLEMLER



1. X ışınlarına ait bir fotonunun enerjisi  $2,48 \cdot 10^4$  eV değerindedir. Bu X ışınlarının dalga boyu kaç Å dur?

$$(hc = 12400 \text{ eVÅ})$$


$$2A^\circ$$

2. Bir X ışınları tüpünde elektronları hızlandıran potansiyel fark 5000 V dur. Elektronlar metal hedefe çarptıktan sonra oluşan X ışınlarının minimum dalga boyu kaç m dir?

$$(h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s};$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule})$$


$$\frac{99}{40} \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

3. X ışınlarının oluştuğu düzenekte elektronlar hedefe çarptıktan  $\frac{1}{2} \cdot 10^{-18}$  s sonra duruyorlar meydana gelen X ışınlarının dalga boyu kaç Å dur?

$$(c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; 1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m})$$


$$1,5 \text{ Å}$$

4. Bir X ışınları tüpünde elektron tabancasından serbest kalan elektronlar  $1 \cdot 10^4$  V gerilim altında hızlandırılıyor. Metal hedefe çarpan elektronlar, hedef maddesi içinde yavaşlayarak duruncaya kadar yayılan X ışınlarının dalga boylarının minimum değeri kaç Å dur?

$$(hc = 12400 \text{ eVÅ})$$


$$1,24 \text{ Å}$$

5. X ışınları tüpünde hızlandırılan elektronlar hedef maddesine çarparak madde içinde t saniye yol alarak yavaşlayıp duruyorlar. Yayılan X ışınlarının dalga boyu 6 Å olduğuna göre yavaşlama süresi olan t kaç saniyedir?

$$(1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s})$$


$$2 \cdot 10^{-18} \text{ s}$$

6. Bir X ışınları tüpünde elektronlar  $5 \cdot 10^6$  m/s hızla metal hedefe çarparak hedef içinde  $2,5 \cdot 10^{-10}$  m yol alarak duruyorlar. Tüpten çıkan X ışınlarının frekansı kaç Hz dir?


$$1 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

7. Aşağıdaki tabloda boş bırakılan yerleri doldurunuz.

İzotop çekirdek	Nükleon sayısı		Elektron sayısı
	Proton sayısı	Nötron sayısı	
$^{23}_{11}\text{Na}$			
$^{235}_{92}\text{U}$			
$^{236}_{92}\text{U}$			
$^{207}_{82}\text{Pb}$			


8. Bir radyoaktif çekirdeğin yarılanma süresi 2,5 yıldır. 7,5 yıl sonra mevcut aktifliğin yüzde kaç kalır?


$$12,5$$

9. Kütlesi 2 mg olan saf bir radyoaktif maddenin 3 saat sonra 0,25 mg kaldığı gözlenmektedir. Bu maddenin yarı ömrü kaç saattir?

$$\left( \text{Yol gösterme: } \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}} \text{ bağıntısında}$$

$$T_{1/2} = ?$$


$$1 \text{ saat}$$





## ÇOKTAN SEÇMELİ SORULAR

1. Aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilen özellik X ışınlarının özelliklerinden **değildir**?

- A) Yüksek hızdaki elektronların bir hedef maddesi üzerindeki ivmeli hareketlerinden oluşur.  
B) Işık hızı ile yayılırlar  
C) Elektromanyetik dalgadır.  
D) Gazları iyonlaştırabilirler.  
E) Katı maddeler içinden geçemezler.

2. X ışınları

Mikro dalgalar

Mor ötesi ışınlar

Yukarıda verilen elektromanyetik dalgaların boşlukta hangi özellikleri üçü için de eşittir?

- A) Enerji B) Frekans  
C) Dalga boyu D) Hız  
E) Momentum

3. X ışını tüpünde hızlandırılan elektronlar hedefteki metal yüzeye  $\theta$  hızıyla çarparak metal içinde  $d$  kadar yol alıp duruyorlar.

Yayınlanan X ışınlarının frekansı aşağıdakilerden hangisine eşittir?

- A)  $\frac{\theta}{2d}$  B)  $\frac{\theta}{d}$  C)  $\frac{2\theta}{d}$   
D)  $\frac{d}{2\theta}$  E)  $\frac{d}{\theta}$

4. Bir X ışınları tüpünde hedef maddesine gönderilen elektronlar  $V$  potansiyel farkı altında hızlandırılıyor.

Buna göre oluşan X ışınlarının minimum dalga boyu,

- I.  $V$  potansiyel farkı  
II. Hedef maddesinin atom numarası  
III. Elektron'un hedef maddesine çarpma hızı

niceliklerinden hangilerine ayrı ayrı bağlıdır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II  
C) Yalnız III D) I ve III  
E) I, II ve III

5. Bir X ışınları tüpünde hızlandırılan elektronların kazandığı kinetik enerji  $E$  değerindedir.

Hedef maddesine çarpan elektronlar bu madde içinde duruncaya kadar yayınlanan X ışınlarının maksimum frekansı aşağıdakilerden hangisi ile hesaplanır?

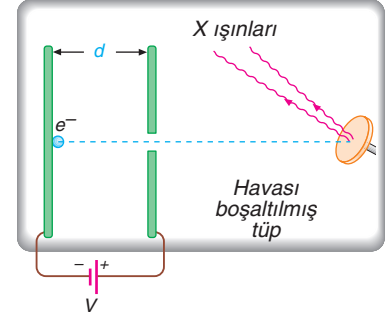
( $h$ : Planck sabiti;  $\lambda$ : Dalga boyu)

- A)  $\frac{h}{\lambda E}$  B)  $\frac{E}{h}$  C)  $Eh$  D)  $\frac{h}{E}$  E)  $\frac{\lambda E}{h}$

6. Aşağıdakilerden hangisinin meydana gelişinde, X ışınlarının oluş biçiminin tersi özellik görülür?

- A) Compton olayında  
B) Fotoelektrik olayda  
C)  $\gamma$  ışınlarının oluşumunda  
D) Mor ötesi ışınların oluşumunda  
E) Mikro dalgaların oluşumunda

7.



Paralel levhalar arasında  $V$  potansiyel farkı altında hızlandırılan elektronlar, hedef maddesine çarparak X ışınlarının çıkmasına neden olmaktadır.

Buna göre;

- I. Levhalar arası uzaklığın artırılması  
II. Levhalar arası uzaklığın azaltılması  
III. Üreticinin  $V$  potansiyel farkının artırılması

işlemlerinden hangileri yapılırsa X ışınlarının dalga boyu azalır. (Yerçekimi önemsizdir.)

- A) Yalnız I B) Yalnız II  
C) Yalnız III D) I ve III  
E) II ve III

8. Aşağıdakilerden hangisinin kütlesi yoktur?

- A)  $\alpha$  (Alfa) B)  $\beta^-$  (Beta)  
C)  $\beta^+$  (Beta) D) Nükleon  
E)  $\gamma$  (Gamma)

9. Aşağıda verilen hareket halindeki parçacıklardan hangisi düzgün bir elektrik alana girdiğinde hareket doğrultusundan sapmaya kesinlikle uğramaz?

- A) Elektron parçacığı  
B) Proton parçacığı  
C)  $\alpha$  parçacığı  
D)  $\beta$  parçacığı  
E) Nötron parçacığı

10. Atomun çekirdeğinde (+) yüklü protonlar birbirlerine elektriksel itme kuvveti uygulamalarına rağmen bir arada kalabilmektedirler.

**Protonları birarada tutan kuvvet aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Güçlü çekirdek kuvvetleri  
B) Coulomb kuvvetleri  
C) Kütleçekim kuvvetleri  
D) Manyetik kuvvetler  
E) Zayıf çekirdek kuvvetleri

11. Atom çekirdeğindeki parçacıklar arasında oluşan güçlü çekirdek kuvvetleri,

I. proton ile nötron arasında

II. protonlar arasında

III. nötronlar arasında

**oluşan etkileşimlerden hangileri olarak ifade edilir?**

- A) Yalnız I                      B) Yalnız II  
C) Yalnız III                    D) I ve II  
E) I, II ve III

12. Kararsız bir çekirdekten  $\gamma$  ışınması yapıldığına göre;

I. çekirdekteki proton sayısı değişir.

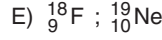
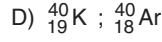
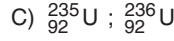
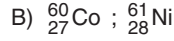
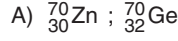
II. çekirdekteki nötron sayısı değişir.

III. çekirdekte proton ve nötron diziliş şekli değişir.

**sonuçlarından hangileri gerçekleşir?**

- A) Yalnız I                      B) Yalnız II  
C) Yalnız III                    D) I ve II  
E) II ve III

13. Aşağıdaki çekirdeklerden hangileri izotopdur?



14. Bir radyoaktif çekirdeğin yarılanma süresi 4 dakikadır. 20 dakika sonra bu radyoaktif çekirdeğin kaç kaçı kalır?

A) 0                      B)  $\frac{1}{5}$                       C)  $\frac{1}{16}$

D)  $\frac{1}{25}$                       E)  $\frac{1}{32}$

## ETKİNLİK

Aşağıda radyoaktivite ve nükleer enerji ile ilgili kavramlar I sütununda, kavramlarla ilişkili tanımlar II sütununda verilmiştir. Verilen tanımları ilişkili olduğu kavramlarla eşleştirerek doğru numarayı kutucuklara yazınız.

I	II
<input type="checkbox"/> 1) İzotop	a. Radyoaktif çekirdeğin birim zamandaki parçalanma olasılığına denir.
<input type="checkbox"/> 2) Atomun aktifliği	b. Radyoaktif element içerisindeki çekirdek sayısının yarısının bozunması için geçen süre
<input type="checkbox"/> 3) Radyoaktif bozunma sabiti ( $\lambda$ )	c. Proton sayıları eşit nötron sayıları farklı çekirdeklere denir
<input type="checkbox"/> 4) Filyon	d. Bir radyoaktif izotopun birim zamanda bozulan atom sayısıdır
<input type="checkbox"/> 5) Füzyon	e. Çekirdek bölünmesi
<input type="checkbox"/> 6) Yarılanma süresi	f. Çekirdek kaynaşması

### ETKİNLİK –1 CEVAPLARI

1	2	3	4	5	6
c	d	a	e	f	b