

X-IŞINLARI VE KULLANIM ALANLARI

İÇİNDEKİLER :

1. BÖLÜM : X-IŞINLARI

- 1.1. X-Işınlarının Bulunuşu ve Tarihçesi
- 1.2. X-Işınları ve Özellikleri
 - 1.2.1. X-Işınlarının Optik Özellikleri
- 1.3. X-Işınlarının Oluşumu
 - 1.3.1. Doğal X-Işınları
 - 1.3.2. Yapay X-Işınları
- 1.4. X-Işınları Difraksiyonu(Kırınımı) (XRD)
- 1.5. X-Işınları Kırınımı İle Kristal Yapıların Tayini
- 1.6. X-Işınları Flüoresans (XRF)
- 1.7. X-Işınlarının Fizyolojik Etkisi

2. BÖLÜM : X-IŞINLARININ KULLANIM ALANLARI

- 2.1. X-Işınlarının Tıpta Kullanılması
 - 2.1.1. Röntgen
 - 2.1.2. Bilgisayarlı Tomografi
- 2.2. X-Ray Cihazları
- 2.3. X-Işınlarının Sanayide Kullanılması
- 2.4. Bilimsel Araştırmalarda X-Işınları
- 2.5. X-Işını Astronomisi

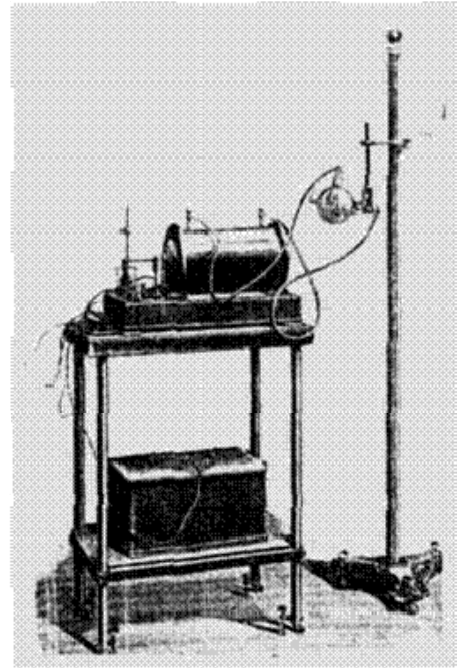
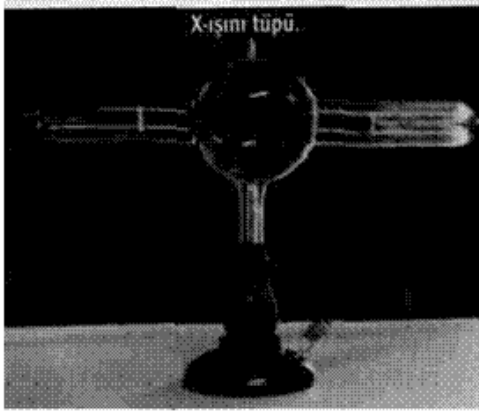
1.1. X-Işınlarının Bulunuşu ve Tarihçesi

Günümüz görüntüleme yöntemlerinin temelini oluşturan ve tıp biliminde yeni bir çağ açan X-ışınları 1895 yılında Alman Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedilmiştir. W. C. Röntgen 1845 yılında Almanya'nın Köln şehri yakınlarındaki Remscheid'te doğmuştur. Yirmi yaşında Zürih'teki Eidgenössische Teknik Yüksek Okulu'na kabul edilmiş, burada termodinamiğin babası sayılan Clausius ve Prof. Kundt'un fizik derslerine katılmıştır. 1868 yılında bu okuldan Makine Mühendisliği diploması alan Röntgen, 1874'te Strasbourg Kaiser Wilhelm Üniversitesi'ne geçerek Doçent, 1879'da ise Glessen Hessian Üniversitesi'ne atanarak Fizik Profesörü olmuştur. 1888 yılında Würzburg Üniversitesi'ne geçen Röntgen, X-ışınlarını 8 Kasım 1895'te bu Üniversitede çalışırken bulmuştur. O tarihte Röntgen; bir Crooks tüpünü indüksiyon bobinine bağlayarak, tüpten yüksek gerilimli elektrik akımı geçirdiğinde, tüpten oldukça uzakta durmakta olan cam bir kavanoz içindeki baryumlu platinsiyenür kristallerinde bir takım pırıltıların oluştuğunu gözlemiş; bu tür pırıltılara neden olan ışınlara, o ana kadar bilinmemesinden dolayı "X-ışınları" adını vermiştir. Tüpten yüksek gerilimli akım geçirildiğinde karşısındaki ekranda parıldamalar oluşturan ışınların değişik cisimleri, farklı derecelerde geçebildiği, kurşun plaklar tarafından ise tutulduğunu gözleyen Röntgen, eliyle tuttuğu kurşun levhaların ekrandaki gölgesini incelerken kendi parmak kemiklerinin gölgelerini de fark etti. Bu olay üzerine, içinde fotoğraf plağı bulunan bir kasetin üzerine karısının elini yerleştirerek parmak kemiklerinin ve yüzüğünün görüntüsünü elde etmiştir. Röntgen, tespitlerini ve bu yöntemle elde ettiği görüntüleri ilk olarak 28 Aralık 1895'te Würzburg Fiziksel Tıp Demeği'nde sunmuş, bu buluşla birlikte aynı yıl içinde günümüzdekilerle kıyaslanamayacak ölçüde basit ilk röntgen cihazları imal edilmeye başlanmıştır.

Hago ile Wind 1899'da bir X-ışını demetini dar bir yarıktan geçirmişler, böylece bir kırınım deseni elde etmeyi başarmışlardır fakat gözlenen desen oldukça küçük olduğu için kabul görmemiştir. X-ışınlarının dalgalı yapıda oldukları 1912'de Laue'nin kristallerdeki kırınım deneyleri ile ortaya konulmuştur. Barkla deneyi ile X-ışınlarının polarize edilebilmesi, bunların ışık ışınları gibi enine dalgalar olduğunu ortaya koymuştur. Barkla yaptığı bu deneylerde, katı cisimlerden büyük açı altında saçılan X-ışınlarının iki farklı dalga boyu taşıdığını gözlemlemiştir. Bu dalga

boylarından ilki, gelen elektromanyetik dalganın frekansı ile aynı diğeri farklıdır. Klasik elektromanyetik dalgalar teorisi ile bu ilk dalga boyu açıklanabilmektedir: Gelen elektromanyetik dalganın elektrik alanı, atomlara bağılı elektronları kendi frekansı ile sürer. Salınım hareketi yapan bu elektronlar, her doğrultu boyunca aynı frekansta elektromanyetik dalgalar yayımlarlar. Bu yayımlanan elektromanyetik dalgalar gelen elektromanyetik dalgalar ile aynı frekanslıdır. Bu süreçte elektronlar atomlardan sökülmez, atomun durumu geçici olarak bozular. Böyle bir saçılmayı atomlara sıkıca bağılı elektronlar gerçekleştirir. Barkla'nın deneyinde gözlenen diğere dalga boyu saçılan elektromanyetik dalgalar ise ancak Compton' un hipotezi ile açıklanabilmiştir.

1901 yılında ilk kez verilmeye başlanan Nobel Fizik Ödülüne de layık görülen W. C. Röntgen 1923 yılında 78 yaşındayken ölmüştür. Röntgen'in X-ışınlarını keşfi, bilim çevresinde çok büyük yankılar uyandırırken yeni gelişmelere de önderlik etmiştir. Bu buluştan çok kısa bir zaman sonra H. Antonie Becquerel X-ışınları üzerinde çalışırken uranyumun radyoaktifliğini; Curie'ler ise radyum elementini keşfederek "Radyoloji" adında yeni bir bilimin doğuşunu gerçekleştirmişlerdir.



- 1896 Yılında kullanılan İlk Röntgen cihazlarından bir: (Sağ üstte).
- X - Işını Tüpü (Sol üstte).
- İlk Görüntüleme Örneği (Sol altta).

1.2. X-Işınları ve Özellikleri

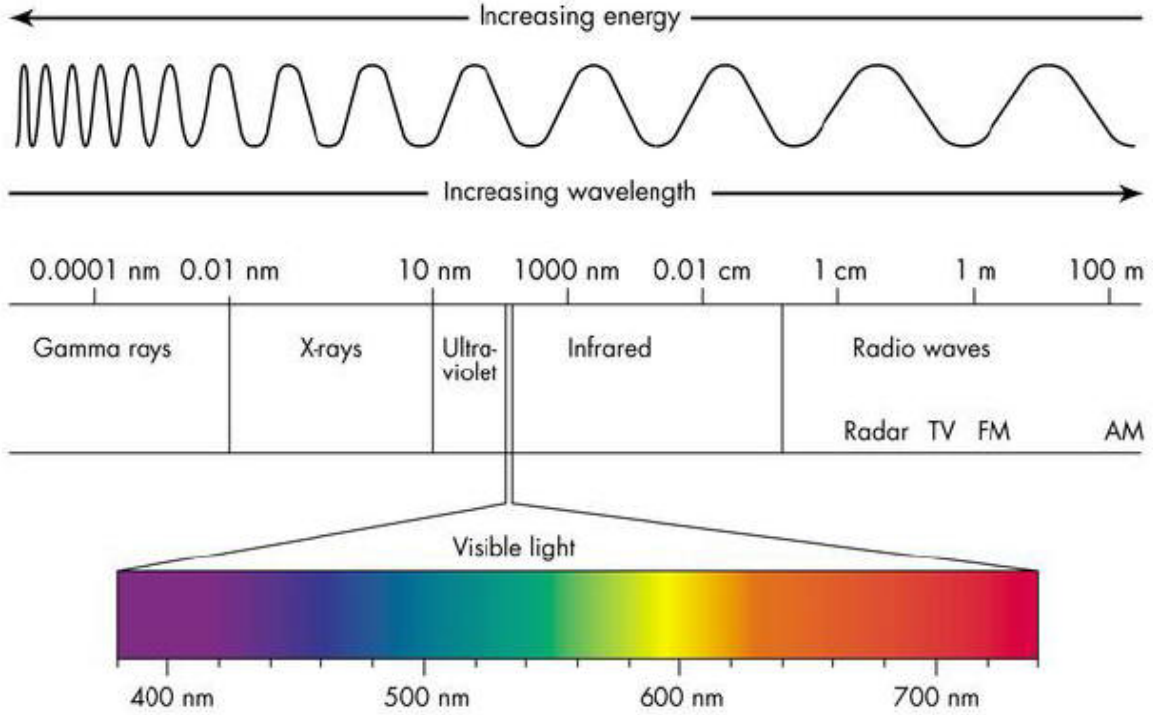
X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen dalga boyları 0.1-100 Å arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. Dalga boyları küçük, girginlik dereceleri fazla olan X-ışınına “sert X-ışını”, dalga boyları büyük, girginlik dereceleri az olan X-ışınına “yumuşak X-ışını” denir. Kristalografide 0.5-2.5 Å (yumuşak), radyolojide 0.5-1 Å (sert) dalga boylarındaki X-ışınları kullanılır. X-ışınlarının frekansı görünür ışığın frekansından ortalama 1000 defa daha büyüktür ve X-ışını fotonu (parçacığı) görülen ışığın fotonundan daha yüksek enerjiye sahiptir. Şu halde bu ışınları belirleyen iki özellik kısa dalga boyu ve yüksek enerjiye sahip olmalarıdır.

X-ışınları hem dalga hem tanecik özelliği gösterirler. Dolayısıyla çift karakterlidirler. Fotoelektrik soğurulma, Compton saçılması (inkoherent saçılma), gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özellikleri; hız, polarizasyon ve Rayleigh saçılması (koherent saçılma) dalga özellikleridir. Tanecik karakteri gösteren elektromagnetik radyasyona foton denir.

Çizelge: X-ışınlarının Genel Özellikleri ve Madde Etkileşmesi

Genel Özellikler	Etkileşme sonucu maddeden çıkan tanecik
<ul style="list-style-type: none">• Sürekli spektrum verir.• Çizgi spektrum verir.• Işık hızı ile yayılır.• Doğrular halinde yayılır.• Elektrik ve magnetik alandan etkilenmezler.	<ul style="list-style-type: none">• İyon• Fotoelektron• Auger elektronu• Geri tepme elektronu• Elektron pozitron çifti
Yapabileceği fiziksel olaylar	X-ışını soğurmasının kalıcı sonuçları
<ul style="list-style-type: none">• Transmisyon• Kırılma• Yansıma• Polarizasyon• Koherent saçılma• İnkohherent saçılma• Fotoelektrik olay	<ul style="list-style-type: none">• Radyasyon tahribatı• Sıcaklık artması• Fotoelektrik iyonizasyon• Genetik değişme• Hücrenin ölümü

Elektromanyetik spektrumda gama ışınları ile mor ötesi ışınlar arasında yer alırlar.



1.2.1. X-Işınlarının Optik Özellikleri

X-ışınları için optik geometri oldukça basit bir durum gösterir, çünkü bu ışınlar homojen veya homojen olmayan ortamlarda daima ışığın boşluktaki hızına çok yakın bir hızla yayılırlar. Bu ışınların maruz kaldığı kırılma ihmal edilebilecek kadar azdır. Bu durumda X-ışınlarını mercekler vasıtasıyla odaklaştırmanın imkânı yoktur. Buna rağmen X-ışınlarını tam yansıtmaya uğratma imkânlarından yararlanılarak bir X-ışınları mikroskobu yapılabilmektedir. Ancak, bu cihazın kullanılışı oldukça zahmetlidir. Tam yansıma, X-ışınlarının oldukça yatay bir açıyla parlak yüzeyler üzerine düşmesiyle gerçekleşir. Bu amaçla kullanılan aynaların meridyen kesitleri elips şeklindedir.

Normal ışınlar gibi X-ışınları da polarizasyona uğrarlar. Birbirine dik iki polarizörden geçen bir X-ışını demeti tam olarak söndürülebilir. X-ışınlarının maddeyi geçişi polarize ışığın titreşim düzlemi üzerine etki etmez.

1.3. X-Işınlarının Oluşumu

X-ışınları, doğal X-ışınları ve yapay X-ışınları olmak üzere iki şekilde meydana gelir;

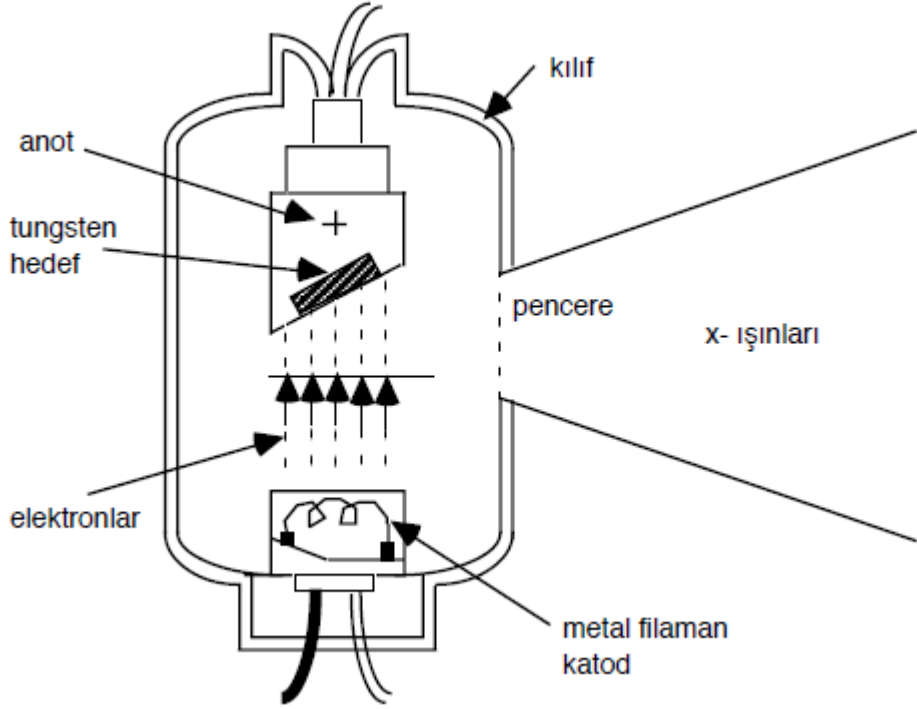
1.3.1. Doğal X-Işınları: Atom çekirdeği tarafından K enerji kabuğundan elektron yakalanması, alfa bozunumu, iç dönüşüm ve beta bozunumu olaylarıyla meydana gelir.

Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk halkalarından elektronlar koparılır. Atomdan kopan bu elektronun yerine daha yüksek seviyelerden (üst halkalardan) elektronlar atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X-ışını şeklinde dışarı salınır. Çekirdek içerisinde bulunan protonlardan bir tanesi hareketi esnasında atomun ilk halkalarındaki elektronu yakalar ve nötrleşir. Yakalanan bu elektronun halkasındaki boşalan yere diğer bir halkadan bir elektron atlamasıyla X-ışını meydana gelebilir.

1.3.2. Yapay X-Işınları: Maddenin; elektron, proton, parçacıkları veya iyonlar gibi hızlandırılmış parçacıklarla etkileşmesinden ya da X-ışını tüpünden veya başka bir uygun radyoaktif kaynağından çıkan fotonlarla etkileşmesinden meydana gelir. Maddenin, fotonlarla etkileşmesinden karakteristik (çizgi) X-ışınları, yüklü parçacıklarla etkileşmesinden hem karakteristik hem de sürekli X-ışınları elde edilir.

X-Işını Tüpü: X-ışını tüpü yüksek voltajlı bir katot ışını tüpüdür. Tüp yüksek vakumda havası boşaltılmış cam bir kılıftan oluşmuştur. Bir ucunda anot (pozitif elektrot), diğer ucunda katot (negatif elektrot) bulunur ve bunların her ikisi de lehimle sıkıca mühürlenmiştir. Katot, ısıtıldığında elektron salan tungsten materyalinden yapılmış bir flama'dır. Anot, kalın bir çubuk ve bu çubuğun sonundaki metal hedeften oluşur. Anot ve katot arasına yüksek voltaj uygulandığında katot flama'da elektron yayınlanır. Bu elektronlar yüksek gerilim altında anoda doğru hızlandırılır ve hedefe çarpmadan önce yüksek hızlara ulaşır. Yüksek hızlı elektronlar metal hedefe çarptıklarında enerjilerini aktararak bir foton yayınlanır. Oluşan X-ışını demeti cam

zarfın içindeki ince cam pencereden geçer. Bazı tüplerde tek dalga boyu X-ışını elde etmek için filtre kullanılır.



Hareketli bir elektronun kinetik enerjisi vardır. Yüksek hıza sahip bir elektron tungstene çarpınca bir tungsten atomu ile çarpışır. Elektron durdurulana kadar birçok atomla çarpışmak zorunda kalabilir. Elektronun durdurulması sırasında kaybedilen kinetik enerjinin yüzde biri veya daha az kısmı X-ışını ışımasına, geri kalan kısmı ise ısı enerjisine dönüşür.

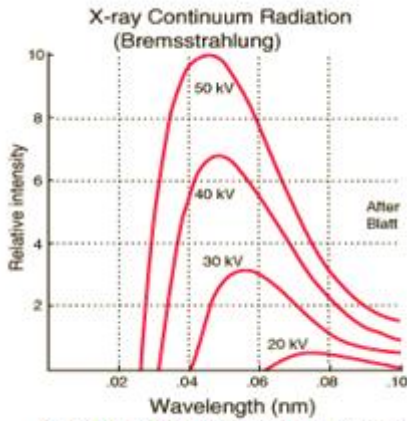
Vakum lambasındaki (X-ışını tüpündeki) hedefin elektronlarla bombardıman edilmesi sonucu elde edilen X-ışınlarının maddenin içine işleyebilme gücüne "sertlik" denir. Bu ışınların sertliği başlıca iki şeye bağlıdır. Bunlardan birincisi, lambadaki havanın ya da gazın ne derece boşaltılmış olduğudur. Lambada kalan gaz moleküllerinin sayısı ne kadar azsa, bu moleküllerle çarpışarak hedeften sapan elektronların sayısı da o kadar az olur. İkinci etken tüpe uygulanan gerilimin şiddeti, yani elektrik basıncıdır. Gerilim ne kadar yüksekse, hedefe çarpan elektron akımının darbe etkisi de o ölçüde büyük olur.

Bugün kullanılmakta olan X-ışını lambalarının çoğu Coolidge lambasıdır. Bu lamba türünü ABD'li bilim adamı William David Coolidge (1873-1975) geliştirmiştir. Son derece yüksek bir vakum düzeyine sahip olan bu lambalarda elektronlar, radyo

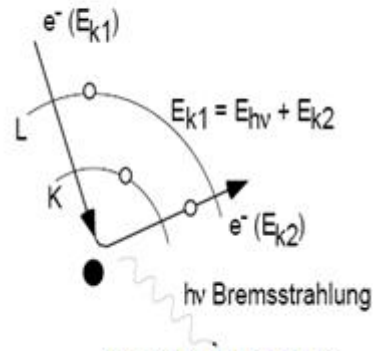
lambalarında olduğu gibi sıcak bir filamandan (ince bir telden) yayılır. Katottan çıkan ve 1 milyon volta kadar ulaşabilen yüksek bir gerilimle hızlandırılan elektronlar tungstenden yapılmış ağır bir çubuğa çarptırılır. Tungsten, elektron bombardımanının neden olduğu yüksek sıcaklıklara erimeden dayanabilir. Tungsten çubuğun filamana yakın olan ucu belirli bir eğimle kesilmiştir; bu uca hedef denir. Hedeften X ışınları yayılır, ama lamba belirli bir açıklık dışında kalın bir kurşun katmanıyla sıvanmış olduğundan X-ışınları yalnızca bu açıklıktan dışarı çıkar, bu yüzden de bir demet halinde yol alır.

Etkileşme şekline göre 2 tür X-ışını elde edilir.

a) Sürekli (Frenleme) X-ışınları: Elektron demeti, hedef atomun çekirdeğine yaklaştığında, çekirdeğin pozitif yükünden kaynaklanan elektrik alandan etkilenir ve ivmeli hareket yapmaya zorlanarak dışarıya fotonlar yayar. Sürekli bir enerji spektrumuna sahip bu fotonlara sürekli x-ışınları, bu olaya da bremsstrahlung veya frenleme radyasyonu adı verilir.

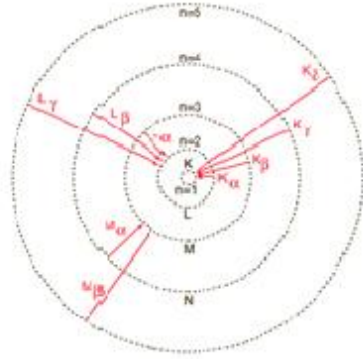


Şekil 2.2. a) X-ışını sürekli spektrumu

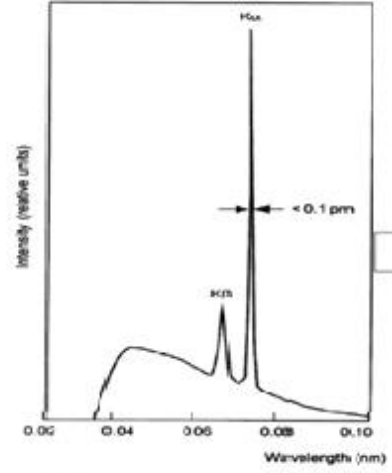


b) Bremsstrahlung ışınımı

b) Karakteristik X-ışınları: Hedef atom üzerine gönderilen elektronların, hedef atomun yörüngesindeki elektronlarla etkileşimi sonrasında, aldıkları enerjiyle üst enerji seviyelerine çıkarlar. Kararsız durumdaki bu enerji seviyeleri geri bozduğunda dışarıya foton yayınlanır. Enerjileri, seviyeleri arasındaki farka eşit olan bu fotonlara karakteristik x-ışınları adı verilir.



Sekil 2.3. a) Yörüngeler arası geçişler



b) Karakteristik X-ışını

1.4. X-Işınları Difraksiyonu(Kırınımı) (XRD)

Kristal yapı, üç boyutlu uzayda düzgün tekrarlanan bir deseni temel alan bir atomik yapıya sahiptir. Bu nedenle, katıların kristal yapısı, yapıda bulunan atom gruplarının ya da moleküllerin katıya özgü olacak şekilde geometrik düzende bir araya gelmesi ile oluşur. İlk kez Max van Laue tarafından kristal yapı ve yapı içerisindeki atomların dizilişleri X-ışını kırınım desenleri kullanılarak incelenmiştir.

Bir malzemenin atomik yapısını görüntülemek, yüksek çözünürlüğe sahip çeşitli elektron mikroskopları kullanılarak mümkündür. Fakat bilinmeyen yapıları belirtmek veya yapısal parametreleri tayin etmek için kırınım tekniklerini kullanmak gerekir. Katıların kristal yapılarını incelemek için en çok kullanılan kırınım tekniği X-ışını kırınımıdır. Bu tekniğin ince film analizi için uygun olması, temelde iki nedenden dolayıdır; 1. X-ışınlarının dalga boyları, yoğunlaştırılmış maddedeki (condensed matter) atomik mesafeler ölçüsündedir ve bu özellik, yapısal araştırmalarda kullanılmasını sağlar. 2. X-ışını saçılım teknikleri, yıkıcı değildir ve incelenen numuneyi değiştirmez.

Katı malzemelerin incelenmesinde kullanılan X-ışınlarının dalga boyları, atomlar arası mesafelerle kıyaslanabilir büyüklükte olup yaklaşık olarak 0.5 Å ile 2.5 Å arasında değişir.

Kristal ve moleküllerdeki atomlar arası mesafeler 0.15-0.4 nm arasındadır. Bu mesafe 3 keV ve 8 keV arasında foton enerjilerine sahip X-ışınlarının elektromagnetik spektrum dalga boyuna karşılık gelir. Bundan dolayı, kristal ve molekül yapıları X-ışınlarına maruz kaldığında, yapıcı ve yıkıcı girişim gibi olgular gözlemlenebilmektedir.

İnce film fiziğinde elektron saçılması, X-ışını saçılmasından daha sık kullanılır, fakat X-ışını saçılması kafes parametrelerinin kesin ölçümlerinin gerekli olduğu yerlerde kullanılır. İki metot arasındaki farklardan birisi, X-ışının daha derin nüfuz derinliğine sahip olması ve X-ışınlarının saçılma noktalarının elektronunkinden 103 kat daha zayıf olmasıdır. X-ışını saçılmasının daha kalın örnekler için uygun olmasının nedeni, daha büyük nüfuz derinliğine sahip olmasıdır. Fakat çok ince örnekler (5nm) için bile saçılma modelleri elde edilebilmektedir. Çok keskin odağa sahip X-ışını tüpü kullanılarak, yoğunluk artırılabilir ve böylece maruz kalma suresi dörtte bir oranında azaltılabilir. Diğer taraftan, saçılma açıları, X-ışınlarında daha büyüktür ve bu kafes parametrelerinin elektronlara nazaran daha kesin olarak belirlenmesini sağlar. Saçılma modelleri, filmin toplam kalınlığı veya belki de altlık tarafından elde edilir, bazı durumlarda altlıkla elde edilmesi, kafes sabitlerinin belirlenmesi için avantaj sağlar.

X-ışını saçılması, filmlerdeki mekanik stres incelemesi için de kullanılabilir. Saçılma çizgilerinin genişliğinden, çok kristalli (polikristal) filmlerdeki kristallerin büyüklüğü a' 'yı çıkarmak şu ifadeye göre mümkündür:

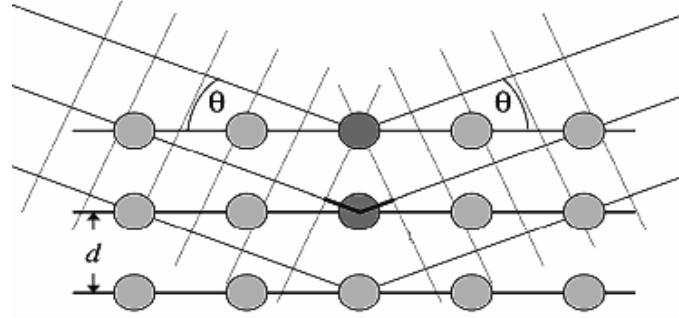
$$a = \lambda / D \cos \theta$$

Burada D, maksimum yoğunluğun yarısındaki saçılım çizgisinin acısal genişliği, kullanılan ışığın dalga boyu, θ ise Bragg açısıdır. Bu yolla, 5 ile 120 nm arasındaki kristal boyutları belirlenebilmektedir. Benzer ölçümler, elektron saçılmasında da gerçekleştirilmesine rağmen, bu metot sadece yaklaşık 10 nm'den küçük kristallere uygulanabilir. Bunun nedeni de elektronların çok daha küçük dalga boylarına sahip olmasıdır.

X-ışınları kristal yapı üzerine düşürüldüğünde, ısımlar katı yüzeyinden küçük geliş açılarıyla tam yansımaya uğrarlar ve ısımlar kristaldeki atomların paralel düzlemleri tarafından saçılırlar. Kristal yapıdaki bu saçılımlar kırınım olarak

adlandırılır ve kırınım çok sayıda atomu içeren saçılmalardan meydana gelir. X-ışınlarının kristal yapıda kırınımı Bragg Kanunu ile açıklanır ve Bragg kanununun en basit şekli aşağıdaki formül ile verilir.

$$n\lambda=2d\sin\theta$$



Şekil: Bir kristalde X-ışını kırınımı

Modern X-ışını cihazlarında, kırınıma uğrayan ışının kırınım açısını ve şiddetini ölçecek sayıcılar bulunur. Böylece kırınım açısı (2θ)'nın, kırınıma uğrayan ışının şiddetine göre değişimini veren kırınım deseni elde edilir. Desen üzerindeki pik genişliklerine ve zemin şiddetine bakılarak malzemenin kristalleşmesi hakkında bilgi edinilebilir.

1.5. X-Işınları Kırınımı İle Kristal Yapıların Tayini

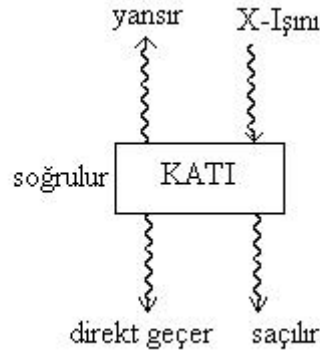
Kristallerde x-ışını kırınımı ve diğer kırınım (elektron ve nötron kırınımı) teknikleri ile sağlanan bilgiler şunlardır:

- Kristalin yapısını belirleme
- Kristalin mükemmelliği veya fazın saflığını belirleme
- Kristalin doğrultularını belirleme
- Kristalin örgü sabitlerini belirleme

Günümüzde kristallerde kırınım, kristal yapıların hemen hemen hepsinin yapısının biliniyor olması sebebiyle, kristalin mükemmelliği ve doğrultularının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, yeni modeller geliştirmeye yönelik

çalışmalarda veya endüstriyel değere sahip polimerler, biomoleküller, zeolitler gibi yapıların ve örgü sabitlerinin belirlenmesi çalışmaları önemli bir yere sahiptir.

Kristal yapıların ortaya çıkarılması denince a,b,c ve alfa, beta, gama birim hücre parametrelerini, birim hücrede kaç tane atom veya molekül olduğunun çıkarılması anlaşılır. Bunların dışında atomların konumları bağ uzunlukları, kristal yüzlerinin indislenmesi, kristalin mükemmelliği de tespit edilebilir. Kristal yapıyı tespit ederken atomların veya moleküllerinin yerlerinin belirlenmesi spektroskopik yöntemlerle gerçekleştirilir. Bu yöntemlerden ilki x-ışınlarıdır bunun dışında nötron kırınımı ve elektron kırınımı da kullanılır.



Saçılan X-Işınları

koherent x-ışını

- 1- Aynı fazda.
- 2- Gelen EMD'nin dalga boyu ile aynıdır.

inkoherent x-ışını

- 1- Aynı fazda değil
- 2- Dalgaboyu aynı değil.

Kırınım = Girişim + Saçılma

Bir kırınım için saçan ve saçılan x-ışınlarının dalga boyları eşit ve sabit bir faz farkına sahip olmalıdır. Saçılan bir x-ışını atomun elektron yoğunluğunun çok olduğu kısmıyla etkileşir. Saçılan x-ışınının enerjisi 10-50 KeV'tur.

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} \approx 1.24 \text{ \AA}$$

$\lambda = (1-10) \text{ \AA}$ arasında değişiyor.

Nötron Kırınımı: Nötronların enerjisi yaklaşık olarak 0.08 eV'tur. Bir nötronun kütlesi yaklaşık olarak elektronun kütlesinin 2000 katıdır. ($m_n=2000m_e$)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\theta} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} \approx 1 \text{ \AA}$$

Nötronlar kristal maddenin çekirdeği ile etkileşirler. Etkileşme esnek etkileşmedir ve dipol momenti olan moleküllerle etkileşirler.

Elektron Kırınımı: Enerjileri yaklaşık olarak 100 eV'tur. Elektronlar katının derinliklerine giremezler. Çünkü enerjileri düşüktür. Bu nedenle elektron kırınımıyla sadece katılarda yüzey araştırması yapılır.

X-Işınları ve Nötron Kırınımı Karşılaştırması

1. X-ışınları atom etrafındaki elektronlarla etkileşir. Elektronların sayısı azsa x- ışınlarının etkileşimi zordur. Elektron sayısı az olan (atom numarası küçük) elementlerin atomlarının yerlerinin bulunmasında nötronlar avantaja sahiptir. Çünkü nötron hafif ya da çok sayıda olan elektronlarla aynı derecede etkileşir. X-ışınlarıyla atomların yerlerinin belirlenmesi zordur.

2. Buna karşılık nötron kaynağını yapmak oldukça pahalıdır.

1.6. X-Işınları Flüoresans (XRF)

X-ışınları flüoresans tekniği, genel olarak foton madde etkileşmesi sonucu meydana gelen karakteristik X-ışınları ve saçılma fotonlarının nicel ve nitel değerlendirilmesine bağlı olarak uygulanan bir tekniktir. Katı, sıvı, toz hatta gaz durumlarında bile uygulanabilmektedir.

XRF tekniği ile hızlı, duyarlı ve güvenilir bir şekilde malzemeye zarar vermeden düşük maliyetle kısa sürede ölçüm yapılmaktadır. Bu nedenle bilimsel ve teknolojik araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.



Enerji Dağılımlı XRF Spektrometresi



Enerji Dağılımlı Portatif XRF Spektrometresi



Dalga boyu Dağılımlı XRF Spektrometresi



Enerji Dağılımlı Portatif μ -XRF Spektrometresi

XRF sistemleri ile farklı formlardaki numunelerde sodyum-uranyum aralığındaki elementlerin analizleri numune matrisine bağlı olarak, ppm-% konsantrasyon mertebesinde, tahribatsız, hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılmaktadır. Portatif μ -XRF cihazı ile 70 μ m çaplı alanlarda tarama ve haritalandırma yapılabilmekte, element analizleri herhangi bir numune hazırlama işlemi gerekmeden gerçekleştirilebilmektedir. Cihazın taşınabilir olması, yerinde analizi de mümkün kılmaktadır.

XRF tekniğinin uygulama alanları

- Temel fizik araştırmaları
- Metalürjide, alaşım analizleri
- Maden filizlerinin analizleri
- Radyoaktif cevher analizleri

- Endüstride, plastik, lastik, kağıt ve cam gibi maddelerde safsızlık analizleri
- Petrol ürünleri, boya ve ince film analizleri
- Kömürlerde kül, kükürt ve nem tayinleri
- Çeşitli bitki örneklerinin incelenmesi
- Çevre araştırmaları
- Arkeoloji araştırmaları
- İnce metal ve film kaplama kalınlıklarının tayinleri

1.7. X-İşınlarının Fizyolojik Etkisi

Yüksek enerjili her ışın gibi X-ışınları da dokular için zararlıdır. Çok yüksek frekansa sahip olan X-ışınları kimyasal bağları kırabilecek enerjiye sahiptir. Bu bağların kırılması sonucu iyonlaşma oluşur. İyonlaşabilen elektromanyetik ışınımları, hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek kadar enerji taşımaktadır. DNA'nın zarar görmesi ise hücreleri öldürmektedir. Bunun sonucunda doku zarar görür. DNA'da çok az bir zedelenme, kansere yol açabilecek kalıcı değişikliklere sebep olabilir. Hücre için en zararlı ışınlar yumuşak X-ışınlardır, zira bu ışınlar hücre tarafından soğrulur ve bu enerji kazancı hücre içinde yaralanmalara sebep olur. Radyo kristalografide kullanılan ışınlar ve bu ışınların neden olduğu X-ışınları dokular için çok zararlı olabilirler. Radyolojide kullanılan ışınlar, sertlikleri dolayısıyla çok daha az soğrulurlar ve bu nedenle de çok daha az zararlıdırlar.

Eller ve vücudun diğer kısımları X-ışınlarına hedef olduğundaki tehlikeli duruma yanık denir. Fakat bu güneş yanığından çok daha fazla zararlıdır. Yanıklara, X-ışınlarından çıkan ısı neden olmayıp, ısının doğurduğu yanıklardan da farklıdırlar. X-ışınlarına hedef olunduğunda ani bir acıma duygusu da duyulmaz. İyileşmesi diğer yanıklardan çok daha yavaş olur. X-ışınları tüpünden doğrudan doğruya gelen demetin yanı sıra, saçılmış, flüoresans, uyumlu ve uyumlu olmayan ışınımlar da tehlikelidirler. Modern X-ışınları cihazı, bütün bu tehlikelere karşı korunmak üzere dikkatlice tasarlanmış ve güvenlik düzenekleri ile donatılmıştır.

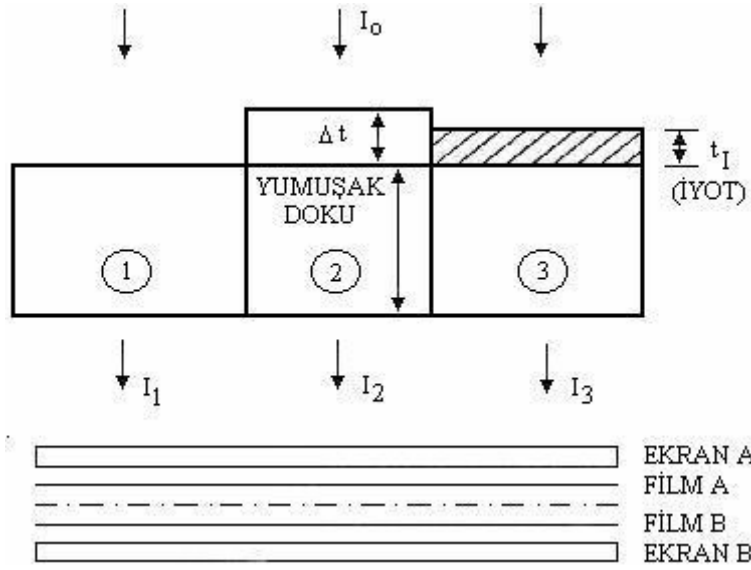
2. X-IŞINLARININ KULLANIM ALANLARI

X-ışınları Röntgen tarafından keşfedilmesinden bugüne, çok kısa dalga boyları ve yüksek enerjileri ile günlük hayat içinde çok önemli ve yaygın kullanım alanları bulmuştur. Bunlardan en önemli birkaçını şöyle sıralayabiliriz: (i) X-ışınları, tıpta teşhis ve tedavi aracı olarak büyük öneme sahiptir. Radyoskopi ve radyografi için genellikle 500 - 200 kV luk hızlandırıcı gerilimlerle çalışan X-ışınları tüpünden elde edilen kısa dalga boylu sert ışıklardan yararlanır. Günümüzde, çeşitli tanecik hızlandırıcıları yardımı ile hızlandırılan çok yüksek enerjili elektronların frenlenmeleri sonucu, giderek çok daha kısa dalga boylu (yüksek frekanslı), dolayısıyla sert X-ışınlarının elde edilmeleri mümkün olmakta ve bunlar kanser tedavisinde ve bazı operasyonlarda kullanılmaktadır. (ii) X-ışınları; maddenin yapısı, örneğin kristal düzeni, karmaşık organik maddelerin molekül yapılarının aydınlatılmasında, günümüzde sık başvurulan bir araştırma aracıdır. (iii) Teknikte malzeme kontrolünde, sözgelimi ele alınan bir örneğin içinde yabancı bir madde, hava boşluğu ya da bir yapım hatası bulunup bulunmadığını anlamak için, X-ışınları radyografisinden yararlanır. (iv i) Kimyada bir örnek içinde bulunan eser miktardaki yabancı maddenin analizi, fizikte yeni elementlerin keşfedilmesi ve özelliklerinin incelenmesinde, araştırma aracı olarak X-ışınlarının önemi büyüktür. Nadir toprak elementleri ve uran ötesi elementlerin özellikleri bu yolla saptanabilmektedir.

Günümüzde nükleer görüntüleme tıpta ve endüstride çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Endüstrideki kullanım alanları tıp alanındaki kadar geniş ve çeşitli olmasa da özellikle reaktör çalışmalarında ve tahribatsız muayene olarak bilinen cisimlerin içsel kesit görüntülerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır.

2.1. X-ışınlarının Tıpta Kullanılması

Tıp alanında 1895'te X-ışınlarının keşfi ile başlayan radyografi, gelişerek günümüze kadar gelmiş ve değişik yöntemlerle temelde bilgisayarlı tomografi (CT) adını almıştır. Klasik radyografide, X-ışınlarının değişik ortamlarda, farklı soğurulma özelliğinden yararlanır. X-ışını doku içinden geçerken ortamın fiziksel yoğunlukları, atomik yapıları, X-ışını enerjisi ve kat ettiği yola bağlı olarak soğurulur ve saçılmaya uğrar.



Vücudu geçen X-ışınları, X-ışınlarına duyarlı bir film üzerine düşürülmeleri halinde bir görüntü oluştururlar. Film üzerine düşen şiddet değerleri, farklı soğurma katsayısına sahip bölgelerden geçerek geldiği için değişik tonda görüntü oluştururlar. Fakat klasik radyografinin en büyük dezavantajı, birbirlerine çok yakın kütle soğurma katsayılarına sahip iki bölgenin hemen hemen aynı kontrastı vermesi veya birbirinden çok farklı kütle soğurma katsayılarına sahip iki bölgeden büyük katsayıya sahip olanın diğerini gölgelemesi sonucunda iki bölgenin birbirinden ayırt edilememesinin söz konusu olmasıdır. Bu yüzden filme dayalı radyografinin sakıncalarını gidermek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda 1970'li yıllarda bilgisayarlı radyografi geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda transmisyon radyografisinin günümüzde en yoğun kullanılan şekillerinden bir tanesi olan fluoroskopi sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu sistemlerde film yerine CsI tipi dedektörler kullanılmaktadır. Bu dedektörler temelinde bir sintilasyon dedektörüdür. Dedektörde, gelen radyasyonun şiddetiyle orantılı oluşan parıldama, bir kamera sistemiyle dijitalize edilerek görüntü oluşturulmaktadır. Günümüzdeki çalışmalar ise bu tip dedektörler yerine yarı iletken dedektörler kullanarak görüntü oluşturma amacı taşımaktadır. Bu çalışma, fluoroskopide, CsI dedektörleri yerine CdTe yarıiletken dedektörler kullanılması üzerinedir.

2.1.1. Röntgen

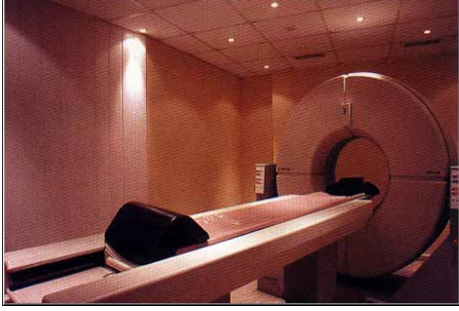
Röntgen, radyolojik tanı yöntemlerinin en eskisidir. X-ışınlarının diyagnostik radyolojide kullanılmalarını sağlayan temel özellik, dokuyu geçebilme yetenekleridir. Flouresans ve fotografik özellikleri ise görüntünün elde edilmesini sağlar. İnsan vücudunun değişik atom ağırlığında ve değişik kalınlık ve yoğunlukta dokulardan yapıldığından, x-ışınının absorpsiyonu da farklı olacaktır. Farklı absorpsiyon ve girginlik sonucu, röntgen filmi (röntgenogram) üzerine değişik oranlarda düşen x-ışınları geçtikleri vücut parçasının bir görüntüsünü oluştururlar. Bu görüntü, siyahtan (film üzerine düşen ışın fazla) beyaza (film üzerine düşen ışın az) kadar değişen gri tonlardan oluşur.

Röntgenogramlarda Görüntü Oluşumu: Vücudu geçen x-ışınları, üzerine gümüş bromür (AgBr) emülsiyonu sürülmüş plastik bir yapraktan ibaret olan röntgen filmi üzerine, ya doğrudan ya da Flouresans özellikteki bir levha aracılığıyla, ultraviole ışığı şeklinde düşürülür. Görülebilir ışığın fotoğraf plağında yaptığı değişiklikten farksız olan etki, x-ışını veya ultraviole ışığı alan AgBr moleküllerindeki bağların gevşemesidir. Böyle bir film bazı kimyasal solüsyonlarla karşılaştırılırsa, etkilenen moleküllerdeki gümüş ve brom birbirlerinden kolayca ayrılır. Tek kalan gümüş oksitlenerek röntgenogramlar üzerindeki siyah kesimleri oluşturur. Işın düşmemiş bölgelerdeki gümüş bromür molekülleri ise film üzerinden alınır ve beyaz olan plastik baz ortaya çıkar. Bu işleme “film processing” (film banyosu) adı verilir. Yani kısaca röntgenogramlardaki görüntü, okside olmuş gümüş tarafından oluşturulmaktadır.



Gümüş bromür görüntülerinin elde edildiği bu yöntem konvansiyonel röntgen, vücudu geçen x-ışınlarının dedektörlerle ölçülerek görüntünün bilgisayar aracılığı ile katot tüpünde oluşturulduğu yöntem ise dijital röntgen adı verilir.

2.1.2. Bilgisayarlı Tomografi



Bu cihaz X-ışın cihazlarının en gelişmişidir. Bu cihaz ile hekimler MR cihazında olduğu gibi vücudun belli bir bölgesinin kesit görüntüsünü çıkarabilme yeteneğine sahip olmuşlardır. Cihaz diğer röntgen cihazları gibi bir X-ışını tüpüne sahiptir. Ancak bu cihazın sabit bir tüp yapısı yerine, hareketli bir GANTRY üzerine monte edilmiş bir tüp yapısı vardır. Bu gantry sürekli ve belirli bir hızda dönerek şüpheli vücut bölgesinin üzerini taramış olur. Bu tarama; X-ışını dedektörüne gelen veriler doğrultusunda görüntü işleme bilgisayarlarıyla CT görüntüleri oluşturur. Oluşturulan bu görüntü MR görüntülerine oldukça benzemektedir.

CT cihazının etkili olduğu dokuları ve vücut bölgelerini incelediğimizde daha çok yapısı ve çalışma prensibi itibarıyla kemikli dokuların incelenmesinde, yumuşak dokularinkine oranla daha başarılıdır.

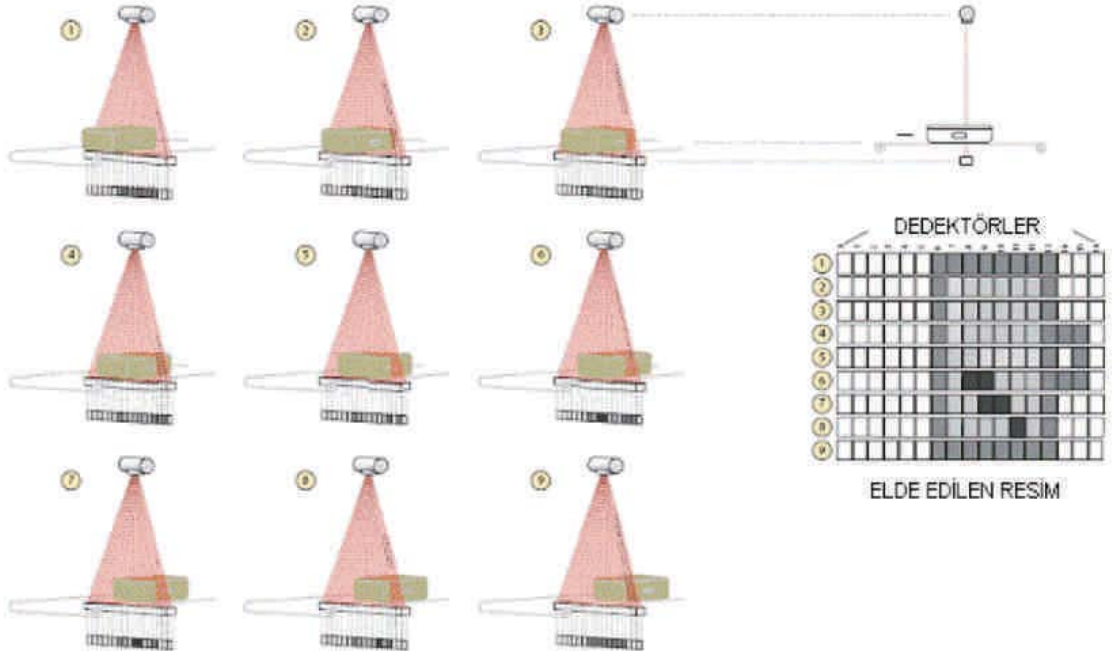
2.2. X-Ray Cihazları

X-Ray cihazları, nesnelerin sabit bir X-ışını kaynağından geçirilerek içeriği hakkında bilgi veren cihazlardır. X-Ray cihazlarında bir X-ışını kaynağı ve bu kaynağın karşısında ışınları algılayan bir detektör grubu bulunmaktadır. Eşyalar bu ışınların yolu üzerine konulmakta ve eşyalardan geçen ışınlar detektörler (foto diyetler) tarafından algılanmaktadır.

Foto diyet çıkış sinyallerinin uygun yükseltme ve filtreleme işlemlerinden sonra, sinyal işleme ve görüntü oluşturma teknikleri kullanılarak dilim görüntüleri oluşturulmakta, sonrasında bu dilimler birleştirilmekte, sonuç olarak oluşturulan görüntü monitör bir silüet olarak yansıtılmaktadır.

Aşağıda verilen resimde standart bir X-Ray cihazının bagaj tarama süreci adım adım izlenmektedir.

STANDART GÖRÜNTÜLEME



Bagajlar X-Ray cihazının tüneline geçerken maruz kaldıkları X-ışınları bagajı bir uçtan öbür uca tarar. Taranan her kesit, içerdiği maddenin atom ağırlığıyla ilgili olarak detektör grubunda bir sinyal oluşturur. Tarama sonunda bu sinyallerin toplamı taranan maddenin içerdiği nesnelere görüntüsüdür.

X-ışınları çanta paket kontrol sistemleri ilk kullanılmaya başladığında siyah beyaz görüntü verebilen basit cihazları ve buradan sadece malzemenin, çantanın içtekilerin fiziksel şekli hakkında bilgi alınabilmekteydi. Daha sonra 90'lı yılların başlarında sadece fiziksel şeklin ne olduğunun bilinmesi pek yeterli olmamaya başladı. Üreticiler bir adım daha ileriye giderek çanta paket içersindeki nesnelere kimyasal yapısı hakkında da bilgi verebilecek yani onların organik ya da inorganik maddeler olup olmadıklarının belirlenebileceği teknikler üzerinde çalışıp kullanıcılara bu bilgileri verebilecek multi enerjili sistemler geliştirdiler.

Bu sistem, oluşturulan görüntü üzerinde operatörlerin madde tanımlamasını kolaylaştırıcı bazı uygulamaları içermektedir. Bu tanımlamada malzemelere renk kodlaması uygulanmakta, örneğin titanyum, krom, demir, çelik, kalay, kurşun, bakır, gümüş, altın gibi atom numarası 18'den büyük olan ağır elementler (inorganik maddeler) mavi renklendirme ile alüminyum gibi atom numarası 10 ile 18 arasında

olan orta ağırlıktaki elementler (karışık grup) yeşil renklendirme ile, atom numaraları 10'un altında olan hidrojen, karbon, nitrojen, oksijen, nitrogliserin, akril, kağıt, tekstil ürünleri, tahta ve su gibi organik maddeler turuncu ile görünmektedir.

90'lı yılların ikinci çeyreğinden sonra ise bu cihazlarda daha büyük gelişmeler yaşanmaya başlandı ve 3. çeyrekte artık operatörlere çantaların şüpheli olup olmadığı hakkında karar vermesinde yardımcı olmaya çalışan ve görüntüler üzerine şüpheli olabilecek bölgelere işaretler atan sistemler geliştirilmeye başlandı.

2.3. X-Işınlarnının Sanayide Kullanılması

Sanayide X-ışınları metal parçaların, özellikle de dökümlerin ve kaynaklanmış parçaların sağlamlığının denetlenmesinde kullanılır. Çok sayıda parçadan oluşan malzemelerin, örneğin elektrikli aletlerin montajının doğru yapıp yapılmadığı da X-ışınlarıyla incelenebilir. Polis ve gümrük memurları yolcu valizlerinde yasadışı bir maddenin bulunup bulunmadığını anlamak için X-ışınlarından yararlanırlar. X ışınları bugün kullanılmakta olan pigmentlere (renk verici maddelere), eski ressamların kullanmış oldukları pigmentlere oranla daha kolay işler. X-ışınlarının bu özelliğinden yararlanan sanat uzmanları, eski bir ressama ait olduğu iddia edilen bir yapıtın sahte olup olmadığını, üzerinde herhangi bir değişikliğin yapıp yapılmadığını saptayabilirler. Tabloların alt katmanlarının X-ışınlarıyla incelenmesiyle, ünlü ressamların yapıtlarını nasıl ortaya çıkardıklarına ilişkin pek çok şey öğrenilmiştir. X-ışınlarının farklı maddelerde farklı renklere flüorışma oluşturma özelliğinden, gerçek değerli taşları yapaylarından ayırt etmekte de yararlanılır.

2.4. Bilimsel Araştırmalarda X-Işınlarnı

X-ışınları canlı hücrelerdeki genetik maddelerin değişim hızını artırmak için kullanılabilir. Böylece bilim adamları yeni canlı türleri yaratmak ve belirli genlerin kalıtım modelini incelemek için X-ışınlarından yararlanabilirler. ABD'li genetikçi Hermann Joseph Muller, X-ışınlarının değişim yaratıcı (mutajenik) özellikleri üzerindeki çalışmalarıyla 1946 Nobel Tıp ya da Fizyoloji Ödülü'nü almıştır. X-ışını kristalografisi, maddelerin kristal ve molekül yapısını incelemekte kullanılan bir

yöntemdir. Görünür ışıktan farklı olarak X-ışınları, içinden geçtikleri mercek, prizma ve aynalarda önemli bir doğrultu değişikliğine uğramaz. Ama öte yandan kristallerdeki atomlar düzenli bir yerleşim içindedir ve X-ışınlarını kırılmaya uğratacak kadar birbirlerine yakındır, bu yüzden de belirli bir kırınım deseni oluşturur). Çözümlenecek kristal örneğin üzerine X-ışını demeti düşürülür ve ortaya çıkan kırınım deseninin filmi çekilir. Bu desendeki beneklerin konumları çözümlenerek kristalin atom yapısı konusunda bilgi edinilir. X-ışını kırınımına dayalı inceleme yöntemleri, biyoloji açısından önemli moleküllere ilişkin bilgilerimizin artmasında yaşamsal bir rol oynamıştır. Örneğin, DNA olarak anılan deoksiribonükleik asidin X-ışını kırınımıyla incelenmesi, DNA moleküllerinin ikili sarmal yapısının belirlenebilmesine yardımcı olmuş ve böylece bilim adamları genetik şifreyi ve bunun kalıtım sürecindeki rolünü öğrenebilmişlerdir. X-ışını kırınımı yöntemi metallerin, kay açların, minerallerin incelenmesinde ve cevher çökellerinin yerlerinin saptanmasında da uygulanır. X-ışınları tarayıcı elektron mikroskoplarında da kullanılır.

2.5. X-ışını Astronomisi

X-ışını astronomisi, dış uzaydaki X-ışını kaynaklarının incelenmesini konu alan bir bilim dalıdır. X-ışınları Dünya atmosferinde soğurulduğundan yerdeki aletlerle kolayca toplanıp gözlemlenemez. Bu nedenle X-ışını teleskopları ve algılayıcıları roketlerle, balonlarla çok yükseklere çıkartılır yada bir uyduyla Dünya yörüngesine oturtulur. X-ışını astronomisiyle, aralarında yıldızların, süpernova kalıntılarının ve kuvazarların da bulunduğu binlerce X-ışını kaynağı ortaya çıkartılmıştır. Kuğu X-1 adı verilen güçlü ve önemli bir X-ışını kaynağının, görünmeyen yoldaşıyla birlikte ortak bir kütle çekimi merkezi çevresinde dolanan, görünür bir yıldız olduğu sanılmaktadır. Yoldaşının görünür yıldızdan madde çeken bir kara delik olduğu ileri sürülmüştür. Bu varsayıma göre, yıldızdan çekilen madde kara delikte yok oldukça, kara delik X-ışınları salmakta ve astronomlar da bu ışınları gözlemlemektedir.

KAYNAKÇA:

- AYGÜN, E. , ZENGİN, M. (1998). “Atom ve Molekül Fiziği”. Ankara Üniversitesi, Ankara
- CULLİTY B.D. (1996). X ışınlarının Difraksiyonu, (Çev. A. Sümer), İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul
- GÜNDÜZ, EROL. (1989). “Modern Fiziğe Giriş”. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İzmir
- ATAMAN, G. (1971). “X-ışınlarının Kristallerdeki Kırınımına Giriş. Ders Notları”. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara
- ŞAHİN, Y. (1999). “Çekirdek Fiziğinin Esasları”. Çeviri, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum
- <http://www.taek.gov.tr>
- <http://tr.wikipedia.org>
- <http://kutuphane.ksu.edu.tr>
- <http://www.fizik.us>