

X-IŐINLARIVE UYGULAMALARI



Dr.A.Kürşad POYRAZ
F.Ü. TIP FAK. RADYOLOJİ A.D

Röntgen Tüplerinden X-Işını Elde Edilmesi

- Röntgen cihazlarında fiziksel etken olarak yararlanılan x-ışınları, röntgen tüplerinden elde edilmektedir. Röntgen tüpü; x-ışını oluşumunu sağlayan, havası boşaltılmış (vakum) ve içerisinde katot ve anot olmak üzere iki elektrot bulunan cam bir zarftan ibarettir.

- Röntgen tüplerinde x-ışını elde edebilmek için, flamanın ısıtılarak elektron yayması ve bu elektronların hızla anot üzerindeki tungsten hedefe çarptırılması gerekir. Bu nedenle; röntgen tüplerinden x-ışını oluşturmada temel görevleri katot elemanlarından flaman ve anot elemanlarından hedef (foküs) üstlenmiştir.

Röntgen Tüplerinde Gerçekleşen Olaylar

- Termoiyonik yayılım
 - Röntgen cihazı açıldığında, flaman transformatöründen sağlanan akımla flaman ısınarak akkor hale gelmekte ve flaman elektron yaymaktadır. Elektrik akımıyla ısıtılan flamanın etrafa elektron yaymasına “termo iyonik emisyon” olayı denir.

- Flamana uygulanan akım şiddeti (mA) ile doğru orantılı olarak flamanın etrafında bir elektron bulutu oluşur. Isıtılan flamanın elektron yayması, tüpte gerçekleşen birinci olaydır.

Katot ışını oluşumu

- Flamanın tarafından yayınlanan elektronlar, flaman çevresinde bulunan, molibden levhadan yapılmış, (-) elektrik yüklü “elektron yöneltici” (EY) tarafından bir araya toplanıp, Coulomb Kanunu uyarınca anottaki hedefe doğru itilir; ancak, EY tarafından sağlanan itme gücü, elektronların anoda ulaşmaları için yeterli değildir; bu nedenle katotta anot arasında bir potansiyel fark (gerilim) yaratılmalıdır.

- Bu potansiyel farkı yaratmak için, anot üzerine (+) yüksek voltaj (Kv) uygulanmalıdır. Bu amaçla, şehir voltajı röntgen cihazlarındaki yüksek voltaj transformatörü tarafından yükseltilerek, exposure süresince anot üzerine yüksek voltaj uygulanır.

- Anot üzerine uygulanan (+) yüksek voltaj (Kv) nedeniyle, katotla anot arasında oluşturulan potansiyel fark, katottaki elektronların hızla anota doğru ilerlemelerine olanak sağlar.

- Katotla anot arasında yaratılan potansiyel farktan dolayı, katottan anota doğru ilerleyen elektron demetine “tüp akımı” veya “katot ışını” denir. Katot ışını oluşumu, tüpte gerçekleşen ikinci olaydır.

Elektron bombardmanı

- Anot üzerine uygulanan yüksek voltaj (Kv) değeri arttıkça katottan anota doğru seyreden elektronların kinetik enerjileri de artmaktadır. Röntgen tüpünün anotuna uygulanan voltajın değeri röntgen cihazı kumanda panosundaki Kv düğmesiyle kontrol edilmektedir.

- Dolayısıyla; Kv ayarıyla, röntgen tüpünde katottan anota doğru ilerleyen elektron demetinin hızı (kinetik enerjileri) belirlenmektedir. Elektronların foküs denilen hedefe çarptırılması ise katottaki EY tarafından sağlanmaktadır.

- Anot üzerine uygulanan (+) yüksek voltaj nedeniyle, katottan ayrılıp büyük bir hızla anot alanına ulaşan elektronlar, anottaki tungsten hedefin (-) yüklü elektrik alanıyla karşılaşır.

- Katottan gelen elektronlar da (-) yüklü olduğundan, karşılıklı aynı cins yüklerin çarpışması sonucu büyük bir “elektron bombardımanı” meydana gelir. Söz konusu elektron bombardımanı, tüpte gerçekleşen üçüncü olaydır.

- Anot alanında meydana gelen elektron bombardımanı nedeniyle katottan gelen elektronlardan %99,8 kadarı hız kaybına uğradığından, sahip oldukları kinetik enerji ısı enerjisine dönüşmektedir.

- Katottan gelen yüksek kinetik enerjiye sahip elektronlardan, anot alanında hızları durdurulanların kinetik enerjilerinin ısı enerjisine dönüşmesi bu esasa dayanır. Elektron bombardımanı sonucu anotta oluşan bu ısı, anottaki bakır iletken yardımıyla tüp dışına taşınır

X-Işını salımı

- Katottan anota doğru ilerleyen elektron demetinin %99,8 kadarının kinetik enerjisi anot alanında ısı enerjisine dönüşürken, geri kalan %0,02 kadarki “elektron demetçığı” ise, anotta tungsten levhayı oluşturan hedef atomlarına çarparak, bu atomların yörüngelerine değer taşımayan x-ışını demektir.

Röntgen Tüplerinde Oluşan Radyasyonlar

- Röntgen tüplerinde tungsten atomlarında gerçekleşen olaylar sonucu beyaz radyasyon ve karakteristik radyasyon olmak üzere iki tür radyasyon oluşur.

Beyaz radyasyon

- Anotta foküs alanını bombardıman eden elektronlardan bir kısmı tungsten atomlarının elektrostatik alanlarında ani hız kaybetmesi sonucu kinetik enerjileri radyasyon enerjilerine dönüşür.

- İşte uzun dalga boylu ve düşük enerjili bu radyasyonlar beyaz radyasyon olarak nitelendirilir. Tüpten çıkan radyasyon demetinin % 70 kadarı beyaz radyasyon karakterindedir.
- Beyaz radyasyonlar radyografik açıdan bir kıymet ifade etmez.

Karakteristik radyasyon

- Katottan anota doğru ilerleyen elektron demetinin %0.02 kadarı, anot alanındaki elektron bombardımanı sırasında durdurulmayıp, tungsten atomlarının iç yörüngelerine girme olanağı bulmaktadır.

- Bu elektron demetçığının tungsten atomlarının iç yörüngelerine doğru ilerleme yetenekleri, taşıdıkları kinetik enerjiyle doğru orantılıdır; dolayısıyla katottan anota doğru ilerleyen elektronların hızını artırmakla, anotta tungsten atomlarının daha iç yörüngelerine görülebilmektedir

- Röntgen cihazlarında tüpün anotuna uygulanan Kv değerini artırmakla, katotla anot arasındaki potansiyel fark artacağından, elektronların hızları artmakta, hızları arttıkça ise kinetik enerjileri de artmaktadır.

- Bu durum, yüksek kinetik enerjiye sahip elektronların tungsten atomlarının daha iç yörüngelerine girebilmesine olanak sağlamaktadır. Ya da etkileştiği elektronlara daha yüksek enerji transfer ederek bu elektronların daha iç yörüngelere sıçramasına neden olmaktadır.

- Katottan anota doğru ilerleyerek, tungsten atomlarının iç yörüngelerine girme olanağı bulan yüksek kinetik enerjiye sahip elektronlar, taşıdıkları enerjiyle doğru orantılı olarak tungsten atomlarının iç yörüngelerine doğru ilerlerken, yolları üzerinde isabet eden tungsten atomlarının elektronlarına çarpar.

- Bu çarpma sonucu, tungsten atomuna dışarıdan giren elektronlar, kendi kinetik enerjilerini çarpıştıkları elektronlara aktarır. Böylece yörünge elektronunun doğal enerjisi arttığından, yeni enerji düzeyine uygun yörüngeye geçmek üzere kendi yörüngesinden ayrılır

- Her elektron sadece kendi enerji düzeyine uygun bir yörüngede barınabilir. Dengeli bir atomda, farklı enerjilere sahip elektronlar aynı yörüngede bulunamaz; bu nedenle, dışarıdan gelen elektronun enerji transfer ettiği yörünge elektronu, kendi doğal yörüngesinden ayrılıp yeni enerji düzeyine uygun yörüngeye geçmek zorundadır.

- Şu halde; tungsten atomlarının yörüngelerine giren elektronlar çarptıkları elektronları yörüngelerinden sökerek onların daha üst enerji seviyesine geçmesine neden olmaktadır.

- Uyarılan tungsten atomu elektronları, kazandıkları ilave enerji nedeniyle daha üst enerji seviyelerine (daha iç yörüngelere) geçerken bir ışık yapmaktadır. Her ışık için belirli bir enerji harcanır.

- Dolayısıyla; doğal yörüngesinden başka bir yörüngeye geçen elektron da bir iş yapmakta ve bu iş için de belirli bir enerji harcamaktadır. Yörüngesinden koparılan elektronların yörüngeler arasındaki hareketleri sırasında harcadıkları enerji “karakteristik radyasyon” olarak nitelenen x-ışınlarıdır.

- Elde edilen bu radyasyonun sahip olduğu enerji, kendisini oluşturan elektronun geçtiği yörüngeler arasındaki enerji farkına eşittir; bu nedenle çekirdeğe yakın yörüngeler arasındaki enerji farkı daha büyük olduğundan, hedefi oluşturan tungsten atomlarının iç yörüngelerine doğru girildikçe, elde edilecek radyasyonun sahip olacağı enerji de artmaktadır.

- Bu bağlamda; çekirdeğe yakın yörüngelerden elde edilen x-ışınları daha yüksek enerjili fotonlardan oluşur. Yüksek enerjili x-ışınlarının frekansları da daha yüksek olduğundan, dalga boyları daha kısa ve penetrasyon yetenekleri de daha fazla olmaktadır.

- Anottaki hedefi oluşturan atomlarda yörüngesinden sökülen elektronun yerine, kendinden sonra gelen yörüngeden bir elektron geçerken, kendisinin ayrıldığı yörüngeye de kendisinden sonra gelen yörüngede ki bir elektron geçmekte ve bu olaylar en iç yörünge ile en dış yörünge arasında exposure süresince birbirini izler.

- Boş olan yörüngeleri doldurmak için kendi yörüngelerinden ayrılan elektronlar da geçtikleri yörüngeler arasındaki enerji farkına eşit enerjiye sahip x-ışını oluşturur.

- Katottan gelen ve anottaki hedefi bombardıman eden elektronlardan bazıları, yolları üzerinde elektronlarla karşılaşmadan, yörüngeleri geçip çekirdeğe ulaşır. Bu tür transit elektronlardan bazıları, çekirdeğin pozitif elektrostatik çekim alanında yavaşlar.

- Böylece; bu transit elektronların taşıdığı kinetik enerjiden bir kısmı radyasyon enerjisine dönüşür. Burada çekirdeğin (+) elektrik alanı elektronun hızını frenlediğinden, elektronun çekirdek alanında kaybettiği hız (kinetik enerji) sonucu oluşan radyasyona “frenleme radyasyonu” denir.

- Çekirdek alanında kinetik enerjinin büyük bir kısmını kaybeden elektronlar, düşük enerji seviyeli bir yörünge aramak üzere, dış yörüngelere doğru harekete geçer. Elektronların geri dönüşlerinde de geçtikleri yörüngeler arasındaki enerji farkına eşit enerjiye sahip radyasyon yayılır.

- Hedefteki tungsten atomunun iç yörüngelerine girerken yörünge elektronlarıyla, karşılaşmayan elektronlardan bazıları atomun çekirdeğine çarpar.

- Hedefi oluşturan tungsten atomunun çekirdeği çok büyük olduğundan, çekirdek parçalanmaz fakat kendisine çarpan söz konusu elektronların hızları tamamen durdurulduğundan, taşıdıkları kinetik enerjinin tamamı x-ışınına dönüşür.

- Katottan gelip hedefi oluşturan atomların yörüngelerine girebilen elektronlar, gerek yörünge elektronları ve gerekse çekirdeğe çarpmakla tungsten atomlarında bir titreşim meydana gelir.

- Bu titreşimlerin en şiddetlisi, elektronların çekirdeğe çarpmasıyla meydana gelir. X-ışınlarının belirli bir frekansı vardır. X-ışınlarının frekansı, özelliklerinin tayininde rol oynar.

- Frekansla dalga boyu ters orantılı olduğundan, x-ışınlarının frekansı arttıkça dalga boyu kısalır.
- X-ışınlarının dalga boyu kısaldıkça penetrasyon yetenekleri artar.

- Röntgen tüplerinde x-ışını oluşumu sırasında hedefi oluşturan atomların dengeli hali bozulmaktaysa da, exposure süresince devam eden tüp akımı nedeniyle ardarda süregelen olaylar sonucunda, atom çok kısa bir sürede tekrar kararlı haline kavuşmaktadır.

- Zira; x-ışını oluşumu sırasında denge bozulması ve denge kurulması olayı izlemektedir fakat her exposure sonunda atom doğal haline geçmektedir.

- Sonuç olarak ifade etmek gerekirse; x-ışınları, elektronların taşıdığı kinetik enerjinin tungsten atomları vasıtasıyla dönüşüme uğradığı radyasyon enerjisidir.

X- Işıklarının Karakterleri

- X-ışınları sahip olukları dalga boylarına göre yumuşak veya sert karakterli ışınlar şeklinde değerlendirilir.

Yumuşak Karakterli Işıklar

- Dalga boyları 0,8 Å dan büyük olan ışıklar “yumuşak karakterli ışıklar” olarak değerlendirilir. Tungsten atomlarından elde edilen x-ışıkları, iç yörüngelerden dış yörüngelere doğru yumuşaklaşır.

- X-ışınlarının yumuşaklığı, dalga boylarıyla doğru orantılıdır. Dolayısıyla; yumuşak ışınların dalga boyları uzun, frekansları düşük, penetrasyon yetenekleri ve kendilerini oluşturan fotonların enerjileri azdır.

Sert Karakterli Işıklar

- Dalga boyları 0,8 Å dan küçük olan ışıklar bu grupta yer alır. Tungsten atomlarından elde edilen x-ışınları çekirdeğe yaklaştıkça sertleşir. X-ışınlarının sertliği, dalga boyuyla ters orantılıdır; dolayısıyla sert ışıkların dalga boyu kısa, frekansları yüksek, penetrasyon yetenekleri ve kendilerini oluşturan fotonların enerjisi fazladır.

Dalga Boyu ve Voltaj Hesapları

- Röntgen tüpüne uygulanan Kv değeri bilindiğinde, ne kadarlık bir gerilimle ne kadar dalga boyda ışın elde edebileceği veya dalga boyu bilinen bir ışının ne kadarlık bir gerilimle elde edileceği hesaplanabilir.

Dalga Boyu Hesapları

- İstlenen x-ışınının dalga boyu verilmişse, bu ışın için gerekli gerilim hesaplanabilir.

Voltaj Hesapları

- Tüpün anotuna uygulanan gerilim (Kv) değeri arttıkça, elde edilen x-ışınlarının dalga boyu kısalmakta, penetrasyon (delip geçme) yeteneği artmaktadır.