

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

X-IŞINLI GÖRÜNTÜLEYİCİ KURULUMU

ANKARA 2008

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. X-İŞINLI GÖRÜNTÜLEYİCİLER	3
1.1. X-İşınının Tarihçesi	3
1.2. X- İşinli Görüntüleyici Çeşitleri	4
1.2.1.Konvansiyonel Röntgen Cihazları	5
1.2.2. Floroskopi Cihazları	7
1.2.3. Dijital Röntgen Cihazları	8
1.2.4 .Mamografi Cihazları	9
1.2.5. Bilgisayarlı Tomografi Cihazları	10
1.2.6. Anjiyografi Cihazları	11
1.3. X-İşinli Görüntüleme Cihazlarının Kurulum ve Kullanım Yeri Özellikleri	11
1.3.1.Radyoloji Laboratuvarının Planlanması	11
1.3.2. Görüntüleme Odalarının Fiziksel Özellikleri	12
1.4. Görüntüleme Odalarının Cihaz Özelliklerine Uygun Planlanması	13
1.4.1. Oda Büyüklüğü	13
1.4.2. Tavan Askı Sistemi	15
1.4.3. Statik Hesaplama	16
1.4.4. Sistem Yerleşimi	16
1.4.5. Sistem Enerji Beslemesi	16
1.4.6. Fiziki Etkiler	17
1.5. Radyoaktif Yalıtım	18
1.5.1. Havalandırma Sistemi	18
1.5.2. Kurulum Kayıtları	18
UYGULAMA FAALİYETİ	20
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	22
ÖĞRENME FAALİYETİ -2	23
2. X-İŞININ KULLANILMASI VE YAPISI	23
2.1. X-İşının Üretilmesi	23
2.1.1. Elektromanyetik Spektrum	23
2.1.2. X – Işın Üretilmesi	24
2.1.3. Enerji	26
2.1.4. Bremsstrahlung Radyasyonu	27
2.1.5. Karakteristik Radyasyon	27
2.1.6. Dalga Boyu	27
2.1.7. X-İşın Özellikleri	28
2.1.8. X-İşını Penetrasyon Özellikleri	29
2.1.9. X-ışını Absorbsiyon Özellikleri	29
2.1.10. Saçılma	30
2.2. X- Işın Tüpleri	31
2.2.1. Cam Zarf	32
2.2.2. Katot (Cathode)	32
2.2.3.Anot (Anode)	33
2.2.4. Haube	33
2.2.5. Fokus	35

2.2.7. Yoğunluk	36
2.3. Radyoaktiviteye Karşı Korunma Yolları	37
2.3.1. Yararlı Radyasyon	38
2.3.2. Kaçak Radyasyon	38
2.3.3. Saçılan Radyasyon.....	38
2.3.4. Doz Tanımları.....	38
2.3.5. Enerji Dozu.....	39
2.3.6. Dozimetreler	40
UYGULAMA FAALİYETİ	44
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	46
ÖĞRENME FAALİYETİ -3	47
3. X-IŞINLI GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARINI NAKLETME	47
3.1. X-Işınlı Cihazları Ambalajlama ve Etiketleme Kuralları.....	47
3.2. X-Işınlı Cihazları Taşıma.....	48
UYGULAMA FAALİYETİ	50
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	52
MODÜL DEĞERLENDİRME	53
CEVAP ANAHTARLARI.....	55
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	57
KAYNAKÇA	58

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0214
ALAN	Biyomedikal Cihaz Teknolojileri
DAL/MESLEK	Tıbbi Görüntüleme Sistemleri
MODÜLÜN ADI	X-Işınli Görüntüleyici Kurulumu
MODÜLÜN TANIMI	X-ışınli görüntüleyici çeşitlerini, kullanım özelliklerine ve yapılarına göre yer, tesisat ve yalıtım kontrollerini X-ışınli görüntüleyicilerde radyoaktif güvenlik standartlarına göre emniyet tedbirlerini, uluslararası taşıma standartlarına uygun olarak, güvenli naklini ve X-ışınli görüntüleyicilerin kurulum hazırlıklarını kapsayan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Biyomedikal alan ortak modüllerini başarmış olmak
YETERLİK	X-ışınli görüntüleme cihazlarının güvenli kurulumu için tedbir almak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, teknik ve idari şartnameler, kurumsal yönetmelikler ve yönergeler, cihazın marka modelinin CE Marking Direktifleri (Directive 93/68/EEC), TS 4535 EN 60601-1 (Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları), TS 4535 EN 60601-1-3 servis el kitabı, 18861 sayılı Radyasyon Güvenliği Tüzüğü gereğince X-ışınli görüntüleyici ünitelerinin kurulum hazırlıklarını yapabileceksiniz. Amaçlar 1. X-ışınli görüntüleyicileri ayırt ederek kullanım özelliklerine ve yapılarına göre yer, tesisat ve yalıtım kontrollerini yapabileceksiniz. 2. X-ışınli görüntüleyicilerde radyoaktif güvenlik standartlarına göre emniyet tedbirlerini alabileceksiniz. 3. X-ışınli görüntüleyicilerin 18861 sayılı Radyasyon Güvenliği Tüzüğü ve uluslararası taşıma standartlarına uygun olarak güvenli naklini sağlayabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Tıbbi görüntüleme sistemleri dal atölyesi, hastanelerin radyoloji servisleri, teknik servislerin X-ışınli cihaz kurulumu-nakil birimleri Donanım: Şartnameler, yönetmelikler, yönergeler, servis el kitabı, metre, nemölçer, sıcaklıkölçer, ışıkölçer, su terazisi, gürültü (parazit) ölçer, mekân planı

**ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME**

Her öğrenme faaliyetinin sonunda, verilen ölçme araçlarıyla (test, çoktan seçmeli, doğru- yanlış vb.) kazandığınız bilgileri ölçerek kendinizi değerlendireceksiniz.

Ayrıca, modül sonunda öğretmeniniz, size öğrenme faaliyetleri, uygulamalar ve araştırmalar sonucunda kazandığınız bilgi ve becerilerinizi ölçmek için bir yeterlik testi uygulayacaktır.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Tıp alanında tanı ve tedavi amaçlı olmak üzere farklı yapılarda tıbbi cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar, kullanıldıkları yerlere ve çalışma prensiplerine göre çeşitlilik göstermektedir.

Tıp alanında kullanılan cihazlar arasında görüntüleme cihazlarının ayrı bir yeri vardır. Görüntüleme cihazları da yine çalışma prensipleri ve işlevleri açısından çeşitlilik göstermektedir.

Elinizdeki modülde, görüntüleme cihazları arasında çalışma, prensiplerinde x-ışınını kullanan cihazlardan bahsedeceğiz. X-ışınlı cihazlar, x-ışınının keşfinden sonra teknoloji ile birlikte önemli gelişmeler katederek tanı ve tedavinin vazgeçilmez cihazları arasında yerini almıştır.

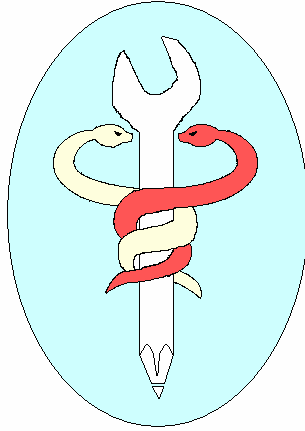
Elinizdeki modülde, yaygın olarak karşılaştığınız x-ışınlı cihazların çeşitlerini ve kullanım yerlerini görebileceksiniz.

Bu modülde, cihazların temel prensibini oluşturan x-ışınının ne olduğunu ve nasıl üretildiğini bulabileceksiniz.

Bu modülde x-ışınlı cihaz risklerine karşı alınması gereken önlemleri bulabileceksiniz.

Cihazların taşıma ve ambalaj kurallarını, yine bu modülde bulabileceksiniz.

Tıbbi cihaz ve sistemlerin bulunduğu ortamların insan sağlığı ve çevre için önemli riskler taşıdığını unutmayınız. Bu cihazlarla çalışırken üzerinize düşen sorumluluğun son derece büyük olduğunu ve çok küçük ihmallerin ne kadar büyük sonuçlar doğurabileceği bilinciyle hareket ediniz ve tüm çalışmalarınızda bu duyarlılığı gösteriniz.





ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda x-ışınli görüntüleyicileri ayırt ederek kullanım özelliklerine ve yapılarına göre yer, tesisat ve yalıtım kontrollerini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Herhangi bir x-ışınli cihaza ait servis ve kurulum kılavuzu bularak cihazın kurulacağı ortamla ilgili özellikleri inceleyip arkadaşlarınızla tartışınız.

1. X-IŞINLI GÖRÜNTÜLEYİCİLER

1.1. X-Işınının Tarihçesi



Resim 1.1: Wilhelm Conrad Röntgen

Alman Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Röntgen, 8 Kasım 1895 tarihinde, Würzburg'da bulunan laboratuvarında, boşalma tüplerinde üretilen katot ışınlarını incelerken yaklaşık iki metre uzaklıkta bulunan baryum platin siyanür kaplı plakanın bu ışınlarla etkileştiğini fark eder. Yaptığı sonraki deneylerde tüp ile plaka arasına elini koyduğunda, plaka üzerinde kemiklerini gördü ve 28 Aralık 1895 tarihinde Würzburg Medikal Fizik Kurumuna, "Über eine neue Art von Strahlen" adlı raporunu ve deneysel verilerini sundu. Röntgen, bulduğu bu ışınların yapısını bilmediğinden bunlara X adını verdi.

X ışınının keşfinden sonra teknoloji ile birlikte x ışınının kullanım alanları da gelişim göstermiştir. X ışınları, tıp alanında görüntüleme cihazlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve günümüzde de oldukça gelişmiş cihazlarda kullanılmaktadır.



Resim 1.2: 1902 yılında bir röntgen



Resim 1.3: 1940'lı yıllarda bir röntgen

1.2. X- Işınlı Görüntüleyici Çeşitleri

X- ışınlı görüntüleyiciler, radyan enerjisini ve radyoaktif maddelerin tıpta tanı ve tedavi alanında kullanımını inceleyen radyolojinin kapsamı içindedir. Radyoloji genel olarak iki ana bölümden oluşmaktadır:

- Diyagnostik radyoloji
- Girişimsel radyoloji

Diyagnostik, kelime anlamı olarak “tanı” anlamını taşımaktadır. Radyodiyagnostik ise “tanı amaçlı radyolojik görüntüleme” anlamına gelmektedir. Radyodiyagnostik cihazlar içerisinde yer alan x ışınli cihazlar, transmisyon prensibine göre çalışır. Bu prensipte geliştirilmiş görüntüleme yöntemlerinde kullanılan enerji, vücudu geçer ve öbür taraftaki alıcıya ulaşır. Enerji kaynağı ve alıcı farklıdır. Burada kullanılacak enerjinin, vücudu geçebilecek kadar güçlü olması gerekmektedir. Röntgen ve bilgisayarlı tomografi yöntemlerinde transmisyon söz konusudur. X- ışınli cihazları incelediğimizde bu ana grubun altında birçok cihazın olduğunu görürüz. Bu cihazların bir ana gurubun altında toplanmasının nedeni hemen hemen çok benzer çalışma prensiplerinin olmasıdır. Çünkü bu cihazların hepsi bir x ışını tüpüne dayanmaktadır ve hepsinde bir x ışını tüpü mevcuttur. Buradan yola çıkarak x ışınli cihazları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Konvansiyonel röntgen cihazları
- Floroskopi cihazları
- Dijital röntgen cihazları
- Mamografi cihazları
- Bilgisayarlı tomografi cihazları
- Anjiyografi cihazları

1.2.1.Konvansiyonel Röntgen Cihazları

Konvansiyonel röntgen cihazlarında radyografi yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, x ışın tüpü tarafından oluşturulan x ışınları, hastanın görüntülenmesi istenilen bölgesi üzerinden geçirilir ve X- ışınlarına duyarlı bir film üzerine düşürülerek görüntü elde edilir. Konvansiyonel röntgen cihazları, yapıları bakımından farklılıklar göstermektedir:

- Sabit röntgen cihazları
- C kollu röntgen cihazları
- Seyyar röntgen cihazları

1.2.1.1 Sabit Röntgen Sistemleri

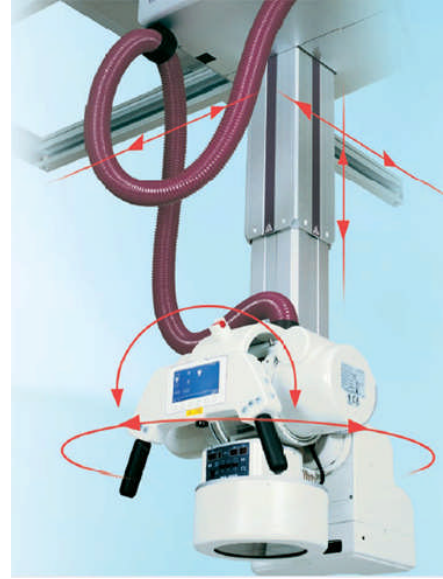
Sabit röntgen sistemleri, X-ışın tüpü taşıyıcı sistem özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Bunlar tavan statifli ve yer statifli sistemler olarak ayrılırlar.

➤ Tavan Statifli Röntgen Sistemi:

Hasta yoğunluğu yüksek konvansiyonel röntgen cihazı ihtiyacı olan kurumlar için idealdir. Tavan statifi, her üç ekseninde de rahatlıkla hareket ettirilebilir. Kolay pozisyonlama sağlar. Gelişmiş tavan statifli X-ışın cihazlarında servo kontrollü motor yapısı ile cihazın tüm hareketleri motorizedir. Tek bir tuşla tavan statifi yukarı aşağı hareket ettirilebilir. Cihaz üzerindeki lazer işaretleyici ile pozisyon vermek çok daha kolaydır. Çekimi yapılacak anatomik bölgeye göre otomatik olarak kolimasyon yapılır ve hastanın gereksiz doz alması engellenir. Cihazın tüm hareket bilgileri; SID mesafesi, X-ışın tüpüne verilen açı vb. üzerindeki dijital ekranda gösterilir. Cihazın aşağıdaki resimde oklar ile gösterilen tüm yönlerdeki hareketi motorizedir.



Resim 1.4: Tavan statifli röntgen sistemi



Resim 1.5: Tavan statifi hareket yönleri

➤ **Yer Statifli Röntgen Sistemi:**

Tüp statifi yere montelidir. Elektromanyetik frenler ile tüp statifinin dikey hareketi güvenli hâle getirilmiştir.

1.2.1.2. C Kollu Röntgen Cihazları

Ortopedik uygulamalar, travmatoloji, üroloji cerrahisi ve acil durum çekimlerinde kullanılan bir X -ışınlı görüntüleme cihazıdır. Mobilize yapısı ile kullanım kolaylığı vardır. C kolun yatay hareketleri, farklı açılarda çekim kolaylığı sağlar.



Resim 1.6: Yer statifli röntgen sistemi Resim 1.7: C kollu röntgen cihazı

1.2.1.3. Seyyar Röntgen Cihazları

Acil servislerde travma uygulamalarında, endüstriyel kuruluşlardaki işçi taramalarında ve her türlü mobil radyografi uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilir. Kolay taşınabilir, kompakt bir yapıya sahiptir.

Günümüzdeki gelişmiş cihazlarda mobil detektör sayesinde şutlama yapıldıktan 3 saniye sonra görüntü ekrana gelir. Konvansiyonel sistemlerdeki gibi kaset taşıma, film banyo etme gibi zaman kaybettiren uğraşlar olmaz. Bilgisayarlı radyografi (CR) sistemlerindeki gibi kaset taşıma, kasetin CR tarayıcıda okunmasını bekleme, kasetlerin ömrü bittiğinde binlerce dolar vererek yeni kaset satın alma gibi can sıkıcı sorunlarınız da olmaz. Alınan görüntü üzerinde çeşitli filtreler kullanılabilir, görüntünün kontrastı, parlaklığı ayarlanabilir, elde edilen görüntü kuru sistem lazer yazıcı ile filme dönüştürülebilir ya da PACS sisteminize aktarılabilir. CD veya DVD'ye yazılıp herhangi bir bilgisayarda görüntülenebilir. Kolay pozisyon vermeyi sağlayan hareketli katlanabilir statif, arka tekerleklerde fren sistemi bulunmaktadır. Jeneratör ile birlikte X-ışını tüpü hafif tek bir üniteden oluşmaktadır. X ve Y eksenlerinde 360° dönebilmektedir. Bu sayede yatay ve dikey eksende istenilen pozisyonun verilmesine olanak sağlamaktadır.



Resim 1.8: Seyyar röntgen cihazları

1.2.2. Floroskopi Cihazları

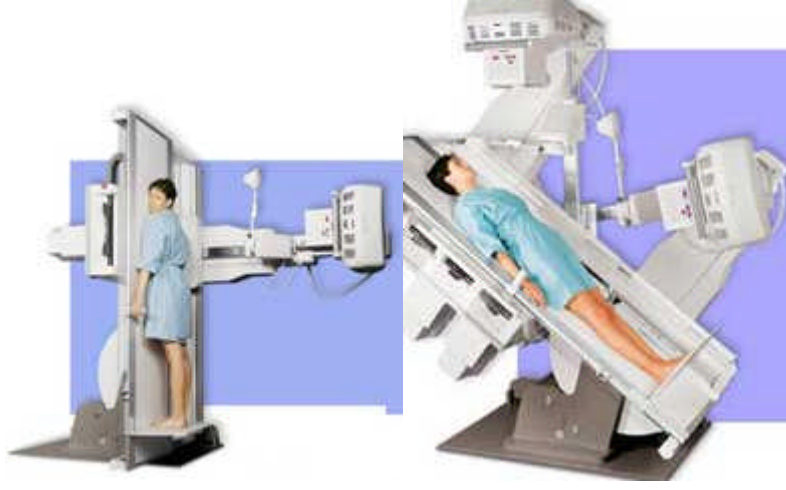
Floroskopi, diğer adı ile radyoskopi, tetkik edilmek istenen vücut bölümünün X-ışınlarına duyarlı floresan bir ekran üzerine düşürülerek muayene edilmesi yöntemidir. Floroskopi yönteminde hasta, floresan ekran ile ışın kaynağı (röntgen tüpü) arasında bulunur. Başka bir ifade ile X-ışınları, hastadan geçtikten sonra floresan ekrana ulaşır.

Floroskopi yönteminde grafi yapma imkânı yoktur. Ancak ekrandaki görüntü, istenirse filme kaydedilebilir. Bu, film kullanılmadığı için ucuz bir yöntemdir. Ancak görüntünün ışınlama süresince ekranda mevcut olması ve bu muayene yönteminde gerek hasta gerekse tetkiki yapanın radyografi yönteminden daha fazla ışına maruz kalması, floroskopi yönteminin dezavantajıdır.

Floresan ekrandaki görüntüler, normal gün ışığı altında zayıflamaktadır. Bu nedenle floroskopik muayenelerde oda karartılmalı ve tetkike başlamadan 10–15 dakika önceden göz uyumu sağlanmalıdır. Ancak son yıllarda görüntünün aydınlıkta tetkikine olanak sağlayan görüntü kuvvetlendiriciler geliştirilmiştir. Bu tür aygıtlara sahip cihazlarda kullanılan X-ışını miktarı da azaltılmıştır.

Floroskopi cihazları, floresan ekrana sahip cihazlardır. Hasta yatar-kalkar özellikteki masa ile floresan ekran arasında tetkike alınır. Röntgen tüpü, masanın altına yerleştirilmiştir. Bir motor vasıtasıyla masa çeşitli yönlerde hareket ettirilebilir. Cihaz üzerinde bulunan floresan ekran hastanın değişik vücut bölgelerinin tetkikine imkân sağlar.

Floroskopi cihazları, genellikle seriografi düzeneğiyle birlikte dir. Bu cihazlarda bütün işlemler floresan ekran kenarında yer alan düğmelerle sağlanır. Ancak son yıllarda geliştirilmiş ileri teknoloji ürünü olan TV donanımlı cihazlarda bütün kumanda işlemleri, kumanda masasından ayarlanmakta ve böylece personelin radyasyonun direkt etkisinde kalması önlenmektedir. Ayrıca TV donanımlı cihazlarda odanın karartılması gerekmemektedir.



Resim 1.9: Floroskopi cihazları

1.2.3. Dijital Röntgen Cihazları

Günümüzde bilgisayar teknolojisinde görülen büyük gelişme, dijital radyolojik sistemlerin de aynı hızda gelişmesini sağlamıştır. X-ışınlarının bulunmasından bu yana kullanılan konvansiyonel röntgende elde edilen görüntü analog bir görüntüdür. Burada görüntü, bir röntgen filmi üzerindedir ve elde edildikten sonra üzerinde değişiklik yapılamaz, taşıma ve saklanması zordur.

Dijital radyolojide bu sorunlar aşılmıştır. Radyografik görüntü bilgisayarın hafızasında saklanabilmekte ve elde edilen görüntü üzerinde bilgisayar teknolojisinin tüm özellikleri kullanarak oynanabilmektedir. Bu özellikler sayesinde film saklanması kolaydır ve arşiv sorunu yoktur. Film tekrarı sorunu çözülmüştür. Dijital röntgen görüntüleri, telefon hatlarıyla elektronik olarak taşınabilmektedir.

Dijital görüntüde birim görüntü elemanına piksel (resim hücresi) denir. Her bir piksel, bir renk tonuna sahiptir. Bir dijital görüntünün pikseli ne kadar çok ise o görüntünün detayı da o kadar fazladır. Dijital görüntü kare ya da dikdörtgen şeklinde olup yatay ve dikey sıradaki piksellerin çarpımı sonucunda toplam piksel sayısı hesaplanır. Buna matrix denir. Dijital görüntüleme sistemlerinde genellikle 512*512 veya 1024*1024 matrixli görüntüler kullanılır.

Dijital görüntüyü oluşturabilmek için hastayı geçen X-ışınlarından bilgisayarın alıp görüntü oluşturabileceği sinyalleri oluşturmak gerekir. Bu da geçen ışınların baryum halid kristali üzerine düşürerek veya floroskopi ekranının dijitalize edilmesiyle ya da çizgisel olarak dizilmiş dedektörler aracılığıyla tarama yaparak olmaktadır.



Resim 1.10: Dijital röntgen sistemi

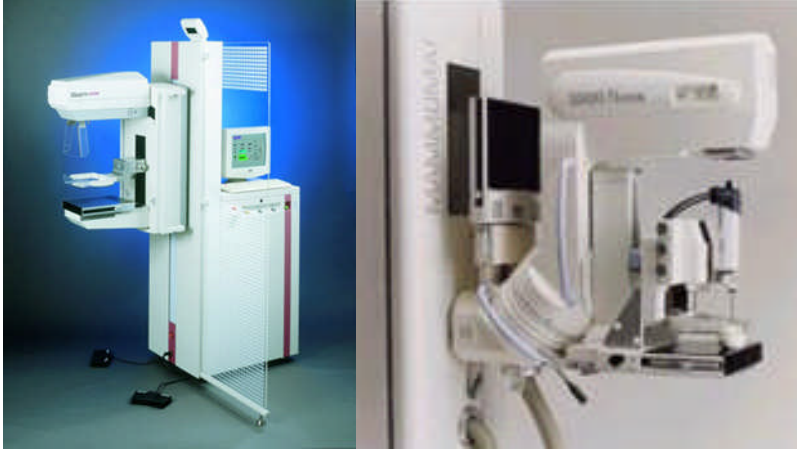


Resim 1.11: Flat dedektör

1.2.4 .Mamografi Cihazları

Mamografi, memedeki yapısal değişiklikleri gösteren bir inceleme yöntemidir. Mamografi yumuşak dokuların radyolojik incelemesine olanak sağlamaktadır. Konvansiyonel radyografide kemik, kas, yağ ve akciğer gibi yoğunlukları ve atom ağırlıkları çok farklı olan anatomik oluşumlar çok belirgin kontrast oluşturmaktadır. Yumuşak doku radyografisinde ise kas ve yağ gibi birbirine yakın yoğunluktaki yapıların görüntülenmesi gerekmektedir. Bu nedenle mamografi cihazları geliştirilmiştir. Bunların temeli, yine röntgen cihazlarına dayanmaktadır. Ancak bu cihaz, direkt ve çok yakın mesafeden X-ışını uygulanması ve uygulanan dokunun çok ince olması nedeniyle limitli bir X-ışını uygular. Bu nedenle mamografi cihazlarında özel alaşımli anot ve filtreler kullanılmaktadır. Mamografide yumuşak doku kontrastının yüksek olması amaçlandığından düşük kilo voltaj (25-35kV), yüksek rezolusyonlu tek emulsiyonlu ince grenli filmler ve hastanın aldığı radyasyonun dozunu düşürmek amacıyla hızlı ranforsatörler kullanılmaktadır. Günümüzde dijital teknolojinin gelişmesi ile beraber klasik mamografi cihazlarının yerini dijital mamografi cihazları almaya başlamıştır. Dijital mamografi cihazlarının film çekim süresi yarı yarıya kısadır. Görüntüler direkt olarak dijital ortamda olup kaset, röntgen filmi, banyo

kullanımı, doz ayarlamasından oluşabilecek film tekrarı yoktur. Hastaların aldığı doz miktarı da % 40 oranında azalmıştır.



Resim 1.12: Mamografi cihazları

1.2.5. Bilgisayarlı Tomografi Cihazları

Bilgisayarlı tomografi cihazları (CT-Computerized Tomography), X-ışını cihazlarının en gelişmişidir. MR cihazlarında olduğu gibi vücudun belirli bir bölgesinin kesit görüntüsünü çıkarabilme yeteneğine sahiptirler. Bu cihaz görüntülerini oluşturmada, konvansiyonel X-ışınılı cihazlarda rastladığımız X-ışını tüplerinin bir benzeri kullanılır. Ancak diğer X-ışını cihazlarının aksine bu cihazlar sürekli dönmekte olan bir Gantry'e bağlıdır. Sürekli dönen bu tüp ve tam karşısına yerleştirilmiş dedektör vasıtasıyla cihaz, her açıdan organın görüntülerini alarak bunları bilgisayarda işler ve görüntüsü istenen organın kesit görüntüsünü oluşturmuş olur.



Resim 1.13: Bilgisayarlı tomografi cihazları

1.2.6. Anjiyografi Cihazları



Resim 1.14: Anjiyografi cihaz

Anjiyografi cihazları daha çok kalp hastalarında, kalbin ve damarların görüntülenmesi için kullanılır. Cihaz konvansiyonel röntgen prensibine göre çalışır. Ancak onun aksine kalp damarlarını çok iyi görüntüleyebilecek şekilde rezolüsyonu çok yüksektir. Hastaya opak madde verilerek kalp ve damarların radyolojik tetkiklerini yapmaya uygun tasarlanmıştır.

1.3. X-Işınlı Görüntüleme Cihazlarının Kurulum ve Kullanım Yeri Özellikleri

Radyoloji laboratuvarları, hastanelerin en önemli hizmet birimlerindedir. Özellikle ışınlarla çalışan bir birim olması nedeniyle ayrı bir önem taşımaktadır. Bu nedenle X -ışınlı cihazların bulunduğu ortamların kurulum ve kullanım yerlerinin düzenlenmesi ve tasarımı oldukça önemlidir. Bu önem, cihazların çalışmasında kullanılan X-ışınlarının yaydığı iyonize radyasyonun insan sağlığı üzerinde oluşturduğu tehlikelerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca cihazların doğru ve güvenilir tetkik yapabilmeleri, hasta sağlığı açısından da oldukça önem arz etmektedir.

1.3.1. Radyoloji Laboratuvarının Planlanması

Bir radyoloji departmanı, radyodiyagnostik ve radyoterapi laboratuvarları ile bu laboratuvarlara ait diğer hizmet ünitelerinden oluşur. Radyoloji laboratuvarları, tesis edilirken bol güneş alabilen ve havalandırması kolay sağlanabilen ve personelin ruh sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek nitelikte tasarlanmalıdır. Radyoloji laboratuvarlarının büyüklüğü, hastanenin iş yoğunluğu ve klinik çeşidine göre değişir. Görüntüleme odalarının büyüklüğü, kullanılacak cihazın özellikleri ve hacmine bağlı olarak değişmekle birlikte standart bir görüntüleme odasının taban büyüklüğü en az 15 m², yüksekliği de 3 m olmalıdır. Radyoloji laboratuvarlarının büyüklüğü de görüntüleme odalarının toplam büyüklüğünün 5 katı olmalıdır. Radyodiyagnostik laboratuvarları genelde aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

- Müracaat / kayıt kabul
- Hasta bekleme salonu
- Radyoskopi ve radyografi odası

- Karanlık oda
- Film hazırlama ve kalite kontrol odası
- Arşiv
- Acil ve ağır hastalar için oda
- Özel tetkik yapılan hastalar için dinlenme odası
- Radyoloji teknisyeni dinlenme odası
- Radyoloji uzmanı odası
- Film okuma odası
- Konsültasyon odası

1.3.2. Görüntüleme Odalarının Fiziksel Özellikleri

Yukarıda da sözünü ettiğimiz gibi X-ışınları cihazlarının bulunduğu ortamlarda radyasyon güvenliğinin sağlanması hasta ve çalışanların sağlığı açısından oldukça önemlidir. Radyasyon güvenliği konusuna “Tıbbi Cihazlarda Güvenli Çalışma” modülümüzde ayrıntılı olarak değinmiştik. Burada görüntüleme odalarının bu konuda mevcut standartlara ve yönetmeliklere göre ne şekilde tasarlanması gerektiği üzerinde duracağız. Tıpta kullanılan radyoloji cihazlarının bir tesise kurulabilmesi ve kullanılması TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) tarafından verilen lisans sonucunda gerçekleşmektedir. Bu lisansın alınabilmesi, belirli standartlarda ve yönetmeliklerde belirtilen kurallar çerçevesinde gerçekleşmektedir. Görüntüleme cihazlarının kurulum ve kullanım lisansı alınabilmesi için asgari standartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Görüntüleme odaları yapılırken aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır:

- Görüntüleme cihazlarının kurulacağı odaların taban büyüklüğü, yukarıda da belirtildiği gibi en az 15 m² olması gerekmektedir. Cihazın kurulacağı oda planlanırken cihazdan maksimum verim alabilmek ve güvenli çalışma ortamı sağlayabilmek için cihazın servis el kitabında önerilen oda boyutlarına dikkat edilmelidir.
- Alt, üst ve bitişik alanların daimi mesken olarak kullanılmayan alanlar olması tercih edilmelidir.
- Görüntüleme odalarının duvarları, cihazın en yüksek Kv değerinde meydana getirdiği ışını sızdırmayacak radyopak özelliğe sahip olmalıdır. Oda duvarları üzerine 2 mm kalınlığında kurşun kaplaması arzu edilir. Eğer bu mümkün değil ise 2 mm kurşunun radyopaklığına eş değerde duvar kalınlığı 29 cm dolu tuğla ya da 15 cm kalınlığında beton olmalıdır.
- Birden fazla X-ışını cihazı aynı odaya kurulamaz. Kumanda ünitesi aynı olan cihazlar, araya paravan (kurşun veya duvar) konularak kurulabilir.
- Odanın tercihen tek giriş kapısı olmalı ve bu kapı radyasyon sızıntısına izin vermeyecek şekilde 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Cihazın X-ışını tüpü, kapıya mümkün olan en uzak bölgeye yerleştirilmelidir. Kumanda ünitesi de tüpten mümkün olan en uzağa konulmalı ve önüne, üzerinde hasta gözetlemesini sağlayacak uygun kalınlıkta kurşun eş değerli cam bulunan, kullanıcının saçılan radyasyona karşı korunmasını sağlayacak boyut ve tasarımda uygun kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmış paravan bulundurulmalıdır.

- Cihazın X-ışını tüpü direkt kapıya, kumanda ünitesine ve arkası sürekli kullanılan alanlara yönlenecek şekilde yerleştirilmelidir. Saçılan radyasyon için gerekli görülen yerler (masa altı ve akciğer statif arkası gibi) uygun kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Odanın havalandırılması aspiratör, vasistas tipi pencere veya merkezî havalandırma sistemi ile sağlanmalıdır.
- Hasta soyunma kabinleri 2,0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Hastaların ve refakatçilerin bekleme yeri, oda dışında ayrı bir yerde olmalıdır.
- Odanın bitişik alanı, film banyo odasına açılıyor ise duvara açılacak kaset alışveriş penceresi her iki yönden 2,0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.
- Laboratuvar kapılarında ve gerekli görülen yerlerde radyasyon ikaz işaretleri bulundurulmalıdır.
- Işıklı ikaz uyarı sistemi konulmalıdır.
- Odanın radyasyon güvenliği yönünden gerekli koşulları sağlayıp sağlamadığı nihai olarak yerinde yapılacak radyasyon kontrol ve denetimi sırasında tespit edilir.

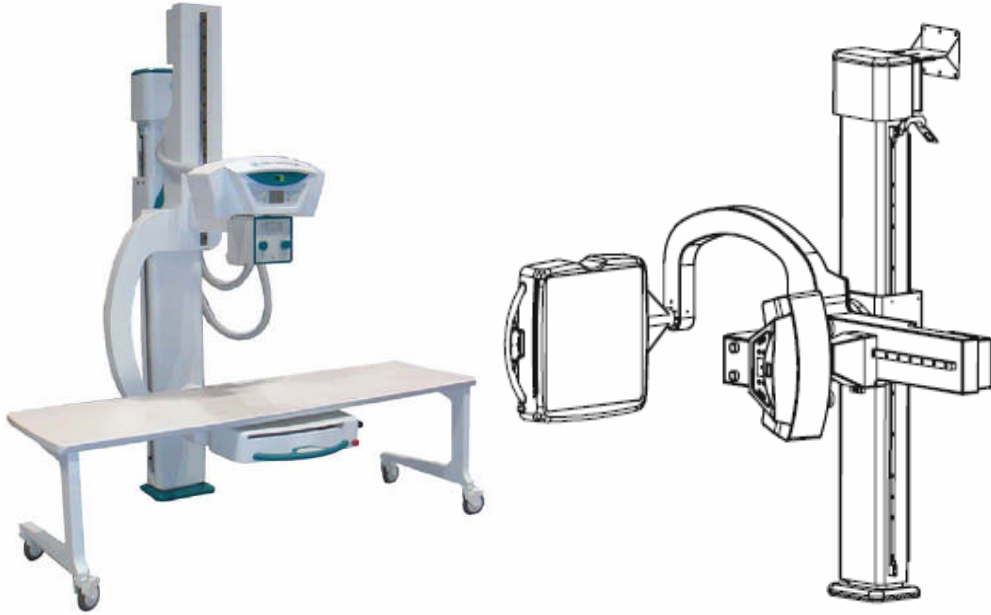
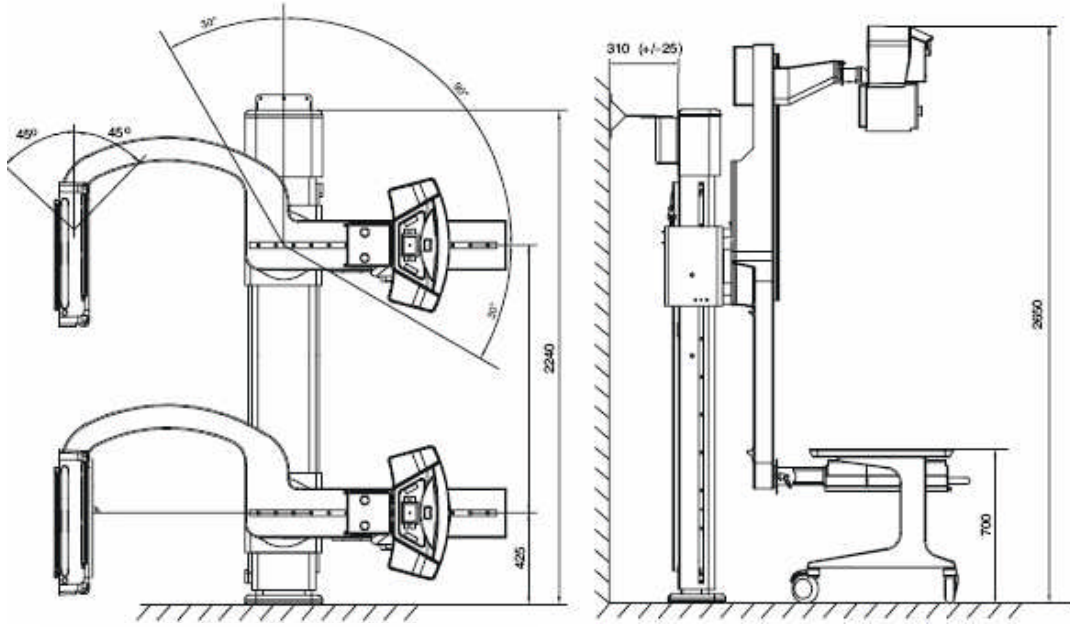
1.4. Görüntüleme Odalarının Cihaz Özelliklerine Uygun Planlanması

X-ışınlı görüntüleme cihazları çalışma prensiplerine, işlevleri ve üretici firmalarına göre farklılıklar göstermektedir. Görüntüleme odaları oluşturulurken ve cihazlar kurulurken cihaz özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir.

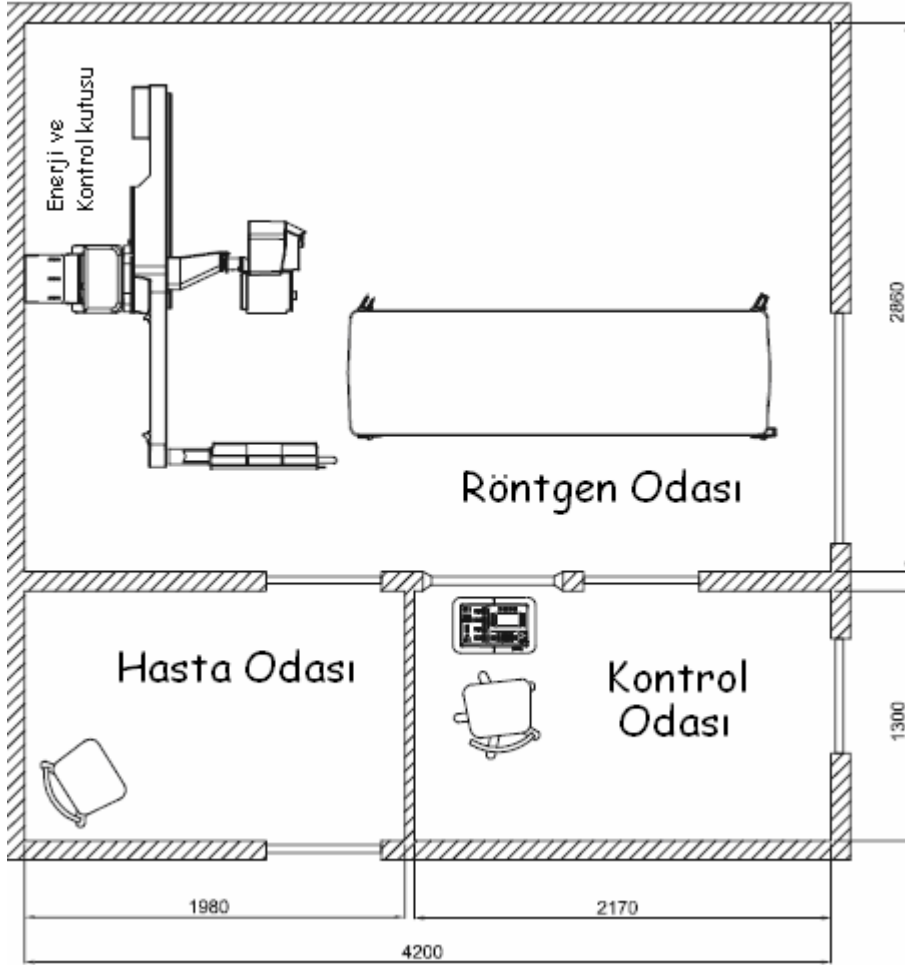
1.4.1. Oda Büyüklüğü

Cihazların kapladıkları alanlar, işlevlerine ve büyüklüklerine göre farklılıklar göstermektedir. Kapladıkları alanlar sadece cihaz ebatlarına göre değil, hareketli parçalarının hareketlerini kısıtlamayacak genişlikte düşünülerek belirlenmelidir. Bu alan büyüklükleri, cihaz üreticisi firmalar tarafından hesaplanarak minimum ölçüler belirlenmiştir. Bu nedenle cihazlar kurulmadan önce kurulacak cihaz için gerekli alan büyüklüğü cihaz servis el kitabından kontrol edilmelidir.

Örneğin, yüzer ya da mide masalı bir röntgen cihazı, hareket esnekliğinden dolayı normal cihaz büyüklüğünden daha geniş bir alana ihtiyaç duymaktadır. Resim 1.15 'te örnek bir cihazın alan kullanımıyla ilgili resmi verilmiştir.



Resim 1.15:Örnek bir cihazın alan kullanım resimleri



Resim 1.16: Örnek cihaz yerleşim planı

1.4.2. Tavan Askı Sistemi

Yine cihazların bazı ekipmanlarının mevcut yapı içinde sabitlenmeye ya da hareketli parçaları için ek donanımlara ihtiyacı vardır. Örnek olarak tavan askılı röntgen sisteminde, tavan askılı tüp statifini taşıyabilecek askı sisteminin montajı gerekmektedir. Bu sistem, doğrudan taşıyacağı sistemin ağırlığına ve hareket özelliklerine göre şekillenmektedir. Bu nedenle oluşturulacak taşıyıcı sistem cihazın servis el kitabında belirlenen ağırlık ve sistem hareket özelliklerine göre ölçülandırilmeli ve projelendirilmelidir.



Resim 1.17: Bir cihazın tavan askı sistemi

1.4.3. Statik Hesaplama

Görüntüleme odalarının statik hesaplamaları, kurulacak cihazın ve sistemin yükünü durağan ve çalışır durumdaki yükünü taşıyabilecek şekilde yapılmalıdır. Bu hesaplamalar yapılırken cihazın teknik özelliklerinden (spesifikasyon bilgilerinden) faydalanılmalıdır. Cihazlar çevrede oluşabilecek titreşimlerden etkilenmeyecek şekilde statik hâle getirilmelidir.

1.4.4. Sistem Yerleşimi

Görüntüleme odalarında sistem yerleşimi yapılırken yukarıda da belirtilen radyasyon güvenliğine dikkat edilerek cihazın verimli çalışmasını sağlayacak en uygun yerleşim yapılmalıdır. Yerleştirme yapılırken sistem içindeki ekipmanların birbirlerinin çalışmalarını engellemeyecek ve çalışanların güvenliğini maksimum düzeyde sağlayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Sistem kurulumunda optimum yerleştirme ile ilgili planlar, servis el kitapçıklarında belirtilmiştir. Örnek olarak bir röntgen sisteminde kontrol panelinin görüntüleme odasının dışında olması, çalışan güvenliği açısından önemlidir. Ayrıca sistem içinde X-ışın jeneratörlerinin ışın tüplerinden ve masadan minimum uzaklıkları, yine servis el kitaplarında verilmiştir. Yerleştirme yapılırken bunlara özellikle dikkat edilmelidir.

1.4.5. Sistem Enerji Beslemesi

Görüntüleme sistemler, yapılarına ve özelliklerine göre farklı enerji limitlerine ihtiyaç duyar. Günümüzde kullanılan sistemler, genel olarak 1 fazlı ve 3 fazlı olarak tasarlanmaktadır. Bu nedenle 110/220 V ya da 380 V değerinde bir elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadırlar. Cihazların ihtiyaç duydukları bu elektrik enerjisi cihazların güç değerlerine

göre uygun iletkenlerle sağlanmalıdır. İletken kesitleri cihaz üreticilerinin belirttiği değerlerin altında olmamalıdır. Kullanılacak iletken kesiti, dağıtım transformatöründen, oda elektrik kabinine kadar olan mesafeye bağlı olarak da değişmektedir. Uzun mesafelerde gerilim düşümü yüksek olacağından uygun iletken kullanımı önem taşımaktadır. Aşağıdaki tabloda farklı güçlerde ve gerilimlerde, dağıtım transformatöründen oda elektrik kabinine kadar olan mesafeye bağlı iletken kesitleri verilmiştir.

Jeneratör Gücü	Hat Voltajı	İletken Uzunluğu		
		15 m	30 m	45 m
32 kW	230 V AC	50 mm ²	95 mm ²	120 mm ²
32 kW	400 V AC	16 mm ²	35 mm ²	50 mm ²
40 kW	230 V AC	70 mm ²	120 mm ²	120 mm ²
40 kW	400 V AC	25 mm ²	50 mm ²	70 mm ²
50 kW	230 V AC	83 mm ²	120 mm ²	-
50 kW	400 V AC	25 mm ²	50 mm ²	83 mm ²
64 kW	400 V AC	35 mm ²	70 mm ²	120 mm ²
80 kW	400 V AC	35 mm ²	70 mm ²	120 mm ²

Tablo 1.1. İletken kesitleri tablosu

Uygun iletken kesiti belirlendikten sonra sistemin yerleşim planına göre sistem içindeki ekipmanların enerji beslemeleri, duvar ya da taban içinde uygun şekilde projelendirilen kanallara döşenir. Cihazların besleme hatları dışında elektriksel güvenlik için gerekli olan topraklama hattının da proje dâhilinde yapılması gerekmektedir.

1.4.6. Fiziki Etkiler

Ortamda bulunan ısı, nem gibi fiziki etkenler x-ışınlı cihazların gerek nakliye ve depolanmasında gerekse kullanım esnasında cihazların güvenli çalışmasını etkileyecek birtakım etkilerde bulunur. Ortamda bulunan bu etkilerin maksimum ve minimum değerleri cihazların servis el kitaplarında belirtilmiştir. Cihazların taşınması, depolanması, kurulumu ve kullanımı sırasında ortamın fiziksel etkilerine dikkat edilmelidir. Aşağıda bir röntgen cihazının ortam değerleri verilmiştir.

Taşıma ve depolama	
Ortam sıcaklığı	-20 ⁰ ile + 45 ⁰ arasında olmalıdır.
Maksimum ısı değişimi	Saatte 15 ⁰ den fazla olmamalıdır
Nem oranı	% 30 ile % 80 arasında olmalıdır
Maksimum nem değişimi	Saatte % 10 ‘dan fazla olmamalıdır
Kullanım	
Ortam sıcaklığı	10 ⁰ ile 35 ⁰ arasında olmalıdır
Maksimum ısı değişimi	Saatte 5 ⁰ den fazla olmamalıdır
Nem oranı	% 10 ile % 80 arasında olmalıdır
Maksimum nem değişimi	Saatte % 10 ‘dan fazla olmamalıdır
Maksimum yükseklik	3 metre
Maksimum titreşim	0.5 G RMS
Basınç	13.5 ile 20.5 psia arasında olmalıdır

Tablo 1.2:Cihaz fiziki özellikleri

1.5. Radyoaktif Yalıtım

Tanı ve tedavi amaçlı X-ışınli cihazların yaydığı iyonize radyasyondan korunma yolları “Tıbbi Cihazlarda Güvenli Çalışma” modülünde ayrıntılı olarak işlenmiştir. X-ışınlarının yaydığı iyonize radyasyona maruz kalınması, insan sağlığı üzerinde oldukça önemli tehlikeler içermektedir. Bu nedenle x ışınli cihazların çalıştığı ortamların yalıtılması oldukça önemlidir. Görüntüleme odalarının radyasyon yalıtımı, zırhlama yöntemi ile yapılmaktadır. Zırhlamada genel olarak kurşun levhalar kullanılmaktadır. TAEK tarafından önerilen zırhlama, ışınlama odalarının duvarlarının 2 mm’lik kurşun levhalarla kaplanmasıdır. Kurşun levha kullanımı mümkün olmayan yerlerde ışınlama odalarının duvarları ise 2 mm kurşunun radyopaklığına eş değerde duvar kalınlığı 29 cm dolu tuğla ya da 15 cm kalınlığında beton olmalıdır. Işınlama odasına girişler, radyasyon sızıntısına izin vermeyecek şekilde tasarlanmalı; tek yerden ve kesinlikle kontrol altında olmalıdır.

Işınlama odasındaki kablo girişleri, havalandırma kanalları, kapı pervazları, kilit ve varsa gözetleme penceresi kenarları radyasyon zırhlamasını zayıflatmayacak şekilde yapılmış olmalıdır. Herhangi bir tehlike anında ışınlama odasından çıkışı kolaylaştırıcı düzen sağlanmalıdır. Kişisel yalıtım ve korunma malzemeleri ve kullanımları ile ilgili olarak “Tıbbi Cihazlarda Güvenli Çalışma” modülüne bakınız.

1.5.1. Havalandırma Sistemi

X-ışınli görüntüleme odalarının düzenlenmesinde önemli bir konuda havalandırma sistemidir. X-ışınlarının havayı iyonize etmesi sonucu havadaki oksijen miktarı sürekli olarak azalarak toksik gazlar oluşur. Bu havanın solunması, ortamda çalışan insanlar üzerinde boğazda yanma, öksürük gibi solunum sistemi belirtilerinin yanında, oksijen eksikliğine bağlı olarak halsizlik, yorgunluk ve uykuya eğilim gibi etkiler yaratır.

Bu gazlar, havadan ağır olduğundan zemine yakın birikir. Bu toksik gazlar nedeniyle, X-ışını odalarının, zemine yakın kesimde emici, tavana yakın kesimde ise üfleiyici sistemlerle havalandırılması gerekir. X ışını odaları projelendirilirken havalandırma sisteminin uygun şekilde olmasına dikkat edilmelidir.

1.5.2. Kurulum Kayıtları

X-ışınli cihaz ve sistemlerin kurumlarda kurulması ve kullanılması TAEK tarafından verilecek lisansa tabidir. X-ışınli cihazların bakım, onarım ve montajı lisanslı kişi ve kuruluşlar tarafından yapılabilir. Cihazların montaj, bakım ve onarım lisansı için aşağıdaki belge ve kayıtlar gerekmektedir.

Başvuru formu ve taahhütname:

- X-ışınli cihazların bakım, onarım, montaj ve değiştirme işlerinden sorumlu olacak kişinin, konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip olduğunu gösterir üretici firma veya yetkili kuruluşlardan alınan belgeler ve referanslar.

- X-ışını cihazları için bakım, onarım, montaj ve değiştirme işleminin yapılacağı yerin, bitişik alanlarının hangi amaçla kullanıldığını gösteren duvarların yapısal özellikleri (dolu tuğla, delikli tuğla, beton vs.) hakkında bilgi veren mimari projesi veya ölçekli krokisi
- Bakım, onarım, montaj ve değiştirme sonrası cihazlarda yapılan kalite kontrol için gerekli olan ölçüm cihazlarının (kilovoltaj, miliamper, zaman ve radyasyonler) marka ve seri numaraları
- Kişisel dozimetre mevcut ise dozimetre seri numarasının bildirilmesi, mevcut değil ise dozimetre temini için talep formu

X-ışınılı cihazların kurulumu, yukarıda sözü edilen lisans işlemlerinden sonra gerçekleştirilebilir. Kurulum, lisans sahibi yetkili kişiler tarafından cihazın servis el kitabındaki talimatlar doğrultusunda yapılır. Cihazların servis el kitaplarında kurulum bilgileri açıkça ifade edilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda gerekli güvenlik önlemleri alındıktan sonra işlem sırasına göre kurulum gerçekleştirilmelidir. Kurulum yapılırken işlem sırasının takibini kolaylaştırmak ve arada işlem atlamamak için sistem kontrol-izelgesi (checklist) kullanılmaktadır.

Kurulum tamamlandıktan sonra sistem kontrolü için gerekli ölçümler yapılarak kayıt altına alınmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bulduğunuz yerdeki x-ışınlı görüntüleme odasının, kurulmuş olan cihaza uygunluğunu kontrol ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Oda boyutlarının uygunluğunu ölçerek kontrol ediniz.➤ Radyasyon güvenliğinin yeterliliğini kontrol ediniz.➤ Duvarların radyasyon yalıtımının uygunluğunu kontrol ediniz.➤ Ekipmanların yerleşiminin uygunluğunu kontrol ediniz.➤ Ortamın ısı, nem gibi fiziki özelliklerini ölçerek uygunluğunu kontrol ediniz.➤ Odanın fiziki dayanımını projeden kontrol ediniz.➤ Sistem enerji beslemesinin uygunluğunu kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Oda boyutu ile gerekli ölçüleri cihazın servis kılavuzundan bulabilirsiniz.➤ Fiziksel gereklilikleri cihaz servis kılavuzunda bulabilirsiniz.➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Oda boyutlarının uygunluğunu ölçerek kontrol ettiniz mi?		
2	Radyasyon güvenliğinin yeterliliğini kontrol ettiniz mi?		
3	Duvarların radyasyon yalıtımının uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
4	Ekipmanların yerleşiminin uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
5	Ortamın ısı, nem gibi fiziki özelliklerini ölçerek uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		
6	Odanın fiziki dayanımını projeden kontrol ettiniz mi?		
7	Sistem enerji beslemesinin uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikler varsa faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (YETERLİK ÖLÇME)

Aşağıdaki soruları cevaplayınız?

1. Aşağıdakilerden hangisi bir x-ışınli cihaz değildir?
A) Floroskopi B) Mamografi
C) MR D) Bilgisayarlı tomografi
2. X-ışınli bir görüntüleme cihazının kurulacağı odanın büyüklüğü en az kaç metrekare olmalıdır?
A) 20 B) 30 C) 25 D) 15
3. X-ışınli görüntüleme odalarında 2mm kurşun kalınlığına eşdeğer dolu tuğla kalınlığı ne kadardır?
A) 20cm B) 29 cm C) 35 cm D) 32 cm

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri doldurunuz.

4. Cihazların taşınması, depolanması, kurulumu ve kullanımı sırasında ortamın özelliklerine dikkat edilmelidir.
5. Görüntüleme odalarının statik hesaplamaları, kurulacak cihazın ve sistemin yükünü durağan ve çalışır durumdaki yükünü taşıyabilecek şekilde yapılmalıdır. Bu hesaplamalar yapılırken cihazın bilgilerinden faydalanılmalıdır.
6. X-ışınli cihaz ve sistemlerin kurumlarda kurulması ve kullanılması tarafından verilecek lisansa tabidir.
7. Kurulum, lisans sahibi yetkili kişiler tarafından cihazın talimatları doğrultusunda yapılır.
8. Kurulum yapılırken işlem sırasının takibini kolaylaştırmak ve arada işlem atlamamak için sistemkullanılmalıdır.
9. Birden fazla x-ışını cihazı aynı odaya kurulamaz. Kumanda ünitesi aynı olan cihazlar araya konularak kurulabilir.
10. Görüntüleme odalarının duvarları, cihazın en yüksek Kv değerinde meydana getirdiği ışını sızdırmayacak özelliğe sahip olmalıdır.

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız. Cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda X-ışınlı görüntüleyicilerde radyoaktif güvenlik standartlarına göre emniyet tedbirlerini alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

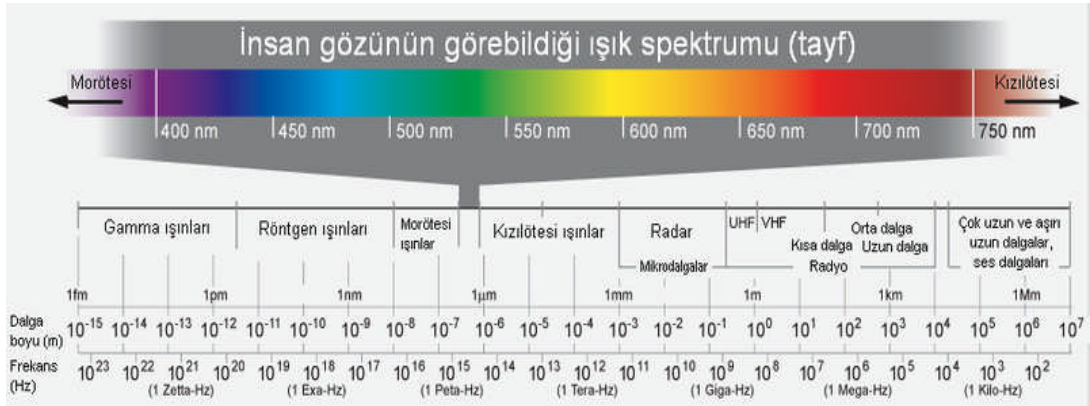
TAEK kurumundan dozimetre ve kişisel doz kayıt yöntemlerini araştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.

2. X-İŞİNİN KULLANILMASI VE YAPISI

2.1. X-ışının Üretilmesi

2.1.1. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik radyasyonlar, içinde görülebilir ışığın da bulunduğu dalga boyları 10⁻¹⁵ ile 10⁶ m arasında değişen çok sayıda enerjiyi kapsayan bir spektrum oluşturan radyasyonlardır. Elektromanyetik radyasyonların enerjileri dalga boyları ile ters, frekanslarıyla doğru orantılıdır.



Şekil 2.1: Elektromanyetik radyasyon spektrumu

Elektromanyetik radyasyonların en küçük birimi fotondur. Fotonlar, boşlukta ışık hızında doğrusal olarak enerji paketleri şeklinde yayılım gösterir ve geçtikleri ortama frekanslarıyla doğru orantılı, dalga boylarıyla ters orantılı olmak üzere enerji aktarır. Enerjileri, maddeyi geçerken absorpsiyon ve saçılma nedeniyle boşlukta ise uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak azalır.

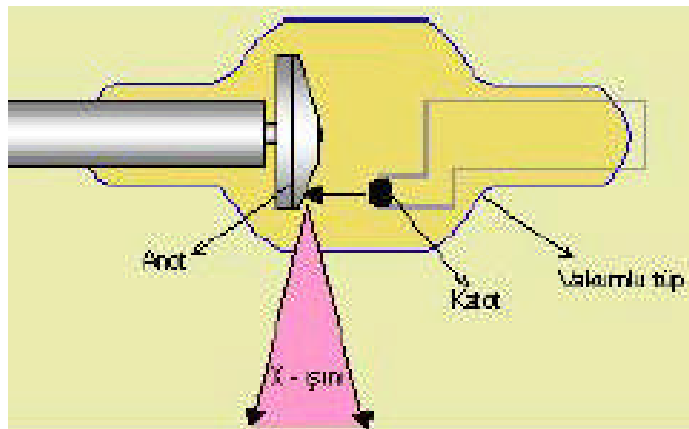
Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşimini dalga boyu belirlemektedir. Örneğin, dalga boyları cm ve metrelerle tanımlanan radyo dalgaları antenlerle alınabilmektedir. Görülebilir ışığın göz dibindeki görme hücreleri olan rod ve konlar ile aynı dalga boyuna sahip olması, ışığın hücrelerle etkileşimini ve görmeyi sağlamaktadır.

X ve gama ışınları da atomun boyutundan daha küçük dalga boyuna sahip olduklarından çekirdek ile elektronlar arasındaki boşluktan geçerek maddenin bir tarafından diğer tarafına geçebilir, ayrıca elektronlarla etkileşerek elektronları yörüngelerinden söküp atomu iyonize edebilirler. Biyolojik zararın oluşmasına da neden olan iyonizasyon olayı nedeniyle bu ışınlara iyonizan radyasyonlar adı verilmektedir.

Elektromanyetik radyasyon spektrumunun aynı tarafında bulunan ve iyonizan radyasyon olarak anılan x ve gama ışınları arasındaki fark, atomdan kaynaklandıkları yerdir. X-ışınları atomun yörüngesinden, gama ışınları ise çekirdekten kaynaklanmaktadır. X-ışınları, 1895 yılında Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Roentgen tarafından günümüzdeki X-ışını tüplerine benzer özellikte olan crookes tüpünde, boşlukta elektron transferi amacıyla yapılan deneyler sırasında tesadüfen bulunmuştur. O dönemde birçok bilim adamının laboratuvarında bulunan crookes tüpleri, sadece boşlukta elektron transferi için kullanılmaktaydı. X-ışınları ,yüksek hızlı elektronların yüksek atom numaralı metale çarptırılması sonucunda oluşmaktadır. Crookes tüpünde ortaya çıkan x - ışını, bu sırada tüpe yakın bir yerde bulunan ve X - ışını enerjisini görülebilir ışık enerjisine çevirebilen fluoresan özellikte bir madde olan baryum platinosiyanürde parlamaya neden olmuş ve bu durum Röntgen'in dikkatini çekmiştir. Röntgen, parlamayı izledikten sonra tüpten çıkan bir enerjinin varlığını tespit etmiş ve X- ışını olarak adlandırmıştır. Kısa sürede çok sayıda deney yaparak tıpta kullanım alanlarını göstermiş ve çalışmaları ile ilk "Nobel Fizik Ödülü" nü almıştır.

2.1.2. X – Işın Üretimi

X – ışınları, havası alınmış olan röntgen tüpünde katot ile anot arasında yüksek voltaj uygulandığında katottan hızlandırılan elektronların anot metalindeki yüksek atom numaralı madde ile etkileşimleri sonrası oluşmaktadır.

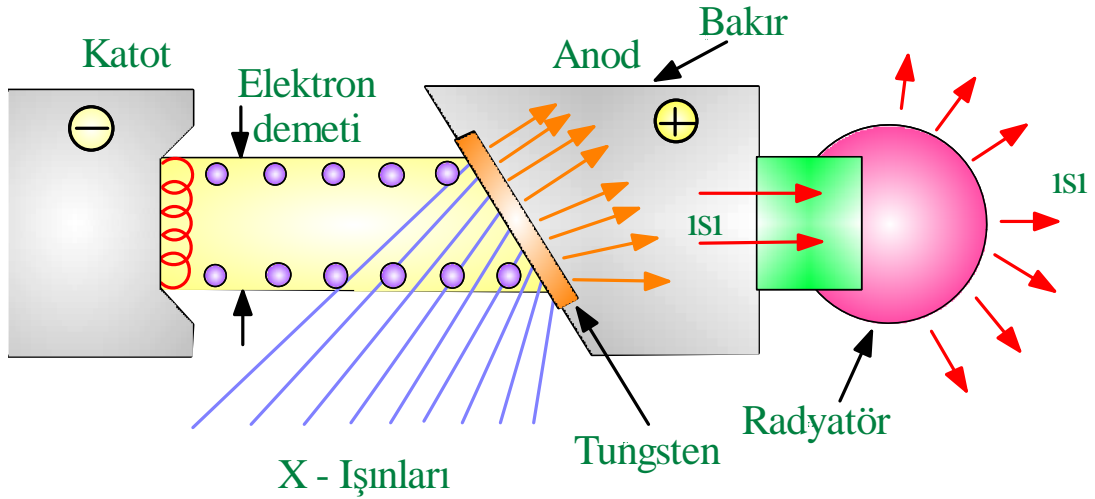


Şekil 2.2: X-ışın tüpü

Röntgen tüplerinden X-ışını elde edebilmek için katottaki flamanın akkor hâline getirilip elektron yayması ve bu elektronların hızla anottaki tungsten hedefe çarptırılması gerekmektedir.

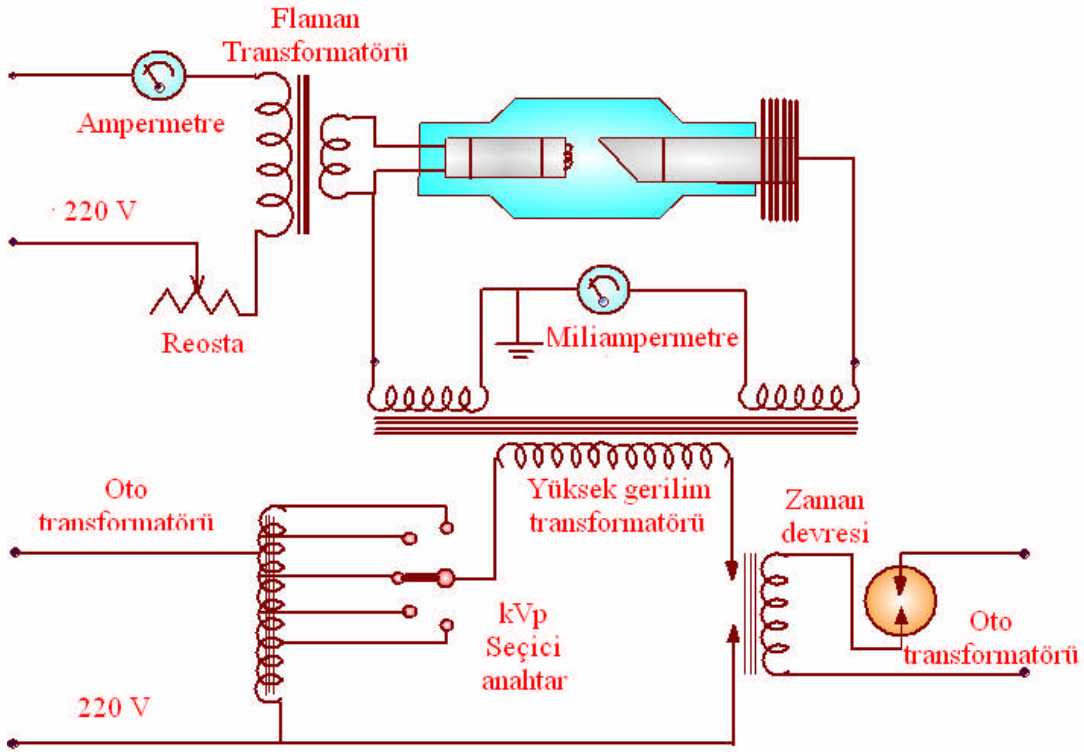
X-ışınlarını elde etmek için gereken elektronlar, flaman transformatöründen gelen akımla katottaki tungsten flamanın ısıtılarak akkor hâline getirilmesiyle elde edilir.

Flamanın elektron yayması, transformatörden gelen akımla doğru orantılıdır. Flaman ısıtılmakla, tungstenin atomunun taşıdığı serbest elektronların enerjileri artırılmış olur. Enerjileri artırılan bu elektronlar, maddeyi terk ederek flaman etrafında bir elektron bulutu oluşturur. Bu elektron yayılması olayına “termo iyonik emisyon” adı verilir.



Şekil 2.3: X-Işın Üretimi

Flaman etrafında oluşturulan elektronlar, flaman çevresinde bulunan Molibdenden yapılmış, negatif yüklü elektron yönlendirici levha ile bir araya toplanıp anottaki hedefe doğru itilir. Fakat bu itme, elektronların anoda ulaşabilmeleri için yeterli değildir. Bu nedenle anoda (+) yüksek voltaj (Kv) uygulanarak katotla anot arasında bir potansiyel fark yaratılır. Katot ile anot arasında oluşturulan bu potansiyel fark (gerilim), katottaki elektronların hızla anoda doğru ilerlemesini sağlar. Bu elektronlar, hızları ile doğru orantılı olarak bir kinetik enerji kazanır.



Şekil 2.4. Standart bir röntgen cihazı bağlantısı

2.1.3. Enerji

Katottan anoda doğru ilerleyen elektronların hızları, anoda uygulanan (+) voltajla doğru orantılı olduğundan kazanacakları kinetik enerjiyi de anot voltajı belirler. Buna göre, tüpün anoduna uygulanan voltaj (Kv) artırıldıkça katottan anoda doğru hareket eden elektronların hızları da artmakta, hızları artan elektronların kinetik enerjileri de artmaktadır. Bu enerji;

$$E_k = 1/2 \cdot m \cdot v^2$$

Formülüyle açıklanmaktadır. Burada E_k kinetik enerji, m kütle, v hızdır. Kütleleri sabit olan elektronlara kazandırılacak kinetik enerji hızlarının artırılmasıyla sağlanır. Bu da röntgen cihazlarında ki kumanda masalarında bulunan Kv seçici düğme ile sağlanır.

Daha önce de belirttiğimiz gibi X-ışınları, elektromanyetik dalga spektrumu içinde yer alır. Elektromanyetik dalgaların üç önemli karakteristikleri vardır. Bunlar frekans, periyot ve dalga boyudur. Frekans bir saniyedeki titreşim sayısıdır, birimi Hz 'dir. Periyot tam bir titreşim süresi, dalga boyu ise iki dalga tepe noktası arasındaki mesafedir. Dalga boyu ile frekansın çarpımı, dalganın yayılma hızını verir.

Frekansları yüksek, dalga boyları kısa elektromanyetik enerjinin madde ile etkileşimi, dalgadan ziyade parçacık özelliği taşır. Bu enerji paketlerine foton adı verilir. Fotonlar da ışık hızı ile hareket eder ve enerjileri frekansları ile doğru orantılıdır.

Energileri belirleyen denklem;

$$E = h \cdot \nu \text{ 'dir.}$$

E: Foton enerjisi, h: Planck sabiti, ν : Frekans

Tanısal amaçlı x-ışını foton enerjileri 100 keV, frekansları 10¹⁸ Hz civarındadır. Yukarıda katottan anoda doğru bir elektron akımından söz etmiştik. Katottan anoda doğru oluşan bu elektron akışına tüp akımı veya katot ışını adı verilmektedir.

Anoda uygulanan (+) yüksek voltaj nedeniyle katottan ayrılıp büyük bir hızla anoda ulaşan elektronlar, anottaki tungsten hedefin atomlarının (-) yüklü elektrik alanıyla karşılaşır. Katottan gelen elektronların da (-) yüklü olması nedeniyle anotta karşılıklı aynı cins yüklerin çarpışması sonucu büyük bir elektron bombardımanı meydana gelir. Anottaki bu elektron bombardımanı, katottan gelen elektronlardan % 99,8'inin hızlarının durdurulmasına ve taşıdıkları kinetik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesine neden olur. Anotta oluşan bu ısının büyük bir kısmı, anottaki bakır iletkenlerle tüp dışına taşınırken az bir kısmı da tüp içinde kalır.

Katottan gelen elektronların % 99,8'inin kinetik enerjisi, ısı enerjisine dönüşürken geri kalan % 0,2 oranındaki elektron demeti ise tungsten atomlarına çarparak bu atomların iç yörüngelerine girer. Bu atomlardaki reaksiyon sonucu "bremsstrahlung" ve "karakteristik ışınım" adı verilen farklı özelliklere sahip radyasyon oluşur.

2.1.4. Bremsstrahlung Radyasyonu

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.

2.1.5. Karakteristik Radyasyon

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, seviyeler arasındaki farka eşit olan bu fotonlara karakteristik X-ışınları adı verilir.

2.1.6. Dalga Boyu

Yukarıda da bahsedildiği gibi dalga boyu iki dalga tepe noktası arasındaki mesafedir. Dalga boyu, X-ışını özelliklerini önemli ölçüde belirleyen bir etkidir. Dalga boyu λ (lamda) ile gösterilir ve birimi A0 (Angstrom) dur. 1A0 = 10⁻⁸ cm'dir.

X-ışınlarının dalga boyları 0,06 A0 ile 12 A0 arasında değişmektedir. Ancak radyodiyagnostikte 0,103 A0 ile 0,4 A0 arasındaki dalga boyları kullanılmaktadır.

X-ışınlarının dalga boylarıyla frekansları arasında ters, frekanslarıyla fotonların taşıdığı enerji arasında ise doğru orantı vardır. Dalga boyları 0,8 A0 dan büyük ışınların penetrasyon yetenekleri ve ışını oluşturan fotonların enerjileri azdır. Bu ışınlara yumuşak karakterli ışınlar denir. Röntgen tüplerinde anot voltajı azaldıkça elde edilecek x-ışının dalga boyu uzar. Dalga boyları 0,8 A0 dan küçük olan ışınların penetrasyon özellikleri ve foton enerjileri yüksektir. Bu ışınlara da sert karakterli ışınlar denmektedir. Röntgen tüpünde anot voltajı artırıldıkça elde edilecek ışının dalga boyu kısalmır.

Yukarıda da belirtildiği gibi röntgen tüpüne uygulanan gerilim, X-ışını dalga boyunu belirleyen önemli bir etmendir. Radyografide kullanılacak ışının dalga boyu biliniyor ise tüpe uygulanacak gerilimin değeri aşağıdaki formül ile bulunabilmektedir:

$$V = 12396 / \lambda$$

λ (Lamda) : Dalga boyu (A⁰)

V: Röntgen tüpünün anoduna uygulanan (+) gerilim (Volt)

12396: Sabit sayı

Örnek: 0,190 A0 dalga boyuna sahip x-ışını gerektiren bir grafi için röntgen tüpüne uygulanması gereken voltaj kaç voltur?

$$V = 12396 / \lambda$$

$$V = 12396 / 0,109$$

$$V = 65000 \text{ volt}$$

$$V = 65 \text{ Kv bulunur.}$$

Röntgen tüplerine uygulanan Kv değerine göre hangi dalga boyunda X-ışın elde edileceği yukarıdaki örnekte olduğu gibi hesaplanabileceği gibi bu konuda hazırlanmış tablolardan da yararlanılabilir.

2.1.7. X-Işın Özellikleri

Yukarıda elde edilme şekliinden bahsettiğimiz X-ışın özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- X-ışınları elektromanyetik dalga hâlinde düz bir istikamette yayılır.
- X-ışınlarının frekansları, dalga boyları ve foton enerjileri vardır.
- Penetrasyon, absorpsiyon ve iyonizasyon özellikleri vardır ve bu özellikleri dalga boyu ve etkileşimde oldukları maddenin yapısına göre değişir.
- X-ışını penetrasyon özellikleri nedeni ile görünen ışığın geçemediği yerlerden geçer.
- İyonizasyon özellikleri nedeniyle katı, sıvı ve gazları iyonize ederler.

- Dalga boyları frekansları ile ters orantılıdır.
- Bir x-ışın demetini oluşturan ışınlar, atomun değişik yörüngelerinden meydana geldiği için heterojendir. Yani ışın demeti, birden farklı dalga boylara sahip ışınlardan oluşur.
- Dalga boyları küçük olduğundan gözün spektral hassasiyeti dışında kalırlar ve gözle görülmezler.
- X-ışınları, yüksüz olduklarından manyetik alanlarda sapma yapmazlar.
- Hızları, boşlukta 300.000 Km/sn. olup ışık hızına eşittir.
- Fotoğrafik özellikleri olup bu özellikleri sayesinde fotoğrafik materyaller üzerinde görüntü oluşumuna olanak verir.
- Kimyasal özellikleri nedeniyle sıvılarda ve bol su içeren organizmalarda bazı kimyasal değişikliklere neden olur.
- X-ışınlarının biyolojik özellikleri olup canlı dokularda çeşitli zararlı etkilere neden olur.
- X-ışınında floresan özellikleri vardır ve bu özellik sayesinde radyoskopi geliştirilmiştir.
- X-ışınları, çarptıkları maddelerden sekonder ışın meydana getirir.
- X-ışınları, bazı madensel tuzlarda renk değişikliğine sebep olur.

2.1.8. X-ışını Penetrasyon Özellikleri

X-ışınlarının penetrasyon (penetration = delicilik / delip geçme) özellikleri vardır. Bu özelliklerinden dolayı, üzerine düştükleri maddeleri, bu maddenin atom numarası, yoğunluğu ve kalınlığına bağlı olarak delip geçerler. Maddenin atom numarası, yoğunluğu ve kalınlığı arttıkça X-ışını penetrasyon yeteneği azalır. X-ışını dalga boyu kısaldııkça penetrasyon yetenekleri artar. Penetrasyon yeteneği yüksek ışınların frekansları ve foton enerjileri de yüksektir.

X-ışını penetrasyon özellikleri sayesinde, görünen ışığın geçemediği yerlere X-ışını gönderilerek bu yerlere film veya floresan ekranlarda görüntü oluşturma olanağı doğmuştur.

2.1.9. X-ışını Absorbsiyon Özellikleri

X-ışınlarının absorbsiyon (absorption = tutulma, soğrulma) özellikleri vardır. X-ışınları, geçmekte oldukları madde tarafından, maddenin atom numarası, yoğunluğu ve kalınlığı ile doğru orantılı olarak tutulur. Absorbsiyondaki artış, x-ışını penetrasyon yeteneğinin azalmasına neden olur. X-ışını dalga boyu uzadııkça penetrasyon yetenekleri azalır, absorbsiyon özellikleri artar. X-ışınlarının absorbsiyonu, atomik düzeyde oluşan etkileşimlerin sonucunda ortaya çıkar. X-ışınları, geçmekte oldukları dokulardaki atomların yörüngesindeki elektronları yerinden koparıırken enerjilerini etkileşime girdikleri atomun elektron bağlanma enerjisini nötralize ederek kaybederler. Bu şekilde vücuttan geçerken absorbe olurlar (Şekil 2.5).

Bir röntgen tetkikinde absorbsiyon, görüntünün oluşmasında istenen bir etkileşimdir. Görüntü, dokular arasındaki absorbsiyon farklılıkları sayesinde oluşturulur. Absorbsiyon farklılıklarının film üzerine en iyi şekilde düşürülmesi için doz seçimi çok önemlidir. Verilen

dozun yüksek olması tüm görüntünün siyah olmasına (sert film), düşük doz verilmesi ise görüntünün beyaz olmasına (yumuşak film) neden olur. Bu nedenle bir radyografide görüntünün kalitesi uygun dozun verilmesi ile mümkün olabilmektedir. Absorbsiyon, bu etkileyen faktörleri kullanarak şu şekilde formüle edilmiştir:

$$Ab = h \cdot Z^3 \cdot \lambda^3 \cdot tk \cdot d$$

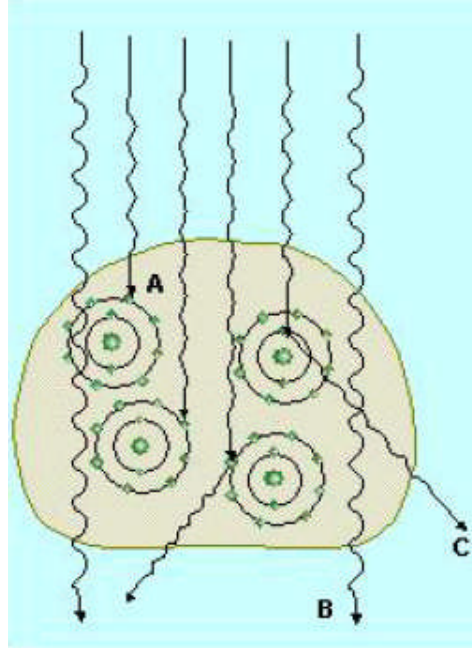
Ab: Absorbsiyon **λ:** Dalga boyu **h:** Sabit sayı **tk:** Doku kalınlığı
Z: Atom numarası **d:** Yoğunluk

Atom numarası yüksek olduğunda atomun yörüngesinde daha fazla elektron bulunacağından daha çok etkileşim olacak ve absorpsiyon daha fazla olacaktır. Dalga boyu, ışının enerjisi ile ters orantılıdır. Kullanılan ışının enerjisi arttıkça absorpsiyon azalmaktadır. Yani enerji, absorpsiyonu ters orantılı olarak etkilerken dalga boyu, doğru orantılı olarak etkilemektedir. Doku kalınlığı arttıkça ışının etkileşim oranı da o oranda artacağından absorpsiyon da artacaktır. Pratikte doku yoğunluğu, insan vücudu için ortalama 1 kabul edildiğinden yoğunluğun etkisi çok azdır. Ancak akciğer gibi hava içeren oluşumlarda gazın yoğunluğu yumuşak dokulara göre yaklaşık 770 kat düşük olduğundan, absorpsiyon önemli oranda azalmaktadır. Bir el grafisinde aynı kalınlıkta olan kemik ve yumuşak dokular kıyaslandığında, kemik daha beyaz görülürken, akciğer grafisinde kalbin kostalara göre daha beyaz görülmesinin nedeni, doku kalınlığının fazla olmasıdır.

2.1.10. Saçılma

X-ışınlarının saçılması, absorpsiyona benzer şekilde ortaya çıkar. X-ışınları, geçmekte oldukları dokulardaki atomların yörüngesindeki elektronları yerinden koparıp etkileşime girdikleri atomun elektron bağlanma enerjisini nötralize ettikten sonra enerjilerini tamamen kaybetmedikleri zaman oluşur. Enerjileri azalmış ve yönleri değişmiş radyasyonlar, saçılan ışınlardır (Şekil 2.5).

Absorpsiyon, tanısal radyolojide görüntü oluşmasında istenen bir durumdur. Saçılma ise tanısal değeri olmayan ışınların görüntü üzerine düşmesine ve görüntü üzerinde genel bir siyahlaşmaya neden olan istenmeyen bir etkileşimdir. Kalın vücut bölgelerinde ve geniş ışınlama alanı kullanıldığında daha çok görülen saçılma, koruyucu önlem almayan radyasyon çalışanının gereksiz radyasyon almasına neden olur. Radyolojik çalışma sırasında röntgen tüpünden çıkan ışınlar, doğrultularını değiştirmediklerinden tetkik esnasında ortamda bulunan çalışanlar için asıl radyasyon kaynağı hastadan saçılan ışınlardır. Saçılan radyasyonun film üzerine düşmesini önlemek için röntgen aygıtlarında grid adı verilen özel düzenekler bulunmaktadır. Hasta ile film arasına yerleştirilen ve saçılarak farklı açılarda hastaya ulaşan ışınları önlemek için kullanılan bu düzeneklerle saçılan radyasyonun yaklaşık % 80 – 90 'ı filme ulaşmadan tutulabilmekte ve verilen radyasyon dozunda hafif bir artış olmakla birlikte görüntü kalitesi önemli oranda artırılmaktadır.



Şekil 2.5:Absorbsiyon ve saçılma

A: Elektronla çarptıktan sonra tüm enerjisini vererek absorbe olan X-ışını

B: Vücutu herhangi bir etkileşim olmadan geçerek film ya da ekran üzerine düşen ve görüntü oluşturan X-ışını

C: Elektronla çarparak enerjisini kısmen kaybeden ve yön değiştirerek saçılan X – ışını

2.2. X- Işın Tüpleri

Günümüzde kullanılan X-ışın tüpleri, sabit anotlu ve döner anotlu olarak üretilmektedir. Ayrıca çift odaklı olarak üretilenler de mevcuttur. Röntgen tüpleri, bulunuşundan bu yana teknoloji ile birlikte değişiklik göstermekle birlikte temel yapıları aynıdır. Günümüzde röntgen tüpleri, x-ışınlarının oluşturulmasına yarayan havası boşaltılmış ve içerisinde katot ve anot olmak üzere iki elektrot bulunan cam bir zarftır.

2.2.1. Cam Zarf



Resim 2.1. Cam zarf

Tüpün diğer kısımlarını içinde bulunduran, havası tamamen boşaltılmış(vakum) bir koruyucu olup modern tüplerde genellikle silindirik şeklinde üretilmektedir. Tüpün havasının boşaltılmış olması; flamanın, havadaki oksijenle oksitlenmesini önleyerek tüpün daha uzun süre kullanılabilmesine olanak sağlar. Ayrıca, flaman tarafından yayılan elektronların anoda doğru hareketleri sırasında onların hızlarına engel teşkil edecek gaz atomlarının ortadan kaldırılması sağlanmış olur. Foküsten çıkan x- ışınlarının tüpten dışarı çıktığı kısım, daha zayıf yapıda olup bu kısma pencere denir. Cam zarf, ısı ve mekanik baskıya karşı dayanıklı olan pyrex camından yapılmıştır. Elektronların arasında kalan kısımda cam zarf daha geniştir.

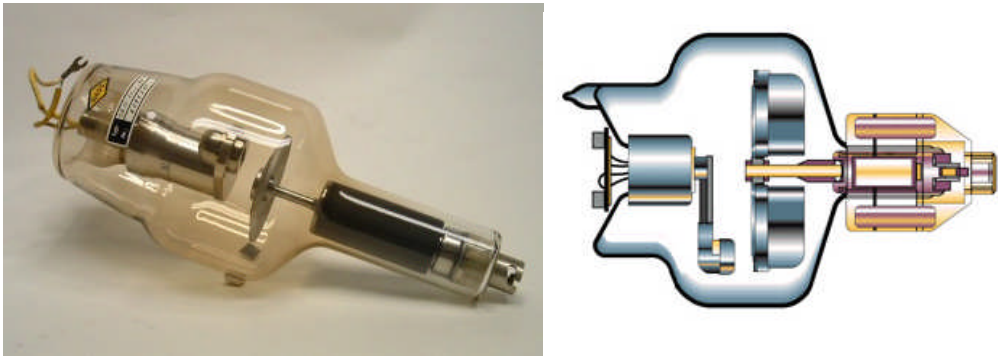
Böylece; cam, elektrotlarda yüksek voltajın meydana getirdiği elektrostatik yüklerden, iki elektrot arasındaki elektron demetinden ve elektronların anodu bombardıman ettiği yerden uzaklaştırılmış olur. Aksi hâlde, katottan anoda gidecek elektronlar (katot ışınları) , yolları üzerindeki gaz atomlarına çarparak hızları azalacağından istenen kısa dalga boyda ışın elde edilemeyecek ve böylece atom numarası yüksek, kalınlığı ve yoğunluğu fazla olan vücut kısımlarının radyografilerini yapmada sınırlı ölçülerde kalınacaktır.

2.2.2. Katot (Cathode)

Flamanın etrafındaki metalden meydana gelmiş olup flamanı ısıtacak akımı taşıma görevi yapar. Katot, tüpün negatif elektrodudur. Flaman, ısıya dayanıklı bir metal olan tungstenden yapılmıştır. Tungstenden yapılmış olan flaman, spiral şekilde olup, yaklaşık 2 mm çapında ve 1 cm uzunluktadır. Flamanın spiral şekilde yapılması, oluşturulacak elektron sahasını genişleterek daha çok elektron elde edebilmeye olanak sağlar. Flaman etrafında oluşturulacak olan elektronların, anot üzerinde küçük bir noktaya toplayabilmek ve elektronların anoda doğru hareketlerine yardımcı olmak üzere flamanın etrafında (-) yüklü molibden yapılmış bir " elektron yöneltici" levha bulunur. Geliştirilmiş modern röntgen tüplerinde düşük voltajdan yüksek voltaja geçtiğinde otomatik olarak - küçük flamanın yerine büyük flaman devreye girer. Normalde, flamanı üretici tarafından belirlenen akımdan daha fazlası uygulanamaz. Ancak, herhangi bir nedenle flamanı gelebilecek fazla akım karşısında flaman yanar ve iş görmez hâle gelir. Çift foküslü modern röntgen cihazlarında katottaki iki flaman yan yana monte edilmiştir. Bunlardan büyük flaman yüksek doz değerlerinde, küçük flaman ise düşük doz değerlerinde devreye sokulur. Dolayısıyla, herhangi bir nedenle kopmaları, olumsuz sonuçlar doğurur.

2.2.3. Anot (Anode)

Katodun karşısında bulunan ve üzerine X- ışını oluşturacak olan elektrotların gönderildiği kısım olup bakır bir levha ortasına gömülü tungsten (volfram) hedeften meydana gelmiştir. Tüpün pozitif elektrodudur. Hedef olarak tungstenin seçilmesi, atom numarasının ($Z=74$) ve kaynama noktasının çok yüksek (3400 C) olmasındandır. İşte bu nedenle bombardıman sırasında Tungsten atomları parçalanmaz ve hedefte de ısı karşısında erimez. Döner anotlu tüplerde ışınlama sırasında anot, çok yüksek bir hızla (300-10000 devir /1 dakika) döndüğünden katottan gelen elektronlar devamlı olarak değişik yüzeyle temas etmekte ve böylece anot ısısı da son derece azaltılmaktadır. Döner anot sayesinde fokal spot 1x1 mm kadar küçük yapılabilmektedir. Ayrıca, yine ısı avantajı sayesinde yüksek mA değerlerinde çalışma olanağı da doğmuştur. Örneğin, sabit anotlu bir tüpte 4mm fokal spotta 200 mA değerine kadar çıkılabilirken döner anotlu bir tüpte, 2 mm'lik fokal spotta 500 mA değerine kadar çıkmak mümkün olmaktadır. Döner anotlu genellikle 1-2 mmlik iki adet spot meydana getirecek çift flaman vardır. Bunlardan küçük spot ince detaylar için, büyük spot ise harekete bağlı netsizlikleri ortadan kaldırmak için (yüksek mA ve çok kısa zamanlarda) kullanılır.



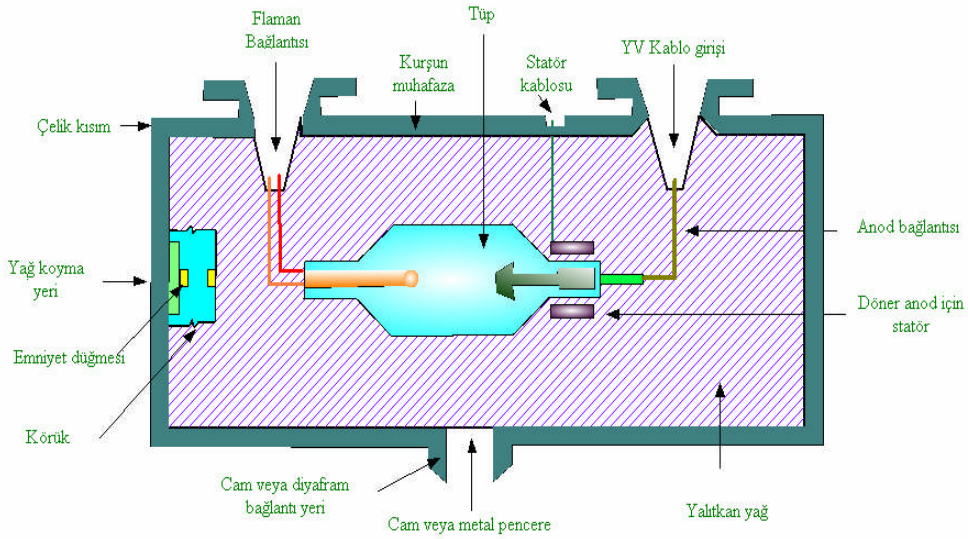
Resim 2.2: Döner anotlu X-ışın tüpü

Döner anotlu tüplerde de anot tungstenden yapılmıştır. Yalnız, bunlarda disk şeklinde olup 18 C - 20 C eğim verilmiştir. Döner anotlu röntgen tüpleri, sabit anotlu olan tüplere göre daha uzun ömürlüdür. Çünkü döner anotta disk döndüğünden hep aynı noktada bombardıman edilmemekte ve tüp, soğuma zamanı bulabilmektedir. Sabit anotlu tüplerde ise ısı önemli olumsuz bir faktördür. Döner anotlu tüplerde anot endüksiyon akımıyla döndürür. Anodu oluşturan disk, çelik bilyeler vasıtasıyla döner. Bakırdan yapılmış olan rotorun dışı siyahtır. Bu siyah renk, ısının bilyelere erişmeden tüpün dışına nakledilmesine yardım eder. Bilyelerdeki aşınma ve erime, anodun dönüşü sırasında meydana gelen seste artış yapar. Bu durum, anodun sağlıklı çalışmasını engeller ve kaliteli radyografi oluşumuna olanak vermez.

2.2.4. Haube

Röntgen tüpünün cam zarfını içine alarak onu koruyan kısımdır. Bu koruyucu kılıf personeli de radyasyon ve elektrik şokundan koruyacak şekilde üretilir. Haube, kurşun kaplı olup ışın geçirmez. Elektriksel yalıtkanlığı sağlamak için içi yağ doldurmuştur. Cam zarf, bu

yağın içine gömülüdür. Haube içerisindeki yağ, elektriği yalıtkanlığı sağlaması yanında, tütün soğumasına da yardım eder. Tüp, haube ortasına yalıtkan desteklerle monte edilmiştir. Haube, elektrik şokuna karşı ayrıca topraklanmıştır. Haubenin her iki ucunda YVK(Yüksek Voltaj Kablolari)'nın takıldığı "soket" yerleri vardır. Bilindiği gibi yalıtkan kabul edilen maddeler de çok ısındığında iletken hale geçebilmektedir. Fazla ısı, röntgen tüpleri için de zararlı olabilmektedir. İşte; fazla ısı karşısında tütün hasar görmemesi için haube içerisinde, devreyi otomatik olarak açan (OFF durumuna getiren) metal bir körük düzeneği mevcuttur. Tüp penceresinde ışın demetinin geçişine uygun bir açıklık bulunur. Bu tüp penceresi; diyafram, tubus ve konus takılmasına uygun biçimde yapılmıştır.



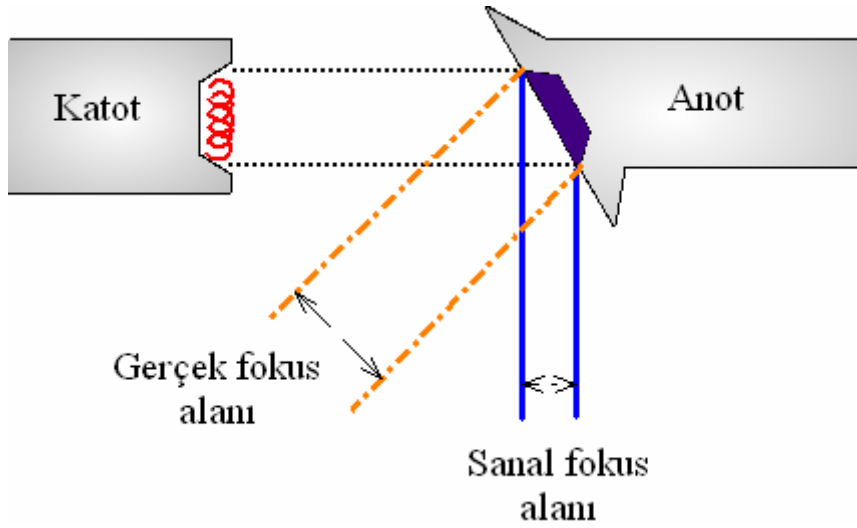
Şekil 2.6: Haube



Resim 2.3:Haube

2.2.5. Fokus

Anodun, katottan gelen elektronlarca bombardıman edilen yerine "fokal spot" (focal spot) veya " fokus" (focus) denir. Aynı zamanda odak noktası olarak da ifade edilmektedir. Fokus alanı ne kadar küçük olursa elde edilecek olan radyografin kalitesi (netlik ve detayı) de o kadar iyi olur. Ancak, fokus küçüldükçe üzerinde oluşturulacak olan ısı artacaktır. Hem fokus alanı küçük olmalı hem de oluşacak ısı anoda zarar vermemelidir. İşte bu iki durumu da sağlamak için "Çizgi- Fokus Prensibi" geliştirilmiştir.



Şekil 2.7. Fokus

"Çizgi- fokus prensibi", Anodun katoda dönük yüzüne 15-20C'lik bir açı verme esasına dayanır. Katottan gelen elektrotlar, anot üzerindeki Tungsten hedefi bombardıman eder. Katottan gelen elektronların, anotta bombardıman ettiği alan "fokus" olarak bilinir. X-ışınları da bu alanda oluşturulur. X-ışınlarının oluşturduğu bu alana "gerçek fokus" denir. Şekilde de görüldüğü gibi, katot ile anot aynı doğru üzerindedir. Anoda tüpün uzun aksisine doğru 90 C'lik bir açı ile bakıldığında fokus noktası daha küçük görünür. Gerçek fokusun kendisinden daha küçük olan bu iz düşümüne "sanal fokus" denir.

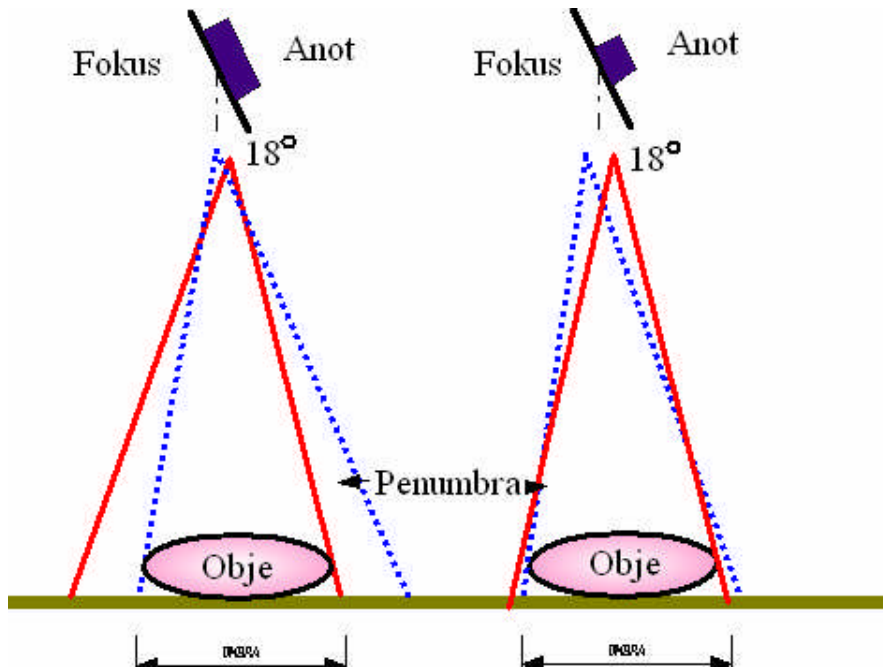
Sanal fokus küçüldükçe radyografik kalite artarken gerçek fokus alanının sanal fokustan büyük olması da meydana gelen ısının daha geniş bir alana yayılmasını sağlamaktadır. Böylece; kısa bir ışınlama zamanında yüksek mA değerlerinin tungsten hedefi eritmeden tüpe uygulanması mümkün olmaktadır. Yüksek mA değerlerini kullanmak da ışınlama zamanını azaltır. Işınlama zamanının azalması, harekete bağlı netsizlikleri de azaltır. Ayrıca, anoda eğim vermekle ışın kaynağı küçüleceğinden geometrik netsizlik de azaltılmış olmaktadır. Modern röntgen tüplerinde anot eğimi 18 C- 20 C'dir.

Çift fokuslu güncel tüplerde katottaki her bir flamanın oluşturacağı elektron demeti, anotta da iki ayrı sahayı bombardıman eder. İki fokusun elektrik devreleri, bunların aynı çalışmasına imkân vermeyecek şekilde yapılmıştır. Bu nedenle iki fokus aynı anda çalışmaz.

Anottaki bombardıman sahasına küçük fokus alanı 1,1mm², büyük fokus alanı ise 2,2 mm²'dir. X- ışını oluşumu sırasında anotta büyük bir ısı artışı olmaktadır. Katottan gelen elektronların bombardıman ettiği noktayı değiştirmek ve böylece anot ısısını azaltmak için 1936 yılında "döner anotlu röntgen tüpleri" geliştirilmiştir. Çift fokuslu, döner anotlu tüpler ideal tüplerdir. Bu tüplerde, anot çapı yaklaşık 7,5 cm olup çizgi- fokus prensibine de uygunluk gösterir.

Küçük fokus alanının radyografi kalitesine etkisini şu şekilde açıklayabiliriz. Film üzerindeki görüntüde objeyi sınırlayan ve esas kısmı olan alana "umbra" denir.

Objenin kenarından teğet geçen ışınların, radyografik görüntünün çevresinde oluşturduğu ve radyografik kaliteyi bozan açık dumanımsı renkte gölgeye "penumbra" denir. Penumbra, umbranın sınırlarındaki keskinliği bozan bir faktördür. Penumbra genişledikçe görüntünün sınırlarındaki belirsizleşme artar. Aşağıdaki şekilde küçük ve büyük fokus alanına göre penumbra genişliği verilmiştir.



Şekil 2.8: Penumbra ve umbra

2.2.6. Yoğunluk

Röntgen filmleri üzerindeki kararırma derecesi, görüntü kalitesi için önemli bir etkidir. Film üzerindeki bu kararırma derecesine "dansite" adı verilmektedir. Dansitenin daha geniş bir alana hakim olabilmesi ve detay için ışın demetinin yoğunluğu önem taşımaktadır.

Işın demetinin yoğunluğu, tüpün katodundaki flamanın yayacağı elektron miktarına bağlıdır. Flaman transformatöründen gelen akımla ısıtılan flaman, kendisini ısıtan akım şiddetiyle doğru orantılı olarak elektron yayar. Flaman ısıtıldıkça flaman etrafında bir elektron bulutu oluşur. Flamanın elektron bulutunun yoğunluğu, anottan elde edilecek olan X- ışını demetinin de yoğunluğunu tayin eder. Bu da flamanı ısıtan akım miktarına bağlıdır. Flamanı ısıtacak akımın değeri (mA), kumanda panosu üzerindeki mA seçici düğmeden ayarlanır.

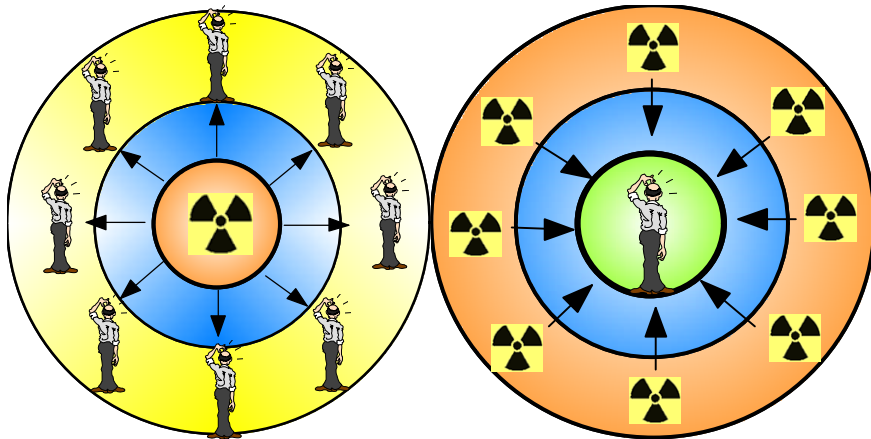
2.3. Radyoaktiviteye Karşı Korunma Yolları

Radyoaktivitenin zararlarını ve korunma yollarını Tıbbi Cihazlarda Güvenli Çalışma modülünde ayrıntılı olarak incelemiştik. Orada da belirttiğimiz gibi belirli sınırlar üzerinde alınan radyasyon, insan sağlığı açısından önemli tehlikeler içermektedir. Bu nedenle ulusal ve uluslararası radyasyon güvenlik kuralları belirlenmiş, yönetmeliklerle standart hâle getirilmiştir.

Radyasyondan Korunma

Kişilerin radyasyondan korunması için ulusal boyutta TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) tarafından denetleme ve yönlendirme programları uygulanmaktadır. Bu program çerçevesinde radyasyondan korunmada iyonlaştırıcı radyasyonların zararlı etkilerine karşı kişilerin ve çevrenin riskinin en düşük seviyede tutulması amaçlanmıştır. Buna göre hasar, ışınlanan gruplarda veya gelecek kuşaklarda ortaya çıkması olası hasarların toplamıdır. Radyasyon içeren her türlü uygulamada, riske karşı kazanç değerlendirilmesi yapılmalıdır. Yeterli fayda elde etmek uygulamadaki temel prensiptir. Radyasyon korunmasının etkinliği;

- Doza neden olan kaynağa (kaynak ilişkin sistem; şekil),
- Bütün kaynaklarda bir kişi tarafından alınan doza (kişi ilişkin sistem; şekil) bağlı olarak ifade edilir.



Şekil 2.9: Radyasyon korunma etkinliği

Işınlamaların kontrolü öncelikle kaynağa (zırlama) uygulanır. Bunun etkin olamadığı durumlarda ise çevrenin (havalandırma ve ilave zırlama) ve kişi veya kişilerin (koruyucu

giysi, cihazların kullanımı ve uygun koşulların sağlanması) kontrolü düşünülür. Radyasyon korumasında aşağıdaki ölçütler dikkate alınmalıdır:

- Gerekçeleştirme
- Optimizasyon
- Doz sınırları

Gerekçeleştirme: Radyasyonun zararlı etkileri göz önünde bulundurularak net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilmemelidir.

Optimizasyon: Tedavi amaçlı ışınlamalar hariç, radyasyona maruz kalmayı gerektiren uygulamalarda bireysel dozun büyüklüğü, ışınlanacak kişilerin sayısı, olası tüm ışınlamalar için ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanmalıdır. Kişilerin alacakları doz (hastaya uygulanan tedavi amaçlı olanların dışında) sınırlandırılmalıdır. ALARA (As Low As Reasonable) prensibine göre uygulamaların günlük takibi ile risk azaltılarak net yararın artışı sağlanmalıdır.

Doz sınırları, mesleki maruziyet açısından yıllık etkin doz 50 mSv (5 rem), hayat süresi toplam maruziyet, 10 mSv x yıl olarak yaş (1 rem x yıl olarak yaş) limitlerini aşmaması önerilmektedir.

2.3.1. Yararlı Radyasyon

Radyasyonun insan sağlığı üzerinde ciddi boyutlarda zararları olduğunu söylemiştik. Ancak, radyasyonun kontrollü ve uygun dozda kullanılması ile insan sağlığı açısından hastalıkların tanı ve tedavisinde önemli rol oynadığı ortadadır. Bu nedenle kişilerin radyasyona maruz kalmalarında riske karşı fayda değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu çerçevede araştırma, tanı ve tedavi amacıyla kullanılan radyasyona yararlı radyasyon diyebiliriz.

2.3.2. Kaçak Radyasyon

Tüp çeperinden geçen radyasyona kaçak radyasyon denir. Bu radyasyon istenmeyen türdendir. Hastanın ve personelin aldığı doz oranını artırır. Bu yüzden en aza indirilmelidir. Bu da ancak tüp ünitesinin geliştirilmesi sırasında yapılacak uygun değişikliklerle mümkündür.

2.3.3. Saçılan Radyasyon

Radyasyon ışınının karşısında bir nesne varsa bir kısım radyasyon yansıyabilir. Buna saçılan radyasyon adı verilmektedir. Saçılan radyasyon da istenmeyen türdendir ve personelin aldığı doz oranını artırır.

2.3.4. Doz Tanımları

Doz, radyasyonun madde üzerindeki etkisinin ölçüsüdür. Bununla birlikte ölçme tekniği ve biyolojik bakış açısı yönünden farklı doz tanımları kullanılmaktadır.

- Enerji dozu, tanımlı bir hacimde emilen radyasyondur.
- İyon dozu, radyasyon tarafından üretilen, birim hacimde havada oluşan iyonlaşma sayısıdır.

- Doz eşleniği, enerji dozunun, radyasyonun iyonlaşma gücüne bağlı olan kalite faktörü q ile çarpılmasına eşittir.
- Doz oranı, dozun zamana bölünmesine eşittir.

Değişik doz tanımlarına göre değişik doz oran terimleri de kullanılmaktadır.

2.3.5. Enerji Dozu

Enerji dozu (D), radyasyon tarafından maddeye aktarılan birim kütledeki enerjidir. Yani tanımlanan bir hacimde emilmiş olan radyasyondur. Enerji dozu D'nin birimi önceleri rad (rd) iken şimdi Gray (Gy) olmuştur. 1 kg madde içinde herhangi bir tür radyasyon 1 Joule (J) enerji iletirse bu maddede 1 Gy enerji dozu vardır denir.

$$D = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rd}$$

Enerji doz oranı, D_0 , D (Gy) nin zamana t (s) bölümüne eşittir.

2.3.5.1. İyon Dozu

İyon dozu (J), havadaki radyasyon tarafından birim kütlede üretilen yük ya da birim hacimdeki iyonlaşma sayısıdır. İyon dozu J'nin birimi önceleri Röntgen (R) iken şimdi kilogram başına Coulomb (C/kg)' dir. 1 kg havada radyasyon tarafından 1 C'lik yük üretildiğinde 1 C/kg'lık iyon dozu (J) oluşacaktır.

$$J = 1 \text{ C/kg}$$

$$1 \text{ Röntgen (R)} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$$

İyon doz oranı, J_0 , (1C/skg), iyon dozu j (C/kg)'nin zamana t (s) bölümüne eşittir.

2.3.5.2. Doz Eşleniği

Enerji dozu söz konusu olduğunda aynı doz oranında farklı tipte radyasyonun farklı derecede zarara sebep olduğu dikkate alınmaz. Bu yüzden doz eşleniği kavramı geliştirilmiştir. Doz eşleniği H enerji dozu D'nin, bir kalite faktörü q ile çarpılması sonucu bulunur.

$$H = D \cdot q$$

Doz eşleniğinin önceki birimi rem (roentgen equivalent men) iken, şu anda Sievert (Sv) kullanılmaktadır.

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem} = 1 \text{ J/kg}$$

Doz eşleniği oranı H' (Sv/s), doz eşleniğinin (H) zamana t (s) bölünmesi ile elde edilir.

Terimler	Kullanılan Birimler	Eski Birimler	Birimler Arası Çevrim
Aktivite A	Becquerel (Bq) $1\text{Bq} = 1\text{ s}^{-1}$	Curie (Ci)	$1\text{ Bq} = 2.7.10^{-11}\text{ Ci}$
Doz Eşleniği	Sievert (Sv) $1\text{ Sv} = 1\text{ J/kg}$	Rem	$1\text{ Sv} = 100\text{ rem}$
Doz Eşleniği Oranı H'	Sv / saat Sv / dk	Rem / saat	$1\text{ Sv/saat} = 100\text{ rem/saat}$
Enerji Dozu D	Gray (Gy) $1\text{ Gy} = 1\text{ J/kg}$	Rad (rd) $1\text{ Rd} = 100\text{ erg / g}$	$1\text{ Gy} = 100\text{ Rd}$
Enerji Doz Oranı D_0	Gy / saat Gy / dak	Rd / saat Rd / s	$1\text{ Gy/saat} = 100\text{ Rd/saat}$
İyon Dozu J	C / kg As / kg	Röntgen ®	$1\text{ C/kg} = 3.88.10^3\text{ R}$
İyon Doz Oranı J'	1 A / kg	R / saat R / s	$1\text{ A / kg} = 1.4\text{ }10^7\text{ R/saat}$

Tablo 2.1: Dozimetre terimleri ve ilgili birimler

2.3.6. Dozimetreler

Dozimetreler genel olarak radyasyon algılama ve ölçme aracıdır. Bu amaçla değişik yapı ve biçimlerde dozimetreler geliştirilmiştir. Çalışanların üzerlerinde taşıyabilecekleri büyüklüklerde dozimetreler olduğu gibi radyoaktif ortamlarda radyasyon izleme monitörleri de mevcuttur.

2.3.6.1. Gazlı Dozimetreler

İyonlayıcı radyasyonların, gaz ortamlarda yaptığı iyonizasyonun ölçülmesinde kullanılır. Bilinen radyasyon ölçüm yöntemlerinin en yaygınıdır. Günümüzde bilinen değişik türdeki radyasyonların doku dozlarını ölçmek için iyon kameraları kullanılmaktadır. Radyasyonun gaz ortamda yaptığı iyonizasyonun ölçülmesi yöntemiyle iyon odaları, Geiger-Müller tüpleri ve orantılı odalar gibi radyasyon ölçüm aletleri geliştirilmiştir.

İyon odaları: Gaz bir ortamdaki, yüksek dozdaki radyasyon değerini ölçmede çok elverişlidirler. Gaz olarak genellikle atmosfer basıncında hava kullanılır. İyon odaları; röntgen ve Gama ışınlarıyla Beta partikülleri ve nötronların algılanmasında kullanılır.

Geiger-müller tüpleri: Cam veya metalden yapılmış olup tüp şeklindedir. İçerisindeki gaz basıncı, atmosfer basıncından düşüktür. Bu tüplerde genellikle, argon gazı kullanılır. Bu dozimetrelerle beta ve gama radyasyonları ölçülür. Alfa ışınlarını ölçebilen türleri de vardır.

Orantılı odalar: Bu cihazlarda, atmosfer basıncında argon, metan veya bunların karışımı bir gaz bulunur. Bu cihazların, Alfa ve Beta ışınlarını ayırt etme özellikleri vardır.

2.3.6.2. Sıvılı Dozimetreler

Bu dozimetrelerle radyasyonun etkisiyle sıvıda meydana gelen kimyasal değişiklikler ölçülerek radyasyon miktarı belirlenir. Sıvılı dozimetrelerden bazılarında sulandırılmış sülfürikasit içerisinde ferrus iyonları veya ceric iyonları kullanılır.

Bir başka sıvılı dozimetre ise radyasyonun etkisiyle kloroform gibi klorlu hidrokarbonlardan açığa çıkan tuzun, ortamdaki turnusol bir endikatör renk maddesi sayesinde uğradığı renk değişikliğinin ölçülmesi ile radyasyon miktarı belirlenir. Sıvılı dozimetreler, genellikle yüksek dozdaki radyasyon ölçümlerinde kullanılır.

2.3.6.3. Katı Dozimetreler

Radyasyon ölçümünde kullanılan en eski yöntemdir. Katı dozimetreler, jelatin emülsiyonu ile yapılmış filmlidir. Filmlerle yapılan ölçümler, diğer yöntemlerden daha ucuz olduğu gibi, filmin radyasyona karşı duyarlılığı da canlı dokunun duyarlılığına yakındır. Bu avantajları nedeniyle günümüzde radyoloji alanında çalışan personelin aldığı dozun ölçülmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Bilindiği gibi filmler, radyasyona karşı duyarlı maddelerdir. Film emülsiyonundaki gümüş tuzları radyasyonla iyonize olmakta sonuçta banyo sonucu film üzerinde alınan radyasyona bağlı olarak bir karar derecesi ortaya çıkmaktadır. Dansite (density) olarak bilinen bu karar derecesi dansitometre (densitometer) ile ölçülerek filmin aldığı radyasyon değeri belirlenmektedir.



Resim 2.4:Film dozimetre

Bu dozimetrelerde kullanılan filmler, genellikle 3x4 cm ebatında olup ışığa karşı korunmuşlardır. Radyasyon ölçümünde kullanılacak bu filmler, dozimetre kutusuna yerleştirilmiştir

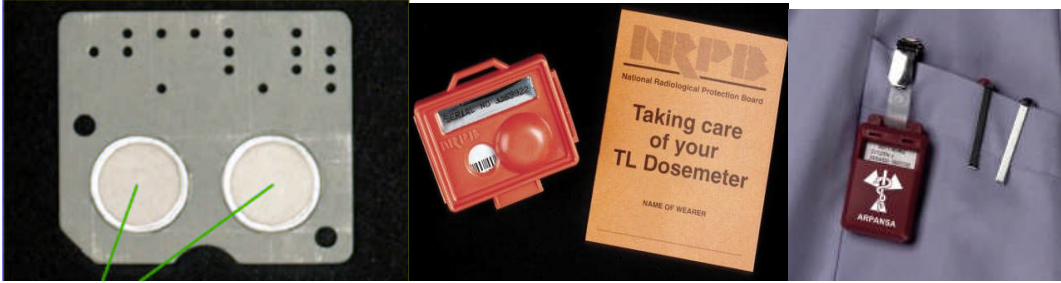
Dozimetre kutularının ön ve arka kapaklarının iç kısımlarında 1-3 mm kalınlığında alüminyum, bakır, kadmiyum ve kurşundan yapılmış filtreler mevcuttur. Bu filtreler sayesinde, aynı anda x-ışını, gama ışınları, beta ve nötron ışınlarının tayini de yapılabilir.

2.3.6.4. Diğer Dozimetreler

Luminesans olayı esasına dayalı olarak, radyoluminans ve termoluminans dozimetreler üretilmiştir. Ayrıca sintilasyon algılayıcıları, kalorimetrik yöntem, katı hâl dedektörleri, nötron dedektörleri gibi dozimetreler geliştirilmiştir.

Radyoluminans dozimetreler: Gümüşle aktive edilmiş fosfatlı camlar kullanılarak, radyasyon etkisiyle fluoresans ışık yayılmakta yayılan ışık ise radyasyon miktarına göre değişmektedir. Ölçüm, ışığın şiddetine göre belirlenmektedir.

Termoluminesans Dozimetreler (TLD): Lityum florur (LiF) ve kalsiyum florur (CaF₂) gibi özel camlardan yapılmışlardır. İyonlayıcı radyasyona maruz kalan bu maddelerin, ısıtılmak suretiyle ışık yaymaları sağlanır. Doz ölçümü bilinen bir radyasyon kaynağı ile kıyaslama yapma esasına dayanır.



Resim 2.5: TLD (Termoluminesans dozimetreler)



Resim 2.6: Dozimetre çeşitleri

Sintilasyon (parıltı) algılayıcıları: Bu araçlarda temel prensip, ışıltıma fosforu adı verilen maddeye radyasyon enerjisinin verilmesi ile bu maddenin görünen ışık veya buna yakın dalga boyda bir radyasyon yayımı esasına dayanır. Kalorimetrik yöntem: Radyasyonun, içinden geçtiği ortama verdiği ısının ölçülmesi esasına dayanır. Radyasyonun yaydığı toplam enerji miktarı bu yöntemle ölçülür.

Katı hâl dedektörleri: Yüklü parçacıkların yarı iletken bir ortam içerisinde geçirilmesi esasına dayalı olarak radyasyon miktarı ölçülür.

Nötron dedektörleri: Bu dedektörle nötron etkileşmesi sonucu oluşan ikincil iyonlayıcı ışınlar ölçülür.

Yukarıda sözü edilen dozimetreler dışında son yıllarda geliştirilen Alanin dozimetresi, pamuk ipliği dozimetresi ve elektret radyasyon dozimetresi (ERD) gibi dozimetreler de mevcuttur.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bulduğunuz yerdeki x-ışınli görüntüleme odasının, ortam şartlarını kontrol ederek gerekli radyasyon güvenliğini alınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Radyoaktif risklere karşı gerekli önlemin alınıp alınmadığını kontrol ediniz.➤ Gerekli uyarı işaretlerinin olup olmadığını kontrol ediniz.➤ Radyasyondan korunmak için gerekli kişisel koruyucuların olup olmadığını kontrol ediniz.➤ Radyoaktif risklere karşı, çevreyi koruyucu önlemlerin alınıp alınmadığını kontrol ediniz.➤ Kişisel dozimetrelerin olup olmadığını kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Röntgen cihazı servis el kitabının radyasyon güvenliği talimatlarını takip ediniz.➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız.

KONTROL LİSTESİ

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1	Radyoaktif risklere karşı gerekli önlemlerin alınıp alınmadığını kontrol ettiniz mi?		
2	Gerekli uyarı işaretlerinin olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
3	Radyasyondan korunmak için gerekli kişisel koruyucuların olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
4	Radyoaktif risklere karşı, çevreyi koruyucu önlemlerin alınıp alınmadığını kontrol ettiniz mi?		
5	Kişisel dozimetrelerin olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz. Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikliğiniz varsa faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (YETERLİK ÖLÇME)

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri doldurunuz.

1. Enerjileri artırılan bu elektronlar, maddeyi terk ederek flaman etrafında bir elektron bulutu oluşturur. Bu elektron yayılması olayına..... adı verilir.
2. Günümüzde kullanılan X-ışın tüpleri, olarak üretilmektedir.
3. Röntgen tüpünün cam zarfını içine alarak onu koruyan kısma denir.
4. Anodun, katottan gelen elektronlarca bombardıman edilen yerine denir.
5. Röntgen filmleri üzerindeki kararırma derecesi, görüntü kalitesi için önemli bir etkidir. Film üzerindeki bu kararırma derecesine adı verilmektedir.
6. X-ışınıözellikleri nedeni ile görünen ışığın geçemediği yerlerden geçerler.
7. X-ışını fluoresans özellikleri vardır ve bu özellik sayesinde geliştirilmiştir.
8. Radyasyonun, içinden geçtiği ortama verdiği ısının ölçülmesi esasına dayanan radyasyon ölçümü yöntemine denir.
9. İyonlayıcı radyasyonların, gaz ortamlarda yaptığı iyonizasyonun ölçülmesinde kullanılan dozimetrelere denir.
10. Radyasyonun etkisiyle sıvıda meydana gelen kimyasal değişiklikleri ölçerek radyasyon miktarını belirleyen dozimetrelere denir.

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız. Cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, cihazların uluslararası taşıma standartlarına uygun olarak güvenli naklini sağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Çevrenizdeki taşıma ve kaldırma aletlerini inceleyerek taşıma ve kaldırma kapasitelerini araştırınız.

3. X-IŞINLI GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARINI NAKLETME

X-ışınli cihazlar gerek üreticiden kullanıcıya ulaştırılırken gerekse kurulum aşamasında belirtilen nakil kurallarına uyulması gerekmektedir. Cihazların taşıma esnasında zarar görmemeleri ve iş kazalarına neden olmamaları için uygun şekilde ambalajlanmış olmalıdır.

3.1. X-Işınli Cihazları Ambalajlama ve Etiketleme Kuralları

X-ışınli sistemler,değişik boyutlarda ve ağırlıklarda birden fazla donanım ve parçadan oluşmaktadır. Bu parça ve donanımlar, büyüklüklerine ve hassasiyetlerine göre farklı malzemeler kullanılarak ambalajlanır. Bu ambalajlarda küçük ebatlı parçalar için mukavva kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için tahta sandıklar kullanılmaktadır. Ayrıca parçalar, ambalaj kutularının içerisine hava hücreli naylonlarla sarılarak yerleştirilir ve darbelerden etkilenmelerini önlemek için strafor yardımıyla desteklenir. Ağır cihazların ambalajları taşımada kolaylık sağlaması açısından paletler üzerine bağlanır.



Resim 3.1:Karton ambalaj



Resim 3.2: Tahta sandıklar

Ambalajların üzerlerinde taşıma ve depolama uyarıları bulunmaktadır. Bu uyarılara uyularak taşıma ve depolama yapılmalıdır. Bu uyarılar, üretici firma tarafından cihazın özelliğine göre etiketler halinde ambalaj üzerine yapıştırılır. Bu etiketlerde,

- Üretici firmanın adı ve adres bilgileri
- Ürün adı ve özellikleri
- Ambalaj içerisindeki adet
- Cihazın ve ambalajın boyut ve ağırlık gibi fiziksel büyüklükleri
- Nem, sıcaklık gibi depolama koşulları
- Üst üste konabilecek ambalaj miktarı
- Nakliye koşulları
- Ambalajın yönü gibi açıklamalar bulunur.

Bu etiketler, yukarıdaki ambalaj örneklerinde görülmektedir.

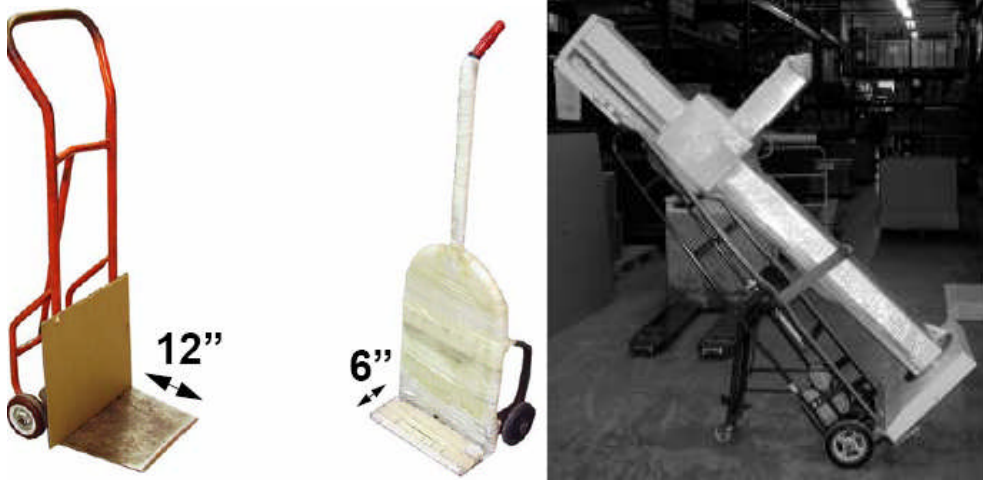
3.2. X-Işınlı Cihazları Taşıma

X-ışınlı cihazları taşıma ve montajın kolaylaştırılması için sistem ,farklı sandıklar içerisinde nakliye edilmektedir. Ekipmanlar alındıktan sonra, herhangi bir hasar olup olmadığını belirlemek için bütün nakliye sandıkları incelenmelidir. Herhangi bir hasara rastlanması hâlinde, tutanak tutulup ilgili firma ile iletişime geçilmelidir.

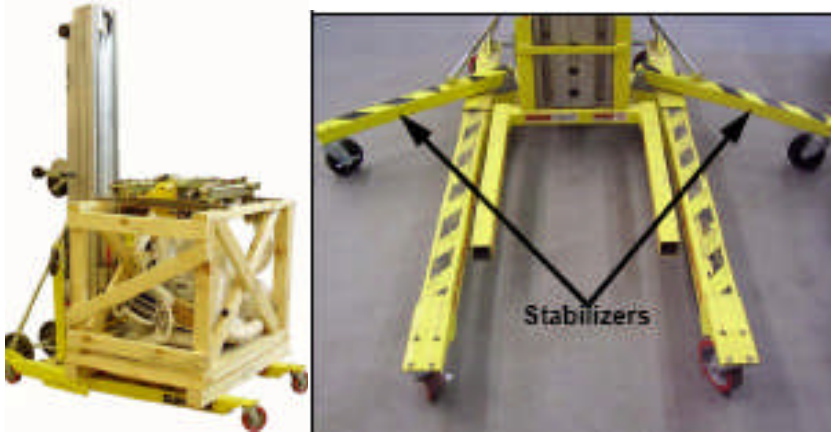
Cihaz sandıkları kurulum yapılacak odadaki nihai konumuna yakın bir şekilde yerleştirilmelidir. Daha sonra ahşap ya da karton paketleme kapakları çıkarılmalıdır. Paketleme listesinde yer alan bütün parçaların yerli yerinde olduğu belirlenene kadar paketleme materyalleri (zarflar, kutular, çantalar) atılmamalıdır.

Ağır parçaların taşınmasında en az iki kişi gerekmektedir. Ayrıca parçaların taşınmasına başlamadan önce üretici firma tarafından hazırlanmış olan taşıma ve montaj kılavuzu incelenip belirtilen kurallara uyulmalıdır.

Taşıma esnasında yaralanmalara meydan vermemek için güvenlik önlemleri alınmalıdır. Taşımada çalışacak kişilerin çelik burunlu ayakkabı, bel korsesi ve eldiven gibi koruyucu ekipman kullanması gerekmektedir. Ağır cihazların taşınmasında kullanılacak yardımcı aletler uygun şekilde belirlenmelidir. Genelde ağır parçaların taşınmasında el arabaları ve forkliftler kullanılmaktadır. Bu aletler belirlenirken taşınacak parçaların ağırlıkları ve büyüklükleri dikkate alınarak uygun taşıma kapasitesine sahip araçlar seçilmelidir. Küçük parçaların taşınmasında da ağırlıklar göz önüne alınarak kişilerin taşıyabilecekleri ağırlıkları kaldırmaları sağlanmalıdır. El arabaları ve forkliftlerle taşıma yapılırken cihazların dengeli bir şekilde yerleştirilmeleri önemlidir. Forkliftlerin bazılarında denge kolları bulunur. Taşıma esnasında bu kollardan faydalanılabilir.



Resim 3.3: Değişik ebatlarda el arabaları



Resim 3.4: Forklift ve denge kolları

UYGULAMA FAALİYETİ

Bulduğunuz yerdeki bir x-ışınli görüntüleme cihazı için taşıma koşullarını oluşturunuz, uygun taşıma alet ve araçlarını hazırlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Cihazın boyutlarını servis kılavuzundan kontrol ediniz.➤ Cihazın servis kılavuzu ya da ambalajındaki taşıma ile ilgili etiketlerini inceleyiniz.➤ Cihazı taşıyacağınız yeri belirleyiniz.➤ Cihazı taşımak için gerekli alet ve araçları hazırlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Röntgen cihazı servis el kitabının taşıma talimatlarını takip ediniz.➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız.➤ Temel iş güvenliği tedbirlerini alınız.

KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Cihazın boyutlarını servis kılavuzundan kontrol ettiniz mi?		
2	Cihazın servis kılavuzu ya da ambalajındaki taşıma ile ilgili etiketleri incelediniz mi?		
3	Cihazı taşıyacağınız yeri belirlediniz mi?		
4	Cihazı taşımak için gerekli alet ve araçları hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz.

Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksikiniz varsa faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (YETERLİK ÖLÇME)

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri doldurunuz.

1. Cihazların taşıma esnasında zarar görmemeleri ve iş kazalarına neden olmamaları için uygun şekildeolmalıdır.
2. Küçük ebatlı parçalar için kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için kullanılmaktadır.
3. Parçalar ,ambalaj kutularının içerisine sarılarak yerleştirilir.
4. Parçaların darbelerden etkilenmelerini önlemek için yardımıyla desteklenir.
5. Ağır parçaların taşınmasında en az kişi gerekmektedir.
6. Ağır cihazların ambalajları, taşımada kolaylık sağlaması açısından üzerine bağlanır.
7. Taşımada çalışacak kişilerin kullanması gerekmektedir.
8. Ağır parçaların taşınmasında vekullanılmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız. Cevaplarınız doğru ise modül değerlendirmeye geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (YETERLİK ÖLÇME)

1. Cihazların taşınması, depolanması, kurulumu ve kullanımı sırasında ortamın etkilerine dikkat edilmelidir.
2. Görüntüleme odalarının statik hesaplamaları, kurulacak cihazın ve sistemin yükünü durağan ve çalışır durumdaki yükünü taşıyabilecek şekilde yapılmalıdır. Bu hesaplamalar yapılırken cihazın bilgilerinden faydalanılmalıdır.
3. X- ışınlı cihaz ve sistemlerin kurumlarda kurulması ve kullanılması tarafından verilecek lisansa tabidir.
4. Kurulum ,lisans sahibi yetkili kişiler tarafından cihazın talimatları doğrultusunda yapılır.
5. Kurulum yapılırken işlem sırasının takibini kolaylaştırmak ve arada işlem atlamamak için sistemkullanılmaktadır.
6. Röntgen filmleri üzerindeki kararırma derecesi ,görüntü kalitesi için önemli bir etkindir. Film üzerindeki bu kararırma derecesine adı verilmektedir.
7. X-ışınıözellikleri nedeni ile görünen ışığın geçemediği yerlerden geçer.
8. X-ışınının floresans özellikleri vardır ve bu özellik sayesinde geliştirilmiştir.
9. Radyasyonun, içinden geçtiği ortama verdiği ısının ölçülmesi esasına dayanan radyasyon ölçümü yönteminedenir.
10. İyonlayıcı radyasyonların, gaz ortamlarda yaptığı iyonizasyonun ölçülmesinde kullanılan dozimetreleredenir.
11. Radyasyonun etkisiyle sıvıda meydana gelen kimyasal değişiklikleri ölçerek radyasyon miktarını belirleyen dozimetreleredenir.
12. Cihazların taşıma esnasında zarar görmemeleri ve iş kazalarına neden olmamaları için uygun şekildeolmalıdır.
13. Küçük ebatlı parçalar için kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için kullanılmaktadır.
14. Parçalar, ambalaj kutularının içerisine sarılarak yerleştirilir.
15. Parçaların darbelerden etkilenmelerini önlemek için yardımıyla desteklenir.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

AMAÇ	Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında teknik ve idari şartnameler , kurumsal yönetmelikler ve yönergeler, cihazın marka modelinin CE marking direktifleri (Directive 93/68/EEC), TS 4535 EN 60601-1 (Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları), TS 4535 EN 60601-1-3 servis el kitabı, 18861 sayılı Radyasyon Güvenliği Tüzüğü gereğince X-ışınlı görüntüleyici ünitelerinin kurulum hazırlıklarını yapabileceksiniz.			
ÖĞRENCİNİN				
ADI	SOYADI	Numarası		
AÇIKLAMA: Aşağıda listelenen davranışları öğrencide gözlemlemediyseniz (0), zayıf nitelikli gözlemlemediyseniz (1), orta düzeyde gözlemlemediyseniz (2), yüksek düzeyde gözlemlemediyseniz (3) rakamının altındaki kutucuğa "X" işareti koyunuz.				
Gözlenecek Davranışlar	0	1	2	3
X- ışınlı görüntüleyicileri ayırt etmek				
Kurulum özelliklerine göre cihaz için yer kontrollerini yapmak				
Cihaz özelliklerine göre tesisat kontrollerini yapmak				
Kurulum yapılacak yerin yalıtım kontrolünü yapmak				
Kurulum yapılacak yerin fiziki özelliklerinin kontrolünü yapmak				
Cihazların güvenli kurulumu için tedbirleri almak				
Radyoaktif güvenlik standartlarına göre emniyet tedbirlerini almak				
Cihazların taşınmasında gerekli güvenlik önlemlerini almak				
Cihazların taşınması için uygun araçları seçmek				

DEĞERLENDİRME

Modül çalışmaları ve araştırmalar sonucunda kazandığınız bilgi ve becerilerin ölçülmesi için öğretmeniniz size ölçme araçları uygulayacaktır. Ölçme sonuçlarına göre sizin modül ile ilgili durumunuz, öğretmeniniz tarafından değerlendirilecektir.

Bu değerlendirme için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖLÇME DEĞERLENDİRME – 1 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	B
4	fiziksel
5	Spesifikasyon
6	TAEK
7	Servis kılavuzu
8	Checklist
9	Kurşun paravan
10	Radyopak

ÖLÇME DEĞERLENDİRME – 2 CEVAP ANAHTARI

1	Termo iyonik emisyon
2	Sabit ve döner anotlu
3	Haube
4	Fokus
5	Dansite
6	Penetrasyon
7	Radyaskopi
8	Kalorimetrik yöntem
9	Gazlı dozimetreler
10	Sıvılı dozimetreler

ÖLÇME DEĞERLENDİRME – 3 CEVAP ANAHTARI

1	Ambalajlanmış
2	Mukavva – tahta sandık
3	Hava kabarcıklı naylon
4	Strafor
5	İki
6	Paletler
7	Kişisel koruyucular
8	El arabaları ve forkliftler

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	Ortamın fiziksel etkilerine
2	Spesifikasyon
3	TAEK
4	Servis kılavuzu
5	Checklist
6	Dansite
7	Penetrasyon
8	Radyaskopi
9	Kalorimetrik yöntem
10	Gazlı dozimetreler
11	Sıvılı dozimetreler
12	Ambalajlanmış
13	Mukavva – tahta sandık
14	Hava kabarcıklı naylon
15	Strafor

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Farklı tip ve markalarda X-ışınlı görüntüleyici cihazların servis ve kurulum el kitapları
- KUMAŞ Ahmet, **Radyoloji**, Tamer Matbaacılık, Ankara, 1996.
- www.taek.gov.tr

KAYNAKÇA

- **BOR**, Doğan. Gönül BUYAN, **Radyasyondan Korunma**, Radyoloji Gündemi.
- **Edwin**, L. Dove. **Physics of Medical Imaging – An Introduction** , 2003.
- Dr. **KARAGÖZ**, İrfan. Dr. Osman EROĞUL, **Tıbbi Görüntüleme Sistemleri**, Haberal Eğitim Vakfı Yayını, Ankara ,1998.
- **KAYA**, T. B. ADAPINAR, R. ÖZKAN, **Temel Radyoloji Tekniği**, Güneş & Nobel Yayınları, Bursa, 1997.
- Prof. Dr. **KAYA**, Tamer. **Tıp Öğrencileri için Temel Radyoloji Fiziği Ders Notları**.
- **KUMAŞ**, Ahmet. **Radyoloji**, Tamer Matbaacılık, Ankara, 1996.
- www.delmedical.com
- www.taek.gov.tr
- www.usx-ray.com
- www.kanit.com.tr

