الفصل الرابع

4/الحاجز الوقائي للنيوترون : أن الحاجز الوقائي للنيوترونات معقد جداً و ذلك بسبب المدى الواسع لطاقة النيوترونات .من تفاعلات النيوترونات :

a) **الأستطارة المرنة:**التي من خلالها يفقد النيوترون قسم من طاقته الأبتدائية و يتم أنتقال هذه الطاقــة الى نواة الهدف .تكون العناصر الخفيفة هي الأحسن لأبطأ النيوترونات بالأستطارة المرنة .لهذا تستعمل مواد تحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين(كالبارافين و الماء و الأسمنت)كحاجز وقائي للنيوترون.

b) **الأستطارة غير المرنة:**في هذه الحالة تعطي النيوترونات الساقطة قسم من طاقتها الى المادة المستطارة حيث تقوم بتهيج نويات الهدف . و كما وتبعث نوويات الهدف المتهيجة أشعاع كاما عندما ترجع ألى حالتها المستقرة .تكون عملية الأستطارة غير المرنة مهمة للنوويات الثقيلة .

c) **أقتناص النيوترون:**و يتم هذا الأقتناص من قبل النوويات التي تصبح من خلال الأقتناص ب حالة تهيج و من ثم تبعث دقيقة أو نيوترون لتتحول الى نوويات أكثر أستقراراً.من هذه التفاعلات المهمة $B^{10}(n,\alpha)Li$ تكمن أهمية هذا التفاعل بأنبعاث دقيقة الفا التي يتم امتصاصها بسهولة لقصر مداها .لذا فأن أضافة البورون -10 الى الحاجز الوقائي يعني أمتصاص النيوترونات و أنبعاث دقائق الفا التي لا تسبب مشاكل للحاجز الوقائي.

الفصل الخامس

الجـراحة الأشعـاعـية

الجراحة الأشعاعية هي أجراءات طبية تمكن العلاجات غير المؤذية للأورام الحميدة و الخبيثة .المعروفة أيضا أنها الجراحة الأشعاعية المجسمة و التي تستخدم لأستهداف آفات في الدماغ .

الجراحة الأشعاعية هي مجسمة فقط اذا كان توزيع الحزم الأشعاعية في ثلاث أبعاد .

بالأضافة ألى معالجة مرض السرطان تبين أنها مفيدة في معالجة الحالات غير السرطانية و التي تتضمن أضطرابات وظيفية مثل تشوهات الشرايين والأوردة .

تاريخ الجراحة الأشعاعية

الجراحة الأشعاعية تعمل من خلال توجيه أشعة مركزة جداً من الأشعاعات المؤينة بدقة عالية (و هو أسلوب حديث نسبياًأبتدأ منذ عام 1951 بأستخدام سكين كاما Gamma Knife) من قبل منظومة Leksell في أستوكهولوم)، حيث يتم التدمير عن طريق جرعة دقيقة من الأشعاع للأورام داخل الجمجمة و خارجها و الآفات الأخرى التي تكون غير قابلة للوصول اليها من خلال العمليات الجراحية المفتوحة .

في منظومة Leksell كانت خوذة كبيرة تستخدم فقط للجمجمة التي تكون مثبتة بحزم ألى الخوذة في عام 1982 أستخدم معجل خطي لتعجيل الجسيمات بدقة عالية جنبا الى جنب مع وحدة Leksell لتثبيت المريض بالجهاز و التي تهيء القدرة العالية لتدوير الجهاز حول محور عمودي للحصول على العلاج بالأبعاد الثلاثة مماثلة لتلك في سكين كاما.

تشير الجراحة الأشعاعية مبدئياً الى علاج الأورام الوعئية و الأضطرابات الوظيفية الحكم السريري المعتبر يجب أن يستخدم مع هذه التقنيات و الأعتبارات التي تشمل كل من الأمراض المصاحبة للمريض و نوع الورم و حجمه و موقعه و الصحة العامة للمريض .التأشيرات المضادة العامة للجراحة الأشعاعية تتضمن عدم الـتدخل في نوعية حياة المريض في فترة ما بعد التداخل الجراحي الأشعاعي تتنافس مع الأنزعاج الكامن عند المريض من شهور حتى يتم تحقيق نتيجة الجراحة الأشعاعية .

قد لا تكون نتيجة العلاج واضحة لعدة أشهر بعد أجراءه .حتى لو أن الجـراحة الأشعاعية لا تؤدي الى أزالـة الورم و لكنها تعطل حيوية الورم .عدم نمو الورم يعتبر علاجا ناجحاً.

المؤشرات العامة للجراحة الأشعاعية تشمل أنواع عديدة من أورام الدماغ مثل ورم الأعصاب الصوتية و السحايا و ألتهاب العصب الثالث و تـشوهات الشرايين و الأوردة و أورام قاعدة الجمجمة و غيرها .

التوسع في الجراحة الأشعاعية ألى أمراض (أورام) خارج القحف في تزايد مستمر ،و يشمل سرطان الكـبد و سرطان الرئة و سرطان البنكرياس ....الخ .

أثبتت نجاح الالاف الحالات بأستخدام الجراحة الأشعاعية أنها يمكن أن تكون وسيلة آمنة و فعالة جداً لأدارة العديد من أورام الدماغ الصعبة ،في الوقت الالذي يتجنب خسارة في نوعية حياة المريض المرتبطة بوسائل أكثر أجتياحية.

من أجل أداء أمثل للجراحة الأشعاعية فأن الطبيب الأشعاعي المختص بمعالجة الأورام يختار أفضل نوع من الأشعاع لأستخدامها و كيفية أستلامها من قبل المريض من أجل التخطيط لتحديد الأشعة النووية الساقطة و الجرعات ،يقوم الفيزيائي الصحي بحساب خريطة تصوير خطوط تساوي الجرعة الممتصة للأشعاع على رأس المريض (و هذه الخريطة تسمي حريطة ال Isodose).

يتم الحصول على معلومات عن موقع الورم من سلسلة حسابات مبرمجة Computerized tomograms و التي يتم تغذيتها ألى برامج حاسوبية متخصصة.

شكل يوضح جهاز سكين كاما المتداول في المستشفيات

آالية عمل الجراحة الأشعاعية

المبدأ الأساسي للجراحة الأشعاعية هو تأيين نسيج بواسطة أشعاع حزمة عالية الطاقة المقصود بالتأين هو توليد أيونلت وجذور حرة و التي عادة تضر بصحة الخلايا .هذه الأيونات و الجذور التي تتولد من جزيئات ماء الخلية أو من مواد أحيائية يمكن أن تسبب تلف في كل من ال DNA والبروتينات و ليبدات Lipids التي بدورها تسبب موت الخلية هذا القصور الأحيائي ينفذ في حجم من النسيج الذي يجب ان يعالج بتأثير دقيق مدمر .الجرعة الأشعاعية تقاس عادة بوحدات الكراي Gy يمثل أمتصاص طاقة واحدجول لكل كيلوغرام من الكتلة .

الوحدات لقياس الأشعة النووية التي تأخذ بنظر الأعتبار كل من الأعضاء المختلفة المتعرضة للأشعاع و نوع الأشعة هي السيفريت Sievert التي تصف كل من كمية الطاقة المترسبة و التأثير الأحيائي.

سكين كاما Gamma Knife

سكين كاما :هي طريقة علاجية تستخدم الأشعاع و التخطيط الموجه بالكومبيوتر لعلاج أورام الدماغ و تشوها ت الأوعية الدموية و التشوهات الأخرى في الدماغ . و هو في الواقع يقدم حزماً من الأشعاع عالي التركيز تت لاقى حوالي 192 حزمة أشعة من الأشعاع و تركز بدقة على المنطقة المستهدفة من الدماغ ،و تحديدا على ا لورم أو الآفة . مع تجنب الأنسجة الطبيعية المحيطة.

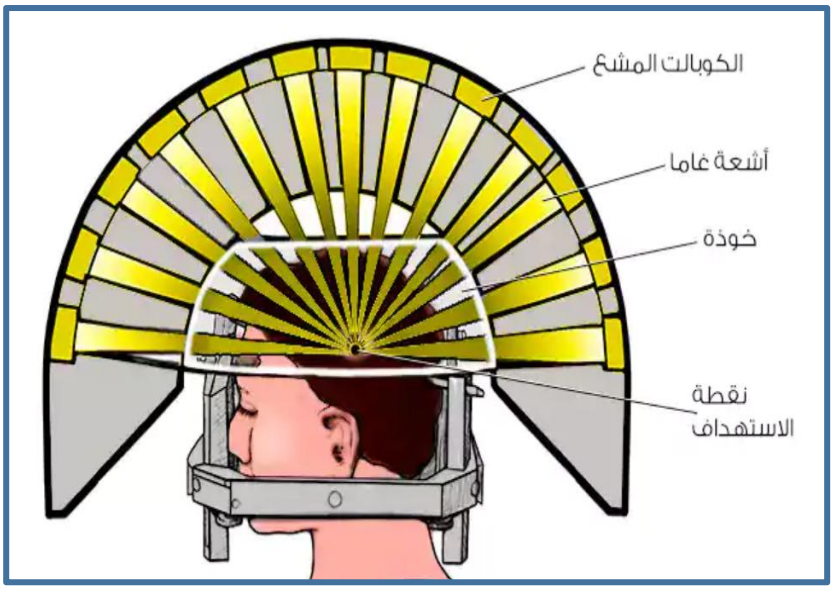
و تعرف كاما نايف ايضاً بالجراحة الأشعاعية التجسيمية ،أو أشعاع كاما نايف .

وعلى غرار أنواع الجراحة الإشعاعية التجسيمية الأخرى، لا تعد الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين غاما جراحة قياسية لأنها لا تتضمن شقوقًا جراحية.

وبدلاً من ذلك، تركز الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين غاما حزمًا صغيرة ومتعددة من الإشعاع على الورم أو أي هدف آخر بدقة فائقة. وتؤثر كل حزمة تأثيرًا بسيطًا للغاية في نسيج الدماغ الذي تمر من خلاله. لكن المكان الذي تلتقي فيه جميع الحزم تصله جرعة قوية من الإشعاع.

تعني إمكانية تركيز الإشعاع بدقة بالغة وصول كمية ضئيلة جدًا من الإشعاع إلى الأنسجة السليمة المحيطة بالمنطقة المستهدفة.

وتُجرى الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين غاما عادةً مرة واحدة خلال يوم واحد.



الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين كاما هي الأكثر شيوعًا لعلاج الحالات الآتية:

ورم الدماغ. يمكن أن تسيطر الجراحة الإشعاعية على أورام الدماغ الصغيرة غير السرطانية التي تُعرف أيضًا بالأورام الحميدة. كما يمكن أن تسيطر الجراحة الإشعاعية على أورام الدماغ السرطانية التي تُعرف أيضًا بالأورام الخبيثة.

تضر الجراحة الإشعاعية بالمادة الوراثية المعروفة بالحمض النووي في خلايا الورم. ولا يمكن للخلايا أن تتكاثر وقد تموت، ويمكن أن يصبح الورم تدريجيًا أصغر حجمًا.

التشوه الشرياني الوريدي. التشوه الشرياني الوريدي عبارة عن تشابكات غير طبيعية من الشرايين والأوردة في الدماغ. وإذا لم يُعالَج التشوه الشرياني الوريدي، فقد "يحوّل" مجرى تدفق الدم المعتاد من الدماغ. وقد يُسبب ذلك حدوث سكتة دماغية أو يؤدي إلى نزيف في الدماغ.

تُسبب الجراحة الإشعاعية غلق الأوعية الدموية في التشوه الشرياني الوريدي مع مرور الوقت. وهذا يقلل من خطر النزيف.

ألم العصب ثلاثي التوائم. تنقل الأعصاب ثلاثية التوائم المعلومات الحسية بين الدماغ ومناطق الجبهة والخد والفك السفلي. ويسبب ألم العصب ثلاثي التوائم ألمًا في الوجه يشبه الصدمة الكهربائية.

بعد العلاج، يمكن أن يخف الألم في غضون بضعة أيام إلى بضعة أشهر.

ورم العصب السمعي. ورم العصب السمعي، هو ورم غير سرطاني. ينمو هذا الورم على طول العصب الذي يتحكم في التوازن والسمع ويربط الأذن الداخلية بالدماغ.

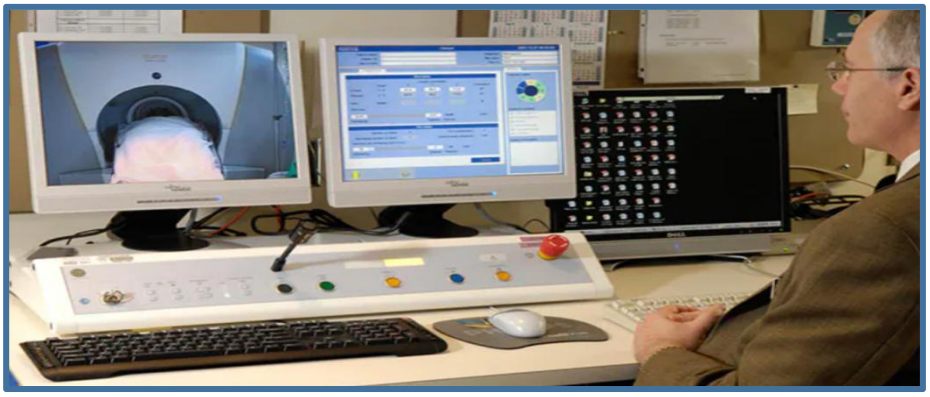
يمكن أن توقف الجراحة الإشعاعية نمو ورم العصب السمعي.

أورام الغدة النخامية. يمكن أن تسبب أورام الغدة النخامية الموجودة في قاعدة الدماغ ، العديد من المشكلات. وتتحكم الغدة النخامية في هرمونات الجسم التي تنظم العديد من الوظائف مثل الاستجابة للتوتر والأيض.

ويمكن أستخدام الجراحة الإشعاعية لتقليص حجم الورم وتقليل اضطراب إفراز هرمونات الغدة النخامية.

وتُدخَل نتائج فحوصات الدماغ في جهاز الكمبيوتر. ويساعد برنامج التخطيط المتخصص و فريق الجراحة الإشعاعية على تحديد المناطق التي تجب معالجتها وجرعات الإشعاع وكيفية تركيز حزم الإشعاع لعلاج تلك المناطق. وتستغرق عملية التخطيط هذه عادةً أقل من ساعة. خلال ذلك الوقت، يمكن للمريض الاسترخاء في غرفة أخرى، ولكن يجب أن يبقى الإطار مُثبَّتًا في رأسه.

يتلقى الأطفال عادةً أدوية تُدخلهم في حال شبيهة بالنوم أثناء إجراء اختبارات التصوير والجراحة الإشعاعية. ويكون البالغون مُستيقظين عادةً، لكن قد يحصلون على دواء لمساعدتهم على الاسترخاء.



تظهر نتائج العلاج بالجراحة الإشعاعية باستخدام سكين غاما ببطء، وذلك تبعًا للحالة التي تخضع للمعالجة:

الأورام الحميدة. تمنع الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين كاما تكاثر خلايا الورم. وقد يتقلص حجم الورم على مدار فترة تتراوح بين أشهر إلى أعوام. لكن يتمثل الهدف الرئيسي من الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين كاما للأورام غير السرطانية في منع أي نمو للورم في المستقبل.

الأورام الخبيثة. قد تتقلص الأورام السرطانية بشكل أسرع، غالبًا في غضون بضعة أشهر.

التشوهات الشريانية الوريدية. يسبب العلاج الإشعاعي زيادة سمك وإغلاق الأوعية الدموية غير الطبيعية المرتبطة بحالات التشوهات الشريانية الوريدية للدماغ. وقد تستغرق هذه العملية وقتًا يصل إلى عامين أو أكثر.

ألم العصب ثلاثي التوائم. تُحدِث الجراحة الإشعاعية باستخدام سكين غاما جرحًا يمنع انتقال إشارات الألم على طول العصب ثلاثي التوائم. وقد يستغرق الأمر عدة أشهر لزوال الألم.

وستحتاج إلى إجراء فحوصات متابعة لمراقبة تطور حالة المريض.

الفصل السادس

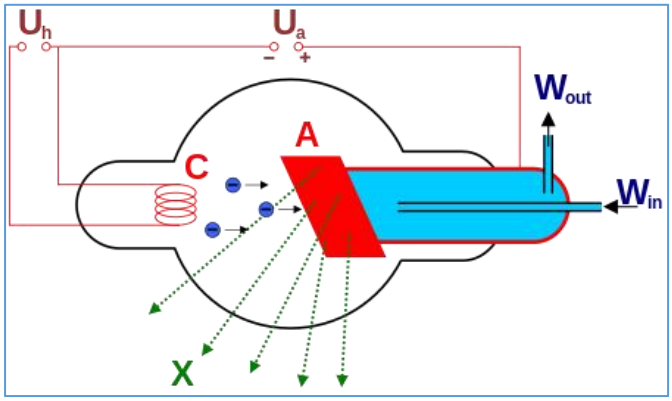
الأشعة السينية

أكتشاف الأشعة السينية

في عام 1895 أكتشف الألماني ويليام رونتجن Wilhelm Roentgen أشعة اكس بينما كان يجري تجربة تسليط شعاع الكتروني على أنبوبة تأين غازي ،لاحظ رونتجن ان الشاشة المتلألئة في المختبر بدأت تتوهج عند أصطدام شعاع الألكترونات عليها.ولكن رونتجن أحاط الأنبوبة المفرغة بألواح سوداء سميكة لتتمكن من حجب الأشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأنبوبة المفرغة ،كما وضع رونتجن عدة أجسام بين الأنبوبة و الشاشة المتلألئة وكانت النتيجة أنالشاشة المتلألئة لا زالت تتوهج . وحتى يتأكد منأن هناك أشعة جديدةهي التي أخترقت تلك الأجسام و وصلت للشاشة المتلألئة قام رونتجن بتجربة أضافية وهي أنه وضع يده أمام الأنبوبة المفرغة و شاهد على الشاشة المتلألئة صورة لعظام يده ،لاحظ هنا رونتجن أنه أكتشف أشعة جديدة هي أشعة أكس و في نفس الوقت أكتشف أحد أهم تطبيقاتها .

تشابه الأشعة السينية الضوء المرئي فكلاهما مكون من فوتونات تتحرك بشكل موجي حاملة طاقة كهرومغناطيسية لكن الفرق بين الشعة السينية و أشعة الضوء المرئي هو مستوى الطاقة للفوتونات و الذي يعبر عنه بطول موجة الأشعة.

أن الأشعة السينية عبارة عن تيار من الفوتونات ذات طاقة عالية ،تنتج من قصف العنصر بألكترونات ذات طاقة عالية ،و من المعروف أن الحرف X في اللغة اللاتينية هو الرمز الرياضي المستخدم للكمية المجهولة في علم الجبر ، و بالرغم من ان هذه الأشعة الأن لم تعد غامضة ،و اتضحت طبيعتها وخصائصها الأ انها احتفظت بالأسم الذي منحها اياه مكتشفها رونتجن .و ان الأشعة السينية تختلف عن أشعة المهبط اختلافا جذرياً ، فالأشعة السينية تصدر من الأنبوب نتيجة لأصطدام أشعة المهبط (الألكترونات) بالمادة الصلبة الموجودة عند القطب الموجب للأنبوب كما موضح بالشكل .



شكل يوضح أنبوب الأشعة السينية

الخواص العامة للأشعة السينية

يمكن للأشعة السينـية ان تخترق مواد كثيرة لا ينفـذ منها الضوء. و قد أدت قوة الأختراق بالأضافة لخصائص أخرى ،أن تكون الأشعة السينية ذات فائدة في الطب و الصناعة و البحث العلمي .

يحتوي الأشعاع الكهرومغناطيسي ذو الطول الموجي القصير على طاقة أكبر من الأشعاع الكهرومغناطيسي ذو الطول الموجي الطويل .و للأشعة السينية أقصر الأطوال الموجية و أعلى الطاقات مقارنة بغيرها من أنواع الأشعاع الكهرومغناطيسي و هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ،طولها الموجي $1*10^{-11}$m- $5*10^{-9}$ m و ترددها كبير $3*10^{18}$Hz ،و طاقتها عالية $2*10^{-15}$ جول. تولد بأستخدام تيار كهربائي عال الجهد ،و لا تتاثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية و ذات نفاذية عالية .

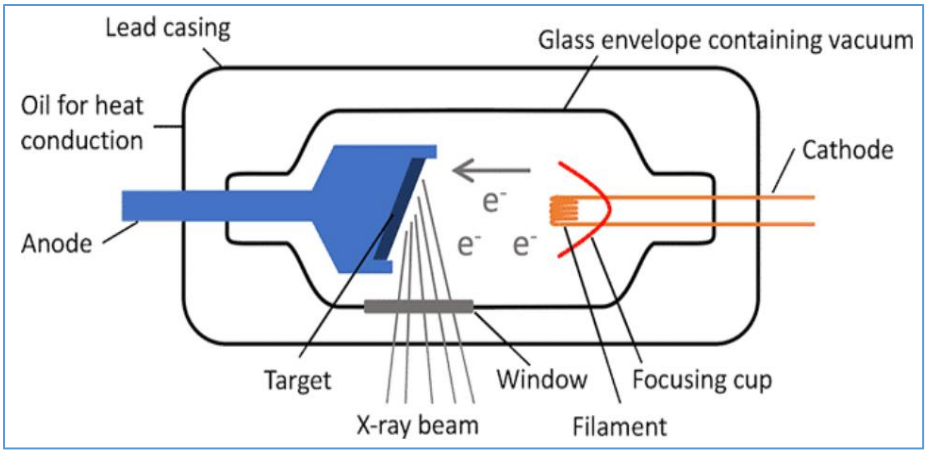
الخواص الفيزيائية

1) تنتشر بخط مستقيم و بسرعة 300 الف كم/ثا.
2) تتناسب شدة الأشعة عكسياً مع مربع المسافة .
3) لا تحمل شحنة كهربائية و ليس لها كتلة و لا تتأثر بالمجال الكهربائي و المغناطسيي.
4) تخترق الأشعة السينية المواد بعمق أكثر من أختراق الضوء العادي لها ،بسبب أرتفاع طاقتها عن طاقة الضوء بدرجة كبيرة .

عندما تسقط الأشعة السينية على مادة فأن المادة تمتصها عند أصطدامها بالألكترونات الموجودة في ذرات المادة .

X-ray generator *مولدات اشعة اكس*

يتكون مولد الاشعة السينية من الانبوب -مولد الجهد العالي -وحده التحكم -نظام التبريد بإختصار هو عبارة عن : توجيه تيار من الالكترونات عالية السرعة في اتجاه افقي الى المادة المستهدفة مثل التنكستن والتي لديها اعداد ذرية عالية وعندما تبطئ الالكترونات او تتوقف بواسطة التفاعل مع الجسيمات الذرية يتم توليد الاشعة السينية .وبالنظر الى الشكل التالي يتكون الانبوب من الكاثود والانود كما يلي:



شكل يوضح أجزاء أشعة أكس

cathodeالكاثود

في المثال اعلاه تشاهد الكاثود القطب الموجب يتكون من عنصرين مهمين(الفتيل و الكأس البؤري) والتي تساهم بشكل مباشر في عمليه تسريع تيار الالكترونات.

الفتيل Filament يمكن ان يعرف ايضا باسم الخيط الرفيع، وعموما هو عبارة عن سخان يصل لدرجات حرارة عالية جدا ليتم اطلاق الالكترونات في اتجاه مستقيم نحو الهدف و بعض مميزاته

- مصنوع من سلكالتنكستن الرقيق 0.2 mm
- التنكستن يحتوي على الاعداد الذرية المرتفعة74 Z – 184 A
- باعث حراري ممتاز(جيد في بث الالكترونات).
- امكانيه تصنيعه من سلك رفيع جدا
- لديه درجة انصهار عالية تقدر نحو 3422°cدرجه مؤية
- يتعلق حجم الفتيل بحجم البقعة البؤرية

الكأس البؤري Focusing cup معروف ايضا باسم البقعة البؤريه وهي مصنوعة من الموليبدينوم وكما تشاعد بالرسم اعلاه انها عبارة عن طبق يعمل على صد ومنع الالكترونات من العودة للخلف او الانتشار بعيدا عن المسار او توليد الكترونات تتداخل مع الكترونات الفتيل بالانجليزية poor thermionic emitterواهم المميزات هي:

- لديها نقطة انصهار عالية

- poor thermionic emitter هو مصطلح يعبر عن حاجب وظيفته عدم اطلاق الكترونات تتداخل مع شعاع الالكترون الصادر من الفتيل.
- الشحنه الكهربائية سالبه حتى يتم توجهيه الالكترونات بقوة نحو الانود وبجانب ايقاف الانتشار المكاني

الانود Anode

كما هو واضح بالمثال اعلاه باللون الازرق الذي يعبر عن الانود يتكون من عنصر اسمه الهدف **Target** مهمته الاساسية استقبال الالكترونات القادمة ثم ضربها للاسفل بزاوية معينه لتخرج على شكل فوتون الاشعة السينية ويمكن وصفه حسب الاتي:

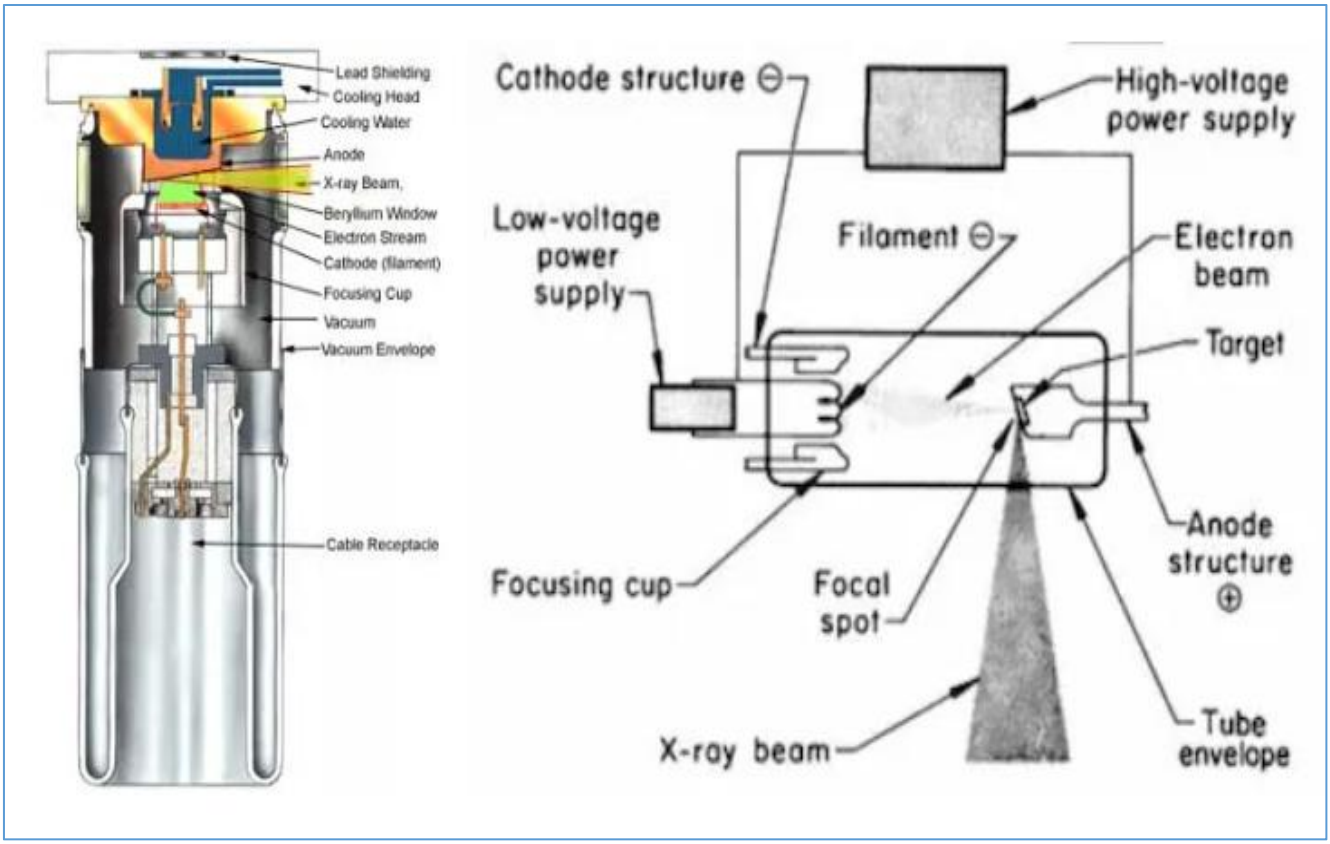
- مصنوع من مادة التنكستن لنفس الاسباب المذكورة اعلاه
- مضاف اليه مادة الرينيوم الى التنكستن لمنع تكسير الانود في درجات الحرارة العالية.
- يتم وضعه او تعيينه في داخل قرص مصنوع من الموليبدينوم
- قرص الموليبدينوم كهربائيا مشحون بالطاقة الموجبه ليتم جذب الالكترونات.

مكونات اخرى

- النافذة Window مصنوعة من البريليوم مع الألومنيوم أو النحاس لتصفية الأشعة السينية.
- الغلاف الزجاجي Glass envelope يحتوي على فراغ بحيث لا تتصادم الالكترونات مع اي شيئ اخر غير الهدف.
- الزيوت العازلة Insulating oil مهمته تحميل الحرارة الناتجه من الانود بعيدا عن طريق التوصيل
- الفلتر –المرشحات Filter يجب ان يكون اجمالي مواد فلاتر الترشيح متعادل مع 2.5 mm< من الالمونيوم على سبيل المثال سمك ٥.٢ مم من الالمنيوم مناسب لجهاز ١١٠ كيلو فولت

طريقة وتقنية عمل مولدات الاشعة السينية

الفتيل او filamentيتم تسخينه بواسطة تيار الجهد المنخفض مع عدد قليل جدا من الامبير، ومع ارتفاع درجة ا لحراره تصبح الالكترونات طليقة، بعدها يتم انشاء الجهد الكهربائي الكبير بين الانود والكاثود من خلال مولدات طاقة الجهد العالي ثم يتم تحرير الالكترون من الكاثود ويتم دفعه بقوة الي الانود، تسمى علاقة تيار الالكترونات بين الكاثود والانود بمفهوم تيار الانبوب . tube current



وحدة قياس تيار الانبوب هي الملي امبير ويتم التحكم فيه من خلال تنظيم الجهد المنخفض ليتم تطبيق عمليه التسخين علي الكاثود، وترجع اسباب انتاج درجات الحرارة المرتفعة على الفليمنت filament ، الهدف منها ويتم تنظيم درجه الحرارة من (القطب الموجب)زيادة عدد الالكترونات التي تترك الكاثود مسافرة الي الانود خلال التحكم بمعدل الملي امبير عن طريق وحدات التحكم، على العموم هذة العملية تتعلق بزيادة انتاج عدد الفوتونات وكثافة الاشعاع.

الحقيقة ان مع زيادة الجهد العالي بين الكاثود والانود يؤثر علي سرعة سفر الاكترونات في اتجاه الانود ، وكلما تم رفع الكيلو فولت يتم زيادة الطاقة المنبعثة وتسريع الاكترونات وبالتالي يتم زيادة انتاج وكثافة اشعة اكس و كلما زادت الطاقة تساعد الاشعة علي اختراق المواد المعتمة والاكثر كثافة.

Mobil x-Ray جهاز الأشعة السينية المتنقل

جهاز الأشعة السينية المتنقل يستطيع الدوران حول المريض للحصول على الزاوية المطلوبة للألتقاط الصورة.
جهاز الأشعة السينية المتنقل ،جهاز يمكن نقله الى مكان المريض في حال وجود صعوبات في نقل المريض الى غرفة جهاز الأشعة السينية.

جهاز التصوير الطبقي المحوري CT-Scanner

التصوير المقطعي المحوسب أو الاشعة المقطعية) بالإنجليزية Computed Tomography Scan or CT :
(Scanهو اختبار طبي تشخيصي يعتمد على الأشعة السينية من خلال تكوين صورة ثلاثية الأبعاد لأعضاء الجسم الداخلية من عدة صور ثنائية الأبعاد تلتقط حول محور ثابت للدوران، تعود تسمية الأشعة المقطعية بهذ الاسم إلى كون هذه الطريقة تعطى صوراً شعاعية على شكل مقاطع للجسم.

توفر صور التصوير المقطعي للأعضاء الداخلية والعظام والأنسجة الرخوة والأوعية الدموية تفاصيل أكثر من الأشعة السينية التقليدية، خاصة عند تصوير الأنسجة الرخوة والأوعية الدموية. وتسمى الاشعة المقطعية أيضاً بالتصوير الطبقي المحوري، والتصوير المقطعي المحوري المحوسب، والتصوير المقطعي العامودي على المحور المحوسب.