أجهزة الأشعة التقليدية · نظري

المحاضرة 3

أنبوب الأشعة السينية

The X-Ray Tube

إعداد: **محمد الموسوي**

@almusawy_radiology

الفهرس

1. العناوين والتصميم الأساسي	Outlines & Basic Design
2. الكاثود: الفتيلة	Cathode: The Filament
3. الكاثود: كأس التركيز	Cathode: The Focusing Cup
4. الأنود والهدف	Anode & Target
5. مبدأ البؤرة الخطية	Line Focus Principle
6. تأثير الكعب	Anode Heel Effect
7. الغلاف الزجاجي والغطاء الواقي	Glass Envelope & Protective Housing
8. أسئلة مقترحة من الأستاذ	Suggested Questions
9. الخلاصة	Summary
10. الأسئلة	MCQs
11. اختبر نفسك	Quiz

1 العناوين والتصميم الأساسي Outlines & Basic Design

X-ray tube:

أنبوب الأشعة السينية:

1- Basic design

التصميم الأساسي.

2- Line focus principle

مبدأ البؤرة الخطية.

3- Heel effect

تأثير الكعب.

التصميم الأساسي X-ray tube / basic design

X – Ray tube consists of four major components:

يتكوّن أنبوب الأشعة السينية من أربعة مكوّنات رئيسية:

1- Cathode

الكاثود (القطب السالب).

2- Anode

الأنود (القطب الموجب).

3- Glass Envelope

الغلاف الزجاجي.

4- Protective housing

الغطاء الواقي.

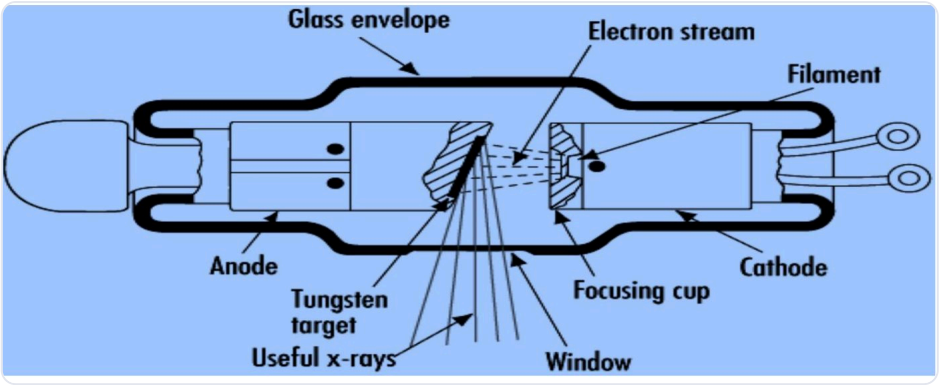


Fig. (1): Illustration of X-ray tube components: glass envelope, electron stream, filament, cathode, focusing cup, anode, tungsten target, window and useful x-rays.

الشكل (1): مكوّنات أنبوب الأشعة: الغلاف الزجاجي، تيار الإلكترونات، الفتيلة، الكاثود، كأس التركيز، الأنود، هدف التنغستن، النافذة، والأشعة المفيدة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 3

⭐ أهم نقطة

أنبوب الأشعة = كاثود + أنود + غلاف زجاجي + غطاء واقٍ.

2 الكاثود: الفتيلة Cathode: The Filament 🔊

The cathode is the negative side of the x-ray tube because it is a source of electrons and has two primary parts: filament & focusing cup.

الكاثود هو الجانب السالب من أنبوب الأشعة لأنه مصدر الإلكترونات، وله جزءان أساسيان: الفتيلة (filament) وكأس التركيز (focusing cup).

Is a coil of wire usually about 2 mm in diameter and 1 to 2 cm long . An x – ray filament emit electrons when it heated. When the current through the filament sufficiently intense, approximately 4 A and above , the outer – shell electrons of the filament atoms are literally boiled off and ejected from the filament. this phenomenon is known as thermionic emission.

الفتيلة ملف من سلك قطره عادةً حوالي 2 ملم وطوله 2–1 سم، تبعث الإلكترونات عند تسخينها. عندما يكون التيار المارّ فيها شديداً بما يكفي، حوالي 4 أمبير فأكثر، «تغلي» إلكترونات المدار الخارجي لذرّات الفتيلة وتنطلق منها، وهذه الظاهرة تُسمّى الانبعاث الحراري للإلكترونات (thermionic emission).

> Filaments are usually made of thoriated tungsten, because its melting point is 3410 C°, and therefore it is not likely to burn-out. Also, tungsten doesn't vaporize easily, if it did, the tube would quickly become gassy and its internal parts coated with tungsten.

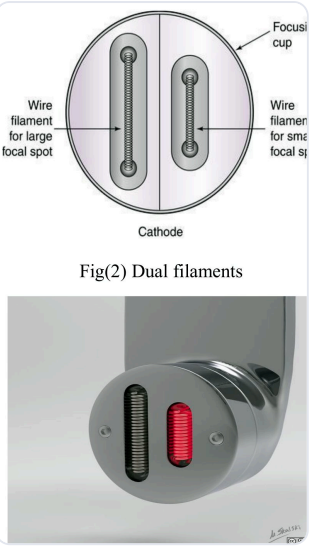
الفتائل تُصنع عادةً من التنغستن المعالَج بالثوريوم (thoriated tungsten)، لأن درجة انصهاره 3410 °م فلا يُرجَّح أن يحترق. كما أن التنغستن لا يتبخّر بسهولة؛ ولو تبخّر لصار الأنبوب غازياً بسرعة وتغطّت أجزاؤه الداخلية بالتنغستن.

> This is the most common cause of tube failure, the addition of 1% to 2% thorium to the tungsten filament increases efficiency of thermionic emission and prolongs tube life.

وهذا (تبخّر التنغستن) هو أشيع سبب لعطل الأنبوب. وإضافة 1%–2% ثوريوم إلى فتيلة التنغستن تزيد كفاءة الانبعاث الحراري وتطيل عمر الأنبوب.

> Fig. (2) shows a magnified view of the cathode face and it shows dual filaments. Only one filament at a time will work. The small filament is designed to be used with relatively small parts while the large filament is used when larger body parts are being x-rayed.

الشكل (2) يبيّن صورة مكبّرة لوجه الكاثود بفتيلتين (dual filaments). تعمل فتيلة واحدة فقط في كل مرة: الفتيلة الصغيرة للأجزاء الصغيرة نسبياً، والكبيرة عند تصوير أجزاء الجسم الكبيرة.



Fig(2) Dual filaments

Fig (2): Dual filaments — a wire filament for the large focal spot and one for the small focal spot inside the focusing cup.

الشكل (2): فتيلتان — فتيلة للبؤرة الكبيرة وأخرى للبؤرة الصغيرة داخل كأس التركيز.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 5

> The number of electrons that are released will directly influence the number of x-rays that are generated and therefore the dose of radiation also. Figure (3) shows how a low mA will result in fewer x-rays being produced and a high mA will result in a greater number of x-rays. The term mA is a unit of measure of electrical current that is used when the technologist selects the exposure factors.

عدد الإلكترونات المتحرّرة يؤثّر مباشرةً في عدد الأشعة المنتَجة، وبالتالي في جرعة الإشعاع أيضاً. الشكل (3) يبيّن أن mA المنخفض ينتج أشعة أقل، وmA العالي ينتج أشعة أكثر. وmA وحدة قياس التيار الكهربائي التي يستعملها تقنيّ الأشعة عند اختيار عوامل التعرّض.

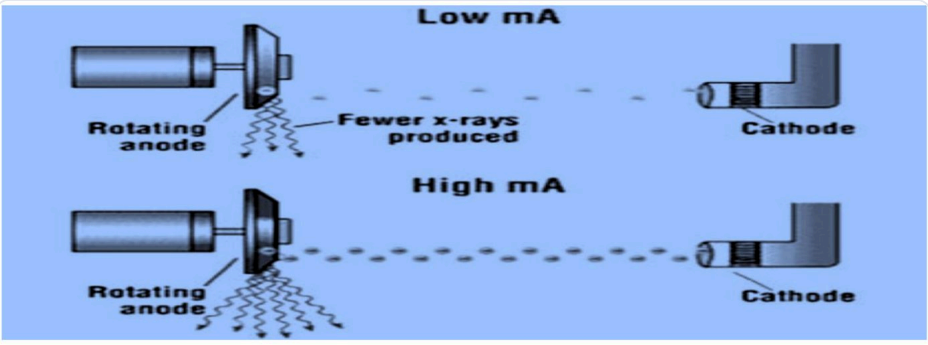


Fig. (3): Effect of low & high mA on the number of x-rays.

Fig. (3): Effect of low & high mA on the number of x-rays.

الشكل (3): تأثير mA المنخفض والعالي على عدد الأشعة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 6

By referring to the types of the filaments, the small filament directs its electron stream to the small focus while using the large filament, directs the stream over the larger focal spot. The small focal spot is superimposed over the large one.

الفتيلة الصغيرة توجّه تيار إلكتروناتها إلى البؤرة الصغيرة، والكبيرة توجّهه إلى البؤرة الكبيرة. والبؤرة الصغيرة متراكبة فوق الكبيرة.

⭐ أهم نقطة

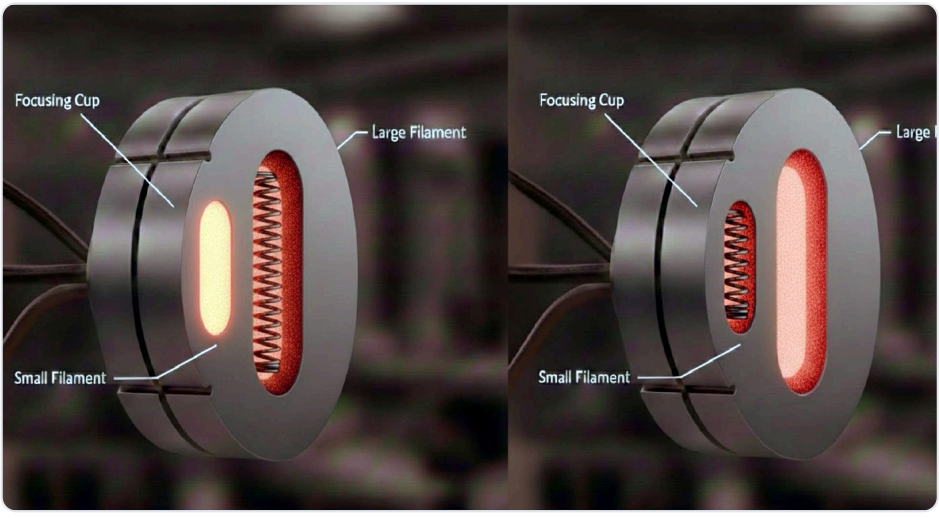
الفتيلة (تنغستن + 1–2% ثوريوم) تبعث الإلكترونات بالتسخين (thermionic emission)؛ عدد الإلكترونات = mA.

3 الكاثود: كأس التركيز Cathode: The Focusing Cup

When the x-ray machine is powered up, electrons will literally “boil” off the filament. It glows white hot and the electrons hover around the filament in a “space charge” until the moment of exposure and then they accelerate very rapidly towards the anode which is not very far away. This process is known as “thermionic emission”. Thermionic emission occurs

when the technologist begins to make an exposure by pressing the “ready” button on the machine.

عند تشغيل الجهاز «تغلي» الإلكترونات من الفتيلة حرفياً؛ تتوهّج الفتيلة بلون أبيض وتحوم الإلكترونات حولها في «شحنة فراغية» (space charge) حتى لحظة التعرّض، ثم تتسارع بسرعة كبيرة نحو الأنود القريب. هذه العملية تُسمّى الانبعاث الحراري للإلكترونات، وتحدث عندما يبدأ تقنيّ الأشعة التعرّض بضغط زر «ready».



Focusing cup with the small and large filaments glowing.

كأس التركيز والفتيلتان الصغيرة والكبيرة متوهّجتان.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 7

The filament is embedded in a metal shroud called the focusing cup to eliminate the space charge and concentrate the electron stream in a pre-determined area on the anode target area known as a “focal spot”. Since all the electrons accelerated from cathode to anode are electrically negative, the beam tend to spread out owing to electrostatic repulsion and some electrons can even miss the anode completely , the focusing cup is negatively charged so that it condenses the electron beam to a small area of the anode, Figure (4) .The filament has its own circuit powered by a relatively low voltage and 4 – 6 amperes.

الفتيلة مغروسة في غلاف معدني اسمه كأس التركيز، لإزالة الشحنة الفراغية وتركيز تيار الإلكترونات في منطقة محدّدة من هدف الأنود اسمها «البؤرة» (focal spot). ولأن كل الإلكترونات سالبة، تميل الحزمة إلى الانتشار بسبب التنافر الكهربائي، وقد تفوت بعضها الأنود كلياً؛ لذلك يكون كأس التركيز مشحوناً سلبياً فيجمع الحزمة في منطقة صغيرة من الأنود (الشكل 4). وللفتيلة دائرتها الخاصة بجهد منخفض نسبياً و6–4 أمبير.

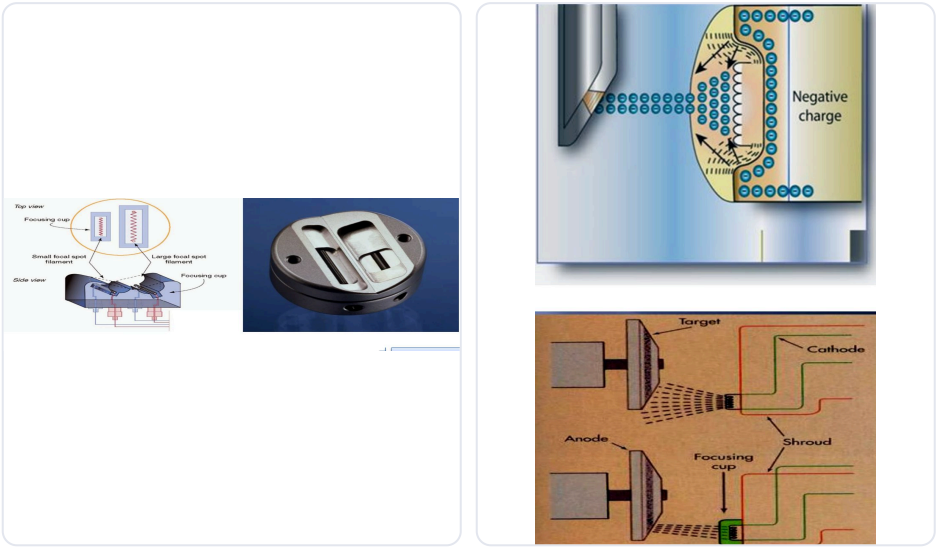


Fig. (4): The negatively charged focusing cup condenses the electron beam (right); top and side views of the focusing cup with the small and large focal-spot filaments (left).

الشكل (4): كأس التركيز المشحون سلبياً يجمع حزمة الإلكترونات (يمين)؛ ومنظر علوي وجانبي لكأس التركيز وفتيلتي البؤرة الصغيرة والكبيرة (يسار).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 8 و9

⭐ أهم نقطة

كأس التركيز سالب الشحنة: يمنع انتشار الإلكترونات ويركّزها على البؤرة.

4 الأنود والهدف Anode & Target 🔊

The anode is the positive side of the x-ray tube, which divided into two types:

الأنود هو الجانب الموجب من أنبوب الأشعة، وهو نوعان:

1- Stationary – anodes that are used in dental x-ray machine, some portable machines and other special purpose units in which high tube current and power are not required.

الأنود الثابت: يُستعمل في أجهزة الأسنان وبعض الأجهزة المحمولة والوحدات الخاصة التي لا تحتاج تيار أنبوب وقدرة عاليين.

2- Rotating – anode which are used in general purpose x – ray tubes because they must be capable of producing high – intensity x – ray beams in a short time.

الأنود الدوّار: يُستعمل في أنابيب الأشعة العامة لأنها يجب أن تنتج حزماً عالية الشدة في وقت قصير.

> The rotor is actually part of a motor that is made to rotate at very high speed. In most x-ray tubes, the revolutions per minute is usually at 3,200 for standard technique settings, however if the technologist selects exposure factors that are considerably larger and therefore very hot, then the rotor can rotate at a much greater speed exceeding 5,000 rpm.

الدوّار (rotor) جزء من محرّك مصمّم ليدور بسرعة عالية جداً. في أغلب الأنابيب تكون السرعة عادةً 3200 دورة/دقيقة لعوامل التعرّض الاعتيادية، لكن إذا اختار تقنيّ الأشعة عوامل أكبر بكثير (حرارة عالية جداً) يدور بسرعة أكبر تتجاوز 5000 دورة/دقيقة.

> The rotation of the anode ensures that not any one spot will receive successive pulses of electrons. If there was no rotation, then it is very likely that the anode face would be damage due to high heat.

دوران الأنود يضمن ألّا تستقبل بقعة واحدة نبضات الإلكترونات المتتالية؛ ولولا الدوران لتضرّر وجه الأنود غالباً من الحرارة العالية.

> Rotating the anode allows a large surface area over which heat spread, providing an ability to tolerate greater heat deposition

and to produce more x-ray photons per unit time compared with a fixed anode.

الدوران يوزّع الحرارة على مساحة كبيرة، فيتحمّل الأنود حرارة أكثر وينتج فوتونات أكثر في وحدة الزمن مقارنةً بالأنود الثابت.

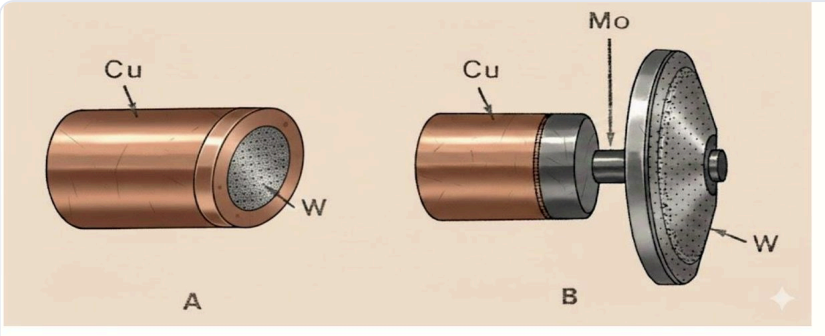


Fig (6) : A, the target is embedded in in a stationary –anode. B, the target is the rotating disc.

Lec.3 Page 10

Fig (6): A, the target (W) is embedded in a stationary copper (Cu) anode. B, the target is the rotating disc (W on Mo).

الشكل (6): A الهدف (تنغستن W) مغروس في أنود نحاسي ثابت (Cu). B الهدف هو القرص الدوّار (تنغستن على موليبدينوم Mo).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 11

الهدف Target

The target is the area of the anode struck by the electrons from the cathode. In stationary – anode tubes the target consists of a tungsten – alloy metal embedded in the copper anode. In rotating – anode tubes the entire rotating disc is the target. Alloying the tungsten (usually with rhenium) gives it added mechanical strength to withstand the stress of the high rotation.

الهدف هو منطقة الأنود التي تصطدم بها إلكترونات الكاثود. في الأنود الثابت يتكوّن الهدف من سبيكة تنغستن مغروسة في أنود نحاسي. وفي الأنود الدوّار يكون القرص الدوّار كله هو الهدف، وخلط التنغستن (عادةً بالرينيوم rhenium) يعطيه قوة ميكانيكية إضافية لتحمّل إجهاد الدوران العالي.

1- Atomic number : Tungsten's high atomic number ,74, results in higher – efficiency x – ray production and in higher – energy x – rays

العدد الذري: العدد الذري العالي للتنغستن (74) يعطي إنتاج أشعة أكفأ وأشعة أعلى طاقة.

2- Thermal conductivity : Tungsten has a thermal conductivity nearly equal to that of copper. It is therefore an efficient metal for dissipating the heat produced.

التوصيل الحراري: توصيله الحراري يقارب النحاس، فهو فعّال في تبديد الحرارة.

3- High melting point: Any material , if heated sufficiently , will melt and become liquid. Tungsten has a high melting point (3410 C°) and therefore can stand up under high tube current without pitting or bubbling.

درجة انصهار عالية: أي مادة تنصهر إذا سُخّنت بما يكفي؛ والتنغستن ينصهر عند 3410 °م فيتحمّل تيار الأنبوب العالي بدون تنقّر أو تفقّع.

4- Resists vaporization at high temperatures.

يقاوم التبخّر بالحرارة العالية.

5- Its availability makes it cost-effective.

توفّره يجعله اقتصادياً.

> The anode target must be a good thermal conductor, when the electrons comprising the tube current slam into the anode, more than 99% of their kinetic energy is converted into heat. This heat must be conducted away quickly before it can melt the anode. copper is the most common anode material.

هدف الأنود يجب أن يكون موصلاً جيداً للحرارة: عندما تصطدم إلكترونات تيار الأنبوب بالأنود يتحوّل أكثر من 99% من طاقتها الحركية إلى حرارة، ويجب

تصريف هذه الحرارة بسرعة قبل أن تصهر الأنود. والنحاس هو أشيع مادة للأنود.

> The distance between the cathode and the rotating anode disc is very close. This is designed this way to ensure that the projectile electron stream has a reasonably good chance of arriving at the anode in a relatively tight pattern. If the electrons were permitted to spread out, then the x-ray production process would become very inefficient

المسافة بين الكاثود وقرص الأنود الدوّار قريبة جداً، وهذا مقصود حتى يصل تيار الإلكترونات إلى الأنود بنمط ضيّق نسبياً؛ ولو انتشرت الإلكترونات لصار إنتاج الأشعة غير كفء.

> ⭐ **أهم نقطة**
>
> الأنود الدوّار يوزّع الحرارة (3200–5000+ دورة/دقيقة)؛ والتنغستن هدف مثالي: عدد ذري 74 وانصهار 3410 °م.

---

5 مبدأ البؤرة الخطية Line Focus Principle 🔊

> It is the angling of the anode target that makes the effective focal spot much smaller than the actual area of interaction.

إمالة هدف الأنود هي التي تجعل البؤرة الفعّالة أصغر بكثير من منطقة التفاعل الفعلية.

Focal spot (البؤرة)

> The focal spot is the area of electron interaction and emanation of x-rays from the target surface.

منطقة تفاعل الإلكترونات وانبعاث الأشعة من سطح الهدف.

> Typical dimensions are nominal sizes of 1.0- to 1.2-mm (large) and 0.3- to 0.6-mm (small) focal spots, where nominal

encompasses a range of focal spot sizes that are as acceptable according to manufacturer standards.

الأبعاد النموذجية: مقاسات اسمية 1.2–1.0 ملم (كبيرة) و0.6–0.3 ملم (صغيرة)، و«اسمية» تعني مدى من المقاسات المقبولة حسب معايير الشركة المصنّعة.

Ideally, the use of small focal spots is preferred to minimize geometric blurring of patient anatomy with magnification. However, the small focal area constrains x-ray tube output and heat loading factors, mainly due to heat concentrated in a small area.

من الناحية المثالية تُفضَّل البؤرة الصغيرة لتقليل الضبابية الهندسية لتشريح المريض مع التكبير. لكن البؤرة الصغيرة تحدّ من ناتج الأنبوب وتحمّله الحراري، أساساً بسبب تركّز الحرارة في مساحة صغيرة.

Larger focal spots have higher instantaneous x-ray production capacity and are preferred, as long as blurring does not adversely affect resolution.

البؤر الكبيرة لها قدرة إنتاج لحظية أعلى وتُفضَّل ما دامت الضبابية لا تؤثّر سلباً في الدقة.

The focal spots which are imbedded in the rotating anode disc are angled in such a way that when the electrons strike the anode focal track, the angle makes it easier for the x-rays to be emitted in a downward direction. However depending on the angle of the anode face, this will change the appearance of the focal spot as seen from below or where the x-ray image receptor is positioned.

البؤر في قرص الأنود الدوّار مائلة بحيث إن الإلكترونات عندما تضرب المسار البؤري (focal track) تسهّل الزاوية انبعاث الأشعة نحو الأسفل. لكن زاوية وجه الأنود تغيّر شكل البؤرة كما تُرى من الأسفل، أي من مكان مستقبِل الصورة.

The anode angle and the resulting appearance of the focal spot as it would appear from the image receptor is known as the “Line Focus Principle’.

زاوية الأنود وشكل البؤرة الناتج كما يُرى من مستقبِل الصورة يُسمّى «مبدأ البؤرة الخطية» (Line Focus Principle).

In the Fig. (7), note that as the angle of the anode decreases from 24 degrees to 12 degrees, the focal spot will appear smaller because you are looking up at it at an angle or obliquely. As the angle decreases, you actually see less of the focal spot dimensions and this will actually enhance the details recorded on the image. In general, the smaller the focal spot, the better the detail will be on the finished image.

في الشكل (7)، عندما تقل زاوية الأنود من 24 درجة إلى 12 درجة تبدو البؤرة أصغر، لأننا ننظر إليها بزاوية مائلة. كلما قلّت الزاوية نرى أبعاداً أقل من البؤرة، وهذا يحسّن التفاصيل المسجّلة على الصورة. وبشكل عام: كلما صغرت البؤرة كانت تفاصيل الصورة أفضل.

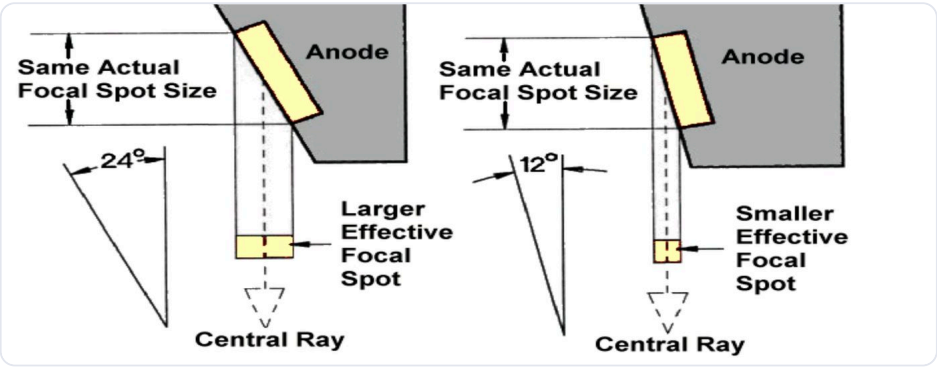


Fig. (7): Same actual focal spot size: a 24° anode gives a larger effective focal spot, a 12° anode gives a smaller one.

الشكل (7): نفس البؤرة الفعلية: زاوية 24° تعطي بؤرة فعّالة أكبر، وزاوية 12° تعطي بؤرة فعّالة أصغر.

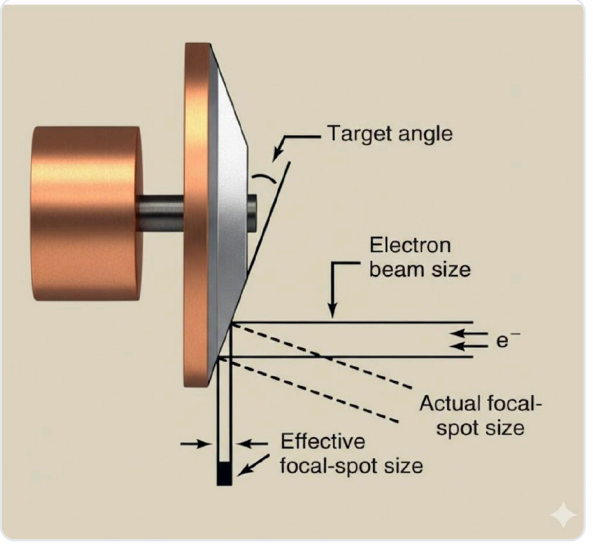
المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 16

1- Actual focal spot - the area of the target material being bombarded by electrons from the filament.

البؤرة الفعلية: مساحة مادة الهدف التي تقصفها إلكترونات الفتيلة.

2- Effective focal spot - the imaginary geometric line that can be drawn based on the actual focal spot size vs. the angle of the anode.

البؤرة الفعّالة: الخط الهندسي التخيّلي المرسوم حسب حجم البؤرة الفعلية مقابل زاوية الأنود.



Target angle, electron beam size, actual focal-spot size and effective focal-spot size.

زاوية الهدف، وحجم حزمة الإلكترونات، والبؤرة الفعلية، والبؤرة الفعّالة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 17

> Any angle <45 degrees results in the effective FS being smaller than the actual FS, but 12 degrees target angle is the most common.

أي زاوية أقل من 45 درجة تجعل البؤرة الفعّالة أصغر من الفعلية، وزاوية الهدف 12 درجة هي الأشيع.

⭐ أهم نقطة

زاوية أنود أصغر = بؤرة فعّالة أصغر = تفاصيل أفضل؛ والأشيع 12°.

6 تأثير الكعب Anode Heel Effect 🔊

An x-ray beam gets attenuated on the way out by the target material itself causing a decrease in intensity gradually from the cathode to anode direction as there is more of the target material to travel through. Therefore, the cathode side should be placed over the area of greatest density as this is the side with the most penetrating beam.

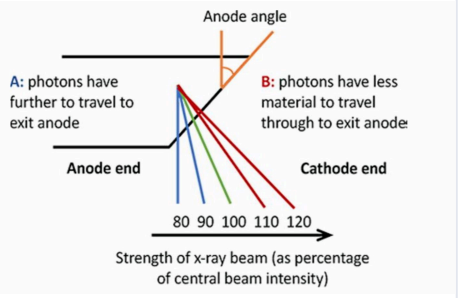
حزمة الأشعة تتوهّن في طريق خروجها بمادة الهدف نفسها، فتقل شدتها تدريجياً من جهة الكاثود إلى جهة الأنود لأن الأشعة في جهة الأنود تعبر مادة هدف أكثر. لذلك يوضع جانب الكاثود فوق المنطقة الأكثر كثافة، لأنه الجانب ذو الحزمة الأكثر اختراقاً.

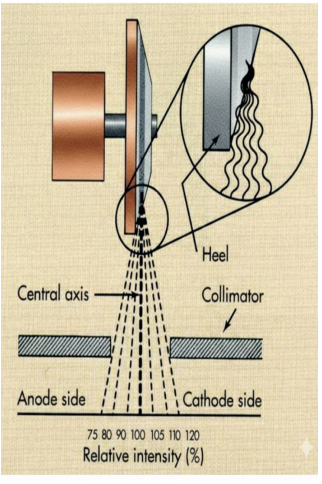
Decreasing the anode angle gives a smaller effective focal spot size, which is useful in imaging, but a larger anode heel effect. This results in a less uniform and more attenuated beam.

تقليل زاوية الأنود يعطي بؤرة فعّالة أصغر، وهذا مفيد بالتصوير، لكن تأثير الكعب يكون أكبر، فتصير الحزمة أقل انتظاماً وأكثر توهيناً.

smaller angle = smaller focal spot size but larger anode heel effect

زاوية أصغر = بؤرة أصغر لكن تأثير كعب أكبر.





Heel effect: photons toward the anode end travel through more target material, so beam strength falls from the cathode side (≈120%) to the anode side (≈80%) of the central beam intensity.

تأثير الكعب: الفوتونات باتجاه الأنود تعبر مادة هدف أكثر، فتقل شدة الحزمة من جهة الكاثود (حوالي 120%) إلى جهة الأنود (حوالي 80%) من شدة المحور المركزي.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 18 و19

⭐ أهم نقطة

الشدة أعلى بجهة الكاثود ← نضع الكاثود على الجزء الأسمك.

7 الغلاف الزجاجي والغطاء الواقي Glass Envelope & Protective

🔊 Housing

الغلاف الزجاجي Glass envelope

Is the container of the x – ray tube components , which supports the anode and cathode structures. which is usually made of Pyrex glass to enable it to withstand the tremendous heat generated, maintains a vacuum inside the tube, this vacuum allows for more efficient x-ray production and longer tube life. If the tube were filled with gas, the electron flow from

cathode to anode would be reduced , fewer x – rays would be produced, and more heat would be created.

هو وعاء مكوّنات الأنبوب، ويسند تراكيب الأنود والكاثود. يُصنع عادةً من زجاج البايركس (Pyrex) حتى يتحمّل الحرارة الهائلة، ويحافظ على الفراغ داخل الأنبوب. والفراغ يجعل إنتاج الأشعة أكفأ ويطيل عمر الأنبوب؛ ولو امتلأ الأنبوب بالغاز لقلّ سريان الإلكترونات من الكاثود إلى الأنود، وقلّت الأشعة، وزادت الحرارة.

A recent improvement in tube design incorporates the metal rather than glass as part or all of the envelope. As glass envelope tubes age. Some tungsten vaporizes and coats the inside of the glass envelope. This alters the electric potential of the tube, allowing tube current to stray and interact with the glass envelope, the result is arcing and tube failure.

تحسين حديث في تصميم الأنابيب يستعمل المعدن بدل الزجاج في جزء من الغلاف أو كله. فمع تقادم الأنابيب الزجاجية يتبخّر بعض التنغستن ويغطّي داخل الغلاف، فيتغيّر الجهد الكهربائي للأنبوب فينحرف تيار الأنبوب عن مساره ويتفاعل مع الزجاج، والنتيجة تقوّس كهربائي (قوس كهربائي arcing) وعطل الأنبوب.

Metal envelope tubes maintain a constant electric potential between the electrons of the tube current and the envelope. Therefore, they have longer life and are less likely to fail. Virtually all high – output x-ray tubes now use metal envelopes.

الأنابيب ذات الغلاف المعدني تحافظ على جهد كهربائي ثابت بين إلكترونات تيار الأنبوب والغلاف، لذلك عمرها أطول واحتمال عطلها أقل. وتقريباً كل الأنابيب عالية الناتج اليوم تستعمل أغلفة معدنية.



Metal envelope x-ray tube.

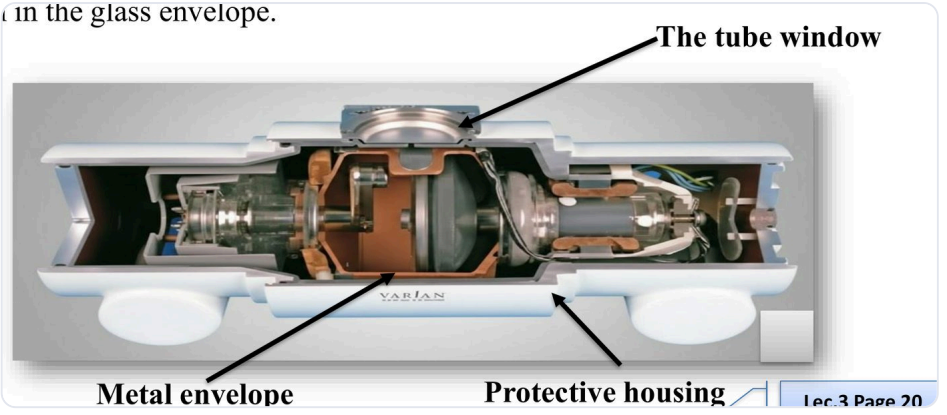
أنبوب أشعة بغلاف معدني.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 20

> The tube window is a segment of the glass envelope, approximately 5 cm2 , that contains a thin section of glass through which the useful beam of x-rays is emitted. The thin window serves to allow maximum emission of x-rays with minimum absorption in the glass envelope.

نافذة الأنبوب (tube window) جزء من الغلاف الزجاجي مساحته حوالي 5 سم²، فيه زجاج رقيق تخرج منه الحزمة المفيدة؛ والنافذة الرقيقة تسمح بأكبر انبعاث للأشعة مع أقل امتصاص في الغلاف.

ı in the glass envelope.



The tube window, the metal envelope and the protective housing.

نافذة الأنبوب، والغلاف المعدني، والغطاء الواقي.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 21

الغطاء الواقي Protective housing

> The x – ray tube is always mounted inside a lead – lined protective housing designed to control two serious hazards that plagued early radiology

أنبوب الأشعة يُركَّب دائماً داخل غطاء واقٍ مبطّن بالرصاص، مصمّم للسيطرة على خطرين جدّيين عانت منهما الأشعة في بداياتها:

1- Excessive radiation exposure

التعرّض المفرط للإشعاع.

2- Electric shock

الصدمة الكهربائية.

> The protective housing also provides mechanical support for the x – ray tube and protects the tube from damage caused rough handling. The protective housing around some x – rays tubes contains oil that serves as both an electrical insulator and a thermal cushion. Some protective housings have a cooling fan to air – cool the tube or the oil in which the x – ray tube is immersed.

الغطاء الواقي يوفّر أيضاً سنداً ميكانيكياً للأنبوب ويحميه من التلف بسبب سوء التعامل. وبعض الأغطية فيها زيت يعمل عازلاً كهربائياً ووسادة حرارية، وبعضها فيه مروحة تبريد لتبريد الأنبوب أو الزيت المغمور فيه.

> ⭐ **أهم نقطة**
>
> الغلاف يحفظ الفراغ (والمعدني أطول عمراً)، والغطاء الواقي المبطّن بالرصاص يمنع التسرّب الإشعاعي والصدمة الكهربائية.

8 أسئلة مقترحة من الأستاذ Suggested Questions 🔊

1- Which factor primarily determines the focal spot size?

ما العامل الأساسي الذي يحدّد حجم البؤرة؟

2- Why must the focusing cup be negatively charged?

لماذا يجب أن يكون كأس التركيز مشحوناً سلبياً؟

3- What the unit of measure for tube current selected by the technologist?

ما وحدة قياس تيار الأنبوب التي يختارها تقنيّ الأشعة؟

4- What is the most common cause of X-ray tube failure related to filament material?

ما أشيع سبب لعطل الأنبوب متعلّق بمادة الفتيلة؟

5- What is the phenomenon where outer-shell electrons are “boiled off” from the filament due to heating?

ما الظاهرة التي «تغلي» فيها إلكترونات المدار الخارجي من الفتيلة بالتسخين؟

6- What percentage of thorium is typically added to tungsten filaments to improve efficiency?

ما نسبة الثوريوم التي تُضاف عادةً لفتائل التنغستن لتحسين الكفاءة؟

7- What is the function of the vacuum inside the glass envelope?

ما وظيفة الفراغ داخل الغلاف الزجاجي؟

8- Why is the rotating anode preferred in general diagnostic X-ray tubes?

لماذا يُفضَّل الأنود الدوّار في أنابيب الأشعة التشخيصية العامة؟

9- How does tungsten’s high atomic number affect X-ray production?

كيف يؤثّر العدد الذري العالي للتنغستن في إنتاج الأشعة؟

10- What principle explains how angling the anode target reduces the effective focal spot size compared to the actual focal spot?

ما المبدأ الذي يفسّر كيف تصغّر إمالة هدف الأنود البؤرة الفعّالة مقارنةً بالفعلية؟

⭐ **أهم نقطة**

أسئلة الأستاذ العشرة؛ أجوبتها بالأقسام السابقة.

الخلاصة

1. Four components: cathode, anode, glass envelope, protective housing.
أربعة مكوّنات: الكاثود، الأنود، الغلاف الزجاجي، الغطاء الواقي.

2. Filament: thoriated tungsten (1–2% thorium), ~2 mm × 1–2 cm; thermionic emission at ~4 A and above; tungsten vaporization is the most common cause of tube failure.
الفتيلة: تنغستن + 1–2% ثوريوم؛ انبعاث حراري عند حوالي 4 أمبير فأكثر؛ وتبخّر التنغستن أشيع سبب لعطل الأنبوب.

3. The negatively charged focusing cup condenses the electron beam onto the focal spot.
كأس التركيز السالب يجمع حزمة الإلكترونات على البؤرة.

4. Stationary anodes: dental and some portable units; rotating anodes (3,200 to > 5,000 rpm): general radiography.
الأنود الثابت: الأسنان وبعض المحمولة؛ الدوّار (3200 إلى أكثر من 5000 دورة/دقيقة): الأشعة العامة.

5. Tungsten target: Z = 74, melting point 3410 °C; > 99% of electron energy becomes heat.
هدف التنغستن: عدد ذري 74، انصهار 3410 °م؛ وأكثر من 99% من طاقة الإلكترونات تصير حرارة.

6. Line focus principle: smaller anode angle → smaller effective focal spot (12° most common); any angle < 45° makes it smaller than the actual spot.
مبدأ البؤرة الخطية: زاوية أصغر ← بؤرة فعّالة أصغر (الأشيع 12°)؛ وأي زاوية أقل من 45° تجعلها أصغر من البؤرة الفعلية.

7. Heel effect: intensity is higher on the cathode side; smaller angle = larger heel effect.
تأثير الكعب: الشدة أعلى بجهة الكاثود؛ زاوية أصغر = تأثير كعب أكبر.

8. Pyrex envelope keeps the vacuum; metal envelopes last longer; lead-lined housing controls radiation and electric shock.
غلاف البايركس يحفظ الفراغ؛ المعدني أطول عمراً؛ والغطاء المبطّن بالرصاص يحمي من الإشعاع والصدمة.

أهم المصطلحات

Cathode / Anode	الكاثود / الأنود	**Filament**	الفتيلة
Focusing cup	كأس التركيز	**Thermionic emission**	الانبعاث الحراري للإلكترونات
Space charge	الشحنة الفراغية	**Stationary / Rotating anode**	الأنود الثابت / الدوّار
Target	الهدف	**Focal spot (actual / effective)**	البؤرة (الفعلية / الفعّالة)
Line focus principle	مبدأ البؤرة الخطية	**Anode heel effect**	تأثير الكعب
Glass / Metal envelope	الغلاف الزجاجي / المعدني	**Protective housing**	الغطاء الواقي

الأسئلة

1 **Which of the following is NOT one of the four major components of the x-ray tube?**

أي مما يلي ليس من المكوّنات الأربعة الرئيسية لأنبوب الأشعة؟

A	Cathode	الكاثود
B	Anode	الأنود
C	Protective housing	الغطاء الواقي
D	Autotransformer	المحوّل الذاتي

✅ **D** **Autotransformer** المحوّل الذاتي

💡 المكوّنات الأربعة بالمحاضرة: الكاثود، الأنود، الغلاف الزجاجي، الغطاء الواقي.

2 **The two primary parts of the cathode are:**

الجزءان الأساسيان للكاثود هما:

A	Filament and focusing cup	الفتيلة وكأس التركيز
B	Rotor and stator	الدوّار والجزء الثابت
C	Target and disc	الهدف والقرص
D	Window and housing	النافذة والغطاء

✅ **A** **Filament and focusing cup** الفتيلة وكأس التركيز

💡 المحاضرة: للكاثود جزءان أساسيان: الفتيلة وكأس التركيز.

3 **What is the phenomenon in which outer-shell electrons are boiled off the heated filament?**

ما الظاهرة التي تنطلق فيها إلكترونات المدار الخارجي من الفتيلة المسخّنة؟

A	Heel effect	تأثير الكعب
B	Thermionic emission	الانبعاث الحراري للإلكترونات
C	Line focus principle	مبدأ البؤرة الخطية
D	Rectification	التقويم

✅ **B** **Thermionic emission** الانبعاث الحراري للإلكترونات

💡 المحاضرة: هذه الظاهرة تُسمّى thermionic emission.

4 What percentage of thorium is added to the tungsten filament?

ما نسبة الثوريوم المضافة إلى فتيلة التنغستن؟

A 10–20% %10–20

B 50% 50%

C 1–2% %1–2

D 99% 99%

✅ **C** 1–2% %1–2

💡 المحاضرة: إضافة 1%–2% ثوريوم تزيد كفاءة الانبعاث وتطيل عمر الأنبوب.

5 The most common cause of tube failure related to the filament is:

أشيع سبب لعطل الأنبوب متعلّق بالفتيلة هو:

A Rotation of the anode above 5,000 rpm, which wears the rotor — دوران الأنود فوق 5,000 دورة/دقيقة الذي يُتلف الدوّار

B Low mA — انخفاض mA

C Oil in the housing — الزيت في الغطاء

D Tungsten vaporization coating the inside of the tube — تبخّر التنغستن وتغطيته داخل الأنبوب

✅ **D** Tungsten vaporization coating the inside of the tube — تبخّر التنغستن وتغطيته داخل الأنبوب

💡 المحاضرة: لو تبخّر التنغستن يصير الأنبوب غازياً وتتغطّى أجزاؤه، وهذا أشيع سبب للعطل.

6 Increasing the mA results in:

زيادة mA تؤدّي إلى:

A A greater number of x-rays — عدد أكبر من الأشعة

B A smaller focal spot — بؤرة أصغر

C A lower melting point — درجة انصهار أقل

D A larger heel effect — تأثير كعب أكبر

✅ **A** A greater number of x-rays — عدد أكبر من الأشعة

💡 المحاضرة والشكل (3): mA منخفض = أشعة أقل، وmA عالٍ = أشعة أكثر.

7 **Why must the focusing cup be negatively charged?**
لماذا يجب أن يكون كأس التركيز مشحوناً سلبياً؟

A	To heat the filament so electrons boil off faster	تسخين الفتيلة حتى تتحرر الإلكترونات أسرع
B	To condense the electron beam to a small area of the anode	لتجميع حزمة الإلكترونات في منطقة صغيرة من الأنود
C	To rotate the anode	لتدوير الأنود
D	To absorb scattered x-rays before they leave the tube window	امتصاص الإشعاع المتشتّت قبل خروجه من نافذة الأنبوب

✅ **B** **To condense the electron beam to a small area of the anode** — **لتجميع حزمة الإلكترونات في منطقة صغيرة من الأنود**

💡 المحاضرة: الإلكترونات تتنافر وتنتشر، فكأس التركيز السالب يجمعها على منطقة صغيرة من الأنود.

8 **Stationary anodes are used in:**
الأنود الثابت يُستعمل في:

A	General purpose x-ray tubes that need high-intensity beams	أنابيب الأغراض العامة التي تحتاج حزماً عالية الشدة
B	High-output CT tubes	أنابيب المفراس عالية الناتج
C	Dental x-ray machines and some portable machines	أجهزة الأسنان وبعض الأجهزة المحمولة
D	All fluoroscopy units	كل أجهزة التنظير

✅ **C** **Dental x-ray machines and some portable machines** — **أجهزة الأسنان وبعض الأجهزة المحمولة**

💡 المحاضرة: الأنود الثابت للأسنان وبعض المحمولة والوحدات التي لا تحتاج تياراً وقدرة عاليين.

Why is the rotating anode preferred in general diagnostic tubes? 9

لماذا يُفضَّل الأنود الدوّار في أنابيب التشخيص العامة؟

A Its lower atomic number makes x-ray production more efficient and lowers the heat load — عدده الذري الأقل يجعل إنتاج الأشعة أكفأ ويقلّل الحمل الحراري

B It needs no motor — لأنه لا يحتاج محرّكاً

C It removes the anode heel effect, so beam intensity is uniform across the field — يزيل تأثير الكعب فتصبح شدة الحزمة متجانسة على المجال

D It spreads heat over a large area and produces high-intensity beams in a short time — لأنه يوزّع الحرارة على مساحة كبيرة وينتج حزماً عالية الشدة بوقت قصير

✅ **D** **It spreads heat over a large area and produces high-intensity beams in a short time** — **لأنه يوزّع الحرارة على مساحة كبيرة وينتج حزماً عالية الشدة بوقت قصير**

💡 المحاضرة: الدوران يوزّع الحرارة ويسمح بإنتاج فوتونات أكثر بوحدة الزمن.

The usual rotor speed for standard technique settings is about: 10

سرعة الدوّار الاعتيادية لعوامل التعرّض القياسية حوالي:

A 3,200 rpm — 3200 دورة/دقيقة

B 60 rpm — 60 دورة/دقيقة

C 500 rpm — 500 دورة/دقيقة

D 50,000 rpm — 50000 دورة/دقيقة

✅ **A** **3,200 rpm** — **3200 دورة/دقيقة**

💡 المحاضرة: عادةً 3200 دورة/دقيقة، وقد تتجاوز 5000 مع العوامل العالية.

11 **Tungsten's high atomic number (74) results in:**

العدد الذري العالي للتنغستن (74) يؤدّي إلى:

A	Lower-energy x-rays that are absorbed in the glass envelope	أشعة أقل طاقة تُمتص في الغلاف الزجاجي
B	Higher-efficiency x-ray production and higher-energy x-rays	إنتاج أشعة أكفأ وأشعة أعلى طاقة
C	Easier vaporization	تبخّر أسهل
D	A lower melting point, so the target must be cooled with oil	درجة انصهار أقل، فيجب تبريد الهدف بالزيت

✅ **B** **Higher-efficiency x-ray production and higher-energy x-rays** — إنتاج أشعة أكفأ وأشعة أعلى طاقة

💡 المحاضرة: العدد الذري 74 يعطي إنتاجاً أكفأ وأشعة أعلى طاقة.

12 **When electrons strike the anode, how much of their kinetic energy becomes heat?**

عندما تصطدم الإلكترونات بالأنود، كم من طاقتها الحركية يتحوّل إلى حرارة؟

A	About 1%	حوالي 1%
B	About half (50%)	نحو النصف (50%)
C	More than 99%	أكثر من 99%
D	None	لا شيء

✅ **C** **More than 99%** — أكثر من 99%

💡 المحاضرة: أكثر من 99% من الطاقة الحركية يتحوّل إلى حرارة.

13 **Which principle explains how angling the anode makes the effective focal spot smaller than the actual focal spot?**

أي مبدأ يفسّر كيف تجعل إمالة الأنود البؤرة الفعّالة أصغر من الفعلية؟

A	Heel effect	تأثير الكعب
B	Inverse square law	قانون التربيع العكسي
C	Thermionic emission	الانبعاث الحراري للإلكترونات
D	Line focus principle	مبدأ البؤرة الخطية

✅ **D** **Line focus principle** — مبدأ البؤرة الخطية

💡 المحاضرة: إمالة هدف الأنود تصغّر البؤرة الفعّالة، وهذا مبدأ البؤرة الخطية.

14 **The most common target angle is:**

زاوية الهدف الأشيع هي:

A	12 degrees	12 درجة
B	24 degrees	24 درجة
C	45 degrees or more	45 درجة أو أكثر
D	90 degrees	90 درجة

✅ **A** **12 degrees** — **12 درجة**

💡 المحاضرة: أي زاوية أقل من 45° تصغّر البؤرة الفعّالة، والأشيع 12°.

15 **Typical nominal size of a small focal spot is:**

المقاس الاسمي النموذجي للبؤرة الصغيرة:

A	1.0–1.2 mm	1.0–1.2 ملم
B	0.3–0.6 mm	0.3–0.6 ملم
C	2–3 mm	2–3 ملم
D	0.05–0.1 mm	0.05–0.1 ملم

✅ **B** **0.3–0.6 mm** — **0.3–0.6 ملم**

💡 المحاضرة: الكبيرة 1.0–1.2 ملم، والصغيرة 0.3–0.6 ملم.

16 **Which focal spot is the area of the target actually bombarded by electrons?**

أي بؤرة هي مساحة الهدف التي تقصفها الإلكترونات فعلاً؟

A	Effective focal spot	البؤرة الفعّالة
B	Nominal focal spot	البؤرة الاسمية
C	Actual focal spot	البؤرة الفعلية
D	Projected focal spot	البؤرة المُسقَطة

✅ **C** **Actual focal spot** — **البؤرة الفعلية**

💡 المحاضرة: البؤرة الفعلية = مساحة الهدف المقصوفة بإلكترونات الفتيلة.

Because of the heel effect, the cathode side should be placed over: 17

بسبب تأثير الكعب، يوضع جانب الكاثود فوق:

A The thinnest part — الجزء الأرق

B The edge of the image receptor nearest the anode — حافة مستقبِل الصورة الأقرب إلى الأنود

C The gonads — الغدد التناسلية

D The area of greatest density — المنطقة الأكثر كثافة

✅ **D The area of greatest density** — المنطقة الأكثر كثافة

💡 المحاضرة: شدّة الحزمة أعلى بجانب الكاثود، فيوضع فوق المنطقة الأكثر كثافة.

What is the function of the vacuum inside the glass envelope? 18

ما وظيفة الفراغ داخل الغلاف الزجاجي؟

A It allows more efficient x-ray production and longer tube life — يجعل إنتاج الأشعة أكفأ ويطيل عمر الأنبوب

B It cools the anode — يبرّد الأنود

C It absorbs leakage radiation and protects against electric shock — يمتص الإشعاع المتسرّب ويحمي من الصدمة الكهربائية

D It allows the anode to rotate at 3,200 rpm without friction — يسمح للأنود بالدوران 3,200 دورة/دقيقة بلا احتكاك

✅ **A It allows more efficient x-ray production and longer tube life** — يجعل إنتاج الأشعة أكفأ ويطيل عمر الأنبوب

💡 المحاضرة: الفراغ يسمح بإنتاج أكفأ وعمر أطول؛ ولو امتلأ بالغاز قلّ سريان الإلكترونات.

19 **The lead-lined protective housing is designed to control:**

الغطاء الواقي المبطّن بالرصاص مصمّم للسيطرة على:

A	The anode heel effect and geometric blurring of the image	تأثير كعب الأنود والتغبيش الهندسي للصورة
B	Excessive radiation exposure and electric shock	التعرّض المفرط للإشعاع والصدمة الكهربائية
C	Filament vaporization	تبخّر الفتيلة
D	Space charge	الشحنة الفراغية

✅ **B** **Excessive radiation exposure and electric shock** — **التعرّض المفرط للإشعاع والصدمة الكهربائية**

💡 المحاضرة: خطران: التعرّض المفرط للإشعاع والصدمة الكهربائية.

20 **Which factor primarily determines the focal spot size?**

ما العامل الذي يحدّد حجم البؤرة بالدرجة الأولى؟

A	The kVp selected on the console	قيمة kVp المختارة في لوحة التحكم
B	The rotation speed of the anode disc	سرعة دوران قرص الأنود
C	The filament in use (small or large)	الفتيلة المستعملة (الصغيرة أو الكبيرة)
D	The thickness of the tube window	سُمك نافذة الأنبوب

✅ **C** **The filament in use (small or large)** — **الفتيلة المستعملة (الصغيرة أو الكبيرة)**

💡 المحاضرة (سؤال مقترح من الأستاذ): الفتيلة الصغيرة توجّه تيار إلكتروناتها إلى البؤرة الصغيرة، والفتيلة الكبيرة إلى البؤرة الأكبر؛ والكوب البؤري يركّز الإلكترونات على البؤرة.

What the unit of measure for tube current selected by the technologist? 21

ما وحدة قياس تيار الأنبوب الذي يختاره تقنيّ الأشعة؟

A	Milliampere (mA)	الملي أمبير (mA)
B	Kilovolt peak (kVp)	ذروة الكيلوفولت (kVp)
C	Revolutions per minute (rpm)	دورة في الدقيقة (rpm)
D	Degrees Celsius (°C)	الدرجة المئوية (C°)

✅ **A** **Milliampere (mA)** **الملي أمبير (mA)**

💡 المحاضرة (سؤال مقترح من الأستاذ): «mA وحدة قياس للتيار الكهربائي يستعملها تقنيّ الأشعة عند اختيار عوامل التعرّض».

A small body part is imaged and fine detail is the priority. Which choice gives the best detail? 22

يُصوَّر جزء صغير من الجسم والأولوية للتفاصيل الدقيقة. أي اختيار يعطي أفضل تفاصيل؟

A	The large filament, because it gives a higher x-ray output	الفتيلة الكبيرة، لأنها تعطي إنتاج أشعة أعلى
B	The small filament, giving a small focal spot and less blurring	الفتيلة الصغيرة، فتعطي بؤرة صغيرة وتغبيشاً أقل
C	A larger anode angle of 24° to enlarge the effective focal spot	زاوية أنود أكبر (24°) لتكبير البؤرة الفعّالة
D	A stationary anode so the focal spot does not move	أنود ثابت حتى لا تتحرك البؤرة

✅ **B** **The small filament, giving a small focal spot and less blurring** **الفتيلة الصغيرة، فتعطي بؤرة صغيرة وتغبيشاً أقل**

💡 المحاضرة: الفتيلة الصغيرة للأجزاء الصغيرة، والبؤرة الصغيرة تقلّل التغبيش الهندسي، و«كلما صغرت البؤرة كانت التفاصيل أفضل».

23 **For an AP femur, the hip end of the thigh is thicker than the knee end. Because of the anode heel effect, how should the tube be oriented?**

في تصوير عظم الفخذ الأمامي الخلفي (AP femur)، يكون طرف الورك أسمك من طرف الركبة. بسبب تأثير الكعب، كيف يوجَّه الأنبوب؟

A	Anode toward the hip (thicker) end	الأنود باتجاه طرف الورك (الأسمك)
B	Either end, as long as the small focal spot is used	أيّ طرف، بشرط استعمال البؤرة الصغيرة
C	Orientation does not matter for the femur	الاتجاه لا يهم في تصوير الفخذ
D	Cathode toward the hip (thicker) end	الكاثود باتجاه طرف الورك (الأسمك)

✅ **D** **Cathode toward the hip (thicker) end** — **الكاثود باتجاه طرف الورك (الأسمك)**

💡 شدة الحزمة تنخفض من جهة الكاثود إلى جهة الأنود، لذلك يوضع الكاثود فوق المنطقة الأكثر كثافة (الأسمك)، وهي هنا طرف الورك.

24 **A tube with a 16° anode is replaced by one with a 10° anode. What happens to the anode heel effect?**

استُبدل أنبوب زاوية أنوده 16° بأنبوب زاوية أنوده 10°. ماذا يحدث لتأثير الكعب؟

A	It becomes larger, giving a less uniform beam	يصبح أكبر، فتصير الحزمة أقل انتظاماً
B	It becomes smaller, giving a more uniform beam	يصبح أصغر، فتصير الحزمة أكثر انتظاماً
C	It disappears completely	يختفي تماماً
D	It does not change, since it depends only on kVp	لا يتغيّر، لأنه يعتمد على الكيلوفولت فقط

✅ **A** **It becomes larger, giving a less uniform beam** — **يصبح أكبر، فتصير الحزمة أقل انتظاماً**

💡 زاوية أصغر = بؤرة فعّالة أصغر لكن تأثير كعب أكبر، فتصير الحزمة أقل انتظاماً وأكثر توهيناً.

25

With the same actual focal spot, the anode angle is reduced from 17° to 10°. What happens to the effective focal spot and image detail?

مع بقاء البؤرة الفعلية نفسها، قُلّلت زاوية الأنود من 17° إلى 10°. ماذا يحدث للبؤرة الفعّالة ولتفاصيل الصورة؟

A	The effective focal spot becomes larger and detail improves	تكبر البؤرة الفعّالة وتتحسّن التفاصيل
B	The effective focal spot becomes smaller and detail improves	تصغر البؤرة الفعّالة وتتحسّن التفاصيل
C	The actual focal spot becomes smaller and detail worsens	تصغر البؤرة الفعلية وتسوء التفاصيل
D	Nothing changes, because the actual focal spot is the same	لا يتغيّر شيء، لأن البؤرة الفعلية نفسها

✅ **B** **The effective focal spot becomes smaller and detail improves** — **تصغر البؤرة الفعّالة وتتحسّن التفاصيل**

💡 بحسب مبدأ البؤرة الخطية، كلما قلّت زاوية الأنود ظهرت البؤرة أصغر من جهة مستقبِل الصورة، والبؤرة الأصغر تعطي تفاصيل أفضل.

26 **A large abdomen needs a high-output exposure, and a little blurring is acceptable. Which focal spot is preferred, according to the lecture?**

بطن كبير يحتاج تعرّضاً عالي الإنتاج، وبعض الضبابية مقبول. أيّ بؤرة تُفضَّل بحسب المحاضرة؟

A The small one, as it tolerates more heat — الصغيرة، لأنها تتحمّل حرارة أكثر

B The small one, as it gives the most output — الصغيرة، لأنها تعطي أعلى إنتاج

C The large one, for its higher output capacity — الكبيرة، لقدرتها الأعلى على الإنتاج

D Either, as size does not affect output — أيّ واحدة، فالحجم لا يؤثر في الإنتاج

✅ **C** **The large one, for its higher output capacity** — **الكبيرة، لقدرتها الأعلى على الإنتاج**

💡 البؤرة الصغيرة تحدّ من إنتاج الأنبوب وتحمّل الحرارة لتركّز الحرارة في مساحة صغيرة؛ أما الكبيرة فقدرتها اللحظية أعلى، وتُفضَّل ما دامت الضبابية لا تؤثر سلباً في الدقة.

27 **If the focusing cup lost its negative charge, what would happen to the electron stream travelling to the anode?**

إذا فقد كأس التركيز شحنته السالبة، فماذا يحدث لتيار الإلكترونات المتجه نحو الأنود؟

A It would narrow onto a smaller focal spot — سيضيق ويضرب بؤرة أصغر

B It would stop, as emission needs the charge — سيتوقف، لأن الانبعاث يحتاج هذه الشحنة

C It would reverse back toward the cathode — سينعكس اتجاهه نحو الكاثود

D It would spread out, and some could miss the anode — سينتشر، وقد يفوت بعضه الأنود

✅ **D** **It would spread out, and some could miss the anode** — **سينتشر، وقد يفوت بعضه الأنود**

💡 الإلكترونات كلها سالبة فتميل إلى الانتشار بالتنافر، وقد يفوت بعضها الأنود؛ والكأس السالب الشحنة هو الذي يكثّف الحزمة على مساحة صغيرة.

28 **The technologist presses the “ready” button but has not yet made the exposure. What is happening at the filament?**

ضغط التقني زر «الاستعداد» ولم يُجرِ التعرّض بعد. ماذا يحدث عند الفتيلة؟

A Electrons boil off and hover around it as a space charge — تنبعث الإلكترونات وتحوم حولها على شكل شحنة فراغية

B X-rays are already leaving through the tube window — الأشعة السينية تخرج فعلاً من نافذة الأنبوب

C Electrons are already striking the focal spot on the anode — الإلكترونات تضرب البؤرة على الأنود فعلاً

D The filament stays cold until the exposure starts — تبقى الفتيلة باردة حتى يبدأ التعرّض

✅ **A** **Electrons boil off and hover around it as a space charge** — **تنبعث الإلكترونات وتحوم حولها على شكل شحنة فراغية**

💡 عند الضغط على «الاستعداد» يبدأ الانبعاث الحراري، فتتجمع الإلكترونات حول الفتيلة في شحنة فراغية حتى لحظة التعرّض، ثم تندفع نحو الأنود.

29 **During a high exposure, the rotor fails and the anode does not rotate. According to the lecture, what is the main risk?**

أثناء تعرّض عالٍ، تعطّل العضو الدوّار ولم يدُر الأنود. بحسب المحاضرة، ما الخطر الرئيسي؟

A The filament stops emitting electrons — تتوقف الفتيلة عن إطلاق الإلكترونات

B Heat damage to one spot on the anode face — تلف نقطة واحدة من وجه الأنود بالحرارة

C The beam softens as the kVp drops to zero — تلين الحزمة لأن الكيلوفولت يهبط إلى الصفر

D The housing stops shielding the radiation — يتوقف الغلاف الواقي عن حجب الإشعاع

✅ **B** **Heat damage to one spot on the anode face** — **تلف نقطة واحدة من وجه الأنود بالحرارة**

💡 دوران الأنود يضمن ألّا تتلقى نقطة واحدة نبضات متتالية من الإلكترونات؛ وبلا دوران يُرجَّح أن يتلف وجه الأنود بسبب الحرارة العالية.

30

An aging glass-envelope tube begins to show arcing. According to the lecture, what is the most likely cause?

بدأ أنبوب قديم ذو غلاف زجاجي يُظهر تفريغاً قوسياً (arcing). بحسب المحاضرة، ما السبب الأرجح؟

A	Thorium escaping from the filament wire	تسرّب الثوريوم من سلك الفتيلة
B	Overheated oil in the protective housing	سخونة زائدة في زيت الغلاف الواقي
C	Excess space charge around the filament	شحنة فراغية زائدة حول الفتيلة
D	Tungsten vapour coating the inner glass	بخار التنغستن يغطّي داخل الزجاج

✅ **D** **Tungsten vapour coating the inner glass** بخار التنغستن يغطّي داخل الزجاج

💡 مع تقدّم عمر الأنبوب الزجاجي يتبخّر بعض التنغستن ويغطّي داخل الغلاف، فيتغيّر الجهد الكهربائي ويشرد تيار الأنبوب نحو الزجاج، فيحدث التفريغ القوسي وتعطّل الأنبوب.

✅ اختبر نفسك الآن

اختبار تفاعلي لهذه المحاضرة: الأسئلة نفسها بترتيب جديد كل مرة.

صوّر الرمز بكاميرا الموبايل إذا كان الملف مطبوعاً.

للمزيد: قناة @almusawy_radiology