المحاضرة

3

محدِّدات أنبوب الأشعة

Limitation of the X-ray Tube (Line Focus, Rotation Anode Tube and Heat Rating)

إعداد: **محمد الموسوي**

@almusawy_radiology

الفهرس

Contents

1	البؤرة ومبدأ البؤرة الخطية	Focus and the Line Focus Principle
2	أنبوب الأنود الدوّار	Rotation Anode Tube
3	التصنيف الحراري	Heat Rating
4	الخلاصة	Summary
5	الأسئلة	MCQs
6	اختبر نفسك	Quiz

1 البؤرة ومبدأ البؤرة الخطية
Focus and the Line Focus Principle

محدِّدات أنبوب الأشعة
LIMITATION OF THE X-RAY TUBE

- تتعلّق محدِّدات أنبوب الأشعة السينية أساساً بتصميمه وقيود تشغيله.
- The limitations of an X-ray tube primarily relate to its design and operational constraints.

أ. البؤرة.
A. Focus

- تشير البؤرة في أنبوب الأشعة السينية إلى المنطقة على الأنود التي تصطدم بها حزمة الإلكترونات فتُنتج الأشعة السينية.
- Focus in an X-ray tube refers to the area on the anode where the electron beam hits, creating X-rays.

- حجم هذه البؤرة يؤدّي دوراً حاسماً في تحديد حدّة صورة الأشعة السينية وجودتها.
- The size of this focal spot plays a critical role in determining the sharpness and quality of the X-ray image.

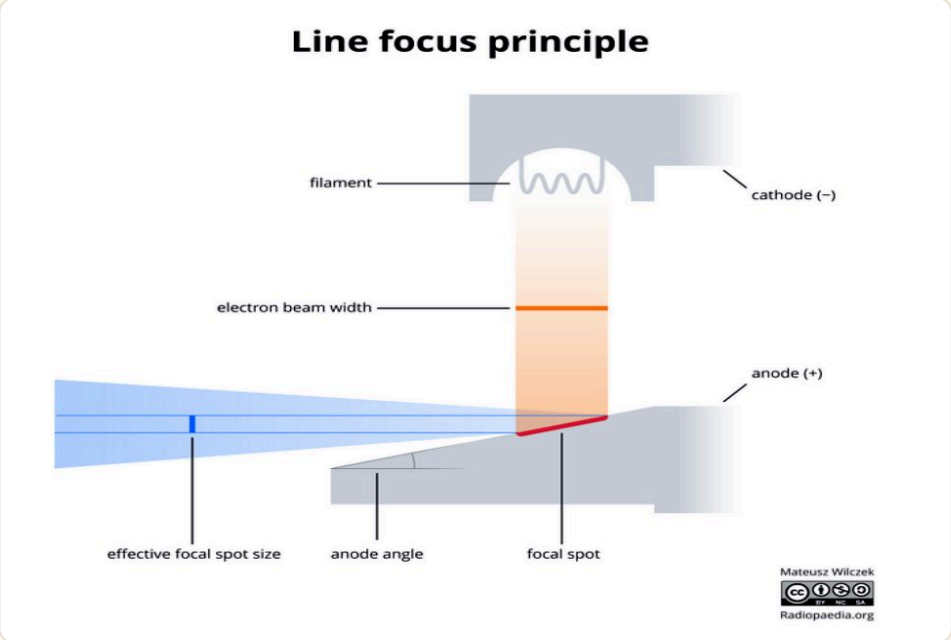


Diagram titled “Line focus principle”: a filament in the cathode (–) emits an electron beam of a given width that strikes the angled anode (+) at the focal spot; the anode angle is marked, and the effective focal spot size is shown on the X-ray beam leaving to the left. Credit on the slide: Mateusz Wilczek, Radiopaedia.org.

مخطّط بعنوان «مبدأ البؤرة الخطية»: فتيل في الكاثود (–) يُطلق حزمة إلكترونات بعرض معيّن تصطدم بالأنود (+) المائل عند البؤرة؛ وتظهر زاوية الأنود، ويظهر الحجم الفعّال للبقعة البؤرية على حزمة الأشعة الخارجة نحو اليسار. المصدر المكتوب على الشريحة: Mateusz Wilczek، Radiopaedia.org.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 4

- مبدأ البؤرة الخطية (line focus principle): يُستعمل أنود مائل للموازنة بين التحكّم بالحرارة والدقّة، وذلك بتكوين بؤرة فعّالة صغيرة مع الحفاظ على مساحة أكبر لتبديد الحرارة.
- Line Focus Principle: An angled anode is used to balance heat management and resolution by creating a small effective focal spot while maintaining a larger area for heat dissipation.

- حجم البؤرة: البؤر الأصغر تحسّن دقّة الصورة لكنها تولّد حرارة أكثر. أمّا البؤر الأكبر فتبدّد الحرارة بصورة أفضل لكنها تقلّل وضوح الصورة.
- Focal Spot Size: Smaller spots improve image resolution, but generate more heat. Larger spots dissipate heat better but reduce image clarity.
- البؤرتان المزدوجتان: بعض أنابيب الأشعة تقدّم حجمين للبؤرة: (صغيرة) للتصوير التفصيلي و(كبيرة) للحالات التي تتطلّب قدرة أعلى.
- Dual Focal Spots: Some X-ray tubes offer two focal spot sizes-(small for detailed imaging) and (large for higher power situations).

⭐ أهم نقطة

A small focal spot improves resolution but produces more heat; the angled anode (line focus) gives a small effective spot with a larger heating area.

البؤرة الصغيرة تحسّن الدقّة لكنها تولّد حرارة أكثر؛ والأنود المائل (البؤرة الخطية) يعطي بؤرة فعّالة صغيرة مع مساحة أكبر لتبديد الحرارة.

2 أنبوب الأنود الدوّار
Rotation Anode Tube

ب. أنبوب الأنود الدوّار.

B. Rotation anode tube

- أنبوب الأنود الدوّار (rotating anode tube) مكوّن أساسي في أجهزة الأشعة السينية، ويُستعمل عادةً في التصوير الطبي والتطبيقات الصناعية.
- A rotating anode tube is an essential component in X-ray machines, commonly used in medical imaging and industrial applications.
- وظيفته الأساسية إنتاج الأشعة السينية بتحويل طاقة الإلكترونات عالية السرعة إلى فوتونات أشعة سينية عند اصطدامها بهدف الأنود.
- Its primary function is to produce X-rays by converting the energy from high-velocity electrons into X-ray photons when they collide with the anode target.
- هذا التصميم يحسّن كفاءة إنتاج الأشعة السينية ومتانته.
- This design improves the efficiency and durability of X-ray production.
- يتكوّن الأنبوب من كاثود يُطلق الإلكترونات وأنود دوّار، يُصنع عادةً من التنغستن، ويكون هدفاً للإلكترونات.
- The tube consists of a cathode that emits electrons and a rotating anode, typically made of tungsten, which serves as the target for the electrons.
- في أنبوب الأنود الدوّار يدور الأنود بسرعات عالية (عادةً بين 3,000 و10,000 دورة في الدقيقة) لتوزيع الحرارة الناتجة عن اصطدام الإلكترونات على مساحة سطح أكبر. وهذا يمنع فرط السخونة ويسمح بخرج أشعة سينية أشدّ، وهو أمر حاسم للتصوير عالي الدقّة.
- In a rotating anode tube, the anode rotates at high speeds (usually between 3,000 and 10,000 revolutions per minute) to distribute the heat generated by the electron impacts over a larger surface area. This prevents overheating and allows for more intense X-ray output, which is crucial for high-resolution imaging.

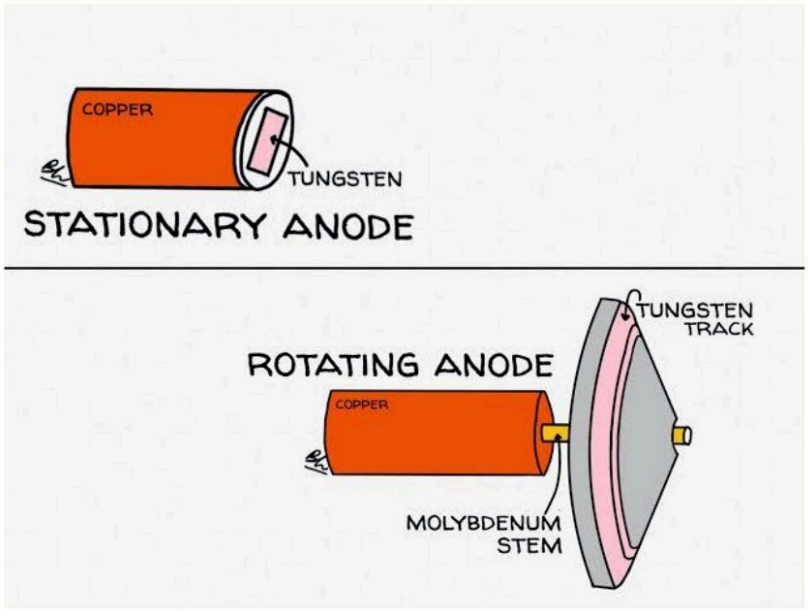
من الفوائد الرئيسية لأنبوب الأنود الدوّار:

Key benefits of a rotating anode tube include:

- 1. التحكّم بالحرارة: توزيع الحرارة على سطح دوّار يمنع التلف ويُطيل عمر الأنبوب.
- 1. Heat management: Spreading the heat over a rotating surface prevents damage and prolongs the life of the tube.

- 2. Higher X-ray output: Allows for more powerful and precise X-ray beams, improving the quality of images.
- 3. Improved durability: The rotating design minimizes wear, especially under high load conditions

- 2. خرج أشعة سينية أعلى: يتيح حزم أشعة سينية أقوى وأدق، مما يحسّن جودة الصور.
- 3. متانة أفضل: التصميم الدوّار يقلّل البلى، خصوصاً في ظروف الأحمال العالية.



Two drawings: a STATIONARY ANODE (a copper cylinder carrying a small tungsten block on its end) and a ROTATING ANODE (a copper cylinder joined by a molybdenum stem to a disc with a tungsten track).

رسمان: أنود ثابت (STATIONARY ANODE) وهو أسطوانة نحاسية تحمل قطعة تنغستن صغيرة في طرفها، وأنود دوّار (ROTATING ANODE) وهو أسطوانة نحاسية موصولة بساق من الموليبدنوم إلى قرص عليه مسار من التنغستن.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 8

⭐ أهم نقطة

The rotating anode (3,000–10,000 rpm) spreads heat over a larger area: less overheating, higher output, longer tube life.

الأنود الدوّار (من 3,000 إلى 10,000 دورة/دقيقة) يوزّع الحرارة على مساحة أكبر، فيمنع ارتفاع الحرارة ويزيد الخرج ويطيل عمر الأنبوب.

3 التصنيف الحراري
Heat Rating

C. Heat rating

- The heat rating refers to the maximum amount of heat that a device or component, such as an X-ray tube, can safely handle without damage.
- Importance of Heat Rating:

ج. التصنيف الحراري.

- يشير التصنيف الحراري (heat rating) إلى أقصى كمية من الحرارة يستطيع جهاز أو مكوّن، مثل أنبوب الأشعة السينية، تحمّلها بأمان دون تلف.
- أهمية التصنيف الحراري:

- 1. The heat generated in an X-ray tube primarily stems from the collision of electrons with the anode, where about 99% of the energy is converted to heat and only 1% to X-rays.
- If this heat is not dissipated efficiently, it can damage the anode, leading to, melting, or even tube failure.
- 2. Each X-ray tube has a heat rating that indicates its capacity to handle heat during continuous or short-burst operations.
- The higher the heat rating, the more robust the tube is under frequent or high-intensity use.
- Technicians must be aware of the heat rating to avoid overloading the tube, which could result in costly downtime and repairs..

- 1. الحرارة المتولّدة في أنبوب الأشعة السينية تنتج أساساً عن اصطدام الإلكترونات بالأنود، إذ يتحوّل حوالي 99% من الطاقة إلى حرارة و1% فقط إلى أشعة سينية.
- إذا لم تُبدَّد هذه الحرارة بكفاءة، فقد تُتلف الأنود، مما يؤدّي إلى الانصهار أو حتى تعطّل الأنبوب.
- 2. لكل أنبوب أشعة سينية تصنيف حراري يدلّ على قدرته على تحمّل الحرارة أثناء التشغيل المستمر أو التشغيل القصير المتقطّع.
- كلّما ارتفع التصنيف الحراري، كان الأنبوب أمتن عند الاستعمال المتكرّر أو عالي الشدّة.
- على الفنيين أن يكونوا على دراية بالتصنيف الحراري لتجنّب تحميل الأنبوب فوق طاقته، وهو ما قد يؤدّي إلى توقّف مكلف عن العمل وإلى إصلاحات.



The lecture's closing slide: “Thank You” over workers in protective suits, with radiation caution signs (decorative).

الشريحة الختامية للمحاضرة: «شكراً» فوق عاملين يرتدون بدلات واقية، مع علامات التحذير من الإشعاع (صورة زخرفية).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 12

⭐ أهم نقطة

About 99% of the energy becomes heat; the heat rating is the maximum heat the tube can safely handle, and technicians must not overload it.

حوالي 99% من الطاقة تصير حرارة؛ والتصنيف الحراري هو أقصى حرارة يتحمّلها الأنبوب بأمان، وعلى الفني ألّا يتجاوزه.

Summary

الخلاصة

1 The limitations of the X-ray tube relate to its design and operation.	1 محدِّدات أنبوب الأشعة تتعلّق بتصميمه وتشغيله.
2 Focus: the area on the anode hit by electrons; its size determines image sharpness.	2 البؤرة: المنطقة على الأنود التي تصطدم بها الإلكترونات؛ وحجمها يحدّد حدّة الصورة.
3 Line focus: an angled anode gives a small effective focal spot with a larger area for heat dissipation.	3 البؤرة الخطية: أنود مائل يعطي بؤرة فعّالة صغيرة مع مساحة أكبر لتبديد الحرارة.
4 Small spots: better resolution, more heat; large spots: better heat dissipation, less clarity.	4 البؤر الصغيرة: دقّة أفضل وحرارة أكثر؛ والكبيرة: تبديد أفضل للحرارة ووضوح أقل.
5 Dual focal spots: small for detailed imaging, large for higher power.	5 البؤرتان المزدوجتان: صغيرة للتصوير التفصيلي وكبيرة للقدرة الأعلى.
6 Rotating anode: 3,000–10,000 rpm, spreads heat over a larger surface area.	6 الأنود الدوّار: من 3,000 إلى 10,000 دورة/دقيقة، يوزّع الحرارة على سطح أكبر.
7 Benefits: heat management, higher X-ray output, improved durability.	7 الفوائد: تحكّم بالحرارة، وخرج أشعة أعلى، ومتانة أفضل.
8 About 99% of the energy becomes heat and only 1% X-rays.	8 حوالي 99% من الطاقة تصير حرارة و1% فقط أشعة سينية.
9 Heat rating: the maximum heat the tube can safely handle; higher rating means a more robust tube.	9 التصنيف الحراري: أقصى حرارة يتحمّلها الأنبوب بأمان؛ والأعلى يعني أنبوباً أمتن.
10 Technicians must respect the heat rating to avoid overloading, downtime and repairs.	10 على الفنيين مراعاة التصنيف الحراري لتجنّب التحميل الزائد وتوقّف العمل والإصلاحات.

KEY TERMS

أهم المصطلحات

Focal spot	البؤرة	**Line focus principle**	مبدأ البؤرة الخطية
Dual focal spots	البؤرتان المزدوجتان	**Rotating anode**	الأنود الدوّار
Stationary anode	الأنود الثابت	**Heat rating**	التصنيف الحراري
Heat dissipation	تبديد الحرارة	**Tungsten**	التنغستن
Resolution	الدقّة (قدرة التمييز)	**Anode target**	هدف الأنود

الأسئلة

MCQs

1 The focal spot is the area on the anode:

البؤرة هي المنطقة على الأنود:

A	Hit by electrons	التي تصطدم بها الإلكترونات
B	Heated by the filament	التي يسخّنها الفتيل
C	Cooled by oil	التي يبرّدها الزيت
D	Connected to the cathode	الموصولة بالكاثود

✅ **A Hit by electrons** — **التي تصطدم بها الإلكترونات**

💡 **لماذا:** المحاضرة: البؤرة هي المنطقة على الأنود التي تصطدم بها حزمة الإلكترونات فتُنتج الأشعة السينية.

2 The size of the focal spot determines:

حجم البؤرة يحدّد:

A	Tube voltage	فولتية الأنبوب
B	Tube current	تيار الأنبوب
C	Image sharpness	حدّة الصورة
D	Anode rotation speed	سرعة دوران الأنود

✅ **C Image sharpness** — **حدّة الصورة**

💡 **لماذا:** المحاضرة: حجم البؤرة يؤدّي دوراً حاسماً في تحديد حدّة صورة الأشعة وجودتها.

3 The line focus principle uses:

مبدأ البؤرة الخطية يستعمل:

A	A flat anode	أنوداً مسطّحاً
B	A glass anode	أنوداً زجاجياً
C	A rotating cathode	كاثوداً دوّاراً
D	An angled anode	أنوداً مائلاً

✅ **D An angled anode** — **أنوداً مائلاً**

💡 **لماذا:** المحاضرة: يُستعمل أنود مائل للموازنة بين التحكّم بالحرارة والدقّة.

4 Smaller focal spots improve:

البؤر الأصغر تحسّن:

A	Heat dissipation	تبديد الحرارة
B	Tube life	عمر الأنبوب
C	Image resolution	دقّة الصورة
D	X-ray output	خرج الأشعة

✅ **C Image resolution** — **دقّة الصورة**

💡 **لماذا:** المحاضرة: البؤر الأصغر تحسّن دقّة الصورة، لكنها تولّد حرارة أكثر.

5 **Larger focal spots dissipate heat:**

البؤر الأكبر تبدّد الحرارة:

A	Better	بصورة أفضل
B	Worse	بصورة أسوأ
C	Not at all	لا تبدّدها إطلاقاً
D	Same as small spots	مثل البؤر الصغيرة

✅ **A Better** — **بصورة أفضل**

💡 **لماذا:** المحاضرة: البؤر الأكبر تبدّد الحرارة بصورة أفضل لكنها تقلّل وضوح الصورة.

6 **The large focal spot is used for:**

البؤرة الكبيرة تُستعمل في:

A	Detailed imaging	التصوير التفصيلي
B	Higher power situations	الحالات التي تتطلّب قدرة أعلى
C	Cooling the tube oil	تبريد زيت الأنبوب
D	Slowing the anode rotation	إبطاء سرعة دوران الأنود

✅ **B Higher power situations** — **الحالات التي تتطلّب قدرة أعلى**

💡 **لماذا:** المحاضرة: البؤرة الصغيرة للتصوير التفصيلي، والكبيرة للحالات التي تتطلّب قدرة أعلى.

7 **The anode of a rotating anode tube is typically made of:**

يُصنع الأنود الدوّار عادةً من:

A	Copper	النحاس
B	Glass	الزجاج
C	Tungsten	التنغستن
D	Oil	الزيت

✅ **C Tungsten** — **التنغستن**

💡 **لماذا:** المحاضرة: الأنبوب يتكوّن من كاثود وأنود دوّار يُصنع عادةً من التنغستن.

8 **The anode usually rotates at:**

يدور الأنود عادةً بسرعة:

A	30 to 100 rpm	30 إلى 100 دورة/دقيقة
B	300 to 1,000 rpm	300 إلى 1,000 دورة/دقيقة
C	30,000 to 100,000 rpm	30,000 إلى 100,000 دورة/دقيقة
D	3,000 to 10,000 rpm	3,000 إلى 10,000 دورة/دقيقة

✅ **D 3,000 to 10,000 rpm** — **3,000 إلى 10,000 دورة/دقيقة**

💡 **لماذا:** المحاضرة: يدور الأنود بسرعات عالية، عادةً بين 3,000 و10,000 دورة في الدقيقة.

9 **Rotation of the anode helps to:**

دوران الأنود يساعد على:

A	Distribute the heat	توزيع الحرارة
B	Increase the voltage	زيادة الفولتية
C	Stop the electrons	إيقاف الإلكترونات
D	Reduce the X-ray output	تقليل خرج الأشعة

✅ **A Distribute the heat** — **توزيع الحرارة**

💡 **لماذا:** المحاضرة: يدور الأنود لتوزيع الحرارة الناتجة عن اصطدام الإلكترونات على مساحة سطح أكبر.

10 **A key benefit of a rotating anode is:**

من الفوائد الرئيسية للأنود الدوّار:

A	Lower image quality	جودة صورة أقل
B	Shorter tube life	عمر أنبوب أقصر
C	Higher X-ray output	خرج أشعة أعلى
D	Less durability	متانة أقل

✅ **C Higher X-ray output** — **خرج أشعة أعلى**

💡 **لماذا:** المحاضرة: من الفوائد خرج أشعة سينية أعلى، إذ يتيح حزماً أقوى وأدق.

11 **The rotating design minimizes wear under:**

التصميم الدوّار يقلّل البلى في ظروف:

A	Low load	الحمل المنخفض
B	No load	انعدام الحمل
C	Standby	الاستعداد
D	High load	الحمل العالي

✅ **D High load** — **الحمل العالي**

💡 **لماذا:** المحاضرة: التصميم الدوّار يقلّل البلى، خصوصاً في ظروف الأحمال العالية.

12 **The heat rating is the maximum heat a tube can:**

التصنيف الحراري هو أقصى حرارة يستطيع الأنبوب:

A	Produce	إنتاجها
B	Safely handle	تحمّلها بأمان
C	Reflect	عكسها
D	Store in oil	خزنها في الزيت

✅ **B Safely handle** — **تحمّلها بأمان**

💡 **لماذا:** المحاضرة: التصنيف الحراري هو أقصى كمية من الحرارة يستطيع المكوّن تحمّلها بأمان دون تلف.

13 About what percentage of the energy becomes heat?

حوالي كم بالمئة من الطاقة تتحوّل إلى حرارة؟

A	99%	99%
B	1%	1%
C	50%	50%
D	10%	10%

✅ A **99%** **99%**

💡 **لماذا:** المحاضرة: حوالي 99% من الطاقة يتحوّل إلى حرارة و1% فقط إلى أشعة سينية.

14 If heat is not dissipated efficiently, the anode may:

إذا لم تُبدَّد الحرارة بكفاءة فقد يتعرّض الأنود إلى:

A	Spin faster	دوران أسرع
B	Become smaller	صغر الحجم
C	Make more X-rays	إنتاج أشعة أكثر
D	Melt	الانصهار

✅ D **Melt** **الانصهار**

💡 **لماذا:** المحاضرة: إذا لم تُبدَّد الحرارة بكفاءة فقد تُتلف الأنود وتؤدّي إلى الانصهار أو تعطّل الأنبوب.

15 A higher heat rating means the tube is:

التصنيف الحراري الأعلى يعني أن الأنبوب:

A	Less robust	أقل متانة
B	More robust	أمتن
C	Smaller	أصغر
D	Cheaper	أرخص

✅ B **More robust** **أمتن**

💡 **لماذا:** المحاضرة: كلّما ارتفع التصنيف الحراري كان الأنبوب أمتن عند الاستعمال المتكرّر أو عالي الشدّة.

16 Technicians must know the heat rating to avoid:

على الفنيين معرفة التصنيف الحراري لتجنّب:

A	Cooling the room	تبريد الغرفة
B	Overloading the tube	تحميل الأنبوب فوق طاقته
C	Using a small spot	استعمال بؤرة صغيرة
D	Rotating the anode	تدوير الأنود

✅ B **Overloading the tube** **تحميل الأنبوب فوق طاقته**

💡 **لماذا:** المحاضرة: على الفنيين الانتباه للتصنيف الحراري لتجنّب تحميل الأنبوب فوق طاقته.

✅ 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