# الفصل الخامس

# الأشعة السينية وتطبيقاتها

# X- Rays & Applications

د. سهام الطرابيشي

# أهداف الفصل

- إظهار أهمية الأشعة السينية

- في البحوث العلمية والتعرف على بنية الجزيئات الحيوية

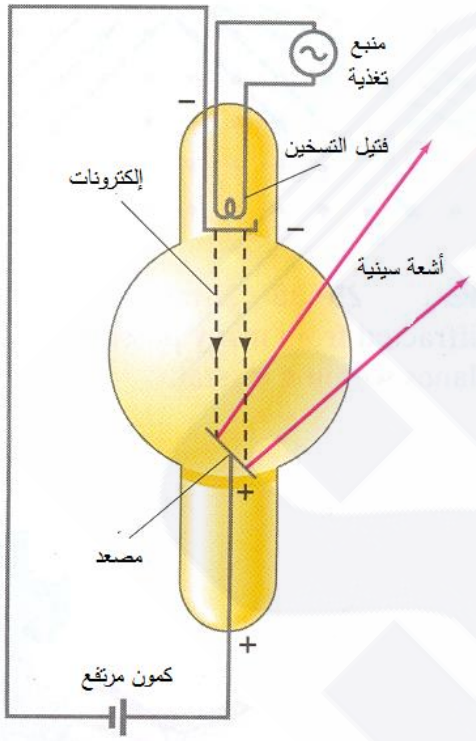
- التصوير الشعاعي

- التنظير بأنواعه

- التصوير الطبقي المحوري (من خلال الأجيال المختلفة)

- الكشف عن هشاشة العظام (الفصل الأول)

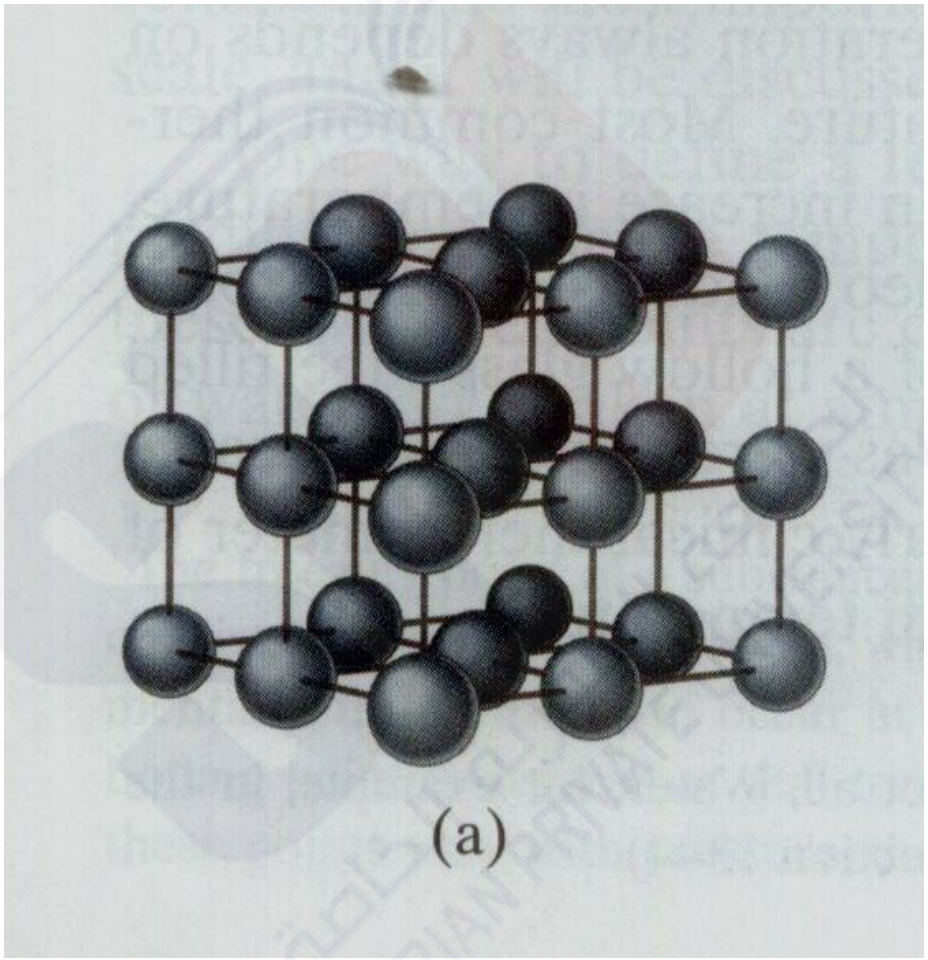
# اكتشاف رونتجن للأشعة السينية




أنبوب الأشعة السينية. تسرع الإلكترونات الصادرة عن فتيل مسخن في أنبوب مفرغ بكمون مرتفع. وعندما تسقط هذه الإلكترونات على سطح المصعد، تصدر الأشعة السينية

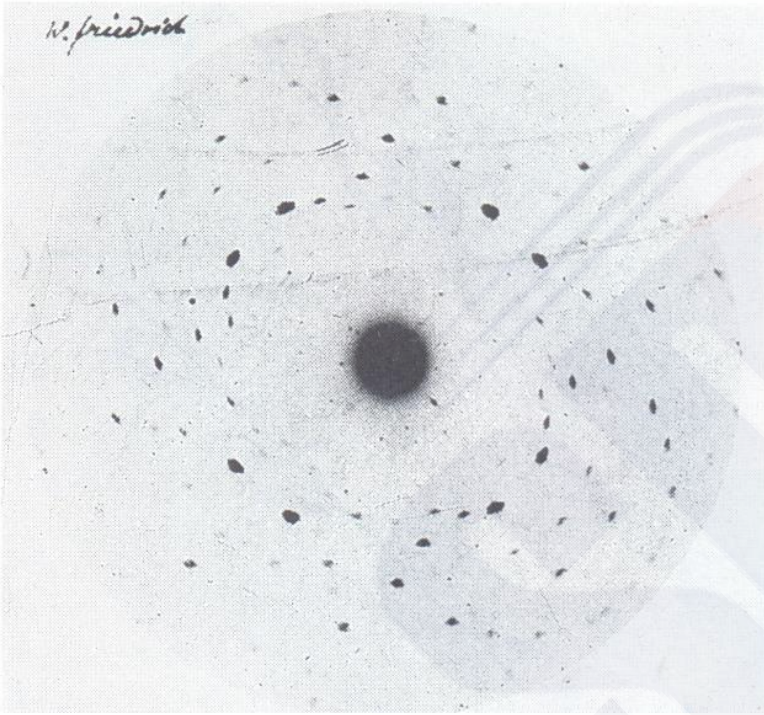
صورة يد بالأشعة السينية

# انعراج الأشعة السينية




الترتيب الذري في جسم صلب بلوري

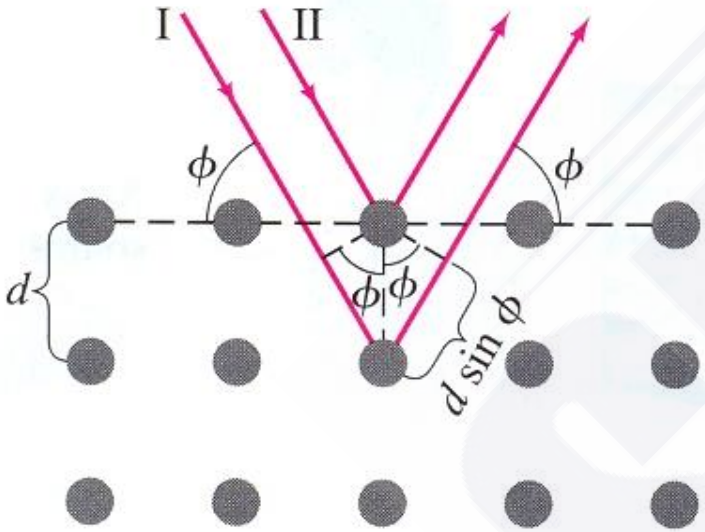
# انعراج الأشعة السينية




**يعد هذا النموذج لانعراج الأشعة السينية أول نموذج رصده Max von Laue في عام 1912 عندما وجه حزمة من الأشعة السينية نحو بلورة من كبريتيد الزنك. وقد تم الكشف عن نموذج الانعراج مباشرة على صفيحة فوتوغرافية.**

نذكر بشبكات انعراج الأشعة الضوئية التي وردت في الفصل الثالث وكيف أن الأبعاد بين الذرات في البلورات المدروسة في حالة انعراج الأشعة السينية تقابل الفتحات في شبكات الانعراج الضوئية. وأنه يتم الحصول بالأشعة السينية على نماذج انعراج تميز البلورة التي يحدث الانعراج فيها على النحو المبين في الشكل

# انعراج الأشعة السينية




انعراج الأشعة السينية عن بلورة.

يتداخل الشعاعان في البلورة تداخلاً بناء إذا كانت المسافة التي ينتقلها الشعاع الأطول I يزيد عدداً صحيحاً من الأطوال الموجية على المسافة التي ينتقلها الشعاع II.

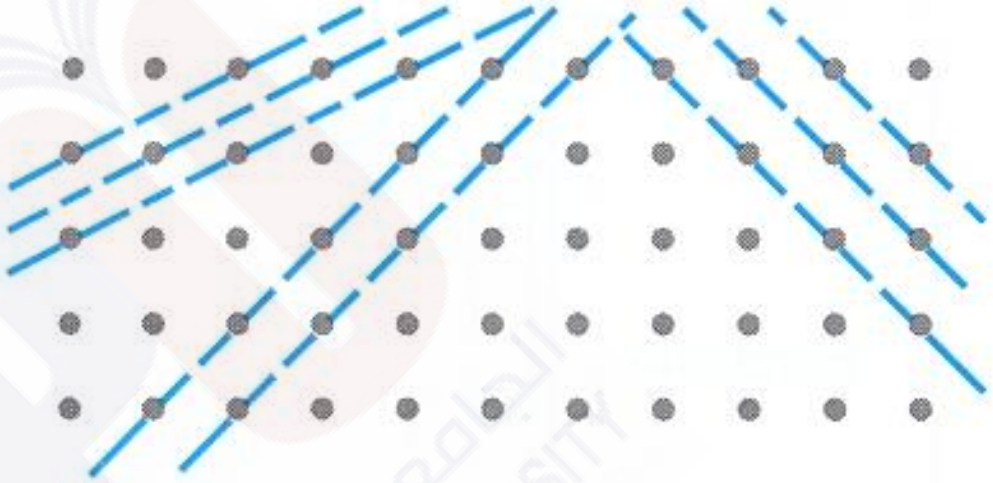
ومِنْ ثَمَّ يحدث التداخل البناء عندما يكون

$$m\frac{\lambda}{2} = d\sin\phi$$

$$m = 1,\ 2,\ 3,...$$

# انعراج الأشعة السينية

يمكن للأشعة السينية أن تنعرج عن الكثير من المستويات في بلورة معينة.

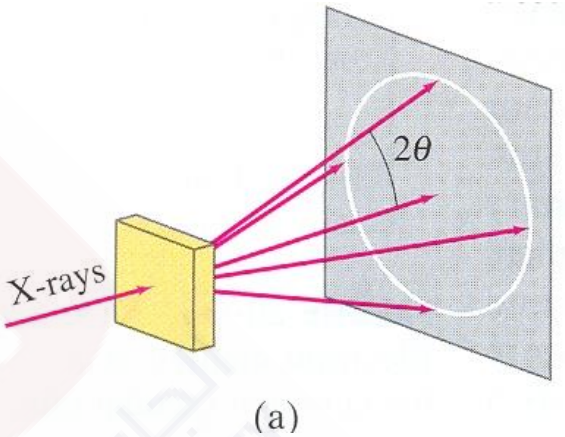


يلاحظ أنه بينما تنعرج الأشعة الضوئية عن صف واحد من الفتحات، تنعرج الأشعة السينية عند عدة مستويات من الذرات في بلورة معينة.

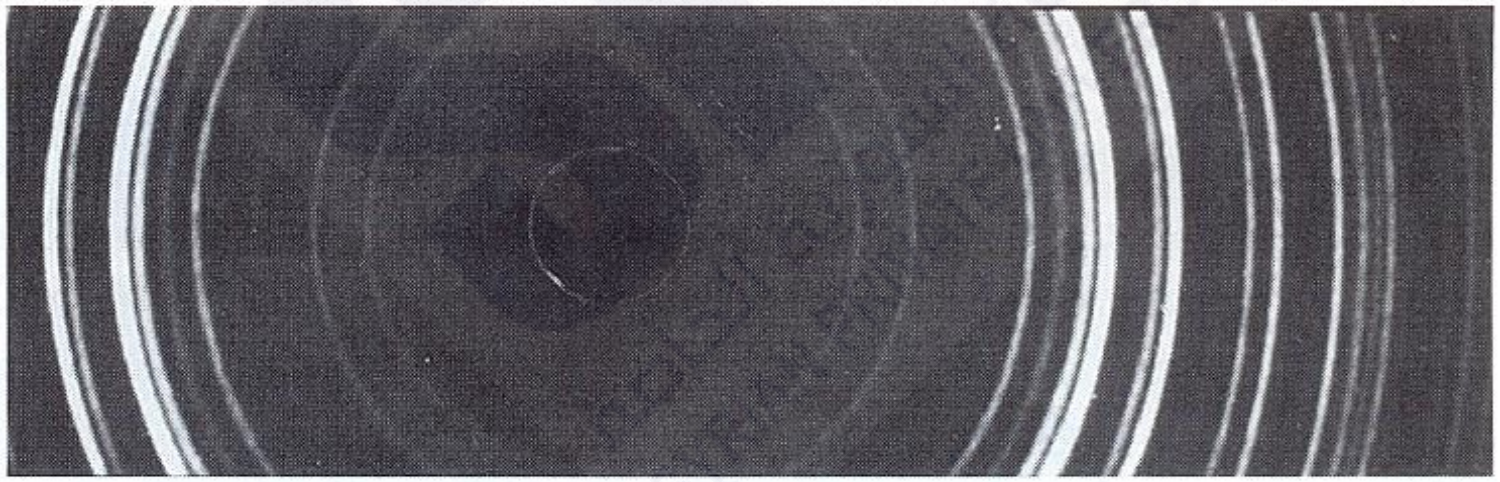
# نموذج بسيط لانعراج الأشعة السينية

(a) نموذج انعراج الأشعة السينية عن مادة متعددة التبلور

(b)مجموعة من الحلقات الدائرية لأستوأسيتات الصوديوم المتعدد التبلور.

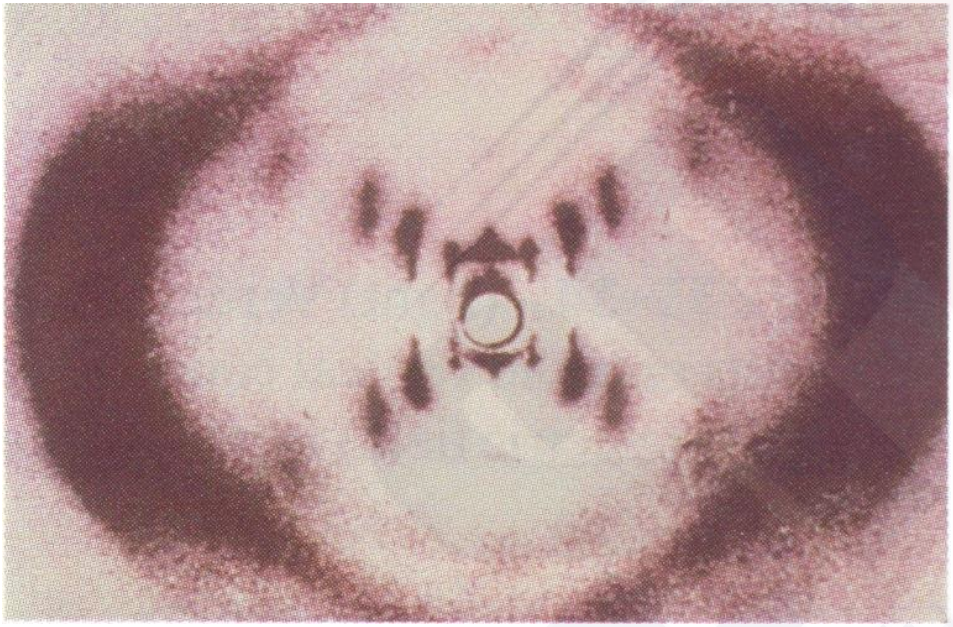



(a)

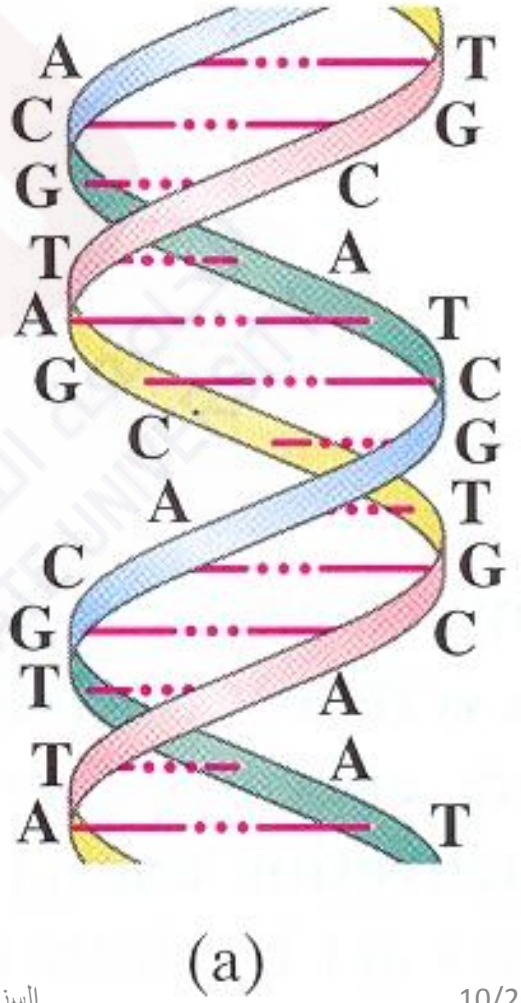


(b)

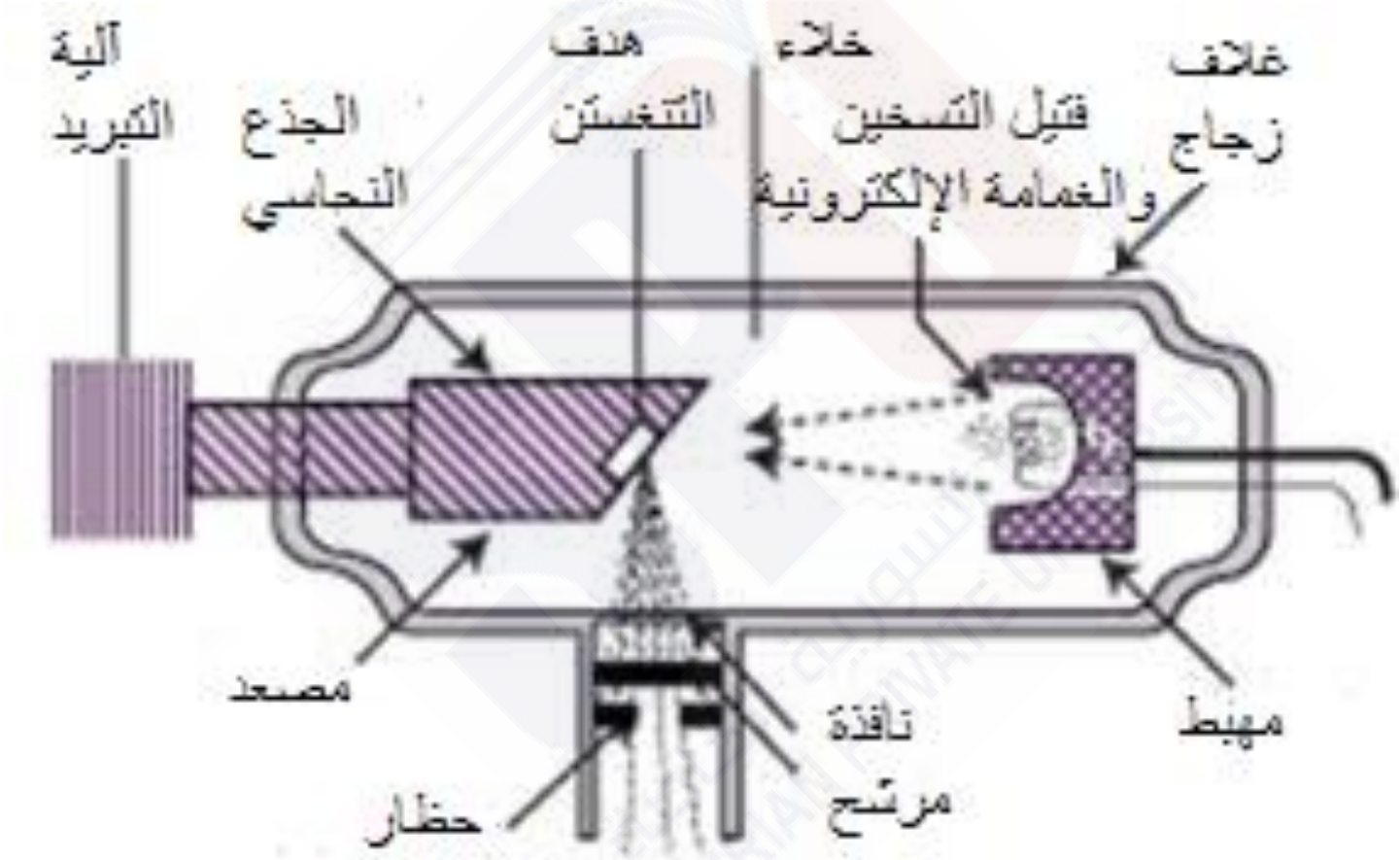
# الأشعة السينية والـ DNA



مقطع في لولب الدنا المضاعف



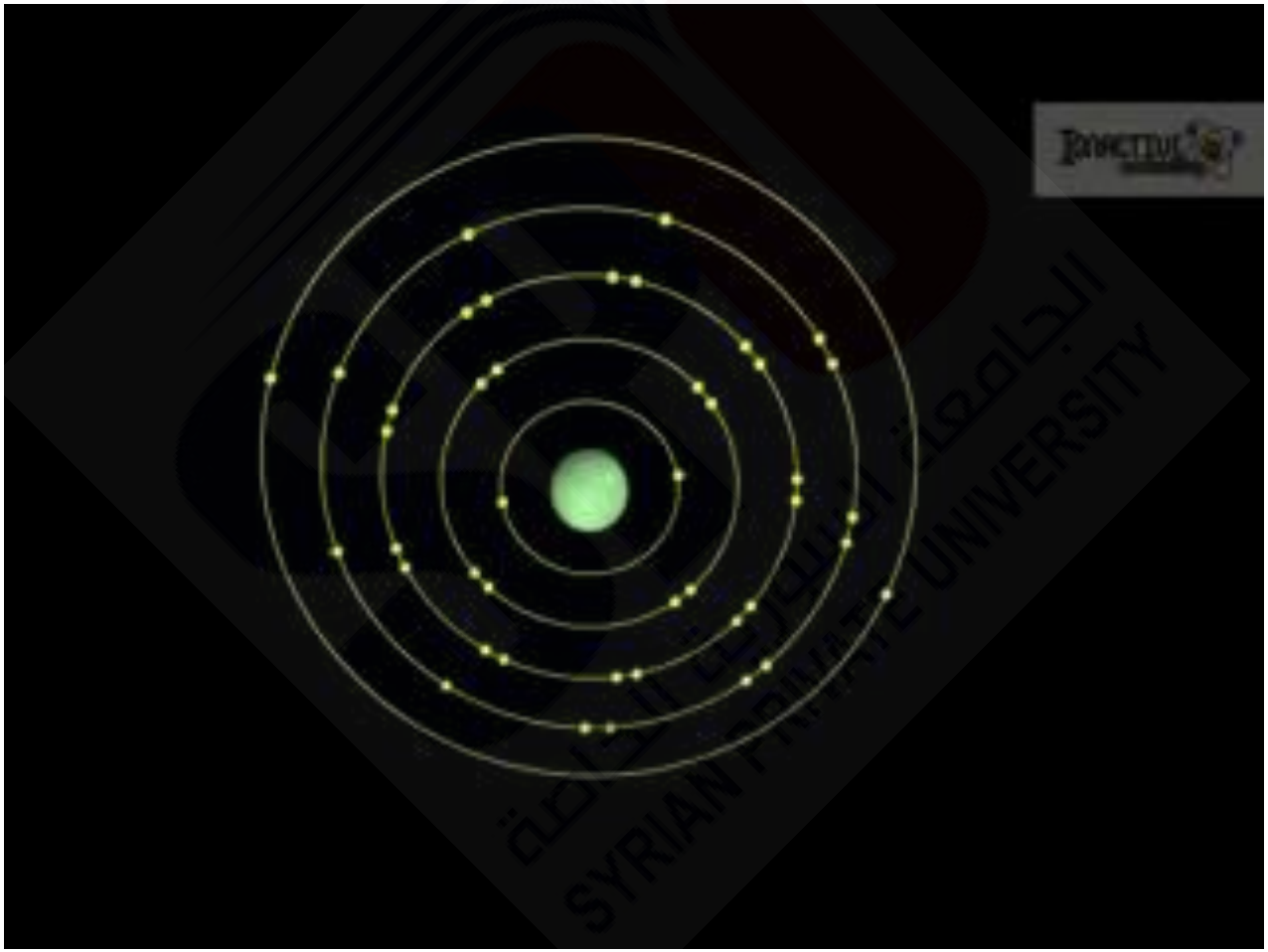
# التصوير بالأشعة السينية




**صمام الأشعة السينية**

# بنية أنبوب الأشعة السينية

# آلية توليد الأشعة السينية



# طبيعة الأشعة السينية وخصائصها

- شكل من أشكال الإشعاع الكهرطيسي. تقع طاقة فوتوناتها بين $10^{2}eV$ و$10^{5}eV$، وأطوالها الموجية بين $10^{-9}m$ و$10^{-12}m$.
- لا تبدي الأشعة السينية ظاهرتي الانعراج والتداخل باستخدام شبكات انعراج عادية حيث التباعد بين الفتحات $10^{-6}m$.
- تتخامد حزمة الأشعة السينية لدى عبورها الجسم بمفعولات مختلفة تبعاً للطاقة التي تحملها وفق العلاقة $I_x = I_0 e^{-\mu x}$
- طيف طاقة الأشعة السينية متعدد الألوان (متعدد الأطوال الموجية.

1- نذكر بانعراج الأشعة السينية في البلورات حيث تكون الأبعاد بين الذرات التي تؤدي دور الفتحات في شبكة الانعراج أصغر بكثير من أبعاد الفتحات في شبكات الانعراج العادية.

2- نذكر الطالب باختصار بعمليات التحويل من المتر إلى المكرومتر وإلى النانومتر وإلى الأنغستروم وبالعكس ليتسنى للطالب إدراك مرتبة أبعاد الفتحات في كل من شبكة الانعراج والبلورة والطول الموجي لكل من الأشعة السينية والضوئية.

•

3- نذكر بمفعولات تخامد الأشعة السينية في الجسم

- بالمفعول الفوتوكهربائي في حالة الطاقات المنخفضة
- وبمفعول كومتن في حالة الطاقات المتوسطة (التذكير باستخدام هذا المفعول في الكشف عن هشاشة العظام))
- وبمفعول توليد الأزواج في حالة الطاقات المرتفعة.

# طبيعة الأشعة السينية وخصائصها

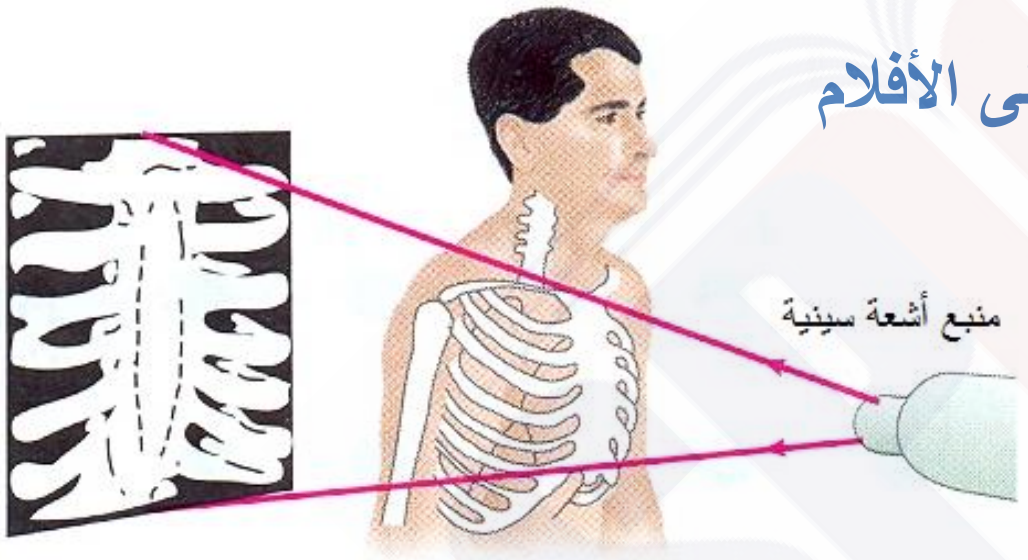
- تتسبب في اسوداد مستحلبات فلم التصوير الضوئي.
- تؤدي إلى تأيين الغازات التي تعبرها.
- تنتشر وفق خطوط مستقيمة وفي سائر المناحي.
- تتخامد حزمة الأشعة السينية، طردياً مع مربع بعدها عن المنبع.

1-يطلب من الطلاب العودة للكتاب للتعرف، بالاعتماد على قانون التخامد الهندسي للأشعة، على أساليب الوقاية من الإشعاع الرئيسي ومن الإشعاع الناجم عن الانتشار.

2-الإشارة إلى مرور التخامد الهندسي للأشعة الكهرطيسية بدلالة البعد في الفصل الأول من الكتاب وسيمر معنا مرة أخرى في لدى الحديث عن التخامد الهندسي للأمواج فوق الصوتية في فصل الحركات الاهتزازية والموجية (الفصل15)

# التقنيات الشعاعية وخصائص الصورة الشعاعية

## التصوير الشعاعي التقليدي على الأفلام




حيث يكون مسقط العظام على الفلم أبيض اللون نظراً لأن العظام توقف الأشعة السينية فلا تبلغ الفلم لتسوده، ويكون مسقط النسج الرخوة على درجة من الرمادية بين الأبيض والأسود تبعاً لشدة امتصاصها للأشعة السينية . بقدر ما تكون أكثر امتصاصاً للأشعة السينية (أو بقدر ما يكون تخامد الأشعة السينية فيها أعلى) يكون مسقطها على الفلم درجة من الرمادية أقرب إلى البياض. ما يزال التصوير الشعاعي التقانة الأكثر شيوعاً لجودة صورها وضعف جرعاتها مع إمكان الاحتفاظ بها.

# آلية التصوير الشعاعي التقليدي بالأشعة السينية

# التقنيات الشعاعية

- **التنظير الشعاعي التقليدي والمتلفز**

- يستخدم التنظير الشعاعي التقليدي شاشة متفلورة تحدث صورة مضيئة بتأثير الأشعة السينية، في حين أن التنظير الشعاعي المقترن بمضخم للسطوع يسمح بتخفيض الجرعة وبدراسة بنى الجسم ديناميكياً (حركة أعضاء الجسم)، وفي وضح النهار (المتلفز) .

- وقد ظهرت تقنيات تصوير أخرى تكمل تقنيات الأشعة السينية

- تجدر الإشارة بأنه سيتم تناول طريقة التصوير بالرنين المغنطيسي التي تضاهي صور الأشعة السينية بالمقدرة الفاصلة ويقال إن صورة التقنيتين تشريحية، أي يمكن فيهما التمييز بين النسج بوضوح .

# التصوير الرقمي المتلفز

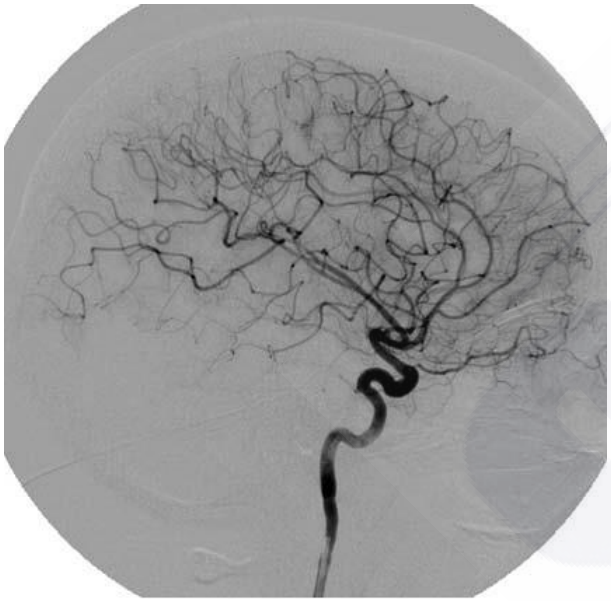
وهي تقانة حديثة، يعاد فيها التقاط الصورة المتشكلة على شاشة مضخم السطوع الثانوية عن طريق محوِّل converter تمثيلي analogic/ رقمي digital يقوم بتعيين رقم لكل نقطة منها.

تسمح الأجهزة الحالية بتمثيل ما يزيد على مئتي قيمة للسطوع (درجة رمادية) بين الإضاءة العظمى والظلام.

يبلغ عدد عناصر الصورة نحو 250,000 pixel (يمثل عدد عناصر مصفوفة الصورة)،

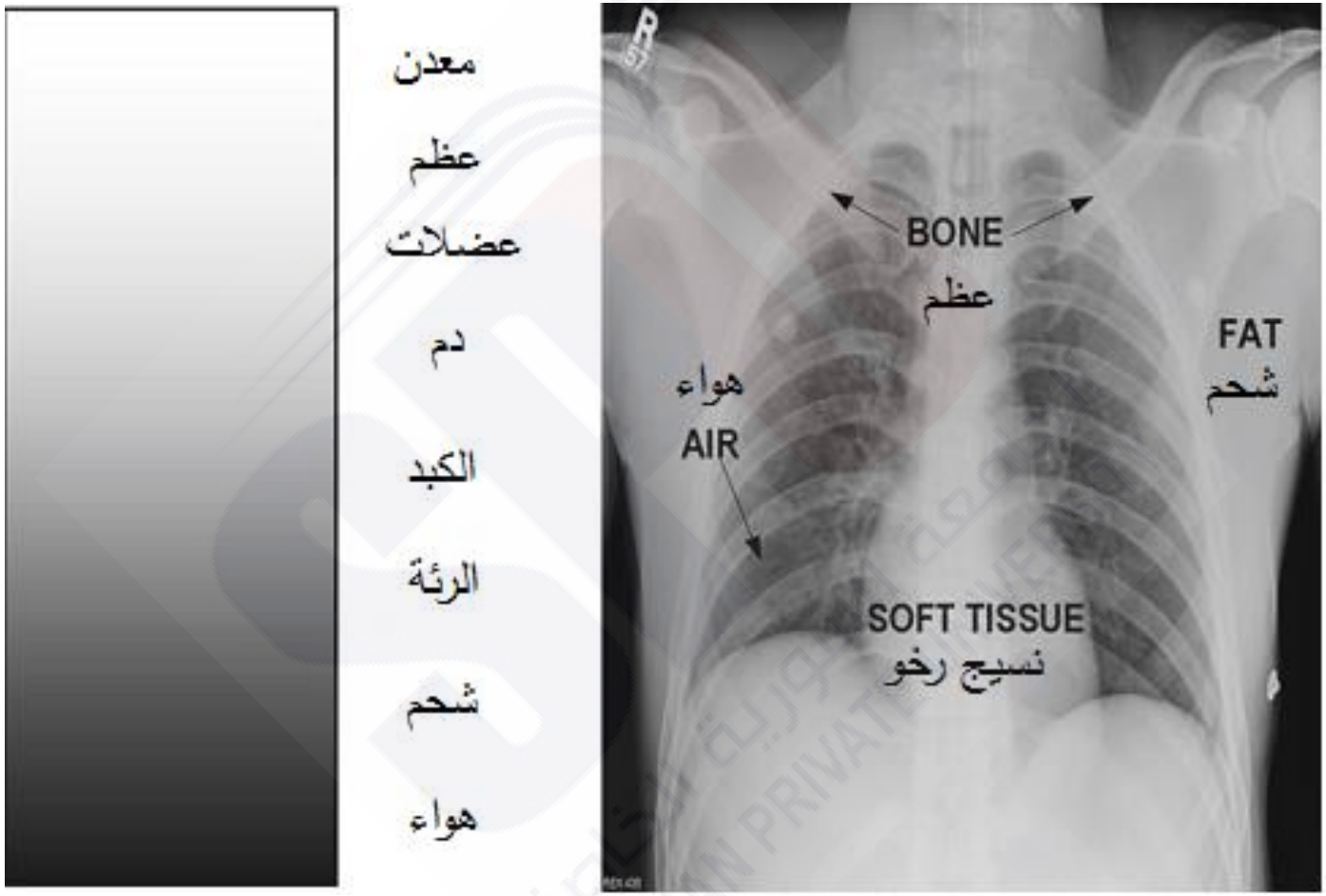
يذكر أن البكسيل pixel يعني عنصر صورة وهي اختصار للعبارة picture element.

**التصوير الوعائي الرقمي**



**نموذج لصورة وعائية تم الحصول عليها بالطرح الرقمي.**

# الكثافات الشعاعية




صورة تظهر الكثافات الأساسية الأربع.

1- استعراض الكثافات الشعاعية المختلفة في الجسم ومقابلاتها على سلم الرماديات إلى اليسار (في الشكل) والتلميح إلى أن الكثافة الهوائية يميل مسقطها إلى السواد بينما يميل مسقط الكثافة العظمية إلى البياض وتقع كثافات بقية النسج بين الكثافتين الهوائية والعظمية.

# عيوب تقانات التصوير التقليدية

1- أن الصور الحاصلة تتضمن مساقط لمختلف النسج التي تمر بها الأشعة السينية.
2- عدم تمييز أطر كل من برنشيم الكبد والطحال والكبد والبنكرياس أو الكليتين،
3- غياب التمييز بين المادة البيضاء والمادة السنجابية في الدماغ

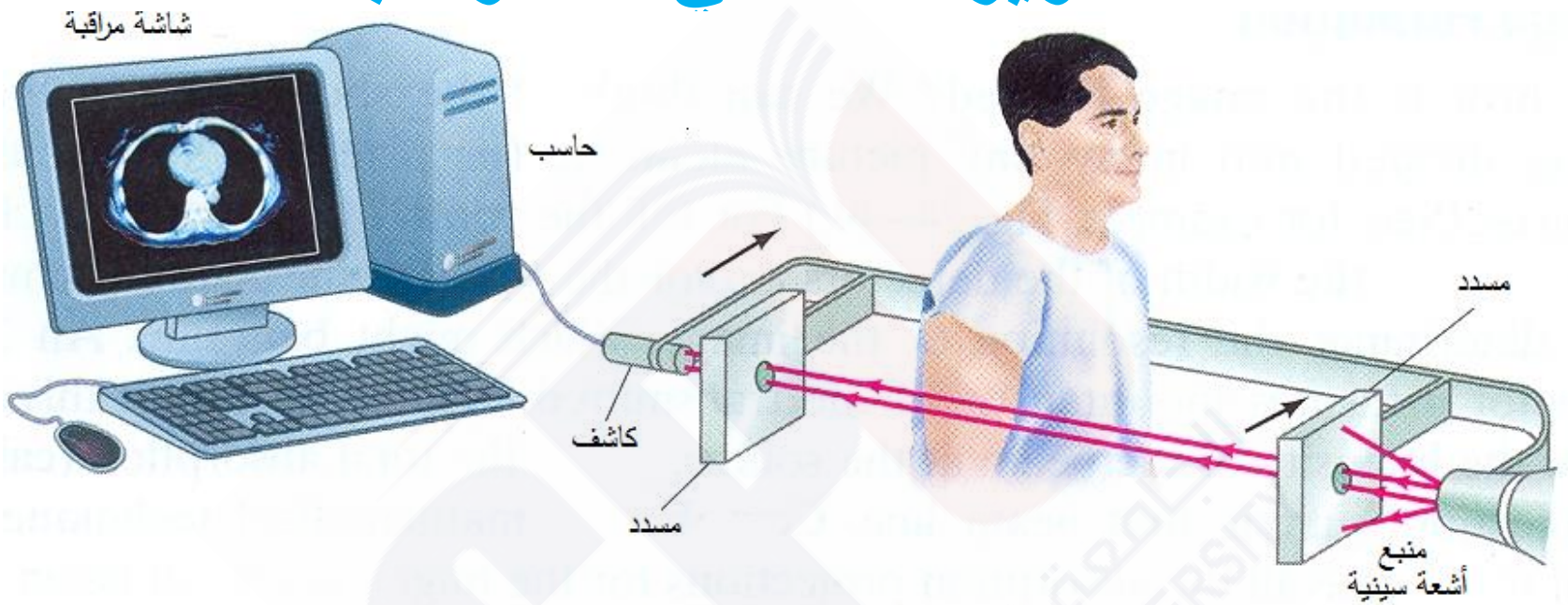
- نشير إلى تطور علم الأشعة في آفاق مدهشة، فقد كان يستبدل بالأشعة السينية، تدريجياً، وسائل استكشاف أخرى
- كالأمواج فوق الصوتية
- أوالتجاوب المغنطيسي النووي.

# للتخلص من عيوب تقانات التصوير التقليدية

1- أمكن الحصول على صور لمقاطع في الجسم بتدوير جملة أنبوب الأشعة السينية وفلم التصوير الشعاعي في اتجاهين متعاكسين عند مستوي نقاط الجسم التي يكون فيها تركيز الأشعة السينية هو الأكبر، ولكن الصور الحاصلة كانت مشوشة.

2- مما دعا إلى الاستعانة بالحاسوب ومعالجة الصور بمرشحات حاسوبية مناسبة لتحسين الصور فظهر محله التصوير المقطعي المحوسب.

# التصوير المقطعي المحوسب




1-يزودنا التصوير المقطعي المحوسب بمقاطع عرضانية، البنى التشريحية فيها واضحة، وتبايناتها كافية لرؤية أطر الأعضاء .

2- كما ظهر تصوير الصدى الذي يظهر أطر كل من برنشيم الكبد والطحال والكبد والبنكرياس أو الكليتين،

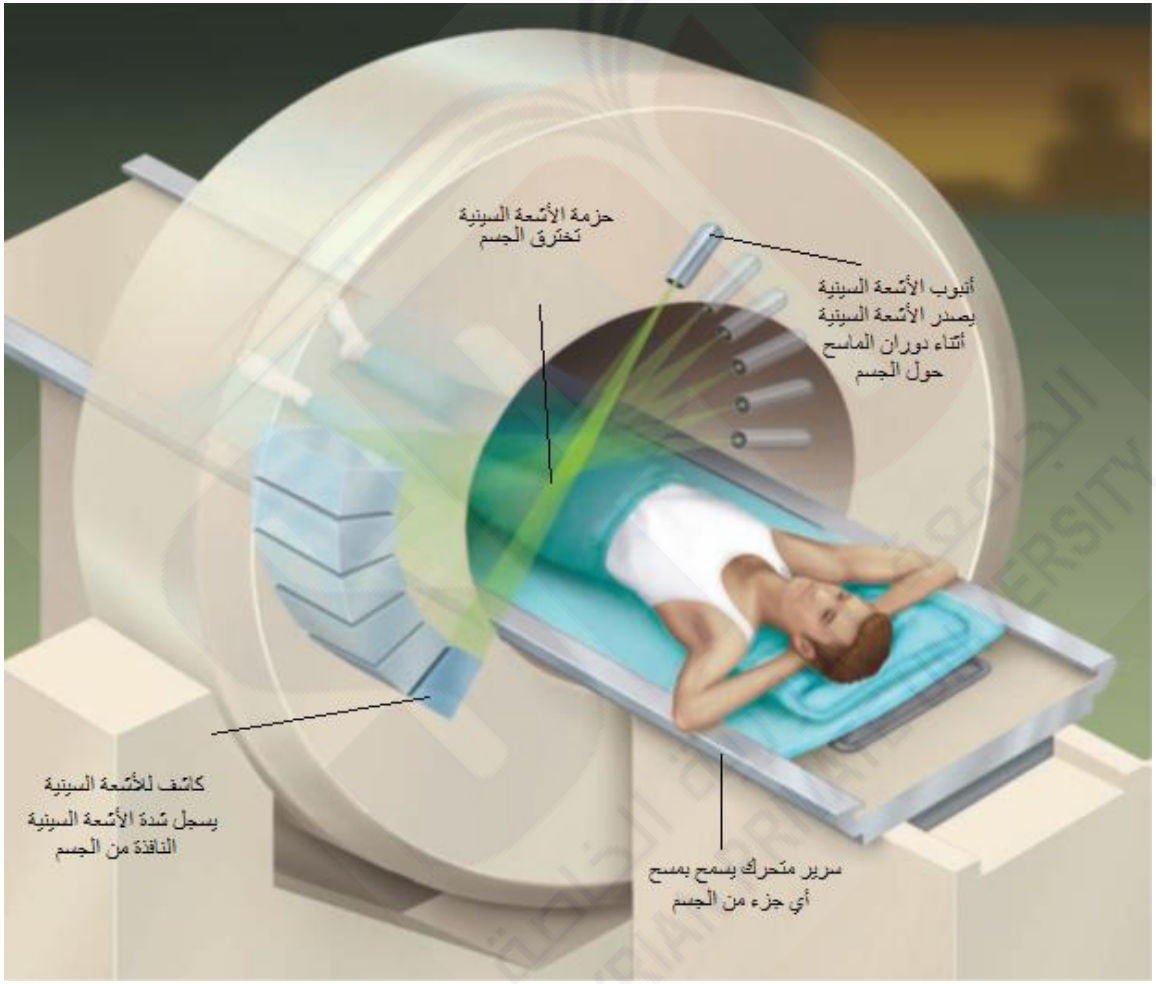
3- كما ظهر تصوير التجاوب المغنطيسي النووي الذي يزودنا بصور ثلاثية الأبعاد أكثر غنى وأكثر تبايناً.

1- نستعرض بسرعة مكونات أجهزة التصوير المقطعي وهي: حزمة ضيقة للأشعة السينية وكاشف في الجهة المقابلة لمسح المقطع المراد تصويره ومنظومة لمعالجة البيانات التي يسجلها الكاشف والحصول على صورة المقطع.

2- يمكن تطبيق التصوير المقطعي المحوسب أيضاً على التصوير بالأمواج فوق الصوتية وعلى إصدارات النظائر المشعة (في الطب النووي-في الفصل13) وعلى التجاوب المغنطيسي النووي.

3- الإشارة إلى أن التصوير بالصدى يدرس في الفصل السابع عشر وتصوير التجاوب المغنطيسي النووي يدرس في الفصل الثاني والعشرين.

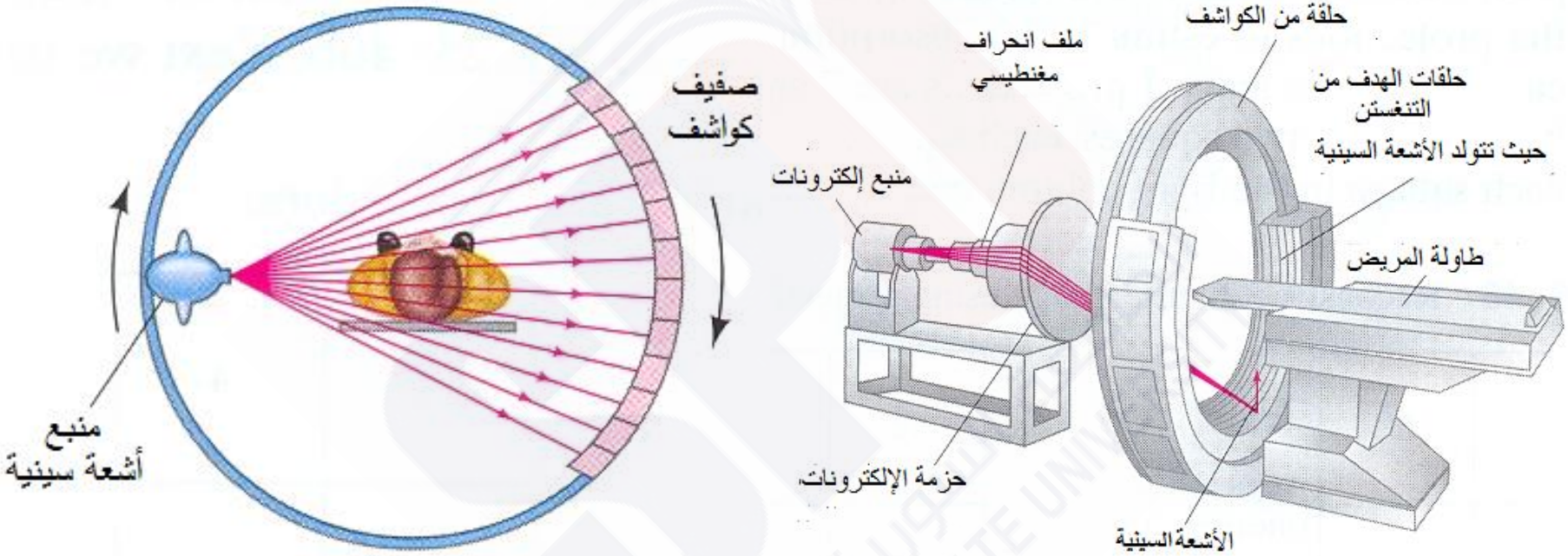
# التصوير المقطعي المحوري




**الماسح المستخدم في التصوير المقطعي المحوسب.**

1- نشير إلى أن التصوير يتم بمسح المقطع المراد تصويره بإجراء حركة دورانية على حزمة الأشعة السينية والكاشف.

# التصوير المقطعي المحوري




في نوع آخر للماسح، يتم توجيه حزمة من الإلكترونات من المنبع بحقول مغنطيسية نحو أهداف من التنغستن (مصاعد) تحيط بالمريض.

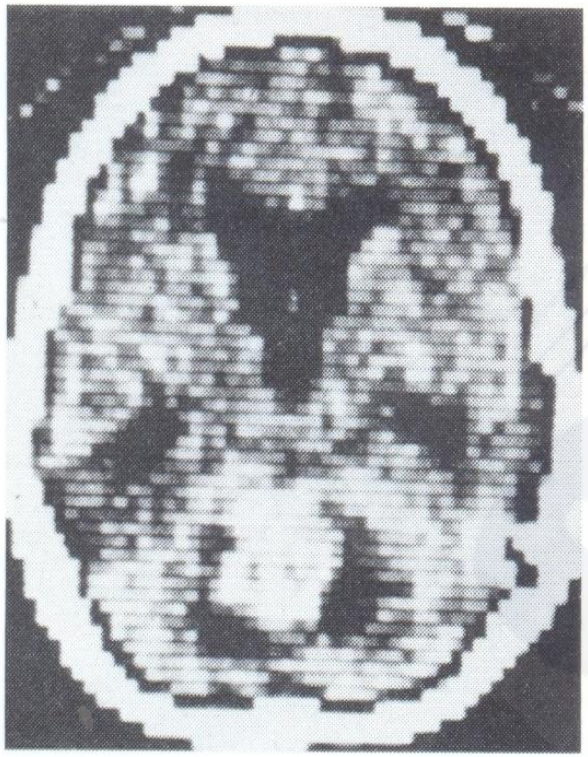
ماسح ذو حزمة مروحية. إذْ تقاس الأشعة النافذة من كامل المقطع في الوقت نفسه عند كل زاوية. يدور كل من المنبع والكاشف لأخذ قياسات عند زوايا مختلفة.

1- الإشارة إلى استخدام حزمة مروحية من الأشعة السينية ومجموعة من الكواشف (الشكل إلى اليسار) يؤدي إلى تسريع مسح المقطع المراد تصويره ومن ثم سرعة الحصول على بيانات المقطع الذي تم مسحه وبالتالي سرعة الحصول على الصورة .

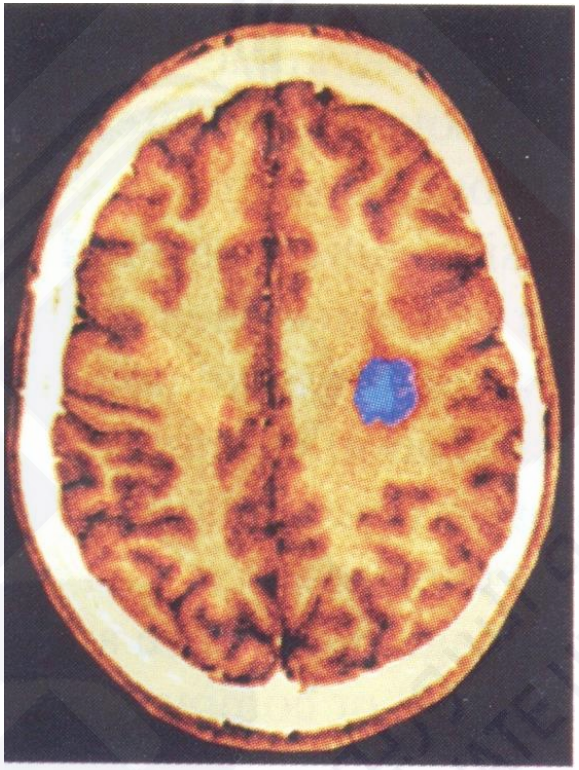
2- الإشارة في الشكل الأيمن إلى غياب الحركة الميكانيكية لكل من أنبوب الأشعة السينية والكواشف تماماً وإن اتجاه حزمة الإلكترونات التي تسقط على المصعد هو الذي يتم تغييره ومن ثم تغيير الموقع الذي تصدر منه حزمة الأشعة (على المصعد) ومن ثم سرعة كبيرة في الحصول على صور لمقاطع متتالية.

3- الإشارة إلى أنه سيتم استعراض تطور أجيال التصوير المقطعي نحو تزايد سرعة الحصول على الصورة.

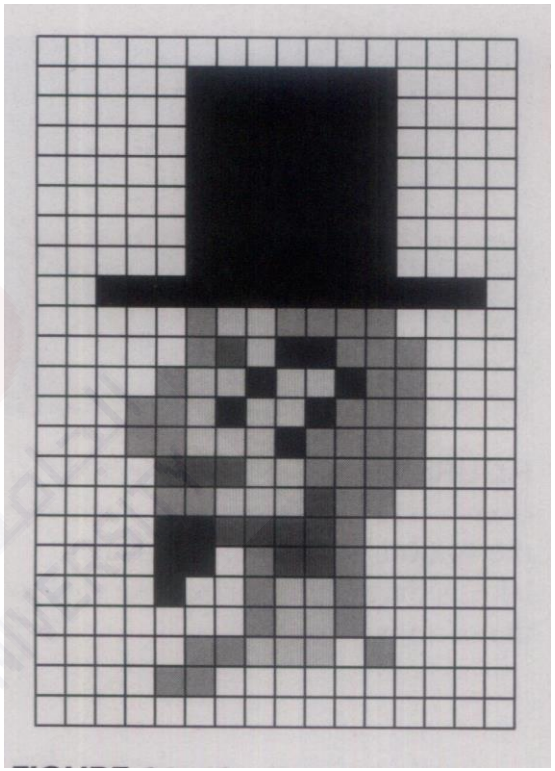
# التصوير المقطعي المحوري



(a)



(b)



مثال لصورة مؤلفة من عدد كبير من المربعات أو البكسلات الصغيرة والعديدة، ولو أن المقدرة الفاصلة لهذه الصورة هزيلة.

## تشكل الصورة

1- يتم تشكيل الصورة بتقسيم المقطع الذي تمسحه حزمة الأشعة السينية إلى عناصر حجمية (فوكسيلات) Volume Elements (VOXELs)، وتعيين مقدار التخامد في كل عنصر حجمي وتحويل كل عنصر حجمي إلى عنصر صورة PIXEL على شاشة تلفزيون أو حاسب بإعطائه درجة من الرمادية بين الأبيض والأسود تبعاً لمقدار التخامد في العنصر الحجمي. وبقدر ما يكون عدد عناصر الصورة أكبر تكون المقدرة الفاصلة للصورة أعلى وهي ظاهرة يعرفها الشباب من دون دراسة من خلال تعاملهم مع الموبايلات وأجهزة التصوير الرقمية.

2- نجد أن المقدرة الفاصلة للصورة إلى اليسار ضعيفة حيث تظهر فيها عناصر الصورة، بينما الصورة في الوسط تدل على مقدرة فاصلة عالية، وتظهر في الشكل الأيمن بشكل واضع الطبيعة التربيعية للصورة.

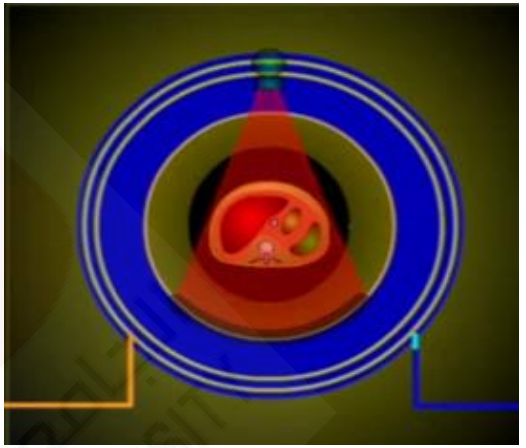
# كيفية الحصول على التخامد في العنصر الحجمي

- يتم الحساب بالاستعانة بالإلكترونيات المكروية والخوارزميات الرياضية .
- الخوارزميات

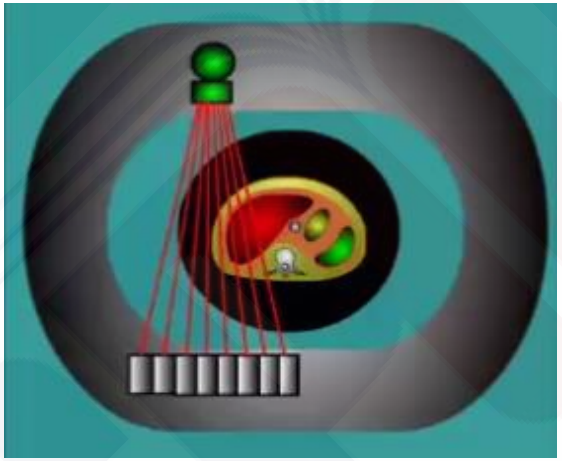
– خوارزمية الحساب المصفوفي. يستغرق تنفيذها وقتاً كبيراً لأنه لا يبدأ الحساب بها إلا بعد أخذ كل القياسات

– خوارزمية تابع التلاف Convolution Function وهي سريعة التنفيذ . إذ يبدأ الحساب بها فور حدث تقاطع بين وضعين مختلفين للأشعة السينية

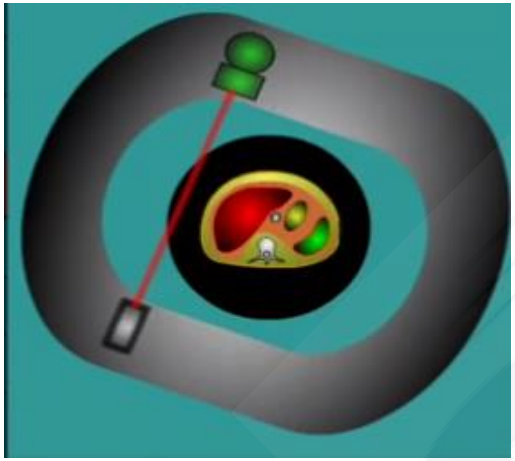
# تطور مقاييس الكثافة المقطعية (الماسح)



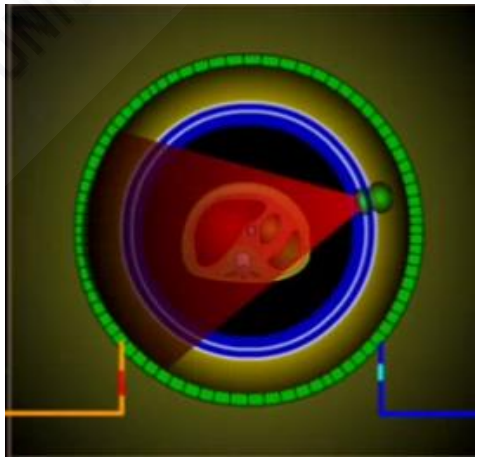
الجيل الثالث (حركة دورانية).



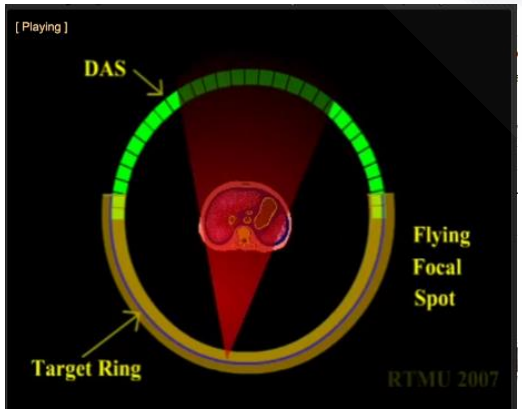
حركة دورانية وحركة انسحابية جزئية - ماسح الجيل الثاني

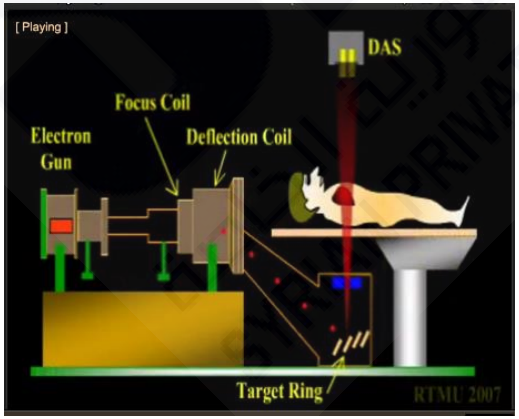


الحركة الانسحابية الدورانية في ماسح الجيل الأول.



الجيل الرابع (حركة دورانية)



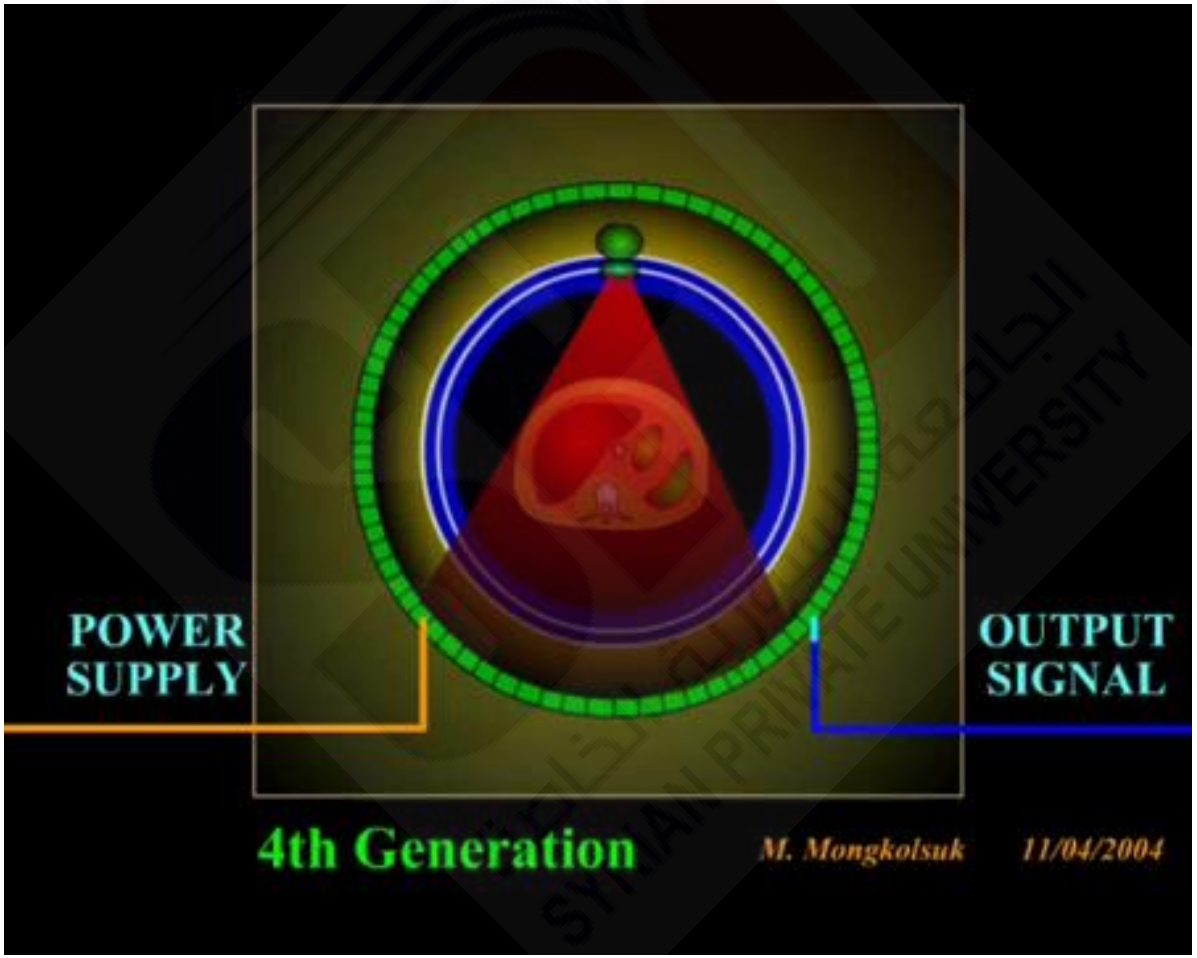

مبدأ الماسح السينمائي.

الجيل الأول يتألف من حزمة ضيقة من الأشعة السينية وكاشف واحد ويقوم بحركة انسحابية كبيرة وحركة دورانية ويستغرق وقتاً طويلاً ،

الجيل الثاني يتألف من حزمة مروحية ومجموعة من الكواشف يقوم بحركة انسحابية صغيرة وحركة دورانية ويستغرق وقتاً أقصر من الجيل الأول.

**الجيل الثالث يتألف من حزمة مروحية ومجموعة كواشف ويختصر الحركة الانسحابية ويقوم بحركة دورانية فقط ويستغرق وقتاً أقصر من سابقيه.**

الجيل الرابع يتكون من حزمة مروحية وحلقة ثابتة من الكواشف ويستغرق في المسح مدة أقصر.



الماسح السينمائي الذي يلغي الحركة الميكانيكية لأنبوب الأشعة السينية والكواشف ، ويعتمد على تغيير اتجاه حزمة الإلكترونات، ثم تغيير موقعها على المصعد وبالتالي تغيير الموضع من المصعد الذي تصدر منه حزمة الأشعة السينية وبالتالي الحصول على مقاطع متعددة.