



كلية العلوم الصحية

الأشعة الكهرطيسية

الدكتور المهندس يحيى لحفي

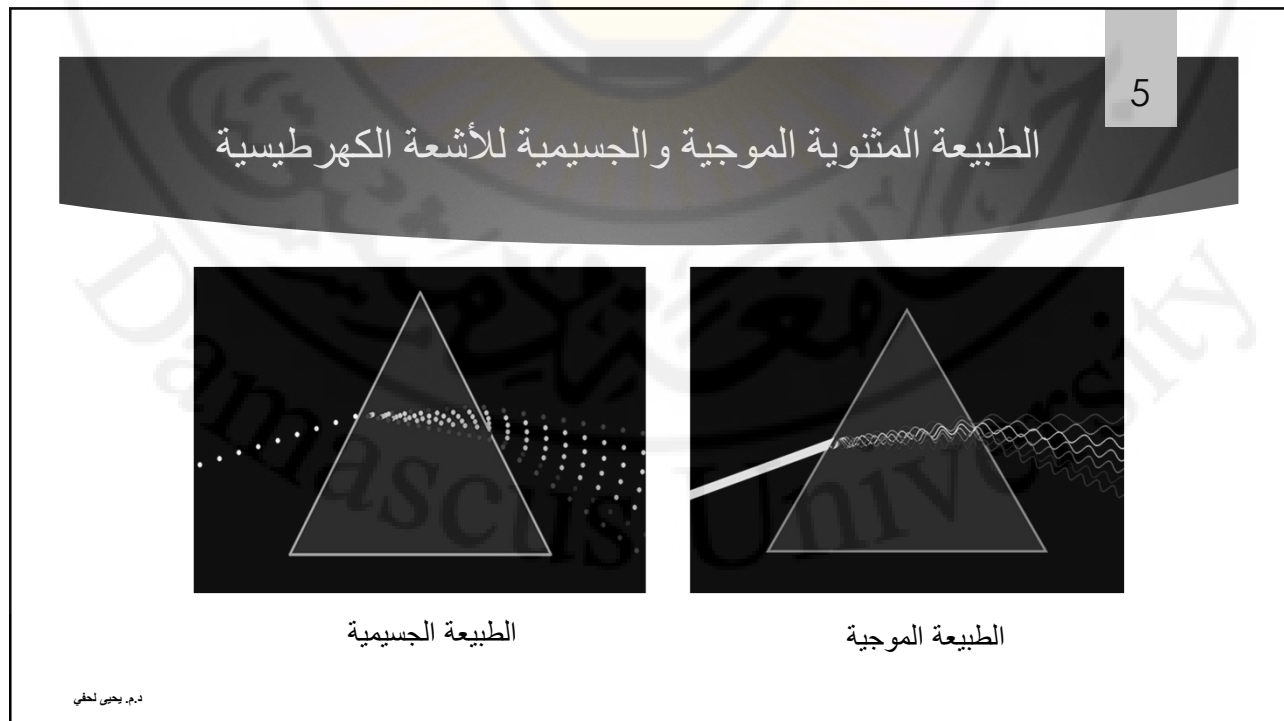
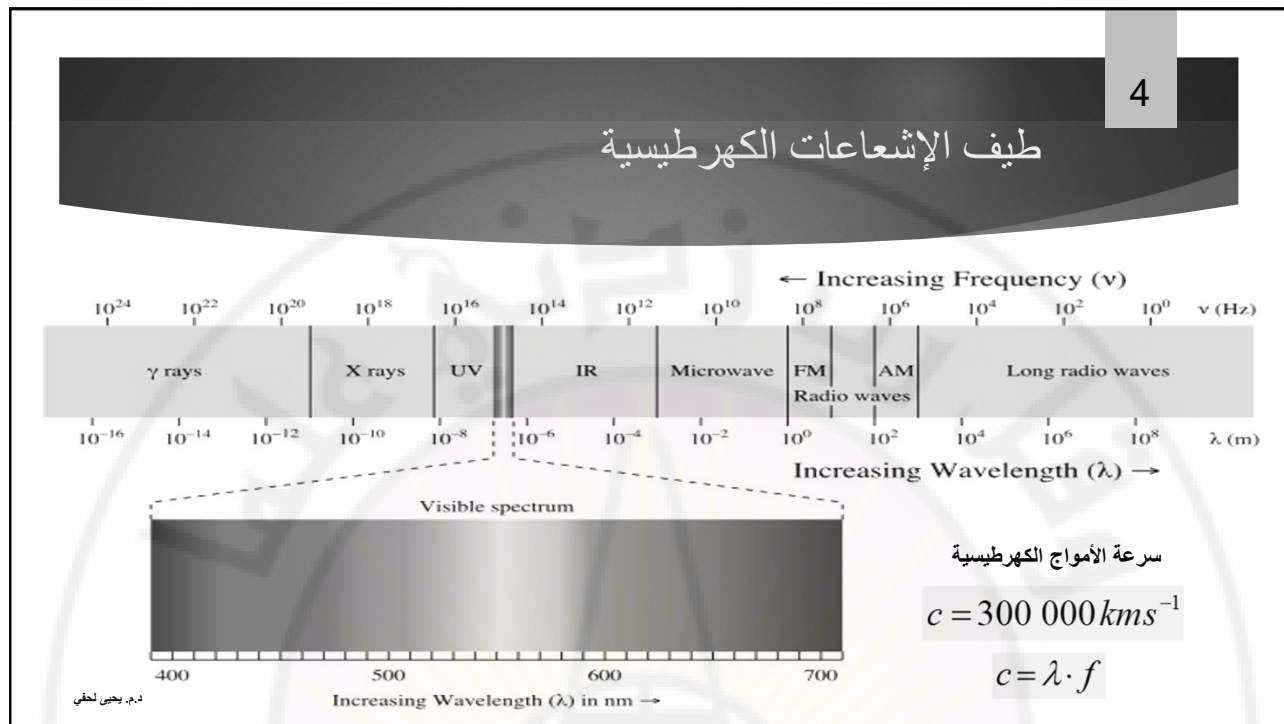
2022-2021

3

المحتوى

- ▶ الطبيعة المثنوية الموجية والجسيمية للأشعة الكهرطيسية
- ▶ الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية
- ▶ الطابع المثنوي الموجي الجسيمي للجسيمات المادية
- ▶ المجاهر الإلكترونية
- ▶ وحدات قياس الإشعاع الكهرطيسي
- ▶ تدفق الإشعاع الكهرطيسي
- ▶ معادلات مكسويل
- ▶ سرعة الأمواج الكهرطيسية (سرعة الضوء)
- ▶ خصائص الإشعاعات الكهرطيسية
- ▶ التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

د.م. يحيى لحفي



6

الطبيعة المثنوية الموجية والجسيمية للأشعة الكهرطيسية

► الجسيم:

► الموجة:

- يتمركز في موضع معين في لحظة معينة
- له خصائص محددة: كتلة – سرعة – طاقة....
- من ظواهرها: التصادم
- ليست متمركزة في نقطة معينة عند لحظة معينة
- تتميز بتواترها وطولها الموجي
- طاقتها موزعة في الفضاء وليست محصورة في مكان محدد
- من ظواهرها: التداخل والانعراج
- تصدر الأمواج الكهرطيسية عند تسارع الجسيمات المشحونة، وتكون سرعة انتشارها تساوي سرعة الضوء
- يمكن تمثيل الإشعاع وفقاً للطبيعة الموجية على شكل موجة كهرطيسية تنتشر في الخلاء في خط مستقيم وبسرعة الضوء

د.م. يحيى لحفي

7

العلاقة بين الطبيعة الموجية للإشعاعات الكهرطيسية وطبيعتها الجسيمية

► بحسب فرضية بلانك الكمية:

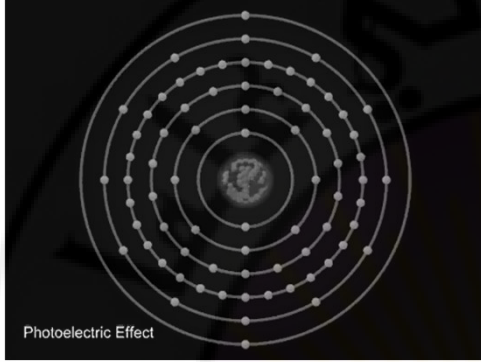
- لا تكون طاقة الإشعاعات الكهرطيسية عبارة عن كميات متصلة أو مستمرة بل إنها كمأة تصدر على شكل كميات صغيرة تدعى كم quantum ويطلق عليها اسم الفوتون.
- يسلك الفوتون سلوك الجسيمات المادية عند تفاعله مع إلكترونات المادة.
- ترتبط طاقة الكم الواحد بتواتر الإشعاع الكهرطيسي بالعلاقة: $E_{\min} = hf$
- حيث h هو ثابت بلانك ويساوي إلى $(h=6.626 \times 10^{-34} \text{ Joule.s})$
- تكون طاقة فوتونات الأشعة الكهرطيسية مضاعفات صحيحة للكمية hf

$$E_n = nhf$$

د.م. يحيى لحفي

8

العلاقة بين الطبيعتين الموجية والجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية



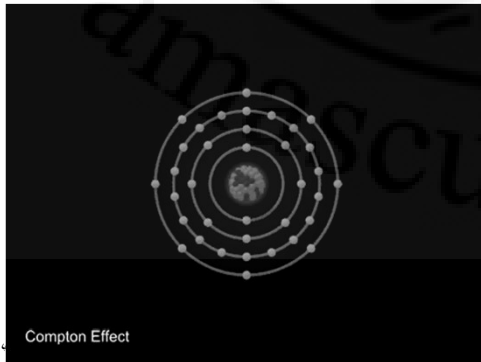
د.م. يحيى لحفي

- ▶ تمكن أينشتاين بالاعتماد على نظرية بلانك من تفسير المفعول الكهرضوئي حيث يشبه تفاعل الفوتونات مع الكثرونات المادة بالتصادم بين الجسيمات.
- ▶ عندما يمتص الإلكترون فوتوناً كاملاً، فإذا كانت طاقة هذا الفوتون أكبر من طاقة التأين أو مساوية لها فإن الإلكترون يتحرر من المادة.
- ▶ تزداد طاقة الفوتون بازدياد تواتره.
- ▶ نسمي أصغر قيمة للتواتر الكافي لتحرير الإلكترون بالتواتر الحرج f_0 وتدعى طاقة الفوتون عندها بطاقة التأين.

9

الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

- ▶ أكدت تجارب انتشار الأشعة السينية بمفعول كومبتون النظرية الجسيمية للإشعاع
- ▶ يكون تواتر الأشعة المنتشرة ذات تواتر أخفض قليلاً من تواتر الأشعة الساقطة



Compton Effect



10

مفعول كومبتون

▶ طاقة الفوتون $E = hf = hc / \lambda$ ▶ اندفاع الفوتون (كمية الحركة) $p = E / c$

$$p = hf / c = h / \lambda$$

▶ الاندفاع وفق النظرية التقليدية $p = mc$ ▶ بالمساواة بين علاقتي الاندفاع التقليدية والفوتونية نجد كتلة الفوتون $m = h / \lambda c$

▶ بتطبيق قوانين انحفاظ الطاقة والاندفاع، اشتق كومبتون المعادلة التالية لحساب طول موجة الأشعة المتناثرة

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

▶ ويدعى المقدار $h / m_0 c$ بطول موجة كومبتون (m_0 الكتلة السكونية للإلكترون) ويساوي إلى **0.0024 nm**

د.م. يحيى لحفي

11

مثال

▶ احسب الأطوال الموجية لانتثار أشعة سينية طول موجتها 0.14 nm عن شريحة رقيقة من الكربون عند الزوايا: 0، 90، 180؟

▶ الحل:

▶ عندما تكون الزاوية صفر فإن $\lambda' = \lambda = 0.140 \text{ nm}$ $\lambda = 0.140 \text{ nm}$ $\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$ ▶ عندما تكون الزاوية 90: $\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} = 0.140 \text{ nm} + \frac{6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 0.140 \text{ nm} + 2.4 \times 10^{-12} \text{ m} = 0.1424 \text{ nm}$ ▶ عندما تكون الزاوية 180: $\lambda' = \lambda + 2 \frac{h}{m_0 c} = 0.140 \text{ nm} + 2(0.0024 \text{ nm}) = 0.145 \text{ nm}$

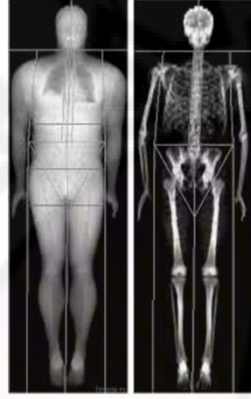
د.م. يحيى لحفي

12

الاستخدامات الطبية لمفعول كومبتون



د.م. يحيى لحفي



- يستخدم مفعول كومبتون في تشخيص مرض هشاشة العظام
- تنتشر الأشعة السينية عن ذرات الكالسيوم الموجودة في العظام
- تتناسب الشدة الكلية للإشعاع المنتثر مع الكثافة العظمية
- تدل التغيرات في كثافة العظام على هشاشة العظام

13

الطابع المثنوي الموجي الجسيمي للجسيمات المادية

- اقترح الفيزيائي الفرنسي دوبروي أن للمادة أيضاً طبيعة موجية بالإضافة إلى طبيعتها الجسيمية.
- اندفاع الطبيعة الموجية $p = h / \lambda$
- بالمبادلة بين موقعي الطول الموجي والاندفاع $\lambda = h / p = h / m v$ وتدعى بطول موجة دوبريه
- ينخفض الطول الموجي الذي يرافق الإلكترونات المسرعة كلما ازدادت سرعتها
- وجد تجريبياً أن الطول الموجي للإلكترونات التي تتحرك بالسرعة 5.9×10^6 m/s يكون من مرتبة واحد انغستروم $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ وهو من مرتبة البعد بين الذرات في بلورة معينة.
- أدت فكرة الطبيعة الموجية للإلكترونات إلى تصميم المجاهر الالكترونية ذات التكبير العالي نظراً لقصر الطول الموجي للإلكترونات مقارنة بالطول الموجي للضوء المرئي في المجاهر الضوئية.

د.م. يحيى لحفي

14

المجاهر الإلكترونية

- ▶ تقدر أصغر مسافة من الجسم يمكن تمييزها بالمجهر الضوئي (وتدعى بمقدرة الفصل) بنصف طول موجة الضوء
- ▶ يمكن للمجهر الضوئي أن يميز مسافات تقدر بنحو 200nm (طول موجة الضوء 400nm).
- ▶ يمكن زيادة مقدرة الفصل باستخدام ضوء فوق بنفسجي (طول موجة أقصر من 200nm)
- ▶ من أجل زيادة مقدرة الفصل يمكن بسهولة جعل الطول الموجي المرافق للإلكترونات المسرعة (بواسطة فرق جهد كهربائي مقداره 37.4V) نحو 0.2nm).
- ▶ تتحدد المقدرة الفاصلة في المجاهر الإلكترونية بالعدسات الكهروستاتيكية المستخدمة في التحكم بحزمة الإلكترونات وتشكيل الصورة.

د.م. يحيى لحفي

15

المجاهر الإلكترونية

- | | | |
|---|---|---|
| Scanning Tunneling microscope (STM) | Scanning Electron Microscope (SEM) | Transmission Electron Microscope (TEM) |
| ▶ يعتمد على مفعول العبور النفقي للإلكترونات | ▶ تجمع حزمة إلكترونات في نقطة على العينة | ▶ تعبر حزمة الإلكترونات العينة فتنتثر عنها |
| ▶ يولد فرق كمون (10 mV) بين رأس مدبب دقيق جداً (بشكل مثالي لا يتضمن إلا ذرة واحدة) وسطح العينة تبعد مسافة نانومترية وضمن جو من الخلاء | ▶ تعمل على اخراج إلكترونات ثانوية من العينة والتي تجمع بواسطة كاشف وتعد وتلقم للحاسب | ▶ يعاد تجميع الإلكترونات في نقطة على شاشة بعدسة مغناطيسية لتشكل خيال حقيقي للعينة |
| ▶ تجتاز الإلكترونات حاجز الكمون بالعبور النفقي | ▶ يتم مسح العينة عن طريق حرف حزمة الإلكترونات الأولية بواسطة سلسلة من الملفات الكهربائية. | ▶ يستخدم فقط في العينات الرقيقة والتي لا تزيد عن 100nm (حتى لا تتخاد الإلكترونات في العينة) |
| ▶ يولد صورة لتضاريس السطح | ▶ مقدرة الفصل نحو 10nm | ▶ مقرة الفصل تصل حتى 0.2nm |
| | ▶ لا يحتاج إلى عينات رقيقة | |

د.م. يحيى لحفي

16

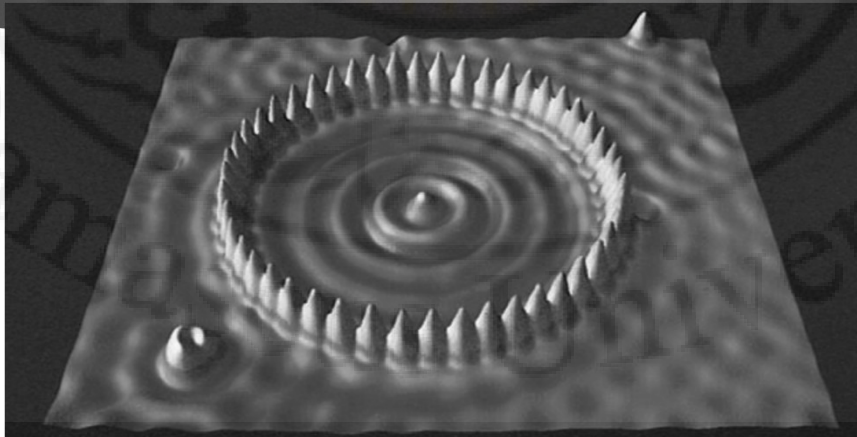
المجهر الماسح الإلكتروني SEM

Scanning Electron Microscope

د.م. يحيى لحفي

17

مجهر المفعول النفقي الماسح STM



صورة بمجهر المفعول النفقي الماسح لسبياج كمومي مكون من 48 ذرة من الحديد، قطره 7.13nm على سطح رقاقة من النحاس، يحتبس الإلكترونات داخله، فتظهر الموجة الإلكترونية المستقرة داخل السبياج.

د.م. يحيى لحفي

18

وحدات قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي

- ▶ لا يمكن التعبير عن طاقة الجسيمات الذرية بالجول نظراً لصغرها
- ▶ تستخدم وحدة الإلكترون- فولت وهي الطاقة الحركية التي يكتسبها الإلكترون المسرع في حقل كهربائي يولده فرق جهد كهربائي مقداره فولت واحد $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joul}$
- ▶ تستخدم مضاعفات الإلكترون-فولت:

$$1\text{KeV} = 10^3 \text{ eV} \quad \text{الكيلو إلكترون فولت}$$

$$1\text{MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1000 \text{ KeV} \quad \text{الميغا إلكترون فولت}$$

$$1\text{GeV} = 10^9 \text{ eV} = 1000 \text{ MeV} \quad \text{الجيغا إلكترون فولت}$$

- ▶ يستخدم الإلكترون فولت للتعبير عن طاقة الجسيمات غير المشحونة أيضاً وكذلك الفوتونات

د.م. يحيى لحفي

19

العلاقة بين الطبعيتين الموجية والجسيمية للإشعاعات الكهرومغناطيسية

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{▶ إذا كان تواتر الضوء } f \text{ وطول موجته } \lambda \text{ فإنه:}$$

$$(1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joul})$$

$$(1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m})$$

$$E(\text{eV}) = \frac{hc}{\lambda 10^{+10} \text{ Å} \cdot 10^{-10} \cdot 1.6 \times 10^{-19}} \quad \Rightarrow \quad E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{Å})}$$

د.م. يحيى لحفي

20

العلاقة بين الطبيعتين الموجية والجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

أمثلة: احسب طاقة الفوتونات ذات الأطوال الموجية التالية: $1 \text{ \AA}$, 1 nm , 10 nm , $1 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})}$$

$$\lambda = 1 \text{ \AA} \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{1(\text{\AA})} = 12400 eV$$

$$\lambda = 1 \mu\text{m} \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{10000(\text{\AA})} = 1.24 eV$$

$$\lambda = 1 \text{ nm} \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{10(\text{\AA})} = 1240 eV$$

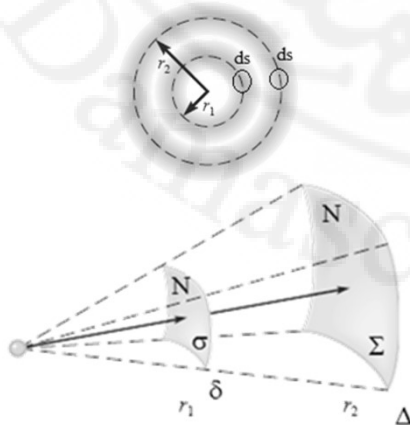
$$\lambda = 10 \mu\text{m} \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{100000(\text{\AA})} = 0.124 eV$$

$$\lambda = 10 \text{ nm} \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{100(\text{\AA})} = 124 eV$$

د.م. يحيى لحفي

21

تدفق الإشعاعات الكهرطيسية



- ▶ يصدر الإشعاع عن منبع مشع في اتجاهات الفراغ كلها يدعى ذلك بالإصدار الكروي
- ▶ تعرف شدة منبع الإشعاع بعدد الفوتونات التي يصدرها في وحدة الزمن
- ▶ يعرف كثافة تدفق الإشعاع بعدد الفوتونات التي تخترق سطحاً ما على مسافة معينة من المنبع في وحدة الزمن
- ▶ تتناسب كثافة تدفق الفوتونات في نقطة من الفراغ عكساً مع مربع المسافة الفاصلة عن منبع الإشعاع

د.م. يحيى لحفي

22

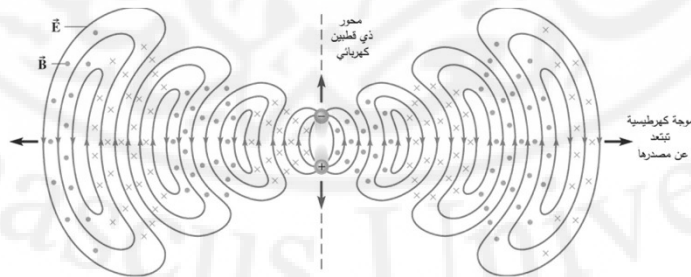
معادلات مكسويل

- جمعت معادلات مكسويل جميع القوانين الكهربائية والمغناطيسية المعروفة حتى عهد مكسويل بصورة موجزة:
- الشحنة الثابتة تولد حقلاً كهربائياً،
- الشحنة المتحركة بسرعة معينة تولد حقلين: كهربائياً ومغناطيسياً.
- الشحنة المسرعة فتولد حقلين كهربائياً ومغناطيسياً متغيرين يشكلان الأمواج الكهرومغناطيسية.
- إذا اهتزت الشحنة بتواتر f يكون للموجة الكهرومغناطيسية الناتجة التواتر نفسه.
- إذا توقفت الشحنة عن الاهتزاز، تكون الموجة الكهرومغناطيسية نبضة (موجة محدودة الأبعاد).
- وبالتالي إذا اهتز ثنائي الأقطاب الكهربائي فإن ذلك يولد حقلاً كهرومغناطيسياً

د.م. يحيى لحفي

23

معادلات مكسويل



- تمثل الخطوط الخضراء خطوط الحقل الكهربائي بينما تشير النقاط الأخرى إلى الحقل المغناطيسي
- تصدر خطوط الحقل من ذي القطبين وتنتشر مبتعدة عنه على شكل موجة كهرومغناطيسية.

د.م. يحيى لحفي

24

معادلات مكسويل

- قانون غاوس: إن الحقول الكهربائية تبدأ من الشحنات الموجبة وتتوقف في الشحنات السالبة
- قانون غاوس في المغناطيسية: لا يوجد أحادي قطب مغناطيسي والمغناطيس له قطبان شمالي وجنوبي، وتشكل خطوط الحقل المغناطيسي حلقات مغلقة دوماً.
- قانون فـرادي: يولد تغير الحقل المغناطيسي حقلاً كهربائياً.
- قانون أمبير- مكسويل: يولد تغير الحقل الكهربائي حقلاً مغناطيسياً.
- عندما تجمع معادلات مكسويل يكون حلها جيبياً لحقلين كهربائي ومغناطيسي متغيرين بدلالة المكان والزمان ويشكلان الأمواج الكهرومغناطيسية.
- لا يوجد موجة للحقل الكهربائي أو للحقل المغناطيسي على حدا.

د.م. يحيى لحفي

25

الهوائي والأمواج الكهرومغناطيسية



- يؤدي الحقل الكهربائي الموازي لهوائي (ذي القطبين الكهربائي) إلى اهتزاز الإلكترونات في الهوائي وتوليد تيار متناوب AC current فيه.
- أي أنه يجب توجيه الهوائي وفق الحقل الكهربائي للموجة ليكون الاستقبال أعظماً.
- يوجه الهوائي ذي القطبين المغناطيسي بحيث يمر الحقل المغناطيسي في مستوى الحلقة ويخرج منها، محرضاً فيها تياراً .

د.م. يحيى لحفي

26

سرعة الضوء

► لا تحتاج الأمواج الكهرومغناطيسية إلى وسط مادي لتنتشر فيه، وبالتالي يمكن من خلال معادلات ماكسويل حساب سرعة انتشارها في الخلاء كما يلي:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

حيث:

ϵ_0 : سماحية الفضاء الخالي الكهربائية

μ_0 : نفوذية الفضاء الخالي المغناطيسية

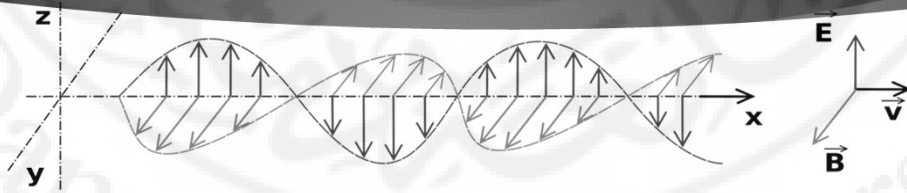
$$c = \frac{1}{\sqrt{(8.885 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2})(4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})}} = 3.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

► عندما ينتشر الضوء في وسط مادي تنخفض سرعته وفق العلاقة: $v = \frac{c}{n}$ حيث n قرينة انكسار الوسط

د.م. يحيى لحفي

27

خصائص الإشعاعات الكهرومغناطيسية



► تتكون من مركبتين إحداها لحقل كهربائي والأخرى لحقل مغناطيسي

► ليس لها كتلة سكونية (أو لها كتلة متناهية الصغر $m = h / \lambda \cdot f$)

► لا تحمل شحنة كهربائية (لا تنحرف بالحقل الكهربائي أو المغناطيسي)

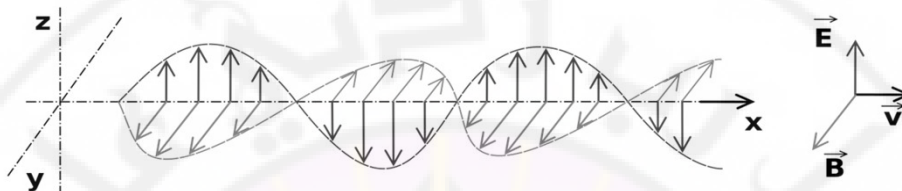
► تتميز بطبيعة جسيمية وتتألف من كموم الطاقة $E = hf$

► ذات طبيعة موجية تتميز بالتواتر f أو طول الموجة λ ويرتبط التواتر بطول الموجة بالعلاقة: $c = \lambda \cdot f$

د.م. يحيى لحفي

28

خصائص الإشعاعات الكهرطيسية



► تصنف أطيف الإشعاعات الكهرطيسية تبعاً لطريقة توليدها إلى:

- الأطيف المستمرة وتنتج عن هزات كهربائية ذرية كثيرة كسلوك متوهج
- الأطيف المتقطعة أو الذرية وهي التي تصدر عن الذرة نفسها على شكل كمات من الطاقة الضوئية.

د.م. يحيى لحفي

29

خصائص الإشعاعات الكهرطيسية

- تنتقل جميع الإشعاعات الكهرطيسية في الخلاء بسرعة الضوء
- يكون للحقلين الكهربائي والمغناطيسي تواتر الاهتزاز نفسه.
- يرتبط الحقلان الكهربائي والمغناطيسي فيما بينهما على النحو:

$$E(x, y, z, t) = cB(x, y, z, t)$$
- يوجد تناسب طردي بين الحقلين الكهربائي والمغناطيسي.
- الأمواج الكهرطيسية هي أمواج عرضانية.
- يهتز الحقلان الكهربائي والمغناطيسي في اتجاه متعامد مع اتجاه انتشار الموجة.
- تحمل الموجة الكهرطيسية وسطياً نصف طاقتها بحقلها الكهربائي والنصف الآخر بحقلها المغناطيسي.

د.م. يحيى لحفي

30

خصائص الإشعاعات الكهرطيسية

- ▶ يتعامد الحقلان الكهربائي والمغناطيسي أحدهما مع الآخر
- ▶ يتحدد اتجاه انتشار الأمواج الكهرطيسية بجداء المتجهين $\vec{E} \times \vec{B}$
- ▶ يعبر عن الحقل الكهربائي بالعلاقة:

$$E_z(y, t) = E_m \sin(ky - \omega t + \phi)$$
- حيث: E_m : سعة الحقل الكهربائي
- ▶ k : العدد الموجي ويساوي $k = 2\pi/\lambda$
- ▶ ω : التواتر الزاوي ويساوي $\omega = 2\pi f$
- ▶ ϕ : ثابت الطور
- ▶ سرعة انتشار الموجة تساوي إلى: $c = \lambda f = \omega/k$

د.م. يحيى لحفي

31

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- ▶ القوانين الأساسية:
- ▶ أدخلت تصحيحات لورينز النسبوية على الكتلة والطول والزمن في حالة السرعات القريبة من سرعة الضوء
- ▶ تتعين كتلة الجسم في السرعات العالية بالعلاقة:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$
- ▶ حيث m الكتلة الحركية عند السرعة v
- ▶ الاندفاع النسبوي: هو حاصل ضرب الكتلة الحركية بالسرعة ويعطى بالعلاقة:

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

د.م. يحيى لحفي

32

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

► القوانين الأساسية:

► التكافؤ بين الكتلة والطاقة: تعرف الطاقة الحركية لجسيم متحرك بأنها العمل اللازم لنقل الجسم من حالة السكون إلى الحركة بسرعة معينة:

$$E_0 = m_0 c^2$$

► الطاقة السكونية:

$$T = mc^2 - m_0 c^2 = (m - m_0) c^2$$

► الطاقة الحركية:

$$E = E_0 + T = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = mc^2$$

► الطاقة الكلية:

د.م. يحيى لحفي

33

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

► تقاس الكتلة في الفيزياء الجسيمية بوحدة الكتلة الذرية atomic mass unit (amu)، وتساوي 1/12 من كتلة ذرة الكربون 12 أي 1/N_{avo} من الغرام حيث N_{avo} عدد أفوكادرو، وهو عدد الذرات الحقيقية الموجودة في الذرة الغرامية الواحدة من كل عنصر وقد تم اختياره لتكون الذرة الغرامية للكربون 12 غراماً تماماً،

► الذرة الغرامية للهيدروجين 1.007825 g

► الذرة الغرامية للأكسجين 15.99491 g

► كتلة ذرة الكربون 12 12 amu

$$1 \text{ amu} = 1 / N_{\text{avo}} = 1 / 6.06 \times 10^{23} \text{ g} = 1.660240 \times 10^{-24} \text{ g}$$

د.م. يحيى لحفي

34

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

► يمكن التعبير عن واحدة الكتل الذرية بالإلكترون فولت من خلال العلاقة التي تربط الكتلة بالطاقة:

$$E(J) = m(kg) c^2 (m^2 \text{ sec}^{-2}) = 1.66 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{16} = 14.9 \times 10^{-11} J$$

$$E = \frac{14.9 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} = 931.478 \text{ MeV}$$

► أي أن: $1 \text{ amu} = 931.5 \text{ MeV}$

د.م. يحيى لحفي

35

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

► تقدر كتلة كل من البروتون والنترون بوحدة amu والطاقة المكافئة لهما بما يلي:

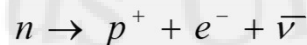
$$m_n = 1.00866 \text{ amu}$$

$$m_n c^2 = 939.550 \text{ MeV}$$

$$m_p = 1.00727 \text{ amu}$$

$$m_p c^2 = 938.256 \text{ MeV}$$

► تكون طاقة النترون أكبر من طاقة البروتون بـ 1.294 MeV نظرا لتفكك النترون



د.م. يحيى لحفي



كلية العلوم الصحية

النشاط الإشعاعي وواحداته

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتوى

- ▶ بنية النواة الذرية
- ▶ طاقة ارتباط النواة وطاقة ارتباط النكلون الواحد
- ▶ النظائر والأنواع النووية
- ▶ النشاط الإشعاعي
- ▶ واحدات الإشعاع

4

بنية النواة الذرية

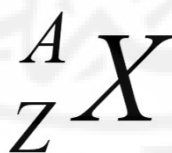
- ▶ تتكون النواة الذرية من النكليونات: البروتونات والنيوترونات.
- ▶ تكون بعض النوى مستقرة وبعضها الآخر غير مستقر حيث تنشأ عنها ظاهرة النشاط الإشعاعي radioactivity
- ▶ تتميز أي نواة:
- ▶ بعدد البروتونات فيها الذي يساوي عدد الإلكترونات في الغمامة الإلكترونية لذرتها ويساوي العدد الذري (Z)،
- ▶ بعددها الكتلي A أو بالعدد الكلي لنكليوناتها، وهو عدد صحيح ويجب تمييزه عن كتلة النواة التي لا تساويه بالضرورة.
- ▶ بعدد النيوترونات الممكنة $N = A - Z$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

5

بنية النواة الذرية

- ▶ نطلق اسم النكليد Nuclide على نواة عدد بروتوناتها Z، وعدد نوتروناتها N، ويمثل النكليد بالشكل:



- ▶ مثال: ${}^{235}_{92} U$ نواة اليورانيوم تحتوي على 92 بروتون و 143 نوترون

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

6

طاقة ارتباط النواة

- يكون العدد الكتلي في حالة الهيدروجين $A=1$ بينما كتلة النواة مقدرة بوحدة الكتل الذرية $M = 1.00759 amu$ حيث $1 amu = 931.5 MeV$
- بفرض أن $m(A, Z)$ هي كتلة نواة عددها الكتلي A وعدد بروتوناتها Z
- بفرض $M(A, Z)$ تمثل كتلة الذرة
- وبإهمال طاقة ارتباط الإلكترونات بالذرة يكون: $M(A, Z) = m(A, Z) + Z \times m_e$
- عندما يجتمع عدد من النكليونات لتشكيل نواة تنخفض طاقتها الكلية بمقدار ΔE
- يتناسب هذا الانخفاض مع مجموع كتل مكوناتها، تعطى طاقة الارتباط الكلية للنواة، وفق العلاقة:

$$E_B = \Delta E = \Delta M c^2$$

$$\Delta M = ZM_p + NM_n - M_{nucleus}$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

7

طاقة ارتباط النواة

مثال: احسب طاقة ارتباط ذرة الهليوم $M_{He} = 4.001493 amu$

$$2M_p + 2M_n = 1.007276 \times 2 + 1.008665 \times 2$$

$$= 4.031882 amu$$

$$\Delta M = 4.031882 - 4.001493$$

$$= 0.030389 amu$$

باستخدام علاقة أينشتاين $E = mc^2$ يكون:

$$E_B = \Delta E = 0.030389 amu \times 931.5 MeV / amu$$

$$= 28.306 MeV$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

8

طاقة ارتباط النكلون الواحد

- ▶ من أهم الخصائص المميزة للنواة هي القيمة المتوسطة لارتباط النكلون، أي النسبة بين طاقة ارتباط النواة والعدد الكتلي، وهي القيمة التي تحدد استقرارية النواة.
- ▶ تزداد طاقة ارتباط النكليون بسرعة مع تزايد العدد الكتلي A حتى تبلغ قيمة قصوى وقدرها 8.70 MeV من أجل $A=60$ ، وتهبط بعدها ببطء إلى أن تصل إلى القيمة 7.5 MeV عندما $A=240$.
- ▶ ظاهرة الانشطار النووي: تنقسم النوى ذات العدد الكتلي الكبير $A > 150$ إلى نواتين أو أكثر ذوات أعداد كتلية متوسطة وتكون أكثر استقراراً.
- ▶ ظاهرة الاندماج النووي: تتحد نواتان أو أكثر أعدادها الكتلية صغيرة $A < 20$ لتشكل نواة أكبر.
- ▶ تكون للنوى التي تحتوي عدداً زوجياً من النيوترونات يساوي عدد البروتونات طاقة ارتباط عالية وبالتالي تكون أكثر استقراراً

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

9

طاقة ارتباط النكلون الواحد

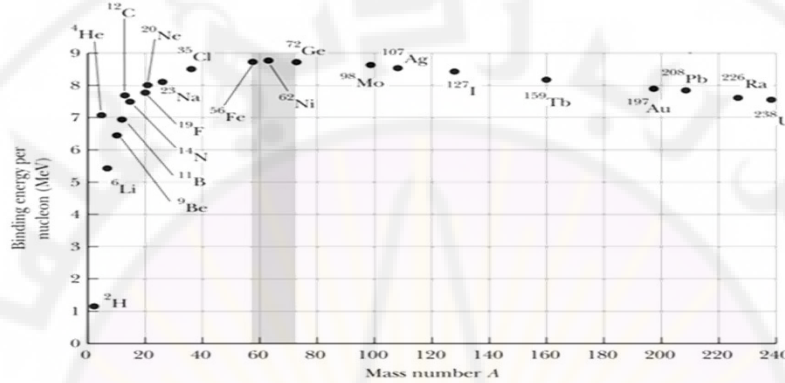
▶ مثال:

العنصر	^1_1H	^2_1H	^3_2He	^4_2He	$^{238}_{92}\text{U}$
طاقة رِبَاط النكلون (MeV)	1.09	2.8	2.5	7	7.5

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

10

طاقة ارتباط النكلون الواحد

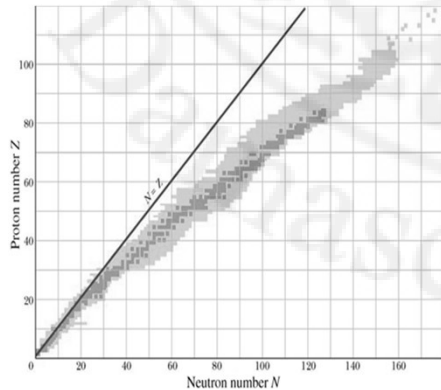


طاقة ارتباط النكلون الواحد بدلالة العدد الكتلي. يدل الشريط الملون على منطقة أكبر قيمة لطاقة ارتباط النكلون الواحد

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

11

النظائر والأنواع النووية



مخطط النوترونات - البروتونات.

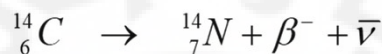
الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

- ▶ النظائر isotopes هي نكليدات لها العدد الذري نفسه وتختلف بعددها الكتلي. أي هي ذرات لنواها نفس عدد البروتونات ولكنها تختلف فيما بينها بعدد النوترونات، ولها المصطلح الكيميائي نفسه والمرتببط بعدد الإلكترونات.
- ▶ الإيزوتونات isotones تحوي العدد نفسه من النوترونات.
- ▶ الإيزوبارات isobars تحوي العدد نفسه من النكلونات.
- ▶ الإيزوميرات النووية isomers أو المماكبات هي نوى تحوي العدد نفسه من النوترونات والبروتونات ولكنها تختلف فيما بينها بحالة الإثارة،

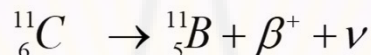
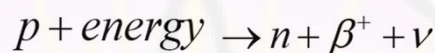
12

النشاط الإشعاعي

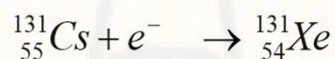
▶ تتفكك النظائر في حال وجود فائض في عدد النوترونات $n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}$



▶ في حال وجود فائض في عدد البروتونات يمكن أن تصدر النواة إلكترونات موجبة (بوزترونات)



▶ أو يمكن أن تحدث ظاهرة الأسر الإلكترونات يعقبها إصدار أشعة الفلورة السينية التي تنجم عن إعادة ترتيب الغمامة الإلكترونية

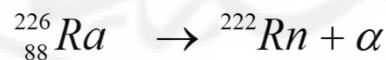


الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

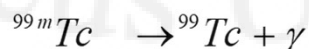
13

النشاط الإشعاعي

▶ تصدر النواة جسيم ألفا الذي يمثل نواة الهليوم المكونة من بروتونين ونيوترونين عندما يكون العدد الكتلي كبيراً:



▶ في حالة المماكبات isomers تتطوي نوى أحد النظيرين على فائض في طاقتها الداخلية، أي إنها تكون مثارة،



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

14

واحدات الإشعاع

► النشاط الإشعاعي:

- يقاس النشاط الإشعاعي بوحدة البكريل Bq بحيث يمثل واحد بيكرل تفككاً واحداً بالثانية
- الكوري Ci وهي الوحدة القديمة للنشاط الإشعاعي وتعبّر عن النشاط الإشعاعي لغرام واحد من الراديوم 226 وبحيث أن:

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

- التعرض الإشعاعي: يعرف التعرض في حالة أشعة غاما وأشعة X بأنه كمية التأين التي تنتجها هذه الأشعة في الهواء. ويقاس بوحدة الرونتجن (R) Roentgen والتي تعبر عن كمية الأشعة (X أو غاما) التي تولد شحنة كهربائية ساكنة واحدة في 1 سم³ من الهواء.
- الجرعة الممتصة (D) Absorbed Dose: هي الطاقة الممتصة (المودعة داخل الوسط) في واحدة الكتلة نتيجة تعرض مادة الوسط لأي نوع من الإشعاع وواحدتها هي الجول في الكيلو غرام (J/kg) وتدعى الغري (Gy).

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

15

واحدات الإشعاع

معامل الإشعاع المرجح W_R	نوع الإشعاعات وطاقتها
1	- الفوتونات بكل طاقتها
1	- الإلكترونات بكل طاقتها
5	- نيوترونات أقل من 10 keV
10	- نيوترونات من 10 keV حتى 100 keV
20	- نيوترونات من 100 keV حتى 2 MeV
10	- نيوترونات من 2 MeV حتى 20 MeV
5	- نيوترونات أكبر من 20 MeV
2 (5 in ICRP 60)	- البروتونات أكبر من 2 MeV
20	- جسيمات ألفا ونواتج الانشطار والنوى الثقيلة

- الجرعة المكافئة (H) Equivalent Dose: هي حاصل ضرب الطاقة الممتصة (المودعة داخل الجسم البشري) في معامل النوعية للأشعة من حيث الأثر البيولوجي لها وواحدتها هي الجول في الكيلو غرام (J/kg) وتدعى السيفرت (Sv).

$$H = D * W_R$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

16

واحدات الإشعاع

النسيج أو العضو المعرض	معامل النسيج المرجح W_T
الغدد التناسلية	0.20
الخصاخ العظمي	0.12
القولون	0.12
الرئة	0.12
المعدة	0.12
المثانة	0.05
البنكرياس	0.05
الكبد	0.05
المرى	0.05
الغدة الدرقية	0.05
الجلد	0.01
سطح العظام	0.01
الباقى	0.05

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

► الجرعة الفعالة (Effective Dose (E):

هي حاصل ضرب الجرعة المكافئة في معامل النوعية للنسيج المعرض من حيث حساسيته للأشعة وواحدتها هي الجول في الكيلو غرام (J/kg) وتدعى السيفرت (Sv).

$$E = \sum_T H \times W_T$$

17

مدى الإشعاعات النووية في الهواء والأنسجة الحية

الإشعاع	لمدى في الهواء	المدى في الأنسجة
ألفا	3 cm	0.04 mm
بيتا	300 cm	5 mm
مسيانية وغاما	كبير جداً	تعبّر الجسم
نوترونات بطيئة	كبير جداً	15 cm
نوترونات سريعة	كبير جداً	تعبّر الجسم

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي



كلية العلوم الصحية

فيزياء التصوير الإشعاعي

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021



3

المحتويات

- ▶ تمهيد
- ▶ الطاقة الكهربائية
- ▶ الأشعة المؤينة
- ▶ مصادر الأشعة المؤينة
- ▶ اكتشاف الأشعة السينية وتطورها
- ▶ الآثار السلبية للأشعة السينية
- ▶ الواحدات الفيزيائية المستخدمة في التصوير الإشعاعي

4

تمهيد

- يعتبر استخدام وإنتاج الأشعة المؤينة كوسيلة في التشخيص الأساس في التصوير الإشعاعي
- يقع على عاتق فنيي الأشعة مسؤولية كبيرة في إجراء التصوير الإشعاعي بما يتوافق مع قواعد الوقاية الإشعاعية لضمان سلامة كل من المرضى والفريق الطبي على حد سواء
- إن عملية توليد الأشعة السينية تتم بالتوافق التام مع القوانين الفيزيائية وفيزياء تفاعل الأشعة مع الجسم بحيث تتفاعل فوتونات الأشعة السينية مع أنسجة الجسم لتصل إلى سطح الكاشف مشكلة الصورة الشعاعية.

د.م. يحيى لحفي

5

الطاقة الكهربائية

- الطاقة بالتعريف هي القدرة على القيام بعمل ما
- يوجد عدة أشكال للطاقة: الطاقة الكامنة، الطاقة الحركية، الطاقة الكيميائية، الطاقة الكهربائية، الطاقة الحرارية، الطاقة النووية، والطاقة الكهربائية.
- الطاقة الكهربائية: هي الطاقة المستخدمة في التصوير بالأشعة السينية، وبما أنه يمكن أن تتحول الطاقة من شكل لآخر فالطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة كهربائية في أنبوب الأشعة ومن ثم إما إلى طاقة كيميائية أثناء تفاعل فوتونات الأشعة السينية مع مركب الفيلم الشعاعي أو إلى إشارة كهربائية في مستقبل الأشعة الرقمي.

د.م. يحيى لحفي

6

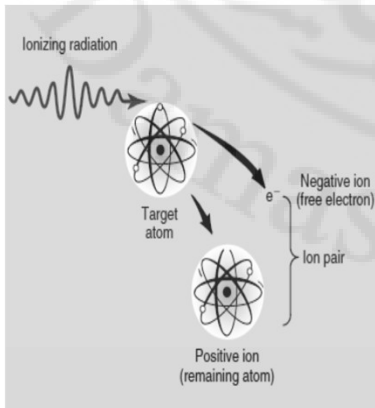
الطاقة الكهربائية

- ▶ إن عملية إصدار أو انتقال الطاقة في الفراغ تدعى إشعاع مثال: الضوء المرئي هو شكل من أشكال الطاقة الكهربائية الذي يشع من الشمس
- ▶ كل مادة تستقبل أو تمتص جزء أو كل من الأشعة توصف بأنها تعرضت **exposed** أو تشععت **irradiated**
- ▶ عندما يخضع المريض إلى التصوير الإشعاعي فهو يتعرض للأشعة **irradiated**.

د.م. يحيى لحفي

7

الأشعة المؤينة



د.م. يحيى لحفي

- ▶ الأشعة المؤينة هي شكل من أشكال الأشعة القادرة على اقتلاع إلكترون مداري من الذرة التي تصادفها وتدعى هذه العملية بالتأيين **ionization** حيث يتشكل زوج أيوني من الإلكترون المغادر للذرة (أيون سالب) والذرة المقتلعة منها الإلكترون (أيون موجب)
- ▶ تعتبر الأشعة السينية من الأشعة المؤينة
- ▶ أشعة غاما والأشعة فوق البنفسجية هي أشكال الأشعة الأخرى القادرة على التأيين.
- ▶ يوجد بعض الجسيمات القادرة على تأيين الذرات كجسيمات ألفا وبيتا.
- ▶ تعتبر الأشعة المؤينة ضارة للإنسان

8

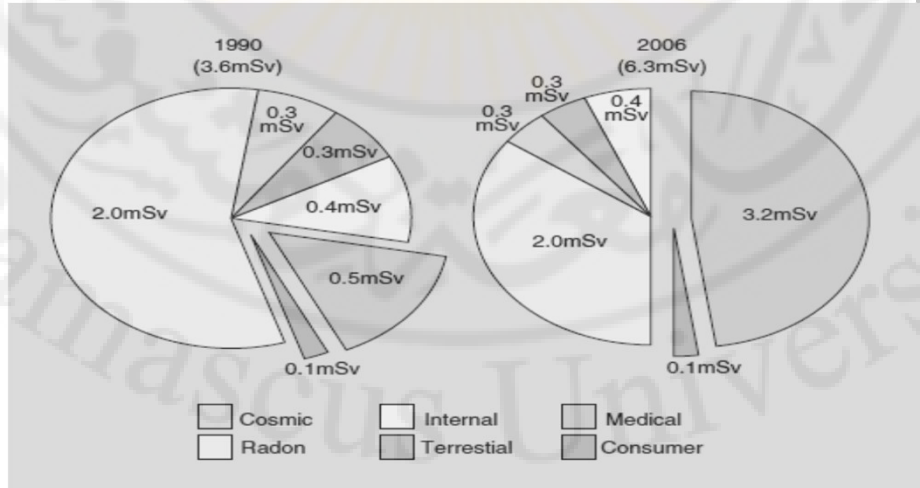
مصادر الأشعة المؤينة

► تقسم مصادر الأشعة المؤينة إلى نوعين رئيسيين:

- الإشعاع الطبيعي البيئي: وينتج عن أربع مكونات هي: الأشعة الكونية، الأشعة الأرضية، الأشعة الناتجة عن النيكليدات المشعة (بشكل أساسي البوتاسيوم 40) وغاز الرادون. تقدر قيمة جرعتها من 0.02 to $0.1 \mu\text{Gy/hr}$ وجرعة فعالة سنوية مقدارها 3 mSv
- الإشعاع المنتج بواسطة الإنسان: يعتبر التصوير الإشعاعي التشخيصي أهم مصدر للأشعة المؤينة المنتجة بواسطة الإنسان والتي تؤدي إلى جرعة فعالة سنوية مقدارها 3.2 mSv/yr . كما يوجد مصادر أخرى كمحطات الطاقة النووية والتطبيقات البحثية والمصادر الصناعية وتقدر الجرعة الفعالة السنوية الناتجة عنهم بـ 0.1 mSv/yr

د.م. يحيى لحفي

9

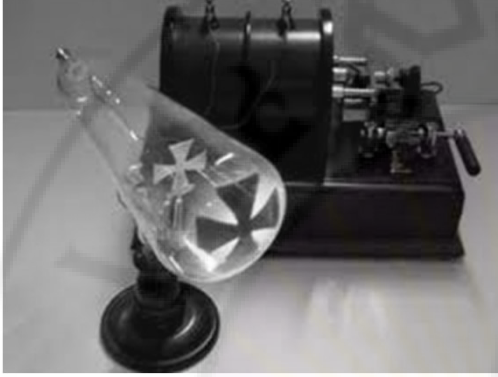


توزيع مصادر الجرعة الإشعاعية السنوية في أمريكا

د.م. يحيى لحفي

10

اكتشاف الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

- ▶ الأشعة السينية لم تتطور وإنما اكتشفت وبالصدفة!!!
- ▶ البداية من أبحاث أنبوب الأشعة المهبطية (أنبوب كروكس Crooks tube) ما بين 1870-1880
- ▶ في 8 تشرين الثاني 1895 اكتشفها ويليام رونتجن Wilhelm Roentgen في جامعة Wurzburg في ألمانيا عندما غطى أنبوب كروكس بورق تصوير أسود و شاهد تآلق صفيحة مطلية بمادة barium platinocyanide موجودة على بعد عدة أمتار من الأنبوب

11

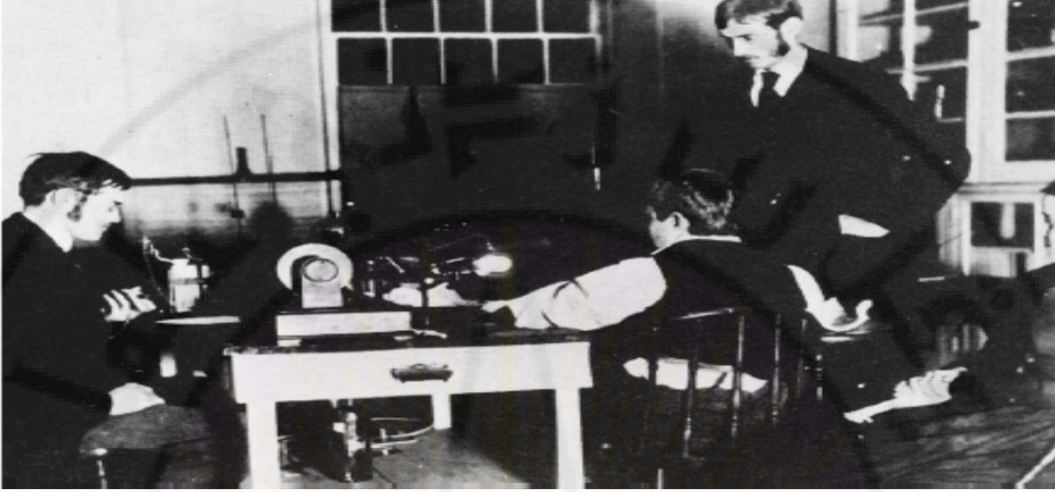
اكتشاف الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

- ▶ لاحظ رونتجن أن التآلق يزداد مع اقتراب الصفيحة من الأنبوب
- ▶ دون رونتجن كافة تجاربه على هذه الأشعة المجهولة وبخلال فترة أقل من شهر كان قد توصل إلى معظم خصائص الأشعة السينية
- ▶ اعترف رونتجن بقيمة اكتشافه الطبية من خلال صورة يد زوجته الإشعاعية عام 1896
- ▶ نال جائزة نوبل عام 1901

12



د.م. يحيى لحفي

13

اكتشاف الأشعة السينية

- ▶ في أيام رونتجن كان يتم توليد الجهد الكهربائي اللازم لتغذية أنبوب كروكس عن طريق مولدات جهود مستمرة حتى 50 kVp بتيار كهربائي من عدة ميلي أمبير مما يستدعي الحاجة إلى زمن طويل يقدر بنصف ساعة للحصول على صورة شعاعية.
- ▶ تم تخفيض هذا الزمن عندما استخدم Michael Pupin اللوحة المعززة عام 1896
- ▶ استخدم Charles L. Leonard ألواح زجاجية مطلية بمستحلب الفيلم من الوجهين عام 1904
- ▶ خلال الحرب العالمية الأولى استبدلت الألواح الزجاجية بالأفلام الشعاعية من مادة نترات السللوز
- ▶ أوجد توماس أديسون Thomas A. Edison التنظير الإشعاعي عام 1898 باستخدام مادة barium platinocyanide المتألقة وقارنها مع أكثر من 1800 مركب آخر

د.م. يحيى لحفي



د.م. يحيى لحفي



Thomas Edison is seen viewing the hand of his unfortunate assistant, Clarence Dally, through a fluoroscope of his own design. Dally's hand rests on the box that contains the x-ray tube.

وتطورت نظم التصوير بالأشعة السينية

15



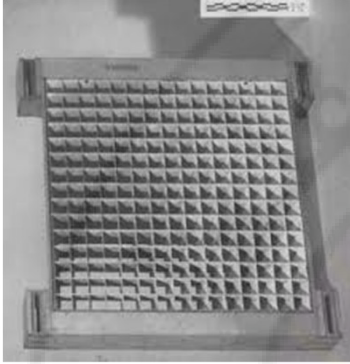
Coolidge tube

د.م. يحيى لحفي

- ▶ لتخفيض من جرعة المريض استخدم William Rollins لوح رصاصي مع وجود فتحة من مركزه لتحديد الحزمة الإشعاعية ولاحظ أن إضافة شرائح من الألمنيوم تحسن من جودة الصورة الناتجة
- ▶ في عام 1907 استبدل العالم Snook مولد الجهد الثابت بمولد جهد عالي غير متقطع
- ▶ في عام 1913 طور William Coolidge أنبوب الأشعة ذو المهبط الحار للاستخدامات الطبية وهو عبارة عن أنبوب مخلو من الهواء يسمح باختيار طاقة وشدة الأشعة السينية الناتجة عنه

16

وتطورت نظم التصوير بالأشعة السينية....

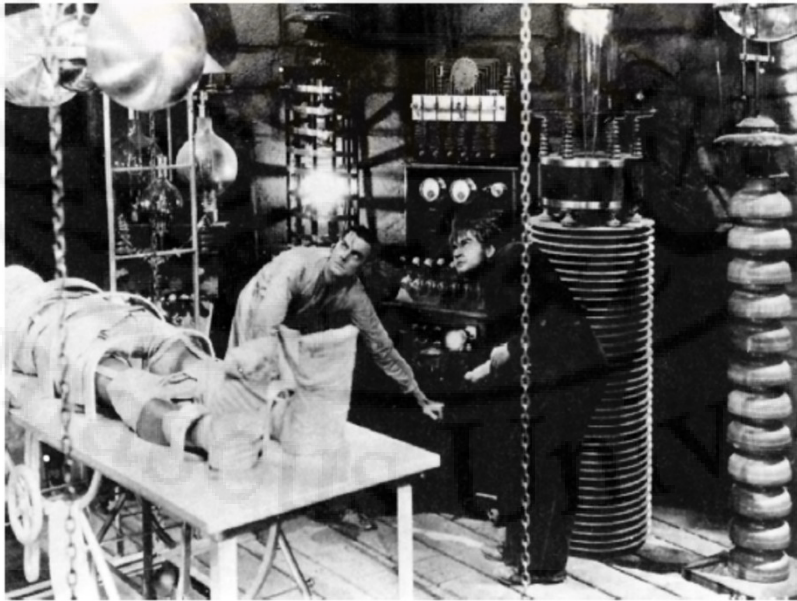


Bucky grid

د.م. يحيى لحفي

- ▶ في عام 1913 اخترع العالم الألماني Gustav Bucky اللوحة المانعة للتبعثر الثابتة وكذلك اللوحة المتحركة
- ▶ في عام 1915 اخترع العالم الأمريكي Potter اللوحة المانعة للتبعثر المتحركة
- ▶ في عام 1950 تم اختراع الأنبوب المعزز للصورة في التنظير الإشعاعي
- ▶ في عام 1960 تم تقديم التصوير البوزيتروني PET والتصوير بالأشعة فوق الصوتية
- ▶ في عام 1970: تم وضع التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة السينية
- ▶ في الوقت الحاضر تم استبدال الفيلم الشعاعي و اللوحة المعززة بمستقبلات شعاعية رقمية

17

Early radiologic technologists are shown in this scene from the original *Frankenstein* movie (1931)

د.م. يحيى لحفي

18

الآثار السلبية للأشعة السينية

- ▶ 1904: أول حالة وفاة ناتجة عن الأشعة السينية في أمريكا
- ▶ الآثار السلبية: حروق جلدية بعضها معند، تساقط الشعر، فقر الدم، اللوكيميا (تظهر عند المريض والفني)
- ▶ بعد عام 1910 أخذت هذه الآثار تعريفها وتصنيفها بالآثار البيولوجية للأشعة السينية
- ▶ مما استدعى استخدام أساليب الوقاية للأشعة كاستخدام التدريع، القفازات الرصاصية والمرابيل المرصصة
- ▶ بدأت متابعة العاملين بالإشعاع لتقدير جرعاتهم السنوية
- ▶ تم وضع قواعد الوقاية الإشعاعية وكذلك معيار ALARA للتعامل مع الأشعة السينية

د.م. يحيى لحفي

19

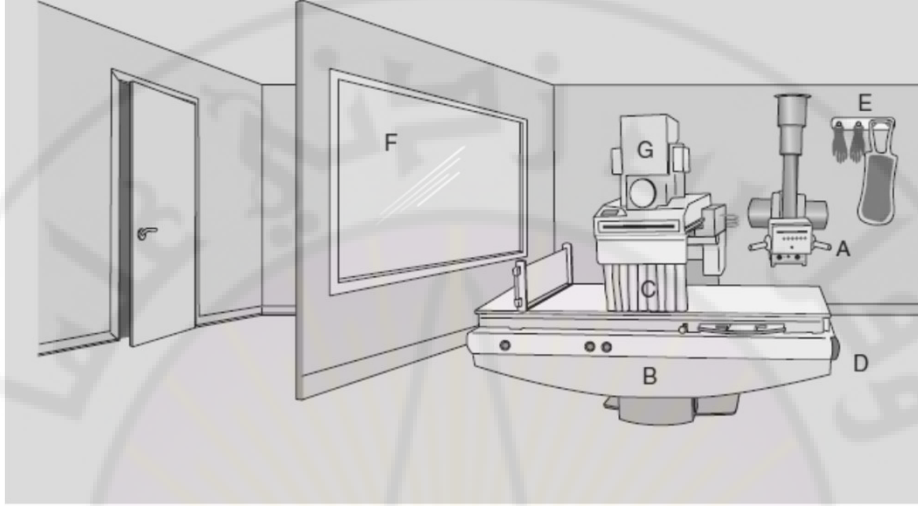
The Ten Commandments of Radiation Protection

1. Understand and apply the cardinal principles of radiation control: time, distance, and shielding.
2. Do not allow familiarity to result in false security.
3. Never stand in the primary beam.
4. Always wear protective apparel when not behind a protective barrier.
5. Always wear an occupational radiation monitor and position it outside the protective apron at the collar.
6. Never hold a patient during radiographic examination. Use mechanical restraining devices when possible. Otherwise, have family or friends hold the patient.
7. The person who is holding the patient must always wear a protective apron and, if possible, protective gloves.
8. Use gonadal shields on all people of childbearing age when such use will not interfere with the examination.
9. Examination of the pelvis and lower abdomen of pregnant patients should be avoided whenever possible, especially during the first trimester.
10. Always collimate to the smallest field size appropriate for the examination.

د.م. يحيى لحفي

20

غرفة تصوير وتنظير شعاعي



د.م. يحيى لحفي

21

الوحدات الفيزيائية المستخدمة في التصوير الإشعاعي

- كيما الهواء: تعبر عن مقدار الطاقة الحركية المنتقلة من الفوتونات إلى الإلكترونات أثناء التأيين أو الإثارة، وتقدر بالجول لكل واحد كيلو غرام أو غري Gy
- الجرعة الممتصة: تعبر عن مقدار الطاقة الإشعاعية الممتصة بوحدة الكتلة وتقاس بالجول لكل كيلو غرام أو بالغري Gy
- الجرعة الفعالة أو السيفرت Sv: تعبر عن مقدار الأشعة التي يتعرض لها العاملون أو الناس

د.م. يحيى لحفي

جدول تحويل الواحدات المستخدمة

Quantity	CUSTOMARY UNIT			INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS (SI)	
	Name		Symbol	Name	Symbol
Exposure	roentgen		R	air kerma	Gy _a
Absorbed dose	rad		rad	gray	Gy _i
Effective dose	rem		rem	sievert	Sv
Radioactivity	curie		Ci	becquerel	Bq
Multiply	R	by	0.01	to obtain	Gy _a
Multiply	rad	by	0.01	to obtain	Gy _i
Multiply	rem	by	0.01	to obtain	Sv
Multiply	Ci	by	3.7×10^{10}	to obtain	Bq

د.م. يحيى لحفي



كلية العلوم الصحية

أنبوب الأشعة السينية المصعد – المهبط – مخطط تقدير القيمة

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتويات

- ▶ تمهيد
- ▶ أشكال تموضع أنبوب الأشعة المكونات الداخلية
- ▶ الغلاف الواقى
- ▶ المهبط: الفتيل- فئجان التبنير- تيار الفتيل- المهبط ثنائي الفتيل
- ▶ المصعد: المصعد الدوار- مبدأ الخط – بؤرة – أثر الكعب - الإشعاع خارج البقعة المحرقة
- ▶ ساعات الحمل الحراري لأنبوب الأشعة: مخططات تقدير القيمة – مخططات تبريد المصعد

د.م. يحيى لحفي

4

تمهيد

- يعد أنبوب الأشعة العنصر المخفي في نظام التصوير الشعاعي نظراً لتواجده ضمن غلافه الواقي.
- يتكون أنبوب الأشعة بشكل رئيسي من لبوسي المصعد والمهبط.
- يتكون الجزء الخارجي من أنبوب الأشعة من: الغلاف الواقي، الغلاف المعدني أو الزجاجي.
- عند الاستخدام الصحيح، يستمر أنبوب الأشعة في العمل لعدة سنوات وينخفض عمره التشغيلي في أجهزة التصوير المقطعية الشعاعية وأجهزة التنظير الشعاعي.

د.م. يحيى لحفي

5

أشكال تموضع أنبوب الأشعة

- يتطلب أنبوب الأشعة آلية تحريك وتعليق نظراً لوزنه الكبير حتى يتمكن فني الأشعة من استخدامه.
- يوجد ثلاثة أشكال لتموضع أنبوب الأشعة:
 - نظام التعليق السقفي
 - نظام التعليق السقفي الأرضي
 - نظام التعليق المتحرك على شكل ذراع حرف C

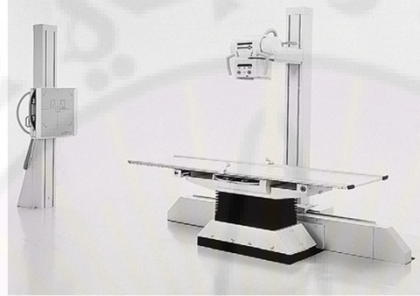
د.م. يحيى لحفي

6

أشكال تموضع أنبوب الأشعة

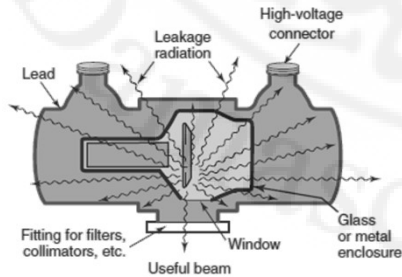


د.م. يحيى لحفي



7

الغلاف الواقي



د.م. يحيى لحفي

▶ تتولد الأشعة السينية في جميع الاتجاهات بشكل متساوي الشدة.

▶ تستخدم فقط الأشعة السينية الصادرة عن نافذة محددة في جسم الغلاف الواقي لتشكل الحزمة المفيدة، ويعتبر خروج أي إشعاع عبر غلاف أنبوب الأشعة تسريباً ينبغي الحد منه.

▶ يتم تصميم الغلاف الواقي بحيث يكون معدل الجرعة الإشعاعية على مسافة متر من أنبوب الأشعة عند التيار الأعظمي أقل من 1 mGy في الساعة.

▶ يؤمن الغلاف الواقي الحماية من حدوث أي صدمة كهربائية قد تحدث نتيجة خلل ما في أنبوب الأشعة.

▶ يؤمن الغلاف الواقي الحماية اللازمة لمكونات أنبوب الأشعة أثناء الاستخدام

8

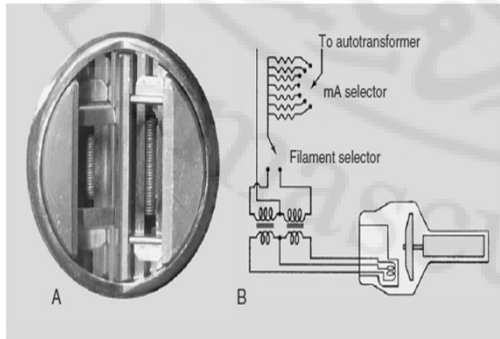
الغلاف الواقي

- ▶ أنبوب الأشعة عبارة عن أنبوب إلكتروني مفرغ من الهواء يصنع إما من الزجاج المقاوم للحرارة Pyrex glass أو من المعدن.
- ▶ يبلغ طول أنبوب الأشعة ما بين 30 إلى 50 سم بقطر 20 سم.
- ▶ يضمن التفريغ الجيد لأنبوب الأشعة من الهواء زيادة من فعالية توليد الأشعة.
- ▶ يتبخّر التنغستين مع الوقت في أنبوب الأشعة ويغطي السطح الداخلي له مما ينعكس سلباً على المواصفات الكهربائية له ويؤدي إلى تلف الأنبوب.
- ▶ يحافظ الغلاف المعدني لأنبوب الأشعة على جهد كهربائي ثابت ما بين الكترونات تيار الأنبوب والغلاف المعدني، مما يطيل في عمر الأنبوب، لذلك تستخدم أنابيب الأشعة ذات التحميل العالي غلافاً معدنياً.
- ▶ تبلغ مساحة نافذة خروج الأشعة 5 سم² وبحيث تكون منخفضة الامتصاص للأشعة.

د.م. يحيى لحفي

9

المهبط: الفتيل

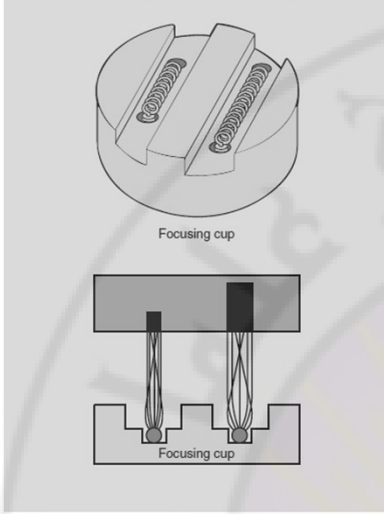


- ▶ عبارة عن سلك رفيع من توريم التنغستين ملفوف على شكل وشيعة طولها 2 سم وقطرها 2 مم.
- ▶ يتم تسخينها عند مرور تيار كهربائي عبرها لتصدر الإلكترونات من ذرات سطحها الخارجي وفقاً للانبعاش الحراري **thermionic emission** مشكلة غمامة إلكترونية.
- ▶ يستخدم التنغستين بسبب نقطة انصهاره العالية 3140 درجة مئوية إضافة لإصداره الإلكتروني الكبير مقارنة بغيره من المعادن.
- ▶ إن إضافة التوريم بنسبة 1 إلى 2 % إلى التنغستين يزيد من فعالية إصداره الإلكتروني ويطيل بعمر أنبوب الأشعة.

د.م. يحيى لحفي

10

المهبط: فئجان التبيير

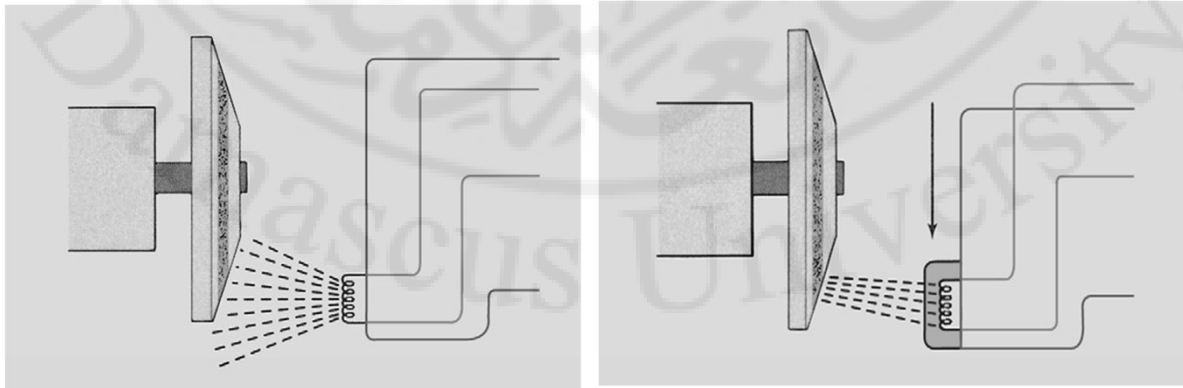


د.م. يحيى لحفي

- يتموضع الفنتيل ضمن قاعدة معدنية تدعى بفئجان التبيير.
- يكون لفئجان التبيير شحنة سالبة تسمح بتركيز مسار الإلكترونات المنبعثة باتجاه المصعد ويمنع من انتشارها بسبب التدافع الالكتروستاتيكي فيما بينها.
- تتعلق فعاليته ب: شكله، حجمه، شحنته، ومكانه.

11

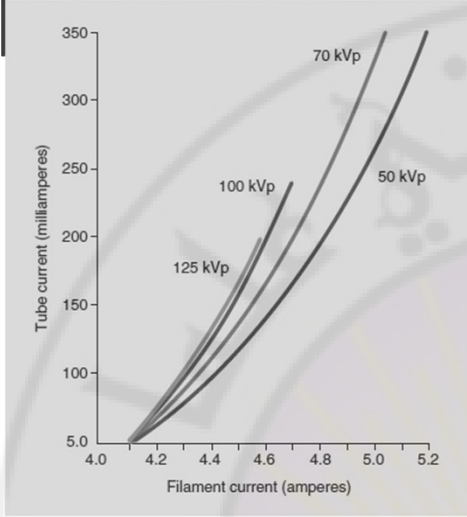
المهبط: فئجان التبيير



د.م. يحيى لحفي

12

المهبط: تيار الفتيل

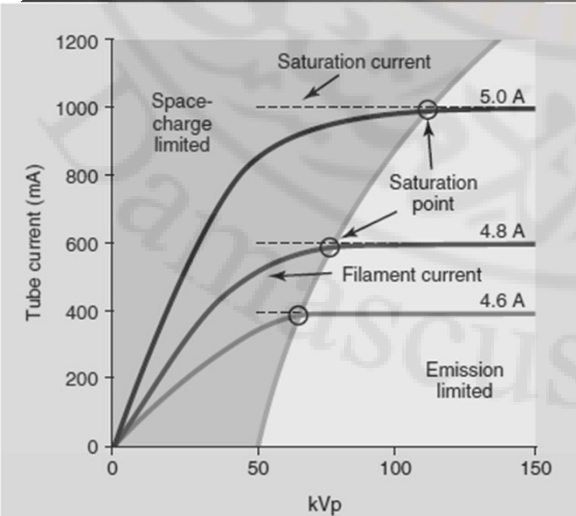


د.م. يحيى لحفي

- يسمح مرور تيار كهربائي منخفض بتسخين الفتيل إلى ما قبل حالة الانبعاث وبحيث يبقى في حالة الاستعداد.
- عند التصوير الشعاعي، تزداد قيمة هذا التيار الكهربائي المار في الفتيل مولداً الإلكترونات اللازمة لتوليد الأشعة السينية.
- ترتبط العلاقة ما بين تيار الفتيل وتيار الأنبوب بالجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب

13

المهبط: تيار الفتيل

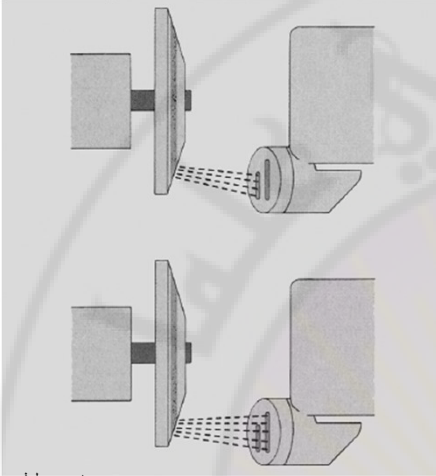


د.م. يحيى لحفي

- تشكل الغمامة الإلكترونية المحيطة بالفتيل شحنة فراغية تحد من إصدار المزيد من الإلكترونات عن الفتيل بسبب التدافع الإلكترونياتيكي ويدعى ذلك بأثر الشحنة الفراغية.
- لذلك يتطلب تصميم معوضات عن أثر الشحنة الفراغية في أنابيب الأشعة التي تزيد تيارها عن 1000 ميلي أمبير.
- يزداد تيار الأنبوب مع ازدياد تيار الفتيل ليصل إلى نقطة الإشباع

14

المهبط ثنائي الفتيل



د.م. يحيى لحفي

- ▶ تمتلك أغلب أنابيب الأشعة ذات المصعد الدوار فتيلين: كبير وصغير، ليكون لها بذلك بقعتان محرقتان.
- ▶ تستخدم البقعة المحرقة الصغيرة (1-0.1 ملم) عند الحاجة إلى دقة مكانية عالية، بينما تستخدم البقعة المحرقة الكبيرة (2-0.3 ملم) عند تصوير أجزاء كبيرة من الجسم.
- ▶ يتم الاختيار فيما بينها يدوياً عبر وحدة التحكم.

15

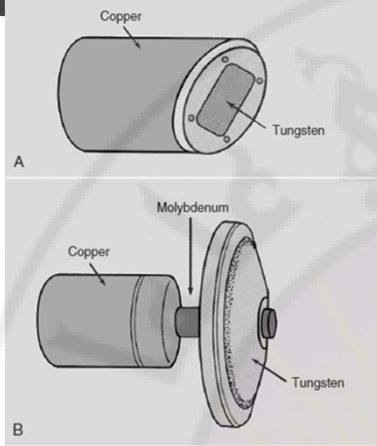
المصعد

- ▶ هو القطب الموجب في أنبوب الأشعة.
- ▶ يكون إما ثابت (في أجهزة التصوير السنية والمحمولة) أو دوار ليُسمح بتوليد حزمة إشعاعية عالية الشدة وبزمن تعريض قصير.
- ▶ يقوم المصعد بثلاث وظائف:
- ▶ ناقل كهربائي يسمح بمرور حزمة الإلكترونات المتجهة من المهبط عبره إلى محول الجهد الكهربائي
- ▶ يؤمن الدعم الميكانيكي للهدف
- ▶ التبريد الحراري الجيد.
- ▶ تكون مادة المصعد غالباً من النحاس أو الملبديوم أو الغرافيت

د.م. يحيى لحفي

16

المصعد



► الهدف target: هو المكان الذي تصطدم به الالكترونات المسرعة والقادمة من المهبط.

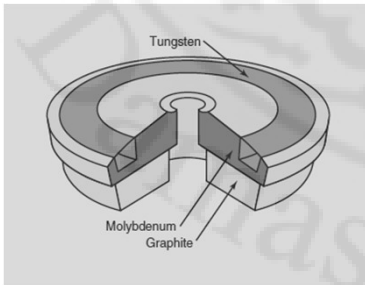
► في المصعد الثابت: يكون عبارة عن خليط من التنغستين المتموضع على مصعد من النحاس

► في المصاعد الدوارة: يشكل القرص الدوار المصنوع من خليط من التنغستين (عادة مع معدن الرينيوم rhenium) هدفاً.

د.م. يحيى لحفي

17

المصعد



► يستخدم الغرافيت أو الموليبيديوم تحت طبقة الهدف من التنغستين في المصاعد ذات السعة الحرارية العالية مما ينعكس إيجاباً على وزنه وبالتالي على سهولة دورانه.

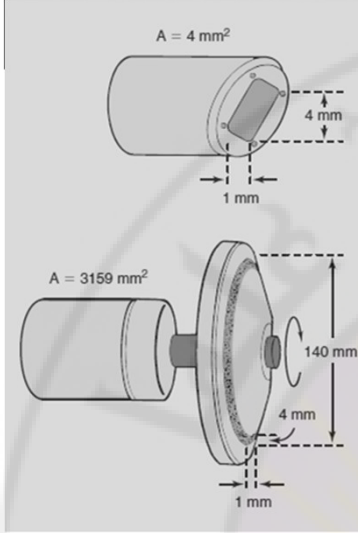
► يستخدم معدن الموليبيديوم والروديوم كأهداف في أنابيب الأشعة الخاصة بالتصوير الشعاعي للثدي نظراً لعدد ذري المنخفض وطاقة الأشعة السينية المستخدمة.

Element	Chemical Symbol	Atomic Number	K X-ray Energy (keV)*	Melting Temperature (°C)
Tungsten	W	74	69	3400
Molybdenum	Mo	42	19	2600
Rhodium	Rh	45	23	3200

د.م. يحيى لحفي

18

المصعد الدوار



د.م. يحيى لحفي

- يسمح المصعد الدوار لشعاع الالكترونات بالتفاعل مع منطقة من سطح الهدف أكبر بكثير من تلك في المصعد الثابت.
- تتوزع الحرارة الناتجة عن ذلك على مساحة أكبر بـ 500 مرة مقارنة بحالة المصعد الثابت.
- يمكن زيادة التبديد الحراري بزيادة السرعة والتي تبلغ وسطياً 3400 دورة/دقيقة ويمكن أن تصل حتى 10000 دورة /دقيقة.
- ذراع المصعد الدوار هو القطعة الواصلة بين المصعد والمحرك وتصنع من الموليبيديوم نظراً لكونه غير ناقل حرارياً.
- يستخدم محرك تحريضي لتدوير المصعد ضمن أنبوب الأشعة

19

المصعد الدوار

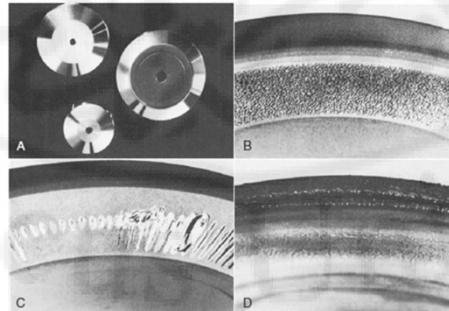


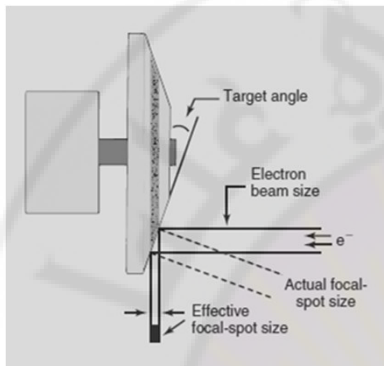
FIGURE 6-14 Comparison of smooth, shiny appearances of rotating anodes when new (A) versus their appearance after failure (B-D). Examples of anode separation and surface melting shown were caused by slow rotation caused by bearing damage (B), repeated overload (C), and exceeding of maximum heat storage capacity (D). (Courtesy Philips Medical Systems.)

إن أي توقف بالمحرك يؤدي إلى ارتفاع حرارة المصعد وإصابته بالتلف

د.م. يحيى لحفي

20

Line-Focus Principle – مبدأ الخط – بؤرة



د.م. يحيى لحفي

- ▶ البقعة المحرقة هي المكان في الهدف الذي تصدر عنه الأشعة السينية، كلما كان هذا المكان ذو مساحة صغيرة كلما كانت الدقة المكانية أفضل، إلا أنه عند تناقص مساحة البقعة المحرقة تزداد شدة الحرارة فيها.
- ▶ للسماح بالحصول على بقعة محرقة صغيرة ظاهرياً بالنسبة لحزمة الأشعة الصادرة وكبيراً مكانياً على سطح الهدف بالنسبة لحزمة الإلكترونات، يتم إمالة سطح الهدف بزاوية معينة ويدعى هذا التصميم بمبدأ الخط – بؤرة
- ▶ عندما تكون زاوية الإمالة صغيرة، تكون مساحة البقعة الفعالة أصغر.
- ▶ يكون مقدار إمالة المصعد ما بين 5 و 20 درجة وتتحدد بحجم مخروط الأشعة السينية الصادرة بحيث يغطي كامل الحقل المراد تصويره (43×35 سم).

21

البقعة المحرقة

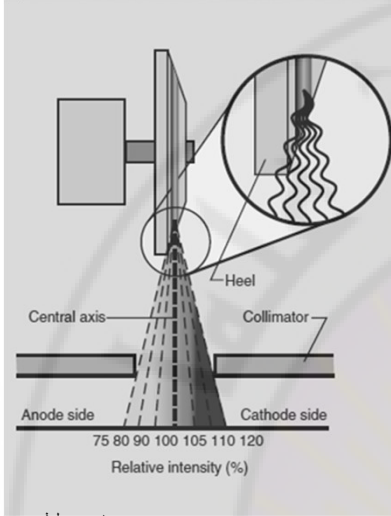
Nominal Focal Spot Size Compared With Maximum Acceptable Dimensions

Nominal Focal Spot Size (mm)			Acceptable Measured Focal Spot Size (mm)		
Width	×	Length	Width	×	Length
0.1	×	0.1	0.15	×	0.15
0.3	×	0.3	0.45	×	0.65
0.4	×	0.4	0.6	×	0.85
0.5	×	0.5	0.75	×	1.1
1.0	×	1.0	1.4	×	2.0
2.0	×	2.0	2.6	×	3.7

د.م. يحيى لحفي

22

Heel Effect أثر الكعب

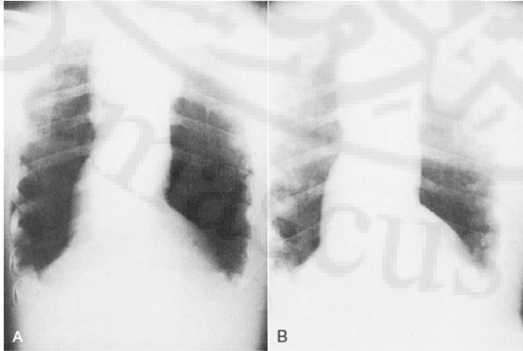


د.م. يحيى لحفي

- ▶ ينتج عن مبدأ الخط – بؤرة أن شدة الإشعاع في حقل الأشعة السينية من جهة المهبط تكون أكبر من تلك الصادرة عن جهة المصعد.
- ▶ يكون التغير الناتج في شدة الإشعاع عن أثر الكعب حوالي 45%.
- ▶ يكون أثر الكعب كبيراً عند تصوير جسم متدرج في الكثافة وبحيث يمكن الاستفادة من ذلك بوضع الجسم بحيث يكون الجزء الأقل كثافة منه من جهة المصعد.
- ▶ عند تصوير الصدر يكون القسم السفلي من الصدر أثنى من القسم العلوي وبالتالي يحتاج إلى شدة أعلى من الأشعة لذلك يوضع باتجاه المهبط.
- ▶ في تصوير البطن يوضع القسم العلوي من جهة المهبط لأنه أثنى من القسم السفلي من البطن والذي يوضع من جهة المصعد.
- ▶ في تصوير الثدي، يكون المهبط من جهة جدار الصدر.

23

أثر الكعب

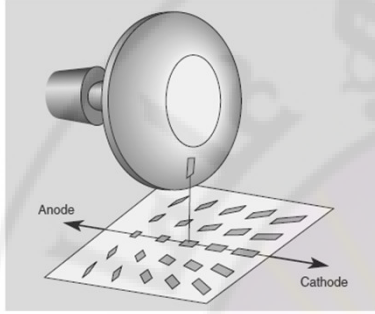


د.م. يحيى لحفي

Posteroanterior chest images demonstrate the heel effect. **A, Images taken with the cathode up (superior). B, Image with cathode down (inferior).** More uniform radiographic density is obtained with the cathode positioned to the thicker side of the anatomy, as in B. (Courtesy Pat Duffy, Roxbury Community College.)

24

Heel Effect أثر الكعب

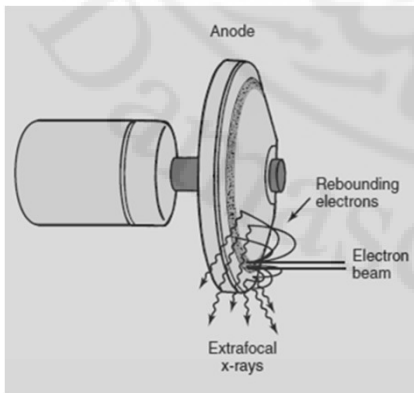


د.م. يحيى لحفي

- ▶ ينتج عن أثر الكعب أيضاً أن حجم البقعة المحرقة الفعالة في الحقل الإشعاعي يكون أصغر من جهة المصعد مقارنة بحجمها من جهة المهبط.
- ▶ يستفاد من هذه الخاصية في تصوير الثدي الشعاعي.

25

الإشعاع خارج البقعة المحرقة



د.م. يحيى لحفي

- ▶ بعض الالكترونات ترتد عن البقعة المحرقة وتسقط على الهدف في منطقة أخرى منه مصدرة أشعة سينية تدعى بالإشعاع خارج البقعة المحرقة *Off-Focus Radiation*.
- ▶ تعد هذه الأشعة غير مرغوب فيها لأنها تتسبب بزيادة حجم البقعة المحرقة، كما أنها تزيد من جرعة الجلد وتخفض من تباين الصورة.
- ▶ تظهر هذه الأشعة مناطق الجسم التي حُجبت بالمسدد (الأذن عند تصوير الجمجمة مثلاً)
- ▶ يتم تخفيض أثر هذه الأشعة باستخدام غشاء يوضع عند نافذة خروج أنبوب الأشعة (كحل هندسي)، كما أن نسبتها تنخفض عندما يكون غلاف أنبوب الأشعة معدنياً.

26

ساعات الحمل الحراري لأنبوب الأشعة

- ▶ يعتمد الإجراء الذي يولد كمية من الحرارة على:
 - ▶ جهد الأنبوب الكهربائي kV المستخدم، تيار الأنبوب (mA)، زمن التعريض
 - ▶ نوع وشكل موجة الجهد الكهربائي المطبق
 - ▶ عدد التعرضات المأخوذة بتتالي سريع
- ▶ وحدة قياس الحرارة (HeatUnit) [Joule]: وحدة الكمون x وحدة تيار الأنبوب x وحدة الزمن
- ▶ الحرارة المتولدة من أنواع مختلفة من دارات أنابيب الأشعة السينية هي:
 - ▶ وحدات الطور الواحد: $HU = kV \times mA \times s$
 - ▶ وحدات ثلاثية الطور، 6 نبضات $HU = 1.35 kV \times mA \times s$
 - ▶ وحدات ثلاثية الطور، 12 نبضة $HU = 1.41 kV \times mA \times s$

د.م. يحيى لحفي

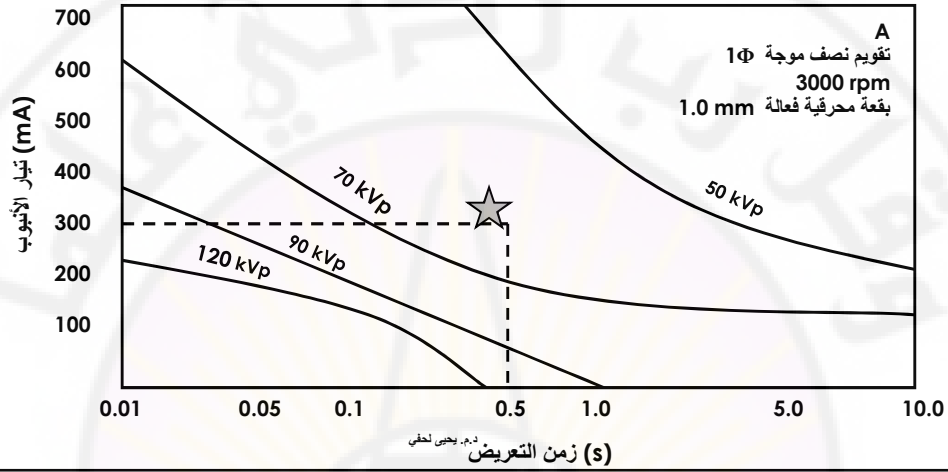
27

مخطط تقدير القيمة لأنبوب الأشعة السينية

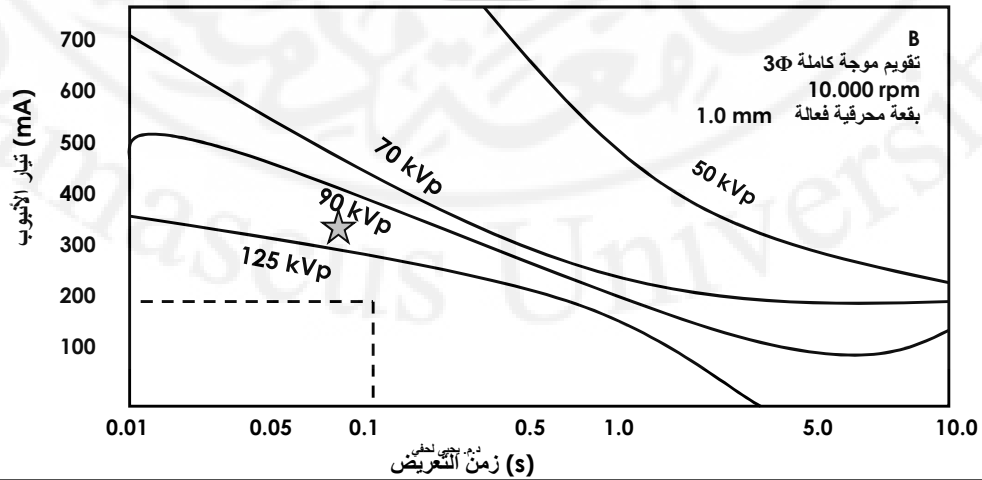
- ▶ يجمع منتجو أنابيب أشعة X- مميزات الحمل الحراري ومعلومات حول محدودية أنابيبهم على شكل مخططات بيانية تدعى مخططات تقدير القيمة لأنبوب
- ▶ مثال:
 - ▶ الأنبوب A: الإجراء 300 mA، 0.5 ثانية، 90 kV لا يمكن في المنظومة المشغلة من Φ 1 مولد مقوم نصف موجه (غير مقبول)
 - ▶ الأنبوب B: الإجراء 200 mA، 0.1 ثانية، 120 kV متوافق مع المميزات التقنية للمنظومة المشغلة من Φ 3 مولد مقوم بشكل كامل (مقبول)

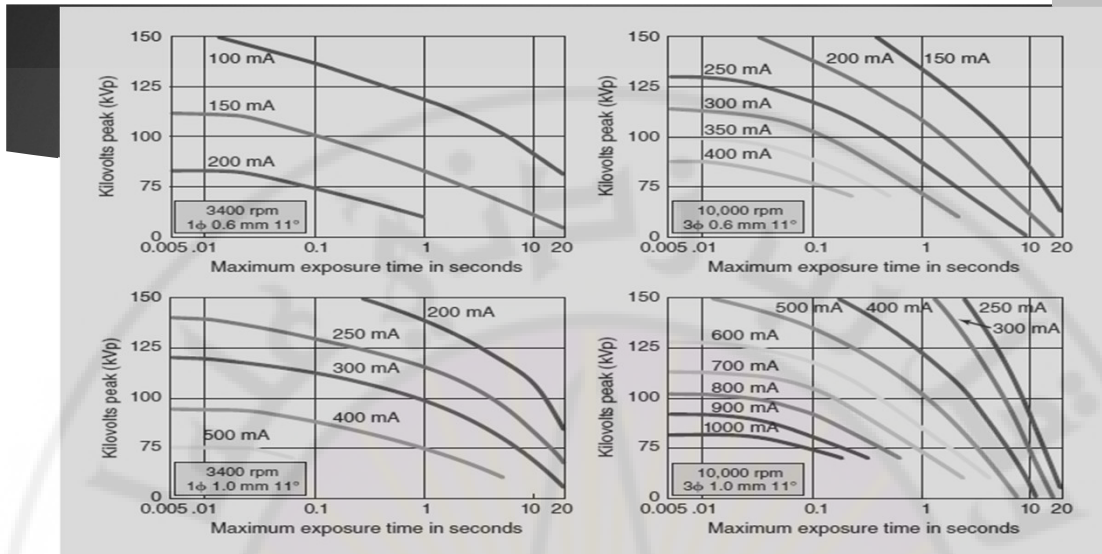
د.م. يحيى لحفي

الإجراء 300 mA، 0.5 ثانية، 90 kV لا يمكن في المنظومة المشغلة من Φ 1 مولد مقوم نصف موجه (غير مقبول)



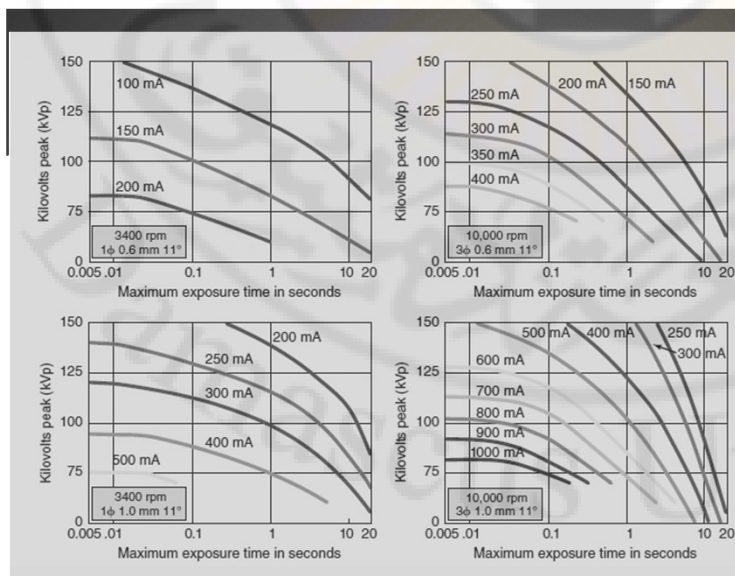
الإجراء 200 mA، 0.1 ثانية، 120 kV متوافق مع المميزات التقنية للمنظومة المشغلة من Φ 3 مولد مقوم بشكل كامل (مقبول)





Representative radiographic rating charts for a given x-ray tube. Each chart specifies the conditions of operation under which it applies

د.م. يحيى لحفي



د.م. يحيى لحفي

31

ما هي الاختيارات المناسبة للأنبوب السابق

- ▶ a. 95 kVp, 150 mA, 1 s; 3400 rpm; 0.6-mm focal spot
- ▶ b. 85 kVp, 400 mA, 0.5 s; 3400 rpm; 1-mm focal spot
- ▶ c. 125 kVp, 500 mA, 0.1 s; 10,000 rpm; 1-mm focal spot
- ▶ d. 75 kVp, 700 mA, 0.3 s; 10,000 rpm; 1-mm focal spot
- ▶ e. 88 kVp, 400 mA, 0.1 s; 10,000 rpm; 0.6-mm focal spot

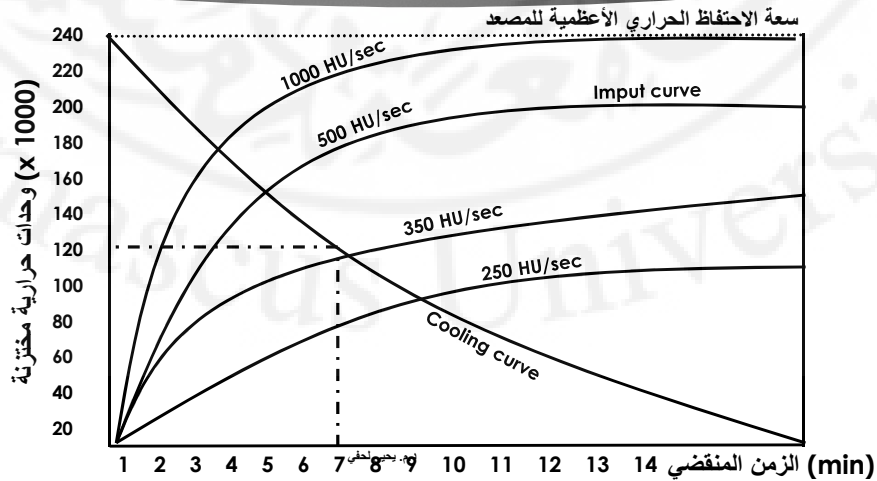
32

مخطط تبريد المصعد

- ▶ يُحتفظ بالحرارة المتولدة في المصعد ويتم التخلص منها بدارة التبريد
- ▶ لمخطط التبريد النموذجي:
- ▶ منحنيات دخل (وحدات حرارة مخزونة كتابع للزمن)
- ▶ منحنى تبريد المصعد
- ▶ تبين المنحنيات التالية أنه:
- ▶ يمكن أن يستمر اجراء يولد HU/S 500 إلى اللانهاية
- ▶ أما إذا كانت تولد HU/S 1000 فيجب أن توقف بعد 10 دقائق
- ▶ إذا احتفظ المصعد على 120000 وحدة حرارية، فيحتاج إلى حوالي 5 دقائق ليبرد تماماً

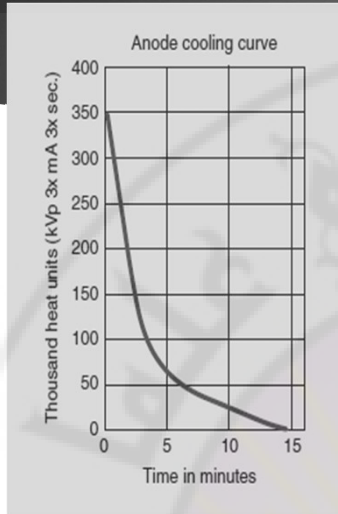
د.م. يحيى لحفي

33



34

مخطط تبريد المصعد



Question: A particular examination results in delivery of 50,000 HU to the anode in a matter of seconds. How long will it take the anode to cool completely?

Answer: The 50,000-HU level intersects the anode cooling curve at approximately 6 minutes. From that point on, the curve to complete cooling requires an additional 9 minutes ($15 - 6 = 9$). Therefore, 9 minutes is required for complete cooling.

د.م. يحيى لحفي





كلية العلوم الصحية

توليد الأشعة السينية

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتوى

- ▶ أنبوب توليد الأشعة السينية
- ▶ طيف الأشعة السينية
- ▶ طبيعة الأشعة السينية وخصائصها
- ▶ انعراج الأشعة السينية
- ▶ التصوير الطبي بالأشعة السينية

4

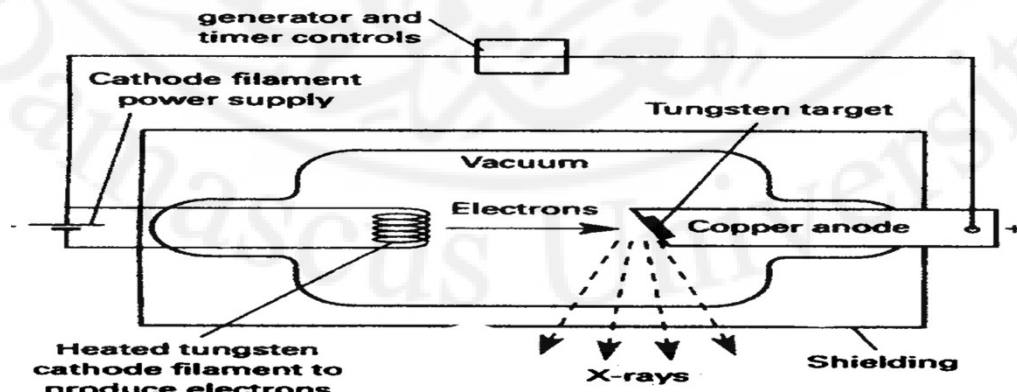
الإشعاع المؤين

يقسم الإشعاع المؤين إلى قسمين رئيسيين:

- ▶ الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر من:
 - ▶ المستوى الذري للمواد مثل الأشعة السينية x-ray
 - ▶ المستوى النووي وذلك أثناء التفكك النووي Radioactive decay مثل أشعة غاما Gamma Ray.
- ▶ جسيمات مشحونة وتشمل:
 - ▶ الإلكترونات فائقة السرعة (جسيمات بيتا β السالبة والموجبة).
 - ▶ جسيمات ألفا α (نوى الهيليوم).
 - ▶ البروتونات.
- ▶ بالإضافة إلى جسيمات غير مشحونة أهمها النوترونات السريعة والبطيئة وكلها تتولد أثناء التفاعلات النووية.

د.م. يحيى لحفي

توليد الأشعة السينية

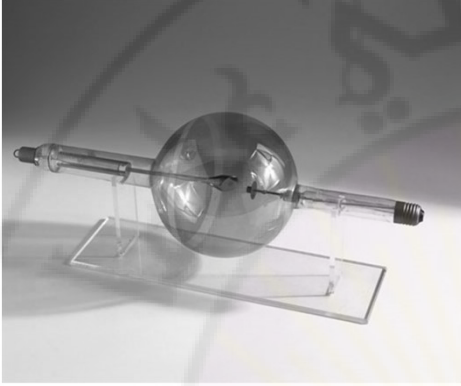


5

د.م. يحيى لحفي

6

أنبوب توليد الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

► يتكون أنبوب توليد الأشعة السينية من لبوسين:

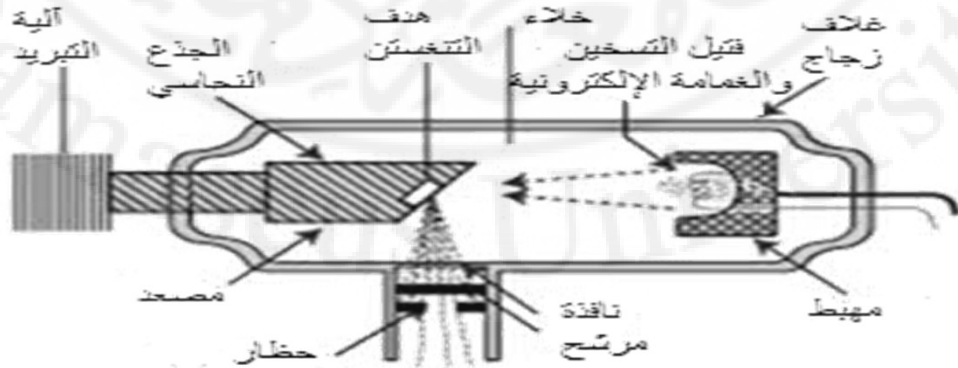
► المهبط: سلك من التنغستين يؤدي تسخينه إلى تشكيل غمامة الكترونية يُتحكم بعدد إلكتروناتها عبر التحكم بشدة تيار التسخين.

► المصعد: يشكل الدريئة التي تكبح الإلكترونات المسرعة لتتولد الأشعة السينية عندها، ويكون المصعد عادة دواراً للتبريد.

► يطبق فرق جهد كهربائي عالي ما بين 40 و 150 كيلو فولت بين المهبط والمصعد لتسريع الإلكترونات

7

أنبوب توليد الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

8

آلية توليد الأشعة السينية

- ▶ يتم تسخين سلك من التنغستين الموجود في تجويف المهبط بتمرير تيار كهربائي فيه، وعندما يصل السلك إلى درجة حرارة مناسبة تكتسب بعض الإلكترونات طاقة حرارية كافية للتغلب على طاقة ارتباط الإلكترون بذرّات مادة السلك ويتم إصدارها منه.
- ▶ يتم تسريع الإلكترونات بعد ذلك بواسطة فرق الجهد المطبق بين المهبط والمصعد والذي يتم توليده عن طريق مولد للجهد العالي.
- ▶ تصطدم الإلكترونات المسرعة بمادة المصعد حيث يتحول قسماً كبيراً من طاقتها إلى حرارة تعمل على تسخين المصعد وتتحول نسبة الطاقة المتبقية والصغيرة جداً إلى فوتونات أشعة سينية.
- ▶ تكون الأشعة المتولدة على شكلين إما أشعة كبح أو أشعة مميزة.

د.م. يحيى لحفي

9

بنية أنبوب الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

10

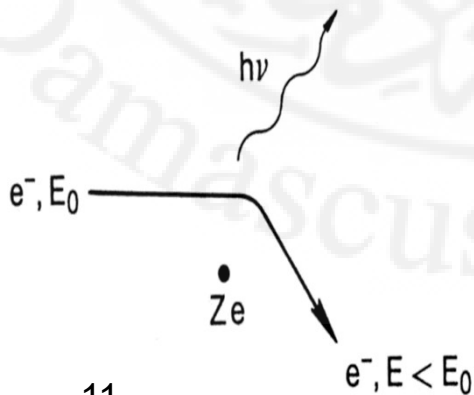
بنية أنبوب الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

10

طيف الكبح



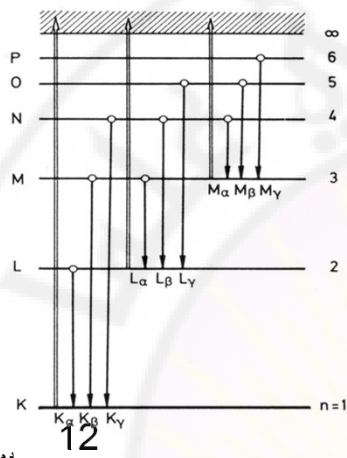
► طيف الكبح: يعود إشعاع الكبح إلى انحراف خط سير الإلكترون الذي يحمل الطاقة E_0 نتيجة تعرضه للحقل الكهرومغناطيسي $electromagnetic$ field للنواة، مما يؤدي إلى التخفيف من سرعته وإصدار فوتون يحمل الفرق في الطاقة، وفوتونات الكبح $bremsphotons$ هي التي تشكل طيف الكبح.

11

د.م. يحيى لحفي

10

طيف الأشعة المميزة



د.م. يحيى لحفي

► طيف الأشعة المميزة: يقوم الإلكترون المسرع بتأيين الذرة، وذلك بإعطاء أحد الإلكترونات الذرية الطاقة الكافية لمغادرة الذرة، فيتشكل فراغ في الطبقة التي يتم نزع الإلكترون منها، وتقوم الإلكترونات من الطبقات الأعلى بملء هذا الفراغ مصدرة الخطوط الطيفية المميزة على شكل سلاسل تدعى K، L، M، ...

13

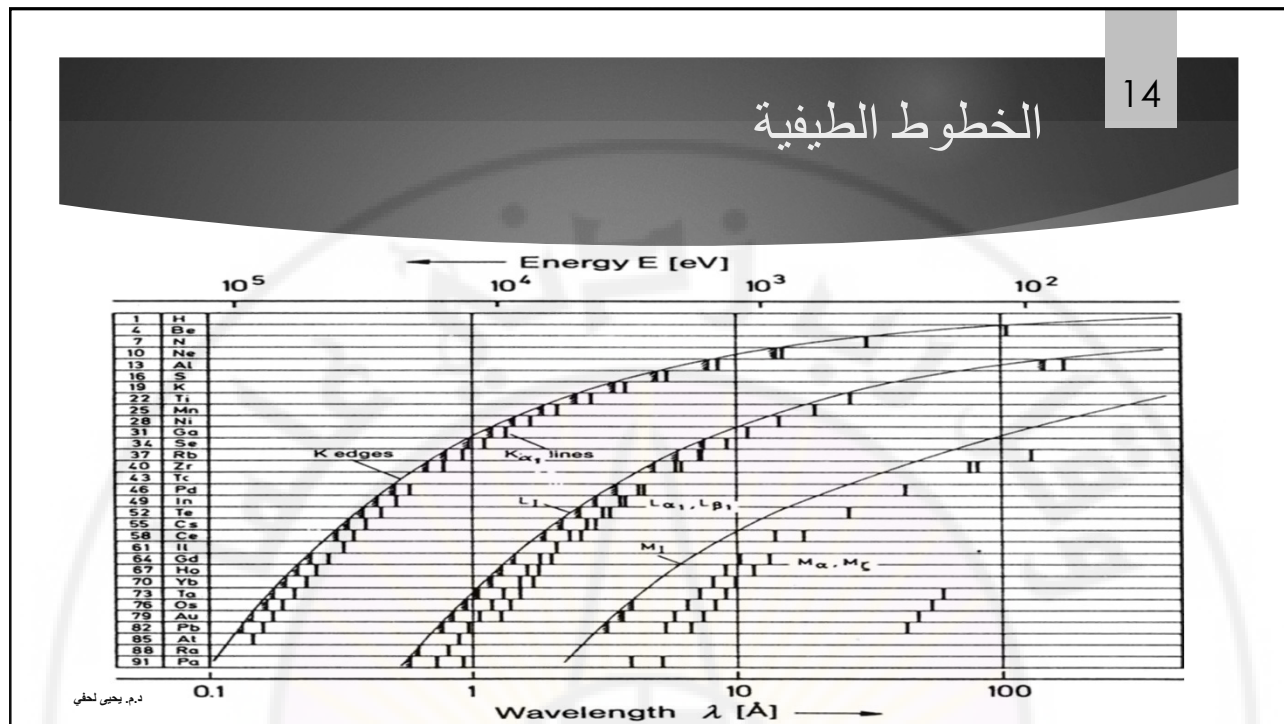
الخطوط الطيفية

- عندما يتم نزع الإلكترون من الطبقة K ($n=1$) فإننا نحصل على سلسلة من خطوط الأشعة السينية تمثل الفروق في الطاقة بين هذه الطبقة والطبقات التي تعلوها.
- يسمى الخط الناتج عن الانتقال من الطبقة L ($n=2$) إلى الطبقة K بـ $K\alpha$ ، والخط الناتج عن الانتقال من الطبقة M ($n=3$) إلى الطبقة K بـ $K\beta$ ، وهكذا.
- عندما يتم نزع الإلكترون من الطبقة L فإننا نحصل على سلسلة من الخطوط تمثل الفروق الطاقية بين الطبقة L والطبقات التي تعلوها، ويسمى الخط الطيفي الناتج عن الانتقال من الطبقة M إلى الطبقة L بـ $L\alpha$ ، من الطبقة N إلى الطبقة L بـ $L\beta$ ، وهكذا. وتطلق تسميات مشابهة عند نزع الإلكترونات من الطبقات التي تلي الطبقة L كالطبقات M و N وغيرهما.
- نظراً لاختلاف السويات الطاقية بين عنصر وآخر، فإن طاقات الخطوط الطيفية المميزة تتباين من عنصر لآخر، ويمكن استخدام الخطوط الطيفية المميزة للأشعة السينية في تحديد العنصر الذي قام بإصدار هذه الأشعة المميزة. يوضح الشكل التالي المواقع الطيفية لخطوط الأشعة السينية المميزة لمختلف العناصر، ويلاحظ ازدياد طاقة سلسلة معينة مع ازدياد العدد الذري.

د.م. يحيى لحفي

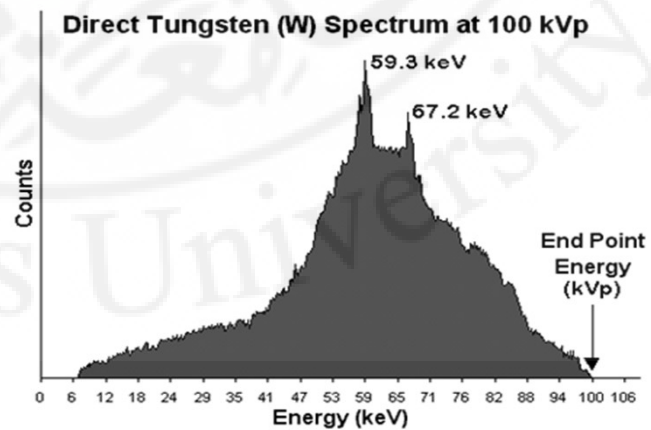
14

الخطوط الطيفية



11

طيف الأشعة السينية

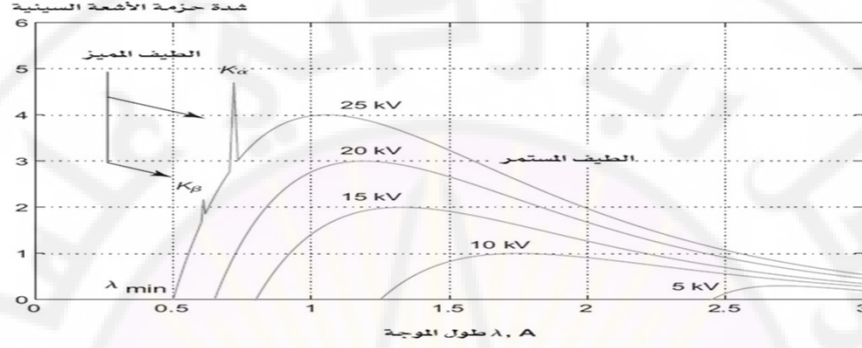


15

د.م. يحيى لحفي

16

طيف الأشعة السينية



ومن الملاحظ أن إشعاع الكبح يكون عبارة عن طيف مستمر، في حين أن الأشعة المميزة تحتوي على قمم تجعل من الطيف متقطعاً

د.م. يحيى لحفي

17

طبيعة الأشعة السينية وخصائصها

- ▶ تشكل الأشعة السينية جزءاً من طيف الإشعاعات الكهرومغناطيسية:
- ▶ طاقة فوتوناتها بين 10^2 - 10^5 إلكترون فولت.
- ▶ أطوالها الموجية بين 10^{-9} و 10^{-12} متر.
- ▶ يتميز طيف طاقة الأشعة السينية بأنه طيف ذو طاقات متعددة (متعدد الألوان)
- ▶ تنتسب بإسوداد مستحلبات فيلم التصوير الضوئي.
- ▶ تؤدي إلى تأيين الغازات التي تعبرها.
- ▶ تنتشر وفق خطوط مستقيمة وفي جميع اتجاهات الفراغ.
- ▶ تخرج الأشعة السينية من أنبوب الأشعة متجانسة تقريباً.

د.م. يحيى لحفي

18

تخامد الأشعة السينية في المادة

- ▶ تتخامد الأشعة السينية لدى عبورها الجسم ذاتياً، وبشكل طردي مع مربع البعد عن منبعها وتبعاً للطاقة التي تحملها:
- ▶ امتصاص بالمفعول الكهروضوئي
- ▶ مفعول كومبتون
- ▶ توليد الأزواج
- ▶ عندما تخترق حزمة من الأشعة السينية ثخانة كبيرة من النسيج الرخوة فإنه يتولد إشعاعاً ثانوياً منتشراً في جميع اتجاهات الفراغ والذي يزيد من التشويش في الصورة الشعاعية ويضعف من تباينها.

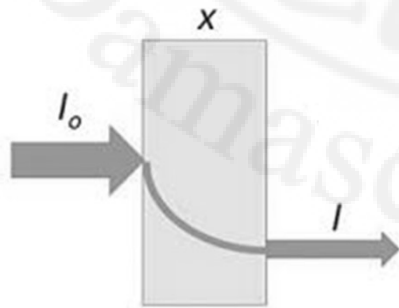
د.م. يحيى لحفي

19

تخامد الأشعة السينية في المادة

- ▶ يزداد تخامد الأشعة السينية (امتصاصها) بازدياد طول مسارها في المادة ويخضع للعلاقة:

$$I_x = I_o e^{-\mu x}$$



- ▶ I_o الشدة الابتدائية لحزمة الأشعة.

- ▶ I_x شدة حزمة الأشعة بعد مرورها لمسافة x ضمن المادة.

- ▶ μ معامل التخامد للمادة ويتعلق بـ:

- ▶ العدد الذري لمكوناتها

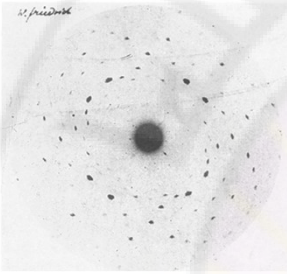
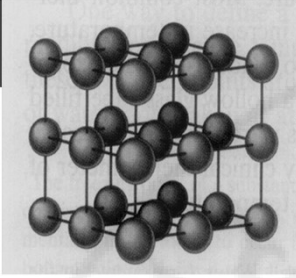
- ▶ كثافتها.

- ▶ طاقة الإشعاع الوارد.

د.م. يحيى لحفي

20

انعراج الأشعة السينية



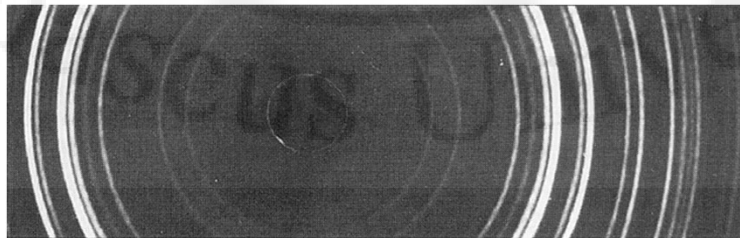
د.م. يحيى لحفي

- ▶ تنعرج الأشعة السينية ضمن البنى الذرية البلورية حيث تكون الذرات مرتبة فراغياً على شكل صفيح منتظم
- ▶ تقوم البنية البلورية مقام شبكة الانعراج للأطوال الموجية القصيرة جداً من مرتبة 10^{-10} متر، حيث أن الأبعاد بين الذرات في البلورة تقابل الفتحات في شبكات الانعراج الضوئية
- ▶ تظهر الأشعة المنتثرة عن بلورة نموذج انعراج بنهايات عظمى ونهايات صغرى.

21

انعراج الأشعة السينية

- ▶ تكون البلورة على شكل جسم ثلاثي الأبعاد، وبالتالي يمكن أن تنعرج الأشعة السينية عن مختلف مستوياتها بزوايا مختلفة
- ▶ يمكن من تحليل نماذج انعراج مادة معينة تصنيف بنية المواد المختلفة وبالتالي تحديد جميع البنى البلورية لجميع المواد المتبلورة.

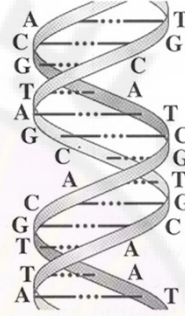
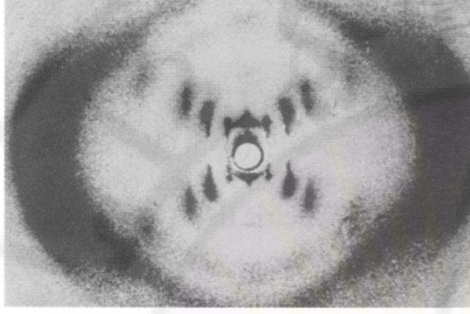


د.م. يحيى لحفي

مجموعة من الحلقات الدائرية لأستواسيات الصوديوم المتعدد التبلور

22

انعراج الأشعة السينية عن DNA



مقطع في لولب الدنا المضاعف

د.م. يحيى لحفي

23

التصوير الطبي بالأشعة السينية

- يعتمد التصوير الشعاعي على تخادم حزمة الأشعة السينية في الجسم المدروس تبعاً لامتماصه لها.
- يستعمل في فحص الصدر والهيكل العظمي ويدعى ذلك بالتصوير الشعاعي البسيط.
- يستخدم في التنظير الشعاعي التقليدي شاشة متفلورة تحدث صورة مضيئة بتأثير الأشعة السينية ويسمح بدراسة بنى الجسم المصورة بشكل ديناميكي، ولزيادة الدقة وتخفيض الجرعة الإشعاعية استبدلت الشاشات المتفلورة بمعززات للصورة Image Intensifier أو بكواشف رقمية للإشعاع مصنوعة من مواد نصف ناقلة Flat Panel كما هو الحال في التنظير الشعاعي الرقمي حالياً.
- تغلب التصوير المقطعي المحوسب منذ عام 1972 على عجز التصوير الإشعاعي التقليدي (البسيط والتنظيري) في تمييز أنسجة الدماغ والكبد والطحال والبنكرياس نظراً لطبيعة صورهِ الإسقاطية حيث أصبح بالإمكان تزويد الأطباء بصور لمقاطع عرضانية للجسم تتضح فيها كافة البنى التشريحية وتبايناتها.

د.م. يحيى لحفي

24

التصوير الشعاعي التقليدي



- يظهر مسقط العظام على الفيلم الشعاعي أبيض اللون نظراً لأن العظام توقف الأشعة السينية فلا تبلغ الفيلم لتسوده، ويكون مسقط النسيج الرخوة على شكل تدرج من اللون الرمادي تبعاً لشدة امتصاصها للأشعة السينية.
- بقدر ما تكون أكثر امتصاصاً للأشعة السينية (أو بقدر ما يكون تخامد الأشعة السينية فيها أعلى) يكون مسقطها على الفيلم درجة من الرمادية أقرب إلى البياض.
- ما يزال التصوير الشعاعي الوسيلة التشخيصية الأكثر شيوعاً نظراً لجودة الصورة الناتجة مع إمكان الاحتفاظ بها وكذلك لانخفاض الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها المريض.

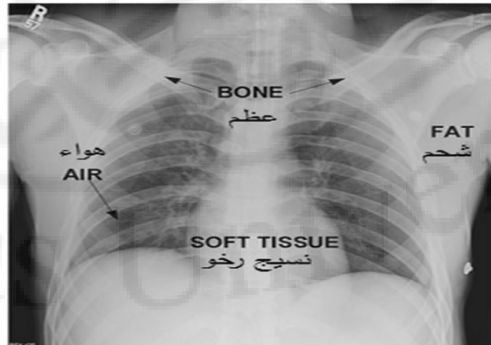
د.م. يحيى لحفي

25

التصوير الطبي بالأشعة السينية



معادن
عظم
عضلات
دم
الكبد
الرئة
شحم
هواء



الكثافات الأساسية في الصورة الشعاعية

د.م. يحيى لحفي





كلية العلوم الصحية

تفاعلات الأشعة السينية مع المادة

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتويات

- ▶ تفاعلات الأشعة السينية مع المادة
- ▶ التبعثر المترابط Coherent Scattering
- ▶ تبعثر كومبتون Compton Scattering
- ▶ الأثر الكهروضوئي Photoelectric Effect
- ▶ توليد الأزواج Pair Production
- ▶ التفكك الضوئي Photodisintegration
- ▶ الامتصاص التفاضلي
- ▶ ارتباطه بالعدد الذري
- ▶ ارتباطه بكثافة الكتلة
- ▶ فحص التباين
- ▶ التخماد الأساسي

د.م. يحيى لحفي

4

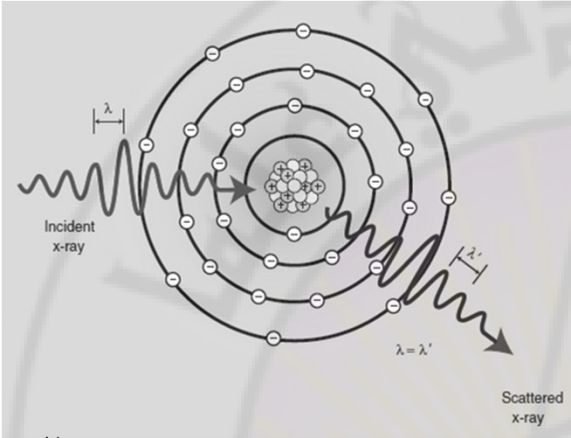
تفاعلات الأشعة السينية مع المادة

- ▶ تتفاعل الأشعة الكهرطيسية مع البنى المشابهة لها من حيث طول الموجة.
- ▶ طول موجة الأشعة السينية 10^{-8} إلى 10^{-9} متر، كلما ازدادت طاقة الأشعة السينية انخفض طول موجتها.
- ▶ الأشعة منخفضة الطاقة تتفاعل مع الذرة بشكل كامل، بينما تتفاعل الأشعة متوسطة الطاقة مع الكثرونات الذرة، وتتفاعل الأشعة عالية الطاقة مع نواة الذرة.
- ▶ يكون تفاعل الأشعة السينية مع المادة وفقاً لما يلي:
- ▶ التبعثر المترابط Coherent Scattering
- ▶ تبعثر كومبتون Compton Scattering
- ▶ المفعول الكهروضوئي Photoelectric Effect
- ▶ توليد الأزواج Pair Production
- ▶ التفكك الضوئي Photodisintegration

د.م. يحيى لحفي

5

التبعثر المترابط

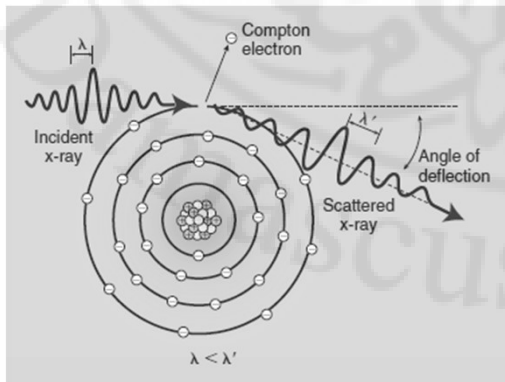


د.م. يحيى لحفي

- يحصل عند طاقات للأشعة أقل من 10 كيلو فولت.
- يتفاعل فوتون الأشعة مع ذرة كبيرة مسبباً إثارتها، مما يؤدي إلى توليد فوتون أشعة سينية مماثل في الطاقة للفوتون الوارد ومختلف عنه بالاتجاه.
- لا ينتج تأيين عن هذا التفاعل.
- ليس له أهمية في التصوير الشعاعي.
- يتسبب بضجيج وانخفاض في تباين الصورة الشعاعية.

6

تبعثر كومبتون



د.م. يحيى لحفي

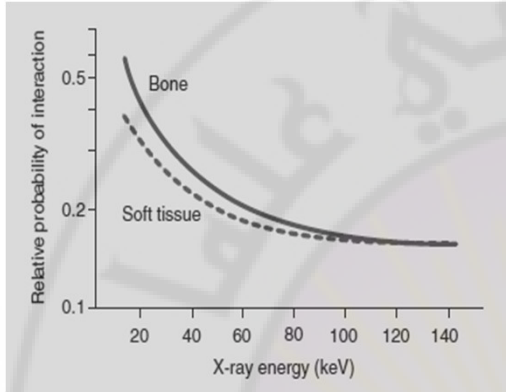
- تتفاعل فوتونات الأشعة مع الكثرونات المدارات السطحية للذرات مسببة بتأيين الذرة وتشتيت فوتون الأشعة السينية.

Question: A 30-keV x-ray ionizes an atom of barium by ejecting an O-shell electron with 12 keV of kinetic energy. What is the energy of the scattered x-ray?
the binding energy of an O-shell electron of barium is 0.04 keV

$$\begin{aligned}
 30 \text{ keV} &= E_s + (0.04 \text{ keV} + 12 \text{ keV}) \\
 E_s &= 30 \text{ keV} - (0.04 \text{ keV} + 12 \text{ keV}) \\
 &= 30 \text{ keV} - (12.04 \text{ keV}) \\
 &= 17.96 \text{ keV}
 \end{aligned}$$

7

تبعثر كومبتون



د.م. يحيى لحفي

► يمكن أن يقوم كلاً من الكثران كومبتون وفوتون الأشعة السينية المشتت بتأيين الذرات من جديد قبل فقدان طاقتهم بشكل كامل.

► تمتص طاقة فوتونات الأشعة المبعثرة كهروضوئياً.

► يمكن أن ينحرف فوتون الأشعة المبعثر بأية درجة ولكن عندما ترتد الفوتون إلى جهة الفوتون الوارد يدعى بالأشعة المبعثرة المرتدة backscatter radiation.

8

تبعثر كومبتون

► ينخفض احتمال تفاعل تبعثر كومبتون مع ازدياد طاقة فوتونات الأشعة السينية ولا يتعلق ذلك بالعدد الذري للمادة.

► يولد تبعثر كومبتون في التصوير الشعاعي كثافة ضوئية متجانسة مما يتسبب بانخفاض في تباين الصورة الشعاعية.

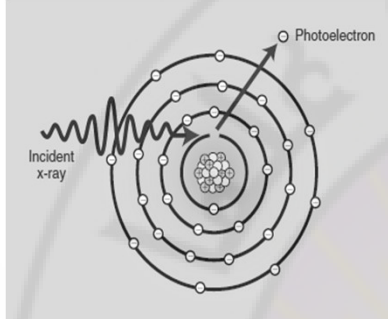
► ينتج عن تبعثر كومبتون في التصوير الشعاعي التنظيري جرعة إشعاعية مهنية للكادر الطبي المتواجد بالقرب من المريض.

► يتطلب وجود الأشعة المبعثرة القيام بتدريع غرف التصوير الشعاعي.

د.م. يحيى لحفي

9

الأثر الكهروضوئي



د.م. يحيى لحفي

▶ لا تتبعثر الأشعة السينية وإنما تمتص بالكامل في الذرة حيث تتفاعل مع الإلكترونات المدارات الداخلية مسببة في تأينها، ويدعى الإلكترون المغادر للذرة بالفوتوالكترون وتكون طاقته مساوية للفرق ما بين طاقة فوتون الأشعة السينية الوارد وطاقة ارتباطه بالذرة.

▶ في المواد ذات العدد الذري المنخفض (الأنسجة الرخوة)، يصدر الإلكترون الضوئي بطاقة مساوية تقريباً لطاقة فوتون الإشعاع الوارد، في المواد ذات العدد الذري الكبير يصدر الإلكترون الضوئي بطاقة أقل نظراً لارتفاع قيمة طاقة ارتباطه بالذرة.

▶ تنتج عن ذلك توليد أشعة سينية مميزة بطاقة تساوي الفرق بين طاقتي الارتباط للمدارين (الذي غادر منه الإلكترون الضوئي والأعلى منه).

10

الأثر الكهروضوئي

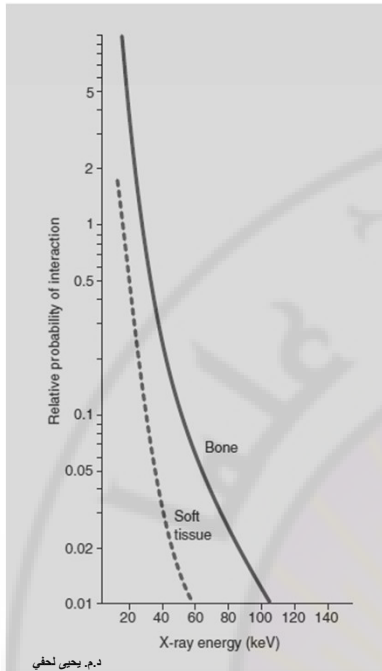
Element	Atomic Number	K-Shell Electron Binding Energy (keV)
Hydrogen	1	0.02
Carbon	6	0.3
Nitrogen	7	0.4
Oxygen	8	0.5
Aluminum	13	1.6
Calcium	20	4.1
Molybdenum	42	19
Rhodium	45	23
Iodine	53	33
Barium	56	37
Tungsten	74	69
Rhenium	75	72
Lead	82	88

Atomic Number and K-Shell Electron Binding Energy of Radiologically Important Elements

د.م. يحيى لحفي

11

الأثر الكهروضوئي



► يتعلق احتمال حدوث تفاعل كهروضوئي بكلٍ من طاقة فوتونات الأشعة السينية والعدد الذري للمادة.

► ويتناسب هذا الاحتمال عكساً مع مكعب طاقة فوتونات الأشعة الواردة في كلٍ من الأنسجة الرخوة والعظام، بينما يتناسب طردياً مع مكعب العدد الذري للمادة.

Question: If the relative probability of photoelectric interaction with soft tissue for a 20-keV x-ray is 1, how much less likely will an interaction be for a 50-keV x-ray? How much more likely is interaction with iodine ($Z = 53$) than with soft tissue ($Z = 7.4$) for a 50-keV x-ray?

Answer: $\left(\frac{20 \text{ keV}}{50 \text{ keV}}\right)^3 = \left(\frac{2}{5}\right)^3 = 0.064$
 $\left(\frac{53}{7.4}\right)^3 = 368$

12

الأثر الكهروضوئي

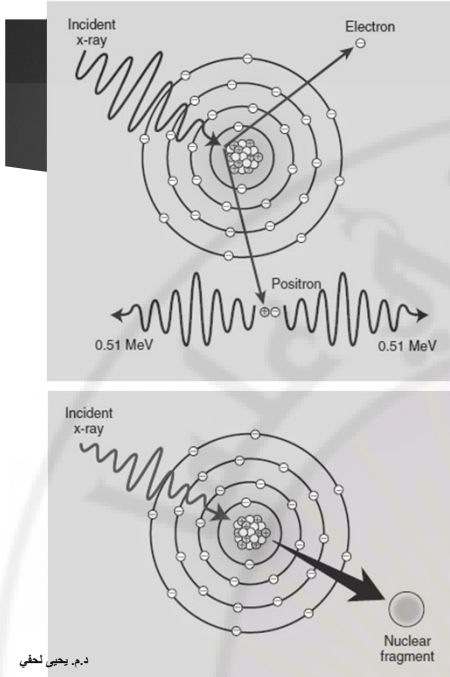
Type of Substance	Effective Atomic Number
HUMAN TISSUE	
Fat	6.3
Soft tissue	7.4
Lung	7.4
Bone	13.8
CONTRAST MATERIAL	
Air	7.6
Iodine	53
Barium	56
OTHER	
Concrete	17
Molybdenum	42
Tungsten	74
Lead	82

Effective Atomic Number of Materials Important to Radiologic Science

د.م. يحيى لحفي

13

توليد الأزواج والتفكك الضوئي



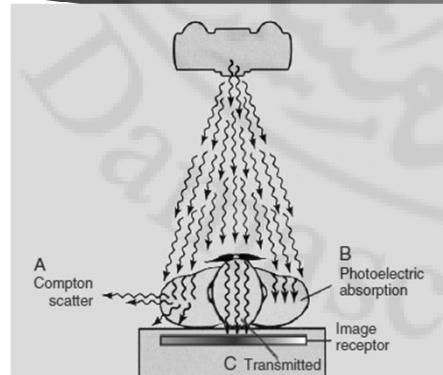
► عندما تكون طاقة فوتون الأشعة السينية كبيرة (على الأقل 1.02 Mev) فيمكن ألا تؤثر على الكترونات الذرة وإنما تتأثر فقط بحقل نواتها والذي يؤدي إلى فناء الفوتون وتوليد زوج الكتروني متساوي في الطاقة (لكل منهما طاقة 0.511 keV) ومتعاكسين في الاتجاه.

► عندما تكون طاقة فوتون الأشعة السينية كبيرة جداً (أعلى من 10 Mev)، فيمكن أن تمتص طاقتها من قبل نواة الذرة مسببة إثارة لها مصدرة نكلون أو أكثر.

► هذه التفاعلات غير ممكنة في التصوير الشعاعي!

14

الامتصاص التفاضلي



Three types of x-rays are important to the making of a radiograph: those scattered by Compton interaction (A), those absorbed photoelectrically (B), and those transmitted through the patient without interaction (C).

د.م. يحيى لحفي

► يحدث الامتصاص التفاضلي كنتيجة لـ: تبعثر كومبتون والأثر الكهروضوئي والأشعة النافذة من جسم المريض.

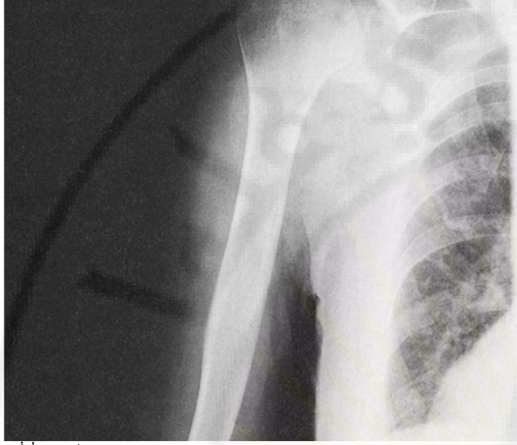
► يؤدي تبعثر كومبتون إلى تشكيل ضجيج في الصورة الشعاعية.

► يقدم تفاعل الأثر الكهروضوئي المعلومات التشخيصية في الصورة حيث لا تصل الفوتونات إلى مستقبل الصورة تاركة أثر المكونات التشريحية ذات العدد الذري العالي (كالعظام).

► بينما تسقط الأشعة العابرة للجسم على مستقبل الصورة معطية الإسوداد في الصورة الشعاعية.

15

الامتصاص التفاضلي

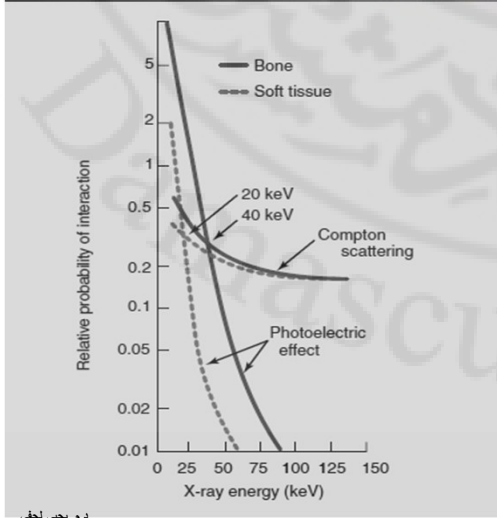


د.م. يحيى لحفي

- ▶ تتشكل الصورة الشعاعية نتيجة للفرق ما بين الأثر الكهرضوئي والأشعة العابرة للجسم، وهو ما يدعى بالامتصاص التفاضلي.
- ▶ 0.5% من الأشعة الساقطة على الجسم تشكل الصورة الإشعاعية
- ▶ يتطلب الحصول على صورة شعاعية ذات جودة عالية الاختيار المناسب لمعاملات التصوير والتي تنتج أعلى امتصاص تفاضلي.
- ▶ إن انخفاض قيمة الجهد يزيد من الامتصاص التفاضلي ويحسن من تباين الصورة.

16

الامتصاص التفاضلي: علاقته بالعدد الذري



د.م. يحيى لحفي

- ▶ إن احتمال حدوث الأثر الكهرضوئي يتناسب طردياً مع مكعب العدد الذري للمادة، في حين لا يتعلق تبعثر كومبتون به.
- ▶ ينتج الامتصاص التفاضلي في العظام والنسج الرخوة عن الأثر الكهرضوئي والذي يعتمد على العدد الذري للمادة.
- ▶ يكون الاحتمال النسبي للتفاعل ما بين العظام والأنسجة الرخوة ثابت.
- ▶ بينما تنخفض القيمة المطلقة لكل منهما مع ازدياد طاقة فوتونات الأشعة السينية.
- ▶ تكون معظم التفاعلات عند الطاقات المنخفضة كهروضوئية بينما يكون تبعثر كومبتون هو المسيطر عند الطاقات العالية.

17

الامتصاص التفاضلي: علاقته بكثافة المادة

- ▶ يجب التفريق بين كثافة المادة والكثافة البصرية OD.
- ▶ تعرّف كثافة المادة بكتلة المادة في وحدة الحجم kg/m^3 .
- ▶ تتناسب تفاعلات فوتونات الأشعة السينية مع كثافة المادة بشكل طردي وبغض النظر عن نوع هذا التفاعل.

Question: What is the relative probability that 60-keV x-rays will undergo Compton scattering in bone compared with soft tissue?

Answer: Mass density of bone = 1850 kg/m^3
 Mass density of soft tissue = 1000 kg/m^3
 $\frac{1850}{1000} = 1.85$

د.م. يحيى لحفي

18

الامتصاص التفاضلي: علاقته بكثافة المادة

Substance	Mass Density (kg/m^3)
HUMAN TISSUE	
Lung	320
Fat	910
Soft tissue, muscle	1000
Bone	1850
CONTRAST MATERIAL	
Air	1.3
Barium	3500
Iodine	4930
OTHER	
Calcium	1550
Concrete	2350
Molybdenum	10,200
Lead	11,350
Rhenium	12,500
Tungstate	19,300

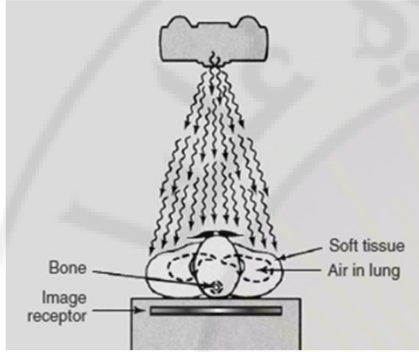
Mass Density of Materials Important to Radiologic Science

د.م. يحيى لحفي

19

الامتصاص التفاضلي: علاقته بكثافة المادة

► يتم تصوير الرئتين بشكل أساسي اعتماداً على فروقات الكثافة (كثافة النسيج الرخو أكبر بـ 770 مرة من كثافة الهواء وبثلاث مرات من كثافة الرئتين).



د.م. يحيى لحفي

Question: Assume that all x-ray interactions during mammography are photoelectric. What is the differential absorption of x-rays in microcalcifications ($Z = 20$, $\rho = 1550 \text{ kg/m}^3$) relative to fatty tissue ($Z = 6.3$, $\rho = 910 \text{ kg/m}^3$)?

Answer: Differential absorption due to atomic number:

$$\left(\frac{20}{6.3}\right)^3 = \frac{8000}{250} = 32 : 1$$

Differential absorption due to mass density

$$= \frac{1550}{910} = 1.7 : 1$$

Total differential absorption

$$= 32 \times 1.7 = 54.4 : 1$$

20

فحص التباين

Question: What is the probability that an x-ray will interact with iodine rather than soft tissue?

Answer: Differential absorption as a result of atomic number:

$$\left(\frac{53}{7.4}\right)^3 = 367 : 1$$

Differential absorption due to mass density

$$= \frac{4.93}{1.0} = 4.93 : 1$$

Total differential absorption

$$= 367 \times 4.93 = 1809 : 1$$

د.م. يحيى لحفي

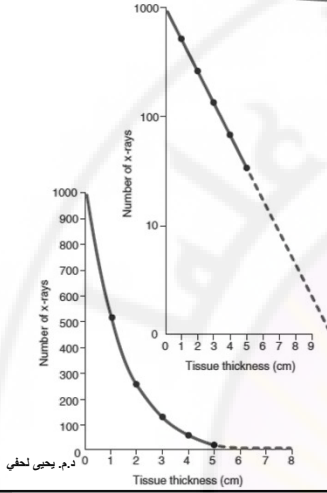
► يستخدم الباريوم واليود لتسحين التباين في التصوير الشعاعي لبعض أعضاء الجسم نظراً لامتلاكهما عدداً ذرياً وكثافة أعلى من مثيلاتها في الأنسجة الرخوة (العدد الذري للباريوم 56 ولليود 53).

► تدعى مواد ظليلة.

► يستخدم الهواء مع الباريوم كمادة ظليلة في تصوير البطينات الدماغية ويدعى ذلك بالمادة الظليلة المضاعفة.

21

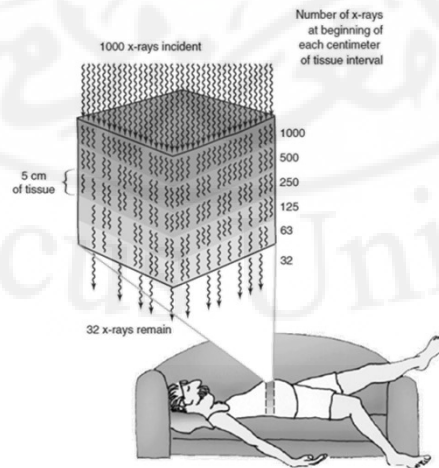
التوهين الأسّي



- يعتمد تفاعل الأشعة السينية مع المادة على العدد الذري وكثافتها وطاقة فوتونات هذه الأشعة.
- يدعى تفاعل الأثر الكهروضوئي بالامتصاص حيث يختفي فوتون الأشعة فيه ويكون الامتصاص فيه تاماً.
- يكون الامتصاص في تفاعل تبعثر كومبتون جزئياً.
- يدعى الانخفاض الكلي في عدد الفوتونات المتبقية من حزمة الأشعة بعد اختراقها سماكة من جسم ما بالتوهين.
- ينتج التوهين عن الامتصاص والتبعثر لفوتونات الأشعة السينية.
- يكون توهين الأشعة السينية أسياً (نسبة معينة لكل زيادة في السماكة).

22

التوهين الأسّي





كلية العلوم الصحية

خصائص الأشعة السينية

الطيف – الشدة – الجودة

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتويات

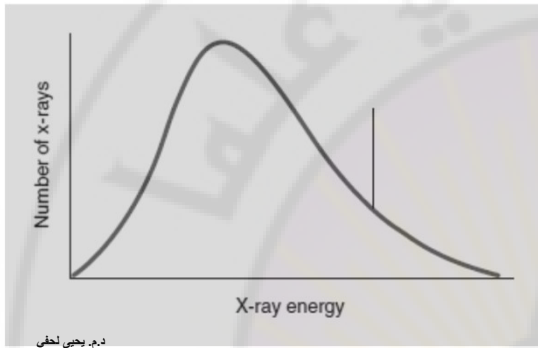
- ▶ العوامل المؤثرة على طيف الأشعة السينية.
- ▶ العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية.
- ▶ العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية

4

العوامل المؤثرة على طيف الأشعة السينية

► يمثل العدد الكلي لفوتونات الأشعة السينية الصادرة عن أنبوب الأشعة بمجموع أعداد الفوتونات الصادرة عند كل طاقة من طيف الأشعة الصادر. (تكامل منحنى طيف الطاقة).

► العوامل المؤثرة في طيف الأشعة الصادرة هي:



► تيار الأنبوب

► الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب

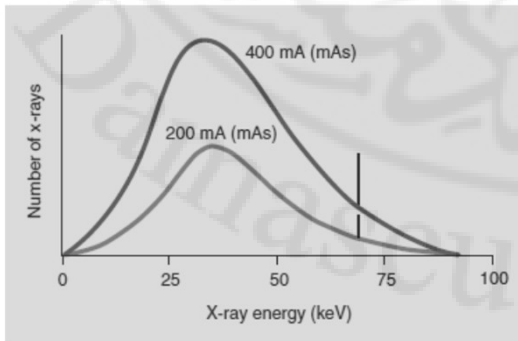
► الترشيح المضاف

► مادة الهدف في المصعد

► شكل موجة الجهد المقوم

5

أثر تيار الأنبوب mA أو mAs

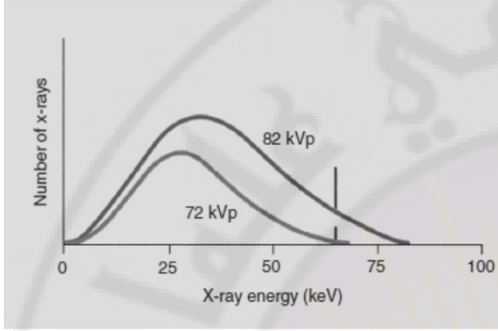


► عند ثبات بقية العوامل، تكون العلاقة ما بين كمية الأشعة السينية الصادرة (عدد الفوتونات) وتيار أنبوب الأشعة طردية.

► يتغير مطال طيف الأشعة فقط دون شكله.

6

أثر الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب kVp



د.م. يحيى لحفي

- ▶ عند ثبات قيم العوامل الأخرى، تكون كمية الأشعة السينية الصادرة (عدد الفوتونات) متناسبة مع مربع نسبة التغير في الجهد الكهربائي المطبق على أنبوب الأشعة.
- ▶ يتغير مطال وشكل طيف الأشعة وبحث يكون أكبر نسبياً في جهة الطاقات العليا للأشعة.
- ▶ تكون قيمة الطاقة العظمى لفوتونات الأشعة السينية الصادرة مساوية عددياً للجهد الكهربائي المطبق kVp.

7

أثر الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب kVp

Question:
Suppose the curve labeled 72 kVp covers a total area of 3.6 cm² and represents an x-ray quantity of 1.25 mGy. What area under the curve and x-ray quantity would be expected for operations at 82 kVp?

Answer: The area under the curve and the output intensity are proportional to the square of the ratio of the kVp change. A ratio can be established.

$$\left(\frac{82}{72}\right)^2 (3.6 \text{ cm}^2) = (1.3)(3.6 \text{ cm}^2) = 4.7 \text{ cm}^2$$

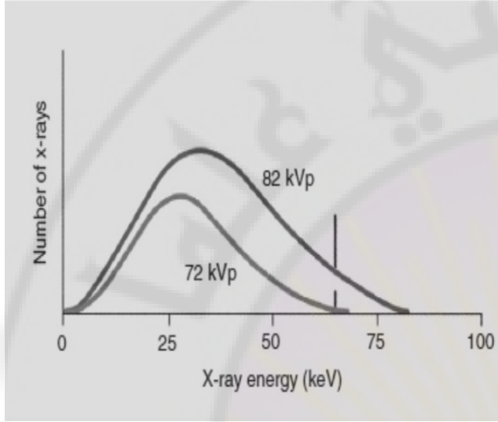
and

$$(1.3)(1.25 \text{ mGy}_a) = 1.63 \text{ mGy}_a$$

د.م. يحيى لحفي

8

أثر الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب kVp

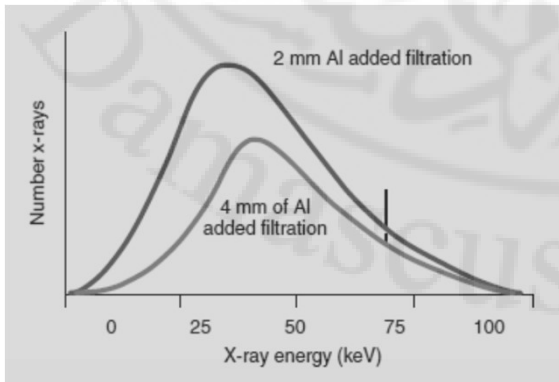


د.م. يحيى لحفي

- ▶ إن زيادة في الجهد الأنبوب الكهربائي المطبق مقدارها 15% تكافئ في أثرها على مستوى كاشف الصورة مضاعفة في قيمة تيار الأنبوب في الزمن mAs المطبقة،
- ▶ عند الجهود الكهربائية المنخفضة (50-60 kVp) فإن زيادة مقدارها 7 kVp تكافئ مضاعفة mAs.
- ▶ عند الجهود المرتفعة (فوق 100 kVp) فإن هذه القيمة هي 15 kVp.
- ▶ لمضاعفة عدد الفوتونات الصادرة حقيقة يجب زيادة الجهد حوالي 40%.

9

أثر ترشيح الحزمة

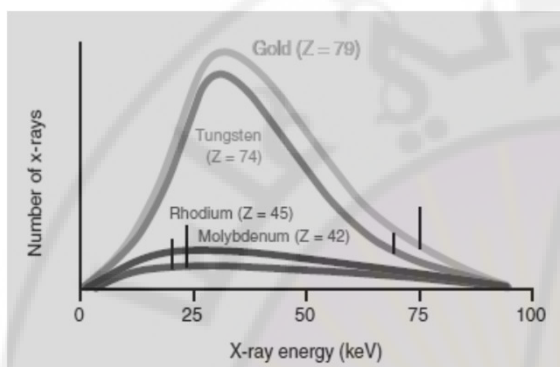


د.م. يحيى لحفي

- ▶ يخفض المرشح من شدة حزمة الأشعة السينية ولكنه يزيد من الطاقة الوسطية لها.
- ▶ تدعى عملية إضافة المرشحات بتقسية الحزمة الإشعاعية.
- ▶ لا يتأثر طيف الأشعة المميزة ولا الطاقة العظمى للفوتونات بإضافة المرشحات.

10

أثر مادة هدف المصعد

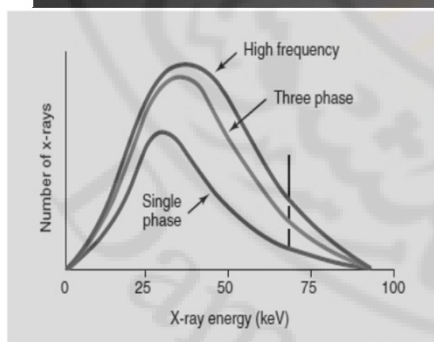


د.م. يحيى لحفي

- يحدد العدد الذري لمادة هدف المصعد عدد ونوعية فوتونات الأشعة السينية الصادرة.
- تزداد فعالية توليد طيف الكبح للأشعة السينية مع ازدياد العدد الذري لمادة الهدف ويميل هذا الانحراف باتجاه الطاقات العالية.
- ينزاح طيف الأشعة المميز باتجاه الطاقات العالية عند ازدياد العدد الذري لمادة الهدف.

11

أثر شكل موجة الجهد المقوم



spectra for 92-kVp operation at constant mAs

د.م. يحيى لحفي

- يوجد خمس أشكال لمولدات الجهد الكهربائي في أنبوب الأشعة:
 - أحادي الطور - نصف موجة مقومة
 - أحادي الطور - موجة كاملة مقومة
 - ثلاثي الطور - ست نبضات-مقوم
 - ثلاثي الطور - 12 نبضة - مقومة
 - الترددات العالية
- يمكن تخفيض الجهد بمقدار 12% عند الانتقال من أحادي الطور إلى استخدام ثلاثي الطور وبالتالي الحصول على نفس شدة الأشعة السينية المولدة.
- يكافئ استخدام مولدات الترددات العالية زيادة في قيمة الجهد بما يعادل 16% مقارنة بمولدات الجهد أحادية الطور والذي يكون له نفس أثر مضاعفة قيمة mAs على سطح كاشف الصورة.

12

العوامل المؤثرة على طيف الأشعة السينية

Factor	Effect
Tube current	Amplitude of spectrum
Tube voltage	Amplitude and position
Added filtration	Amplitude; most effective at low energy
Target material	Amplitude of spectrum and position of line spectrum
Voltage waveform	Amplitude; most effective at high energy

د.م. يحيى لحفي

13

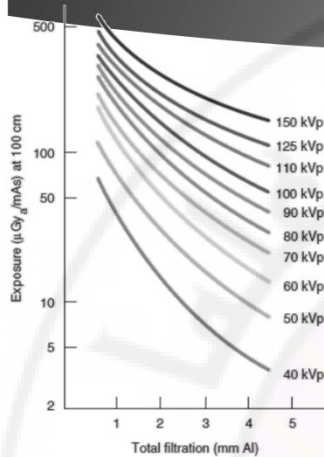
العوامل المؤثرة على طيف الأشعة السينية

An Increase in	Results in
Current (mAs)	An increase in quantity; no change in quality
Voltage (kVp)	An increase in quantity and quality
Added filtration	A decrease in quantity and an increase in quality
Target atomic number (Z)	An increase in quantity and quality
Voltage ripple	A decrease in quantity and quality

د.م. يحيى لحفي

14

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية



These curves apply only for single-phase, full-wave-rectified apparatus

▶ تقاس شدة حزمة الأشعة السينية في أنظمة التصوير الشعاعية بوحدة الملي غراي في الهواء (mGy_a)

▶ يقاس معدل التعرض الإشعاعي بواحدات: mGy_a/s , mGy_a/min , mGy_a/mAs

▶ تصدر أنابيب الأشعة التشخيصية جرعة إشعاعية عند جهد كهربائي قيمته 70 كيلو فولت تقدر ب $50 \mu Gy_a/mAs$ وذلك على بعد 1 متر من البقعة المحرقة.

15

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

The Effect of Increasing	X-ray Quantity Is	Image Receptor Exposure Is
mAs	Increased proportionately	Increased
kVp	Increased by $\left(\frac{kVp_2}{kVp_1}\right)^2$	Increased by $\left(\frac{kVp_2}{kVp_1}\right)^5$
Distance	Reduced by $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$	Reduced by $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$
Filtration	Reduced	Reduced

د.م. يحيى لحفي

16

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

▶ تتناسب شدة الأشعة السينية طردياً وبشكل خطي مع mAs.

X-Ray Quantity and mAs

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{mAs_1}{mAs_2}$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at mAs_1 and mAs_2 , respectively.

Question: A lateral chest technique calls for 110 kVp, 10 mAs, which results in an x-ray intensity of $320 \mu Gy_a$ at the position of the patient. If the mAs is increased to 20 mAs, what will the x-ray intensity be?

Answer:
$$\frac{x}{320 \mu Gy_a} = \frac{20 mAs}{10 mAs}$$

$$x = \frac{(320 \mu Gy_a) 20 mAs}{10 mAs} = 640 \mu Gy_a$$

د.م. يحيى لحفي

17

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

▶ تتناسب شدة الأشعة السينية طردياً وبشكل خطي مع mAs.

X-Ray Quantity and mAs

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{mAs_1}{mAs_2}$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at mAs_1 and mAs_2 , respectively.

Question: The radiographic technique for a kidneys, ureters, and bladder (KUB) examination uses 74 kVp/60 mAs. The result is a patient exposure of $2.5 mGy_a$. What will be the exposure if the mAs can be reduced to 45 mAs?

Answer:
$$\frac{x}{2.5 mGy_a} = \frac{45 mAs}{60 mAs}$$

$$x = \frac{(2.5 mGy_a)(45 mAs)}{60 mAs} = 1.9 mGy_a$$

د.م. يحيى لحفي

18

العلاقة بين تيار الأنبوب وعدد الإلكترونات

$$\begin{aligned} \text{mAs} &= \text{mA} \times \text{s} \\ &= \text{mC/s} \times \text{s} \\ &= \text{mC} \end{aligned}$$

where C (coulomb) is a measure of electrostatic charges and $1 \text{ C} = 6.25 \times 10^{18}$ electrons.

► يعبر mAs عن عدد الإلكترونات المتوجهة من المهبط إلى المصعد والتي تنتج الأشعة السينية.

► مثال:

Question: A radiograph is made at 74 kVp/100 mAs. How many electrons interact with the target?

Answer: $100 \text{ mAs} = 100 \text{ mC}$
 $= 6.25 \times 10^{17}$ electrons

د.م. يحيى لحفي

19

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

X-ray Quantity and kVp

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{\text{kVp}_1}{\text{kVp}_2} \right)^2$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at kVp_1 and kVp_2 , respectively.

► تتناسب شدة الأشعة السينية طردياً مع مربع معدل تغير الجهد الكهربائي المطبق على أنبوب الأشعة.

Question: A lateral chest technique calls for 110 kVp, 10 mAs and results in an x-ray intensity of 0.32 mGy_a (32 mR). What will be the intensity if the kVp is increased to 125 kVp and the mAs remains fixed?

Answer: $\frac{0.32 \text{ mGy}_a}{I_2} = \left(\frac{110 \text{ kVp}}{125 \text{ kVp}} \right)^2$
 $I_2 = (0.32 \text{ mGy}_a) \left(\frac{125 \text{ kVp}}{110 \text{ kVp}} \right)^2$
 $= (0.32 \text{ mGy}_a)(1.14)^2$
 $= (0.32 \text{ mGy}_a)(1.29) = 0.41 \text{ mGy}_a$

د.م. يحيى لحفي

20

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

X-ray Quantity and kVp

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{kVp_1}{kVp_2} \right)^2$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at kVp_1 and kVp_2 , respectively.

Question: An extremity is examined through a technique of 58 kVp/8 mAs, resulting in an entrance skin exposure (ESE) of 240 μGy_a . If the technique is changed to 54 kVp/8 mAs to improve contrast, what will be the x-ray quantity?

Answer:
$$\frac{I}{240 \mu\text{Gy}_a} = \left(\frac{54 \text{ kVp}}{58 \text{ kVp}} \right)^2$$

$$I = (240 \mu\text{Gy}_a) \left(\frac{54 \text{ kVp}}{58 \text{ kVp}} \right)^2$$

$$= (240 \mu\text{Gy}_a)(0.93)^2$$

$$= (240 \mu\text{Gy}_a)(0.867) = 208 \mu\text{Gy}_a$$

د.م. يحيى لحفي

21

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- نظرياً، يتطلب مضاعفة شدة الأشعة السينية بزيادة الجهد الكهربائي المطبق حوالي 40% فقط.
- عملياً، لا يمكن القيام بذلك لارتفاع قدرة نفاذية الأشعة السينية وبالتالي انخفاض تباين الأنسجة المصورة.
- تتطلب كل زيادة في الجهد مقدارها 15% تخفيض تيار الأنبوب في الزمن mAs إلى النصف للحفاظ على شدة ثابتة من الأشعة السينية على سطح الكاشف.
- ينتج عن زيادة الجهد وتخفيض تيار الأنبوب تعريض ثابت على سطح الكاشف وانخفاض ملموس في جرعة المريض، ولكنه يؤدي إلى انخفاض في تباين الصورة الإشعاعية الناتجة في حال كان المستقبل من نوع فيلم – لوحة فقط بينما لا يؤثر على الصورة في حال كون المستقبل كاشفاً رقمياً.

د.م. يحيى لحفي

22

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

Question: A radiographic technique calls for 80 kVp/30 mAs and results in 1.4 mGy_a. What is the expected ESE if the kVp is increased to 92 kVp (+15%) and the mAs reduced by one half to 15 mAs?

Answer:

$$\frac{I}{1.4 \text{ mGy}_a} = \left(\frac{15 \text{ mAs}}{30 \text{ mAs}} \right) \left(\frac{92 \text{ kVp}}{80 \text{ kVp}} \right)^2$$

$$I = 1.4 \text{ mGy}_a \left(\frac{15 \text{ mAs}}{30 \text{ mAs}} \right) \left(\frac{92 \text{ kVp}}{80 \text{ kVp}} \right)^2$$

$$= 1.4 \text{ mGy}_a (0.5)(1.32) = 0.92 \text{ mGy}_a$$

د.م. يحيى لحفي

23

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

X-ray Quantity and Distance

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at distances d_1 and d_2 , respectively.

▶ تتناسب شدة الأشعة السينية عكساً مع مربع معدل تغير المسافة عن هدف مصعد أنبوب الأشعة.

Question: Mobile radiography is conducted at 100 cm SID and results in an exposure of 0.13 mGy_a (13 mR) at the image receptor. If 91 cm is the maximum SID that can be obtained for a particular examination, what will be the image receptor exposure?

Answer:

$$\frac{0.13 \text{ mGy}_a}{I_2} = \left(\frac{91 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \right)^2$$

$$I_2 = (0.13 \text{ mGy}_a) \left(\frac{100 \text{ cm}}{91 \text{ cm}} \right)^2$$

$$= (0.13 \text{ mGy}_a)(1.1)^2$$

$$= (0.13 \text{ mGy}_a)(1.1) = 0.14 \text{ mGy}_a$$

د.م. يحيى لحفي

24

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

X-ray Quantity and Distance

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at distances d_1 and d_2 , respectively.

▶ تتناسب شدة الأشعة السينية عكساً مع مربع معدل تغير المسافة عن هدف مصعد أنبوب الأشعة.

Question: A posteroanterior (PA) chest examination (120 kVp/3 mAs) with a dedicated x-ray imaging system is taken at an SID of 300 cm. The exposure at the image receptor is 0.12 mGy_a (12 mR). If the same technique is used at a SID of 100 cm, what will be the x-ray exposure?

Answer:
$$\frac{I}{0.12 \text{ mGy}_a} = \left(\frac{300 \text{ cm}}{100 \text{ cm}}\right)^2$$

$$I = 0.12 \text{ mGy}_a \left(\frac{300 \text{ cm}}{100 \text{ cm}}\right)^2$$

$$= (0.12 \text{ mGy}_a)(3)^2$$

$$= (0.12 \text{ mGy}_a)(9) = 1.08 \text{ mGy}_a$$

د.م. يحيى لحفي

25

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

The Square Law

$$\frac{mAs_1}{mAs_2} = \frac{SID_1^2}{SID_2^2}$$

where mAs_1 is the technique at SID_1 , and mAs_2 is the technique at SID_2 .

▶ للحفاظ على تعريض ثابت على الكاشف ينبغي عند زيادة المسافة ما بين الكاشف وهدف أنبوب الأشعة زيادة شدة تيار الأنبوب mAs بنسبة مربع معدل تغير المسافة

Question: What should be the new mAs in the previous question to reduce the x-ray quantity to 0.12 mGy_a at 100 cm?

Question: A posteroanterior (PA) chest examination (120 kVp/3 mAs) with a dedicated x-ray imaging system is taken at an SID of 300 cm. The exposure at the image receptor is 0.12 mGy_a (12 mR). If the same technique is used at a SID of 100 cm, what will be the x-ray exposure?

د.م. يحيى لحفي

26

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- ▶ تمتلك أجهزة التصوير الشعاعية مراوح معدنية (من الألمنيوم عادة) توضع في الحزمة الإشعاعية وتكون بسماكة من 1 حتى 5 ملم وذلك بهدف التخلص من فوتونات الأشعة السينية منخفضة الطاقة.
- ▶ عند زيادة الترشيح تنخفض شدة الأشعة السينية.
- ▶ إن زيادة طبقة المرشح تسهم في تخفيض جرعة المريض، لكنها بنفس الوقت قد تخفض أيضاً من تباين الصورة الناتجة.

د.م. يحيى لحفي

27

جودة الحزمة الإشعاعية

- ▶ توصف الحزمة الإشعاعية ذات النفاذية العالية بالحزمة ذات الجودة العالية،
- ▶ تتعلق نفاذية الأشعة السينية بطاقة فوتوناتها وتعبر عن مدى مقدرة فوتونات الأشعة على اختراق نسيج ما.
- ▶ لا تتأثر جودة الحزمة الإشعاعية بالمسافة أو بتيار الأنبوب.
- ▶ تكون نفاذية الأشعة السينية أعلى في الأنسجة ذات العدد الذري المنخفض وتتناقص مع ازدياد العدد الذري لبنية النسيج المخترق.
- ▶ ينتج التوهين في الأشعة السينية عن الامتصاص والتشتت الحاصل في الأوساط المارة فيها.
- ▶ في التصوير الشعاعي، تقاس جودة الحزمة الإشعاعية بمقدار طبقة النصف HVL والمقدرة من 1-5 ملم مكافئ ألمنيوم أو من 3-6 سم من النسيج الرخوة.
- ▶ تعرّف طبقة النصف بثخانة المادة المطلوبة لتخفيض شدة الأشعة السينية المارة خلالها إلى النصف.

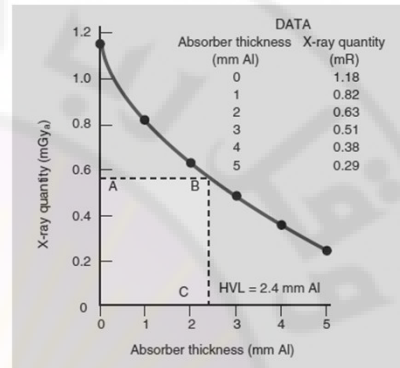
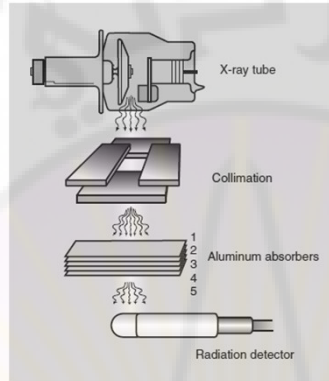
د.م. يحيى لحفي

28

قياس طبقة النصف HVL

The following data were obtained with the radiographic tube operated at 70 kVp, while the detector was positioned 100 cm from the target with 1.0-mm Al filters inserted between the target and the detector. Estimate the HVL from observation of this data. Then plot the data to see how close you were.

One half of $1.18 \mu\text{Gy}_a$ is $0.59 \mu\text{Gy}_a$; therefore, the HVL must be between 2 and 3 mm of Al. A plot of the data shows the HVL to be 2.4 mm Al.



د.م. يحيى لحفي

29

العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية

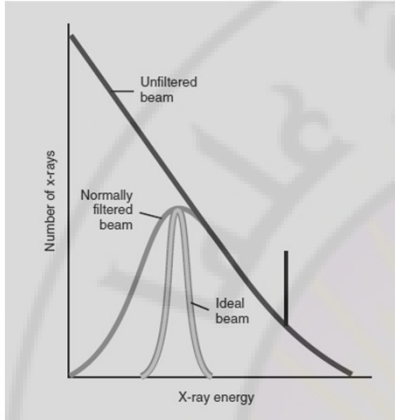
► تزداد جودة الحزمة الإشعاعية مع زيادة الجهد الكهربائي المطبق على أنبوب الأشعة، وبالتالي تزداد نفوذيتها وتزداد معها قيمة طبقة النصف الموافقة لها.

Kilovolt Peak	Half-Value Layer (mm Al)
50	1.9
75	2.8
100	3.7
125	4.6
150	5.4

د.م. يحيى لحفي

30

العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

► إن الهدف الرئيسي من إضافة المرشحات هو تقليل عدد الفوتونات منخفضة الطاقة والتي تؤدي إلى تعريض المريض وبدون أية فائدة منها.

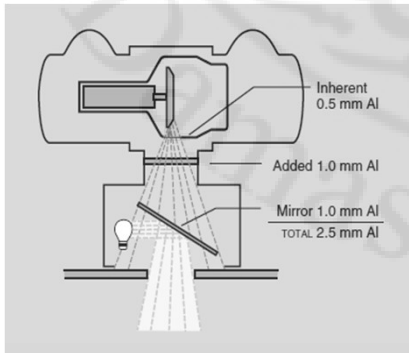
► تستخدم عدة معادن كمرشحات للحزمة:

► Al ($Z = 13$) نظراً لسهولة استخدامه ورخصه بحيث يتم التخلص من فوتونات منخفضة الطاقة بالأثر الكهروضوئي.

► Copper ($Z = 29$), tin ($Z = 50$), gadolinium ($Z = 64$), holmium ($Z = 67$)

31

العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية



د.م. يحيى لحفي

► تكون المرشحات في أجهزة التصوير الشعاعية إما أساسية أو مضافة.

► تشكل نافذة خروج الأشعة الزجاجية أو المعدنية مرشحاً أساسياً لحزمة الأشعة، وتقدر قيمته بحوالي 0.5 mm Al، وتزداد هذه القيمة مع مرور الزمن نظراً لترسب بخار التنغستين على السطح الداخلي للغلاف.

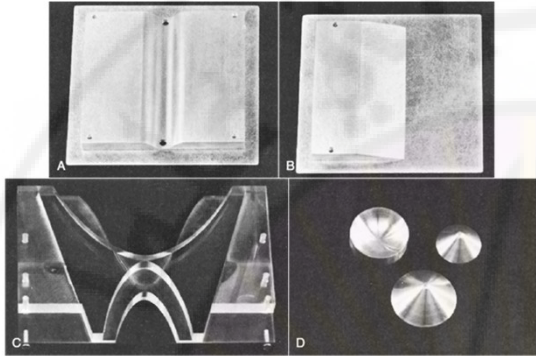
► تصنع نافذة خروج الأشعة في جهاز تصوير الثدي الشعاعي من مادة البيرليوم ويقدر ترشيحها بـ 0.1 mm Al.

► تضاف صفائح مرشحة بين نافذة خروج الأشعة والمسدد ضمن أنبوب الأشعة، وتعطي ترشيحاً مقداره 1 mm Al.

► يضيف نظام حقل الرؤية الضوئي ترشيحاً مقداره 1 mm Al إلى حزمة الأشعة بسبب وجود المرآة المفضضة.

32

العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية



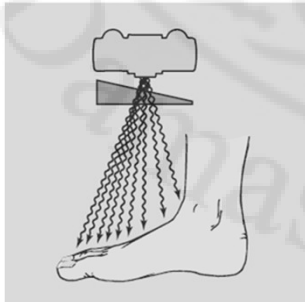
Compensating filters. A, Trough filter. B, Wedge filter. C, "Bow-tie" filter for use in computed tomography. D, Conic filters for use in digital fluoroscopy

د.م. يحيى لحفي

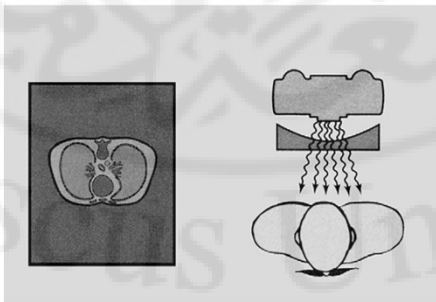
► عند تصوير أجسام ذات كثافات أو ثخانات مختلفة تستخدم مرشحات تعويض مكونة من مواد بلاستيكية مع الألمنيوم بهدف الحصول على صورة إشعاعية ذات سطوع متجانس.

33

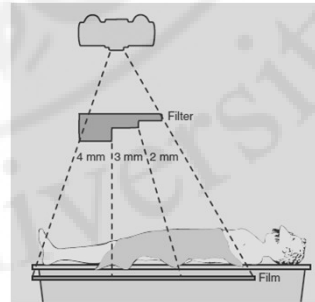
العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية



Use of a wedge filter for examination of the foot



Use of a trough filter for examination of the chest



Arrangement of apparatus with the use of an aluminum step-wedge for serial radiography of the abdomen and lower extremities

د.م. يحيى لحفي

34

العوامل المؤثرة على جودة وشدة الأشعة السينية

Factors That Affect X-ray Quality and Quantity

An Increase in	X-ray Quality	X-ray Quantity
mAs	None	Increased
kVp	Increased	Increased
Distance	None	Reduced
Filtration	Increased	Reduced

د.م. يحيى لحفي





كلية العلوم الصحية

الأشعة المتبعثرة

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتويات

- ▶ توليد الأشعة المتبعثرة
- ▶ العوامل المؤثرة على الأشعة المتبعثرة
- ▶ الجهد الكهربائي - مساحة الحقل الإشعاعي - سماكة جسم المريض
- ▶ تأثير الأشعة المتبعثرة على تباين الصورة
- ▶ محددات الحزمة الإشعاعية
- ▶ فتحة الحجاب aperture diaphragm - الأسطوانات والمخاريط - مسدّات الفتحة المضاء المتغيرة
- ▶ الشبكات المانعة للتبعثر
- ▶ معدل الشبكة - تردد الشبكة- معامل تحسين التباين
- ▶ أنواع الشبكات المانعة للتبعثر
- ▶ الشبكة المتوازية- المتصالية – المبرنة - المتحركة

د.م. يحيى لحفي

4

توليد الأشعة المتبعثرة

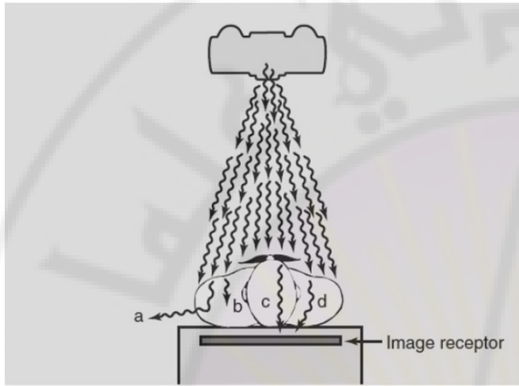


FIGURE 11-1 Some x-rays interact with the patient and are scattered away from the image receptor (a). Others interact with the patient and are absorbed (b). X-rays that arrive at the image receptor are those transmitted through the patient without interacting (c) and those scattered in the patient (d). X-rays of types c and d are called *image-forming x-rays*.

د.م. يحيى لحفي

5

توليد الأشعة المتبعثرة

- ▶ تتشكل الكثافة الضوئية والتباين في الصورة الشعاعية بسبب:
 - ▶ الأشعة التي تعبر المريض دون أن تتفاعل مع أنسجته
 - ▶ الأشعة التي تتفاعل مع الأنسجة وفق تبعثر كومبتون
- ▶ تدعى الأشعة التي تتفاعل مع مستقبل الصورة بالأشعة المشكلة للصورة.
- ▶ يؤدي التوسيد Collimation الجيد للحزمة الإشعاعية قبل وصولها إلى المريض إلى:
 - ▶ تخفيض جرعة المريض (تخفيض مساحة المنطقة المعرضة).
 - ▶ تحسين تباين الصورة

د.م. يحيى لحفي

6

توليد الأشعة المتبعثرة

- ▶ بشكل مثالي: يجب أن تصل الأشعة السينية التي لا تتفاعل مع أنسجة المريض إلى مستقبل الصورة.
- ▶ يؤدي تزايد الأشعة المتبعثرة إلى انخفاض في تباين الصورة.
- ▶ تتأثر الشدة النسبية للأشعة المتبعثرة التي تصل سطح مستقبل الصورة بثلاثة عوامل رئيسية هي:
 - ▶ الجهد الكهربائي kVp
 - ▶ مساحة الحقل الإشعاعي
 - ▶ سماكة المريض

د.م. يحيى لحفي

7

أثر الجهد الكهربائي

- ▶ عند زيادة الجهد الكهربائي فإن عدد فوتونات الأشعة السينية التي تتفاعل مع المادة وفقاً لتبعثر كومبتون تزداد.
- ▶ إن انخفاض الجهد الكهربائي يرافقه:
 - ▶ زيادة الامتصاص الكهروضوئي للفوتونات مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في جرعة المريض الإشعاعية.
 - ▶ وصول عدد قليل جداً من الفوتونات إلى مستقبل الصورة مما يتطلب زيادة التيار الكهربائي وبالتالي جرعة المريض أيضاً.

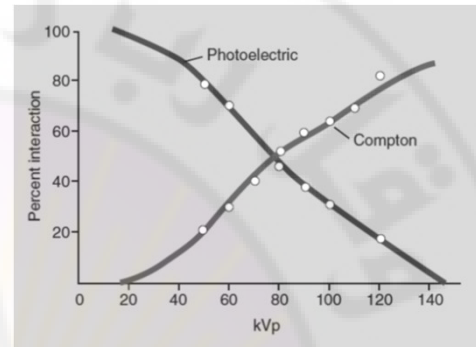
د.م. يحيى لحفي

8

أثر الجهد الكهربائي

kVp	PERCENT INTERACTION			Percent Transmission
	Photoelectric	Compton	Total	
50	79	21	>99	<1
60	70	30	>99	<1
70	60	40	>99	<1
80	46	52	98	2
90	38	59	97	3
100	31	63	94	6
110	23	70	93	7
120	18	83	91	9

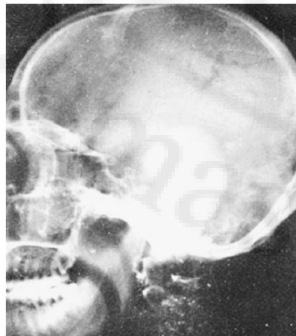
Through 10 cm of Soft Tissue



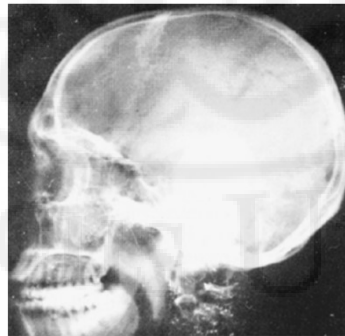
د.م. يحيى لحفي

9

أثر الجهد الكهربائي



70 kVp/120 mAs



80 kVp/60 mAs



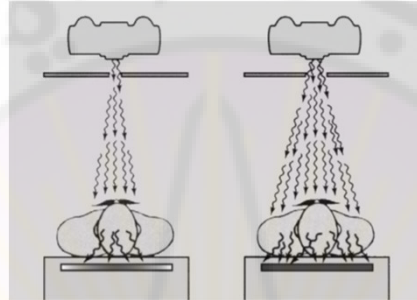
90 kVp/30 mAs

د.م. يحيى لحفي

10

مساحة الحقل الإشعاعي

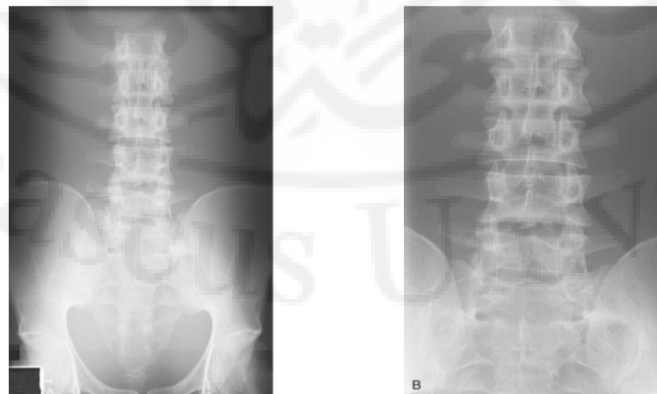
► تزداد الأشعة المتبعثرة بزيادة مساحة الحقل الإشعاعي



د.م. يحيى لحفي

11

مساحة الحقل الإشعاعي



د.م. يحيى لحفي

12

سماكة جسم المريض

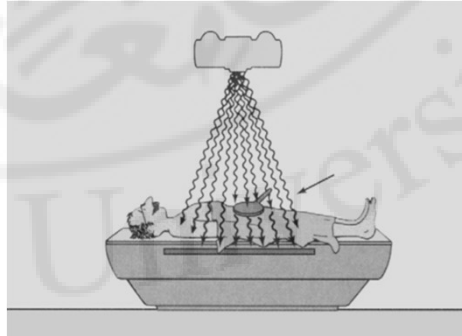
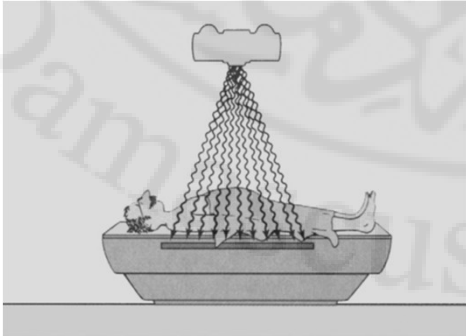


- ▶ تزداد الأشعة المتبعثرة عند زيادة سماكة المنطقة المراد تصويرها من الجسم.
- ▶ تزداد زاوية انتشار الأشعة أيضاً عند زيادة السماكة
- ▶ تلعب بنية النسيج المصور دوراً مهماً في توليد الأشعة المتبعثرة.
- ▶ يمكن استخدام وسائل الضغط لتخفيض سماكة الجسم (خاصة عند تصوير الثدي)

د.م. يحيى لحفي

13

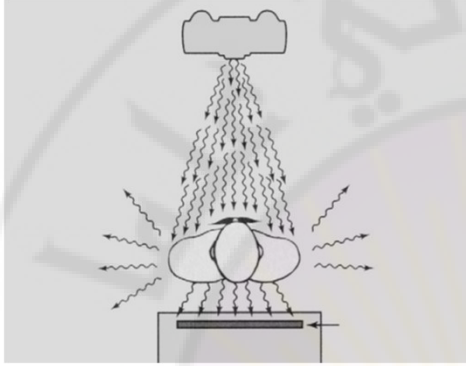
سماكة جسم المريض



د.م. يحيى لحفي

14

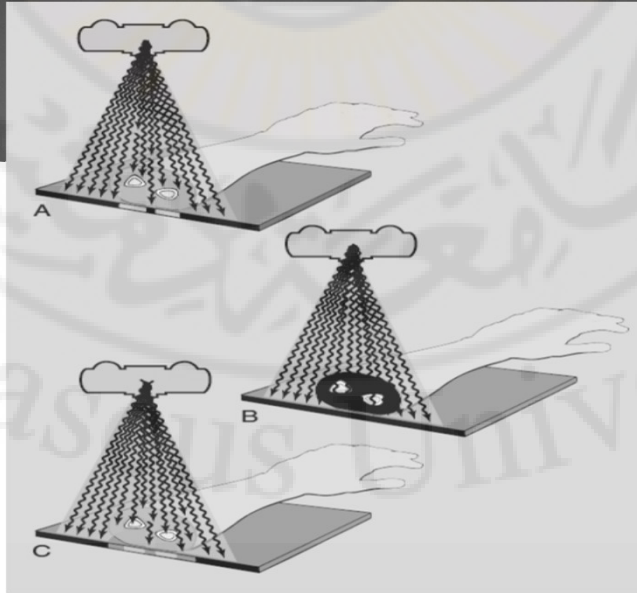
تأثير الأشعة المتبعثرة على تباين الصورة



د.م. يحيى لحفي

- يمكن الإشارة بتباين الصورة إلى درجة اختلاف الكثافة الضوئية OD بين مناطق الصورة الشعاعية المختلفة.
- يدل مصطلح دقة التباين على إمكانية تصوير الأنسجة الرخوة والتمييز فيما بينها.
- تستخدم محددات الحزمة الإشعاعية والشبكات المانعة للتبعثر لتخفيض أثر الأشعة المتبعثرة في الصورة الشعاعية.

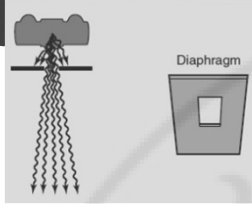
15



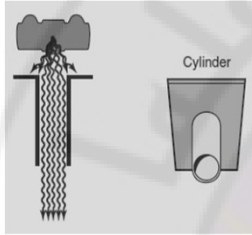
د.م. يحيى لحفي

16

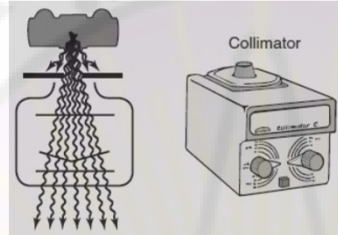
محددات الحزمة الإشعاعية



Diaphragm



Cylinder



Collimator

► يوجد ثلاثة أنواع من محددات الحزمة الإشعاعية:

► فتحة الحجاب aperture diaphragm

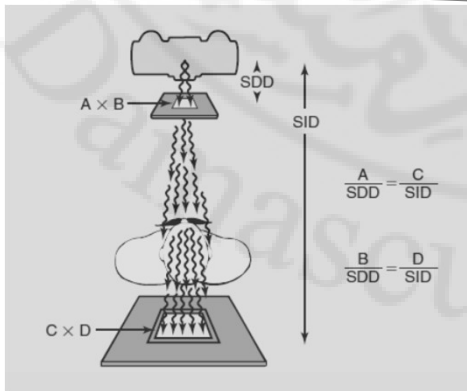
► الأسطوانات والمخاريط

► مسدّدات الفتحة المضاءة المتغيرة

د.م. يحيى لحفي

17

فتحة الحجاب aperture diaphragm



► هي أبسط محددات الحزمة الإشعاعية.

► عبارة عن حاجز من الرصاص مرتبط بفتحة أنبوب الأشعة السينية.

► يكون قياس الفتحة بحيث تغطي أقل من مساحة مستقبل الصورة.

► تستخدم في أجهزة التصوير ذات البعد الثابت بين أنبوب الأشعة ومستقبل الصورة

د.م. يحيى لحفي

18

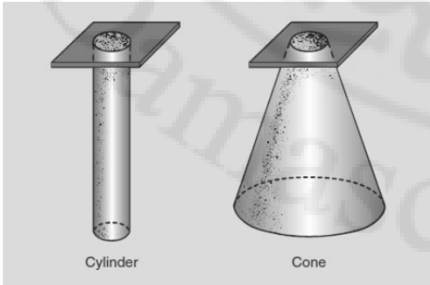
فتحة الحجاب aperture diaphragm



د.م. يحيى لحفي

19

الإسطوانات والمخاريط

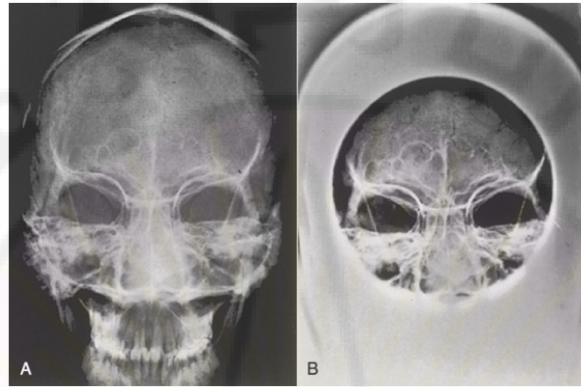


د.م. يحيى لحفي

- هي تطوير لنظام فتحة الحجاب.
- عبارة عن أسطوانة معدنية أو مخروطية تضاف أسفل فتحة الحجاب بهدف تحديد حزمة الأشعة المفيدة لتناسب المساحة المطلوبة.
- يحدد شكل ومطال هذا المحدد مساحة الحقل الإشعاعي، وتكون على شكل دائري.
- يجب الانتباه أن يكون أنبوب الأشعة والمحدد الأسطواني ومستقبل الصورة على سوية واحدة حتى لا يتم حدوث قطع في الحزمة الإشعاعية أو ما يدعى cone cutting.
- تستخدم حالياً لتصوير مناطق محددة من الجسم من أجل تحسين التباين كما هو الحال عند تصوير الجيوب الأنفية.

20

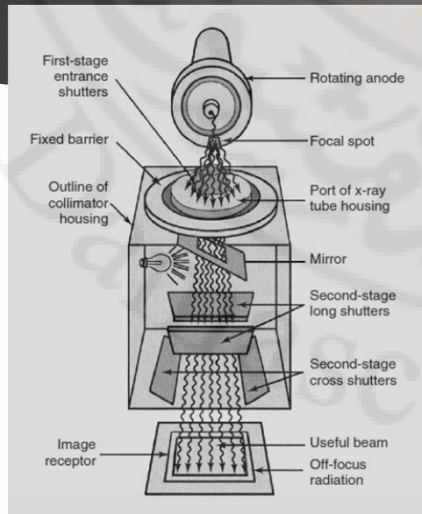
الإسطوانات والمخاريط



د.م. يحيى لحفي

21

مسدّدات الفتحة المضاء المتغيرة



► هي الأكثر شيوعاً في أجهزة التصوير التشخيصية.



د.م. يحيى لحفي

22

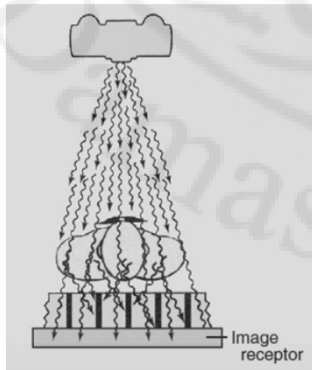
مسدّدات الفتحة المضاء المتغيرة

- ▶ تزيد الأشعة السينية الناتجة عن تصادم الإلكترونات المسرعة بالمصعد في نقاط تقع خارج البقعة المحرقة من ضبابية الصورة الشعاعية.
- ▶ يستخدم مصراع shutter أولي مؤلف من عدد من الشفرات البارزة عند قمة المسدّد للتحكم بهذه الأشعة.
- ▶ تصنع وريقات المصاريع الثانوية من الرصاص بسماكات لا تقل عن 3 ملم وتعمل بشكل مزودج ويتم التحكم بها بشكل مستقل لتعطي حقل إشعاعي مربع أو مستطيل.
- ▶ يتضمن هذا المسدّد لمبة إضاءة مع مرآة عاكسة لتعطي مساحة مضاء تطابق مساحة الحزمة الإشعاعية الناتجة عن المسدّد.
- ▶ يجب التأكد من تطابق المساحتين الضوئية والإشعاعية ضمن برنامج ضمان جودة التصوير الإشعاعي.
- ▶ يدعى هذا النظام بجهاز تحديد الحزمة الإيجابي (PBL) **positive beam limiting**.
- ▶ يمكن أن تسمح هذه المسدّدات بإضافة صفائح ترشيح للحزمة (0-1-2-3 مم من الألمنيوم غالباً)

د.م. يحيى لحفي

23

الشبكات المانعة للتبعثر



د.م. يحيى لحفي

- ▶ تساهم الأشعة المتبعثرة باتجاه مستقبل الصورة في تشكيل الصورة الشعاعية.
- ▶ تهدف الشبكة المانعة للبعثر إلى تخفيض مقدار هذه الأشعة المتبعثرة الواردة باتجاه مستقبل الصورة.
- ▶ تتكون بشكل أساسي من شرائح من مادة حاجبة للأشعة (كالرصاص) يفصل فيما بينها إما مادة بلاستيكية أو الألمنيوم الذي يفضل بسبب عدم تركه أثراً على الصورة الشعاعية.
- ▶ توضع الشبكة ما بين المريض ومستقبل الصورة.
- ▶ تسمح الشبكة لفوتونات الأشعة المستقيمة والعبارة لجسم المريض بالوصول إلى مستقبل الصورة.

24

الشبكات المانعة للتبعثر

$$\text{Grid Surface X-ray Absorption} \\ \% \text{ x-ray absorption} \\ = \frac{\text{width of grid strip}}{\text{width of grid strip} + \text{width of grid interspace}} \times 100$$

Question: A grid is constructed with 50- μm strips and a 350- μm interspace. What percentage of x-rays incident on the grid will be absorbed by its entrance surface?

Answer:
$$\frac{50 \mu\text{m}}{50 \mu\text{m} + 350 \mu\text{m}} = 0.125 = 12.5\%$$

Question: When viewed from the top, a particular grid shows a series of lead strips 40 μm wide separated by interspaces 300 μm wide. How much of the radiation incident on this grid should be absorbed?

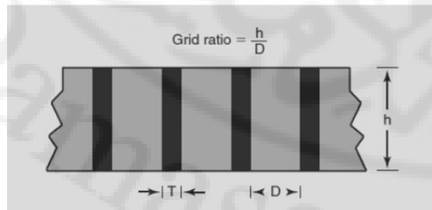
Answer: If 300 + 40 represents the total surface area and 40 represents the surface area of absorbing material, then the percentage absorption is as follows:

$$\frac{40 \mu\text{m}}{340 \mu\text{m}} = 0.118 = 11.8\%$$

د.م. يحيى لحفي

25

معدل الشبكة المانعة للتبعثر



Question: A grid is fabricated of 30- μm lead grid strips sandwiched between interspace material that is 300 μm thick. The height of the grid is 2.4 mm. What is the grid ratio?

Answer:
$$\text{Grid ratio} = \frac{h}{D} = \frac{2400 \mu\text{m}}{300 \mu\text{m}} = 8 : 1$$

▶ للشبكة ثلاث محددات:

▶ سماكة الشريحة T

▶ عرض الفرجة بين الشرائح المتعاقبة D

▶ سماكة الشبكة h

▶ يحسب معدل الشبكة بالمعادلة:

$$\text{Grid Ratio} \\ \text{Grid ratio} = \frac{h}{D}$$

د.م. يحيى لحفي

26

معدل الشبكة المانعة للتبعثر

- ▶ تكون معدلات الشبكة عادة من 5:1 حتى 16:1.
- ▶ تستخدم معدلات الشبكة العالية عند استخدام جهود كهربائية عالية.
- ▶ تستخدم شبكات ذات معدل 8:1 حتى 10:1 في التصوير الشعاعي الروتيني.
- ▶ تحذف الشبكة ذات المعدل 5:1 الأشعة المتبعثرة بنسبة 85% بينما تحذف الشبكة ذات المعدل 16:1 تلك الأشعة بمعدل 97%.
- ▶ تزيد معدلات الشبكة العالية من جرعة المريض.

د.م. يحيى لحفي

27

تردد الشبكة مانعة التبعثر

- ▶ هو عدد الشرائح الرصاصية في سنتيمتر واحد.
 - ▶ لا تعطي الشبكات ذات الترددات العالية خطوطاً ظاهرة في الصورة الشعاعية مقارنة بالشبكات ذات الترددات المنخفضة.
 - ▶ تؤدي الشبكات ذات الترددات العالية إلى زيادة في جرعة المريض.
 - ▶ غالباً ما تكون قيم ترددات الشبكات محصورة ما بين 25 و 45 خطاً في السنتيمتر الواحد.
 - ▶ في أجهزة تصوير الثدي الإشعاعية تستخدم شبكات ذات معدل 4:1 أو 5:1 و بتردد 80 خطاً في السنتيمتر الواحد.
- Question:** What is the grid frequency of a grid that has a grid strip width of 30 μm and an interspace width of 300 μm ?
- Answer:** If one line pair = 300 μm + 30 μm = 330 μm , how many line pairs are in 10,000 μm (10,000 μm = 1 cm)?
- $$\frac{10,000 \mu\text{m}/\text{cm}}{330 \mu\text{m}/\text{line pair}} = 30.3 \text{ lines/cm}$$

د.م. يحيى لحفي

28

معامل تحسين التباين

- يعبر معامل تحسين التباين للشبكة عن نسبة زيادة التباين في الصورة الشعاعية بعد وضع الشبكة.
- تكون قيمة هذا المعامل ما بين 1.5 و 2.5 ويحسب عادة عند الجهد 100 kVp.
- يتعلق معامل تحسين التباين بطيف الأشعة السينية، سماكة المريض، ونوع النسيج المصور.
- يحسب كما يلي:

Question: An aluminum step wedge is placed on a tissue phantom that is 20 cm thick and a radiograph is made. Without a grid, analysis of the radiograph shows an average gradient (a measure of contrast) of 1.1. With a 12:1 grid, radiographic contrast is 2.8. What is the contrast improvement factor of this grid?

Answer: $k = \frac{2.8}{1.1} = 2.55$

د.م. يحيى لحفي

Contrast Improvement Factor

$$k = \frac{\text{image contrast with grid}}{\text{image contrast without grid}}$$

29

معامل البوكي Bucky Factor

- يعبر معامل البوكي عن نسبة الزيادة في جرعة المريض الناتجة عن استخدام الشبكة المانعة للتبعثر.
- يعبر عن نسبة نفاذية الأشعة الأولية والثانوية عبر الشبكة
- يحسب من العلاقة:

Bucky Factor

$$B = \frac{\text{Incident remnant x-rays}}{\text{Transmitted image-forming x-rays}} = \frac{\text{Patient dose with grid}}{\text{Patient dose without grid}}$$

د.م. يحيى لحفي

30

معامل البوكي Bucky Factor

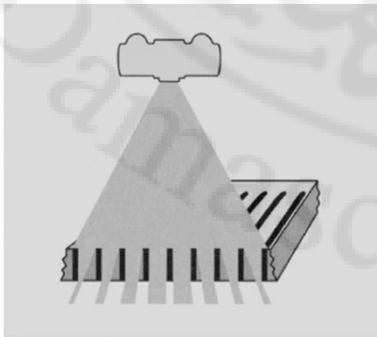
Approximate Bucky Factor Values for Popular Grids

Grid Ratio	BUCKY FACTOR AT			
	70 kVp	90 kVp	120 kVp	Average
No grid	1	1	1	1
5:1	2	2.5	3	2
8:1	3	3.5	4	4
12:1	3.5	4	5	5
16:1	4	5	6	6

د.م. يحيى لحفي

31

أنواع الشبكات المانعة للتبعثر: الشبكة المتوازية



► هي الشكل الأبسط من الشبكات المانعة للتبعثر.

► تكون الشرائح الرصاصية متوازية.

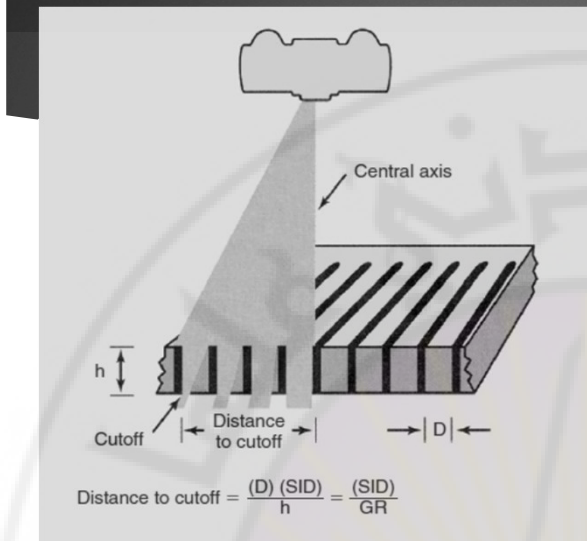
► تتسبب في امتصاص بعضاً من الأشعة الأولية المفيدة أيضاً وبشكل أكبر عند الاقتراب من حواف مستقبل الصورة وهذا ما يدعى بقطع الشبكة Grid Cutoff وتحسب هذه المسافة بدلالة البعد SID:

$$\text{Grid Cutoff Distance to cutoff} = \frac{\text{SID}}{\text{Grid ratio}}$$

د.م. يحيى لحفي

32

الشبكة المتوازية



د.م. يحيى لحفي

Question: A 16:1 parallel grid is positioned for chest radiography at 180 cm SID. What is the distance from the central axis to complete grid cutoff? Will the image satisfactorily cover a 35- × 43-cm image receptor?

Answer: Distance to cutoff = $\frac{180}{16} = 11.3$ cm
 Distance to edge of image receptor = $35 \div 2 = 17.5$ cm

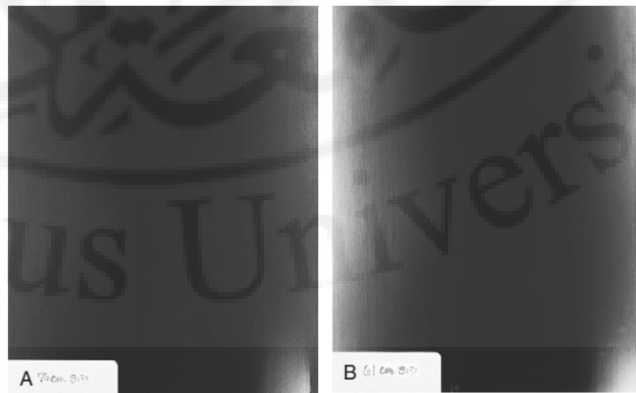
No! Grid cutoff will occur on the lateral 6.2 cm (17.5–11.3) of the image receptor.

33

الشبكة المتوازية

A, Radiograph taken with a 6 : 1 parallel grid at a source-to-image receptor distance (SID) of 76 cm.

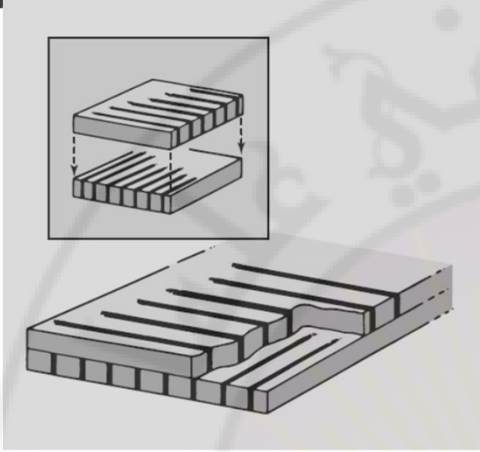
B, Radiograph taken with 6 : 1 parallel grid at an SID of 61 cm. Optical density decreases from the center to the edge of the image and to complete cutoff



د.م. يحيى لحفي

34

الشبكة المتصالبة



► تقوم الشبكة المتصالبة بحذف الأشعة المتبعثرة في الاتجاهين ضمن مستوى الصورة.

► تتعامد شرائح الرصاص فيها.

► يكون لها معامل تحسين تباين أعلى من الشبكة المتوازية) فالشبكة المتصالبة 6:1 تزيل من الأشعة المتبعثرة ما يكافئ ما تزيله شبكة متوازية 12:1.

► تصنع الشبكة المتصالبة عادة من شبكتين متوازيتين بحيث تتعامد الشرائح الرصاصية فيهما.

د.م. يحيى لحفي

35

الشبكة المتصالبة

► من مميزات:

► تتطلب تعامد الحزمة الرئيسية مع مركز الشبكة

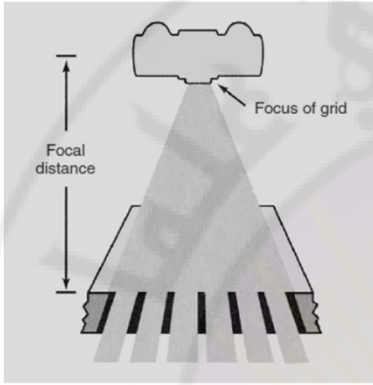
► لا يمكن إمالة الطاولة إلا عند التوافق الصحيح لأنبوب الأشعة والطاولة.

► جرعة عالية للمرضى

د.م. يحيى لحفي

36

الشبكة المبترة

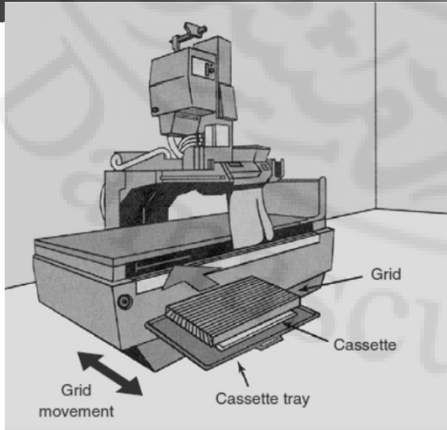


د.م. يحيى لحفي

- ▶ صممت لتلافي قطع الشبكة
- ▶ تتوضع الشرائح الرصاصية فيها بحيث تمرر الأشعة الرئيسية وفق خطوط انتشارها من البقعة المحرقة.
- ▶ تتميز كل شبكة مبترة بمسافة محرقية والتي لا تظهر فيها عيوب قطع الشبكة
- ▶ لا يمكن استخدامها من الوجهين بل يجب أن تستخدم والوجه المخصص باتجاه أنبوب الأشعة حصراً.

37

الشبكة المتحركة

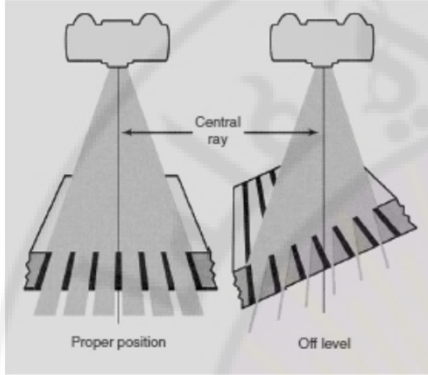


د.م. يحيى لحفي

- ▶ صممت للتخلص من أثر ظهور خطوط الشبكة على الصورة الشعاعية.
- ▶ يتم تحريك الشبكة حركة عرضانية سريعة أثناء التصوير.
- ▶ تكون الشبكات المبترة عادة متحركة.
- ▶ تسبب آلية تحريك الشبكة بزيادة المسافة ما بين المريض ومستقبل الصورة مما يؤدي إلى حدوث تكبير في خيال الجسم في الصورة الشعاعية.
- ▶ قد تتسبب ببعض الضبابية في الصورة الشعاعية.
- ▶ تستعمل على نطاق واسع في التصوير الشعاعي.

38

مشاكل استخدام الشبكة: Off-Level Grid



د.م. يحيى لحفي

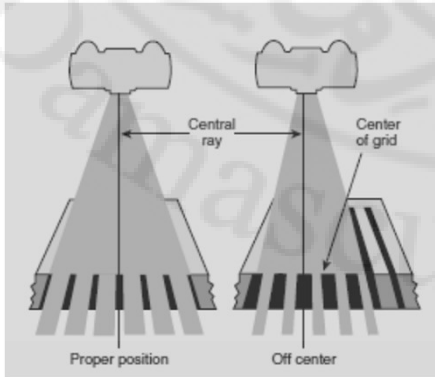
► إن التوضع والاستخدام الخاطئ للشبكة يؤدي إلى حدوث قطع الشبكة.

► ينتج ميلان الشبكة (أو أنبوب الأشعة) **Off-Level Grid** عندما لا يتعامد مستوى الشبكة مع الحزمة المركزية الأساسية خلال التصوير الأفقي أو في التصوير الشعاعي المحمول.

► يؤدي ذلك إلى انخفاض في الكثافة الضوئية في الصورة.

39

مشاكل استخدام الشبكة: Off-Center Grid



د.م. يحيى لحفي

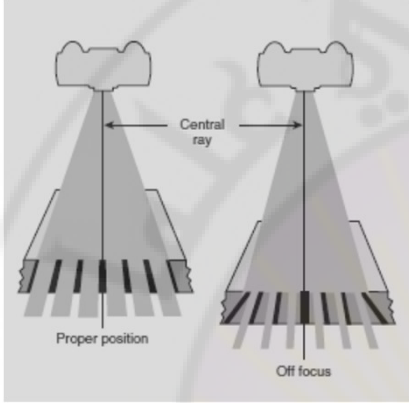
► ينتج ذلك عندما لا يتطابق مركز الشبكة مع الحزمة المركزية الأساسية نتيجة انزياح جانبي في تموضعها.

► عادة يكون بسبب انزياح في أنبوب الأشعة

► يؤدي ذلك إلى انخفاض في الكثافة الضوئية على مستوى الصورة الشعاعية الناتجة.

40

مشاكل استخدام الشبكة: Off-Focus Grid

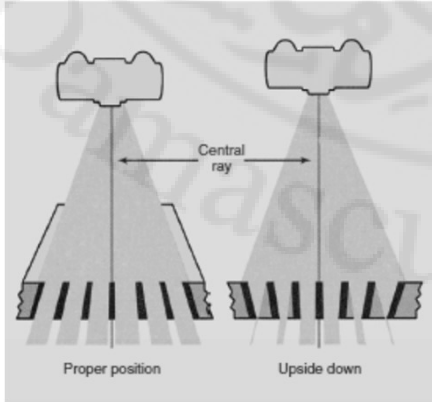


د.م. يحيى لحفي

- ▶ ينتج عند استخدام شبكة مبنية على مسافة SID تختلف عن القيمة المحددة لها بحسب الشبكة.
- ▶ كلما ازدادت المسافة عن تلك المحددة كلما كان النتائج أكثر سوءاً.

41

مشاكل استخدام الشبكة: Upside-Down Grid



د.م. يحيى لحفي

- ▶ ينتج عند استخدام الشبكة المبنية باستخدام الوجه الغير مخصص باتجاه أنبوب الأشعة.
- ▶ يؤدي إلى حدوث قطع الشبكة بشكل واضح في الصورة الشعاعية.

42

محددات اختيار الشبكة

- يعتمد اختيار معدل الشبكة الصحيح على:
 - الجهد الكهربائي المستخدم
 - درجة حذف الأشعة المتبعثرة المطلوبة
 - جرعة المريض
 - طبيعة المنطقة المصورة
- عند استخدام جهود كهربائية عالية يجب اختيار شبكة ذات معدل عال أيضاً.
- تستخدم الشبكات ذات المعدل 8:1 كحل وسط بين مقدار الحذف المطلوب من الأشعة المتبعثرة وجرعة المريض المطلوبة.
- يتطلب استخدام الشبكات المتحركة زيادة 15% في جرعة المريض مقارنة بالشبكات الثابتة.

د.م. يحيى لحفي

43

محددات اختيار الشبكة

Approximate Entrance Skin Radiation Dose for Examination of the Adult Pelvis with a 400-Speed Image Receptor

Type of Grid	ENTRANCE DOSE (mGy)		
	70 kVp	90 kVp	110 kVp
No grid	0.4	0.35	0.25
5:1	1.4	1.1	7.5
8:1	1.6	1.4	1.0
12:1	2.1	2.0	1.5
16:1	2.6	2.4	1.9
5:1 crossed	2.7	2.0	1.5
8:1 crossed	2.9	2.7	2.0

Approximate Change in Radiographic Technique for Standard Grids

Grid Ratio	mAs Increase	kVp Increase
No grid	1 ×	0
5:1	2 ×	+ 8–10
8:1	4 ×	+ 13–15
12:1	5 ×	+ 20–25
16:1	6 ×	+ 30–40

د.م. يحيى لحفي



كلية العلوم الصحية

التحكم بالجهد والزمن والتيار في أنبوب الأشعة السينية

الدكتور المهندس يحيى لحفي

2022-2021

3

المحتوى

- مقدمة
- وحدة التحكم
- المحول الذاتي
- التحكم بالجهد
- التحكم بالتيار
- التحكم بالزمن
- طاولة المريض
- مولدات الجهد العالي

د.م. يحيى لحفي



- 5



مخطط غرفة تصوير وتنظير شعاعية

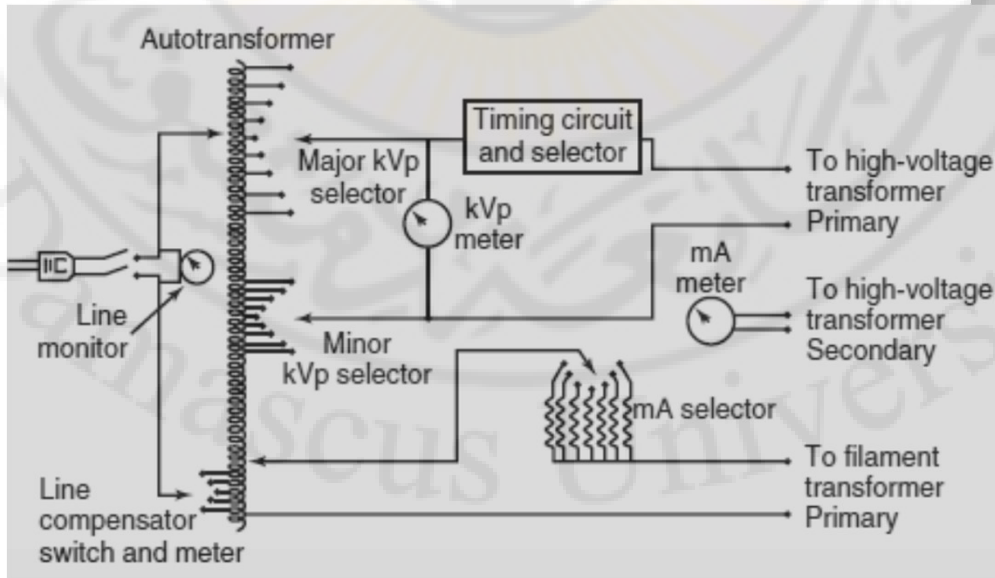
6

وحدة التحكم Operating Console

- تقوم وحدة التحكم بالوظائف التالية:
 - 1- التحكم بمقدار الجهد المغذي لأنبوب الأشعة
 - 2- تحديد قيمة تيار أنبوب الأشعة
 - 3- تحديد زمن التعريض
- يعبر عن عدد فوتونات الأشعة السينية أو شدة الإشعاع بكمية الأشعة وواحدتها mGy أو mGy/mAs
- يعبر عن نفوذية الأشعة السينية بجودة الحزمة الإشعاعية والمرتبطة بالجهد المطبق kVp أو طبقة النصف HVL
- تحتوي وحدة التحكم على وحدات إظهار للجهد والتيار والزمن وبالإضافة إلى مفاتيح لتغيير قيم هذه المعاملات

د.م. يحيى لحفي

7



مخطط دائرة وحدة التحكم في جهاز الأشعة

د.م. يحيى لحفي

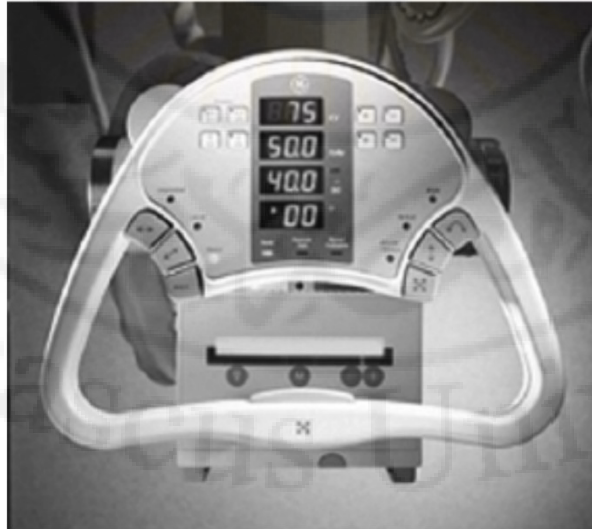
8

المحول الذاتي autotransformer

- يقوم المحول الذاتي بتزويد كل من دائرة الفنتيل ودائرة الجهد العالي بالجهد اللازم بدقة
- من أجل قيمة جهد كهربائي في الدخل 220 V فإن خرج المحول يكون من 100 إلى 400 فولت

د.م. يحيى لحفي

9



وحدة تحكم لأنبوب أشعة سقفي

د.م. يحيى لحفي

10

التحكم بالجهد العالي kVp

- يوجد في بعض الأجهزة مفاتيح تغيير كبير في قيم الجهد kVp بالإضافة إلى مفاتيح للتوليف الدقيق في هذه القيم
- تحدد قيمة الجهد kVp عن طريق اختيار قيمة الجهد من المحول الذاتي إلى دخل محول الجهد العالي
- يوضع مقياس الجهد الكهربائي عند مخرج المحول الذاتي ويسمح بقراءة الجهد kVp المختار حتى قبل التعريض أو ما يسمى prereading kVp meter.

د.م. يحيى لحفي

11

التحكم في تيار الأنبوب

- يقاس التيار الكهربائي بين مهبط ومصعد أنبوب الأشعة السينية بالميلي أمبير mA
- يتحدد عدد الإلكترونات الصادرة عن فتيل المهبط بدرجة حرارته والتي يُتحكم بها بواسطة شدة التيار الكهربائي المار فيه والذي يقاس بالأمبير A وتكون قيمته عادة ما بين 3 و 6 أمبير بحيث كلما ازداد التيار الكهربائي ازداد عدد الإلكترونات الصادرة عن المهبط
- كذلك كلما ازداد الجهد kVp كلما أصبح المصعد أكثر جذباً للإلكترونات من المهبط حتى تلك التي لاتملك طاقة كافية لمغادرة منطقة الفتيل وبالتالي تنضم هذه الإلكترونات إلى تيار الإلكترونات والذي يؤدي إلى زيادة بالتيار مع ازدياد الجهد kVp

د.م. يحيى لحفي

12

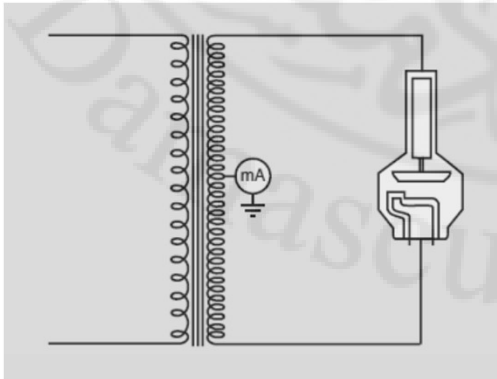
التحكم في تيار الأنبوب

- يتم التحكم بتيار الأنبوب عن طريق دائرة التحكم بالفتيل والتي تزود المستخدم بمحطات لتيار الأنبوب مثال: 100, 200, or 300 mA
- يقوم محول الفتيل بتخفيض الجهد الكهربائي على طرفي الفتيل (12 V) وبالتالي زيادة التيار عبره
- يوضع مقياس تيار الأنبوب في منتصف محول الخرج للجهد العالي

د.م. يحيى لحفي

13

التحكم في تيار الأنبوب



- إن جداء تيار الأنبوب mA بزمان التعرض s يعبر عن الشحنة الكهربائية الساكنة C وبالتالي يمكن معرفة عدد الإلكترونات الساقطة على المصعد
- مثال:

$$\begin{aligned}
 I &= 400 \text{ mA}, s = 100 \text{ ms} \quad \blacktriangleright \\
 (400 \text{ mA}) (0.1 \text{ s}) &= 40 \text{ mAs} = 40 \text{ mC} \quad \blacktriangleright \\
 40 \text{ mC} &= (40 \times 10^{-3}) (6.3 \times 10^{18}) \quad \blacktriangleright \\
 &= 2.52 \times 10^{17} \text{ electrons}
 \end{aligned}$$

مكان توضع مقياس تيار الأنبوب

د.م. يحيى لحفي

14

التحكم بزمان التعريض

- تقوم وحدة التحكم بزمان التعريض بتزويد المستخدم بمجال عريض من اختيارات أزمنة التعريض
- تكون دائرة المؤقت منفصلة تماماً عن الدارات الأساسية لجهاز التصوير وتتحدد مهمتها بتزويد أو إيقاف تزويد أنبوب الأشعة بالجهد العالي
- وتتوضع من جهة الملف الابتدائي لمحول الجهد العالي
- ويتواجد أربعة نماذج من دارات التوقيت ثلاث منها يدوية وواحدة آلية

د.م. يحيى لحفي

15

التحكم بزمان التعريض -المؤقتات المتزامنة:

- تعتمد على المحركات الكهربائية المتزامنة synchronous motor وهي عبارة عن أجهزة دقيقة تعتمد على تردد التيار المزود لها في حركتها 50 دورة (أو 60) بالثانية وتكون أصغر زمن يمكن ضبطه هو 1/50 أو 1/60 من الثانية أي 20 أو 17 ميلي ثانية. ولا تستخدم هذه المؤقتات من أجل التعرضات المتتالية لحاجتها إلى تصفير من أجل كل تعريض.

د.م. يحيى لحفي

16

التحكم بزمن التعريض -المؤقتات الإلكترونية

- أكثر دقة وتعقيداً وتعتمد على مبدأ شحن مكثف عبر مقاومة متغيرة، تعطي طيف كبير من اختيارات التوقيت ابتداءً من 1 ms ويمكن استخدامها في التعرضات المتتالية

د.م. يحيى لحفي

17

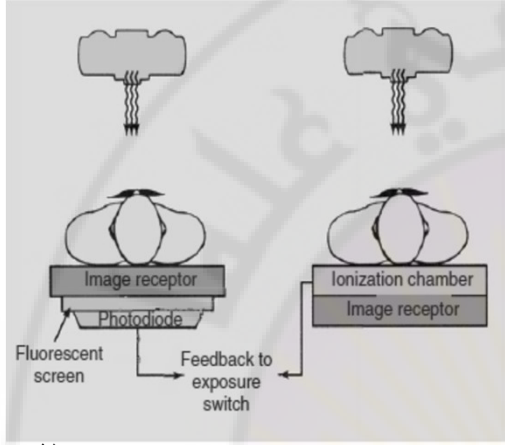
التحكم بزمن التعريض - مؤقتات التيار بالثانية mAs

- هو أحد أنواع المؤقتات الإلكترونية الذي يراقب جداء التيار بالزمن وينهي التعريض عند الوصول إلى القيمة المطلوبة من mAs. ويستخدم أعلى تيار آمن للأنبوب عند أقصر زمن تعريض ممكن

د.م. يحيى لحفي

18

التحكم بزمان التعريض - التحكم الآلي بالتعريض Automatic Exposure Control (AEC)



- عبرة عن جهاز يقيس كمية الأشعة الواصلة على سطح الكاشف ويقوم بإيقاف التعريض عندما تصل قيمتها إلى مستوى شدة الأشعة المطلوب، ويتكون من حجيرة تأين مسطحة ومتوازية توضع بين المريض ومستقبل الصورة بحيث لا تتداخل مع الصورة الشعاعية. يؤدي التأين الحاصل في هذه الحجيرة إلى توليد شحنة كهربائية بحيث يتوقف التعريض عندما تصل قيمتها إلى السوية المطلوبة
- تتم معايرة AEC بواسطة فانتوم خاص وبما يتناسب مع جودة الصورة المطلوبة

19

التحكم بزمان التعريض - التحكم الآلي بالتعريض Automatic Exposure Control (AEC)

- يحدد فني الأشعة كلاً من الجهد والتيار اللازم للتصوير بينما يوقف AEC التعريض عند وصول قيمة إشارته المقدار المحدد سلفاً.
- عادة يوضع AEC بالإضافة لدارة التوقيت الإلكترونية ويستخدم بحذر عند الجهود kVp المنخفضة
- عند استخدام AEC يوضع المؤقت الإضافي عند قيمة 1.5 من القيمة الاعتيادية للتعريض وذلك لضمان إيقاف التعريض عند حدوث أي خلل في إيقاف الآلي للتعرض حفاظاً على عدم تعريض المريض إلى أية جرعة إضافية.

د.م. يحيى لحفي

20

طاولة المريض Patient Couch



د.م. يحيى لحفي

- ▶ تستخدم طاولة المريض في جميع أجهزة التصوير الإشعاعية بغض النظر عن قياسها ونوعها
- ▶ مواصفات طاولة الفحص: يجب أن تكون:
 - مسطحة أو منحنية تناسب شكل الجسم
 - ذات سماكة واحدة أو متجانسة
 - شفافة للأشعة قدر الإمكان لذلك تستخدم ألياف الكربون القوية وذات الامتصاص الضعيف للأشعة في تصنيعها مما يخفف من جرعة المريض
 - سهولة تحريكها من قبل فني الأشعة
- ▶ يوجد أسفل الطاولة مباشرة فتحة لوضع الفيلم و اللوحة مانعة التبعثر

21

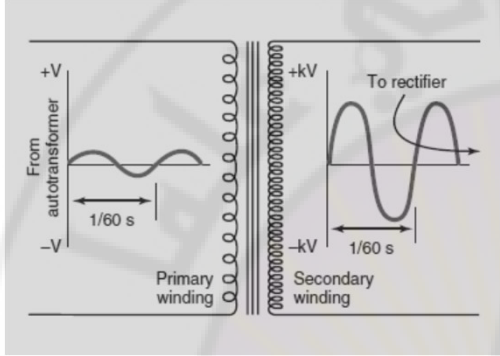
مولدات الجهد العالي kVp

- يعتبر مولد الجهد العالي مسؤولاً عن رفع جهد المحول الذاتي إلى قيمة الجهد kVp الضرورية لإنتاج الأشعة السينية
- تكون مكونات مولد الجهد العالي مغمورة بالزيت للتبريد وكذلك للعزل
- يتضمن مولد الجهد العالي: محول الجهد العالي- محول الفتيل- المقوم

د.م. يحيى لحفي

22

محول الجهد العالي



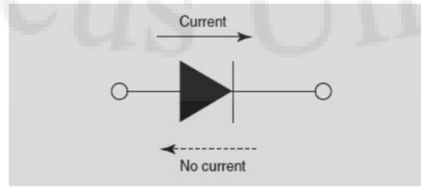
د.م. يحيى لحفي

- عبارة عن محول رافع للجهد الكهربائي
- يتعلق مقدار الجهد الناتج بالنسبة ما بين عدد لفات ملف الخرج وعدد لفات ملف الدخل أو ما يدعى turns ratio
- تكون هذه النسبة ما بين 500:1 و 1000:1
- الاختلاف الوحيد بين جهد الخرج والدخل هو في مطال الموجة فقط
- الجهد الكهربائي متناوب طبعاً

23

مقومات الجهد العالي Rectifiers

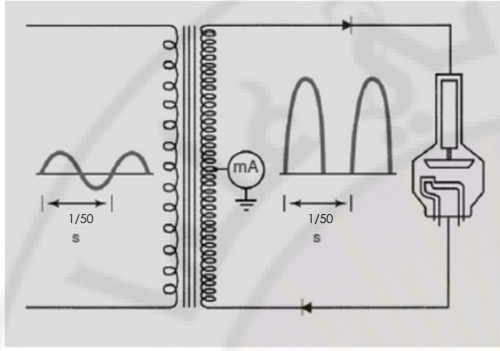
- يحتاج أنبوب الأشعة إلى تيار مستمر DC من أجل تسريع الإلكترونات من المهبط لتصطدم بالمصعد وهي عملية غير عكوسة!!
- ينما جهد التغذية الأساسي هو متناوب AC
- تعرف المقومات بأنها العملية التي نحول فيها التيار المتناوب إلى تيار مستمر وهي تضمن بالتالي انتقال الإلكترونات من المهبط إلى المصعد
- تستخدم الديودات النصف الناقلة Solid-state diodes في عملية التقويم



د.م. يحيى لحفي

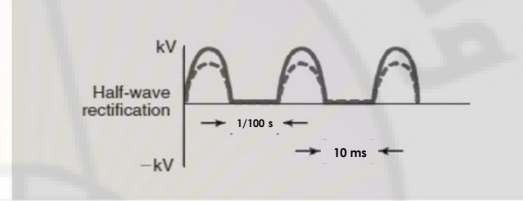
24

مقومات نصف الموجة Half-Wave Rectification



د.م. يحيى لحفي

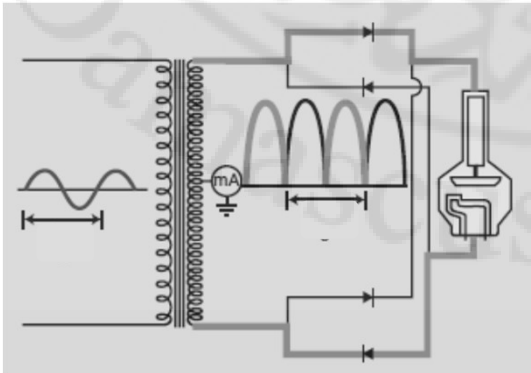
- تتم إزالة النبضة السالبة من الموجة باستخدام المقومات نصف الموجة
- في بعض أجهزة الأشعة السينية المحمولة والسنية يمكن استخدام الأنبوب بذاته كمقوم وتسمى عندها مقومة ذاتياً
- يستخدم للتقويم دايودين أو ديود واحد أو لا شيء
- يتم ضياع نصف الطاقة في هذا النوع من التقويم مما يتطلب مضاعفة زمن التعريض



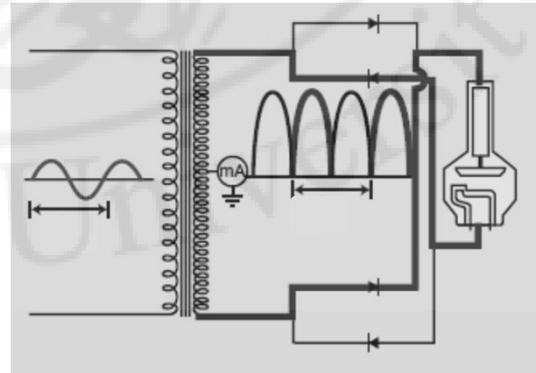
25

مقومات الموجة الكاملة Half-Wave Rectification

- يستخدم أربعة ديودات للتقويم موجة كاملة



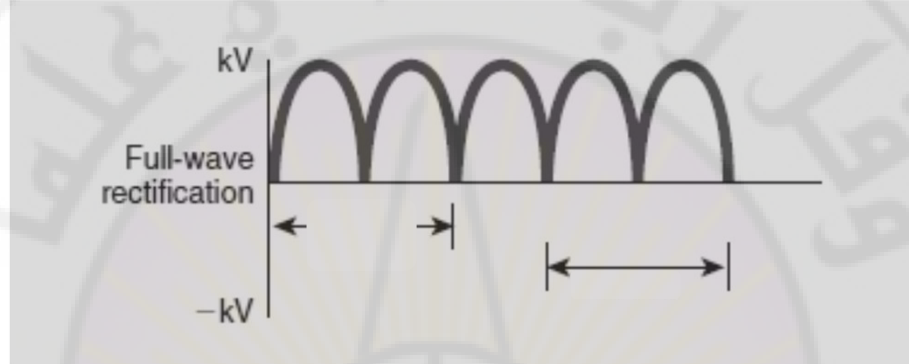
د.م. يحيى لحفي



26

مقومات الموجة الكاملة Half-Wave Rectification

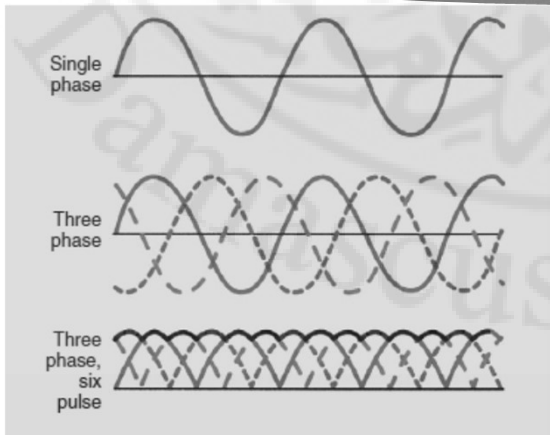
- يستخدم أربعة ديودات للتقويم موجة كاملة



د.م. يحيى لحفي

27

التغذية الكهربائية ثلاثية الطور

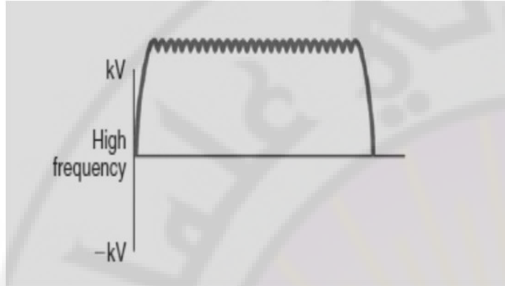


د.م. يحيى لحفي

- تكون طاقة فوتونات الأشعة السينية المولدة من جهد أحادي الطور قيمته قريبة من الصفر ضعيفة وبالتالي ليس لها قدرة كافية على الاختراق
- لذلك تستعمل منابع التغذية ثلاثية الطور للتغلب على هذه المشكلة
- تتراكب موجات الأطوار المختلفة لتعطي شكل موجة يحافظ بشكل كبير على جهد عالي
- يكون الجهد المطبق على الأنبوب ثابت تقريباً ولا ينخفض إلى الصفر أبداً

28

مولدات الترددات العالية



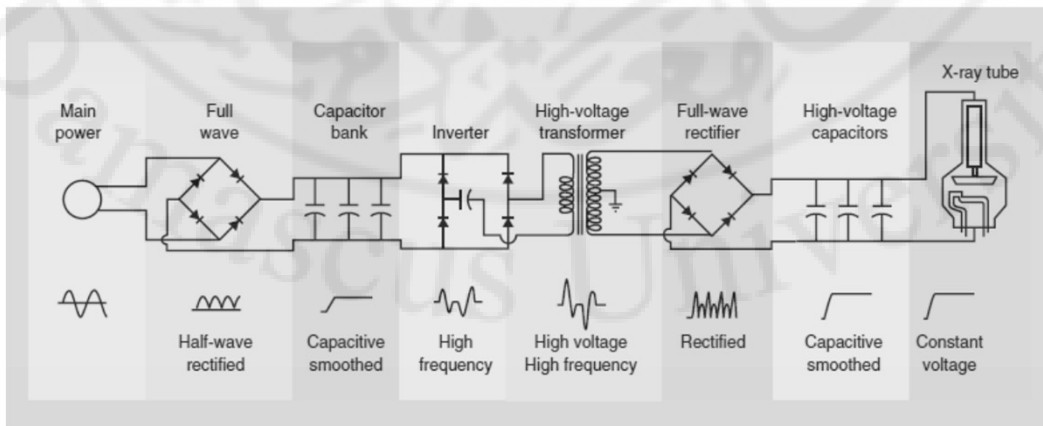
High-frequency voltage waveform.

د.م. يحيى لحفي

- يتم تحويل الجهد المقوم بالموجة الكاملة إلى ترددات عالية من 500 حتى 25000 هرتز ومن ثم إعادة تحويلها إلى جهد مرتفع
- تتميز هذه المولدات بصغر حجمها
- تعتمد على دارات العكس inverters circuits التي تحول الجهد المستمر إلى متتاليات من النبضات المربعة
- تولد شكل موجة ثابتة مما تحسن في جودة الصورة وتخفض من جرعة المريض

29

مولدات الترددات العالية

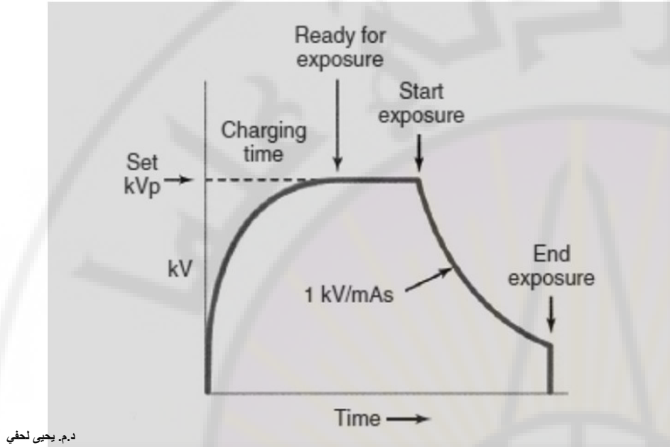


د.م. يحيى لحفي

30

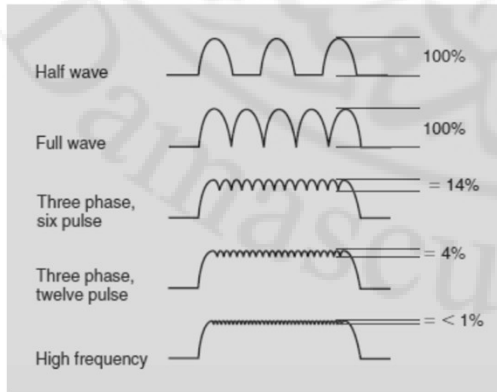
مولدات أخرى للجهد العالي

- مولدات المعتمدة على تفريغ المكثفة



31

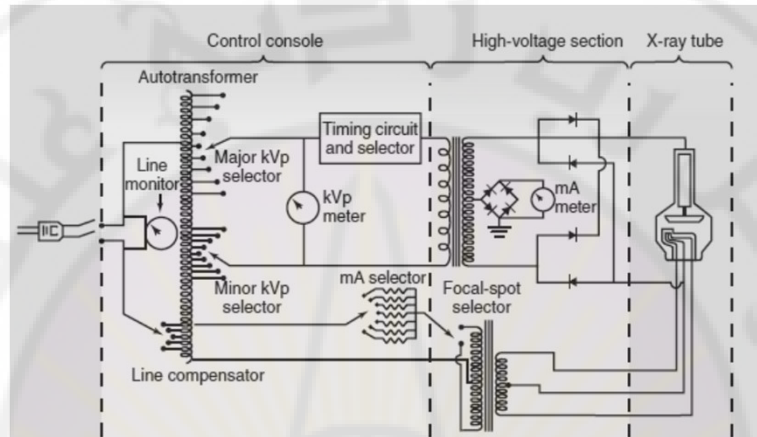
تذبذب الجهد Voltage Ripple



- شكل جديد لتوصيف شكل موجة الجهد
- الجهد أحادي الطور له تذبذب 100%
- الجهد ثلاثي الطور – ست نبضات- له تذبذب 14%
- الجهد ثلاثي الطور – 12 نبضة له تذبذب 4%
- مولدات الترددات العالية لها تذبذب حوالي 1%
- تتطلب الطريقة الأفضل في إنتاج الأشعة السينية أن يكون لشكل الموجة أقل تذبذب ممكن

32

دارة جهاز أشعة



د.م. يحيى لحفي

