جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

فيزياء و توليد و خصائص الأشعة السينية

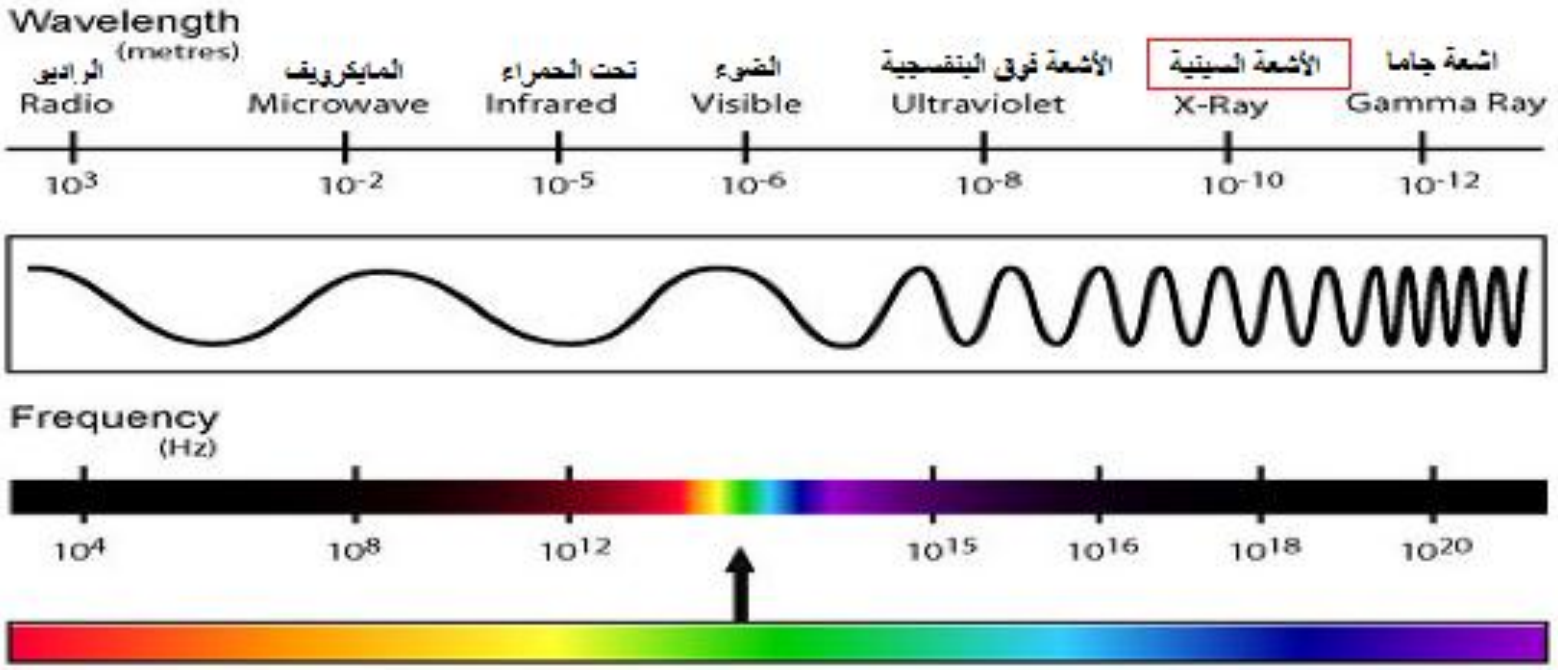
الأستاذ الدكتور عمار مشلح
Prof. Dr. Ammar Mashlah

أول صورة أشعة سينية في
المجال الطبي لزوجة رونتغن
تظهر فيها عظام اليد مع خاتم

- **ماهي الأشعة السينية**

الأشعة السينية هي نوع من أنواع الموجات الكهرومغناطيسية وهي مشابهه للضوء ولكن ذات تردد أقصر.

تعتبر **الأشعة السينية مع أشعة جاما أشعة مؤينة Ionizing Radiation** وهذا هو سبب القلق من مخاطر الأشعة السينية، على عكس الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء وحتى موجات الراديو فهي تعتبر غير مؤينة Non-Ionizing Radiation



الأشعة السينية هي عبارة عن موجات
كهرومغناطيسية مشابهه لموجات الضوء والراديو،
ولكن يكمن الإختلاف في التردد والطول الموجي

مقدمة:

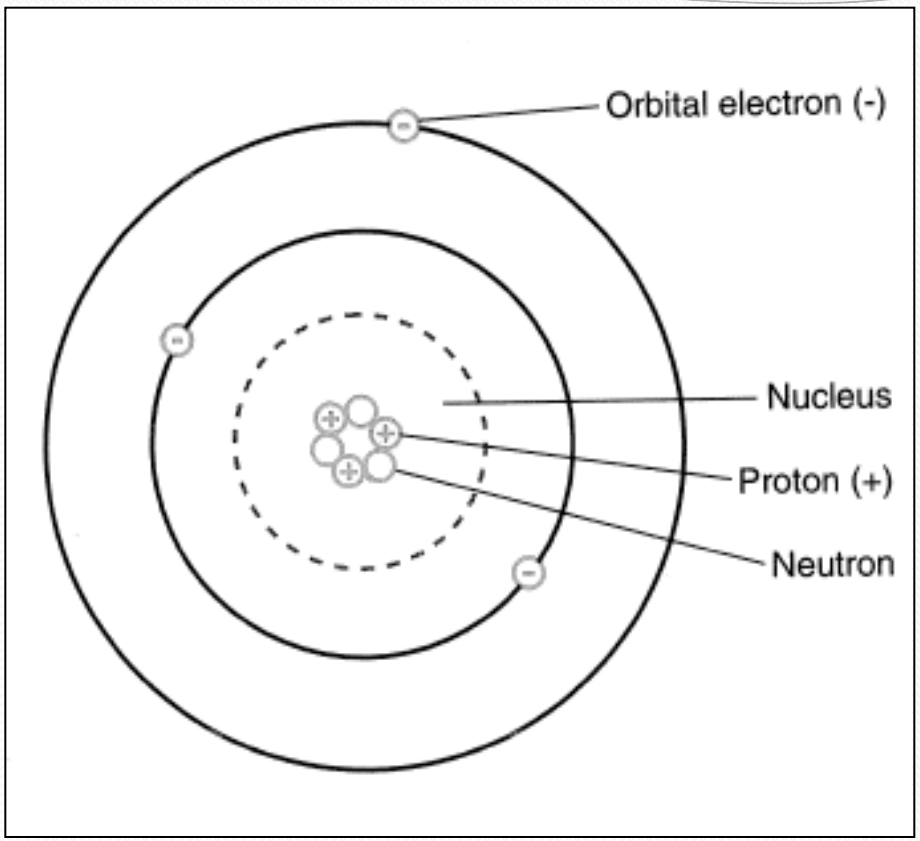
- **إذا أردنا أن نعرف كيف تتشكل الأشعة السينية يجب على المصور الشعاعي السني أن يفهم طبيعة وتفاعل الذرات.**

- **<u>فالفهم الكامل للأشعة السينية يتضمن:</u>**
- فهم المبادئ الأساسية للبنية الذرية والجزيئية
- كما يجب معرفة عملية التأين والإشعاع المؤين وخصائص الأشعة السينية
- كما يجب فهم جهاز الأشعة السينية السنية وأنبوب الأشعة السينية والدارات الكهربائية الموجودة.

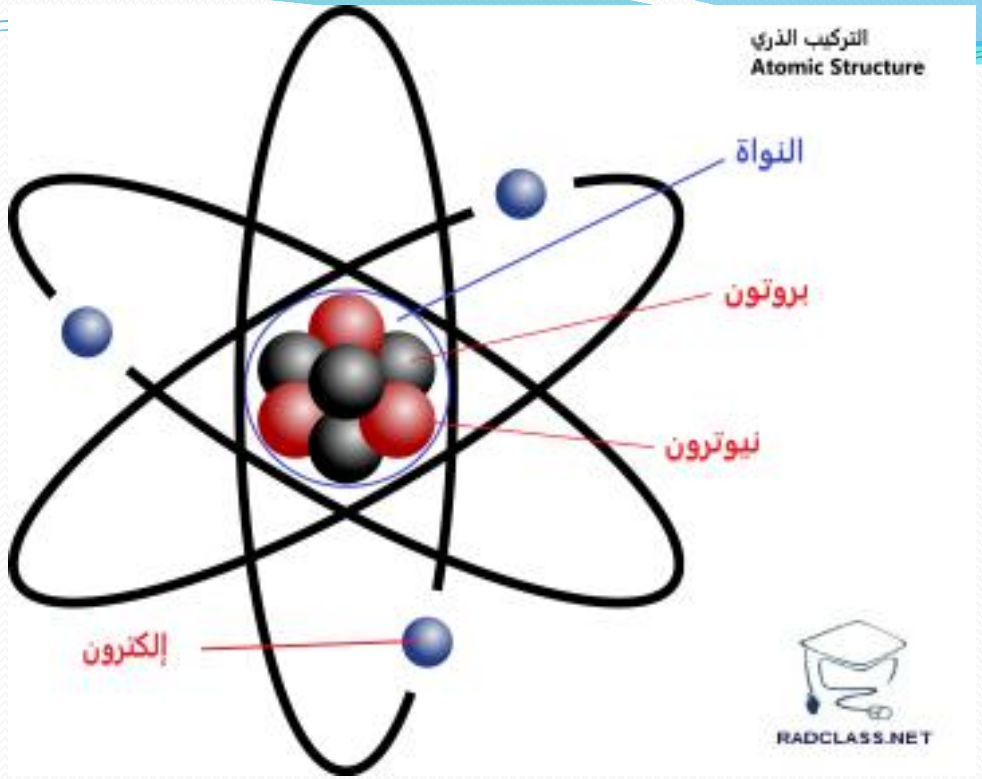
مبادئ أساسية:

- **البنية الذرية والجزيئية:**
- العالم يتألف من **المادة والطاقة** فالمادة هي أي شيء يحتل فراغاً معيناً ويملك كتلة وإذا ما تغيرت المادة تتشكل لدينا الطاقة والوحدة الأساسية للمادة هي الذرة وكل المواد مؤلفة من ذرات أو جسيمات صغيرة غير مرئية.
- **فهم بنية الذرة هو ضروري قبل فهم كيفية إنتاج الأشعة السينية.**

- **البنية الذرية:**
- الذرة تتألف من جزأين: النواة المركزية والإلكترونات المدارية والذرة تتحدد بتركيب نواتها وترتيب إلكتروناتها المدارية.
- وحالياً يوجد **١٠٥** ذرات مختلفة.



بنية الذرة



الذرة Atom

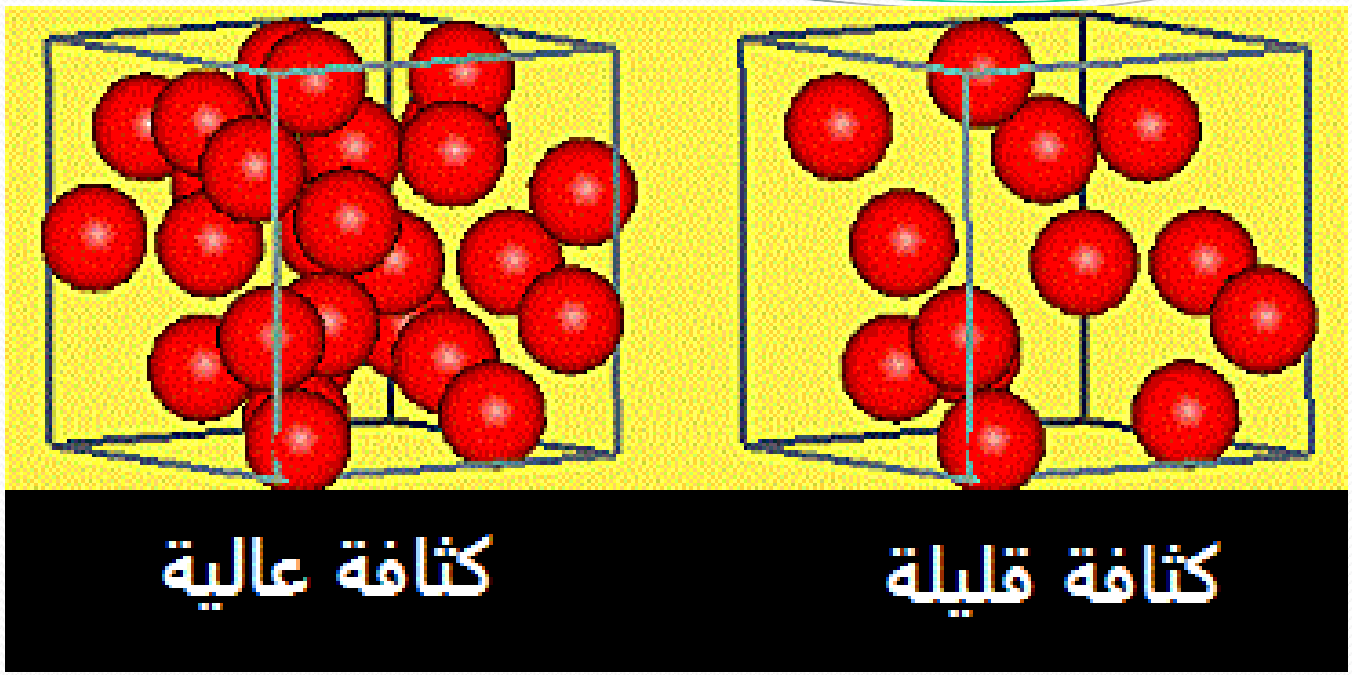
الذرة تتكون من :

بروتونات: موجبة الشحنة تتواجد داخل النواة.

نيوترونات: ليس لديها شحنة أيضاً تتواجد داخل النواة.

إليكترونات: سالبة الشحنة تدور حول النواة في مسارات.

- النواة :**Nucleus** أو القلب الكثيف للذرة يتركب من جسيمات تعرف بالبروتونات والنترونات، والبروتونات تحمل شحنة كهربائية موجبة بينما النترونات لا تحمل أي شحنة كهربائية.
- نواة الذرة تحتل فراغاً صغيراً جداً. وفي الحقيقة الذرة بمعظمها تتكون من مجال (فضاء) فارغ Empty space
- **فبفرض أن الذرة كانت بحجم ملعب كرة القدم فإن النواة ستكون بحجم كرة القدم.**



كثافة المادة (الكتلة) :Density of Matter

المادة قليلة الكثافة: توجد فراغات بين الذرات مثل عنصر الليثيوم.
المادة عالية الكثافة: تكون الذرات قريبة جداً من بعض ومضغوطه مثل الرصاص.

- تختلف الذرات بعضها عن بعض بتركيب أنويتها أي بعدد البروتونات والنترونات.
- عدد البروتونات والنترونات في نواة الذرة يحدد عددها الكتلي أو وزنها الذري. وعدد البروتونات داخل النواة يساوي عدد الإلكترونات خارجها ويعرف **بالعدد الذري**. وكل ذرة تملك عدداً ذرياً يتراوح من الهيدروجين (الذرة الأبسط) التي تملك عدداً ذرياً هو ١ إلى ذرة الهيليوم (الذرة الأكثر تعقيداً) التي تملك عدداً ذرياً هو ١٠٥.

- والذرات مرتبة بحسب تزايد عددها الذري في جدول يعرف بالجدول الدوري للعناصر.
- والعناصر هي مواد مكونة من نموذج واحد من الذرات.

جدول التصنيف الدوري للعناصر

العدد الذري
الوزن الذري
الرمز
العنصر
ارقام التاكافو

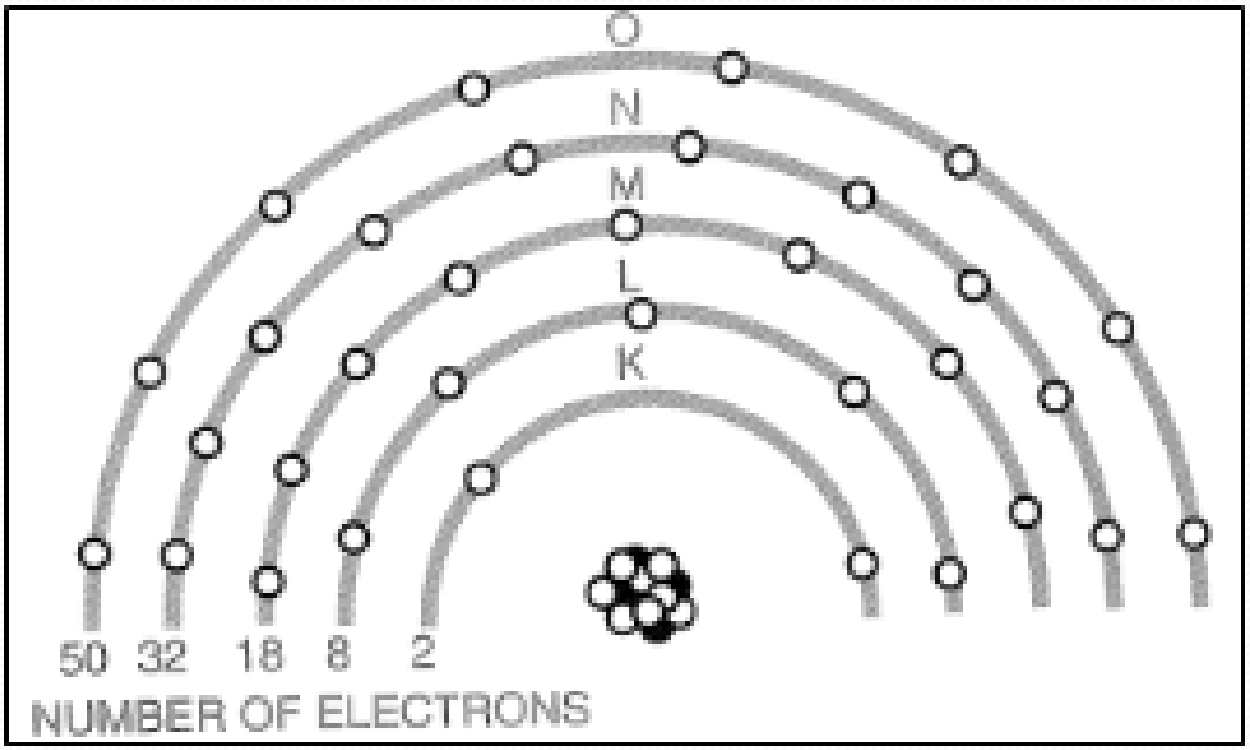
IA	IIA	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1 1 **H** هيدروجين 1																	2 4 **He** هليوم /
3 7 **Li** ليثيوم 1	4 9 **Be** بيريليوم 2											5 11 **B** بور 3	6 12 **C** كربون ±4,2	7 14 **N** نتروجين ±3,5,4,2	8 16 **O** اكسجين ±3,5,4,2	9 19 **F** فلور -1	10 20 **Ne** نيون /
11 23 **Na** صوديوم 1	12 24 **Mg** مغنيزيوم 2											13 26 **Al** المنيوم 3	14 28 **Si** سيليسيوم 4	15 31 **P** فوسفور ±3,5,4	16 32 **S** تبريت ±2,4,6	17 35.5 **Cl** كلور 1.3.5.7	18 39 **Ar** ارغون /
19 39 **K** بوتاسيوم 1	20 40 **Ca** كالسيوم 2	21 45 **Sc** سكانديوم 3	22 48 **Ti** تيتانيوم 3,4	23 51 **V** فانديوم 5,4,3,2	24 52 **Cr** كروم 6,3,2	25 55 **Mn** منغنيز 7,6,4,2,3	26 56 **Fe** حديد 2,3	27 59 **Co** كوبالت 2,3	28 59 **Ni** نيكل 2,3	29 63 **Cu** نحاس 2,1	30 65 **Zn** زنك 2	31 70 **Ga** غاليوم 3	32 73 **Ge** جرمانيوم 4	33 75 **As** زرنيخ ±3,5	34 79 **Se** سيلينيوم -1,4,6	35 80 **Br** بروم ±1,5	36 84 **Kr** كريبتون /
37 85 **Rb** ريبيديوم 1	38 88 **Sr** سترونسيوم 2	39 89 **Y** ايتريوم 3	40 91 **Zr** زيركونيوم 4	41 93 **Nb** نيوبيوم 5,3	42 96 **Mo** موليبديوم 6,5,4,3,2	43 97 **Tc** تكنيتيوم 7	44 101 **Ru** روثينيوم 2,3,4,6,8	45 103 **Rh** راديوم 2,3,4	46 106 **Pd** بالاديوم 2,4	47 108 **Ag** فضة 1	48 112 **Cd** كاديوم 2	49 115 **In** انديوم 3	50 119 **Sn** قصدير 4,2	51 122 **Sb** انثموان ±3,5	52 127 **Te** تيلوريوم -2,4,6	53 127 **I** يود ±1,5,7	54 131 **Xe** زينون /
55 133 **Cs** سيزيزم 1	56 137 **Ba** باريوم 2	57 139 **La*** لانثانوم 3	72 178 **Hf** هافنيوم 4	73 181 **Ta** تانتاليوم 5	74 184 **W** تنغستين 6,5,4,3,2	75 186 **Re** رينيوم 7,6,4,2,1	76 190 **Os** اوسميوم 2,3,4,6,8	77 192 **Ir** ايريديوم 2,3,4,6	78 195 **Pt** بلاتين 2,4	79 197 **Au** ذهب 3,1	80 200 **Hg** زئبق 2,1	81 204 **Ti** تاليوم 3,1	82 207 **Pb** رصاص 4,2	83 209 **Bi** بزموت 3,5	84 209 **Po** بولونيوم 2,4	85 210 **At** استاتين ±1,3,5,7	86 222 **Rn** رادون /
87 223 **Fr** فرانسيوم 1	88 226 **Ra** راديوم 2	89 227 **Ac**** اكتينيوم	104 261 **Rf** رذرفورديوم	105 262 **Db** دوبنيوم													

الإلكترونات:

الإلكترونات هي جسيمات صغيرة مشحونة بشحنة كهربائية سالبة وتملك كتلة صغيرة جداً فالإلكترون يزن تقريباً ١/١٨٠٠ من وزن البروتون أو النترون.

ومثلما تدور الكواكب حول الشمس تدور الإلكترونات حول النواة في طرق محددة تعرف بالمدارات والذرة تحتوي بشكل أعظمي على ٧ مدارات كل منها يقع على مسافة محددة من النواة وهي تمثل مستويات طاقية مختلفة.

وترمز هذه المدارات بأحرف Q و P و O و N و M و L و K.



المدارات الذرية

- المدار K هو المدار الأقرب إلى النواة ويملك المستوى الطاقي الأعلى.
- وكل مدار لديه عدد أعظمي من الإلكترونات يمكنه أن يستوعبه.
- والإلكترونات تحافظ على مكانها في مداراتها بما يدعى القوة الكهربائية الساكنة Electrostatic force أو قوى الجذب بين النواة الموجبة وبين الإلكترونات السالبة وهذا ما يعرف بالطاقة الرابطة **binding energy** أو بالقوة الرابطة للإلكترون.

- والقوة الرابطة تحدد بالمسافة بين النواة والإلكترون المداري وهي مختلفة بين كل مدار وآخر. والقوة الرابطة الأكبر هي موجودة بالمدار الأقرب للنواة أي **المدار K** بينما الإلكترونات الموجودة في المدارات الخارجية تملك قوة رابطة ضعيفة.
- والقوى الرابطة للإلكترونات المدارية تقاس بالفولط الإلكتروني electron-volts (ev) أو Kilo-electron-volts (kev)

- و١٠٠٠ فولط إلكتروني تساوي kilo-electron-volts واحد

والطاقة اللازمة لإزاحة إلكترون من مداره يجب أن تتجاوز الطاقة الرابطة للإلكترون في مداره وبالتالي فنحن نحتاج لمقدار كبير من الطاقة لإزاحة إلكترون من المدارات الداخلية القريبة للنواة أما الإلكترونات في المدارات الخارجية فيمكن إزاحتها بطاقة أقل

- فمثلاً في ذرة التنغستن الطاقات الرابطة هي كالتالي:
- المدار K ٧٠ Kev
- المدار L١٢ Kev
- المدار M٣ kev
- فالطاقة الرابطة الأعظم في ذرة التنغستن هي موجودة في المدار Kالأقرب للنواة وبالتالي لإزاحة إلكترون من المدار Kنحتاج الى ٧٠ Kevأي ٧٠٠٠ ev بينما نحتاج فقط الى ٣ kev أي٣٠٠٠ ev لإزاحة إلكترون من المدار .M

البنية الجزيئية :

- الذرات قادرة على الاتحاد بعضها مع بعض لتشكل الجزيئات.
- فيمكن تعريف الجزيء على أنه ذرتان أو أكثر متحدتان بواسطة روابط كيميائية. ومثل الذرة الجزيء هو أيضاً جسيم صغير جداً غير مرئي .
- والجزيئات تتشكل بإحدى طريقتين إما عن طريق عملية نقل الإلكترونات أو من خلال عملية التشارك الإلكتروني بين المدارات الخارجية للذرات.
والماء H_2O هو مثال على جزيء بسيط حيث الرمز H_2 يمثل ذرتين من الهيدروجين والرمز O يمثل ذرة واحدة من الأوكسجين

التأين والإشعاع والنشاط الإشعاعي :
Ionization , radiation and Radioactivity

- التأين **Ionization**

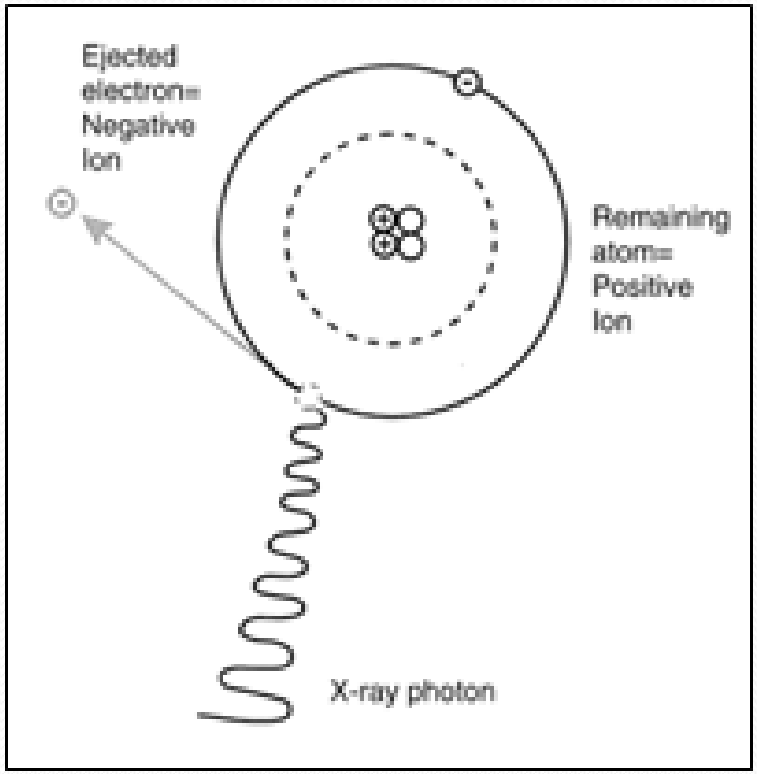
الذرات يمكن أن توجد بحالة متوازنة (متعادلة) أو في حالة عدم توازن كهربائي، وعادة معظم الذرات هي متوازنة .

الذرة المتوازنة **neutral atom** تحتوي على عدد متساوٍ من البروتونات (شحنات موجبة) ومن الإلكترونات (شحنات سالبة) .

- الذرة ذات المدار الخارجي غير الممتلئ هي غير متوازنة كهربائياً وتحاول التقاط إلكترون من ذرة مجاورة .
- إذا أخذت الذرة إلكتروناً فعندها سوف تملك إلكترونات أكثر من البروتونات والنترونات وبالتالي تصبح ذات شحنة سالبة وبشكل مشابه إذا فقدت الذرة إلكتروناً فسوف تملك بروتونات ونترونات أكثر وبالتالي سوف تصبح ذات شحنة موجبة .
- **والذرة التي تكسب أو تفقد إلكتروناً تصبح غير متوازنة كهربائياً وتعرف كشاردة ion**

- التأين : **Ionization** ويعني إنتاج الشوارد أو هي العملية التي يتم فيها تحويل الذرة إلى شوارد .
- فالتأين يتعامل مع **الإلكترونات** فقط ويتطلب طاقة كافية للتغلب على القوة الكهربائية الساكنة التي تربط الإلكترون إلى النواة .

- وعندما يزال إلكترون من الذرة خلال عملية التأين فسوف يتشكل لدينا زوج من الشوارد.
- فالذرة تصبح شاردة موجبة والإلكترون المزال يصبح شاردة سالبة
- زوج الشوارد هذا يتفاعل مع شوارد أخرى حتى يتم الوصول لمرحلة الاستقرار الكهربائي وتتشكل الذرات المتوازنة **Neutral atoms**



التأين المسبب للإشعاع

الإشعاع والنشاط الإشعاعي
Radiation and radioactivity

- **الإشعاع : Radiation**
- وهو عملية توليد واندفاع للطاقة ضمن الفراغ أو المواد على شكل أمواج أو جسيمات .
- مصطلحات الإشعاع والنشاط الإشعاعي يتم الخلط بينها أحياناً فمن المهم معرفة أنهما لا يعنيان الشيء نفسه.

- **النشاط الإشعاعي :**
  - يمكن أن يعرف بأنه العملية التي تخضع فيها الذرات أو العناصر المتوازنة للتفكك أو التلاشي العفوي في محاولة للوصول إلى حالة نووية أكثر توازناً
  - فالمادة تعتبر أنها ذات نشاط إشعاعي إذا قامت بإصدار الطاقة على شكل جسيمات Particles أو أشعة Rays نتيجة تفكك نواتها الذرية .
  - ففي طب الأسنان الإشعاع **Radiation** تحديداً أشعة – X هو الذي يستخدم وليس النشاط الإشعاعي Radioactivity.

- **الإشعاع المؤيِّن Ionizing Radiation**

يمكن أن يعرف بأنه الإشعاع القادر على إنتاج شوارد وذلك بإزالة أو إضافة إلكترون إلى الذرة.

والإشعاع المؤين يمكن أن يصنف إلى مجموعتين :

- ١- الإشعاع الجسيماني Particulate Radiation
- 2- الإشعاع الكهربائي المغناطيسي (الكهرطيسي) Electromagnetic radiation .

- **الإشعاع الجسيماني Particulate Radiation**
- وهو عبارة عن جسيمات صغيرة من المادة التي تملك كتلة وتنتقل بخطوط مستقيمة وبسرعة عالية والإشعاع الجسيماني ينقل الطاقة الحركية وهناك أربعة أنواع منه كما في الجدول

Origin	Charge	Mass units	Particle
النواة	+٢	٤.٠٠٣٠٠٠	جسيمات ألفا
النواة	−١	٠.٠٠٠٥٤٨	جسيمات بتا الإلكترونية electron beta particles
أنبوب أشعة − X	−١	٠.٠٠٠٥٤٨	الأشعة المهبطية الإلكترونية electron cathode rays
النواة	+١	١.٠٠٧٥٩٧	البروتونات
النواة	٠	١.٠٠٨٩٨٠	النترونات

أنواع الإشعاع الجسيماني

- **الإلكترونات** : يمكن أن تصنف كجسيمات بتا أو كأشعة مهبطية وهما مختلفتان في المصدر فقط. فجسيمات بتا هي عبارة عن إلكترونات متحركة بسرعة تنبعث من نواة الذرات ذات النشاط الإشعاعي.
- أما **الأشعة المهبطية** فهي عبارة عن سيل من الإلكترونات عالية السرعة مصدرها أنبوب الأشعة السينية .

- **- جسيمات الفا :** وهي تنبعث من نواة المعادن الثقيلة وهي توجد على شكل بروتونين ونترونين two protons and neutrons بدون إلكترونات .
- **- البروتونات :** وهي جسيمات مسَّرعة تحديداً من نواة ذرة الهيدروجين تملك كتلة بمقدار ١ وشحنة +١
- **النترونات :** وهي جسيمات مسَّرعة ذات كتلة بمقدار ١ وبدون شحنة كهربائية .

- **الإشعاع الكهرطيسي : electromagnetic radiation**

يمكن أن يعرف بأنه **توليد طاقة** على شكل أمواج (دون كتلة) خلال الفضاء أو المادة

والطاقة المتولدة مترافقة مع حقل كهربائي متذبذب وحقل مغناطيسي متذبذب oscillating electric and magnatic fields

وهذان الحقلان متعامدان

- والإشعاع الكهرطيسي إما أن يكون من صنع الإنسان أو يحدث بشكل طبيعي وهذه أمثلة عليه : الأشعة الكونية وأشعة غاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والأمواج الراديوية وأمواج الرادار والأمواج المكروية.
- وهذه الأمواج الكهرطيسية مرتبة وفقاً لطاقتها بما يعرف بالطيف الكهرطيسي electromagnatic spectrum واعتماداً على مستوياتها الطاقية يمكن تصنيف الأشعة الكهرطيسية إلى **مؤينة وغير مؤينة**، وحدها الإشعاعات عالية الطاقة هي القادرة على أن تكون مؤينة مثل الأشعة الكونية وأشعة غاما والأشعة السينية* .

- **أشعة غاما** هي عبارة عن فوتونات تتشكل في نوى الذرات ذات النشاط الاشعاعي وهي تملك طاقة أعلى من طاقة الأشعة السينية .
- **الإشعاعات الكهرطيسية** يمكن أن تنتقل في الفضاء بكلا الشكلين : على شكل أمواج وعلى شكل جسيمات .

- **المبدأ الجسيمي** : حيث تنقل الأشعة الكهرطيسية على شكل حزم منفصلة من الطاقة تدعى الفوتونات Photons أو . quanta

فالفوتونات هي حزم من الطاقة لا تملك كتلة ولا وزناً وتنتقل على شكل أمواج بسرعة الضوء خلال الفضاء وبخط مستقيم .

- **المبدأ الموجي** : حيث تنتقل الأشعة الكهرطيسية على شكل أمواج.
- velocity تشير الى سرعة الموجة حيث كل الإشعاعات الكهرطيسية تنتقل على شكل أمواج بسرعة الضوء ٣ × ١٠ ٨ م/ثا أي ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية وذلك بالفراغ .

- **طول الموجة : Wave length**

يمكن تحديده بالمسافة بين قمة موجة معينة وقمة الموجة التي تليها وطول الموجة يحدد الطاقة وقدرة الاختراق للإشعاع فكلما قصرت المسافة بين قمتي الموجتين قصر طول الموجة وازدادت الطاقة والقدرة على اختراق المادة وأطوال الموجة تقاس بالنانو متر أي ١ × ١٠ -٩ م للأمواج القصيرة وبالأمتار للأمواج الطويلة .

- **التردد (التواتر) Frequency**

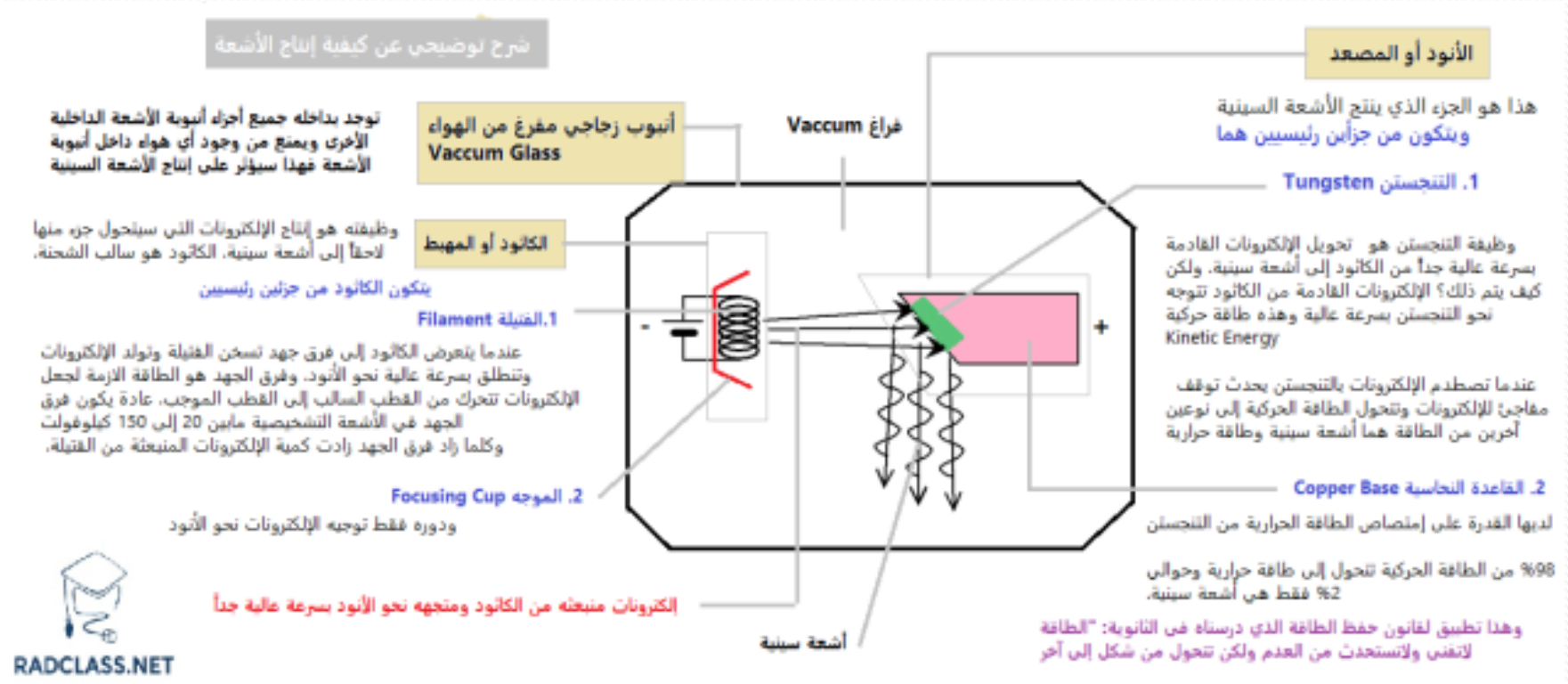
ويشير إلى عدد أطوال الموجة التي تخترق نقطة معينة في وقت محدد وهناك علاقة عكسية بين طول الموجة والتواتر فإذا كان التواتر مرتفعاً فسوف يكون طول الموجة قصيراً وإذا كان التواتر منخفضاً سوف يصبح طول الموجة طويلاً.

- إن مقدار الطاقة التي يمتلكها الإشعاع الكهرطيسي يعتمد على طول الموجة والتواتر . فإذا كان التواتر منخفضاً فإنه الأشعة الكهرطيسية سوف تملك طول موجة كبيراً وطاقة أقل وبالعكس إذا كان التواتر عالياً فسوف تملك الأشعة الكهرطيسية طول موجة قصيراً وطاقة أكبر.
- فمثلاً وسائل الاتصال في أجهزة الإعلام تملك تواتراً منخفضاً وأطوال موجة طويلة فأجهزة الراديو طول الموجة فيها يمكن أن يكون ١٠٠م بينما طول الموجة في أجهزة التلفاز حوالي ١م. أما الأشعة التشخيصية فتستخدم تواتراً عالياً أي أطوال موجة قصيرة، فالأشعة السينية المستخدمة في طب الأسنان طول الموجة فيها نحو ١٠ نانو متر أو ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١ م

- **وتلخيصاً لخصائص الإشعاعات الكهرطيسية نذكر أنها تتصف بما يلي :**
- ١- لا تملك كتلة أو وزناً.
- ٢- لا تملك شحنة كهربائية .
- ٣- تنتقل بسرعة الضوء ٣ × ١٠ ٨ م/ثا أي ١٨٦٠٠٠ ميل /ثا .

- ٤- تنتقل على شكل جسيمات وأمواج .
- ٥- تولد حقلاً كهربائياً بزاوية قائمة مع مسار انتقالها .
- ٦- تولد حقلاً مغناطيسياً بزاوية قائمة مع الحقل الكهربائي .
- ٧- تمتلك طاقات مختلفة متعلقة بأطوال الموجات وتواترها

جهاز توليد الأشعة


شرح توضيحي عن كيفية إنتاج الأشعة
الأنود أو المصعد
هذا هو الجزء الذي ينتج الأشعة السينية
ويتكون من جزأين رئيسيين هما
1. التنجستن Tungsten
وظيفة التنجستن هو تحويل الإلكترونات القادمة بسرعة عالية جداً من الكاثود إلى أشعة سينية. ولكن كيف يتم ذلك؟ الإلكترونات القادمة من الكاثود تتوجه نحو التنجستن بسرعة عالية وهذه طاقة حركية Kinetic Energy
عندما تصطدم الإلكترونات بالتنجستن يحدث توقف مفاجئ للإلكترونات وتتحول الطاقة الحركية إلى نوعين آخرين من الطاقة هما أشعة سينية وطاقة حرارية
2. القاعدة النحاسية Copper Base
لديها القدرة على إمتصاص الطاقة الحرارية من التنجستن
%98 من الطاقة الحركية تتحول إلى طاقة حرارية وحوالي %2 فقط هي أشعة سينية.
وهذا تطبيق لقانون حفظ الطاقة الذي درسناه في الثانوية: "الطاقة لاتفنى ولاتستحدث من العدم ولكن تتحول من شكل إلى آخر
أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء
Vaccum Glass
توجد بداخله جميع أجزاء أنبوبة الأشعة الداخلية الأخرى ويمنع من وجود أي هواء داخل أنبوبة الأشعة فهذا سيؤثر على إنتاج الأشعة السينية
فراغ Vaccum
الكاثود أو المهبط
وظيفته هو إنتاج الإلكترونات التي سيتحول جزء منها لاحقاً إلى أشعة سينية. الكاثود هو سالب الشحنة.
يتكون الكاثود من جزئين رئيسيين
1.الفتيلة Filament
عندما يتعرض الكاثود إلى فرق جهد تسخن الفتيلة وتولد الإلكترونات وتنطلق بسرعة عالية نحو الأنود. وفرق الجهد هو الطاقة الازمة لجعل الإلكترونات تتحرك من القطب السالب إلى القطب الموجب. عادة يكون فرق الجهد في الأشعة التشخيصية مابين 20 إلى 150 كيلوفولت وكلما زاد فرق الجهد زادت كمية الإلكترونات المنبعثة من الفتيلة.
2. الموجه Focusing Cup
ودوره فقط توجيه الإلكترونات نحو الأنود
إلكترونات منبعثه من الكاثود ومتجهه نحو الأنود بسرعة عالية جداً
أشعة سينية
RADCLASS.NET

- **مكونات أنبوبة الأشعة:**

- **أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء :Vaccum Glass**

توجد بداخله جميع أجزاء أنبوبة الأشعة الداخلية الأخرى ويمنع من وجود أي هواء داخل أنبوبة الأشعة فهذا سيؤثر على إنتاج الأشعة السينية.

- **المهبط أو الكاثود Cathode**

وظيفته هو إنتاج الإلكترونات التي سيتحول جزء منها لاحقاً إلى أشعة سينية. الكاثود هو سالب الشحنة. يتكون الكاثود من جزئين رئيسيين: الأول هو الفتيلة filament. عندما يتعرض الكاثود إلى فرق جهد تسخن الفتيلة وتولد الإلكترونات وتنطلق بسرعة عالية نحو الأنود. وفرق الجهد هو الطاقة الازمة لجعل الإلكترونات تتحرك من القطب السالب إلى القطب الموجب. عادة يكون فرق الجهد في الأشعة التشخيصية مابين ٢٠ إلى ١٥٠ كيلوفولت kv. وكلما زاد فرق الجهد زادت كمية الإلكترونات المنبعثة من الفتيلة. الجزء الثاني هو الموجه focusing cup ودوره فقط توجيه الإلكترونات نحو الأنود.

- **المصعد أو الأنود Anode**

هذا هو الجزء الذي ينتج الأشعة السينية. وهو يتكون من مادة التنجستن Tungsten. تصطدم الإلكترونات القادمة من الكاثود بمعدن التنجستن في الأنود مما يولد الأشعة السينية. الأنود هو موجب الشحنة. ويتكون الأنود من جزأين: الأول كما ذكرنا سابقاً هو التنجستن. وظيفة التنجستن هو تحويل الإلكترونات القادمة بسرعة عالية جداً من الكاثود إلى أشعة سينية. ولكن كيف يتم ذلك؟ الإلكترونات القادمة من الكاثود تتوجه نحو التنجستن بسرعة عالية وهذه طاقة حركية Kinetic Energy. عندما تصطدم بالتنجستن يحدث توقف مفاجئ للإلكترونات وتتحول الطاقة الحركية إلى نوعين آخرين من الطاقة هما أشعة سينية وطاقة حرارية. تقريباً ٢% من الطاقة الحركية تتحول إلى أشعة سينية و ٩٨% تتحول لطاقة حرارية. وهذا تطبيق لقانون حفظ الطاقة الذي درسناه في الثانوية: "الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن تتحول من شكل إلى آخر". الجزء الثاني من أجزاء الأنود هو القاعدة النحاسية Copper Base ولديه القدرة على إمتصاص الطاقة الحرارية من التنجستن.

- المصور السني يجب أن يكون ملما ومتآلفا مع معدات التصوير السني ومع أفلام التصوير السني ومع الحوامل ومع جهاز توجيه الحزمة.
- أهمية هذا البحث هو تحديد الفرق بين أجهزة التصوير داخل وخارج الفموية وذلك لتحديد محتويات جهاز الأشعة. ولتحديد أكثر الأفلام استخداما ولتحديد أجهزة توجيه الحزمة الشعاعية.

أجهزة التصوير السني :

- تستخدم أجهزة التصوير داخل وخارج الفموية لأهداف تشخيصية .
- وأجهزة التصوير هذه تتنوع من حيث التصميم ومن حيث التقنيات .
- المصور السني يجب أن يكون لديه فهم واضح لتقنية عمل كل جزء من الجهاز المستخدم في التصوير السني وذلك حتى يتفادى التعارض الخاطئ للأشعة لكل من المريض والعاملين في المجال السني .

المعايير العامة :

- قبل ١٩٧٤ م لم يكن هناك معايير قياسية لمصانع صناعة أجهزة التصوير السني .
- ولكن كل المصانع لأجهزة التصوير السني بعد عام ١٩٧٤ م كانت مرغمة على أن تتبع معايير فدرالية ثابتة عند تصنيعها لأجهزة تصوير سنية.
- الحكومة الفيدرالية نظمت هذه المصانع ونظمت معدات التصوير السني.
- الولايات والحكومات المحلية نظمت كيفية عمل جهاز التصوير السني وضعت علامات خاصة ومحددة على كل جهاز تشرح كيفية استخدام هذا الجهاز.
- وذلك بالاعتماد على معايير حددتها كل ولاية لتحديد السلامة الشعاعية لكل جهاز تصوير سني.
- وبعد كل ذلك يجب أن تكون هناك فحوص دورية لكل جهاز للتأكد من سير العمل على نحو أفضل.

أنواع الآلات :

- يمكن أن تستخدم آلات التصوير السني من اجل التصوير داخل الفموي (بوضع الفيلم داخل الفم) أو من أجل التصوير خارج الفموي (وضع الفيلم خارج الفم).
- ولكن هناك بعض الأجهزة التي لا تستخدم إلا داخل الفم
- وبعضها الآخر لا يستخدم إلا خارج الفم
- هذا التنوع بالأجهزة يعود إلى اختلاف المصانع المصنعة لهذه الأجهزة.

أجزاء الوحدة :

- النموذج داخل الفموي من أجهزة التصوير داخل الفموي تتكون من ثلاثة أجزاء :

قمع الأشعة – ذراع الأشعة – وحدة التحكم

القمع : رأس الأشعة

- يتألف القمع من قمع الأشعة يعطي أشعة سنية كما في الشكل يمتد من رأس الأشعة ويصل للموقع المراد تصويره يدعى PID أو قمع
- القمع PID ممكن أن يكون دائرياً أو مثلثياً وهذا يحدد حجم حزمة الأشعة الخارجة منه.

ذراع الأشعة :

- هو يصل قمع الجهاز إلى دارة كهربائية وهو يسمح لحركة معينة لقمع الأشعة بوضع معين.

وحدة التحكم :

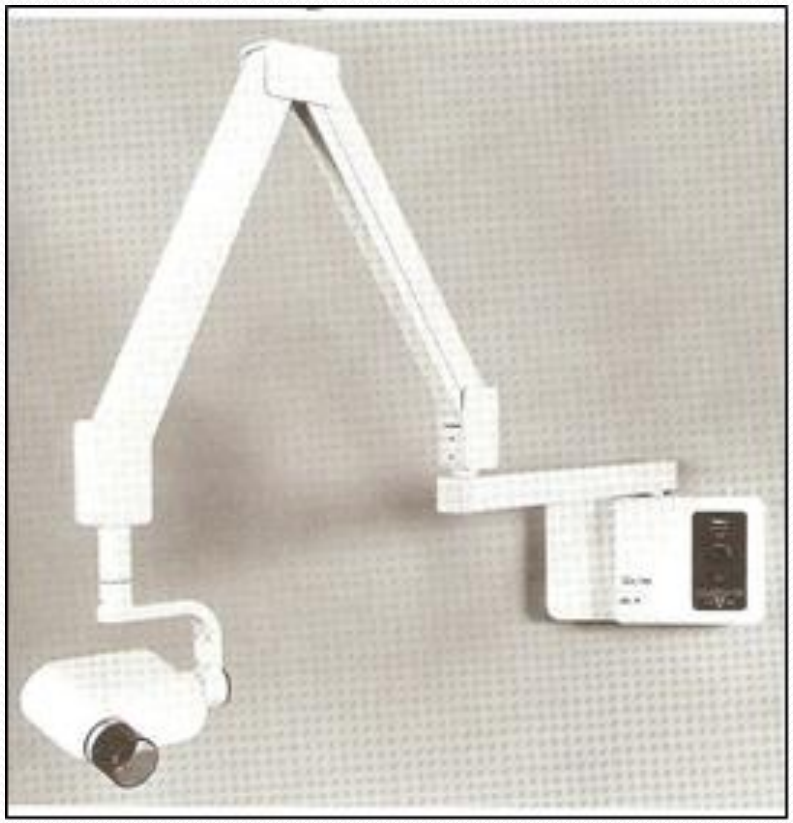
- وحدة التحكم تسمح للمصور السني بأن ينظم حزمة التصوير السني، وحدة التحكم موصولة إلى الدارة الكهربائية للجهاز.
- توضع وحدة التحكم على قاعدة معدنية أرضية وتستند إلى حائط صلب، أو إلى حائط قابل للتحرك والدوران خارج غرفة العلاج السني.
- وحدة تحكم واحدة تستطيع أن تستخدم لتنظم عمل جهاز تصوير سني واحد، بحيث توجد وحدة التحكم هذه في الغرفة المجاورة لغرفة التصوير السني.

تتألف وحدة التحكم من :

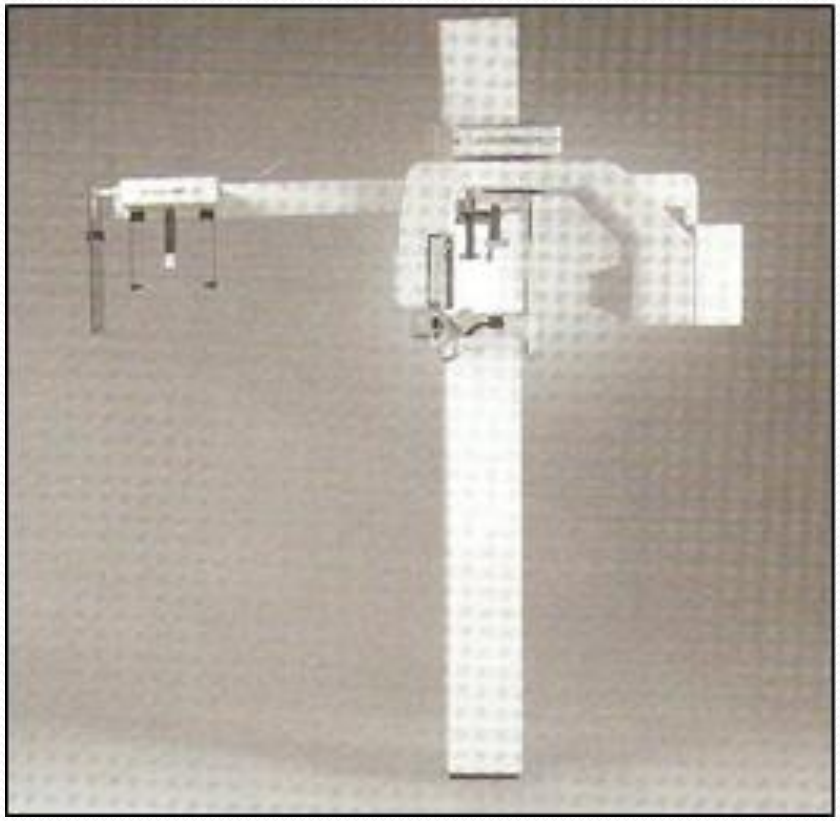
- أجهزة تحكم خاصة (للزمن، للكيلوفولتاج، للميلي أمبير، للموجهات)

- **زر التشغيل :**
- هو زر ينشط الجهاز ليعطي الأشعة السنية يجب على المصور السني أن يبقى ضاغطاً على زر التشغيل حتى انتهاء الوقت المحدد للصورة.
- يشعل ضوء هذا الزر طوال الضغط عليه من قبل المصور السني.
- بالإضافة لذلك هو يبقى مضيئاً طوال فترة التصوير السني.
- عند انتهاء وقت التصوير يتم كبس زر الإغلاق ويسمع المصور صوت Beep الذي يدل على انتهاء الصورة.

- أجهزة التحكم التي تنظم حزمة التصوير السني تتضمن المؤقت (للزمن) – الكيلوفولتاج KVP الميلي أمبير –mA
- يقاس الزمن بالثواني أو بالامبولز .
- الكيلوفولتاج والميلي أمبير تساعد المصور السني عل تحديد الكيلوفولتاج والميلي أمبير المناسب للصورة .



جهاز التصوير داخل الفموي



جهاز التصوير خارج الفموي

- حوامل أفلام التصوير السني وأجهزة توجيه الحزمة التصويرية :
- حامل الفيلم الشعاعي هو جهاز تستخدم ليحمل الجهاز داخل الفم . هذه الحوامل تساعد على تثبيت الفيلم من دون مساعدة خاصة من المريض وتساعد على التثبيت للفيلم حتى لو تحرك المريض .
- وهي تستخدم خاصة في تقنية التصوير بالتوازي .

- أجهزة توجيه حزمة الأشعة :
- تستخدم لمساعدة المصور السني على توجيه قمع الأشعة إلى اتجاه واحد هو اتجاه الفيلم والسن المصور وذلك بالاعتماد على التوجيه الصحيح لحزمة الأشعة .
- أجهزة التوجيه السني أو الصفائح المعدنية مع القسم المفتوح . ممكن أن تستخدم لتحديد حجم الأشعة الخارجة .

الملخص :

- ١ ـ المصور السني يجب أن يكون متآلفاً مع معدات التصوير السني المستخدمة في طب الأسنان.
- ٢ ـ جهاز التصوير داخل الفموي يتألف من ثلاثة أجزاء رئيسية.
- (رأس الأشعة ـ ذراع الأشعة ـ وحدة التحكم)
- ٣ ـ حامل فيلم الأشعة يستخدم ليحدد موضع الفيلم داخل الفموي.
- ٤ ـ موجه الأشعة يساعد المصور السني ليحدد وضع قمع الأشعة مع السن والفيلم.
- ٥ ـ جهاز التوجيه السني يستخدم ليوجه حزمة التصوير السني لتصل إلى الفيلم والسن معاً.

خواص الأشعة السينية

Radiation Characteristics

- تعتبر عملية قياس طيف الأشعة السينية من الأمور المعقدة وتحتاج إلى تقنيات خاصة، لذا يمكن عمليا الاعتماد على طبقة نصف القيمة HVL مترافقة مع قيمة الجهد المطبق على أنبوب الأشعة السينية لتحديد نوعية الحزمة وذلك بالنسبة لمولدات الأشعة السينية التي لا يتجاوز الجهد المطبق فيها عن ٣٠٠ كيلو فولط،

وكما هو معروف فإن طبقة نصف القيمة من مادة معينة هي السماكة اللازمة من هذه المادة لتخفيض شدة الأشعة إلى نصف قيمتها.

- **يتأثر طيف وشدة الأشعة السينية بعدة عوامل هي:**
- **- قيمة الجهد المطبق على الأنبوب:**

بزيادة الجهد المطبق على الأنبوب تزداد قيمة الطاقة للطيف وهذا يعني زيادة في كمية الأشعة المتولدة وبالتالي يزداد التعرض الإشعاعي، ونبين هنا أن الخرج الإشعاعي يتناسب مع مربع قيمة الكيلو فولت kVp

- **قيمة التيار المطبق على أنبوب الأشعة السينية:**

إن العلاقة بين قيمة التيار المطبق على أنبوب الأشعة السينية وكمية الإشعاع الناتج هي علاقة طردية وذلك مع تثبيت باقي البارامترات

- **سماكة المرشحات (الفلاتر) المضافة: Filtration Added**

إن وظيفة المرشحات المضافة هو امتصاص الفوتونات المنخفضة الطاقة التي لا جدوى من وجودها ضمن طيف الأشعة السينية في تطبيقات التشخيص الإشعاعي، وبالتالي زيادة سماكة المرشح يعني زيادة الطاقة الفعالة للطيف أي مقدرة اختراق أعلى وبذلك تزداد قيمة , HVL

بدون مرشحات سيتضمن طيف الأشعة السينية كل الطاقات من الصفر حتى الطاقة الأعظمية الموافقة للجهد المطبق.

- **نوع مادة الهدف:**

نظرا لاختلاف السويات الطاقية بين عنصر و آخر، فإن طاقات الخطوط الطيفية المميزة تتباين من عنصر لآخر لمادة الهدف، فمع ازدياد العدد الذري تزداد كمية أشعة الكبح من جهة، وتزداد القمم الخاصة بالأشعة المميزة مما يعني زيادة في الطاقة الفعالة لحزمة الأشعة

- يتضمن مفهوم " **خواص الأشعة السينية** " مجموعة من المعايير والمصطلحات التي يجب فهمها والاطلاع عليها في سبيل إغناء المعلومات التشخيصية والقدرة على تفسير العديد من الظواهر التي قد تشكل تحدياً أثناء قراءة الصور الشعاعية وسنعرض فيما يلي أهم المفاهيم المتعلقة بهذه الخواص :

1- X-ray Beam Quality

- تتحدد طاقة الأشعة وقدرتها على النفوذ والاختراق عن طريق طول الموجة الإشعاعية وكلما كانت الأطوال الموجية قصيرة كانت الطاقة والنفوذية عالية بينما تكون الإشعاعات ذات الأطوال الموجية الكبيرة أقل طاقة وأكثر امتصاصاً من قبل المادة.
- يصف مصطلح " **نوعية** " في التصوير الشعاعي السني طاقة الحزمة الشعاعية الرئيسية وقدرتها على الاختراق ويتم التحكم بها بشكل أساسي عن طريق التوتر الكهربائي المستخدم أي " الفولتاج " و " الكيلوفولتاج ".

- يشير الفولتاج إلى التوتر الكهربائي و واحدته الفولت V وهو قياس للقدرة الكهربائية التي تسبب حركة الإلكترونات من المهبط إلى المصعد داخل رأس جهاز الأشعة وهو يحدد سرعتها أيضاً ، وبالتالي كلما ازداد الفولتاج زادت سرعة الإلكترونات وقوة اصطدامها بالمصعد مما يولد إشعاعاً ذا طول موجي قصير وطاقة عالية.

- يتطلب تشغيل رأس جهاز الأشعة السينية توتراً عالياً وبالتالي يعتمد الكيلوفولت حيث KV1 =1000 V وفي طب الأسنان يتراوح الكيلوفولتاج بين ٦٥-١٠٠ KV والتوترات الأقل من ذلك تعطي أشعة سينية أقل نفوذاً وطاقة والأكثر من ذلك تكون الأشعة شديدة النفوذ وفي كلتا الحالتين تكون الصور الشعاعية قليلة النوعية.
- يتم التحكم بالكيلوفولتاج تبعاً للغرض التشخيصي أي يتم زيادتها في حال تصوير الأجسام شديدة الكثافة مثلاً والعكس بالعكس.

- يتم التحكم بالكيلوفولتاج بواسطة مفاتيح خاصة على لوحة التحكم حيث يتم ضبط قيمة التوتر التي يعمل عندها الجهاز وتسمى قيمة التوتر الأعظمي Kilo Voltage Peak على سبيل المثال ، عند ضبط قيمة التوتر ٩٠ كيلو فولت فإن التوتر يتراوح بين -٩٠ إلى +٩٠ على المنحني البياني للتيار المتناوب المطبق ، وبالتالي فإن الحزمة الشعاعية تحوي أطوالاً موجية مختلفة جداً بحسب القيمة اللحظية للتوتر.

- **يتحكم التوتر الأعظمي بمجموعة من العوامل :**
- ١- كثافة الفلم الشعاعي : **Density** أي كمية السواد الإجمالية على الفلم ، وكلما زاد التوتر زاد اسوداد الصورة وتصبح أفتح كلما قل التوتر .
- ٢- التباين : **Contrast** وهو يشير إلى مدى الفرق بين المناطق الفاتحة والغامقة على الفلم ، فعند استخدام توتر منخفض بين ٦٥-٧٠ كيلو فولت يظهر لدينا توتر عالٍ أي مناطق بيضاء كثيرة وسوداء كثيرة مع كمية أقل من التدرجات الرمادية بينهما. يفيد هذا المبدأ في التصوير في تحري تطور الآفات النخرية . كلما زاد التوتر أكثر من ٩٠ كيلو فولت قلّ التباين وبالتالي تظهر الصورة بتدرج رمادي مع كمية أقل من اللونين الأسود والأبيض وتفيد هذه الطريقة في دراسة الأمراض حول السنية والآفات الذروية .

- ٣- **زمن التعرض** : يقاس بعدد النبضات، لأن الأشعة تصدر على شكل نبضي وليس بشكل مستمر، حيث تصدر نبضة كل ١/٦٠ ثانية أي ٦٠ نبضة بالثانية. هناك قانون يتحكم بزمن التعرض وفقاً للتوتر الأعظمي المطبق وهو كما يلي : كلما زاد التوتر الأعظمي بمقدار ١٥ كيلو فولت يجب أن يقل زمن التعرض إلى النصف ويجب أن يضاعف كلما نقص التوتر ١٥ كيلو فولت.

2- X-ray beam quantity

- وهي تشير إلى كمية الإشعاعات السينية الصادرة عن الجهاز ويتحكم بها معيار مهم وهو الآمبيراج والميللي أمبيراج أو شدة التيار
- يشير إلى كمية الإلكترونات التي تمر عبر المهبط ومع زيادة هذه الكمية الصادرة باتجاه المصعد يزداد عدد الإشعاعات السينية .

- تقاس كمية الإلكترونات بوحدة الآمبير وعدد الآمبيرات المستخدمة في جهاز الأشعة السني قليل جداً ويقاس بالميللي أمبير أي ١/١٠٠٠ من الآمبير وهو بين ٧ – ١٥ ميللي أمبير .
- وإذا زاد أكثر من ذلك تزداد درجة حرارة رأس الجهاز وهناك تناسب طردي بين كمية الأشعة وشدة التيار . يتحكم كل من شدة التيار وزمن التعرض بكمية الإلكترونات الفعالة المنتجة للإشعاعات

- الميللي أمبير بالثانية وهو = زمن التعرض بالثانية × شدة التيار .
- كلما ازدادت شدة التيار أصبحت الصورة أكثر اسوداداً وتصبح فاتحة بالعكس . وبالتالي كلما زدنا شدة التيار ننقص زمن التعرض وهذا يفيد في التصوير السريع لدى مريض كثير الحركة .
- هناك عوامل تتأثر بشدة التيار :
- ١- كثافة الفلم : Density تصبح الصورة أكثر قتامة بزيادة الشدة والعكس بالعكس .
- ٢- زمن التعرض : العلاقة عكسية .

3- X-ray beam intensity

- وهو مفهوم يجمع بين كل من نوعية و كمية الحزمة الشعاعية معاً في وحدة المساحة والزمن .
- الكثافة = عدد الفوتونات × طاقة الفوتون / المساحة × نبض الإشعاع
- تتأثر كثافة الحزمة بالتوتر الأعظمي المستخدم وشدة التيار وزمن التعرض وكذلك المسافة بين منبع الأشعة والفلم .
- تتناقص كثافة الحزمة الشعاعية مع ازدياد المسافة التي تقطعها الموجات الإشعاعية .

- **قانون عكس مربع المسافة :**
- تتناسب كثافة الحزمة الشعاعية عكساً مع مربع المسافة بين منبع الأشعة والفلم .
- مثال : عند تقليل المسافة من ١٦٠سم إلى ٨٠ سم مثلاً بين المنبع والفلم فإن كثافة الحزمة الشعاعية تزداد ٤ أضعاف وتحسب وفقاً للقانون التالي :
- الكثافة الأصلية / مربع المسافة الجديدة = الكثافة الجديدة / مربع المسافة الأصلية
- أي عند تضاعف المسافة بين المنبع والفلم تنقص الكثافة إلى الربع مع افتراض ثبات قيم التوتر الأعظمي وشدة التيار .

- يتم تقليل كثافة الإشعاع باستخدام فلاتر أو مرشحات من صفائح الألمنيوم بسماكات معينة توضع على طريق الحزمة الرئيسية داخل رأس جهاز الأشعة ، والغاية من ذلك التخلص من الإشعاعات ذات الأطوال الموجية الكبيرة (الأقل طاقة) والإبقاء على الإشعاعات المفيدة الأكثر نفوذاً .
- يطلق على السماكة المستخدمة لإنقاص الكثافة إلى النصف بـ HVL أي Half-Value layerوكلما زاد HVLيمكن أن نتوقع نفوذية عالية للحزمة الشعاعية .

الخصائص الجيومترية البصرية للصورة الشعاعية :

- أو ما يسمى **Visual Geometric Characteristics**

وتتضمن كلاً من :

حدة الصورة **Sharpness**،

والتكبير **Magnification**،

والتشوه **Distortion** .

- تتعلق حدة الصورة **Sharpness** بكل من أبعاد منبع الأشعة Focal spot size وتركيب الفيلم Composition أي حجم البلورات Crystal size والذي يؤثر في سرعة الفلم الشعاعي طردياً وكذلك حركة المريض .Movement

- أما التكبير أو **Magnification** فهو يتأثر بكل من البعد بين الفلم ومنبع الأشعة Target-film distance TFD والبعد بين الجسم المصور والفلم Object-film distance OFB .

- يتعلق التشوه **Distortion** بوضعية الفلم و ارتصافه مع الجسم المصور Object-film alignment وكذلك توازي وارتصاف الحزمة الشعاعية X-ray beam alignment .

- يمكن تلخيص تأثير العوامل السابقة على الخصائص الجيومترية البصرية للصورة الشعاعية بالجداول التالية :

Geometric Characteristics	Influencing Factors
Sharpness	Focal spot size
	Film composition
	Movement
Magnification	Target-film distance (TFD)
	Object-film distance (OFD)
Distortion	Object-film alignment
	X-ray beam alignment

Effect of Influencing Factors

↓ focal spot size	=	↑ sharpness
↑ focal spot size	=	↓ sharpness
↓ crystal size	=	↑ sharpness
↑ crystal size	=	↓ sharpness
↓ movement	=	↑ sharpness
↑ movement	=	↓ sharpness
↑ TFD	=	↓ magnification
↓ TFD	=	↑ magnification
↑ OFD	=	↑ magnification
↓ OFD	=	↓ magnification
Object and film parallel	=	↓ distortion
Object and film not parallel	=	↑ distortion
Beam perpendicular to object and film	=	↓ distortion
Beam not perpendicular to object and film	=	↑ distortion

THANK YOU