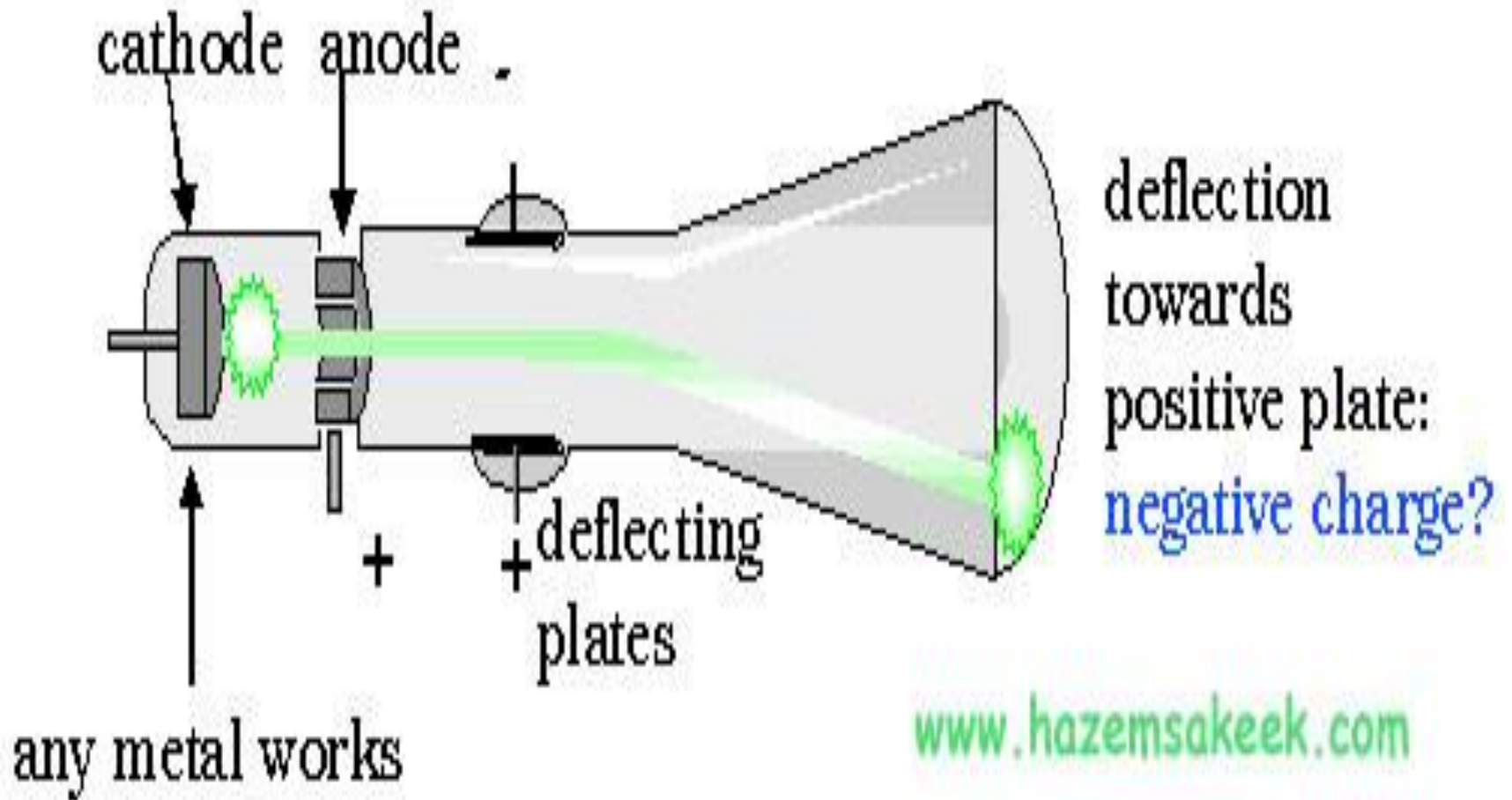


تجربة تومسون لقياس e/m

في العام ١٨٩٧ قام العالم طومسون J. J. Thomson في مختبر كافندش في كامبردج ببريطانيا بإجراء تجربة ناجحة تمكن فيها من قياس النسبة بين شحنة الإلكترون إلى كتلته، حيث اعتمد في ذلك على قياس انحراف الإلكترون في وسط فيه مجال كهربائي ومجال مغناطيسي.

العالم طومسون عالم كيميائي بريطاني عمل ككيميائي وفيزيائي في جامعة كامبردج وكان له دور كبير في الكشف عن الكثير من الحقائق المتعلقة بالذرة ومكوناته في الوقت الذي لم يكن يعرف عن الذرة سوى الكم الضئيل من المعلومات وقد وضع في نهاية مشواره العلمي نموذج للذرة عرف باسمه نموذج طومسون وكان هذا أول نموذج تصويري للذرة ومحتوياتها. ركز طومسون على دراسة العلاقة بين الكهرباء والمادة وذلك عن طريق مليء أنبوبة زجاجية بغاز عند ضغط منخفض (مثل غاز الزئبق أو النيون أو الزينون) وطبق فرق جهد كهربائي كبير على طرفي الأنبوبة الزجاجية. يمر التيار الكهربائي بين طرفي (الكاثود والانود) الأنبوبة الزجاجية عبر الغاز وسمى هذا التيار بتيار الكاثود. أجرى طومسون العديد من التجارب والتي حصل منها على النتائج التالية:



مخطط يوضح أنبوبة طومسون التي استخدمها لدراسة تأثير الكهرباء على المواد

الشحنة والمجال الكهربى

نعلم إن المجال الكهربى يؤثر على الشحنة الكهربائية بقوة كهربىة تعطى بالعلاقة

$$F_e = q E$$

حيث F_e هى القوة الكهربىة و q الشحنة الكهربىة و E المجال الكهربى

وعليه إذا وضعت شحنة كهربىة فى مجال كهربى فإنها سوف تتحرك فى اتجاه المجال إذا كانت شحنتها موجبة وتتحرك فى عكس اتجاه المجال إذا كانت شحنتها سالبة.

الشحنة والمجال المغناطيسي

نعلم إن المجال المغناطيسي يؤثر على الشحنة الكهربائية بقوة مغناطيسية اذا كانت الشحنة تتحرك بسرعة في المجال الكهربائي. وتعطى القوة المغناطيسية بالعلاقة

$$F_m = q v_o B$$

حيث F_m القوة المغناطيسية و q الشحنة الكهربائية و v_o سرعة الشحنة و B المجال المغناطيسي.

إذا توفر وسط فيه مجال كهربائي ومجال مغناطيسي وأطلقت في اتجاهه حزمة من الشحنات فان القوة المؤثرة على الشحنات في هذه الحالة هي محصلة القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية وتعرف هذه القوة باسم قوة لورنتز. Lorentz Force.

$$F = q E + q v \times B \text{ (Lorentz Force)}$$

يوضح الشكل التالي الجهاز الذي استخدمه طومسون لتجربة تعيين النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته وهي عبارة عن أنبوبة أشعة المهبط مفرغة من الهواء وفيها على اليسار فتيلة حرارية تسخن عندما يمر فيها التيار الكهربى فتنبعث منها الالكترونات التي يتم تسريعها بواسطة فرق جهد لنحصل على حزمة مركزة من الالكترونات تنطلق بسرعة إلى الجزء الأيمن من الأنبوبة. تدخل الالكترونات بعد ذلك في منطقة فيها مجال كهربى ومجال مغناطيسى ويكون اتجاه المجال الكهربى عمودى على اتجاه المجال المغناطيسى حتى تكون القوة الكهربائية مؤثرة على الالكترونات للأسفل بينما تكون القوة المغناطيسية مؤثرة على الالكترونات للأعلى.



عندما لا يكون هناك مجال كهربى أو مجال مغناطيسى فان الالكترونات تنطلق في مسار مستقيم وتصطدم في نهاية أنبوبة الكاثود على لوحة عليها مادة فلوريسنت (مثل شاشة التلفاز) تتوهج عندما تصطدم بها الالكترونات فتعطي في هذه الحالة بقعة مضيئة في وسط اللوحة.

عندما نقوم بتعريض الالكترونات إلى المجال المغناطيسي من خلال ملفات هولمهلنز (عبارة عن ملفين متوازيين يمر فيهما التيار الكهربى بحيث يكون المجال المغناطيسى منتظم فى مركز الملفين) فتتحرف حزمة الالكترونات للأعلى نتيجة للقوة المغناطيسية ونلاحظ ذلك على البقعة المضيئة على لوحة الفلورىسنت ويمكن التحكم فى انحراف الالكترونات بزيادة المجال المغناطيسى عن طريق زيادة التيار الكهربى المار فيه.

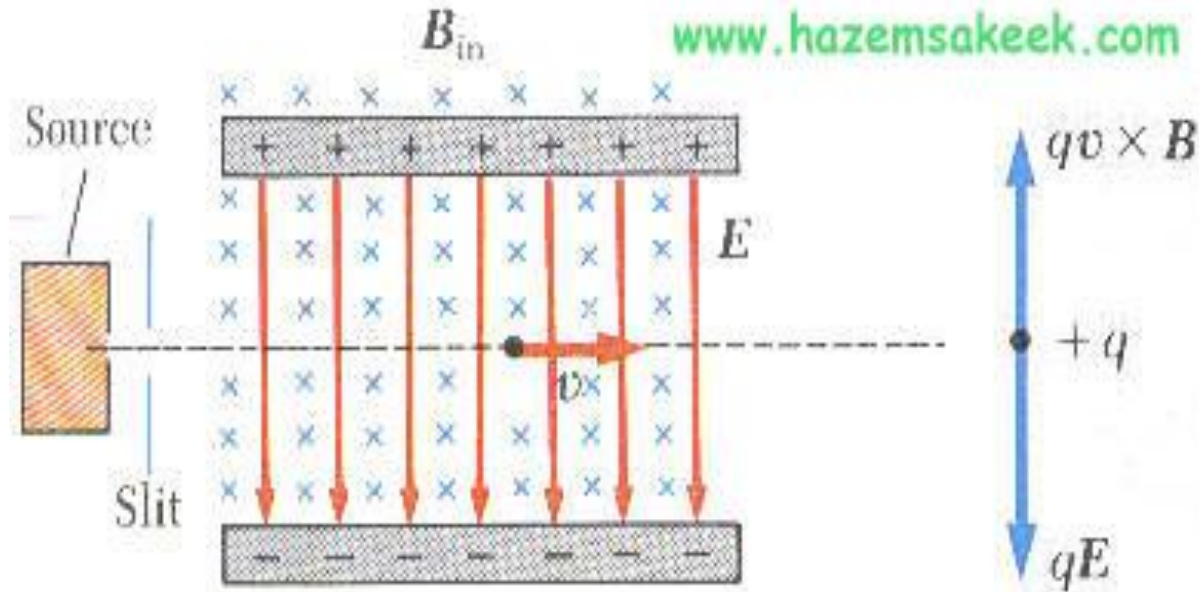
ولدراسة تأثير المجال الكهربائي على حزمة الإلكترونات نقوم بفصل التيار الكهربائي المار في ملفات هولم هولتز فيصبح المجال المغناطيسي صفر وتعود حزمة الإلكترونات إلى المسار المستقيم مرة أخرى، نقوم بعد ذلك بتشغيل المصدر الكهربائي الخاص بتزويد اللوحين المتوازيين بفرق جهد كهربائي بحيث يكون اللوح الأعلى موجب واللوح السفلي سالب فيكون المجال الكهربائي منتظم من اللوح الموجب إلى اللوح السالب وهذا سيؤثر على الإلكترونات بقوة كهربائية للأعلى لأن الإلكترونات سالبة الشحنة فينحرف مسار حزمة الإلكترونات للأعلى كما في الشكل.

ان مقدار الانحراف الذي يحدث على الشاشة المتفلورة (d) يمكن ايجاده من المعادلة:

$$d = \frac{eELD}{mv_0^2} \dots\dots\dots 9$$

حيث v_0 سرعة الإلكترونات عند دخولها المجال الكهربائي و L هي طول اللوحين و D هي المسافة بين الشاشة واللوحين.

نقوم الآن بتشغيل المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي معا فتعرض
 الالكترونات إلى قوة للأعلى وقوة للأسفل وبضبط قيمة المجال
 المغناطيسي يمكن أن نوازن القوتين معا لتكون محصلتهما تساوي
 صفر وهذه القيمة نحصل عليها عندما تعود حزمة الالكترونات إلى
 مسارها المستقيم ونستدل على ذلك من خلال البقعة المضيئة في وسط
 لوحة الفلوريسنت



باستخدام قانون لوزنتز حيث إن القوة المغناطيسية تساوي القوة الكهربائية إذا يكون لدينا

$$q v_0 B = q E$$

وحيث إن الشحنة q هي شحنة الإلكترون فإننا نستبدلها في المعادلة بـ e ، فينتج ان:

$$e v_0 B = eE$$

$$v_0 = E/B \quad \dots\dots\dots 10$$

وبالتعويض في المعادلة (9) نستنتج:

$$\frac{e}{m} = \frac{Ed}{LDB^2} \quad \dots\dots\dots 11$$

حيث إن e شحنة الإلكترون و m كتلته و B قيمة المجال المغناطيسي و d المسافة بين اللوحين المولدين للمجال الكهربائي.

تمكن طومسون أن يحسب قيمة النسبة بين شحنة الإلكترون إلى كتلته والتي تساوي $1.7 \times 10^{11} \text{C/kg}$

علما بأنه في ذلك الوقت لم يكن معلوما له قيمة الشحنة لوحدها أو قيمة الكتلة لوحدها وحتى تمكن العالم مليكان من قياس شحنة الإلكترون من خلال تجربته الشهيرة بقطرة الزيت لمليكان تم حساب قيمة كتلة الإلكترون.

الأشعة السينية

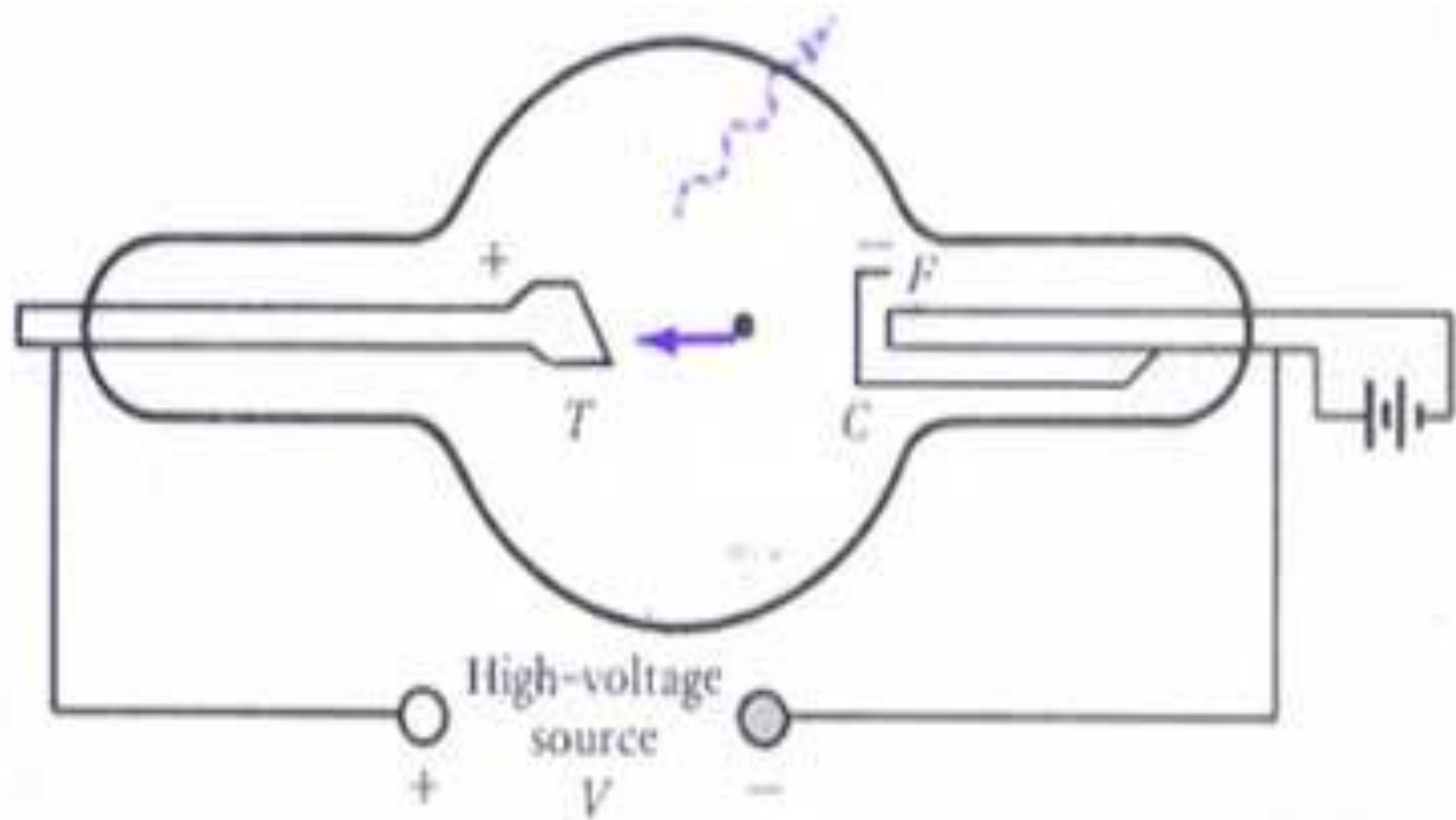
اكتشفت الأشعة السينية بطريق الصدفة عام ١٨٩٥ من قبل العالم رونتكن، حيث لاحظ أشعة جديدة ذات قدرة كبيرة على اختراق المواد أطلق عليها اسم الأشعة السينية، وقد استخدمت بعد ذلك من قبل الجراحين النمساويين في بعض مستشفيات مدينة فيينا، وما زالت تستخدم هذه الأشعة في الطب.

خصائص الأشعة السينية:

١. تصدر الأشعة السينية من النقطة التي تصطم بها الإلكترونات السريعة في الجدار الزجاجي لانبوبة اشعة المهبط وتصدر بصورة عامة عندما تتفاعل الإلكترونات السريعة مع المواد الصلبة.
٢. يمكن ان تحدث هذه الأشعة تأينا في الغازات او فلورة في كثير من المواد التي تسقط عليها.
٣. تسير هذه الأشعة في خطوط مستقيمة ولا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية وهي بالتالي لاتحمل اية شحنة كهربائية.
٤. تمتص هذه الأشعة خلال المواد بدرجات متفاوتة تعتمد على العدد الذري للمادة وتظهر المواد التي عددها الذري صغير شفاقة للأشعة السينية.
٥. هي موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي يتراوح بين 0.1 – 100 \AA تقريبا.

انتاج الاشعة السينية:

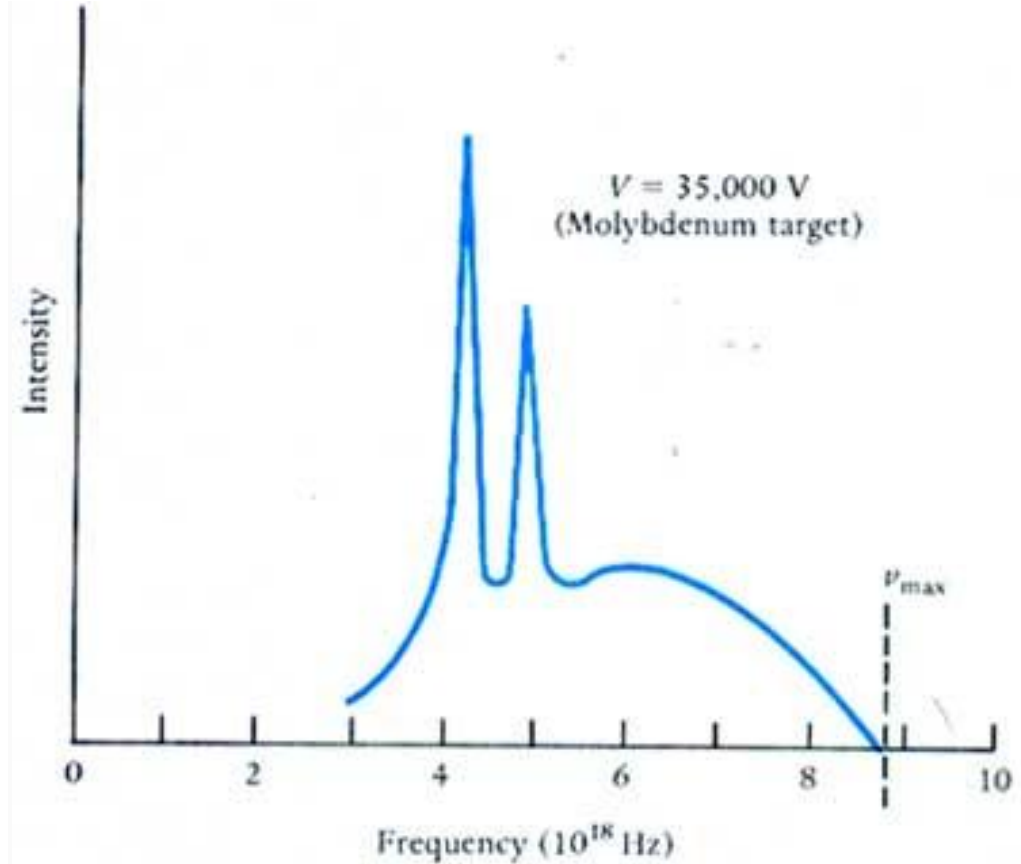
- تنتج الاشعة السينية عن تصادم الالكترونات السريعة وتفاعلها مع المواد الصلبة، وقد استخدمت انواع مختلفة من اجهزة انتاج الاشعة السينية والتي يطلق عليها في كثير من الاحيان انابيب الاشعة السينية، وتتكون هذه الانبوبة بصورة رئيسية من العناصر التالية:
 ١. غلاف زجاجي مفرغ من الهواء ومحاط بواق سميك من الرصاص لامتصاص معظم الاشعة السينية من نافذة معينة في جدار الرصاص.
 ٢. مدفع الكترونات F وهو عبارة عن سلك من التنكستن يسخن بواسطة الطاقة الكهربائية لدرجة حرارة عالية فتنتقل منه الالكترونات.
 ٣. مهبط او كاثود C يحيط بمصدر الالكترونات ويصمم شكله الهندسي بحيث تنطلق الالكترونات من المصدر نحو الهدف على شكل حزمة ضيقة ويمنع بالتالي تشتتها وتبعثرها خلال الانبوبة. ويمكن التحكم في عدد الالكترونات الصادرة (اي شدة تيار الانبوبة) من خلال درجة حرارة المصعد، ويمكن تحقيق ذلك بتغيير شدة تيار التسخين المار في مدفع او قاذف الالكترونات.
 ٤. هدف مصنوع من مادة درجة انصهارها عالية وعددها الذري كبير.



تقاس كمية الأشعة الكهرومغناطيسية بوحدة تسمى الرونتكن والتي تعرف بانها كمية الأشعة السينية (او اشعة كاما) التي تحدث تأينا في حجم الهواء الجاف مقداره (1 cm³) تحت الظروف العيارية وتنتج شحنة كهربائية موجبة او سالبة مقدارها وحدة واحدة من الكهرباء الساكنة.

طيف الأشعة السينية:

إذا قمنا بتحليل طيفي لأشعة اكس بدراسة العلاقة بين تردد الفوتونات المنبعثة من جهاز إنتاج أشعة اكس وشدة هذه الأشعة فإننا نحصل على توزيع الفوتونات بدلالة التردد كما في الشكل التالي:



- ومن هذه الدراسة لطيف أشعة اكس نستنتج ما يلي :
- يتكون طيف أشعة اكس من طيف مستمر continuous spectrum وطيف خطي Line spectrum
- الطيف المستمر له قيمة عظمى عند v_{max} وهذه القيمة تعتمد على فرق جهد التعجيل، وينتج هذا الطيف بسبب فقدان الالكترونات المعجلة طاقتها على شكل اشعاع عند اصطدامها بجزيئات الهدف وتباطؤها.
- الطيف الخطي والمتمثل في الخطين الموضحين في الشكل أعلاه لا يعتمدان على فرق جهد التعجيل إنما على مادة الهدف لذا يعتبر الطيف الخطي لأشعة اكس وسيلة للتعرف على نوع مادة الهدف، وهو ينتج بسبب الاشعاع الناجم عن اعادة ترتيب الالكترونات المدارية لذرات مادة الهدف في مستويات الطاقة المختلفة، والذي يتبع تحرر احد هذه الالكترونات من الذرة نتيجة اصطدام الالكترونات المعجلة بها. ولما كانت قيمة طاقة المستويات الذرية محددة، فان انتقال الالكترونات من مستوى طاقة عالي الى مستوى واطى يؤدي الى اشعاع فوتون ذي طاقة معينة، تساوي فرق الطاقة بين المستويين وبذلك يكون طول موجته محددًا ويظهر على شكل خط حاد في الطيف.

