(MP3-3) تجربة فرانك – هيرتز

الغرض من التجربة

دراسة المستوى المثار الأول لذرة الزئبق

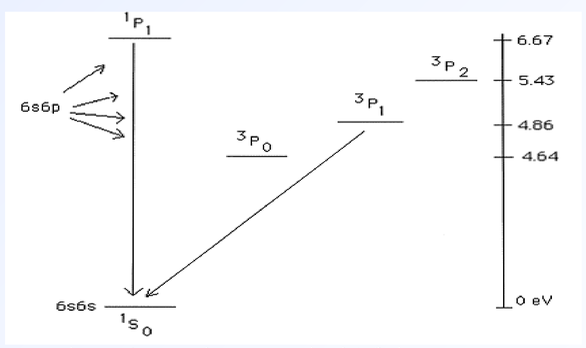
الأجهـــزة

وحدة تحكم أنبوبة فرانك –هيرتز المملوءة بالزئبق والتى تتضمن فرناً– مصادر جهد و مكبر تيار مستمر

نظرية التجربـــة

يفترض نموذج بوهر المعدل للذرة أن الذرة يمكن أن تتواجد فقط فى حالات طاقة مقيدة . وبالإضافة إلى ذلك، فقد ظهرت ميكانيكا الكم لتتنبأ بوجود انبعاث موجات كهرومغناطيسية أطوال موجة معينة مميزة لكل ذرة.

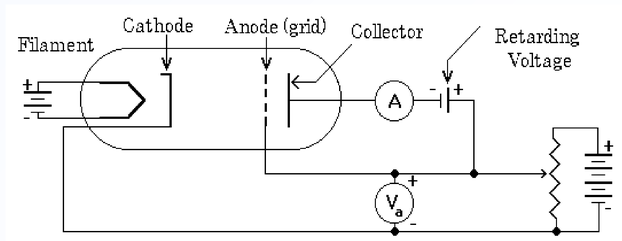
شكل 1 مستويات الطاقة المنخفضة فى ذرة الزئبق



شكل 1 مستويات الطاقة المنخفضة فى ذرة الزئبق

وطبقا لنموذج مستويات الطاقة المكماة، تكون ذرة الزئبق فى حالتها الأرضية، مع وجود إليكترونى تكافؤ يحتلون حالة يشار اليها بالرمز $(6s)^2$ ، 2 إليكترون فى (n=6) ، و (l = 0) حالة مستوى منفرد($^1P_1$). والمستوى التالى، فوق المستوى الأرضى، هو مستوى ثلاثى يرمز إليه بالرموز ، طبقا لترميز علم الأطياف، ($^{2s+1}L_j$; $^3P_0$, $^3P_1$, $^3P_2$)، شكل *1* أعلاه.

وتعتبر تجربة فرانك – هيرتز واحدة من التجارب العملية التقليدية الإيضاحية لمستويات الطاقة الذرية. وهى تتيح دعما لنموذج بوهر للذرة. وفى الشكل *2* يوجد تخطيط لجهاز فرانك – هيرتز.

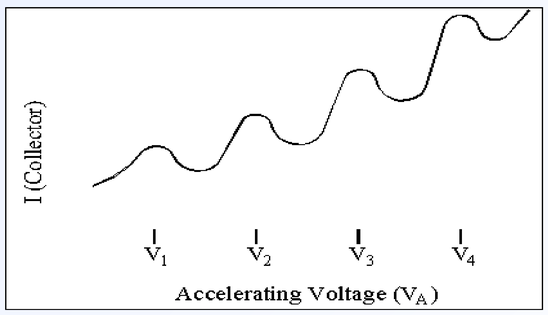


شكل *2* تخطيط لجهاز فرانك – هيرتز.

فى تجربة فرانك – هيرتز يثير شعاع الالكترون ذرات بخار الزئبق الى الحالات ($^3P_0$ or $^3P_2$) ، ولكن بعد ذلك تلتصق هناك (لمدة حوالى ميللى ثانية) و تكون غير قادرة على امتصاص طاقة أكثر. ومن ناحية أخرى ، إذا أثيرت الحالة ($^3P_1$) فإنها سريعا ما تصبح غير مثارة (فى حوالى 0.01 ms)، وتعود الذرة مرة أخرى فيصبح لديها القدرة على امتصاص طاقة من شعاع الإليكترونات. الحالة ($^1P_1$) لا تلاحظ لأنها تكتسب طاقة من الشعاع مقدارها (6.67 eV) ، وهى قيمة غير متوفرة بعد إثارة الحالة ($^3p_1$) بطاقة (4.86 eV.) .

جهاز فرانك – هيرتز هو أنبوبة تفريغ تحتوى على كمية صغيرة من الزئبق. وتسخن الأنبوبة فى فرن لتبخير الزئبق، ثم يتم تطبيق سلسلة من الجهود على الأنبوبة. يستخدم جهد صغير لتسخين الفتيلة لاستخدامها كمصدر إليكترونات. وهناك ثلاث جهود أخرى تستخدم لإنشاء مجالات كهربية داخل الأنبوبة.

المجال الأول هو مجال صغير، يستخدم لكى "يكنس" الإليكترونات من الفتيلة. فلقد لوحظ أن الفتيلة عندما تقذف إليكترونات فإنها تصبح موجبة قليلاً، والمنطقة المحيطة بالفتيلة تصبح سالبة قليلا نتيجة لسحابة الإليكترونات. وإذا لم يتم تأسيس المجال الكهربى البسيط ليسحب الإليكترونات بعيدا عن الفتيلة ، فإنه سيصبح من الصعب بعد ذلك أن يتم سحب إليكترونات أكثر. والمجال الثانى هو مجال مسرع ، وهو الذى يكسب الإليكترونات معظم طاقتها الحركية. ويطلق على هذا المجال عادة "جهد الشبكة" لأنه يؤسس بواسطة الشبكة التى يمكن للإليكترونات أن تنفذ منها. وما أن تنفذ الإليكترونات من الشبكة إلا ويتواجد مجال عكسى ليؤخر أو يعيق حركة الإليكترونات من العداد. فإذا لم يكن هناك إلا الفراغ فى الأنبوبة فإن جهد الشبكة سوف يسرع الإليكترونات إلى العداد، واذا كان جهد التأخير أقل من جهد الشبكة فإنه سيتم رصد التيار. تسرع الإليكترونات المنبعثة من الفتيلة عبر بخار الزئبق. وعندما يبلغ جهد الشبكة القيمة (V_1) ، يكون للإليكترونات طاقة كافية بالكاد لإثارة ذرات البخار من الحالة الأرضية إلى الحالة المثارة الأقل. وهكذا، تخسر العديد من الإليكترونات طاقتها ولا يمكنها الوصول إلى المجمع، وهذا ما يشار إليه بهبوط مفاجئ فى تيار المجمع عندما يزيد جهد التسارع عن (V_1) ،شكل 3.



شكل 3 سلوك كمى لسلوك تيار المجمع كدالة فى جهد التسارع

وعندما يزيد جهد التسارع فيما بعد (V_1) فإن الإليكترونات التى قد أصبحت فى حالة سكون، كنتيجة لإثارة ذرات الزئبق، تعود مرة أخرى للتسارع إلى أن تصبح قادرة على إنتاج إثارة أخرى. وهكذا، فقمة ثانية تظهر عند (V_2)، حيث يتوقع أحدهم من وجهة النظر النموذجية أن ($V_2 - V_1 = V_1$). وعلى أى الأحوال فإن جهود الإتصال فى النظام تزيح القمة الاولى عند (V_1) من قيمتها المتوقعة ، و تصبح (V_1) ليست مقياسا جيدا لجهد الإثارة. ويمكن أن يستمر تتابع تسارع الإليكترونات والإثارة الذرية طالما أن جهد التسارع يزداد تباعا، بحيث يمكن ملاحظة سلسلة من القمم.

يظهر الإنهيار فى الغاز الذى فى الانبوبة عندما يصبح جهد التسارع عاليا جدا. ويمكن تأخير بداية الإنهيار بزيادة ضغط البخار (درجة حرارة فرن أعلى) أو بتقليل عدد الإليكترونات (تيار فتيلة أقل)

خطوات العمـــل

1- صل الاجهزة المختلفة كما هو موضح فى شكل 1
2- اضبط قيم جهد التأخير، وجهد السخان، والكسب.
3- اضبط درجة حرارة الأنبوبة عند (180 °C) فى حالة الزئبق
4- زد جهد التسارع ببطء ، وسجل التيار المقابل.
فى البداية يزداد التيار كلما زدنا جهد التسارع إلى أن نصل إلى جهد خرج عنده يبدأ التيار فى الهبوط بحدة إلى قيمة دنيا.
استمر فى زيادة جهد التسارع إلى أن تحصل على الأقل على ثلاث قيم دنيا متتابعة.
5- ارسم علاقة بين جهد التسارع والتيار
6- من الرسم، عين الجهود (V_2, V_3, V_4) عند القيم الدنيا للتيار ، وإحسب الفروق ($V_3 - V_2$) و ($V_4 - V_3$)
7- احسب طاقة الحالة المثارة لاولى لذرة الزئبق.

النتائـــج

m_1=

Edusoft
Innovate to educate

(MP3-3) تجربة فرانك – هيرتز

النتائـــج

V (V_a)	I (nA)

Edusoft
Innovate to educate