

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة

Higher Normal School of Technological Education- ENSET-Skikda



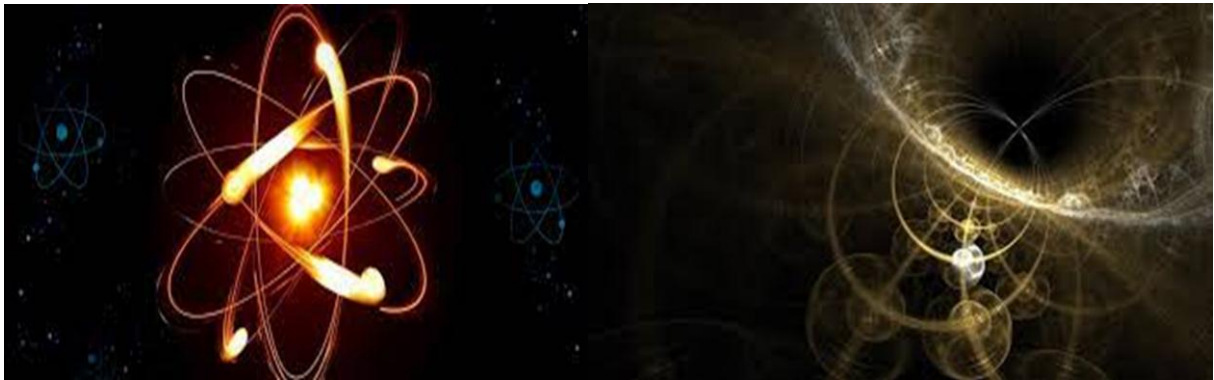
قسم الفيزياء و الكيمياء

Physics and Chemistry Department

مطبوعة أعمال تطبيقية

مقياس الفيزياء الحديثة

إعداد الاستاذ: بوبكري هاني



السنة الدراسية 2022-2023

الأعمال التطبيقية في مقياس الفيزياء الحديثة

المستوى: السنة الثالثة ملتح استاذ تعليم متوسط

الحجم الساعي الأسبوعي TP: 3h00

الحجم الزمني السنوي المقرر (30 أسبوع)

معامل المقياس 4

مقدمة

ان هدف العمل التجريبي، بشكل عام، هو التمكن من تحقيق التجارب الفيزيائية باستخدام الطريقة العلمية ؛ استقصاء مختلف الظواهر الفيزيائية تجريبياً ؛ فهم المفاهيم النظرية الكامنة وراء هذه التجارب وربطها بالنتائج التي تم الحصول عليها ؛ تحليل البيانات والإجراءات التجريبية وعرضها بيانياً ؛ الربط بين النتائج التجريبية والنظرية. الحكم على دقة وسلامة البيانات التجريبية؛ كتابة تقرير علمي واضح ومفصل ؛ اتباع تعليمات السلامة اللازمة للعمل في المختبر.

الاهداف

1. تعزيز الجانب المعرفي للطلبة من خلال تحقيق بعض التجارب المخبرية المرتبطة بمقياس الفيزياء الحديثة
2. تمكين الطلبة من اكتساب مهارات التفكير العلمي السليم وفق خطوات المنهج التجريبي ملاحظة- تجريب- استنتاج .
3. التعرف على الاسس و المفاهيم التي بنيت عليها الفيزياء الحديثة من خلال بعض الاعمال التجريبية التي يجريها الطالب بنفسه.
4. تنمية المهارات التجريبية لدى الطلاب وتعميق الفهم و روح البحث والاكتشاف.
5. تدريب الطلبة على التعامل مع الاجهزة والتعامل مع فرق جهد عالي، اضافة الى تدعيم الافكار النظرية التي يدرسونها في مقررات الفيزياء الحديثة .

التقرير

يقدم الطلبة تقرير مفصل يركزون فيه على:

- أ. المفاهيم النظرية التي تصف التجارب (شرح مختصر للنظرية المراد دراستها).

ب. وصف تفصيلي للتجربة ، وعن اهميتها في الفيزياء والهدف منها ونبذة مختصرة عن مكتشفها.

مع وصف الاجهزة المستخدمة والرسومات التوضيحية لكافة التوصيلات.

ت. الجزء المتعلق بتحليل النتائج وهو الجزء الالم من التقرير ويجب ان يحتوي على:

- جداول تحتوي كل القياسات مع وحدات الكميات المقاسة
- رسومات بيانية تمثل القياسات المختبرية.
- نتائج الحسابات وكذلك نسبة الخطأ فيها مع التركيز على اهم اهداف التجربة.
- المناقشة و الاستنتاج مع تقدير نسبة توافق النتائج العملية او عدمه مع النتائج المتوقعة (الرابط بين البيانات التي تم الحصول عليها والنظرية) .
- الإجابة على الأسئلة المطروحة.

تعليمات هامة

1. ان معظم الاجهزة المستخدمة في هذا المختبر حساسة وتعطيها يسبب تعطيل المختبر وهو بالتأكد ليس هدفنا.
2. قبل تشغيل الاجهزة في بداية كل تجربة، تأكد اولا ان جميع الاعدادات او قيم فرق الكمون او التيار او غيرها في وضعية الصفر
3. لا تشغل اي جهاز قبل ان يتأكد الاستاذ المشرف او مهندس المختبر من كافة التوصيلات في بداية كل تجربة.
3. عند الانتهاء من التجربة، اعد جميع الاعدادات او القيم الى وضعية الصفر ثم اطفئ الاجهزة اولا ثم افصلها عن التيار.

المقرر الدراسي

1. تجربة التأثير الكهروضوئي ، تحديد ثابت بلانك
2. تجربة الأطياف الذرية للغازات: الهيدروجين ، الصوديوم و الزئبق.
3. تجربة فرانك وهيرتز.
4. تجربة جيجي-طومسون- الشحنة النوعية للإلكترون
5. تجربة طيف الأشعة السينية باستخدام محلل بلوري
6. تجربة طيف الامتصاص للأشعة السينية
7. تجربة توهين الأشعة السينية

العمل التجريبي رقم 1 التأثير الكهروضوئي

هدف التجربة:

1. اثبات الظاهرة تجريبيا.
 2. التحقق من بعض القوانين النظرية المرتبطة بها
 3. تعيين كل من: ثابت بلانك عملياً- تردد العتبة - كمون الايقاف - تيار الاشباع
1. الدراسة النظرية:

تم اكتشاف ظاهرة التأثير الكهروضوئي على يد العالم هنري هرتز عام 1886 عندما كان عاكفا في تجاربه لمحاولة إثبات النظرية الموجية لماكسويل فقد لاحظ هرتز أنه عند تسليط ضوء على سطح معدن فإنه قادر على اقتلاع الإلكترونات من سطحه وسميت فيما بعد هذه الظاهرة باسم (ظاهرة التأثير الكهروضوئي).

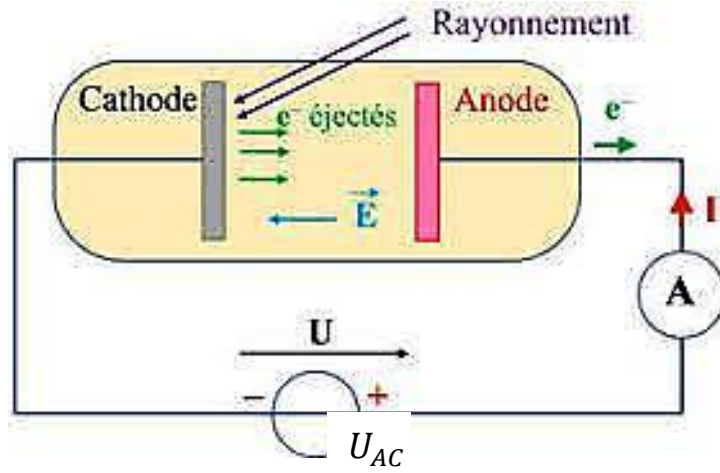
1.1. تعريف:

التأثير الكهروضوئي او الظاهرة الكهروضوئية هي عملية انبعاث الإلكترونات من أسطح المعادن، مثل النحاس.....الليثيوم والسيزيوم ، عندما تسقط عليها اشعة كهرومغناطيسية (عادة أشعة مرئية أو فوق بنفسجية) ذات طول موجي مناسب. تمتص الإلكترونات المرتبطة بالمعدن جزء من طاقة الاشعة الساقطة عليها فتتحرر منه وتكتسب طاقة حركية. ونتيجة لتحرر هذه الالكترونات يتولد تيار سمي بالتيار الكهروضوئي. وتعتمد هذه العملية على العديد من المتغيرات وهي:

- تردد الاشعاع الكهرومغناطيسي، فالإلكترونات المرتبطة بالمعدن لا تتحرر الا اذا كان تردد الاشعاع الوارد اكبر من تردد العتبة
- شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي، حيث ان شدة التيار الكهروضوئي الناتج تتعلق بشدة الاشعاع الوارد
- الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من سطح المعدن تتعلق بتردد الاشعاع الوارد وليس بشدته

• نوع المعدن

نحقق الدارة الكهربائية الموضحة بالشكل (1.II) و المكونة من انبوبة مفرغة من الهواء تسمى الخلية الكهروضوئية وتتكون اساسا من اللوح C والذي يمثل الفوتوكاثود الذي تسقط عليه الاشعة الكهرومغناطيسية، واللوح A يُمثل الفوتو أنود الذي تتجمع فيه الإلكترونات المتحررة من السطح C ، مولد للتوتر المستمر يسمح بالتحكم في قيم فرق الكمون المطبق بين طرفي الخلية وجهاز الأمبير متر لقياس شدة التيار المار في الدارة.



الشكل 1.1: تجربة التأثير الكهروضوئي.

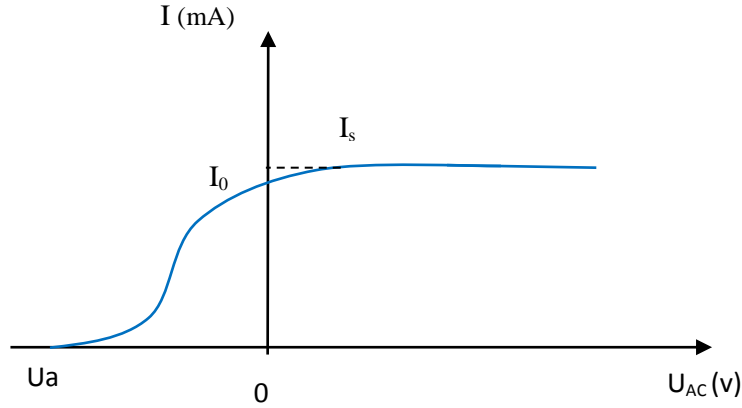
2.1. تأثير فرق الكمون ($U_{AC} = U_A - U_C$) على شدة التيار:

نضيء الخلية الكهروضوئية بضوء وحيد اللون طول موجته λ (بتردد مناسب ν) فتتحرر الكترونات من ذرات معدن المهبط و تتجه نحو المصعد ليظهر تيار كهربائي شدته I وقيمه من رتبة ميكرو أمبير.

تناسب شدة التيار الكهروضوئي الناتج طرديا، عند ثبوت التردد ، مع فرق الجهد بين اللوحتين U_{AC} اي أن قيمة التيار الكهروضوئي الناتج تزداد بزيادة U_{AC} حتى تصل الى قيمة اعظمية تسمى تيار الاشباع I_s .

عندما تكون قيمة U_{AC} مساوية للصفر فان قيمة التيار لا تنعدم وعند تطبيق قيم U_{AC} سالبة تتناقص قيمة شدة التيار الى ان تنعدم عند قيمة معينة ل U_{AC} تسمى كمون الايقاف ويرمز لها ب U_a وعندها لا تصل أي من الالكترونات المتحررة الى المصعد او الفوتو أنود.

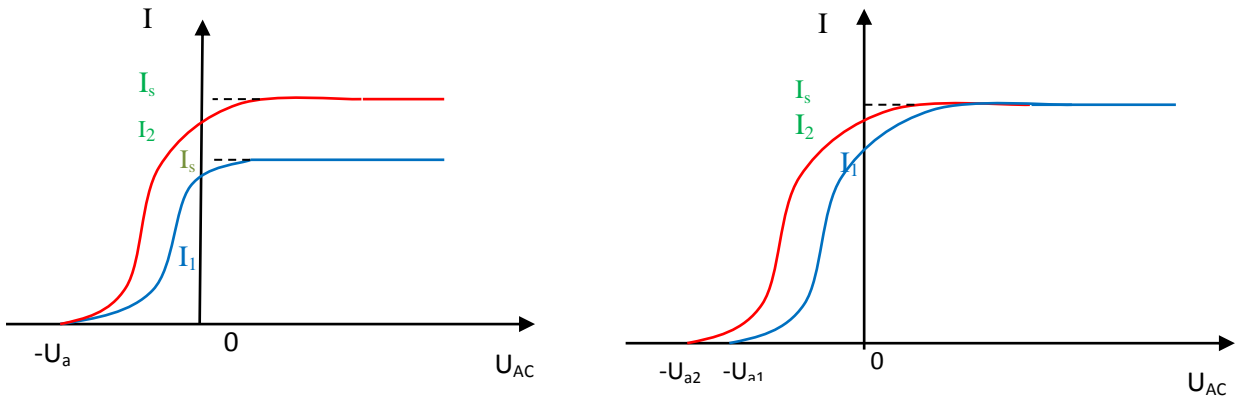
نغير فرق الكمون $U_{AC} = U_A - U_C$ بين المصعد و المهبط ونسجل من أجل كل قيمة شدة التيار الموافقة فنحصل بذلك على المنحنى $I = f(U_{AC})$ كما هو موضح في الشكل 1.2.



الشكل 2.1: منحنى تغير شدة التيار بدلالة فرق الكمون المفروض.

3.1 تأثير طاقة الفوتونات الواردة:

من أجل ترددين مختلفين ν_1 و ν_2 ، حيث $\nu_1 > \nu_2$ نقوم برسم بيان الدالة $I = f(U_{AC})$ من أجل نفس الشدة الضوئية ثم نثبت التردد ونغير شدة الاشعاع الوارد الشكل 1.3.



الشكل 3.1: منحنى تغيرات شدة التيار بدلالة فرق الكمون

نلاحظ أن:

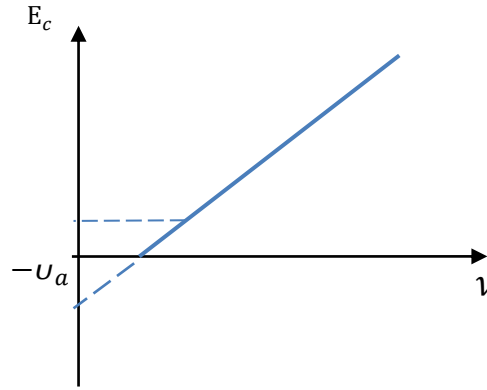
- قيمة كمون إيقاف U_a تزيد كلما زاد تردد الفوتونات الواردة
- شدة التيار الناتج يتعلق بكل من التردد و شدة الضوء الوارد الى المهبط

يمكننا ربط المقادير السابقة بالعلاقة: $h\nu = h\nu_0 + eU_a$

وبالتالي فعبارة الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة تكتب كما يلي:

$$(1.1) \dots \dots \dots E_c = \frac{1}{2}mv^2 = eU_a = h(\nu - \nu_0)$$

و الشكل 4.1 يعبر عن تغيرات الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بدلالة التردد.



الشكل 4.1: منحنى تغيرات الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بدلالة التردد

نلاحظ من المنحنى ان الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة تتناسب خطيا مع التردد لما $\nu > \nu_s$ ، تنعدم من أجل $\nu < \nu_s$ و لا تتعلق بشدة الإشعاع الوارد.

5.1 تفسير أينشتاين

ارتباط الطاقة الحركية للإلكترونات بالتردد وعدم ارتباطها بشدة الإشعاع الوارد لم يجد تفسيراً في النظرية الكلاسيكية إلى أن جاء العالم أينشتاين وقام بإعطاء تفسير للظاهرة سنة 1905. و أشار إلى أنه يمكن فهم و توضيح قانون بلانك باعتبار أن المجال الكهرومغناطيسي يتألف من جسيمات لها طاقة $h\nu$ (كمات الضوء أو الفوتونات) بحيث يمكن لكم من الطاقة أن ينتقل كليا إلى الإلكترون، هذا الأخير يكتسب طاقة $E = h\nu$ و بافتراض أنه من الضروري القيام بعمل W من أجل الخروج من المعدن، فإن الإلكترون يصدر بطاقة حركية تعطى بالعلاقة التالية:

$$(2.1) \dots \dots \dots E_c = E - W$$

$$(3.1) \dots \dots \dots E_c = h\nu - W$$

1. في البداية نقوم بتسخين مصباح الزئبق لمدة 10 دقائق من أجل الحصول على شدة ضوئية جيدة.

2. ننزع الغطاء للسماح للضوء الصادر من مصباح الزئبق بالمرور الى الخلية الكهروضوئية

3. قم باختيار أحد مرشحات الضوء (طول موجة) بين المصدر الضوئي (مصباح الزئبق) والخلية الكهروضوئية ، ثم غير شدة الاشعاع الوارد بضبط تدفق الضوء على احد القيم $P = 2\phi, 4\phi, 8\phi$

4. غير قيمة التوتر U_{AC} ابدا من الصفر الى الاتجاه السالب الى ان تتعدم قيمة التيار ونقرا قيمة كمون الايقاف ثم نزيد قيمة الكمون U_{AC} في الاتجاه الموجب الى ان نصل الى تيار الاشعاع حيث تصبح قيمة التيار الناتج ثابتة. نسجل النتائج المتحصل عليها في الجدول 2.1.

الجدول 2.1: تغيرات قيم التيار الناتج $I(mA)$ بدلالة الكمون المطبق (U_{AC}).

$U_{AC}(V)$					0	02	04	08	12	16	20	24	28
$I(mA)$	$P = 2\phi$	0											
	$P = 4\phi$												
	$P = 8\phi$												

نعيد نفس الخطوات السابقة نكرر الخطوات السابقة بتغيير طول موجة الضوء الوارد الى الخلية الكهروضوئية ونسجل النتائج في الجدول 3.1.

الجدول 3.1: تغيرات قيم التيار الناتج $I(mA)$ بدلالة الكمون المطبق (U_{AC}) من اجل اطوال موجية مختلفة

$U_{AC}(V)$					0	02	04	08	12	16	20	24	28
$I(mA)$	$P = 2\phi$	0											
	$P = 4\phi$												
	$P = 8\phi$												
$U_{AC}(V)$					0	02	04	08	12	16	20	24	28
$I(mA)$	$P = 2\phi$	0											
	$P = 4\phi$												
	$P = 8\phi$												
$U_{AC}(V)$					0	02	04	08	12	16	20	24	28
	$P = 2\phi$	0											

$I(mA)$	$P = 4\phi$												
	$P = 8\phi$												
$U_{AC}(V)$				0	02	04	08	12	16	20	24	28	
$I(mA)$	$P = 2\phi$	0											
	$P = 4\phi$												
	$P = 8\phi$												

3. أسئلة

1. أوجد قيم كمون الإيقاف ، من اجل قيم الشدة الضوئية الثلاث ، للأطوال الموجية المذكورة.
2. بعد حساب قيم التردد ν الموافقة لكل طول موجة λ وذلك باستعمال القانون $\nu = \frac{c}{\lambda}$ حيث سرعة الضوء وتساوي $c = 3.10^8(m/s)$ ، اكمل الجدول 4.1.

الجدول 4.1: تغيرات كمون الإيقاف بدلالة التردد (طول الموجة) .

$\lambda(nm)$	365	405	436	546	577
$\nu. 10^{14}(Hz)$	8.21	7.40	6.88	5.49	5.19
$U_a(V), P = 2\phi$					
$U_a(V), P = 4\phi$					
$U_a(V), P = 8\phi$					

4. انطلاقا من القيم المتحصل عليها في الجدول 04، ارسم بيان الدالة $U_a = f(\nu)$
5. استخرج من المنحنى قيمة تواتر العتبة وقيمة ثابت بلانك.
6. احسب الفرق بين القيمة المتحصل عليها لثابت بلانك والقيمة المعروفة سابقا ونسبة الخطأ.
7. قم بحساب الطاقة الحركية من اجل قيم مختلفة للتردد ν حيث:

$$E_c = h\nu - w, \quad w = h\nu_s \quad (6.1) \dots \dots \dots$$

علما أن w تمثل أدنى طاقة لازمة لنزع الإلكترون من معدن البوتاسيوم و ν_s تردد

العتبة الخاص بهذا المعدن ، اكمل الجدول 6.1.

الجدول 6.1: تغيرات الطاقة الحركية بدلالة التردد (طول الموجة)

$\nu. 10^{14}(Hz)$	8.21	7.40	6.88	5.49	5.19
$E_c 10^{-20} (eV)$					

8. حل وناقش النتائج

العمل التجريبي رقم 2

الاطياف الذرية للغازات

(سلسلة بالمر للهيدروجين و الصوديوم)

الهدف من العمل التطبيقي :

1. ملاحظة خطوط الأطياف الذرية للهيدروجين و الصوديوم.

2. حساب الأطوال الموجية للأطياف

3. حساب ثابت ريدبرغ R_H

1. الجزء النظري

1.1. طيف الانبعاث

طيف الانبعاث هو خاصية مميزة لكل عنصر كيميائي فلا يوجد عنصران يحملان نفس الطيف، لذا فهو يعتبر بصمة العنصر، حيث يمكن معرفة العنصر عن طريق تسجيل الطيف الخاص به.

فعدت تحليل طيف الإصدار الذري لضوء الشمس مثلا، نتحصل على طيفي ذرتي كل من الهيدروجين و الهيليوم بوضوح . ومن هذا نتستنج ان الشمس تتكون بشكل أساسي من الهيدروجين و الهيليوم.

نقوم في هذا العمل التطبيقي بدراسة خطوط الطيف الناتجة عن اثار ذرات بعض الغازات مثل الصوديوم و الهيدروجين ، نحلل الضوء الناتج بواسطة شبكة الانعراج، بواسطة لاقط او كاشف نحدد شدة الاشعة الساقطة على الشاشة بدلالة زوايا الانعراج بأطوال موجية مختلفة ثم نقوم برسم المنحنيات.

يفسر ظهور خطوط طيف الهيدروجين بقفزات معينة للإلكترون بين مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين طبقا لنموذج بور، فعندما يقفز الإلكترون من مستوى طاقة عالي إلى مستوى طاقة منخفض فإنه يُصدر فوتونا له طول موجة معين.

وجد بالمر سنة 1885 أن طيف ذرة الهيدروجين عبارة عن خطوط، أي أن الترددات المنبعثة تشكل سلسلة متقطعة (منفصلة)، إضافة إلى ذلك برهن أن مجموعة الخطوط المعروفة تحقق العلاقة التجريبية لريدبرغ والتي تعبر عن الأطوال الموجات الضوئية الصادرة من الذرة أو الممتصة فيها مما يمكننا من حساب فرق الطاقة بين مستويين n_i و n_f :

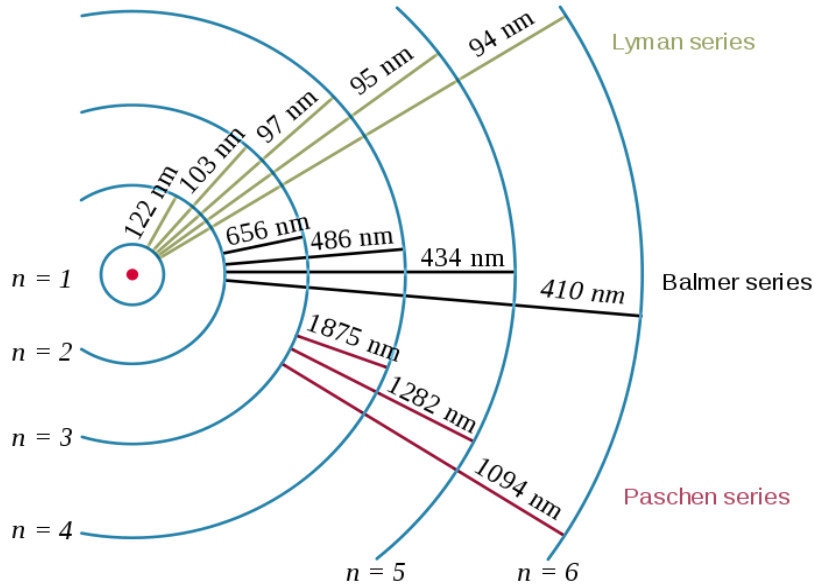
$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (1.1) \dots \dots \dots$$

حيث: $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ يمثل ثابت ريديرغ من أجل ذرة الهيدروجين.

ومع تنامي الاكتشافات تبين أن ذرة الهيدروجين تنبعث منها سلاسل من الأطوال الموجية مختلفة عن تلك التي تتضمنها سلسلة بالمر، فقد وجدت سلاسل أخرى في المناطق غير المرئية، حيث تقع سلسلة ليمان في منطقة الموجات فوق البنفسجية البعيدة، وتقع سلسلة باشن في المنطقة تحت الحمراء تبعا للقيم المختلفة ل n_f ، كما يلي:

$$(2.1) \dots \dots \dots \begin{cases} \omega = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) , & n = 2,3, \dots & \text{ليمان :} \\ \omega = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) , & n = 3,4, \dots & \text{بالمر :} \\ \omega = R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) , & n = 4,5, \dots & \text{باشن :} \end{cases}$$

وقد سميت هذه السلاسل بأسماء العلماء الذين اكتشفوها كما هو موضح في الشكل 1.



الشكل 1.1: مخطط مبسط لمختلف أطيايف الإصدار ذرة الهيدروجين.

لإيجاد الأطوال الموجية للخطوط $H_\gamma, H_\beta, H_\alpha$ باستعمال شبكة انعراج ووفقا لقانون براغ فان :

$$2 \lambda = d \sin \theta$$

حيث d ثابت الشبكة:

$$d = \frac{1}{N} = \frac{1}{600} = 1.67 \cdot 10^3 \text{ nm}$$

حيث N تمثل عدد الخطوط في المليمتر الواحد

- نرسم للبعد بين الشاشة و شبكة الانعراج ب a_1 ، يمكن حساب المسافة الحقيقية من العبارة:

$$a = (a_1 + 6.25)\text{mm}$$

- العرض المقاس بين خط الطيف المركزي و خط الطيف الملاحظ على الشاشة هو b

لدينا :

$$\sin \theta = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \Rightarrow b = \sqrt{\frac{a^2 \cdot (\sin \theta)^2}{1 - (\sin \theta)^2}}$$

ولحساب الطول الموجي لدينا:

$$\lambda = d \sin \theta \quad \lambda = d \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad 2$$

2.1 حساب ثابت ريدبرغ Rydberg

باستخدام للمسلمة الثانية لبور، يمكن أن نحسب طاقات و ترددات الانتقالات المحتملة، فإذا كان الإلكترون في المستوي الطاقوي E_i المثار وانتقل إلى المستوي الطاقوي E_f ، فإن طاقة الفوتون الصادر تعطى بالعلاقة التالية :

$$(3.1) \dots \dots \dots \quad h\nu = E_i - E_f$$

حيث:

$$(4.1) \dots \dots \dots \quad E_i = -\frac{E_1}{n_i^2} \quad , \quad E_f = -\frac{E_1}{n_f^2}$$

و بالتعويض في المعادلة (3.1) نجد:

$$(5.1) \dots \dots \dots \quad \bar{\nu} = \frac{E_i}{h} - \frac{E_f}{h} = \frac{E_1}{h} \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

و باستخدام العلاقة $\nu = \frac{c}{\lambda}$ فإن العدد الموجي $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ يعطى بالعلاقة التالية:

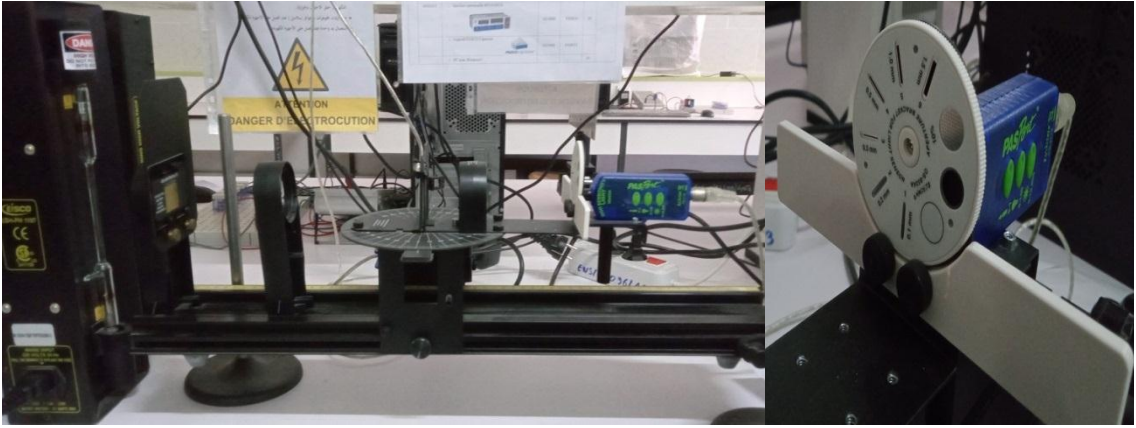
$$(6.1) \dots \dots \dots \quad \bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

وبالتالي:

$$(7.1) \dots \dots \dots \quad R_H = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)}$$

2. الجزء التطبيقي: 1.1. الوسائل المستعملة:

1. مصابيح (الصوديوم، الهيدروجين ، الهيليوم)
2. شق متغير يسمح بمرور الضوء بسمك محدد
3. - عدسة اسقاط ذات بعد بؤري $f = 50 \text{ mm}$
4. - عدسة اسقاط ذات بعد بوري $f = 50 \text{ mm}$
5. - شبكة انعراج $N = 600 \text{ tr/mm}$ (محزوز بصري يقوم بحل الضوء الوارد من المصدر الى الوان محددة وفق زوايا مختلفة تبعا لتباعد التحزيز أي عدد الشقوق في المليمتر و الاطوال الموجية للضوء الساقط)
6. لاقط او كاشف



الشكل.2.1. التركيب التجريبي

2.2. خطوات التجربة :

1. قم بوصل انبوبة غاز الهيدروجين او الصوديوم بمصدر جهد لأحداث تفريغ الكهربائي للهيدروجين و الصوديوم (اثاره الذرات)
2. ضع شبكة الانعراج امام العدسة المجمع للضوء الصادر من الغاز و حرك العدسات الى ان تحصل على خطوط الطيف المرئي بصورة واضحة على شاشة اللاقط
3. قم بتدوير اللاقط وفق زوايا القرص المدرج وسجل الطيف الممثل لتغيرات شدة الضوء بدلالة زوايا الحيود .
4. بالاستعانة بالتطبيق على جهاز كمبيوتر، عين موقع الخط الرئيسي والخطوط الثانوية على شاشة الكمبيوتر.

5. قم بقياس البعد b للخطوط الثانوية المشاهدة على الشاشة بالنسبة للخط المركزي .
6. أحسب المسافة بين شبكة الانعراج وشاشة اللاقط $a_1 = 14.7 \text{ cm}$ ، سجل النتائج على الجدول.1.

الجدول 1.

Couleur de la raie observée	B (m)		m	$\lambda(\text{nm})$	$\frac{1}{m} (m^{-1})$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$	R_H ($10^7 m^{-1}$)
	A gauche	A droite					
Rouge							
Oranger							
Jaune							
Verte							
Bleue							
Violette							

3. الاسئلة:

1. لماذا ركز العلماء على دراسة طيف الهيدروجين؟
2. عرف شبكة الانعراج؟ واذكر فائدتها؟
3. هل هناك علاقة بين عدد الشقوق وعمل الشبكة؟
4. احسب الطول الموجي المرافق لكل لون من الطيف.
5. ارسم المنحنى الممثل لتغيرات $\frac{1}{\lambda} = f \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)$
6. احسب نظريا قيمة الثابت R_H
7. احسب قيمة الثابت R_H انطلاقا من النتائج التجريبية من اجل الاطوال الموجية المحسوبة في السؤال الاول.
8. احسب قيمة الثابت R_H انطلاقا من المنحنى.
9. احسب الارتياب في القياس لكل من $\Delta \lambda$ ، ΔR_H .
10. اكمل الجدول 02 .

الجدول 02

Couleur de la raie observée	$\lambda \text{ moy (nm)}$	$\Delta \lambda \text{ (nm)}$	$R_H (10^7 m^{-1})$	ΔR_H ($10^7 m^{-1}$)
Rouge	659.37			
Oranger	610.75			
Jaune	599.26			
Verte	487.97			
Bleue	486.96			
Violette	385.75			

11. ناقش وعلق على النتائج

النتائج:

- حساب ثابت ريدبرغ من الجدول:

Couleur de la raie observée	λ moy (nm)	$\Delta \lambda$ (nm)	R_H ($10^7 m^{-1}$)	ΔR_H ($10^7 m^{-1}$)
Rouge	659.37	1.20	1.0922	0.0040
Oranger	610.75	0.70	1.1864	0.0090
Jaune	599.26	0.20	1.1378	0.0041
Verte	487.97	0.90	1.1428	0.0046
Bleue	486.96	0.90	1.0493	0.0047
Violette	385.75	1.00	1.0665	0.0030

- حساب ثابت ريدبرغ من البيان :

لدينا عبارة المنحنى (دالة خطية) $Y = Ax$ ، بالمطابقة مع علاقة ريدبرغ نجد انه مساويا لميل المنحنى ومنه:

$$A = R_H = \frac{1.517 \cdot 10^{-8} - 0}{0.13888 - 0} = 1.09224 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

العمل التجريبي رقم 3

تجربة فرانك و هيرتز

الهدف من التجربة : الغرض من تجربة فرانك و هيرتز هو ملاحظة ما إذا كانت مستويات الطاقة في الذرة منفصلة كما افترضتها نظرية بور .

1. الجزء النظري:

مقدمة :

درس جيمس فرانك و غوستاف هرتز ظاهرة مهمة من حيث تطبيقاتها العملية والتي تتمثل في: الأشعة المهبطية والتفريغات الكهربائية في الغازات الخاملة، فطرحا مشكلة تحسين الأنابيب الإلكترونية، لاسيما من أجل تحسين الاتصالات لمسافة بعيدة. وفي 1914 قاما باكتشاف مدهش وذلك بقذف بخار من ذرات الزئبق بالإلكترونات مسرعة داخل أنبوبة مفرغة من الهواء و بها ذرات من الزئبق Hg عند ضغط منخفض، على الجانب الأيسر من الأنبوبة مصدر الكتروني عبارة عن فتيلة مرتبطة بالمهبط تسخن عند مرور التيار الكهربائي فيها فتنتقل الإلكترونات باتجاه المصعد تحت تأثير فرق جهد التعجيل المطبق ذو الجهد الموجب، ويتم التحكم بطاقة التعجيل من خلال تغيير الجهد المطبق على المهبط و المصعد حيث أن طاقة الإلكترونات تعتمد على شحنة الإلكترون و فرق الجهد $E_e = eV$.

كانت لهذه التجربة أهمية تاريخية كبيرة، فقد قدمت بيانات تجريبية تؤكد صحة نموذج بوهر الأول ، واثبتت بشكل قاطع صحة مبدأ تكميم الطاقة و تتكون هذه التجربة من جزأين:

2. الجزء الأول عبارة عن تجربة قام بها كل من فرانك و هيرتز في عام 1914. وهي تأكيد لنظرية بوهر التي تقول أن الطاقة المخزنة بواسطة الذرة يمكن أن تأخذ فقط قيماً كمية منفصلة. تتضمن هذه التجربة المراقبة كيف يمكن للإلكترونات التي يتم تسريعها في غاز (هنا ، الزئبق ، Hg) بواسطة جهد خارجي أن تتصادم مع ذرات هذا الغاز وتثيرها

3. الجزء الثاني عبارة عن تجربة باستعمال مصباح النيون، نحدد فيها الطاقات المختلفة اللازمة للوصول إلى الحالات المثارة المختلفة لغاز النيون.

1.1. نظرية بور:

وفقاً لنظرية Rutherford-Bohr ، تتكون الذرة من نواة ثقيلة بشحنة $+Ze$ يجذب حولها عدد Z من الإلكترونات حيث e هي كمية الشحنة، هذا يعني أن الإلكترونات يمكن أن يكون لها أي طاقة وأن "ارتفاع" المدار يتكيف مع السرعة. هذه الصورة الكلاسيكية لا تفسر الطيف المتقطع المنبعث من الذرة الذي لوحظ في التحليل الطيفي، لشرح ذلك اقترح بور مفهوماً يتكون من الفرضيتين التاليتين :

a. تدور الإلكترونات الموجودة حول النواة في مدارات منفصلة وعلى الرغم من وجودها في حركة متسارعة ، لا تصدر اي موجات كهرومغناطيسية.

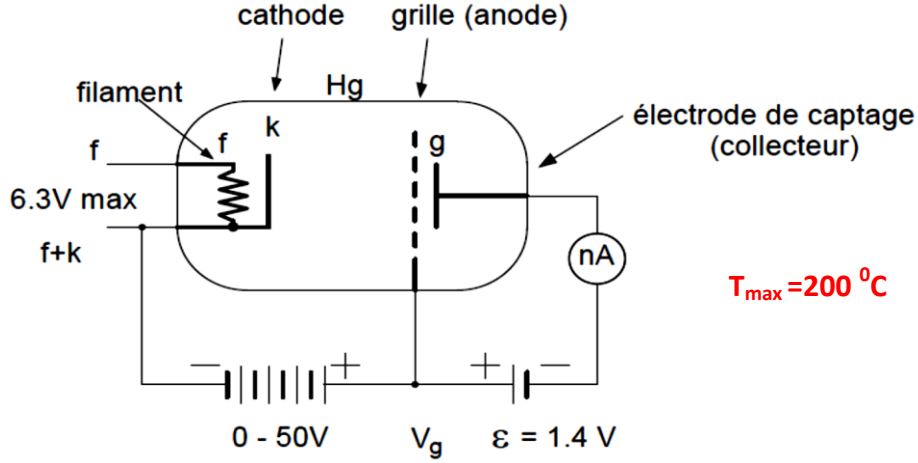
b. يرتبط مرور الإلكترون من مستوى طاقة واحد (مدار) إلى مستوى آخر دائماً بامتصاص أو انبعاث كمية من الطاقة الكهرومغناطيسية او ما يسمى ب الفوتونات، إذا تم الإشارة إلى مستويات طاقة الذرة بواسطة $E_0, E_1, E_2, \dots, E_n, \dots, E_p$.

من نتائج نموذج بور تبين أن مستويات الطاقة للذرة كممة و ينطبق هذا التكميم على الذرات المتعددة الإلكترونات أيضاً ، وهو ما قاد العالم بلانك إلى تفسير إشعاع الجسم الأسود على بناء على مبدأ التكميم ، ولإجراء تجربة عملية لإثبات أن مستويات الطاقة في الذرة كممة قام العالمان فرانك و هرتز 1914 بإجراء التجربة التي سنتطرق إليها في هذا العمل التطبيقي.

الجزء الاول

○ وصف التجربة

أنبوب فرانك هيرتز هو أنبوب كاثود متوهج يتم تسخينه بشكل غير مباشر ويحتوي على قطرة من الزئبق. لتبخير الزئبق ، يتم تسخين الأنبوب بأكمله إلى حوالي 160-220 درجة مئوية كحد أقصى.



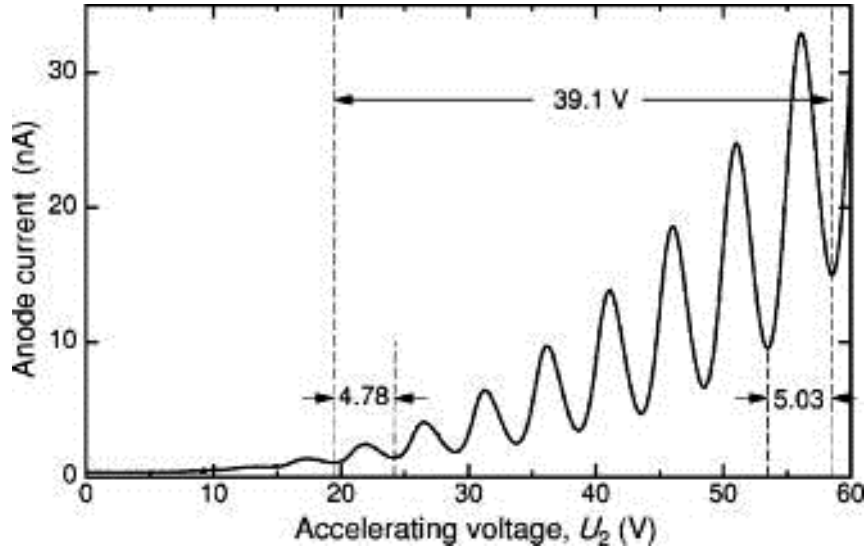
الشكل 1.1: مخطط تجربة فرانك و هرتز.

يتمثل دور الفتيل f بتسخين الكاثود k مما يسمح بإطلاق الإلكترونات في الفراغ. تتسارع الإلكترونات المنبعثة من الكاثود k نحو الأنود بفضل الجهد V_g (جهد الشبكة / التسارع). لنفترض أن V هو فرق الجهد المحتمل بين الكاثود ($x_0 = 0$) والنقطة x في الفضاء ، فإن

$$E = eV \text{ هي الطاقة الحركية للإلكترون الذي يقطع المسافة } x_0 - x$$

عندما يكون التوتر V_g ضعيف، فإن الإلكترونات لا تفقد طاقتها عند التصادم مع ذرات الزئبق فهي تخضع فقط لتصادمات مرنة ونتيجة لذلك ، فإن التيار الناتج يزداد باستمرار مع الجهد V_g . بمجرد أن يتجاوز V_g عتبة حرجة V_s ، ينخفض التيار فجأة مما يشير إلى أنه عند هذه القيمة من V_g ، تنتج الإلكترونات عن طريق التصادم غير المرن حيث تفقد الإلكترونات كل طاقتها الحركية ($E_c = \frac{1}{2} m_e v_e^2 = eV_s$) لذرات الزئبق المثارة وبالتالي يتم إيقاف معظم الإلكترونات قبل الوصول إلى القطب الموجب g .

إذا استمرت قيمة فرق الجهد المطبق V_g في الزيادة ، تستعيد هذه الإلكترونات طاقة حركية كافية مرة أخرى ، إما للوصول إلى الشبكة بعد ما تعاني عدة اصطدامات مرنة ، أو في حالة ($E_c \geq eV_s$) لإعطاء طاقة الإثارة eV_s للذرات مرة أخرى عن طريق تصادم غير مرن ثانٍ ، والذي سينتج عنه انخفاض مفاجئ جديد في شدة التيار الشكل 2.1. من خلال الاستمرار في زيادة V_g ، سوف تكرر هذه الظاهرة نفسها عدة مرات (3 ، 4 ، تصادمات غير مرنة).



الشكل 2.1: تغيرات شدة التيار بدلالة كمون التعجيل.

ان نتائج تجربة فرانك-هرتز هي تأكيد بسيط و مباشر لنظريات بور حول بنية الذرة فقد اكدت تماما أن طاقة الذرة لا يمكن أن تأخذ إلا قيما منفصلة أو مكتمه، وأن الخطوط الطيفية تتوافق مع الانتقالات بين المستويات الطاقوية. تحصل فرانك وهرتز على جائزة نوبل سنة 1925 بعد هذه النتيجة والتي تعتبر إثباتا تجريبيا مباشرا لتكميم طاقة النظام الذري و الجزيئي، وأساسا لكثير من الاكتشافات، خصوصا في الفيزياء الذرية و الجزيئية.¹

2. الجزء التجريبي

1.2 . الأجهزة المستعملة: أنبوبة فرانك-هرتز، مولد جهد، راسم الاهتزاز المهبطي.

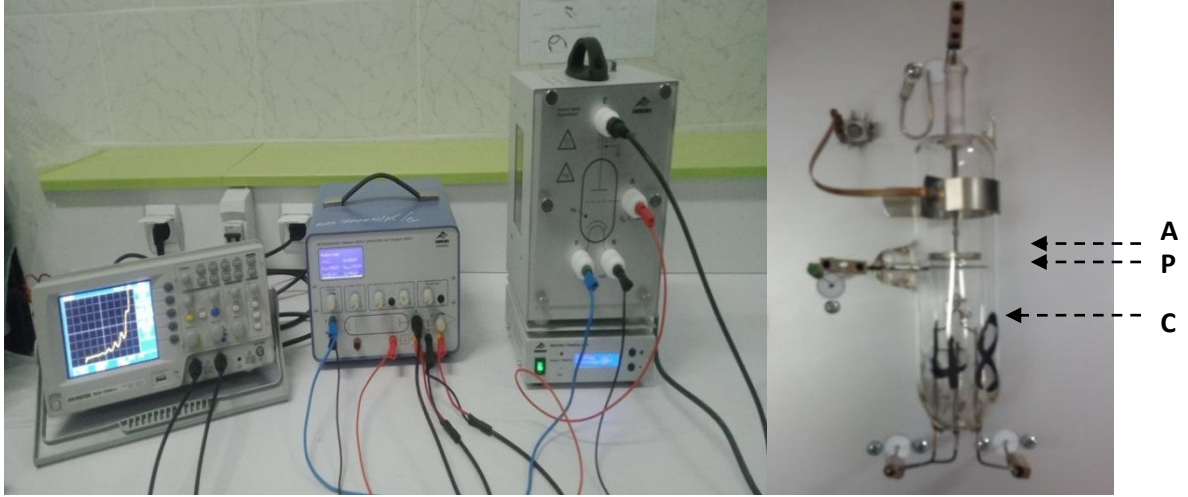
2.2 . فكرة التجربة:

تنتقل الإلكترونات المنبعثة من المهبط باتجاه المصعد تحت تأثير فرق جهد التعجيل الذي يكسب الإلكترونات طاقة حركية، فإذا كانت كافية للتغلب على جهد اللوح المجمع (Collecteur) فإنها تعبر في الدارة الكهربائية التي يمكن قياس شدة التيار الكهربائي المار بها من خلال مؤشر الأمبيرمتر. وبدراسة العلاقة بين فرق جهد التعجيل و شدة التيار المار في الدارة فإنه من المتوقع أن تزداد شدة التيار بزيادة فرق جهد التعجيل، مع العلم أن الإلكترونات المعجلة تتصادم مع ذرات الزئبق في الأنبوبة المفرغة.

¹ Mécanique quantique ;Cours de l'Ecole polytechnique
Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard :Février 2002 .P/17 ;18

3.2 . خطوات العمل:

1. قم بربط أنبوبة فرانك-هرتز المرتبطة بفرن التسخين، جهاز راسم الاهتزاز المهبطي و جهاززي الفولط متر و الأمبير متر كما هو موضح في الشكل 4.1.



الشكل 4.1: التركيب التجريبي لتجربة فرانك-هرتز.

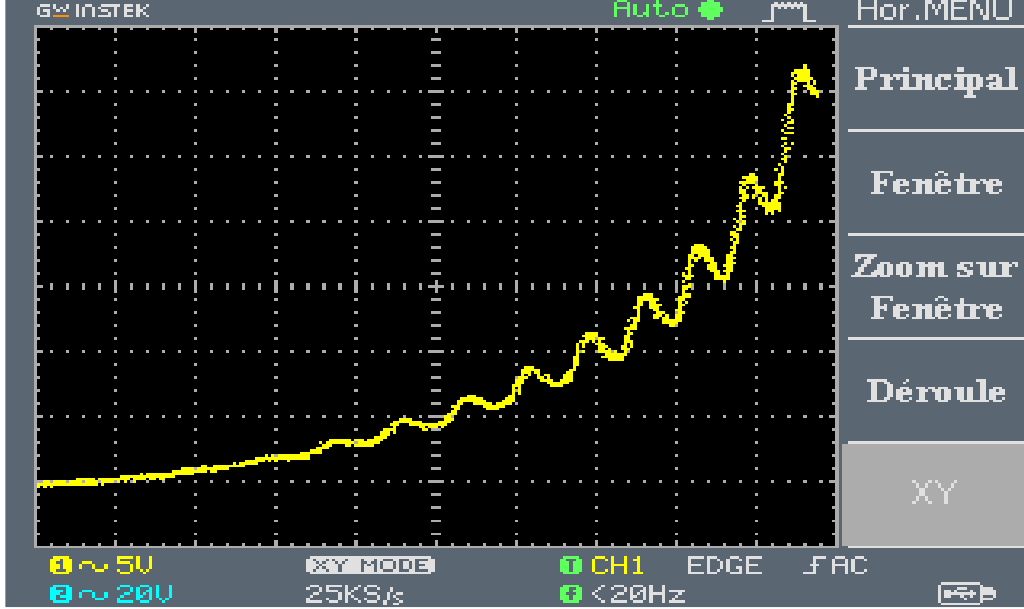
حيث يمثل A المجمع، P الشبكة، C المهبط.

2. قم في البداية بتشغيل الفرن من أجل رفع درجة حرارة الزئبق السائل إلى 230°C ليصبح بخارا.
3. غير جهد التعجيل U المطبق على الفتيلة حتى نصل إلى 9V فتنتقل الإلكترونات من المهبط C بطاقة حركية يمكن التحكم فيها من خلال تغيير قيمة هذا الجهد.



الشكل 5.1: فرن تسخين سائل الزئبق.

4. غير الجهد تدريجيا وبواسطة راسم الاهتزاز المهبطي يمكنك الحصول على المنحنى الممثل للعلاقة بين التيار الكهربائي و فرق جهد التعجيل الشكل 6.1.



الشكل 6.1: منحنى تغيرات شدة التيار بدلالة فرق الكمون لتجربة فرانك-هرتز.

5. سجل النتائج في الجدول 2.

الجدول 2.

Ordre des maxima	1	2	3	4	5	Erreur
$U_2 V $						
$\Delta U_2 V $						

الاسئلة :

1. سجل المنحنيات المميزة $I(U)$ عند درجات حرارة مختلفة وقيم مختلفة ل V_f . الحد

$$V_g = 28.3 V$$

أ. في البداية ثبت درجة حرارة الفتيل عند القيمة $T = 180^\circ C$ مع $V_f = 3 V$ ،

ماذا تلاحظ ؟

- ب. أعد تسجيل المنحنيات $I(V)$ من أجل $(V_f = 4, 5, 5.5, 6, 6.4 V)$ ،
 قارن وناقش المنحنيات التي تم الحصول عليها .
- ت. أعد التجربة عند درجات حرارة مختلفة ($T = 150, 160, 170, 190$)
 $(200^\circ C)$ ، قم بتسجيل منحنيات $I(V)$ في كل مرة من أجل نفس القيم V_f
- ث. $(V_f = 4, 5, 5.5, 6, 6.4 V)$ ، قارن وناقش المنحنيات لنفس القيمة V_f
 بدلالة درجة الحرارة .
2. انطلاقاً من منحنيات $I(V)$ ، حدد القيمة $U_s = \Delta U$ واحسب الطول الموجي λ للضوء
 المنبعث من ذرات Hg عندما تنفصل
3. ارسم موضع الحد الأقصى U (بالفولط) كدالة لعدد الحدود القصوى . استخدم الانحدار
 الخطي لتحديد ΔV
4. احسب قيمة سرعة الإلكترونات عندما تصل إلى قيمة الطاقة القصوى $E = eU_s$
5. قارن وناقش النتائج.

الجزء الثاني

تجربة Frank & Hertz باستعمال مصباح النيون

في هذه التجربة نستخدم أنبوباً مملوئاً بالنيون بدلاً من الزئبق . بما أن النيون يكون في
 الحالة الغازية في درجة حرارة الغرفة ، على عكس الزئبق ، فهذا يعني أنه ليس من الضروري
 تسخين الأنبوب ؛ فالتألق المستحث في ا يمكن ملاحظته مباشرة دون تسخين .

1.1 . الاجهزة المستعملة: مصباح النيون، مولد جهد، راسم الاهتزاز المهبطي.

2.1. خطوات العمل:

1. قم بربط مصباح النيون، جهاز راسم الاهتزاز المهبطي و جهازي الفولط متر و الأمبير
 متر كما هو موضح في الشكل .7.1.

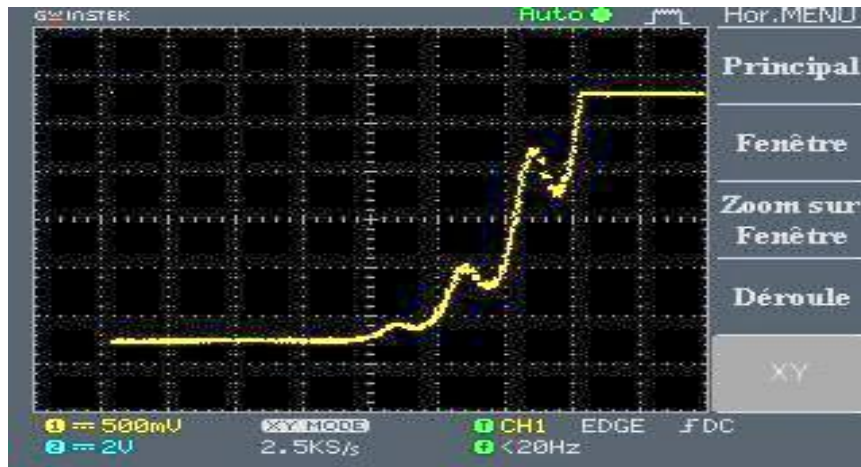


الشكل 7.1. تجربة Frank & Hertz باستعمال مصباح النيون

2. ثبت جهد التشغيل على ($V=2.06 V$) وجهد الايقاف على ($V=7.94 V$)
3. غير جهد التعجيل تدريجيا وبواسطة راسم الاهتزاز المهبطي يمكنك الحصول على المنحنى الممثل للعلاقة بين التيار الكهربائي و فرق جهد التعجيل الشكل 8.1.
6. سجل النتائج في الجدول 3.

الجدول 3.

Order des maxima	1	2	3	4	5	Erreur
$U_2 V $						
$\Delta U_2 V $						



الشكل 8.1: منحنى تغيرات شدة التيار بدلالة فرق الكمون لتجربة فرانك-هرتز باستعمال مصباح النيون.

2. الاسئلة

1. لماذا في الرسم البياني نلاحظ ان التيار يأخذ قيما عالية واخرى منخفضة ؟
عرف جهد الرنين ؟ وهل هذا الجهد متساوي لجميع الذرات ؟
2. استخرج مواقع القمم من الرسم البياني اي حدد قيم الجهد التي تحصل عندها على قمم واحسب جهد الاثارة الموافق لكل قمة .
3. احسب الأطوال الموجية الموافقة لكل قمة أعلاه .
4. قارن الأطوال الموجية المحسوبة بالبيانات المجدولة لـ Ne والالوان المشاهدة في طيف النيون. ما هي الاستنتاجات التي تستخلصها ؟
5. ما الفرق بين الطيف المشاهد في أنبوب الزئبق والطيف المشاهد في أنبوب النيون ؟

العمل التجريبي رقم 4

قياس الشحنة النوعية للإلكترون e/m

الهدف من التجربة

1. دراسة مسار حزمة الكترونية في حقل مغناطيسي
2. استخدم جهازاً مشابهاً للجهاز الذي استخدمه J.J. Thomson في 1897

لقياس النسبة

e/m و التأكد من وجود جسيم يحمل الكهرباء (الإلكترون).
نتعرف من خلال هذه التجربة أيضا على طبيعة الإلكترون، نظراً لكونه جسيم ذو شحنة محدودة $e -$ ، وكتلة m ، وبالتالي فهو يخضع لقوانين الانحفاظ (انحفاظ كمية الحركة والطاقة)

المتطلبات الأساسية: مراجعة مقرر التفاعل المغناطيسي والكهربائي

مقدمة

تمكن العالم طومسون في تجربته الشهيرة من تحديد نسبة شحنة جسيمات أشعة المهبط إلى كتلتها، عندما قام بقياس تأثير كل من المجال المغناطيسي والكهربائي في هذه الأشعة. استنتج طومسون ان كتلة الجسيم المشحون أقل كثيراً من كتلة ذرة الهيدروجين، وهي أصغر ذرة معروفة، هذا الاستنتاج كان مفاجئاً لأنه يعنى أن هذه الجسيمات أصغر من الذرة ، وهذا يتعارض مع نظرية دالتون الذرية التي كانت مقبولة بشكل واسع آنذاك ، الا أن استنتاجات طومسون كانت حاسمة ، إذ يمكن تجزئة الذرات إلى جسيمات أصغر واستطاع حينها اكتشاف أول جسيم من الجسيمات المكونة للذرة وهو الإلكترون و تحصل على جائزة نوبل عام 1906م عن هذا الاكتشاف.

1. الجزء النظري

1.1. تجربة طومسون لتعيين النسبة (e/m) للإلكترون

استطاع طومسون عام 1897م أن يعين القيمة العددية لنسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته e/m بواسطة استخدام انحراف مسار شعاع أشعة المهبط في أنبوبة محاطة بمجالين أحدهما مغناطيسي والآخر كهربائي متعامدين على بعضهما.

يحتوي أنبوب طومسون "e / m" على "مدفع إلكتروني" موضوع داخل زجاجة شفافة مفرغة من الهواء يطلق حزمة من الإلكترونات . يتم تسريع الإلكترونات المنطلقة من خلال جهد معين، وبالتالي تكون سرعتها معروفة. تعترض حزمة الإلكترونات هذه شاشة مسطحة مغطاة بمادة تصدر اضاءة تحت تأثير الإلكترونات المنطلقة ؛ وبذلك يصبح مسار الشعاع في المصباح الزجاجي مرئياً.

ينتج زوج من ملفات Helmholtz مجالاً مغناطيسياً موحدًا وقابل للقياس في اتجاه عموديا على الحزمة مما يجعل مسار شعاع الحزمة الالكترونية ينحرف وفق مسار دائري. يمكن التحكم في انحراف الإلكترونات بزيادة شدة المجال المغناطيسي عن طريق زيادة شدة التيار الكهربائي المار فيه ولدراسة تأثير المجال الكهربائي على حزمة الإلكترونات نقوم بفصل التيار الكهربائي المار في ملفات Helmholtz فيصبح المجال المغناطيسي صفر وتعود حزمة الإلكترونات الى المسار المستقيم مرة اخرى.

ملاحظة: يتم تثبيت انبوب طومسون على الدعامة المزودة بملفات Helmholtz ، يمكن تدوير أنبوب بمقدار ± 5 درجات لتحسين اعتراض حزمة الإلكترونات من طرف الشاشة.

2.1. قوة لورنتز

هي القوة المؤثرة على جسيم شحنته q يتحرك بسرعة \vec{v} في مجال كهربائي \vec{E} ، ومجال مغناطيسي \vec{B} ، ويرمز لها بالرمز \vec{F} وتعطى بالعلاقة :

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}) \quad (1)$$

وهي عمودية على اتجاه السرعة.

3.1. المجال المغناطيسي الناتج عن ملف Helmholtz

من اجل الحصول على مجال مغناطيسي موحد ، يمكن استخدام ملفات Helmholtz وهو ببساطة جهاز مكون من ملفين دائريين متوازيان ومتقابلان لهما نفس نصف القطر R ويتكون كل منهما من عدد من اللفات N ، عندما يجتاز الملفين تيار كهربائي شدته I ، ينتج بينهما مجال مغناطيسي منتظم يعطى بالعلاقة:

$$B = 9.0 \cdot 10^{-7} \frac{NI}{R} \quad (2)$$

4.1 . مسار الإلكترون في مجال مغناطيسي منتظم

يتم إنتاج حزمة الكترونات تتحرك بسرعة \vec{v} ، عندما تجتاز الحزمة مجال مغناطيسي منتظم \vec{B} فان سرعتها تبقى ثابتة وفقاً لنظرية الطاقة الحركية (إذا تعرض جسيم للقوة المغناطيسية فقط،

فإن سرعته تظل ثابتة) نظراً لكون القوة والسرعة متعامدين مع المجال المغناطيسي، فإن الحركة تحدث في مستوى متعامد معه، مسار الإلكترون يكون دائرياً وبالتالي يمكن كتابة عبارة التسارع الناظمي بدلالة نصف قطر الانحناء كما يلي:

$$(3) \dots \dots \dots a = \frac{v^2}{\rho}$$

يعطي قانون نيوتن الثاني:

$$(4) \dots \dots \dots evB = m \frac{v^2}{\rho} \Rightarrow \rho = \frac{mv}{eB}$$

يكون نصف قطر الانحناء هذا ثابتاً إذا كان المجال المغناطيسي منتظماً وبالتالي يكون المسار عبارة عن دائرة نصف قطرها:

$$(5) \dots \dots \dots \phi = 2\rho = \frac{2mv}{eB}$$

وبالتالي، فإن قياس قطر المسار يجعل من الممكن استنتاج نسبة e/m إذا عرفنا المجال المغناطيسي وسرعة الإلكترونات. يمكن كتابة عبارة الطاقة الحركية E للإلكترونات المسرعة من الكاثود الى الأنود كما يلي:

$$E_c = eU_c - eU_a = eU$$

ومنه:

$$(6) \dots \dots \dots v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

حيث v تمثل سرعة الإلكترون و U يمثل فرق الجهد المعجل بين الأنود والكاثود وبالتعويض عن قيمة v بالمعادلة (5) نجد:

$$(7) \dots \dots \dots \frac{e}{m} = \frac{2U}{\rho^2 B^2}$$

تعطى كثافة التدفق المغناطيسي B لملفي Helmholtz بالمعادلة :

$$(8) \dots\dots\dots B = I \left(\frac{8 \mu_0 N}{5 \sqrt{5} a} \right)$$

حيث N تمثل عدد لفات الملف (..... لفة) ، a تمثل نصف قطر الملف ، I تمثل شدة التيار المار في كل ملف و $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$.

2. الجانب التجريبي

نستخدم التركيب الممثل في الشكل 1 و الذي يحتوي على:



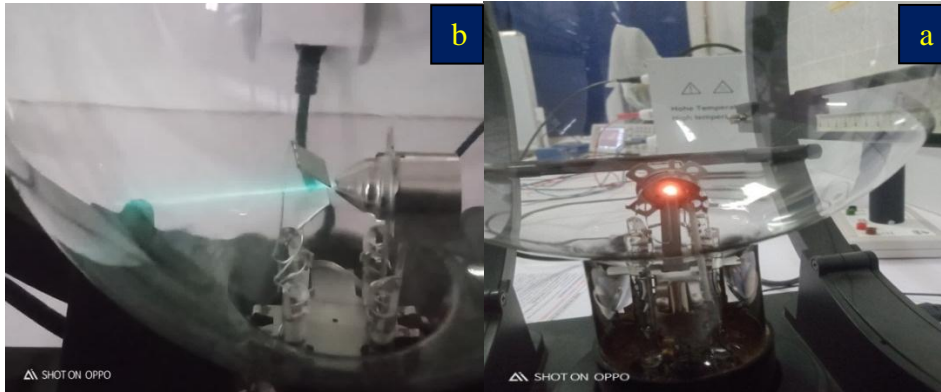
الشكل 1. التركيب التجريبي لحساب الشحنة النوعية للإلكترون

انبوية الاشعة الكاثودية محاطة بملفتين Helmholtz نصف قطر كل منهما $R = 15.8 \text{ cm}$ ، يتكون كل منهما من عدد من اللفات تساوي الى $N = 130$ ، يتم تشغيل هذه الملفات بواسطة نظام تغذية مستمر يجب ألا تتجاوز شدته 1.5 A .

• خطوات العمل التجريبي

2.1 انحرافات الإلكترونات في مجال مغناطيسي

1. قم بتوصيل جميع الكابلات والأسلاك كما هو موضح سابقاً
2. قم بتسخين الكاثود (الفتيل) وذلك بتطبيق فرق جهد (تيار متناوب) يساوي الى 100 V .
انتظر 5 دقائق حتى يسخن الفتيل الشكل (a.2).



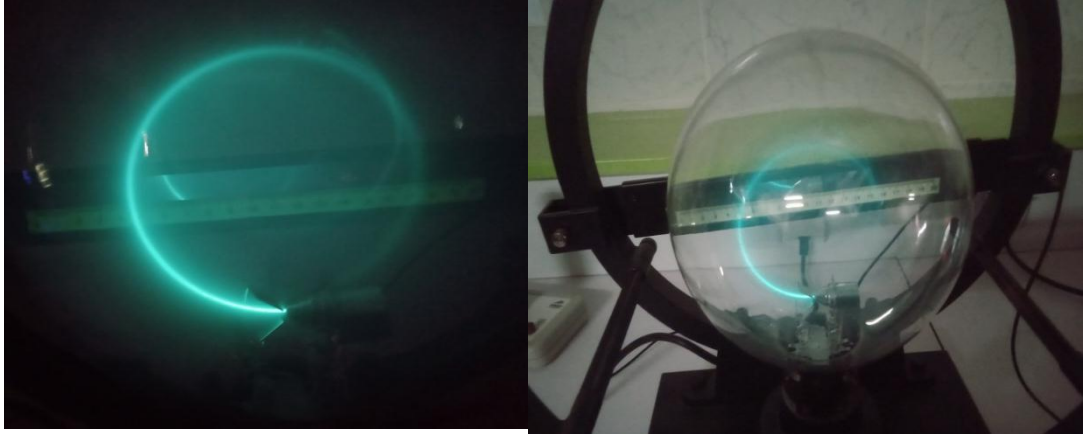
الشكل 2. a - فتيل مسخن تحت فرق جهد 100V (تيار متناوب)، **b** - شعاع الحزمة الإلكترونية في اتجاه أفقي بلون أزرق خافت.

عندما يحدث ذلك، سترى اشعاع يصدر من "المدفع" الإلكتروني بشكل أفقي هذا الاشعاع يكون مرئي لونه أزرق خافت الشكل (b.2).

3. في Power Supply II ، اضبط جهد التسريع Accelerating Voltage لتحسين

التركيز والسطوع للشعاع الإلكتروني الصادر

4. قم بزيادة التيار المار في ملفات Helmholtz، راقب اتجاه الشعاع الإلكتروني وتحقق من انحناءه لأعلى الشكل 3



الشكل 3. انحناء شعاع الحزمة الإلكترونية بشكل دائرة مغلقة مع زيادة قيمة التيار المار عبر الملفات.

إذا لم ينحرف الشعاع الإلكتروني الصادر، فقم بعكس قطبية أحد ملفات Helmholtz بحيث يمر التيار عبر كلا الملفين في نفس الاتجاه، إذا لم ينحني الشعاع الإلكتروني لأعلى، فقم بتبديل التوصيلات على أطراف المخرج 3.5 A . استمر في زيادة التيار حتى يشكل الشعاع الإلكترون دائرة مغلقة، إذا لم يتشكل شعاع الإلكترون دائرة مغلقة، فقم بتدوير المنصة قليلاً إلى اليمين أو اليسار لمحاذاة المجال المغناطيسي الذي تولده ملفات Helmholtz مع المجال المغناطيسي للأرض.

5. اقرأ قيمة التيار (I_H) المار من خلال ملفات Helmholtz سجل القيمة في الجدول 1.

6. اقرأ على جهاز الفولت- متر جهد التسريع (U) وسجل القيمة في الجدول 1.

7. قم بقياس نصف قطر شعاع الحزمة الإلكترونية p ، سجل القيمة المتوسطة في الجدول 1.

8. سجل سلسلة أخرى من القيم المقاسة لجهود تسريع مختلفة (U) وقيم التيار (I) المار من

خلال ملفات Helmholtz ثم سجل النتائج في الجدول 1.

الجدول 1. القيم المقاسة للنسبة $\frac{e}{m}$ بدلالة جهود التسريع (U) وقيم التيار (I) المار من خلال ملفات Helmholtz.

$U(V)$	$I(A)$	$\rho(mm)$	$\frac{e}{m}(\frac{c}{kg})$	Pourcentage d'erreur
100	1.00			
	1.10			
	1.20			
	1.30			
	1.40			

المجال المغناطيسي، \vec{B} ، المتولد في زوج من ملفات Helmholtz يتناسب مع التيار I الذي يمر عبر ملف واحد. يمكن تحديد ثابت التناسب k من نصف قطر الملف ρ وعدد الدورات N للملف.

الجدول 2. تغيرات شدة المجال المغناطيسي بدلالة التيار (I) المار من خلال ملفات Helmholtz

$I(A)$	ρ	$\frac{1}{\rho}$	$B = I \left(\frac{8 \mu_0 N}{5 \sqrt{5} a} \right)$

أرسم بيانياً $\frac{1}{\rho} = f(B)$ ، ثم أحسب قيمة الميل.

- بدلاً من استخدام ملفات Helmholtz لثني شعاع الإلكترون ، يمكن استخدام مغناطيس دائم لإظهار تأثير المجال المغناطيسي على شعاع الإلكترون . قم بتطبيق فرق جهد تسخين

الفتيل 6.3 V (تيار متناوب) و جهد التسريع $200\text{V}-120$ (تيار مستمر) ، عندما يظهر الشعاع الإلكتروني ، استخدم مغناطيس دائم لثني الشعاع.

ملاحظة: تم تصميم مقبس الأنبوب بحيث يمكن تدويره بزوايا معينة ، لذلك يمكنك تدوير الأنبوب ودراسة كيفية تأثر انحراف الحزمة.

- يمكن أن يتسبب قلب الجهاز بأكمله في تشكيل شعاع الإلكترون لمسار حلزوني على الرغم من مع عدم وجود مغناطيس او تيار في ملفات Helmholtz ، قم بتدوير الأنبوب أو الجهاز بأكمله لمعرفة انحراف الحزمة بسبب المجال المغناطيسي للأرض، هل اتجاه انحراف الشعاع كما تتوقع؟

2.2 انحرافات الإلكترونات في مجال كهربائي

- قم بإعداد التركيب السابق باستثناء عدم تغذية ملفات Helmholtz
- قم بتطبيق فرق جهد 6.3 V (تيار متناوب) على أطراف "الفتيل".
- قم بتطبيق جهد تسريع $200 \text{ V}-120$ (تيار مستمر) ، انتظر عدة دقائق لتسخين الكاثود
- عندما تظهر حزمة الإلكترون، قم بتوصيل مصدر طاقة تيار مستمر بأطراف لوحات الانحراف (العلوي والسفلي)، ثم قم بزيادة الجهد ببطء من $0 - 100 \text{ V}$ ، لاحظ انحراف الحزمة الإلكترونية واتجاهها.

3. الاسئلة

1. لماذا يتم تفريغ انبوبة طومسون من الهواء تقريبا؟
2. لماذا يتم استخدام مجال كهربائي ومغناطيسي؟
3. ما تأثير المجال المغناطيسي على الاشعة الكاثودية في تجربة طومسون؟
4. كيف يتم معرفة مسار حزمة الاليكترون في انبوبة الاشعة الكاثودية
5. ماذا يحدث اذا زادت شدة المجال المغناطيسي في التجربة ؟
6. متى تسلك حزمة الالكترونات مسار مستقيم دون اي انحراف في انبوبة اشعة المهبط ؟
7. ما فائدة حساب النسبة e/m ؟
8. ناقش انحراف حزمة الالكترونات في الحالات التالية:
 - أ. عند تسليط مجال كهربائي ؟
 - ب. عند تسليط مجال مغناطيسي ؟

العمل التجريبي رقم 5

دراسة طيف الاشعة السينية باستخدام محلل بلوري

الهدف من التجربة

الغرض من هذا العمل التجريبي هو تحليل طيف الإشعاع المنبعث من أنبوب الأشعة السينية ، باستخدام محلل بلوري للتمييز بين الأطول الموجية المختلفة المكونة للطيف

1. الجزء النظري

1.1. الأشعة السينية

اكتشف هذه الاشعة من طرف العالم رونتنجن سنة 1895 و عرفت بالأشعة السينية (المجهولة) و هي عبارة عن اشعاع كهرومغناطيسي بطول موجي قصير جداً (أشعة غير مرئية) يتراوح ما بين (0.1 – 0.001 nm) يقارب المسافات البينية للمستويات البلورية لكنه أكبر من

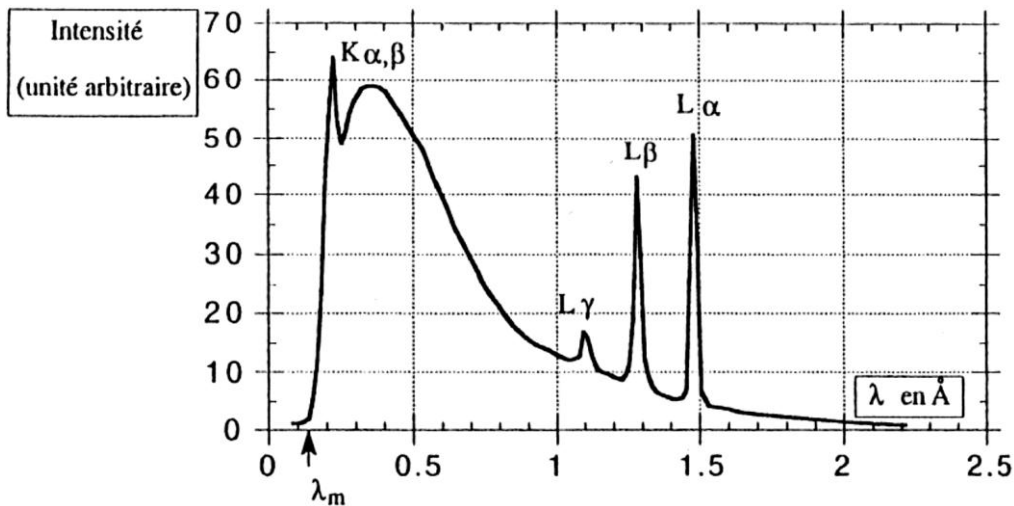
حجم الذرات، لذلك يمكنها التشتت عليها ولهذا تستعمل الأشعة السينية في تمييز المواضع النسبية للأشياء داخل البلورات مثلاً.

2.1. إنتاج الأشعة السينية:

أنبوب الأشعة السينية هو الأداة الأكثر شيوعاً لإنتاج الأشعة السينية. ويستخدم بشكل أساسي للتطبيقات في التصوير (الطب، الصناعة، المطارات)، تحليل العناصر (اختبار الجودة، الجرعة أثناء التفاعلات الكيميائية)، والانحراف (التحديد / دراسة البنية البلورية) وتتولد الأشعة السينية بعدة الطرق نذكر منها:

1. بإسقاط الأشعة الكاثودية والإلكترونات السريعة الحركة على ذرات العناصر.
2. بإسقاط فوتونات ذات طاقة كافية على ذرات العناصر كما في التأثير الكهروضوئي للأشعة السينية والذي يتبعه إعادة ترتيب الإلكترونات في الذرة فتؤدي إلى إنتاج الطيف المميز للأشعة السينية وتسمى هذه بالأطياف الفلورية للأشعة السينية.
3. بطريقة الأسر الكتروني التي ترافق التحولات النووية حيث تأسر النواة البنت الناتجة احد الكترونات الطبقة K القريبة من النواة فينتقل الكترون الطبقة L أو M ... باعثاً فوتون الأشعة السينية من نوع K_{α} أو K_{β} .

يولد الأنبوب الأشعة السينية من خلال عمليتين متميزتين: أشعة الكبح bremsstrahlung (الطيف المستمر) والفلورة fluorescence (الخطوط المميزة) كما هو موضح في الشكل 1:



الشكل 1. طيف الانبعاث لأنبوب الأشعة السينية.

أ. الطيف المستمر الناتج عن إشعاع الكبح:

لقد طور Kramers نظرية لتفسير الطيف المستمر للأشعة السينية واستخدم فيها معالجة تشبه معالجة بور لذرة الهيدروجين إذ استخدم النظرية الكلاسيكية لدراسة تصادم الإلكترونات السريعة مع ذرات الهدف وحساب الطاقة الإشعاعية الصادرة. ففي حالة الطاقات المنخفضة فإن التصادم يكون بصورة أساسية بين الإلكترونات السريعة الساقطة والإلكترونات الذرية لمادة الهدف حيث يكون التصادم مع النواة نادرا. ويحدث خلال هذه التصادمات تحول للطاقة وكمية المادة من الإلكترونات الساقطة لمادة الهدف فتظهر على صورة طاقة حرارية تؤدي لارتفاع كبير بدرجة حرارة الهدف. أما في حالة الطاقات العالية (خاصة عندما يكون العدد الذري للهدف كبيرا) فتصدر الأشعة السينية نتيجة لانحراف الإلكترونات عن مسارها تحت تأثير المجال القوي للنواة. تعطى شدة إشعاع الكبح بالصيغة التجريبية:

$$\int_{\lambda_m}^{+\infty} I(\lambda) d\lambda = k i V_a^2 Z$$

حيث k هو معامل التناسب، i هو شدة التيار القادم من الفتيل، ويقرأ بالملي أمبير على مولد الجهد العالي، و Z هو الرقم الذري للعنصر المكون للأنود.

ب. الخطوط المميزة للطيف:

يؤدي تصادم الإلكترونات المسرعة مع الأنود إلى تأين ذرات المعدن المكون له عن طريق إخراج بعض الإلكترونات باتجاه سلسلة حالات الطاقة $\frac{\hbar k^2}{2m_e}$ تكون الذرة المتأينة بعد ذلك في حالة مثارة وغير مستقرة، مع وجود "مكان" شاغر في إحدى طبقاتها الداخلية. تعود الذرات إلى الحالة المستقرة إما عن طريق ظاهرة التألُق (fluorescence) أو تأثير أوجيه (Auger effect) إزالة الإثارة الإشعاعية المقترنة بانبعث إلكترون أوجيه)

التألُق: هو أصل الخطوط المميزة للطيف لأنبوب الأشعة السينية، حيث يتم إعادة تنظيم الإلكترونات من خلال عودة الإلكترون من المستوي المثار إلى المستوى الشاغر ويصاحب ذلك انبعث فوتون بطاقة $h\nu$ تساوي الفرق بين المستويين بطاقة في العادة أكبر من $10^4 eV$ ، إن الفترة الزمنية لحدوث ذلك تكون قصيرة جدا أقل $10^{-9} s$ بمراعاة قواعد الانتقاء التي تحكم الانتقالات الإلكترونية في الفيزياء الذرية $(\Delta l = \pm 1, \Delta j = 0, \pm 1)$ يمكننا التنبؤ بطيف التألُق لجميع عناصر جدول Mendeleïev. من المهم ملاحظة أن المستويات الإلكترونية هي خاصية مميزة للذرة. وبالتالي، فإن تحليل طاقة

فوتونات التآلق يجعل من الممكن تتبع طبيعة الذرات التي انبعثت منها .وبالتالي ، فإن الطيف الخطي المميز لأنبوب الأشعة السينية سيعتمد على طبيعة الانود الخاص به (نحاس، موليبدان.....) ، على عكس طيف الإشعاع المستمر الناتج عن كبح الإلكترونات .

• تأثير أوجيه: هو عملية إزالة إثارة غير إشعاعية تحدث على مرحلتين (الشكل 4):

1. ينتقل إلكترون من المستويات العليا لملء المستوى الشاغر .
2. يتم امتصاص طاقة الفوتون المنبعث عند الانتقال مباشرة بواسطة الذرة ، مما يتسبب في تأين الذرة. وينطلق إلكترون يسمى إلكترون أوجيه..

2. الجانب التجريبي

يتكون الإعداد التجريبي من جهاز اشعة السينية يستخدم كمقياس طيف باستخدام محلل

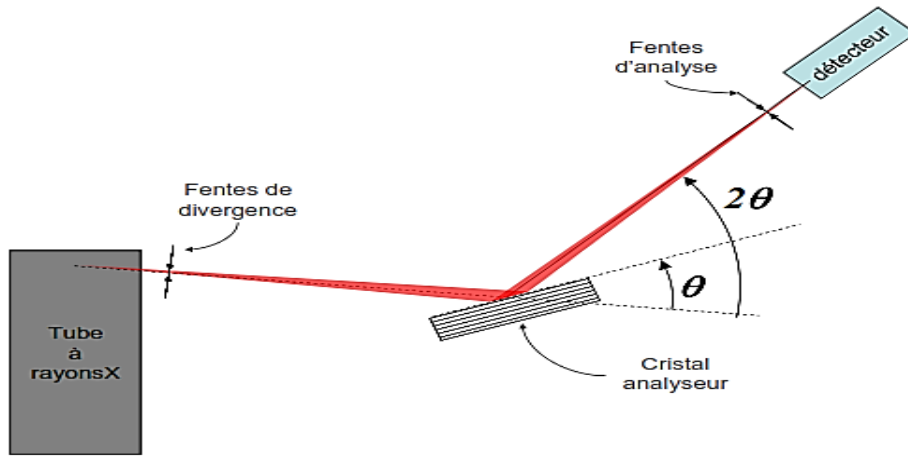
أحادي البلورة الشكل 1.

1.2. الاجهزة المستخدمة

1. جهاز أشعة سينية

2. كاشف اشعة

3. محلل أحادي البلورة



الشكل 1: التركيب التجريبي لطيف الأشعة السينية باستخدام محلل بلوري

نريد من خلال هذه التجربة دراسة طيف الإشعاع من أنبوب الأشعة السينية ، أي توزيع شدة الإشعاع كدالة لطاقة الفوتونات .

نظراً لعدم وجود كاشف حساس بدرجة كافية لطاقة الفوتونات ، يمكن استعمال محلل LiF البلوري (يوضع على دعامة مسطحة بمحور الدوران θ) المقطوع بالتوازي مع المستوي

البلوري (2 0 0) و الذي يتميز ب بمعاملات الشبكة ($a = b = c = 4.027 \text{ \AA}$)، والزوايا ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) او بلورة كلوريد الصوديوم المقطوعة بالتوازي مع المستوي البلوري (0 0 2) ذي معاملات الشبكة ($a = b = c = 5.640 \text{ \AA}$)، والزوايا ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$).
يتم وضع جهاز لعد فوتونات X على محور الدوران 2θ ، متحدة المركز مع المحور θ .
إن حركة مجموعة المحلل / الكاشف تتم بحيث يدور الكاشف بسرعة زاوية تبلغ ضعف سرعة البلورة. يتم فصل المكونات المختلفة للإشعاع متعدد الألوان عن طريق الانعراج على بلورة المحلل من اجل زاوية السقوط θ على البلورة، سوف نلاحظ الانعراج عند الزاوية 2θ لإشعاع ذو الطول الموجي λ وفقا لعلاقة براغ:

$$2d_{002} \sin\theta = n\lambda$$
حيث $2d$ هي المسافة بين المستويات البلورية (2 0 0) الموازية لسطح بلورة المحلل و n هي رتبة الانعراج
يتم قياس الانعراج على هذه المستويات فقط لان الانعكاس يتم بين الحزم الساقطة والمقاسة بالنسبة لسطح بلورة المحلل.

الجزء الاول

2.2. خطوات العمل:

1. اضبط الجهد على القيمة 20 kv و التيار على 6 mA
2. -تأكد من إزالة المرشح K_B و الشق الموضوع امام حزمة الاشعة السينية الواردة من الأنبوب
3. ضع الشاشة الفلورية في وسط مقياس الزوايا وسجل تأثير الإشعاع، كرر العملية بعد وضع فتحات التباعد 12/1 °، وفتحات التحليل 4/1 °. ما هو دور الشقوق؟ ما هو العنصر الذي تتكون منه الفتحات؟
4. سجل طيف الاشعة السينية في المجال الزاوي 2θ بين 5 و 120 درجة بخطوات 0.05 درجة، مع زمن عد 1 ثانية لكل خطوة، احسب زمن التسجيل.
5. باستخدام برنامج "Origin"، ارس طيف الاشعة السينية للأنبوب بدلالة للزاوية 2θ ثم الطول الموجي
6. حدد مجال الأطوال الموجية التي يمكن ملاحظتها. استنتج جميع العناصر التي يمكن ملاحظتها عن طريق التألق.

7. بين طريقة منهجية لتحديد عناصر الطيف التي تم الحصول عليها ثم ارسم جدولاً يوضح لكل عنصر الزاوية 2θ ، طول الموجة ورتبة الانتقال الملاحظة .
8. ما هو العنصر الرئيسي في الأنود؟ حدد العناصر الأخرى (المعروفة باسم "الملوثات") وبيان مصدرها إن أمكن.
9. ننتقل الآن إلى دراسة تفصيلية للخلفية المستمرة (الطيف "الأبيض") ، ما هي القيمة الصغرى للطول الموجي λ_{min} المنبعث في الطيف "الأبيض" للأنبوب؟
10. هل يمكننا حقاً تصنيف طيف إشعاع الكبح على أنه مستمر؟ فسر ملاحظتك بناءً على التأثير الكهروضوئي .
11. من خلال قانون براغ ، أوجد علاقة تعطي الفرق الزاوي $\Delta\theta$ المقاس بدلالة $\Delta\lambda$ ماذا تستنتج فيما يخص دقة التسجيل الطيفي للتركيب المستعمل؟ قارن التباعد الزاوي للخط الثنائي K_α للنحاس للترتبتين 1 و 2.

الجزء الثاني - اضافة مرشح النيكل Ni

3.2 . خطوات العمل

بالحفاظ على نفس معايير الضبط في الجزء الاول:

1. قم بتثبيت مرشح النيكل Ni في بداية أو أسفل بلورة المحلل .
2. سجل طيف الاشعة السينية في المجال الزاوي 2θ بين 5 و 120 درجة بخطوات 0.05 درجة ، مع زمن عد 1 ثانية لكل خطوة، ارسم طيف الاشعة السينية للأنبوب بدلالة طول الموجة ب Å ، بافتراض الانعراج من الرتبة الأولى على بلورة المحلل .
3. ما هي الاختلافات مع التسجيل السابق؟ بافتراض أن مرشح Ni يتفاعل مع الحزمة السينية بشكل أساسي عن طريق الامتصاص، اشرح شكل الطيف الجديد ثم مثل على نفس الرسم البياني معامل الامتصاص $\mu(\lambda)$ ل Ni و الطيف $I(\lambda)$ للنحاس.
4. يستخدم النيكل بعد أنبوب الأنود النحاسي "مرشح K_β " هل يمكننا استخدام عنصر آخر في الجدول الدوري؟ لماذا ؟
5. ما هو دور المرشح K_β ؟ هل الإشعاع المتحصل عليه أحادي اللون تماماً؟ اقترح طريقة أخرى للحصول على إشعاع أحادي اللون كلياً ؟

العمل التطبيقي رقم 06 امتصاص الأشعة السينية

الجزء الاول

الأهداف التجريبية:

1. دراسة امتصاص الأشعة السينية كدالة لسماك الممتص.
2. التحقق من قانون الامتصاص بير- لمبرت.

1. الجزء النظري

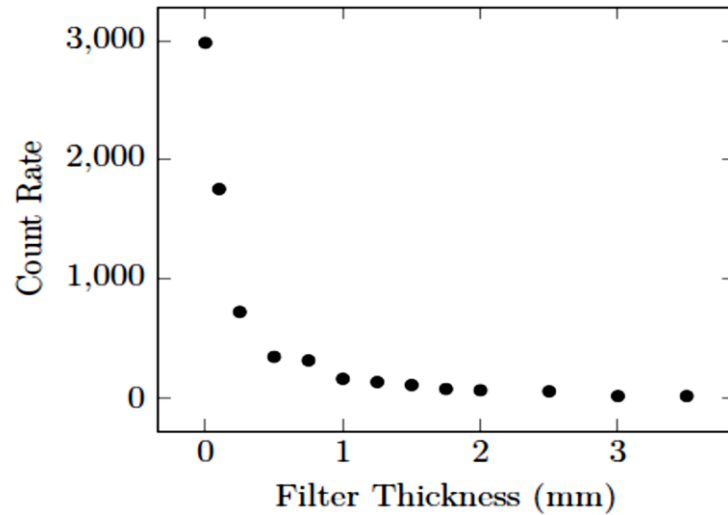
كانت إحدى الخصائص الأولى التي فحصها الدكتور رونتجن هي قدرة الأشعة السينية على اختراق المادة الصلبة. وجد أن مواد مثل الغازات والخشب والمطاط تمتص عددًا قليلاً نسبياً من الأشعة السينية. على العكس من ذلك ، حتى الصفائح الرقيقة جداً من المعادن الثقيلة مثل الرصاص أو البلاتين تمتص تقريباً جميع الأشعة السينية التي تحدث عليها ويعتبر الألومنيوم مادة ذات امتصاص وسطي للأشعة السينية.

سنقوم من خلال هذه التجربة بقياس امتصاص الألومنيوم للأشعة السينية. يمكن تقريب هذا الامتصاص من خلال قانون التناقص الأسّي التالي:

$$I = I_0 e^{-\mu l}$$

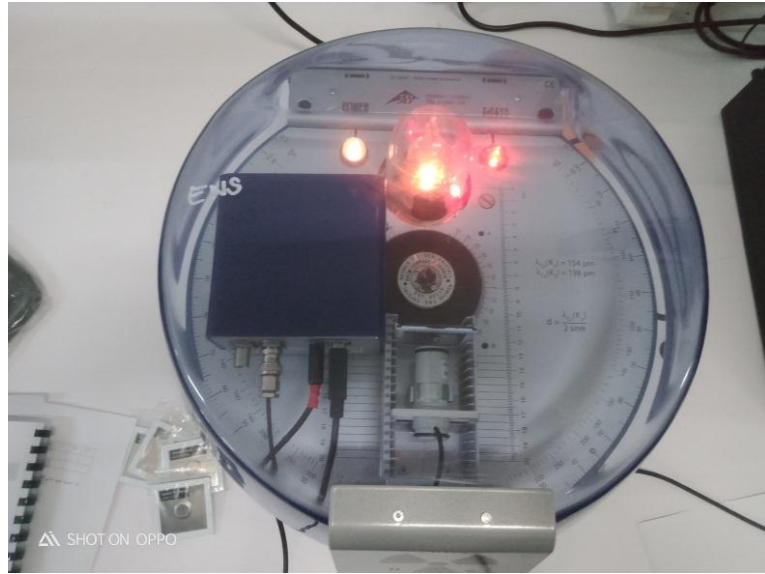
حيث: μ هو معامل الامتصاص ، l هو سمك الألومنيوم. نتحصل على المنحنى الموضح في

الشكل 1



الشكل 1.1: تناقص شدة امتصاص الألومنيوم للأشعة السينية بدلالة سمك الهدف

2. الاجهزة المستخدمة
4. جهاز أشعة سينية
5. عداد غير- ميلر
6. مادة ماصة متعددة السمك (الألمينيوم)



الشكل 2.1: التركيب التجريبي لتجربة امتصاص الاشعة السينية

1.1.2. خطوات العمل:

1. اضبط الجهاز على القيم الموضحة في الجدول التالي:

Setup

Physical Setup	
1 mm Primary Circular Collimator	Basic Port
Detector	E.S.2
TEL-X-Ometer voltage	30 kV
X-Ray tube current	5 μ A
Carriage arm position	0°
TEL-X-Driver	Removed from TEL-X-Ometer
TEL-X-Driver Software Setup	
Mode	Scaler Mode
High Voltage	Standard Setting
Counting Time	10 seconds

1. اضبط جهد الأنبوبة على القيمة 30 kV

2. اضبط تيار الانبعاث على $5\mu A$
3. اضبط عرض الخطوة الزاوية (angular step width) بالمقدار $\Delta\theta^\circ = 0^\circ$
4. اضبط زمن القياس 10 ms
5. أدخل المرشحات بين E.S.12 و E.S.16 ثم سجل شدة الإشعاع للأطياف المنبعثة وفقاً للجدول 1.

الجدول 1.

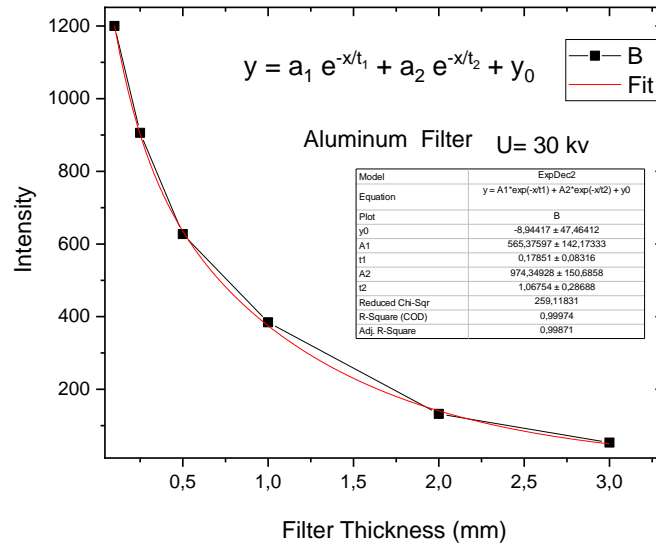
Épaisseur du filtre d (mm)	0	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
R(S ⁻¹)								

6. اضبط الجهد العالي للأشعة السينية إلى 20 كيلو فولت وكرر التجربة

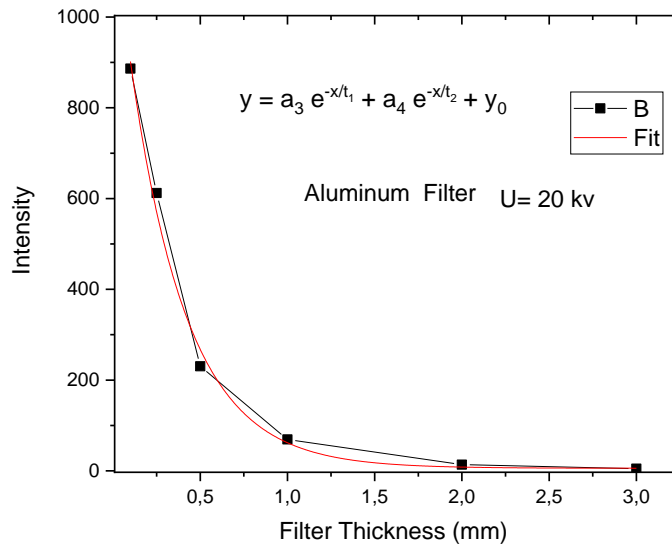
2.2. الاسئلة

1. باستخدام جدول بيانات وباستخدام برنامج Origin ، ارسـم المنحنى البياني الممثل لشدة الإشعاع كدالة لسمك المرشح او الممتص من اجل فرق جهد 30kv .
2. باستعمال البرنامج ، استخرج شكل الدالة التي تعبر عن شكل البيان. ماذا تلاحظ ؟
3. كرر الخطوة 1 من اجل فرق جهد 20 كيلو فولت. ماذا تلاحظ؟
4. باعتبار ان هناك تغيير في معامل الامتصاص ، كيف يبدو الفرق بين المنحنيين؟
5. إن حزمة الأشعة السينية المنبعثة من الجهاز ليست كلها لها نفس الطول الموجي وبما ان معامل الامتصاص متعلق بالطول الموجي لحزمة الاشعاع المنبعثة ، لذا فإن امتصاص الأشعة السينية لا يتبع انحلالاً أسياً بسيطاً و مع الأخذ في الاعتبار أنه عند ضبط فرق الجهد على القيمة 30kv ، يتم إنشاء إشعاع عالي الطاقة (الطول الموجي القصير) أكثر من 20 kv ، فهل تتوقع ان يكون معامل الامتصاص يزيد أو ينقص مع الطاقة؟

3. نتائج



الشكل 3.1: شدة النفاذية بدلالة سمك الممتص لمعدن الالمنيوم من اجل فرق جهد 30kv



الشكل 4.1: شدة النفاذية بدلالة سمك الممتص لمعدن الالمنيوم من اجل فرق جهد 20 kv

الجزء الثاني

قياس معامل الامتصاص عند قيم مختلفة لطاقة الأشعة السينية

في الجزء الاول من التجربة قمنا بدراسة امتصاص الألمنيوم للأشعة السينية ووجدنا أنها لا تتبع تناقصاً أسياً بسيطاً. وذلك لأن حزمة الأشعة السينية تحتوي على مجموعة من الطاقات المختلفة، والطاقات المختلفة لها قوة اختراق متفاوتة. سنقوم في هذه الجزء من التجربة بقياس معامل الامتصاص عند طاقات مختلفة.

2. خطوات العمل:

1. اضبط الجهاز على القيم الموضحة في الجدول التالي:

Setup

Physical Setup	
1 mm Primary Circular Collimator	Basic Port
X-Ray energy detector	E.S.25
TEL-X-Ometer energy	30 kV
X-Ray tube current	5 μ A
Carriage arm position	0°
MCALab Software Setup	
Display	Energy Representation
Counting Time	100 s
Channels	500

2. أدخل المرشحات بين E.S.12 و E.S.16 ثم سجل شدة الإشعاع للأطيف المنبعثة وفقاً للجدول 2.

الجدول 2.

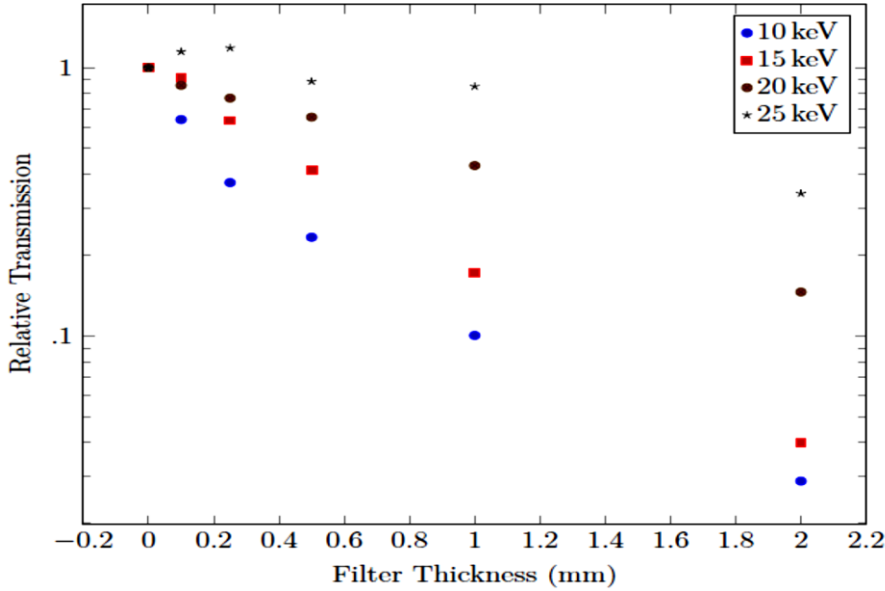
Épaisseur du filtre d (mm)	0	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	2.5
Temps (s)	100	100	200	300	400	600	
R(S ⁻¹)							

احفظ البيانات التي تم التقاطها في ملف من نوع mca.

3. الاسئلة:

1. أعد تسمية ملف mca. إلى ملف tsv. ثم افتحه باستخدام برنامج جداول بيانات.
2. احسب معدل العد لكل عمود بالقسمة على الزمن الكلي ، ثم احسب الانبعاث النسبي بحيث يمكن مقارنة الطاقات المختلفة بسهولة.
3. انسخ الصفوف لـ 10keV و 15 keV و 20 keV و 25 keV إلى جدول بيانات جديد.
4. من اجل كل قيمة للطاقة، أرسم المنحنى البياني لشدة الأشعة السينية كدالة لسمك الممتص. المنحنى الباني يتبع الشكل الأسي $I = I_0 e^{-\mu l}$
5. قارن المنحنيات المتحصل عليها في الجزء الثاني مع تلك التي تم الحصول عليها في التجربة السابقة – الجزء الاول .
6. قارن قيمة معامل الامتصاص μ لكل طاقة.
7. هل القيمة لأكبر لمعامل الامتصاص μ تقابل الزيادة أو النقصان في الامتصاص؟ هل يزيد الامتصاص أو ينقص مع الطاقة؟

نتائج:



الشكل 5.1: النفاذية النسبية بدلالة سمك الممتص عند طاقات مختلفة.

العمل التطبيقي رقم 7

توهين الأشعة السينية

الأهداف التجريبية:

3. دراسة توهين الأشعة السينية كدالة لسمك الممتص.
4. التحقق من قانون لا ميرت للتناقص.
5. اعتمادا على نوع مادة الممتص، إبراز الطول الموجي للتوهين.

1. الجزء النظري

يعد توهين الأشعة السينية واحدة من ظواهر التفاعل اشعاع مع المادة وهي مثال خاص للظاهرة الأكثر عمومية لتوهين الإشعاع الكهرومغناطيسي بالمادة ، في المنطقة البصرية من طيف E-M ، تجد هذه الظاهرة تطبيقاً طيفياً مهماً يعبر عليه بقانون Beer-Lambert. في منطقة الأشعة السينية ، يتميز هذا التوهين بمعامل الامتصاص للمادة او معامل التوهين كما يسمى غالباً، وهو مهم جدا في قياس طيف التآلق للأشعة السينية. نحاول من خلال هذا العمل التطبيقي، الإجابة على السؤال، "ما مدى عمق اختراق الأشعة السينية للمادة؟"

تضعف الأشعة السينية أثناء مرورها عبر المادة حيث كل تفاعل لفوتون الأشعة السينية مع ذرة من المادة يقلل من شدة الحزمة المارة عبرها. يعتمد مقدار هذا النقصان على عاملين:

- عمق الاختراق أو السمك (x) للمادة الهدف
- خاصية للمادة تسمى "معامل الامتصاص"

يمكن التعبير عن هذا التناقص في شدة الأشعة السينية المارة عبر المادة بمعامل التوهين

1.1. معامل التوهين:

يعبر معامل التوهين الخطي (μ) عن التضاؤل في شدة الأشعة السينية عندما تتفاعل مع جزيئات المادة ، عند تمرير حزمة من الأشعة السينية عبر هدف من مادة معينة

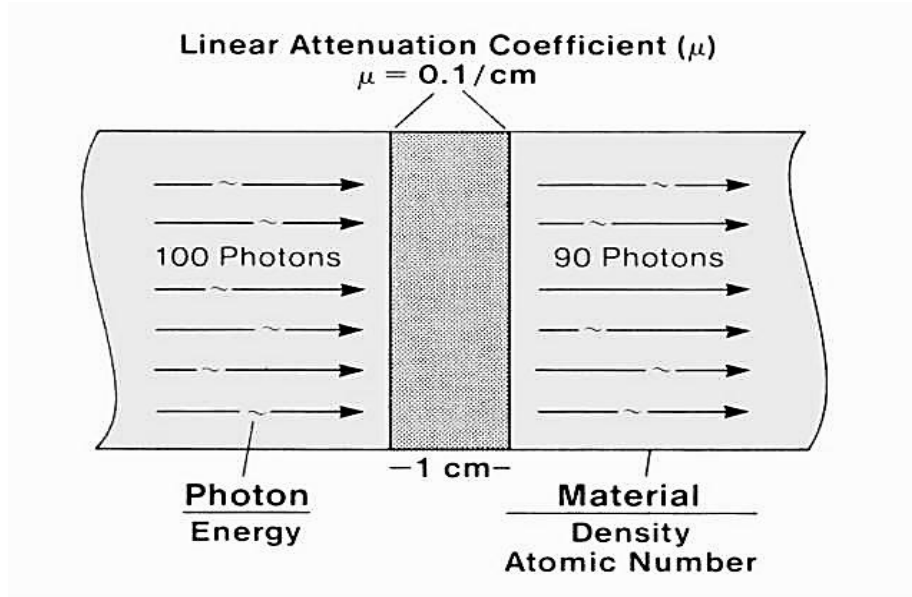
بسمك x ، الذي يؤدي في النهاية الى التغير في طاقة الفوتونات ويمكن معرفة ذلك من خلال حساب كثافة الاشعة المرسله أو الواردة والنافذة لحزمة ضيقة من الاشعة السينية - الشكل 1، ويحصل هذا التضائل أو التوهين لسببين هما التشتت والامتصاص.

ان تشتت الأشعة السينية على ذرات مادة الموهن تسبب تغيير اتجاه جزء من الإشعاع، وهذا يقلص الشدة باتجاهها الأصلي . ان هذا التشتت يمكن ان يكون مرن او يصحبه تغيير في الطول الموجي أي تشتت غير مرن.

في الامتصاص تنتقل كل طاقة الأشعة السينية الى ذرات أو جزيئات المادة المشعة مما يؤدي الى تهيج أو تأين الكترونات. سنقيس في هذه التجربة امتصاص الألمنيوم للأشعة السينية يمكن حساب نفاذية مادة موهنه من الإشعاع باستعمال العلاقة:

$$T = \frac{R}{R_0} \dots \dots \dots (1)$$

حيث R_0 معدل العد (counting rate) الأصلي أمام الموهن و R معدل العد بعده.



شكل 1.1: توهين الاشعة السينية كدالة لسماك المادة الممتصة

تعتمد النفاذية على سمك الموهن، إذا فرضنا إن خصائص الإشعاع الساقط تبقى دائما في تغير بالرغم من التوهين فان الزيادة في السمك x ، مقدارها dx تسبب نقصان النفاذية T بمقدار dT .

يتناسب التناقص النسبي للنفذية مع الزيادة المطلقة للسلك كالاتي:

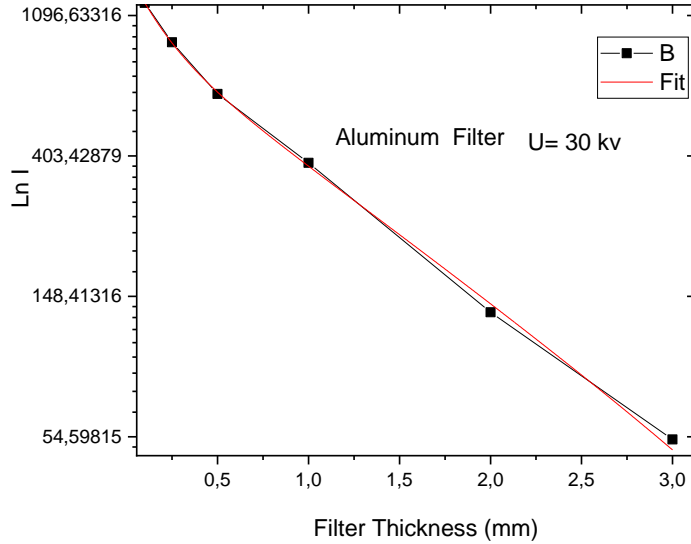
$$(2) \dots\dots\dots -\frac{dT}{T} = \mu \cdot dx$$

حيث μ هو معامل التوهين الخطي بالمكاملة نجد :

$$(3) \dots\dots\dots T = e^{-\mu x}$$

$$LnT = -\mu x \quad \text{أو}$$

وتدعى هذه العلاقة بقانون لامبرت للتوهين نسبة الى العالم جون هينريك لامبرت Johann Heinrich Lambert) ونتحصل على منحنى لوغاريتمي كما هو موضح بالشكل 2.1.



الشكل 2.1: تغيرات معامل التوهين بدلالة سمك الهدف لمعدن الالمنيوم

2. الاجهزة المستخدمة:

7. جهاز أشعة سينية

8. عداد غير

9. مادة ماصة متعددة السمك (الالمنيوم)

3. خطوات العمل:

التوهين كدالة لسلك الممتص باستعمال مرشح الالمنيوم (Aluminum).

1. اضبط جهد الأنبوبة على القيمة 30 kv

2. اضبط تيار الانبعاث على $5\mu A$

3. اضبط عرض الخطوة الزاوية (angular step width) بالمقدار $\Delta\theta^\circ = 0^\circ$

4. اضبط زمن القياس 10 ms

5. قم بقياس شدة الإشعاع لجميع المرشحات المدرجة في الجدول.

باستعمال مقبض التنظيم (adjust knob) نظم المواضع الزاوية للممتصات تقريبا الواحدة بعد

الأخرى ($0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$)، مبتدئا القياس بمفتاح المسح key (Scan) واعرض

متوسط معدل العد R بعد انقضاء زمن القياس بواسطة الضغط على الإعادة (Replay) ودون

النتائج في الجدول 1

الجدول 1.

Épaisseur du filtre d (mm)	0	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
R(S ⁻¹) (Aluminum)								

6. اعد التجربة من اجل مرشحات من الرصاص او النحاس وسجل النتائج في

الجدول 2.

الجدول 2.

Épaisseur du filtre d (mm)	0	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
R(S ⁻¹) (Plomb)								

4. الاسئلة:

1. أرسم المنحنيات الممثلة لتغيرات النفاذية بدلالة سمك الهدف.

2. استخرج قيمة معامل التوهين من اجل مرشحات الرصاص والألمنيوم, وقارن القيمتين

3. ما هي العوامل التي تؤثر على معامل التوهين؟

4. لماذا يستخدم الرصاص بدل الالمنيوم في صناعة الجدران الواقية من الاشعة ذات الطاقة

العالية مثل الاشعة غاما؟.

- [1]. *Valérie Thirion-Merle, Spectrométrie de fluorescence X ,Archéométrie et archéologie, UMR5138, Maison de l'Orient et de la Méditerranée CNRS, Université de Lyon,France*
- [2]. *Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard ,Mécanique quantique ;Cours de l'Ecole polytechnique, Février 2002 .P/17 ,18*
- [3]. *Instruction Manual 012-14265A, Electron Charge-to-Mass Ratio Model SE-9629*
- [4]. *Travaux Pratiques de Licence L3 - Mécanique Quantique II, UFR FACULTE DES SCIENCES.*
- [5]. *Cagnac, Pebay-Peyroula. Physique atomique 1, Dunod, 1971 N°8 TPI*
- [6]. *Joseph Dohm, TEL-X-Ometer X-Ray System Manual REV. 1.0, Editor: Stephen Starling February 26, 2014.*