تأثير الفولتية لأنبوبة الأشعة السينية عند أقصر طول موجي λ min

أسماء احمد عزيز

قسم الفيزياء، كلية التربية، جامعة تكريت، تكريت، جمهورية العراق

الملخص:

تـم دراسـة تـأثير الفولتيـة لأنبوبـة الأشـعة السـينية عنـد أقصـر طـول موجي λ min للطيف المتصل لهذه الأشعة. والتحقق من علاقة Hunt - Duane ، فقد تم أثبات العلاقة العكسية بين الفولتية المسلطة أقصر طول مـوجي، مـن خـلال جمـع أطيـاف الأشـعة السـينية عنـد فـروق جهـد مختلفةkV (15,20,25,30,35) لكل من بلورة NaCl وLiF ثم تعيـين λ min لكـل فولتيـة، وبالتـالي تعيـين ثابـت بلانـك (Plank Constant) عملياً .

الكلمـات الدالـة: طيف الأشـعة السينية المستمر، علاقة – Hunt Duane، ثابت بلانك

المقدمة:

فـي عـام1895م لاحظ ويلهلم روتـنجن Wilhelm Roentgen انبعـاث إشـعاعات قويـة الاختـراق ذات طبيعـة مجهولـة تتكـون عنـدما تصـطدم الكترونـات سريعة مـع جسم مـادي، أطلـق روتـنجن علـى هذه الأشـعة X- Ray لأنه لم يعرف طبيعتها، كما لاحظ أنها تتحرك بخط مستقيم ولا تتأثر بالمجـالات الكهربائيـة والمغناطيسية، وتنفذ خـلال مواد حاجبـة للضوء كما تسبب تـوهج المـواد الفوتوغرافيـة وكلمـا زادت سـرعة الالكترونـات المسببة، زادت نفوذية هذه الأشعة. عند زيادة عدد الالكترونات تزداد شدة حزمة هذه الأشـعة، حصـل روتـنجن بهـذا الاكتشـاف علـى جـائزة نوبـل للفيزيـاء عـام 1901 [1].

الصفة الكهرومغناطيسية للأشعة السينية أثبتت عمليا عام 1906 من قبل باركلا Barkla وذلك بتوضيح استقطابها Polarization [2].

فـي عـام 1912 أدرك مـاكس فـون لأوي Max- Van Laue بـان هذه الأشعة عبارة عن ضوء ذو طول موجي قصير جدا [3].

وفـي نهايـة عـام 1912م انبرى وليـام بـراك William Bragg لدراسـة ظـاهرة تشـتت الأشـعة السـينية بـذرات الشـبيكة البلوريـة. حيـث نجـح فـي استخدام البلورات كمحزز لحيود الأشعة السينية [4].

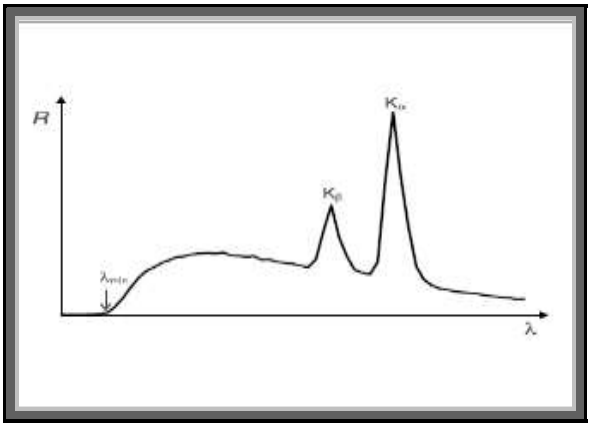
في عام 1915م اكتشفا العالمان الأمريكيان William Duane and Frank Line Hunt العلاقة العكسية بين حد الموجة القصيرة wave limit λ min short والفولتيـة المعجلـة علـى طرفـي أنبوبـة الأشـعة السينية [5] .

الجانب النظري:

الأشعة السينية عبارة عن موجات كهرومغناطيسية مشابهة لموجات الضوء ألا أن أطوالها الموجية محصورة من 10 pm إلى 10000 pm.

تنتج الأشعة السينية نتيجة تصادم الكترونات ذات طاقة عالية (سريعة جدا) مـع مـادة الهـدف. فعنـد توقفهـا أو تباطئهـا نتيجـة تصـادمها بمـادة الهـدف يصبح (أي الهدف) مصدراً للأشعة السينية[6] .

وعند قياس شدة الأشعة السينية المنبعثة عن هدف (النحاس مثلاً) كدالة لطـول موجتهـا بواسـطة مطيـاف بلـوري وجـد أن الطيـف النـاتج يتـألف مـن نوعين متميزين هما: طيف مستمر continuous Spectrum وطيف خطي مركب على الطيف المستمر line Spectrum كما مبين في الشكل (1).



الشكل (1): الطيف المستمر والطيف الخطي الحاد للأشعة السينية

ينـتج الطيـف الخطـي ينـتج بسـبب الإشـعاع النـاجم عـن أعـادة ترتيـب الالكترونـات المداريـة لـذرات مـادة الهـدف فـي مسـتويات الطاقـة المختلفـة. ويتكـون هـذا الطيـف مـن خطـين همـا مـن مميـزات مـادة الهـدف ويعرفـان بخطي α Kو β K [7].

أما بالنسبة للطيف المستمر فان العدد الأكبر من الالكترونات التي تصطدم مـع الهـدف المعـدني لأنبوبـة x-ray لاتعـاني اصـطدامات راسـية مـع ذرات الهـدف وإنمـا اصـطدامات جزئيـة أو زائفـة وتكـون نتيجتهـا فقـدان جـزء مـن الطاقة الحركية لهذه الالكترونات وتسبب زيادة كبيرة في حرارة الهدف وقد وجد أن معظم الطاقة الحركية لهذه الالكترونات يتحول إلى حرارة عالية تسبب تسخين الهدف ولهذا نحتاج إلى مجاري مائية لتبريده .وهكذا فان الالكترونات ذات الطاقة الحركية المعينة تولد فوتونات من أشعة سينية ذات طاقة عظمى معينة [4].

يمتاز الطيف المستمر للأشعة السينية بان اقصر موجة فيه λ min تقل بزيـادة فرق الجهد بين قطبي الأنبوبـة. حيـث أن بزيـادة الجهـد بـين قطبـي أنبوبـة x-ray فـان قيم λ min تصـغر ولا تتباطأ الالكترونـات بنفس الطريقـة فبعضـها يتوقـف بتصـادم واحـد ويعطـي جميـع طاقتـه مـرة واحـدة والبعض الأخر يفقد طاقته الحركية بعد اصطدامات متعاقبة .

أن الالكترونـات التـي تقـف بتصـادم واحـد تعطـي الفوتونـات ذات الطاقـة العالية منتجة أشعة سينية ذات أطول موجية قصيرة [8].

وان طاقة الفوتون ذو الطاقة العالية تساوي الطاقة الحركيةeV للالكترونات أي إن :-

$$E_{max} = h f_{max} = eV \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث إن :-

ثابت بلانك $h = 6.6256 \cdot 10^{-34}$ Jsec.

شحنة الإلكترون $e = 1.6021 \cdot 10^{-19}$ As.

الجهد المسلط :V ، التردد: f

وقد بين العالمان Duane and Hunt أن حد الموجة القصيرة للطيف المتصل يتناسب عكسيا مع الجهد المسلط بين قطبي الأنبوبة ويمكن توضيح هذه النتيجة من المعادلة:-

$hf_{max} = hc / \lambda \min$ ..... (2)

$eV = hc / \lambda \min$ ..... (3)

وبتعويض عن h,c,e ($c=3\times10^8$ ms^{-1} سرعة الضوء) بما يساويها في المعادلة أعلاه ينتج:-

$\therefore \lambda \min$ (Pm) = 1240000 /V ..... (4)

هذه العلاقة تعطى القيمة الصغرى لطول الموجة لان الإلكترون لا يمكن أن يفقد طاقة أكثر من مايمتلك [9] .

وعند رسم العلاقة البيانية بين مقلوب فولتية الانود $(V)^{-1}$ كدالة لحد الموجة القصيرة $\lambda \min$ فان العلاقة خطية وطردية وثابت التناسب [10] : -

The Proportionality Factor (A)

$A = hc / e$ .....**(5)**

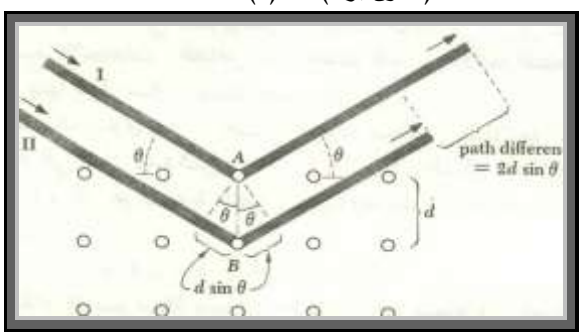
وأيضا يمثل الميل لهذه العلاقة:-

$$m = \frac{\lambda \min}{1/V} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

فإذا سقطت الأشعة السينية على سطح بلورة مثل كلوريد الصوديوم NaCl أو فلوريد الليثيوم LiF فأنها سوف تتشتت في جميع الاتجاهات. وبما أن الذرات في البلورة مرتبة على شكل مستويات تسمى مستويات براك فان الأشعة المتشتتة باتجاهات معينة سوف تتداخل فيما بينها تداخلا بناءً بينما يكون التداخل في الاتجاهات الأخرى تداخلاً أتلافياً.

أن شرط الحصول على تداخل بناء للأشعة السينية عندما تسقط حزمة من الأشعة السينية طولها ألموجي λ على بلورة بزاوية θ شكل (2). فأن التشتت يحصل في جميع الاتجاهات لكن التداخل البناء يحدث فقط أذا كانت الأشعة المشتتة توازي بعضها البعض. وان فرق المسار بينهما يكون مساوياً أو من مضاعفات الطول الموجي (....و λ 3 و λ 2 و λ) . فإذا كانت d تمثل المسافة الفاصلة بين مستويين متجاورين من مستويات البلورة فان[11]:

$2d\sin\theta = n\lambda$ .....(7) (قانون براك)



الشكل (2): الأشعة الساقطة والأشعة المنعكسة من مستويات براك

الهدف من البحث :

١. دراسة تأثير الجهد المعجل لأنبوبة الأشعة السينية على الطيف المستمر وقيمة اقصر طول موجي($\lambda \min$).

٢. التحقق من العلاقة الطردية بين مقلوب فولتية الانود وحد الموجة القصيرة $\lambda \min$ واثبات علاقة Duane –Hunt .

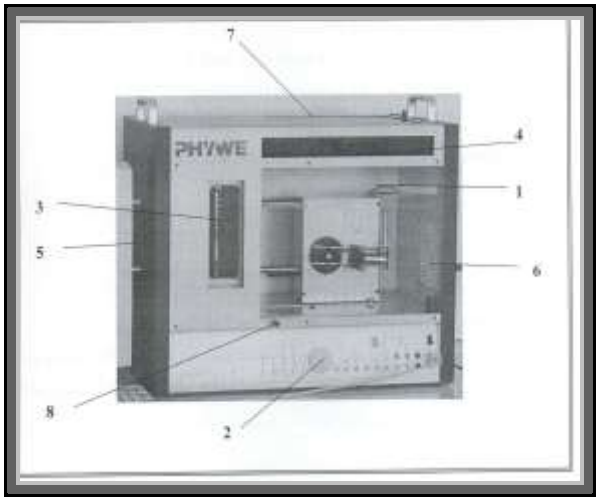
٣. إيجاد ثابت بلانك عملياً .

الجانب العملي:

الأجهزة المستخدمة :

أولاً: جهاز وحدة الأشعة السينية X-Ray Basic Unit (35KV)

تم تجهيزه من قبل شركة PHYWE الألمانية ويتكون من الأجزاء الآتية [12] كما موضح بالشكل (3).



الشكل (3) : جهاز وحدة الأشعة السينية

١. **مساحة التجربة Experimenting Area** :

مساحة أو فضاء داخل وحدة التوليد X-Ray لوضع معدات أو مواد أخرى مثل الجونيومتر Goniometry.

٢. **لوحة السيطرة Control Panel :**

يتم من خلالها التحكم بجميع القيم التي يتم تغذيتها للجهاز مثل (الزمن ، التيار، الفولتية ، الزوايا وأيضا عمل الجونيومتر).

٣. **نافذة المشاهدة Observation Window :**

يتم من خلالها ملاحظة عمل أنبوبة الأشعة السينية.

٤. **العارض الرقمي Digital Displays**:

يعرض اثنان من القياسات وبدقة أربعة مراتب مثل عرض الزاوية θ مع الشدة Intensity.

٥. **الجزء الخاص بإدخال الأنبوبة Tube-Insert Compartment.**

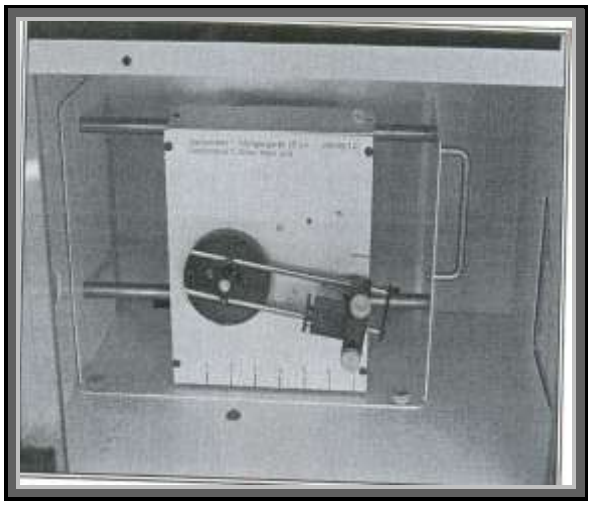
٦. **الشاشة المتفلورة Fluorescent Screen.**

٧. **صندوق الملاحق Accessory box.**

٨. **قفل الباب Door-Lock : وفيه يتم التحكم بغلق الباب الزجاجي.**

ثانياً : الجونيومتر Goniometry

قالب يحتوي على محركين يعملان بصورة منفصلة عن الأخر. احدهما يثبت عليه عداد كايكر–مولر والأخر تثبيت عليه البلورات ويدور بشكل مستقل أو بعلاقة زاوية بين الكاشف والبلورة، كما موضح في الشكل (4). والجهاز المستخدم في هذه الدراسة من صنع شركة PHYE الألمانية طراز 09058.10.



الشكل (4) : جهاز الجونيوميتر

ثالثاً : المسدد Collimator

يعمل على تسديد الأشعة المنبعثة من أنبوبة توليد الأشعة السينية والساقطة بصورة زاوية على البلورة. والمسدد المستخدم في هذه الدراسة من نوع Zr ذات قطر (0.05mm).

رابعاً : عداد كايكر– مولر G-M Counter

يتكون من أنبوبة زجاجية تحتوي على قطب اسطواني يمثل الكاثود وقطب أخر عبارة عن سلك رفيع في محور القطب الاسطواني يمثل الانود لاحظ الشكل(5). تملأ الأنبوبة عادةً إلى ضغط حوالي عشرة مليمترات من الزئبق بخليط من الاركون[13].

الشكل (5) : أنبوبة عداد كايكر– مولر

لهذه الأنبوبة القابلية على التحسس بالإشعاع وذلك بالاعتماد على التأين الذي يحدثه الإشعاع في الغاز داخل الأنبوبة فتتجمع الايونات السالبة على الانود والموجبة على الكاثود [14].

خامساً : أنبوبة الأشعة السينية X-Ray tube

تتكون من أنبوبة مفرغة من الهواء لكي تسمح للالكترونات بالوصول إلى الهدف دون عرقلة. وعند مرور التيار الكهربائي يسخن الكاثود فيوفر للانود الكترونات عن طريق الانبعاث الحراري .

يسلط فرق جهد عالي قد يصل إلى 35kV بين الكاثود والانود (الهدف المعدني)، وهذا الجهد يعمل على تعجيل الالكترونات. الأنبوبة المستخدمة في هذه الدراسة أنبوبة النحاس Cu-tube من صنع شركة PHYE الألمانية طراز 09058.50 .

سادساً : البلورات Crystals

بلورة فلوريد الليثيوم من طراز 09056.05 (LiF single-crystal, mounted)

بلورة كلوريد الصوديوم طراز 09058.01 (NaCl single-crystal)

طريقة العمل:

بعد تهيئة منظومة الكشف والقياس الخاصة بوحدة X-Ray Unit. نضع بلورة كلوريد الصوديوم الأحادية NaCl على محرك الجيومنيوتر الخاص بها. ونثبت قيمة الزمن Timer =30 min , Gate Time=6sec , وفولتية الانود H.V.=15KV وتيارالانود I=1mA .

ندور المحرك بحيث تكون زوايا دوران الكاشف ضعف زوايا دوران البلورة وابتداً من 1° إلى 60° وبخطوات منتظمة مقدارها 1° .

نحكم غلق الباب الزجاجي ثم نشغل الجهاز لقياس شدة الأشعة السينية Intensity كدالة لزاوية التشتت 2θ.

ثم نكرر الخطوات السابقة بنفس المعطيات لقياس شدة الأشعة السينية كدالة لزاوية التشتت 2θ وبفولتيات KV (20,25,30,35).

نبدل بلورة NaCl ببلورة LiF ثم نكرر الخطوات السابقة لقياس شدة الأشعة السينية كدالة لزوايا التشتت 2θ وبفولتيات KV (15,20,25,30,35).

النتائج والمناقشة:

تم حساب طول الموجة للأشعة السنية λ بتطبيق قانون براك معادلة (7)، حيث تمثل d المسافة البينية بين المستويات الذرية [15] .

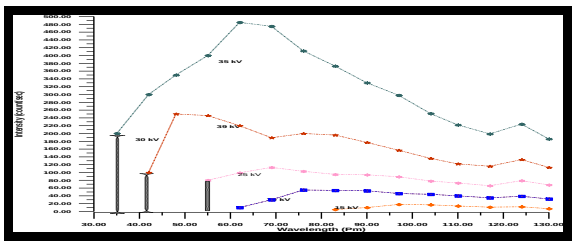
d (NaCl) = 282 nm

d(LiF) =201 nm

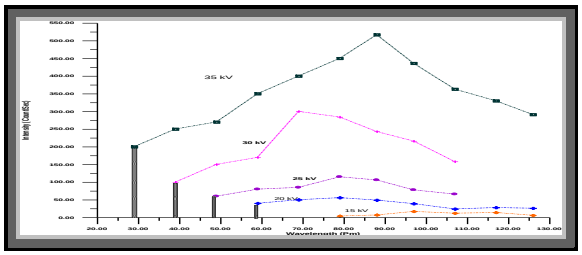
$2d\sin\theta = n\lambda$

$\therefore \lambda = 2d\sin\theta$ ، n =1

وبرسم العلاقة البيانية بين مقطع(section) من λ (pm)المقابل لكل زاوية من زوايا التشتت كدالة لشدة الأشعة السينية Intensity(Count/sec) لبلورة NaCl شكل(6) ، ولبلورةLiF شكل(7) ، وللفولتيات KV(15,20,25,30,35) ، ونعين λ min عملياً، وذلك بتسقيط عمود من أوطأ شدة لكل فولتية بحيث يقطع المحور λ [16].



شكل (6): الطول ألموجي (Pm) كدالة لشدة الأشعة السينية لبلورة NaCl وللفولتيات (15,20,25,30,35)kV



شكل(7): الطول ألموجي (Pm) كدالة لشدة الأشعة السينية لبلورة LiF وللفولتيات (15,20,25,30,35)kV

ومن معرفة قيمة أقصر طول موجي λ min لطيف الأشعة السينية المستمر عند فروق جهد مختلفة بين قطبي أنبوبة الأشعة السينية، يمكن تعيين ثابت بلانك (Plank Constant) [17].

والجدول (1) يوضح القيم العملية للفولتية، ومقلوب الفولتية المسلطة، وحد الموجة القصيرة لكل فولتية والمحسوبة من الرسوم البيانية لبلورة NaCl و LiF على التوالي.

جدول(1) :-القيم العملية للفولتية، ومقلوب الفولتية المسلطة، وحد الموجة القصيرة λ min لبلورة NaCl و LiF على التوالي.

V (kV)	$1/V\times10^{-6}(V)^{-1}$	λ min (Pm) NaCl	λ min (Pm) LiF
15	66.666	79	83
20	50.000	59	62
25	40.000	48	55
30	33.333	39	42
35	28.571	28	35

والجدول(2) يوضح قيم λ min النظرية المحسوبة من المعادلة (4) والعملية لكل من بلورة NaCl ، LiF ونسبة الخطأ المئوية.

جدول (2):- قيم λ min النظرية والعملية ونسبة الخطأ المئوية لكل من بلورة LiF, NaCl.

V (kV)	λ min (Pm) eq(4)	λ min (Pm) exp NaCl	Error %	λ min (Pm) exp LiF	Error %
15	82.6	79	4.3	83	0.4
20	62.0	59	4.8	62	0
25	49.6	48	3.2	55	10
30	41.3	39	5.5	42	0.7
35	35.4	28	20	35	1.1

وبرسم العلاقة البيانية بين مقلوب الفولتية المسلطة$(V)^{-1}$ كدالة لطول الموجة القصيرة λ min لبلورة NaCl و LiF المقاسة من الرسوم البيانية. كانت العلاقة طردية وخطية، وبالتالي التناسب بين الفولتية المسلطة وحد الموجة القصيرة تناسب عكسي، وثابت التناسب Proportionality Factor (A) يساوي حسب العلاقات (5) و(6):-

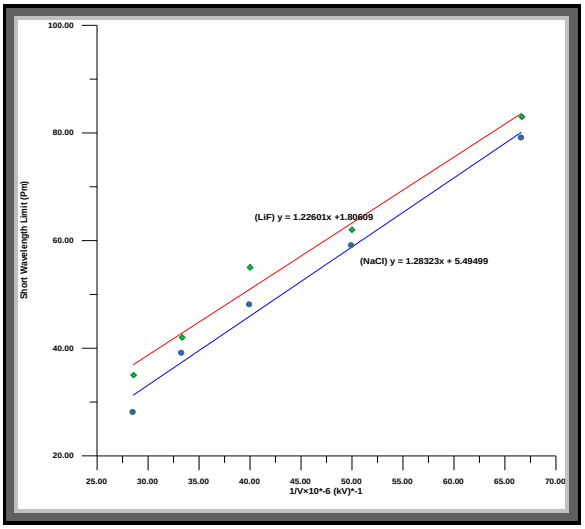
$$A = \frac{hc}{e} = \frac{\lambda \min .}{1/V} \quad \text{.....(8)}$$

$$\therefore h = \frac{e(slope)}{c} \quad \text{..... (9)}$$

ولإيجاد أفضل قيمة للخط البياني تم استخدام معادلة الخط المستقيم التالية :-

$$y = mx + c$$

ومن الشكل(8) نحصل على الميل الأول والثاني .



شكل (8) :- مقلوب الفولتية المسلطة كدالة لحد الموجة القصيرة λ min لبلورة NaCl و LiF

Slope (NaCl) = 1.28323×10^{-6}(V.m)

Slope (LiF) = 1.22601×10^{-6}(V.m)

وبتطبيق المعادلة (9) يمكن إيجاد قيمة ثابت بلانك عملياً.

والجدول (3) يبين القيم العملية والقيم النظرية ونسبة الخطأ المئوية لثابت بلانك(h) لبلورات NaCl و LiF .

جدول (3): القيم العملية، والقيم النظرية، ونسبة الخطأ المئوية لثابت بلانك لبلورةNaCl و LiF

Crystal type	Plank Constant	Plank Constant exp.	Error %
NaCl	$6.6256 \cdot 10^{-34}$ Jsec	$6.8531 \cdot 10^{-34}$ Jsec	3.4
LiF	$6.6256 \cdot 10^{-34}$ Jsec	$6.5522 \cdot 10^{-34}$ Jsec	1.1

الاستنتاجات:-

١.أظهرت نتائج الدراسة الحالية ، أن العلاقة بين الفولتية المسلطة على طرفي أنبوبة الأشعة السينية للطيف المستمر وحد الموجة القصيرة علاقة عكسية.

٢.أظهرت النتائج العملية لـ λ min توافقاً جيداً مع النتائج المحسوبة نظرياً ولكل من بلورة NaCl و LiF .

٣.قيمة ثابت بلانك المستخرجة عملياً من الرسم البياني، لكل من بلورة NaCl و LiF كانت قريبة من القيمة النظرية .

المصادر:

١- ، ارثر بيريز، ترجمة منعم مشكور، شاكر جابر شاكر، مفاهيم في الفيزياء الحديثة: الفصل الثاني ص60، طبعت بدار الكتب للطباعة بغداد – (1980) .

2- C.G. Barkla, Phil. Mag., 21, 648 (1911).

٣- طالب ناهي الخفاجي، عباس حمادي، هرمز موشي، الفيزياء الذرية (الجزء الأول): الفصل الرابع ص183، مطابع جامعة بغداد – (1980).

٤- محمد احمد الجبوري، كمال نصر عبد النور، الفيزياء الحديثة: الفصل الخامس ص177، طبعت بدار الكتب للطباعة والنشر–جامعة الموصل– (1986).

5- J.P.William, Nuclear Radiation Detection : United State of America. Me Grow-Hill-(1965).

6- T.A.Littefield and D.Van Chorley, Atomic and Nuclear Physics, Nostrand Company Ltd Toronto-(1968).

7- J.C. Willmott, and J.W.Arrowsmith , Atomic Physics Ltd (1978).

8- Atomic and Nuclear Physics, Leybold Didold Didactic Gmbtt, Printed in the Federal Republic of Germany (2006).

9- H.D. Youn and R.A. Freedman, University Physics, tenth edition: chapter 38-7 pag, (2005).

10- Physical Sciences : www.aamc.org/mcat, copyright (2003).

11- F.K. Richtmyer and E.H.Kennard, J.N.Cooper Tata, Introduction to Modern Physics, McGraw-Hill Publishing company Ltd Newdelhi-(1976).

12- Phywe series of publicatation, phywe system GMBH,37070 Germany.

١٣– سالم الشماع، خليل إبراهيم، تجارب في الفيزياء الحديثة : الفصل الرابع ص 161 ، مطبعة جامعة الموصل–(1985).

14- R.B.Heslop and K.Jones, Inorganic Chemistry, Amsterdam-Oxford-New York, Elsevier Scientific, Publishing Company (1976).

١٥– طالب ناهي الخفاجي، عباس حمادي، هرمز موشي، الفيزياء الذرية (الجزء الثاني): الفصل التاسع ص339، مطابع جامعة بغداد–1980.

16- Association of American Medical, www. Aamc.org/mcat, copyright (2003).

17- http:www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/ ahematicians/Lambert.htm.

Effect of X-Ray tube Voltage on Short wavelength limit λ min

Asmaa Ahmad Aziz

Department of Physics , College of Education, University of Tikrit, Tikrit,Iraq

Abstract:

We studied the effect of the X-ray tube high voltage on short wavelength limit λ min of continuum spectrum of x-ray tube . And confirm the Duane - Hunt relation and verify the inverse proportionality between the limit wavelength and tube high voltage and by gathering spectrum of x-ray at the voltage range of (15,20,25,30,35) kV, for the crystals NaCl, LiF then determine λ min for all voltages, later determine Plank Constant experimentally.