

استخدام الأشعة السينية لتحديد موقع وطول جسم معدني منغمر في قطعة خشبية

أحلام الطاهر بعيج^{1*}، نوارة محمد صالح¹، حنان عبد الله كردوم¹
¹ قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة غريان، غريان، ليبيا

Using X-Ray to Determine the Location and Length of a Metal Object Embedded in a Piece of Wood

Ahlam Taher Baiej^{1*}, Nawara Mohamed Saleh¹, Hanan Abdu Allah Kardom¹
¹ Department of Physics, Faculty of Science, University of Gharyan, Gharyan, Libya

*Corresponding author

Ahlaam.baiej@gu.edu.ly

*المؤلف المراسل

تاريخ النشر: 2025-01-01

تاريخ القبول: 2024-12-05

تاريخ الاستلام: 2024-10-01

الملخص:

للأشعة السينية تأثير على الألواح الفوتوغرافية وتأيين الهواء المحيط بها وكذلك قدرة على اختراق المواد نسبياً فهي تمتص بصورة أقوى من قبل العناصر ذات الوزن الذري الكبير. فوتونات الأشعة السينية لها طاقة عالية وبالتالي يمكنها اختراق عدة سنتيمترات من المادة الصلبة. ومن ثم يمكن استخدامها لتصوير الأجزاء الداخلية للمواد الغير شفافة للضوء العادي حيث يتم وضع الجسم المراد تصويره بين مصدر الأشعة السينية وكاشف الكتروني أو قطعة من فيلم فوتوغرافي حيث يتم امتصاص الأجسام للأشعة بناء على التركيب الداخلي للمادة مما يتيح إنتاج صورة مفصلة للجسم وبناء على كثافة المادة يتم عرضها بألوان وضلال مختلفة فتتفاعل الفوتونات مع المادة على هيئة تشتت وهي العملية الأساسية المسؤولة عن انحراف الأشعة عن مسارها الأصلي أو على هيئة امتصاص (انتقال الطاقة من فوتون الأشعة السينية إلى المادة). حيث تم تحديد طول وموضع جسم ما بناء على صورة الأشعة السينية المقطعية للدبوس المعدني مدمج أو مثبت في كتلة خشبية كنموذج مرجعي وهذا ما تم دراسته في هذا البحث والاستفادة من أهمية الأشعة السينية في التصوير المقطعي.

الكلمات المفتاحية: الأشعة السينية، قانون الامتصاص، تفاعل الإشعاع مع المادة، معامل الامتصاص الكتلتي.

Abstract

X-ray have an effect on photographic plates and ionize the surrounding air, and are also able to penetrate relatively well in to materials, being absorbed more strongly by elements with alary atomic weigh. X-ray photons have high energy and can penetrate several centimeters of solid matter, they can be used to image the interior of materials that are not transparent to ordinary light. The object to be imaged is placed between the X-ray source and an electronic detector or apiece of photographic film. The objects absorb the rays based on the internal structure of the material, which allows to produce a detailed image of the object is produced and based on the density of the materials it

is displayed in different colors and shades. This study provides training in determining the length and position of an object based on an X-ray image. A metal pin that is embedded in a wooden block is used as the model. This study is also an excellent preparatory exercise for demonstrating the principle of computed tomography.

Keywords: X-ray radiation, Low of absorpton, Radiation interaction with matter, Mass absorption coefficient.

مقدمة:

الأشعة السينية هي نطاق من الطيف الكهرومغناطيسي وتقع بين أشعة جاما العالية الطاقة والأشعة فوق البنفسجية الأقل في الطاقة وبالتالي فهي أشعة غير مرئية، إلا أن طاقة فوتوناتها أكبر من طاقة الأشعة المرئية بكثير مما يعني أن ترددها كبير وطولها الموجي قصير [1-3]. وتنتج الأشعة السينية عندما يسقط الشعاع الكهرومغناطيسي على المادة، فتمتص جزيئات المادة الأشعة السينية مما يؤدي إلى حدوث انتقالات الكترونية بين مستويات الطاقة في الذرات المكونة لجزيئات المادة، كالتالي تحدث عند امتصاص الأشعة فوق البنفسجية أو المرئية ولكن هنا تكون الطاقة أعلى بكثير مع ملاحظة وجود تغيرات تذبذبية ودورانية أيضا في جزيئات المادة والمعروف أن الإلكترونات تشغل مستويات طاقة أو مدارات مختلفة حول النواة في الذرة [4-6].

عند حدوث التفاعل بين الأشعة السينية والمادة ويتم إطلاق فوتون (طاقة) فنتيجة للتصادم المباشر بين الفوتون الساقط وأحد الإلكترونات المرتبطة بالذرة تنتقل طاقة الفوتون إلى ذلك الإلكترون وينطلق تاركا ذرته ويسمى الإلكترون المنبعث بالإلكترون الكهروضوئي وهذا يعني أيضا ان الذرة التي فقدت الكترون واحد في حالة مؤينة أي ذات شحنة موجبة وهو ما يعرف بالتأثير الكهروضوئي. ويمكن التعبير عن هذه الطاقة وفقا للعلاقة [2-14].

$$E = h\nu - \omega \quad (1)$$

حيث أن:

E طاقة الإلكترون المنبعث.

$h\nu$ طاقة الفوتون الساقط.

ω طاقة ربط الإلكترون بالذرة.

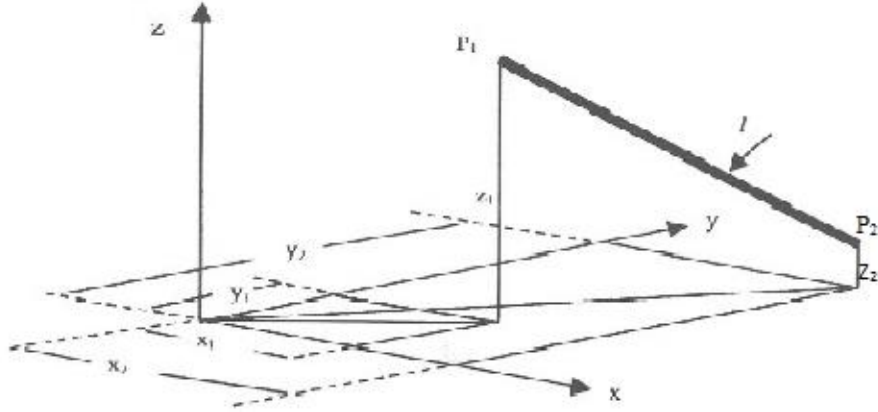
وعندما يصطدم فوتون الأشعة السينية مع الكترون في ذرة ما فإذا كانت طاقة الفوتون غير كافية لطرد الإلكترون من المادة فإن اتجاه الفوتون الساقط يتغير مع فقد جزء من طاقته وهذه الطاقة تنتقل مباشرة إلى الإلكترون المرتبط بالذرة ويعتمد مقدار الطاقة المكتسبة بواسطة إلكترون الذرة على زاوية تبعثر الفوتون فقط وتكون أقصى طاقة يكتسبها الإلكترون من الفوتون عند الزاوية 180° . أي عندما يرتد إلى الخلف ويساهم انحراف الأشعة السينية في عدم وضوح صورها ولكن هذا الإسهام بسيط في العادة بسبب الطاقات المنخفضة نسبيا للأشعة السينية الساقطة وهذا يوضح عملية تأثير كومبتون [7-12].

الهدف من البحث:

تحديد طول دبوس معدني لا يمكن رؤيته من خلال صور الأشعة السينية. وكذلك تحديد الطول الحقيقي للدبوس من خلال أخذ التكبير الذي ينتج عن تباعد الأشعة السينية في الاعتبار.

النظرية:

يمكن تحديد طول وموقع دبوس معدني لا يمكن رؤيته من خلال صور الأشعة السينية لمستويين مختلفين في زاوية قائمة على بعضهما البعض. يوضح الشكل (1) الموضع البياني لدبوس معدني بطول L في نظام إحداثيات قائم الزاوية [8-15].



الشكل (1): نظام إحداثيات قائم الزاوية في الفراغ

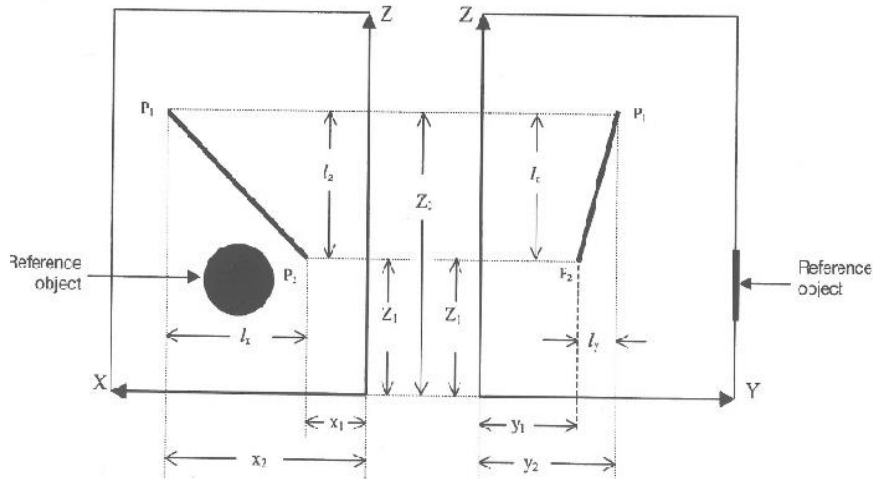
يتم تحديد طرفي الدبوس الذي يقع بشكل غير مستقيم في هذا النظام من خلال الاحداثيات $P_2(x_2, y_2, z_2)$, $P_1(x_1, y_1, z_1)$ حيث أن:

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (2)$$

$$L_y = y_2 - y_1, L_z = z_2 - z_1, L_x = x_2 - x_1 \quad (3)$$

$$L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2} \quad (4)$$

لتحديد الموضع الزاوي للدبوس بالنسبة للمحاور الموجبة لنظام الاحداثيات يجب علينا أن نأخذ في الاعتبار لكل محور خطاً يبدأ من أحد طرفي الدبوس ويمتد بالتوازي مع المحور الى الموضع المستقر للطرف الاخر للدبوس كما في الشكل (2) [10-13].



الشكل (2): شكل تخطيطي لمساقط الدبوس المعدني في المستوى (x,z) والمستوى (y,z) .

وعليه يكون جيب التمام الاتجاهي لهذه الخطوط يعطى بالعلاقات التالية:

$$\cos \alpha = L_x/L, \cos \beta = L_y/L, \cos \gamma = L_z/L \quad (5)$$

يتم تعريض الدبوس المعدني لحزمة متباعدة من الأشعة السينية ونظرا لأن الدبوس على مسافات مختلفة من الفيلم على طوله فسيتم تصويره وفقا لذلك بتكبيرات مختلفة يتم استخدام جسم مرجعي يحمل في المنتصف صفيحة معدنية دائرية بقطر (d= 30mm) لتحديد عامل التكبير المتوسط (v) [5-9]. عندما يكون قطر الصفيحة المعدنية الدائرية كما هو موضوع على الفيلم يكون d^* فان عامل التكبير يكون:

$$V=d^*/d \quad (6)$$

وبالتالي فان الطول الحقيقي للدبوس المعدني الموضوع بشكل مائل هو:

$$L_{corr}= L/ V \quad (7)$$

الجانب العملي:

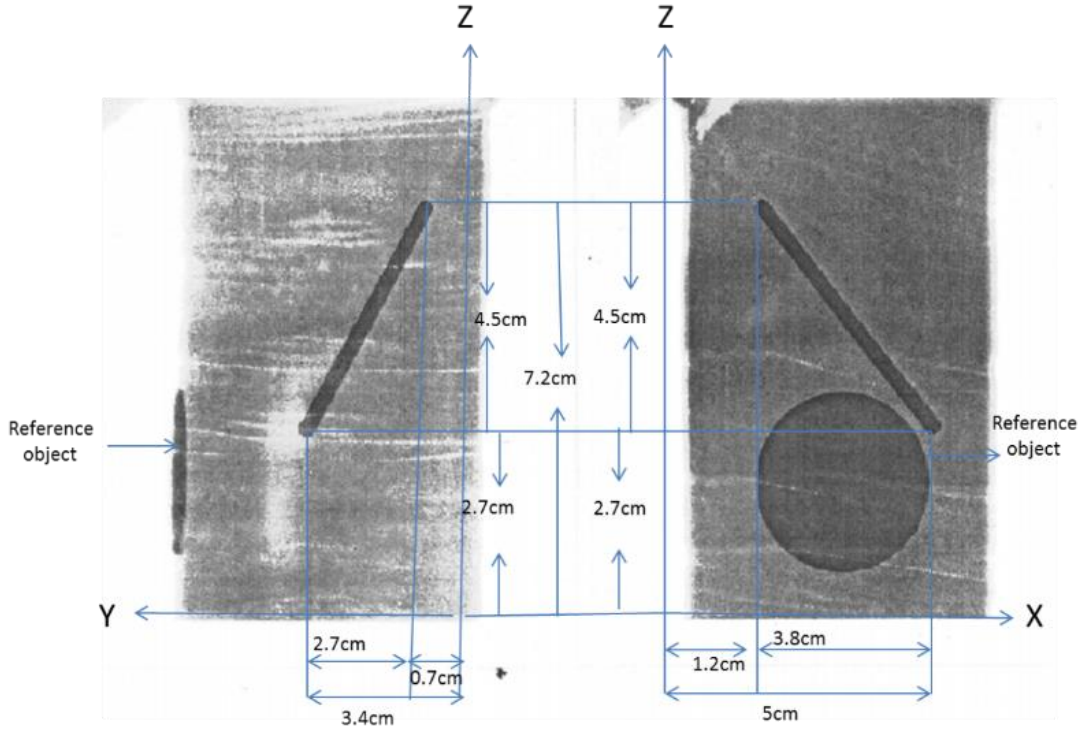
يتم استخدام وحدة (X-Ray unit, 35kv) مصنعة من الشركة الألمانية Phywe متكونة من أنبوبة للأشعة السينية وكذلك جانوميتر لقياس الاشعاع بزوايا مختلفة، توجد بها منطقة إجراء التجارب التي توضع فيها العينات المراد تصويرها وبها نافذة زجاجية لمراقبة أنبوبة الأشعة السينية وشاشة رقمية لإختيار القيم التشغيلية كما هو موضح بالشكل (3). يتم تركيب فيلم الأشعة السينية أو فيلم البولاريد في المنتصف على حامل الفيلم، ويتم وضع حامل الفيلم في المكان المخصص له داخل وحدة x-ray، بحيث تكون المسافة بين الحافة الأمامية للكثلة الخشبية وأسطوانة مخرج الأشعة السينية حوالي 28cm. ولا يتم استخدام غشاء للحد من الإشعاع كما يوصى بتتبع صور الدبوس المعدني والجسم المرجعي بعناية على ورق شفاف حتى تتمكن من قياس المسافات المناسبة باستخدام الفرجار الورني.



الشكل (3): X-Ray unit, 35kv

النتائج والمناقشة:

بعد تحميص أفلام التصوير تمكنا من الحصول على صور الدبوس المعدني وباستخدام الفرجار الورني تم حساب مساقطه في المستوى (x,z) والمستوى (y,z) كما في الشكل (4).



الشكل (4): الإسقاط المركزي للدبوس المعدني في مستويين بزاوية قائمة على بعضهما البعض.

وهذه النتائج التي حصلنا عليها بعد أخذ مساقط الدبوس في مستويين من الشكل (4):

$$L_x = x_2 - x_1 = 3.8cm$$

$$L_y = y_2 - y_1 = 2.7cm$$

$$L_z = z_2 - z_1 = 4.5cm$$

وبالتعويض في المعادلة (4) يمكننا تحديد طول الدبوس:

$$L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2}$$

$$L = \sqrt{(3.8)^2 + (2.7)^2 + (4.5)^2}$$

$$L = \sqrt{41.98} = 64.8mm$$

وبالتالي يمكن حساب جيب التمام الاتجاهي لهذه الخطوط:

$$\cos \alpha = L_x/L = 0.58 \quad \rightarrow \alpha = 54.09^\circ$$

$$\cos \alpha = L_y/L = 0.42 \quad \rightarrow \beta = 65.37^\circ$$

$$\cos \alpha = L_z/L = 0.69 \quad \rightarrow \alpha = 46.02^\circ$$

وعليه يمكن حساب عامل التكبير المتوسط من المعادلة (6):

$$V = d^*/d = 32.4/30 = 1.08$$

وبالتالي فإن الطول الحقيقي للدبوس المعدني الموضوع بشكل مائل هو:

$$L_{corr} = L/V = 60mm$$

الخاتمة:

الأشعة السينية هي نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يتضمن الضوء المرئي وموجات الراديو وأشعة جاما. تشترك الأشعة السينية والضوء المرئي في كثير من الخصائص فمثلا تنتقل الأشعة السينية بسرعة الضوء كما أن الأشعة السينية والضوء المرئي يتحركان في خطوط مستقيمة على هيئة طاقة كهربائية وطاقة مغناطيسية مرتبطين ببعضهما البعض تسببان معا الموجات الكهرومغناطيسية. ومن جهة أخرى فإن الأشعة السينية تعتم أفلام التصوير الضوئي حيث يمكنها أن تخترق مواد كثيرة لا يمكن للضوء أن ينفذ منها وذلك بسبب قصر طوله الموجي. وفي هذه الدراسة تم الاستفادة من هذه الخاصية حيث تم إيجاد بعد وطول جسم معدني مغمور بقطعة خشبية التي تم أخذها كنموذج لهذه الدراسة وتمت مقارنة النتائج المتحصل عليها بالقيمة الحقيقية وكانت مقاربة جدا مما أكد أهمية استخدام الأشعة السينية في مبدأ التصوير المقطعي (Principle of computed tomography).

المراجع:

- [1] K. Hermbecker(2010): Phywe series of publication, phywe system GMBH, 37070 GERMANY, http://www.ph.utexas.edu/phy_
- [2] L. Liu *et al.*, "Anti-perovskites with long carrier lifetime for ultralow dose and stable X-ray detection," *Nat. Photonics*, vol. 18, no. 9, pp. 990–997, 2024.
- [3] p.A.Tipler (1987): Modern Physics, Wort publisher, Inc.
- [4] D. Mery, A. Kaminetzky, L. Golborne, S. Figueroa, and D. Saavedra, "Target detection by target simulation in X-ray testing," *J. Nondestruct. Eval.*, vol. 41, no. 1, 2022.
- [5] L. Yi, B. Hou, H. Zhao, and X. Liu, "X-ray-to-visible light-field detection through pixelated colour conversion," *Nature*, vol. 618, no. 7964, pp. 281–286, 2023.
- [6] H. Feng *et al.*, "Re-detection and a possible time variation of soft X-ray polarization from the Crab," *Nat. Astron.*, vol. 4, no. 5, pp. 511–516, 2020.
- [7] Y. Su *et al.*, "The tests and calibrations of the hard X-ray imager aboard ASO-S," *Sol. Phys.*, vol. 299, no. 10, 2024.
- [8] Y. Wang *et al.*, "Review of X-ray pulsar spacecraft autonomous navigation," *Chin. J. Aeronaut.*, vol. 36, no. 10, pp. 44–63, 2023.
- [9] V. Doroshenko *et al.*, "Determination of X-ray pulsar geometry with IXPE polarimetry," *Nat. Astron.*, vol. 6, no. 12, pp. 1433–1443, 2022.
- [10] R. Di Stefano *et al.*, "A possible planet candidate in an external galaxy detected through X-ray transit," *Nat. Astron.*, vol. 5, no. 12, pp. 1297–1307, 2021.
- [11] محمد رحيم عبد الرضا، بإشراف دلال حسن (2023): الأشعة السينية وخصائصها، بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة بابل قسم الفيزياء.
- [12] فخري إسماعيل حسن (2003): مقدمة في الفيزياء الحديثة – الطبعة الرابعة، دار المريخ للنشر.
- [13] صالح محمد متولي (2015): الأشعة السينية الفوائد والمخاطر، مكتبة الملك فهد الوطنية للنشر.
- [14] محمد سالم الليد (2009): مقدمة في الفيزياء الحديثة وميكانيكا الكم- الطبعة الاولى، الدار الاكاديمية للطباعة والتأليف والنشر.
- [15] حنان ضياء عباس، بإشراف مصعب خضر محمد (2023): الأشعة السينية وتطبيقاتها في الطب، بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة-جامعة بابل قسم الفيزياء.