

حساب المقطع العرضي لاستطارة رايلي (المتشاكهة) في الالمنيوم

محسن حسن علي

حساب المقطع العرضي لاستطارة رايلي (المتشاكهة) في الالمنيوم

محسن حسن علي

قسم الفيزياء - كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة تكريت

الخلاصة

في هذا البحث تم حساب المقطع العرضي لاستطارة رايلي σ_R في الالمنيوم عن طريق حساب عامل التشتت الذري باستخدام الدالة الموجية في اطوار تقريبي اسـتقـلالـية الجسـيمات للقيـم $0 < (\sin\theta)/\lambda \leq 1A^{0-1}$ ، ولمدى طاقة الفوتون الساقط من 620 eV ($\lambda = 20A^0$) الى 12.4 KeV ($\lambda = 1A^0$)، حيث وجد ان المقطع العرضي لاستطارة رايلي يكون بارزاً عند الطاقات الواطئة، اذ ان المقطع العرضي للاستطارة يبدأ من طاقة صغيرة جداً وقل من 1KeV ، كما ان زيادة التوزيع الزاوي للمقطع العرضي لاستطارة رايلي يعتمد بشكل أساسي على قيم عامل التشتت الذري $f(k, Z)$ ، ونلاحظ ان استطارة رايلي عند الطاقات العالية تقل بينما تكون اكثر وضوحا عند الطاقات الواطئة لهذا السبب تكون استطارة رايلي ذات اهمية في الطاقات القليلة وذلك لان زاوية الاستطارة تكون كبيرة.

الكلمات المفتاحية: الاستطارة المتشاكهة، عامل التشتت الذري، سعة الاستطارة، المقطع العرضي التفاضلي.

Calculation of Rayleigh Scattering (Coherent) Cross Section in Aluminum

Muhsin Hasan Ali

Department of physics - College of Education for Pure Sciences - Tikrit University

mohsenastro@yahoo.com

Received: 1 March 2017

Accepted: 4 May 2017

Abstract

In this paper the Rayleigh scattering cross section σ_R in aluminum has been calculated, through atomic scattering factor calculation, using Wave function involves The independent of the particles approximation for the values $0 < (\sin\theta)/\lambda \leq 1A^{0^{-1}}$, And for the incident Photon energy range from 620 eV ($\lambda = 20A^0$) to 12.4 KeV ($\lambda = 1A^0$), The Rayleigh scattering cross section was found to be dominate at low energy, where the scattering cross section starting from very small energy and less than 1KeV, Also the increasing of angular distribution for Rayleigh scattering cross section is principle dependent on the value of atomic scattering factor $f(k, Z)$, and observed Rayleigh scattering decreasing at high energies, while it is more distinct at low energies, for this reason the Rayleigh scattering is very important at low energies, because the scattering angle is large.

Key Words: Coherent Scattering, Atomic Scattering Factor, Differential Cross section of Scattering.

المقدمة

تعتبر دراسة الاستطارة من اكثر المواضيع التي تلقى اهتماماً بالغاً في الابحاث النظرية والعملية، لانها تعطي معلومات عن مكونات المواد او تفاعلاتها (الذرية-النوية-الجزيئية...الخ) مع بعضها البعض، ان عمليات الاستطارة المتشاكهة وغير المتشاكهة في الذرات والغازات والمواد الصلبة تبقى مواضيع رئيسية للبحث والاستقصاء [1]، كما ان الدراسات التجريبية الرئيسية تزودنا بمعلومات مهمة حول الأهمية النسبية للعمليات الفردية، لكن الصعوبات تكمن في اغلب الاحيان في وجود اختلافات مع التنبؤات النظرية [2]، هنالك اهتمام كبير في الحصول على قيم موثوقة للمقطع العرضي للعناصر والمركبات بالاضافة الى السبائك بسبب متطلباتها في تطبيقات متنوعة مثل علم الاشعة والتصوير المقطعي وفيزياء البلازما [3]، ان خاصية امتصاص الاشعة السينية لها دور مهم في علم الاشعة حيث يستفاد من خصائص المقطع العرضي لامتناس

حساب المقطع العرضي لاستطارة رايلي (المتشاكهة) في الالمنيوم

محسن حسن علي

الاشعة السينية [4,5]، ان القدرة لأخذ صورة اشعاعية يعتمد على سمتين اساسية من عمليات الامتصاص، الاولى ان امتصاص الاشعة السينية يعتمد على قدرة الاختراق لحزمة الاشعة السينية والتي تكون متفاوتة للعناصر وتعطى تقريبا ب $(1/E^3)$ ، حيث تمثل E طاقة الفوتون الساقط، والثانية ان امتصاص الاشعة السينية يعتمد على العدد الذري Z للقوة الرابعة [6]، ان تفاعل الفوتونات مع المواد يسمح باستخدام الفوتونات المستطارة او النافذة لاجاد وحساب معلومات حول المادة، ان احتمالات تفاعل الفوتون مع المادة هي دوال لكل من طاقة الفوتون الساقط والعدد الذري للعنصر، هذه الاحتمالات يعبر عنها من خلال المقطع العرضي والذي يعبر عنه بوحدة البارن حيث $(1b=10^{-24} \text{ cm}^2)$ [7].

المقطع العرضي التفاضلي لاستطارة رايلي (الاستطارة المتشاكهة)

في استطارة رايلي يتم استطارة الفوتونات بواسطة الذرة بأكملها وتكون الاستطارة مرنة بحيث لا يفقد الفوتون شيئاً من طاقته، أي لا يرافق هذه الاستطارة انتقال الطاقة الى الجسيمات المشحونة او تأيين او تهبيح الذرات، وتعتمد زاوية استطارة الفوتون على العدد الذري للمادة Z وكذلك على طاقة الفوتون الساقط $h\nu$ ، لقد لوحظ ان استطارة رايلي تزداد اهمية في الطاقات القليلة وذلك لان زاوية الاستطارة تكون كبيرة [8].

ان المقطع العرضي التفاضلي لاستطارة رايلي يعطى بالعلاقة التالية [9]،

$$\frac{d\sigma_{Rayleigh}}{d\Omega} = \frac{d\sigma_{Thomson}}{d\Omega} [F(k, z)]^2 \quad (1)$$

حيث $d\Omega$ الزاوية المجسمة والحد $\frac{d\sigma_{Thomson}}{d\Omega}$ هو المقطع العرضي التفاضلي للالكترون الحر او المقطع العرضي التفاضلي لثومسن و $F(k, z)$ عامل التشتت الذري ويعطى المقطع العرضي التفاضلي لثومسن بالعلاقة التالية [9]،

$$\frac{d\sigma_{Thomson}}{d\Omega} = \frac{1}{2} r_e^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad (2)$$

حيث r_e نصف القطر الكلاسيكي للالكترون ($r_e = 2.818 \times 10^{-15} \text{ m}$)، و θ زاوية الاستطارة، لذلك يمكن كتابة المعادلة (2) بالصيغة التالية [10]،

$$\frac{d\sigma_{Rayleigh}}{d\Omega} = \frac{r_e^2}{2} (1 + \cos^2 \theta) [F(k, z)]^2 \quad (3)$$

ان عامل التشتت الذري لكثافة الشحنة الالكترونية المتماثلة كروياً يعطى بـ [11]،

$$f(k, Z) = 4\pi \int_0^{\infty} \rho(r) \frac{\sin(kr)}{kr} r^2 dr \quad (4)$$

حيث $\rho(r)$ كثافة الشحنة الالكترونية، r المسافة بين الالكترون والنواة، و k الزخم المنقول ويقاس بوحدة A^0^{-1} حيث $k = \frac{\sin(\theta)}{\lambda}$ و λ الطول الموجي للفوتون الساقط .

الحسابات والنتائج

ان قيم عامل التشتت الذري للألمنيوم تم الحصول عليها من خلال تطبيق المعادلة (4) على حالة ذرة منفردة، عن طريق تطبيق طريقة استقلالية الجسيمات في رتبها الصفرية حيث يتم إهمال حدود التناظر بين الالكترونات [12]، اذ نلاحظ ان الالكترونات ليس لها مواضع محددة بل على هيئة سحابة شحنة متصلة تنتشر على امتداد حجم الذرة، لذلك فانه يمكن تبسيط التكامل في المعادلة (4) وذلك باعتبار كثافة الشحنة متماثلة كرويا حول النواة، لانه حينئذ يمكن اجراء التكامل على الجزء الزاوي من عنصر الحجم، وباجراء عملية التكامل، وجد ان عامل التشتت الذري يعطى بالمعادلة،

$$f(k, Z) = \frac{Z}{(1 + 4\pi^2 k^2 a_0^2)^2} \quad (5)$$

حيث a_0 نصف قطر بوهر لذرة الهيدروجين.

لايجاد قيم المقطع العرضي لاستطارة رايلي تم اعتماد المعادلة (3) واجراء التكامل على الجزء الزاوي من عنصر الحجم، بينما تم اعتماد المعادلة (5) لايجاد قيم عامل التشتت الذري عن طريق بناء برنامج على الحاسبة الالكترونية باستخدام برامج الـ MATLAB ولقيم $0 < (\sin\theta)/\lambda \leq 1A^0^{-1}$ ، الجدول (1) يوضح قيم المقطع العرضي لاستطارة رايلي التي تم الحصول عليها، كما ان تغير المقطع العرضي لاستطارة رايلي مع طاقة الفوتون الساقط موضح بالشكل (1).

حساب المقطع العرضي لاستطارة رايلي (المتشابهة) في الالمنيوم

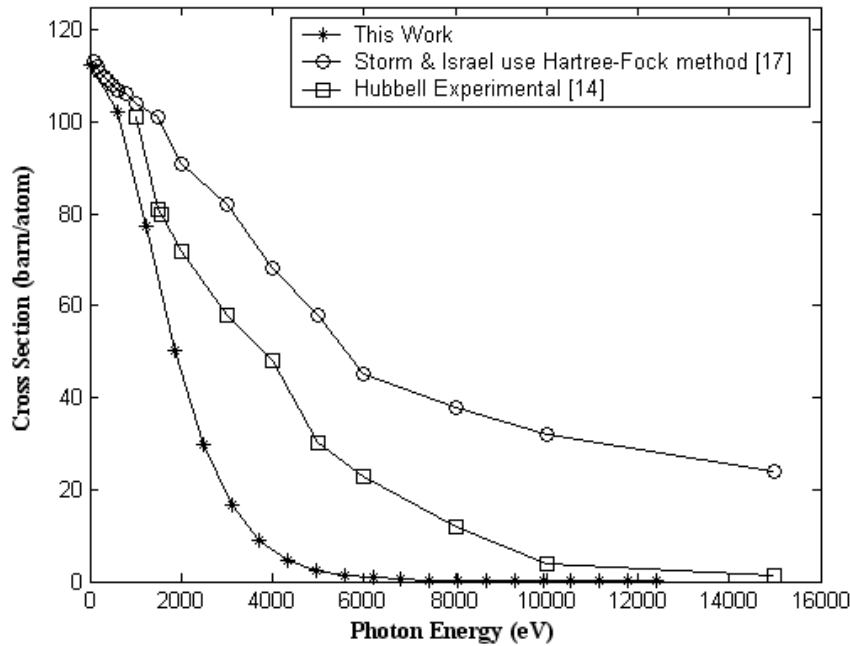
محسن حسن علي

الجدول (1) المقطع العرضي لاستطارة رايلي وقيم عامل التششت الذري بالإضافة الى طاقة الفوتون الساقط.

$\sin\theta/\lambda$ \AA^{-1}	f(k) (e/atom)	Photon Energy (eV)	σ_R (barn/atom)
0.05	12.38	620	101.98
0.10	10.76	1240	77.154
0.15	8.704	1860	50.407
0.20	6.682	2480	29.706
0.25	4.972	3100	16.451
0.30	3.646	3720	8.8434
0.35	2.664	4340	4.7213
0.40	1.954	4960	2.5408
0.45	1.445	5580	1.3906
0.50	1.081	6200	0.7777
0.55	0.818	6820	0.4455
0.60	0.627	7440	0.2616
0.65	0.486	8060	0.1573
0.70	0.381	8680	0.0969
0.75	0.302	9300	0.0610
0.80	0.242	9920	0.0392
0.85	0.196	10540	0.0257
0.90	0.160	11160	0.0171
0.95	0.132	11780	0.0116
1.00	0.110	12400	0.0080

حساب المقطع العرضي لاستطارة رايلي (المتشابهة) في الالمنيوم

محسن حسن علي



الشكل (1) العلاقة بين طاقة الفوتون الساقط والمقطع العرضي لاستطارة رايلي.

الاستنتاجات والمناقشة

الشكل (1) يبين العلاقة بين المقطع العرضي للاستطارة مع طاقة الفوتون الساقط، من الشكل نلاحظ ان المقطع العرضي لاستطارة رايلي يكون مسيطر عند الطاقات الواطئة، حيث ان المقطع العرضي للاستطارة يبدأ من طاقة صغيرة جدا واقل من 1KeV، ان زيادة التوزيع الزاوي للمقطع العرضي لاستطارة رايلي يعتمد على قيم عامل التشتت الذري $f(k, Z)$ ، حيث نلاحظ ان استطارة رايلي عند الطاقات العالية تقل بينما تكون اكثر وضوحا عند الطاقات الواطئة لهذا السبب تكون استطارة رايلي ذات اهمية في الطاقات القليلة وذلك لان زاوية الاستطارة تكون كبيرة، وهذا يتفق مع كل من [17-13]، ومن خلال مقارنة النتائج التي تم التوصل اليها مع ما توصل اليه Storm & Israel باستخدام طريقة هارتر-فوك [17] و Hubbell [14] والموضحة بالشكل (1)، نلاحظ ان هنالك سلوك متقارب لقيم المقطع العرضي للاستطارة الا ان الاختلافات بين القيم المحسوبة يعتمد على الاسلوب المتبع في ايجاد الدوال الموجية.

في عمليات الاستطارة الذرية يتم افتراض ان الذرات تكون منفردة وليس هنالك أي تأثيرات للذرات المجاورة وهذا مغاير للحقيقة لان هنالك تفاعلات لا يمكن تجنبها كالتأثيرات الجزيئية والكيميائية التي لا تؤخذ بنظر الاعتبار [14]، ان ايجاد الحلول للدوال الموجية الذرية لمدى واسع من العناصر والطاقات اصبح ممكن من خلال تطوير التقنيات الحاسوبية، هذه الحسابات تباعا مكنت من حساب المقاطع العرضية للامتصاص الكهروضوئي، اذ ان الجداول المستخدمة لعامل التشتت

الذري تختلف بالحلول للعديد من العناصر ولمدى الطاقات الهامة، ان النماذج النظرية المطورة لا تعطي بضرورة اتفاق افضل مع القيم التجريبية ان الاختلافات الرئيسية بين النتائج ينتج من الأطر النظرية المختلفة التي استخدمت لحساب الدالة الموجية حيث ان كل منها يعالج التبادل والارتباط والتداخل الذي يحدث بطريقة مختلفة لذلك تنجم الاختلافات عن التطبيق المتنوع للطرق التقريبية ومعايير التقارب [15].

المصادر

1. S. H. Southworth, L. Young, E. P. Kanter and T. LeBrun, "X-ray scattering and fluorescence from atoms and molecules Photoionization and Photodetachment", Advanced Series in Physical Chemistry vol 10B, 2000, pp 1289–334.
2. C.Q. Tran, M.D. de Jonge, Z. Barnea and C.T. Chantler, "Absolute Determination of The Effect of Scattering and Fluorescence on X-ray Attenuation Measurements" ,J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. Vol 37, 2004, pp3163–3176 .
3. K. Yakup, E. Salih, D. Ridvan and S. Yusuf, " Measurement of Compton and coherent scattering Differential cross sections", Tr.J .Of Phys. Vol 22, 1998, pp783-788.
4. S. M. Midly, "Measurement of the X-Ray linear attenuation coefficient for low atomic number materials at energies 32-66 and 140 keV", Radiation Physics Chemistry. Vol 72, 2005, pp525-535.
5. I. Han and L. Demir, "Determination of mass attenuation coefficients Effective atomic and electron number for Cr, Fe and Ni alloys at different energies", Nuclear Instrument and Methods in physics Research volB 276, 2009, pp3-8.
6. Jens Als-Nielsen and Des Mc-Morrow. "Elements of Modern X-ray Physics", 2nd ed, John Wiley and Sons Ltd, 2011
7. J.H. Hubbell and M. J. Berger, "Attenuation Coefficients, Energy Absorption Coefficients, and Related Quantities" , ed.1 (Springer, Berlin), 1968.
8. G. Ronald and S. William, "Theory and Problems of Modern Physics " Schaums Outline Series,2.,USA 63, 1999.

9. R. Kerur , S.R Thonttaarya and B. Hanumaiah, "X-ray attenuation coefficients for various elements" X-ray Spec, vol 22(6), 1993, pp13-15.
10. Martyn John Key, "Gas Microstructure X-Ray Detectors and Tomography Multiphase Flow Measurement", UK, 1999, A thesis submitted to the University of Surrey of Doctor .
11. B. H. Bransden and C. J. Joachain, "Physics of atoms and molecules", Longman Scientific & Technical, Hong Kong, 1988.
12. J. C. Slater, "A simplification of the Hartree-Fock method", Phys. Rev. vol 81(3), 1951 , pp 385–90.
13. H. Brysk and Zerby, "Theoretical photoelectric cross section for Z=1 to Z=13", C. Phys. Rev, vol 8(5), 1968, pp 171-292.
14. J. Hubbell, W. Veigle, E. Briggs, R. Brown, D. Cromer and S. Howerton " Atomic form Factor in coherent scattering function and Photon scattering Cross section ", J.Phys. Chem. Ref.Data, vol 4, 1975 , pp 471-538.
15. C.T. Chantler, "Theoretical Form Factor, Attenuation, and Scattering Tabulation for Z=1–92 from E=1–10 eV to E=0.4–1.0 MeV", J. phys. Chem. Ref. vol 24, 1995, pp 71-82.
16. C.T. Chantler, C.Q. Tran, D. Paterson, Z. Barnea and D.J. Cookson, "Direct Observation of Scattering Contributions in X-ray Attenuation Measurements, and Evidence for Rayleigh Scattering From Copper Samples rather than Thermal-Diffuse or Bragg–Laue Scattering", Radiation Physics and Chemistry, vol 61, 2001, pp347–350 .
17. E. Storm & H. Israel, "Photon Cross Sections From 1KeV to 100 MeV For Elements Z=1 to Z=100", Nuclear Data Tables. vol A7, 1970, pp565-681.