



Preparation of Silver Nanoparticles By Nd:YAG Pulsed Laser and Study Their Optical and Structural Properties

M. Al-Azow⁽¹⁾, M. A. Al-Jubbori^{(2)*}, I. B. Karomi⁽³⁾, F. Khamis⁽⁴⁾

^(1, 2, 3)Department of Physics, College of Education for Pure Science, University of Mosul, Mosul, Iraq

⁽⁴⁾Physics Department, College of Sciences, Tripoli University, Libya

Article information

Article history:

Received: October 28, 2024

Revised: December 06, 2024

Accepted: December 10, 2024

Available online: April 01, 2025

Keywords:

Silver Nanoparticles

Absorbance

Pulsed Laser

PLAL

Correspondence:

Mushtaq Abed Al-Jubbori

mushtaq_phy@uomosul.edu.iq

Abstract

In this study, colloidal silver nanoparticles were prepared using the pulsed laser ablation in liquid (PLAL) technique. The research focused on clarifying the effect of the number of laser pulses on the optical properties of nanoparticles derived from high-purity silver targets immersed in 5 ml of distilled deionized water. A Q-switched Nd:YAG laser was employed, with fixed parameters: energy at 260 mJ, wavelength at 532 nm, pulse duration of 10 ns, and frequency of 1 Hz. The number of pulses used for nanoparticle preparation was 100, 200, and 300. The behavior of the visible and ultraviolet absorption spectra of the silver nanoparticles was studied as a function of wavelength and the number of pulses. The results indicated that the absorption intensity increases with the number of pulses, suggesting an increase in the concentration of nanoparticles. Additionally, the conductivity, dielectric constant, and exertion coefficient also increased with the number of pulses. Through the absorption spectrum the optical energy gap was also calculated for AgNPs, It was shown to increase from 2.251 eV to 2.549 eV with the number of laser pulses increasing from 100 to 300 pulses. The average diameters of the particles were calculated by SEM examination and were equal to 20.984 nm, as well as found through the TEM examination and were equal to 28.1877 nm, and these tests showed that the prepared nanoparticles have a spherical shape. Through the results of XRD, the average crystallite size of the same particles was found to be 14.7 nm.

DOI: [10.33899/edusj.2024.154830.1513](https://doi.org/10.33899/edusj.2024.154830.1513), ©Authors, 2025, College of Education for Pure Science, University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. المقدمة

إن تقنية النانو تعد موضوع بحث كبير ومحل اهتمام من قبل الكثير من الباحثين لما تمتلكه من إمكانيات هائلة لتحسين حياة الإنسان, كما انها تقدم حلولاً جديدة لم تكن ممكنة مع الأساليب التقليدية [1]. إذ تعتبر تقنية النانو ذات أهمية حيث انها يمكن ان توفيق او تجمع بين العلوم الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية, فمن الناحية الفيزيائية يتم تقليل الحجم, ومن الناحية الكيميائية يتم التحكم في الروابط والخصائص الكيميائية, كذلك يتم انتاج الأفعال البيولوجية على مقياس النانو مثل ربط الادوية وايصالها الى مواقع معينة [2,3].

يمكن وصف المواد النانوية بانها تلك المواد التي تمتلك على الأقل بعدا واحدا في نطاق النانومتر وفي حدود [1 الى 100 نانو متر [4], ونتيجة لذلك ستظهر تغيرات جديدة ومحسنة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وعلم المواد والهندسة, وقد يعود سبب هذه التغيرات الى الزيادة الحاصلة في مساحة السطح نسبة الى الحجم إذ تعد الميزة الأساسية للجسيمات النانوية, او بسبب تأثيرات الحبس الكمي [5].

لقد حظي إنتاج الجسيمات النانوية عن طريق الاستئصال بالليزر النبضي في وسط سائل (PLAL) باهتمام كبير كطريقة جديدة لإنتاج الجسيمات النانوية. تتمثل أهم مزايا الجسيمات النانوية المحضرة بطريقة (PLAL) في ثباتها العالي والبساطة النسبية للإجراء وغياب الكواشف الكيميائية في التحضير النهائي فضلاً عن كونها طريقة صديقة للبيئة ولا تتطلب ضغطاً عالياً وحرارة شديدة عند إجرائها [6,7]. نظراً لخصائصها البصرية والحفزية والإلكترونية والمغناطيسية الرائعة، والتي تختلف بشكل خاص عن العينات السائبة، فقد شهدت الجسيمات النانوية للمعادن النبيلة نمواً مذهلاً في السنوات الأخيرة. ربما تكون الجسيمات النانوية الفضية هي أكثر الهياكل النانوية جاذبية للمعادن النبيلة [8]، وذلك بسبب ذروة الامتصاص الحادة في الطيف المرئي عندما يكون حجم الجسيمات النانوية أصغر من الطول الموجي

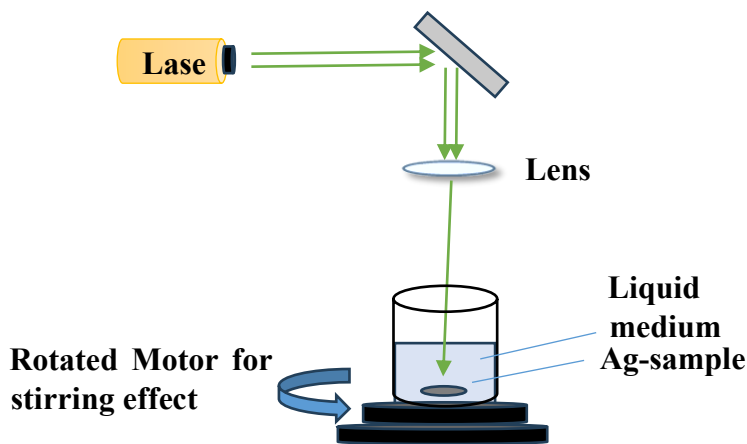
للضوء الساقط [9]. بالإضافة إلى ذلك يحدث رنين بلازموني قوي عند تفاعل فوتونات الضوء مع سطح الجسيمات المعدنية النانوية، مما يؤدي إلى تشكيل بلازمونات موضعية للإلكترونات الحرة الخارجية (موجات أو تذبذبات كثيفة للإلكترونات الحرة الخارجية) [10]. ونتيجة للرنين البلازموني فإن الجسيمات النانوية تظهر ألوانا مكثفة وزاهية عند تشتتها في وسط سائل، كما يعتمد الرنين البلازموني على شكل وحجم ودرجة تجمع الجسيمات النانوية وكذلك على الخصائص العازلة للوسط المحيط بها [11,12].

تم في هذه الدراسة تحضير جسيمات الفضة النانوية AgNPs نظراً لخصائصها الفريدة (الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية) مقارنة مع بقية المواد لأنها تؤدي دوراً مهماً في مجالات متنوعة مثل الطب والالكترونيات ومستحضرات التجميل والطلاء والتعنية والتغليف كما تستعمل كعامل مضاد للجراثيم ضد مجموعة واسعة من الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات [13,14]. كما تعد جسيمات الفضة النانوية ذات كفاءة غير عادية من حيث امتصاص وتشتيت الضوء إذ يعتمد لونها على شكل وحجم الجسيم حيث يحدث التفاعل بين جسيمات الفضة النانوية والضوء لأن إلكترونات التوصيل على سطح المعدن تخضع لتذبذب جماعي عند استثارته بالضوء عند أطوال موجية معينة [15]، ينتج عن هذه التذبذبات تشتت وامتصاص غير عادي والتي تعرف باسم الرنين البلازموني السطحي وبهذا فإن الجسيمات النانوية تكون بألوان مختلفة تبعاً لاختلاف حجمها [16,17]. ففي مقياس المايكرومتر تكون الفضة بلونها الفضي كما هو معروف ولكنها تكون بألوان عديدة بوصفها محاليل غروية وفي نطاق (1-100) نانومتر حيث تمتص هذه الجسيمات النانوية الضوء فتظهر ذروة الامتصاص لها قريبة من الطول الموجي 400 نانومتر [18].

يهتم هذا العمل بدراسة الخصائص البصرية لجسيمات الفضة النانوية AgNPs المحضرة في الماء منزوع الأيونات وبتقنية الاستئصال بالليزر النبضي (PLAL) عند طاقة (260 mJ) وطول موجي (532nm) وتردد (1 Hz) وحساب فجوة الطاقة البصرية من خلال قياس طيف الامتصاص للمحلول الغروي بواسطة جهاز الطيف الضوئي المزدوج (ذوي الحزمتين) للأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis) ودراسة تأثير عدد النبضات والطاقة المستخدمة على طيف الامتصاصية (spectra Absorbance) يستعمل هذا الفحص للإشارة إلى التحليل الطيفي للامتصاص والنفاذ في المنطقة المرئية للأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-Vis) من الطيف الكهرومغناطيسي.

2- الجانب العملي :

يبين الجانب العملي كيفية الحصول على الجسيمات الفضة النانوية باستعمال تقنية الاستئصال بالليزر النبضي في السائل، إذ تم استخدام قرص من الفضة عالي النقاء قطره 21mm وسمكه 2mm. تم تنظيف العينة وإزالة الشوائب بغسلها بالماء المقطر بعد غمرها في سائل الإيثانول لمدة 10 دقائق. ثم وضع الهدف في كوب زجاجي يحتوي على 5 ml من الماء المقطر (DW). كان الماء المقطر على ارتفاع حوالي 4mm فوق سطح الهدف والمسافة بين الهدف المستخدم وعدسة الليزر 7 cm. تم تدوير الكأس باستخدام محرك كهربائي. الشكل (1-b) يوضح إعداد تجريبي لعملية PLAL. إذ تتألف المنظومة من مصدر ليزر (Q-switched Nd:YAG) ويعتبر من ليزرات الحالة الصلبة ويمكن استخدامه عند أطوال موجية مختلفة وإن أقصى طاقة له هي 2000mJ وهو ذي منشأ صيني، الشكل (1-a) صورة فوتوغرافية لمنظومة الليزر المستخدمة. يوضح الجدول (1) خصائص الجهاز المستعمل. حيث تمت عملية الاستئصال في جامعة الموصل كلية التربية للعلوم الصرفة وفي مختبر البحوث النووية (1)



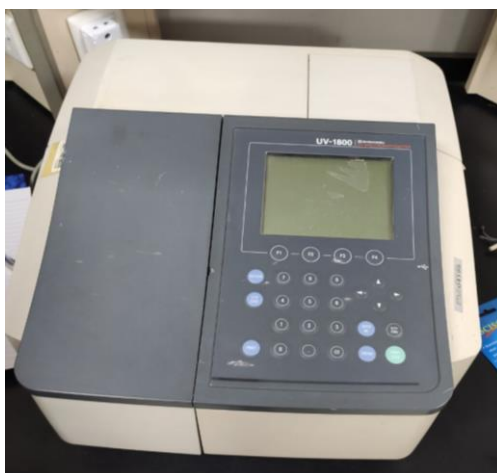
الشكل (1): (a) صورة فوتوغرافية [4] (b) مخطط توضيحي، لمنظومة الاستئصال بالليزر النبضي في السائل على التوالي

جدول(1) : خصائص الليزر النبضي المستخدم

المعلمة	القيمة
نوع الليزر	Q-switch Nd:YAG
طاقة الليزر	2000 mJ
معدل التكرار	1 – 10 Hz
الطول الموجي	532 nm , 1064 nm , 1320 nm
مدة النبضة	10 ns
الوضع العرضي	TEM ₀₀

تم تحضير المحلول الغرواني الحاوي على جسيمات الفضة النانوية بتقنية الاستئصال بالليزر النبضي في السائل (PLAL) وبدرجة حرارة الغرفة إذ تم قصف الهدف بواسطة ليزر (Nd-YAG) بطول موجي 532nm وتردد 1Hz وبزمن نبض 10 ns , إذ تم تغيير عدد النبضات الليزر (100,200 and 300) نبضة وعند طاقة ثابتة 260 mJ .

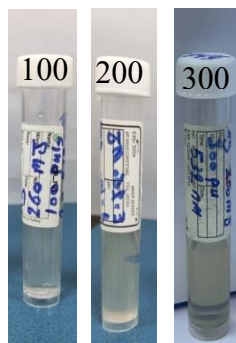
تم قياس طيف الامتصاص للمحلول الغروي كدالة لتغير الطول الموجي بواسطة جهاز الطيف الضوئي المزدوج (UV-Vis) ضمن مدى الأطوال الموجية (190 – 1100) نانومتر وذلك باستعمال جهاز (UV-Visible 1800 – double beam spectrophotometer) المصنع من قبل الشركة اليابانية (Japanes , Shimadzu) .



الشكل (2): صورة فوتوغرافية لجهاز UV-Visible 1800 – double beam spectrophotometer

3- النتائج والمناقشة :

تم في دراستنا الحالية تحضير المحلول الغروي للفضة ودراسة نتائج التأثيرات لبعض معلمات الليزر مثل طاقة الليزر وعدد نبضات الليزر على خواص الجسيمات النانوية المحضرة وفحص طيف الامتصاص البصري لمحلول الفضة النانوية. ان من بين المؤشرات الأولية للحصول على جسيمات نانوية هو تغير لون المحلول أو الماء المقطر والشكل (3) يبين تدرج لون المحلول لجسيمات الفضة للطاقة 260 mJ ولعدد نبضات مختلفة (100,200 and 300) نبضة ونلاحظ من الشكل ان لون المحلول يبدأ بالتحول تدريجيا الى اللون الاصفر .

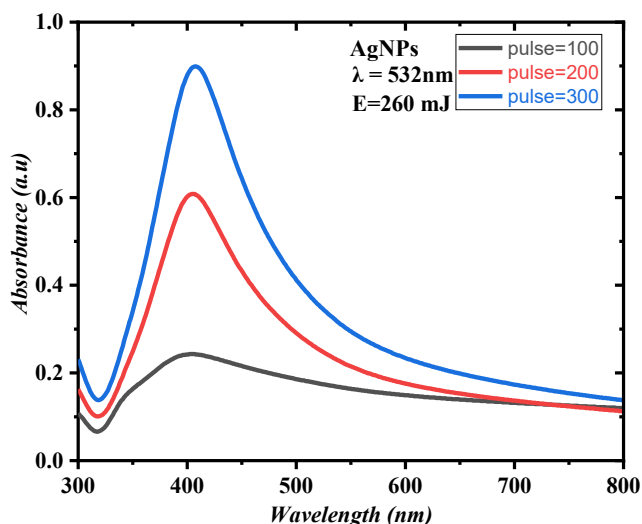


الشكل (3) : تدرج لون محلول الفضة النانوي التركيب

3-1 الخصائص البصرية للجسيمات المحضرة

3-1-1 الامتصاصية

يلاحظ من خلال الشكل (4) زيادة طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي بزيادة عدد نبضات الليزر وهذا بدوره يشير الى زيادة تركيز الجسيمات النانوية في المحلول الغروي حيث حصلنا على أقل امتصاصية من العينة المحضرة بعدد نبضات 100 نبضة وأعلى امتصاص لها عند عدد نبضات 300 نبضة [19].



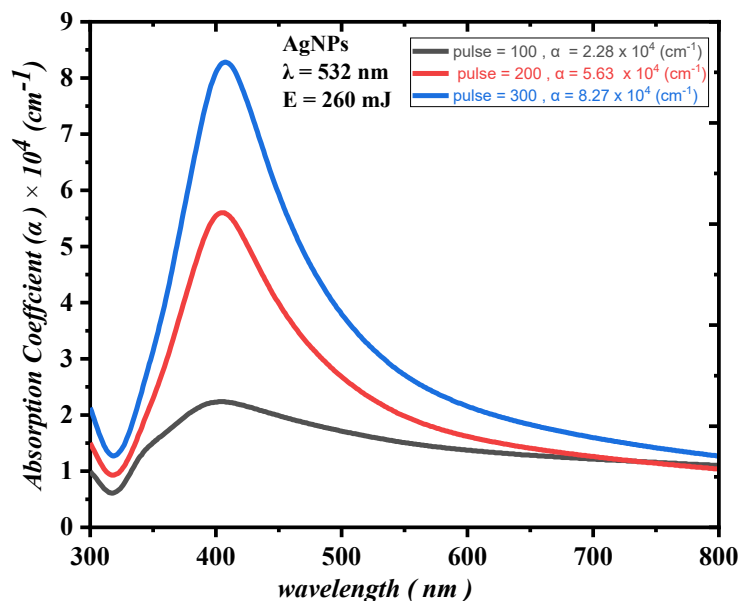
الشكل (4) : طيف الامتصاص دالة للطول الموجي ولعدد نبضات (100,200 and 300) نبضة وعند طاقة 260 mJ

3-1-2 معامل الامتصاص

تم حساب معامل الامتصاص (α) من طيف الامتصاص، ونلاحظ من النتائج التي حصلنا عليها في الشكل (5) أنه عند زيادة عدد النبضات فإن قمة أطياف معامل الامتصاص تزداد كدالة للطول الموجي في المنطقة المرئية لجسيمات الفضة النانوية، حيث لوحظ أن حافة معامل الامتصاص لهذه الجزيئات تزداد من $2.28 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1}$ إلى $8.27 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ وذلك بسبب زيادة تركيز الجسيمات النانوية مع زيادة عدد النبضات. يرتبط معامل النفاذية (T) ومعامل الانعكاسية (R) بمعامل الامتصاصية (α) وفقاً لقانون بير [18,19]

$$\alpha = \frac{1}{d} \log \left[\frac{(1-R)^2}{2T} + \frac{(1-R)^2}{\sqrt{2T^2 + R^2}} \right] \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان d هو سمك العينة (وتمثل سمك المحلول الغروي الحائلي على جسيمات الفضة النانوية)



الشكل (5) : معامل الامتصاص (α) دالة للطول الموجي ولعدد نبضات (100,200 and 300) وعند طاقة 260mJ

3-1-3 معاملا الانكسار والانعكاس

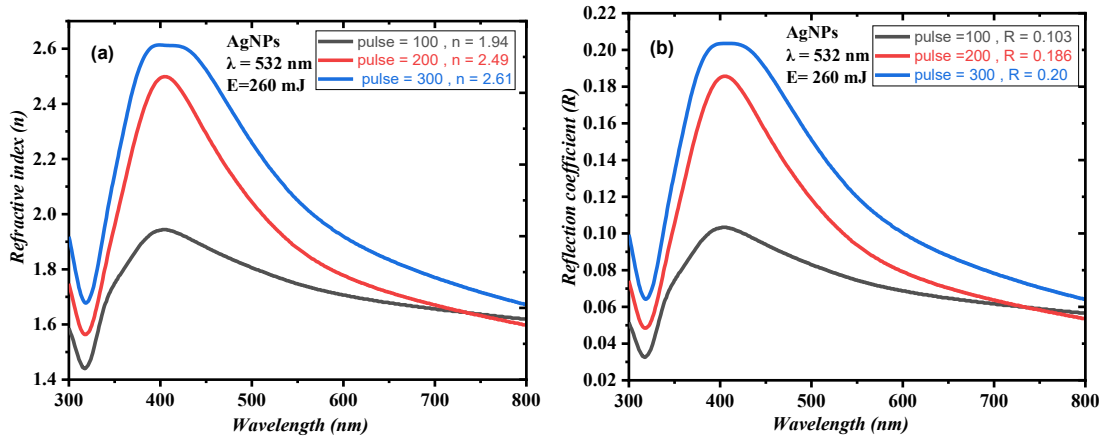
كما تم في هذا العمل دراسة بعض الثوابت البصرية لجسيمات الفضة النانوية وبيان تأثير عدد النبضات على قيمها. نبدأ بمعامل الانكسار (n) الذي تم حسابه من خلال المعادلة (2) [20,21]. ويلاحظ في الشكل (6-a) أن قيمة معامل الانكسار تزداد بزيادة عدد النبضات وتصل إلى أعلى قيمة لها في المنطقة المرئية من الطيف. وكان مقدار الزيادة في ذروته من (1.94) إلى (2.61) عند أقل وأعلى عدد من النبضات. ترجع هذه الزيادة إلى زيادة كثافة الجسيمات النانوية في المحلول الغروي.

$$n = \left(\frac{1+R}{1-R} \right) + \sqrt{\frac{4R}{(1-R)^2} - K^2} \dots \dots \dots (2)$$

كذلك تم حساب معامل الانعكاس (R) من طيف الامتصاص وبأستخدام قانون حفظ الطاقة (3).

$$R = 1 - T - A \dots \dots \dots (3)$$

حيث يتبين من خلال الشكل (6-b) بأن ذروة معامل الامتصاص تزداد من (0.103) إلى (0.20) مع زيادة عدد النبضات. قد يكون السبب في ذلك هو زيادة تركيز الجسيمات النانوية.



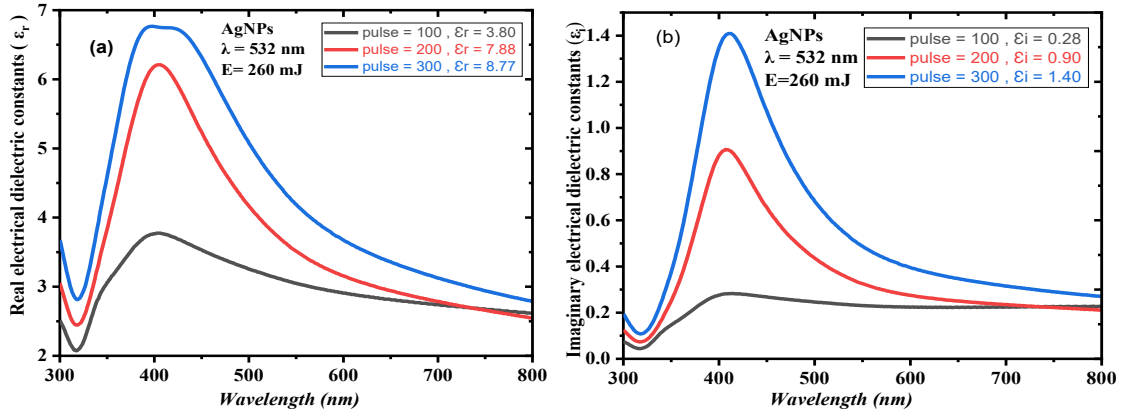
الشكل (6) : (a) معامل الانكسار (n) ، (b) معامل الانعكاس (R)
دالة للطول الموجي على التوالي ولعدد نبضات (100, 200 and 300) وعند طاقة 260 mJ

3-1-4 ثابتا العزل الحقيقي والخيالي

تم حساب ثوابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي (ϵ_r) و (ϵ_i) باستخدام المعادلتين (4) و (5) على التوالي [21]. يظهر الشكلان (7-a) ، (7-b) اختلاف قيمها كدالة للطول الموجي، حيث لوحظ أن هناك زيادة في قيمها مع زيادة عدد النبضات في المنطقة المرئية من الطيف ويعمل ذلك إلى الزيادة في كثافة الجسيمات النانوية.

$$\epsilon_r = n^2 - K^2 \dots \dots \dots (4)$$

$$\epsilon_i = 2nK \dots \dots \dots (5)$$



الشكل (7): (a) ثابت العزل الحقيقي (ϵ_r)، (b) ثابت العزل الخيالي (ϵ_i)
دالة للطول الموجي على التوالي ولعدد نبضات (100, 200 and 300) وعند طاقة 260 mJ

3-1-5 معامل الخمود والموصلية البصرية

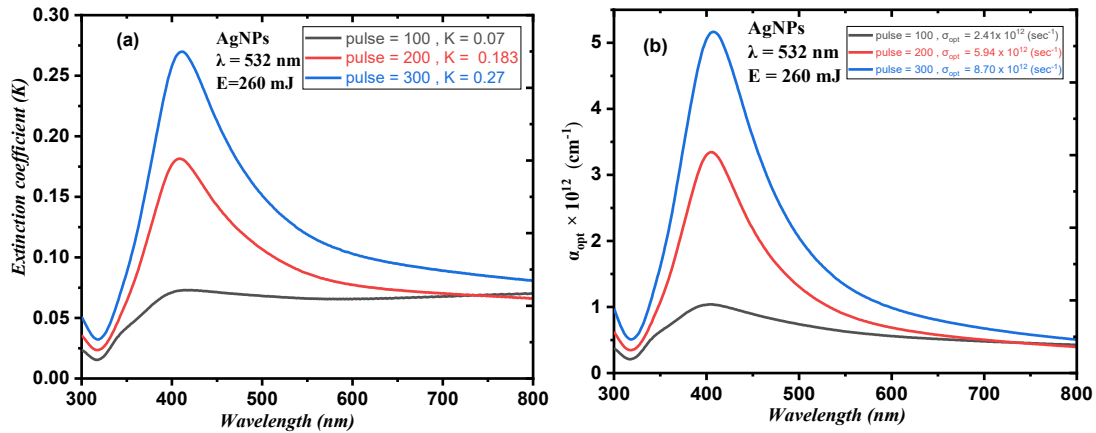
ويوضح الشكل (8-a) التغير في معامل الخمود (K) كدالة للطول الموجي لجسيمات الفضة النانوية، والذي تم حسابه باستخدام المعادلة (6) [21]. ولوحظ زيادة في قيم الذروة لمعامل الخمود في المنطقة المرئية من الطيف مع زيادة عدد النبضات، حيث تتراوح القيم القصوى لمعامل الخمود بين (0.07 – 0.27) ويعود سبب هذه الزيادة إلى زيادة معدل الاستئصال بالليزر مع زيادة عدد النبضات

$$K = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \dots \dots \dots (6)$$

كما تم حساب قيم الموصلية البصرية (σ) كدالة للطول الموجي من خلال المعادلة (7) [22]. ويبين الشكل (8-b) أن قيمة الموصلية البصرية تزداد بزيادة عدد النبضات. يمكن أن تعزى هذه الزيادة إلى إنشاء مستويات جديدة داخل فجوة الطاقة تسهل عبور الإلكترونات من نطاق التكافؤ إلى هذه المستويات ومن ثم إلى نطاق التوصيل [23]

$$\sigma_{opt.} = \frac{\alpha n c}{4\pi} \dots \dots \dots (7)$$

حيث أن C تمثل سرعة الضوء في الفراغ



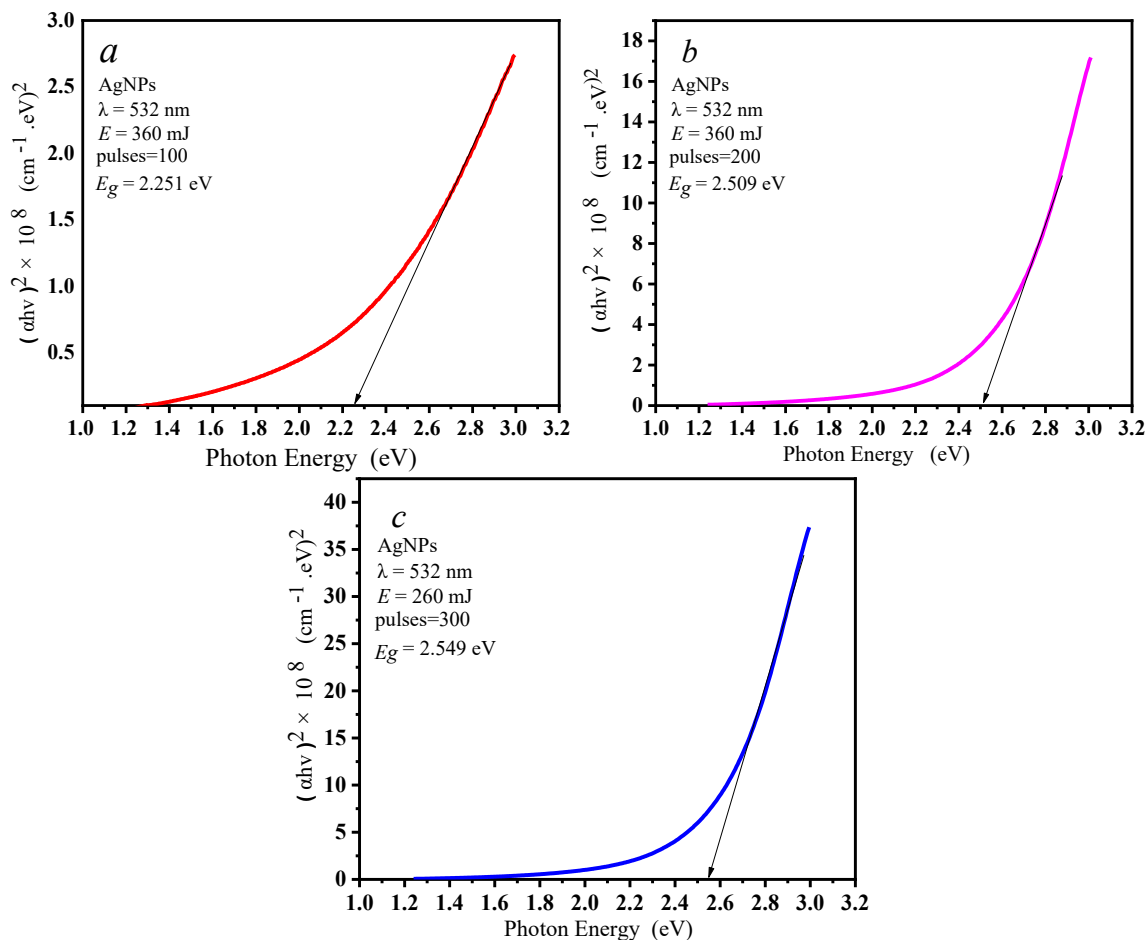
الشكل (8): (a) معامل الخمود (K)، (b) الموصلية البصرية (σ)
دالة للطول الموجي على التوالي ولعدد نبضات (100, 200 and 300) وعند طاقة 260 mJ

3-1-6 فجوة الطاقة البصرية

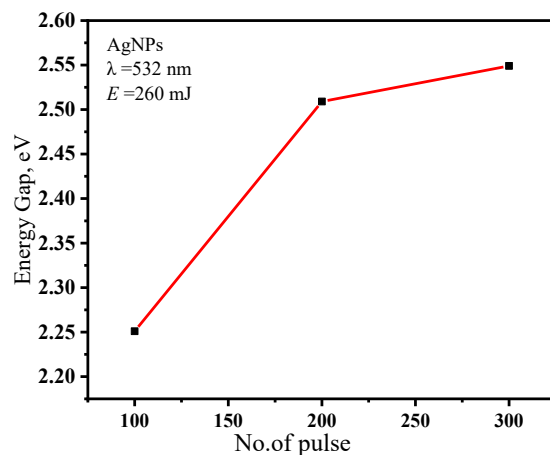
تم تقدير فجوة الطاقة البصرية (E_g) لـ AgNPs من التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية وباستخدام معادلة تاوس (8) [24]. ويوضح الشكل (9) و الشكل (10) على التوالي الزيادة الحاصلة في مقدار فجوة الطاقة مع زيادة عدد النبضات. ومن هذا نستنتج أن هناك انخفاضاً في حجم الجسيمات النانوية المستخرجة وفقاً لتأثيرات الحبس الكمي [19].

$$(\alpha \cdot h\nu)^{1/2} = k(h\nu - E_g) \dots \dots \dots (8)$$

حيث $h\nu$ هي طاقة الفوتونات الساقطة؛ z يأخذ قيم 2/1 أو 2/3 للانتقالات المباشرة، بينما بالنسبة للانتقالات غير المباشرة فإنه يأخذ 2 أو 3، اعتمادًا على ما إذا كانت مسموحة أم ممنوعة، على التوالي، و k هو ثابت الكتلة الفعالة.



الشكل (9) : فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح للجسيمات النانوية للطاقة 260 mJ
300 pulse (c , 200 pulse (b , 100 pulse (a



الشكل (10): فجوة الطاقة البصرية دالة لعدد النبضات

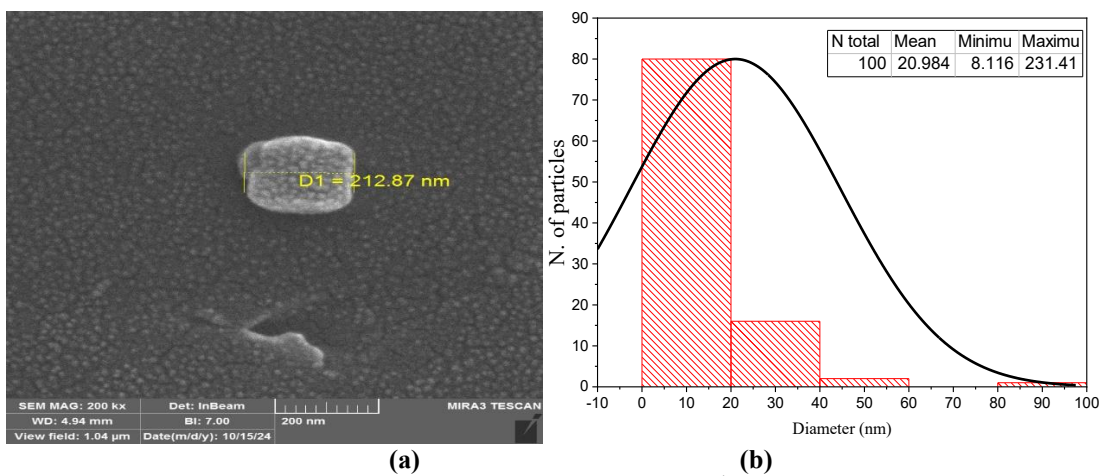
3-2 الخصائص المورفولوجية

3-2-1 تحليل المجهر الإلكتروني الماسح FE-SEM

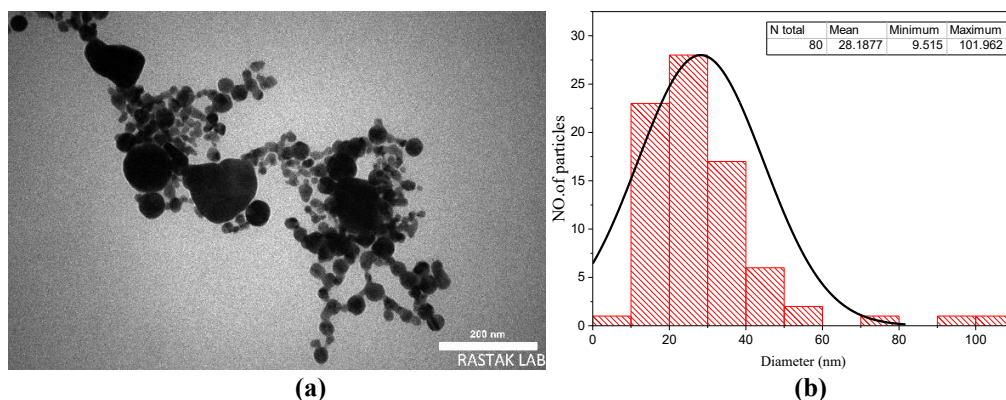
تم تحليل مورفولوجية السطح وتحليل حجم جسيمات الفضة المحضرة عند طاقة 260mJ ولعدد من النبضات يساوي 300 نبضة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح FE-SEM. يعرض الشكل (11-a,b) صورة المجهر الإلكتروني الماسح والتوزيع الاحصائي لحجم الجسيمات النانوية على التوالي حيث وجد بأن معدل حجم الجسيمات النانوية 20.984nm.

3-2-2 تحليل المجهر الإلكتروني النافذ TEM

أظهر تحليل المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) لجسيمات الفضة النانوية المحضرة عند طاقة 260mJ توزيع حجم الجسيمات وشكلها كما هو موضح في الشكل (12-a,b) صورة المجهر الإلكتروني النافذ والتوزيع الاحصائي لجسيمات الفضة النانوية الكروية. وهذه الصورة تتوافق مع أطوال الاشعة فوق البنفسجية والمرئية أذ وجد بأن متوسط حجم الجسيمات 28.1877nm.



الشكل (11): (a) صورة المجهر الإلكتروني الماسح SEM (b) توزيع الحجم لجسيمات الفضة المحضرة



الشكل (12): (a) صورة المجهر الإلكتروني النافذ TEM (b) توزيع الحجم لجسيمات الفضة المحضرة.

3-2-3 تحليل XRD لجسيمات الفضة

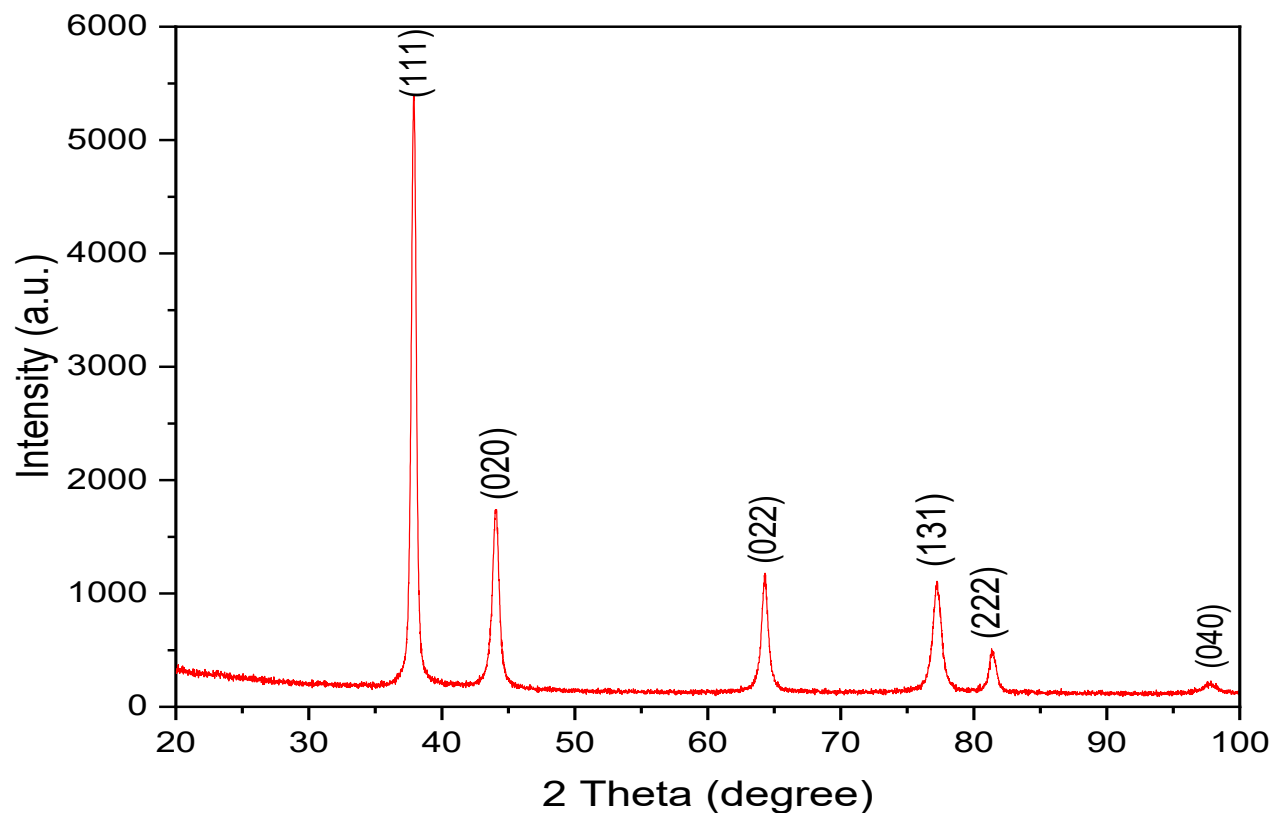
يظهر الشكل (13) والجدول (2) نتائج حيود الاشعة السينية (XRD) لجسيمات الفضة حيث وجدت بأنها تتوافق مع المعيار الدولي (ICSD) رقم -96 (901-3047). تم حساب متوسط الحجم الحبيبي باستخدام معادلة ديبي-شرر (9) حيث وجد بأن متوسط الحجم الحبيبي للجسيمات يساوي 14.7nm.

$$D_{av} = \frac{k \lambda_{x-ray}}{\beta \cos \theta} \dots \dots \dots (9)$$

حيث k هو ثابت عامل الشكل 0.9, λ_{x-ray} طول موجة الاشعة السينية, β العرض الكامل عند نصف الحد الأقصى (FWHM) للشدة بالراديان, θ زاوية براك.

جدول (2): نتائج قياسات XRD لجسيمات الفضة

Pos. [$^{\circ}2\theta$]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$]	Hkl	Crystallite size (nm)
37.8575	0.4056	111	19.7
44.0120	0.5499	020	13
64.2311	0.5004	022	15.1
77.1665	0.6718	131	12.2
81.3507	0.4950	222	17.2
97.6335	1.1820	040	11
Average Crystallite size (nm)			14.7



الشكل (13): حيود الأشعة السينية XRD لجسيمات الفضة

4-الاستنتاجات :

من خلال هذا العمل، تم دراسة إمكانية إنتاج جسيمات الفضة النانوية الغروية باستخدام تقنية الاستئصال بالليزر النبضي (PLAL). أظهرت النتائج أنه يمكن الحصول على AgNPs باستخدام ليزر Nd:YAG بطول موجة 532 nm، ولأعداد مختلفة من النبضات. وكان تغير لون المحلول وتحليل طيف الامتصاص دليلًا أوليًا على تكوين المادة النانوية. كما تم حساب معدل اقطار الجسيمات من خلال فحص SEM وكانت تساوي 20.984nm. وكذلك وجدت من خلال فحص TEM وكانت تساوي 28.1877nm، وأظهرت هذه الفحوصات بأن الجسيمات النانوية المحضرة ذات شكل كروي. ومن خلال نتائج XRD وجد بأن معدل الحجم الحبيبي لنفس الجسيمات 14.7nm. كما تم حساب فجوة الطاقة ووجد أنها تزداد بزيادة عدد النبضات. نلاحظ من قياسات طيف الأشعة فوق البنفسجية أن الطول الموجي لأقصى قمة يكون بحدود 406 nm وهذا استدلال آخر على أنه تم الحصول على جسيمات الفضة النانوية.

5- شكر وتقدير

يود الباحثون أن يقدموا الشكر والتقدير إلى قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل لتقديم التسهيلات لإنجاز هذا البحث

6- References

- [1] V. Fallahi, A. Khaledi-Nasab, "Calculation of the Induced Charge Distribution on the Surface of a Metallic Nanoparticle Due to an Oscillating Dipole Using Discrete Dipole Approximation method", *Journal of Nanostructures*, vol. 3, no. 2, pp. 131-135, 2013, DOI: 10.7508/jns.2013.02.001
- [2] N. Baig, I. Kammakakam, W. Falath, "Nanomaterials: a review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges", *materials Advance*, vol. 2, no. 6, pp. 1821-1871, 2021, <https://doi.org/10.1039/D0MA00807A>
- [3] Z. Zhang, B. Gökce, S. Barcikowski, "Laser Synthesis and Processing of Colloids: Fundamentals and Applications", *Chemical Reviews*, vol. 117, no. 5, pp. 3990-4103, 2017, <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00468>.
- [4] N. Atalla Al-Jubbori, M. Abed Al-Jubbori, "Preparation and study of some physical properties of silver nanoparticles by pulsed laser ablation in liquids technique", *Journal of Education and Science*, vol. 31, no. 2, pp. 1-9, 2022, doi: 10.33899/edusj.2022.132843.1212
- [5] M. M. Villiers, P. Aramwit, and G. S Kwon, "Nanotechnology in Drug Delivery", Springer Science & Business Media, 2009, <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77667-5>
- [6] R G. Nikov, A S. Nikolov, N N. Nedyalkov, G. Dimitrov, PA. Atanasov and MT. Alexandrov, "Stability of contamination-free gold and silver nanoparticles produced by nanosecond laser ablation of solid targets in water, *Applied Surface Science*, vol. 258, no.23, pp. 9318-22, 2012 <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.12.040>
- [7] A M. Darwish, W H.Eisa, A A. Shabaka and M H. Talaat, 2015 Synthesis of Nano-Cadmium Sulfide by Pulsed Laser Ablation in Liquid Environment. *Spectrosc Lett.* Vol. 48, no.9, pp. 638-45, 2015 <https://doi.org/10.1080/00387010.2014.948210>
- [8] E. Solati and M. Mashayekh "Effects of laser pulse wavelength and laser fluence on the characteristics of silver nanoparticle generated by laser ablation", *Applied physics*, vol. 112, pp. 689-694, 2013
- [9] W. Norsyuhada, W. Mohd Shukri, H. Bakhtiar, S.Islam, & N.Bidin, "Synthesis and characterization of gold-silver nanoparticles in deionized water by pulsed laser ablation (PLAL) technique at different laser parameter", *International Journal of Nanoscience*, vol.18, no.1, 1850015, 2019, <https://doi.org/10.1142/S0219581X18500151>
- [10] M.Rycenga, C.M. Cobley, J. Zeng, W. Li, C.H. Moran, Q. Zhang, D. Qin and Y. Xia. "Controlling the Synthesis and Assembly of Nanostructures for Plasmonic Applications". *Chemical reviews*, vol.111, no.6, pp. 3669-3712, 2011, <https://doi.org/10.1021/cr100275d>
- [11] Bohren, C.F.; Huffman, D.R. "Absorption and scattering of light by small particles" a book published by Wiley: New York, (1983), DOI:10.1002/9783527618156
- [12] Klabunde, K.J., "Nanoscale Materials in chemistry", a book published by Wiley-Interscience: New York, (2001), DOI:10.1002/0471220620
- [13] N. Abid, A.M. Khan, S. Shujait, K. Chaudhary, M. Ikram, M. Imran, J. Haider, M. Khan, Q.Khan, M. Maqbool, "Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review", *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 300, pp. 102597, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102597>
- [14] R. Mie, M. W. Samsudin, L. B. Din, A. Ahmad, N. Ibrahim, S. N. A. Adnan, "Synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using the lichen Parmotrema praesorediosum", *International journal of nanomedicine*, vol. 9, no. 1, pp. 121-127, 2014, <https://doi.org/10.2147/IJN.S52306>
- [15] M.Abed Al-Jubbori, Omar Ayed, Kh. Ajaj, "Effect of gamma and ultraviolet irradiation on the optical properties of copper oxide nanostructured thin films by chemical spray pyrolysis", *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 226, pp. 112190, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.112190>
- [16] W. RuLi, X.B.Xie, Q.S. Shi, H.Y. Zeng, Y.S. Ou-Yang, Y.B. Chen, "Antibacterial activity and mechanism of silver nanoparticles on Escherichia coli", *Appl. Microbiol. Biotechnol*, vol. 85, pp. 1115-1122, 2010, doi:10.1007/s00253-009-2159-5.
- [17] L. Xiang, J. Fang, & H. Cheng, "Toxicity of silver nanoparticles to green algae *M. aeruginosa* and alleviation by organic matter", *Environ Monit Assess*, vol. 190, no. 667, 2018, <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7022-7>
- [18] N. Atallal Al-Jubbori, M. Abed Al-Jubbori, "Preparation and study of some physical properties of copper nanoparticles by pulsed laser ablation in liquids technique", *Journal of Educatuon and Science*, vol. 31, no. 2, pp. 105-113, 2022, doi:10.33899/edusj.2022.133494.1229
- [19] Kh. Ajaj, M. Abed Al-Jubbori, M. Ali Abdullah, "Effect of ultraviolet irradiation on the optical properties and biological activity of silver nanoparticles prepared by pulsed laser ablation", *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 216, pp. 111384, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.111384>
- [20] J.G. Solé, L.E. Bausa, and D. Jaque, "An Introduction to the Optical Spectroscopy of Inorganic Solids", John Wiley & Sons, Chichester, England, 2005, doi: 10.1002/0470016043

- [21] I. Saini, J. Rozra, N. Chandak, S. Aggarwal, P. K. Sharma, and A. Sharma, "Tailoring of electrical, optical and structural properties of PVA by addition of Ag nanoparticles", *Mater. Chem. Phys.*, vol. 139, no. 2-3, pp. 802-810, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2013.02.035>
- [22] M. Rashidian, D. Dorrani, "Low-intensity UV effects on optical constants of PMMA film", *J. Theor Appl Phys*, vol. 8, no. 121, 2014, <https://doi.org/10.1007/s40094-014-0121-0>
- [23] Kh. Ajaj, M. A. Al-Jubbori, & A.M. Ali, "Influence of ultraviolet irradiation on the optical properties and biological activity of copper nanoparticles prepared by pulsed laser ablation", *Journal of Laser Applications*, vol. 35, no. 4, pp. 042055, 2023, <https://doi.org/10.2351/7.0001221>
- [24] J. Tau, R. Grigorovici, and A. Vancu, "Optical Properties and Electronic Structure of Amorphous Germanium". *phys. stat. sol. (b)*, vol. 15, no. 2, pp. 627-637, 1966, <https://doi.org/10.1002/pssb.19660150224>

تحضير جسيمات الفضة النانوية باستخدام الليزر النبضي (Nd:YAG) ودراسة خصائصها البصرية والتركيبية

مؤمن طارق العزوي⁽¹⁾ ، مشتاق عبد داود الجبوري⁽²⁾ ، ايفان بهنام كرومي⁽³⁾ ، فوزية خميس⁽⁴⁾

^(1,2,3) قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق
⁽⁴⁾ قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة طرابلس، ليبيا

الخلاصة :

في هذه الدراسة، تم تحضير جسيمات الفضة النانوية الغروية باستخدام تقنية الاستئصال بالليزر النبضي في السائل (PLAL). ركزت الدراسة على توضيح تأثير عدد نبضات الليزر المستخدمة على الخواص البصرية والتركيبية للجسيمات النانوية لأهداف الفضة عالية النقاوة المغمورة في (5mL) من الماء المقطر منزوع الأيونات. الليزر المستخدم هو ليزر Nd-YAG Q-switched، حيث تم تثبيت الطاقة (260mJ)، بطول موجي (532 nm)، مدة نبضة (10 ns)، وتردد (1 Hz). تم استخدام عدد نبضات (100، 200 و 300) نبضة لإنتاج الجسيمات النانوية أعلاه. وكان تغير لون المحلول مؤشرا أوليا على توليد جسيمات الفضة النانوية حيث تمت ملاحظة تغير لون الماء المقطر منزوع الأيونات إلى اللون الأصفر ثم إلى الأصفر الغامق بزيادة عدد النبضات. كما تم دراسة سلوك أطيف الامتصاص المرئي والأشعة فوق البنفسجية لجسيمات الفضة النانوية كدالة للطول الموجي وعدد النبضات. وأظهرت هذه النتائج أن شدة الامتصاص تزداد بزيادة عدد النبضات، وهذا يدل على زيادة تركيز الجسيمات النانوية. كذلك تم دراسة بعض الثوابت البصرية كمعامل الانكسار ومعامل الانعكاس وثابتي العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي بالإضافة إلى معامل الخمود والتوصيلية الكهربائية حيث وجد بأن قيمها جميعا تزداد بزيادة عدد النبضات ولوحظ أيضا أن AgNPs لها ذروة امتصاص حادة واحدة تتراوح بين (404-407) نانومتر لطاقة قدرها 260 mJ. من خلال طيف الامتصاص تم حساب فجوة الطاقة الضوئية أيضا لـ AgNPs وتبين بأنها تزداد من 2.251eV إلى 2.549 eV مع زيادة عدد نبضات الليزر من 100 إلى 300 نبضة. كما تم حساب معدل اقطار الجسيمات من خلال فحص SEM وكانت تساوي 20.984nm، وكذلك وجدت من خلال فحص TEM وكانت تساوي 28.1877nm، كما أظهرت هذه الفحوصات بأن الجسيمات النانوية المحضرة ذات شكل كروي. ومن خلال نتائج XRD وجد بأن معدل الحجم الحبيبي لنفس الجسيمات 14.7nm.