

## Study the effect of gamma ray on silver nanoparticles prepared by pulse laser ablation in liquid technique (PLAL)

Mohammed Maher Al-Maher<sup>1\*</sup>, Najwa I. Al-Barhawi<sup>2</sup>, Mushtaq Abed Al-Jubbori<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

<sup>2</sup>Directorate of Education in Nineveh, Ministry of Education, Mosul, Iraq.

<sup>3</sup>Department of Biology, College of Education for Pure Science, Mosul University, Mosul, Iraq.

E-mail: <sup>1\*</sup>[m\\_almaher90@yahoo.com](mailto:m_almaher90@yahoo.com), <sup>2</sup>[dr.najwa@uomosul.edu.iq](mailto:dr.najwa@uomosul.edu.iq), <sup>3</sup>[mushtaq\\_phy@uomosul.edu.iq](mailto:mushtaq_phy@uomosul.edu.iq)

(Received January 08, 2021; Accepted February 10, 2021; Available online June 01, 2021)

DOI: [10.33899/edusj.2021.129320.1136](https://doi.org/10.33899/edusj.2021.129320.1136), © 2021, 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/>).

### Abstract

Silver nanoparticles in this study were prepared using the method of laser ablation in liquids (PLAL) at two energies (540 and 700) mJ and the count of pulses were (100,200,300 and 400) pulse . The prepared samples were divided into three groups: the first group of the samples were kept as they are without any irradiation but the second and third group were irradiated by Co-60 source with two amount of doses (7.5 and 11) KGy respectively . A series of measurements and studies were done , and from the pictures of Transmitted Electron Microscope (TEM) , it was observed that the prepared nanoparticles at laser energy (540) mJ with pulses count (400) pulse were spherical but the prepared nanoparticles at laser (700) mJ with pulses cont (400) pulse were nano rods shape. The gamma irradiation effect was studied through its effect on the optical properties of the nanoparticles at different preparation conditions , represented by a change in the pulses and the energy of the laser used. The results showed that there was an increase the absorbance peaks when increasing the irradiated dose. The (TEM) image showed we get spherical nanoparticles in shape and nano composition. The average diameter of the prepared silver nanoparticles at (540) mJ laser energy in the range of (30-40) nm.

**Keywords:** Optical properties, Nano particles, Silver nano, Gamma ray, Laser, TEM

دراسة تأثير أشعة كاما على الخصائص البصرية لجسيمات الفضة النانوية المحضرة بتقنية الاستئصال بالليزر النبضي في السوائل (PLAL)

محمد ماهر محمد الماهر<sup>1\*</sup>، نجوى إبراهيم البرهاوي<sup>2</sup>، مشتاق عبد داود الجبوري<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

<sup>2</sup>مديرية تربية نينوى، وزارة التربية العراقية، الموصل، العراق

<sup>3</sup>قسم علوم حياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

### المخلص

تم تحضير جسيمات الفضة النانوية باستعمال طريقة الاستئصال بالليزر النبضي في السوائل، بطاقات (540, 700) mJ وبعدد من النبضات مقدارها (100, 200, 300, 400) pulse. قسمت العينات المحضرة الى ثلاثة مجاميع: المجموعة الاولى تم ابقاء العينات المحضرة كما هي دون تشعيع، في حين العينة الثانية والثالثة شُعت من مصدر الكوبلت 60 Co-60 بجرعة تشعيع قدرها (7.5, 11) kGy. اجريت سلسلة من القياسات والدراسات ومن خلال صور المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) لوحظ انه هنالك جسيمات

كروية الشكل نانوية التركيب للطاقة 540mJ عند عدد النبضات 400 pulse في حين ظهرت قضبان نانوية عند الطاقة 700mJ عند نفس عدد النبضات. تم دراسة تأثير أشعة كاما على العينات المحضرة من خلال مدى تأثيرها على الخصائص البصرية لهذه الجسيمات ضمن ظروف تحضير مختلفة والمتمثلة بتغيير عدد النبضات وطاقة الليزر المستعمل. بينت النتائج ان هناك زيادة بقم الامتصاصية عند زيادة جرع التشعيع، وأن الصور التي تم الحصول عليها باستعمال المجهر الالكتروني النافذ (TEM) هي ذات شكل كروي ونانوية التركيب. وان معدل الأقطار لجسيمات الفضة النانوية للطاقة 540mJ يتراوح بين (30-40)nm.

**الكلمات المفتاحية:** الخصائص البصرية، جسيمات النانو، الفضة النانوية، أشعة كاما، الليزر، المجهر الالكتروني النافذ

## المقدمة

تقدم تكنولوجيا النانو اليوم فرصاً محتملة لخلق مواد ومنتجات أفضل. كما أن تكنولوجيا النانو لديها القدرة على تحسين البيئة، سواء من خلال التطبيقات المباشرة للمواد النانوية للكشف عن الملوثات ومنعها وإزالتها، وكذلك بشكل غير مباشر باستخدام تكنولوجيا النانو لتصميم عمليات صناعية أقل تلوثاً وإنشاء منتجات أقل ضرراً بيئياً. يبلغ النانومتر واحد من مليار جزء من المتر ( $10^{-9}$  m) كذلك يكون مائة ألف مرة أصغر من قطر شعرة الإنسان، وايضا أصغر ألف مرة من خلية الدم الحمراء [1]. لا تنطبق القوانين الكلاسيكية للفيزياء والكيمياء بسهولة على هذا النطاق الصغير جداً لسببين. أولاً، الخصائص الإلكترونية للجسيمات الصغيرة جداً التي يمكن أن تكون مختلفة جداً عن تلك الجسيمات الأكبر. ثانياً، نسبة مساحة السطح إلى الحجم تصبح أعلى بكثير، وبما أن ذرات السطح عموماً الأكثر رد فعل، وخواص المواد تتغير بطرق غير متوقعة [2]. يتم تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للجسيمات النانوية المعدنية في الغالب من خلال المعلمات التالية: الحجم، والشكل والتكوين [3،4]. ولذلك، فإن التحكم في هذه المعلمات مهم للغاية في التحكم في خصائص الجسيمات النانوية. وقد تم التركيز مؤخراً بشكل خاص على السيطرة على الشكل لأنه يسمح بضبط الخصائص البصرية بشكل أكبر مما يمكن تحقيقه خلاف ذلك. فقط في الأونة الأخيرة أصبح من الممكن التحكم في شكل الجسيمات النانوية المعدنية المحضرة في المحلول، مما أدى إلى تطوير العديد من الأساليب الاصطناعية في التحضير في المحاليل [5،6]. يقدم معدن الفضة كفاءة بلازمونية أعلى وتعزيزاً مغناطيسياً فائقاً في المدى المرئي من الأطوال الموجية وبالتالي أكثر فعالية للإلكترونيات الضوئية، الخلايا الكهروضوئية والاستشعار [7]. على وجه الخصوص، الجسيمات النانوية المحضرة من المعادن النبيلة، مثل الفضة، ولدت اهتماماً كبيراً بسبب ارتباطها القوي بالرنين البلازموني [8].

تمتاز الجسيمات النانوية بالوان مميزة عند تشتتها في وسط سائل بسبب ظاهرة الرنين البلازموني السطحي التي يمكن أن تعزى إلى التذبذب الجماعي للإلكترونات التوصيل التي يسببها المجال الكهرومغناطيسي. يختلف رنين البلازمون السطحي للجزيئات المعدنية ذات الحجم النانوي عن تلك الموجودة في المواد الاعتيادية (bulk materials) ويعتمد بشدة على حجم وشكل ودرجة تجمع الجسيمات النانوية، فضلاً عن الخصائص العازلة للوسط المحيط [9،10].

تمتلك الفضة خصائص المواد الرائعة وأنها مورد طبيعي منخفض التكلفة ووفيرة. وقد تم استخدام المواد النانوية القائمة على الفضة بصورة محدودة بسبب عدم استقرارها، مثل الأكسدة في جزيئات الفضة النانوية السائلة المحتوية على الاوكسجين، وان جسيمات الفضة النانوية تم فحصها على نطاق واسع بسبب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المتوقعة، وبينت تفوقها بشكل أساس من حجم، وشكل، وتكوين، وتبلور وهيكل جسيمات الفضة النانوية مقارنة بأشكالها الاعتيادية [11]. على قياس المايكرو، تظهر الفضة دائماً بلون فضي، ولكن محلول الجسيمات النانوية للفضة يمكن أن يكون لها العديد من الألوان لأنه في الجسيمات النانوية الفضية، تتذبذب الإلكترونات بشكل جماعي. هذه التذبذبات تؤثر على كيفية تفاعل الضوء مع الجسيمات النانوية. التذبذبات المحددة وتعتمد التذبذبات المحددة على حجم الجزيئات وشكلها، لذلك فان الجسيمات من مختلف الأحجام لها ألوان مختلفة [12].

تعتمد الخصائص البصرية لجسيمات الفضة النانوية أيضاً على حجم الجسيمات النانوية، حيث تمتص الجسيمات النانوية الأصغر الضوء ولها قمم قريبة من 400 نانومتر، والجسيمات النانوية الأكبر تزيد من التشتت لإعطاء قمم تتسع وتحول إلى اللون الأحمر من المنطقة المرئية. يتم تحقيق تحولات أكبر في منطقة الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي عن طريق تغيير شكل الجسيمات النانوية إلى قضبان أو ألواح [13].

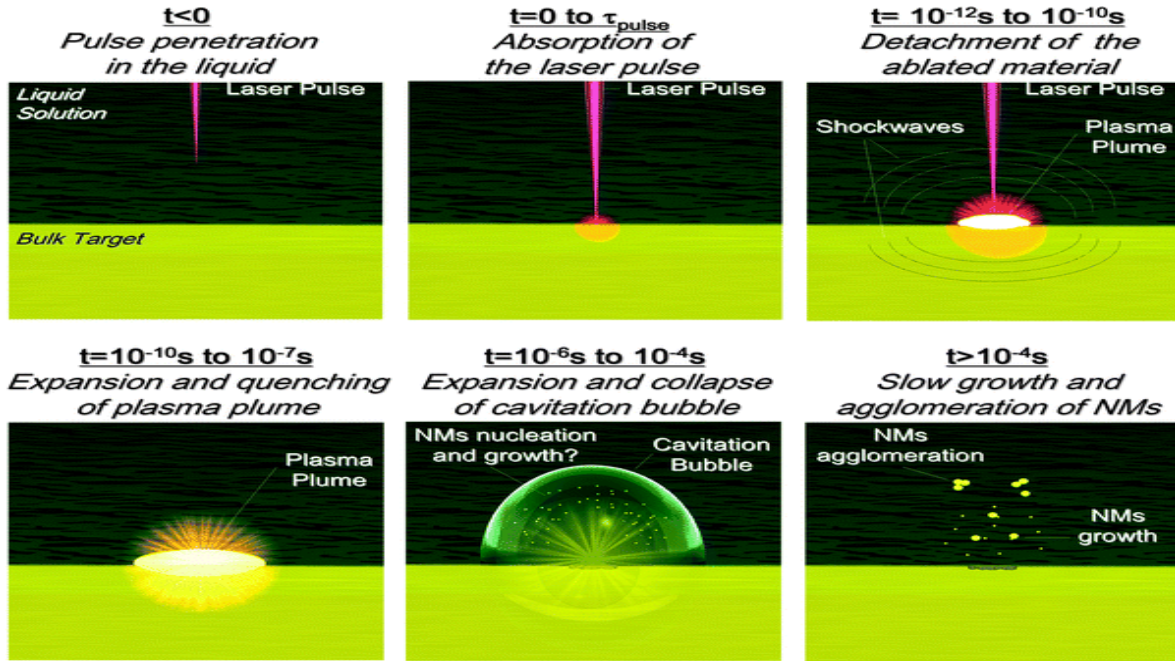
لإنتاج جسيمات نانوية نستخدم طريقة الاستئصال بالليزر النبضي في السوائل (PLAL) وهو طريقة بسيطة وسريعة وصديقة للبيئة لتصنيع المواد النانوية. تتطلب طريقة PLAL أجهزة بسيطة. الأهم من ذلك، فإن أكبر ميزة لطريقة PLAL هو أن إنتاجها نقي كيميائياً [14].

في الاستئصال بالليزر النبضي في السوائل، يتم غمر الهدف الصلب في وسط سائل داخل وعاء زجاجي (بيكر) ويتم تسليط شعاع ليزري مركز على الهدف المراد تجزئته وبشكل عمودي، والذي يحتوي على الذرات والأيونات والجزيئات والعناقيد والجسيمات. المنتجات التفاعلية الوسيطة في عمود الاستئصال تتفاعل مع جزيئات السائل المحيطة بها، إنتاج هياكل نانوية تحتوي على ذرات من الهدف الأصلي والسائل، ويوفر الحبس الذي تم إنشاؤه بواسطة الطبقة السائلة جنباً إلى جنب مع درجة الحرارة المرتفعة والضغط المرتفع الناجم عن الحزمة النبضية المركزة حالة مثالية لتشكيل مراحل الانبثاق، وتفضل لتركيبة البنى التحتية النانوية المختلفة [15]

ان عملية تفاعل الليزر مع الهدف مماثلة لكل من الاستئصال بالليزر في الفراغ والاستئصال في الوسط الصلب السائل. كلاهما ينتج البلازما ويخلقان حبساً قوياً لأنواع الانبعاثات، مما يؤدي إلى إعادة تركيب إلكتروني فعال. يحدث الفرق عندما تبدأ البلازما في التوسع، والذي يحدث بحرية في الفراغ، ولكن يتم حصره من قبل أي طبقة سائلة. السائل يؤخر التوسع في البلازما، مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط البلازما ودرجة الحرارة، مما يسمح بتشكيل المواد النانوية. ميزة أخرى هي أن كلا من الهدف الصلب والسائل يتبخران، وبالتالي فإن المنتج يمكن أن يحتوي على ذرات من المواد المستهدفة والسائل [16].

ان التفاعل بين شعاع الليزر ذي الطاقة العالية مع سطح صلب يمكن أن تنتج عنه العديد من العمليات الفيزيائية. وتشمل هذه العمليات:- امتصاص أشعة الليزر بواسطة هدف صلب، والتوصيل الحراري إلى الهدف، والتبخر، وانتشار المادة المستهدفة، والتسخين السريع للهدف وتكوين البلازما يؤدي إلى تبخر السائل وتشكيل فقاعة مجوفة.

يحدث تنوي (الحصول على جسيمات نانوية) من المعدن ونموها في مراحل لاحقة كما هو موضح في (الشكل 1).



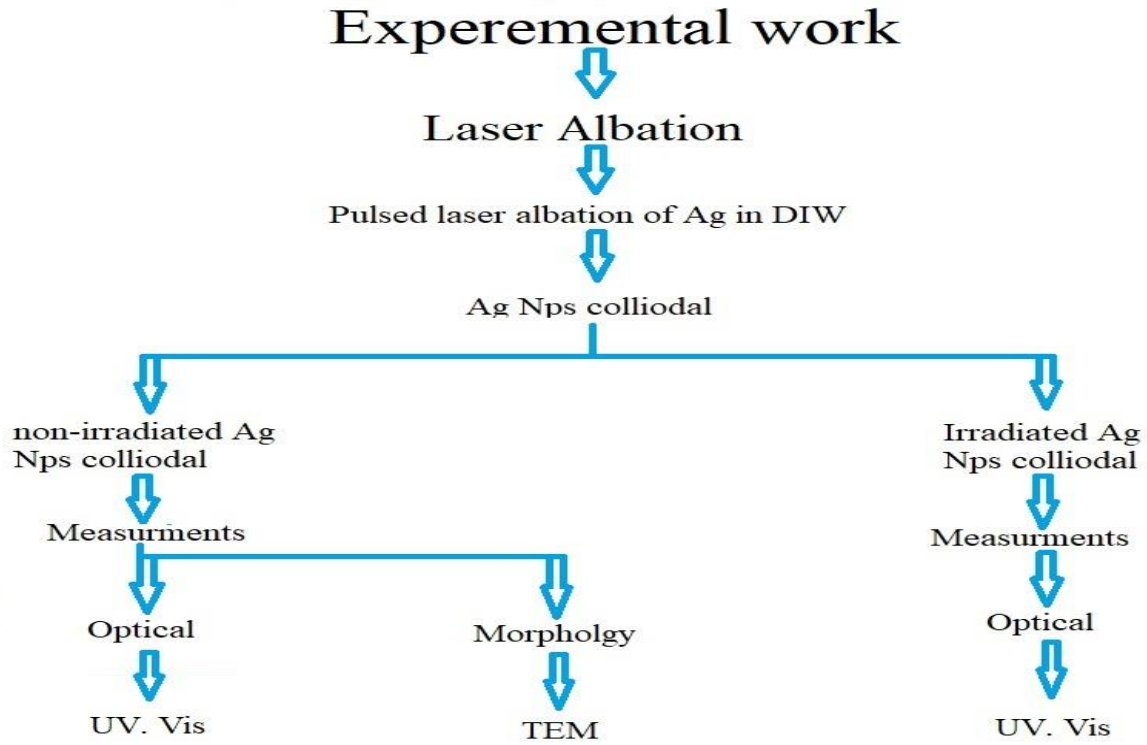
**الشكل (1): مخطط يبين خطوات تحضير الجسيمات النانوية من خلال عملية الاستئصال بالليزر النبضي [17].**

ان عملية الحصول على اشعة كما تكون في الغالب من مصادر صناعية أثناء عملية التحلل النووي نتيجة لعودة النوى من حالة الإثارة إلى حالة مستقرة حيث تنبعث منها طاقة زائدة على شكل موجات كهرومغناطيسية ولها مدى طول موجي قصير يتراوح بين ( $10^{-8}$ - $10^{-11}$ ) سم لذلك فهي ذات طاقة عالية جدا وقدرتها على اختراق المواد بمعدلات مختلفة حسب نوع المادة ويتميز طيف كما يكونه أحادي الطاقة [18].

وان مصادر أشعة كما هي: تحلل جسيمات بيتا وألفا، وأشعة الكبح، وإشعاع الفناء، و أشعة كما الناتجة عن بعض العمليات النووية الأخرى مثل الانشطار والتنشيط النيوتروني والأشعة من إنتاج الجسيمات المشحونة من النواة [19].

### **الجانب العملي**

يبين هذا الجانب كيفية الحصول على جسيمات الفضة النانوية باستعمال تقنية الاستئصال بالليزر النبضي في السوائل، وكما موضحة في المخطط المبين بالشكل (2).



الشكل (2): مخطط توضيحي لعملية الحصول على الجسيمات النانوية.

يوضح الشكل (3) صورة فوتوغرافية لمنظومة الاستئصال بالليزر النبضي للهدف المعدني عالي النقاوة 99.9% (الفضة) المغمور في الماء المقطر (Distilled Water) (Dw). تتكون المنظومة من مصدر ليزر (Q-switched Nd: YAG) ذي منشأ صيني من شركة (HUAFEI) بالطولين الموجيين (532 nm, 1064 nm) مع اقصى طاقة (1000 mJ) لكل نبضة وزمن النبضة (10 ns) ومعدل التكرار (6 Hz) وقطر الحزمة الفعالة هو (2 mm) التي تستخدم بالاستئصال الليزري والعدسة المستخدمة تكون ذات بعد بؤري (20 cm) لتحقيق تدفق ليزري عالي. وتمت عملية الاستئصال للأهداف المعدنية في جامعة ديالى كلية العلوم قسم الفيزياء. ويوضح الجدول (1) خصائص الجهاز المستخدم.

الجدول (1): خصائص الليزر النبضي المستخدم

الخاصية	القيمة
مدة النبض	10 ns
معدل التكرار	6 Hz
طاقة الليزر	500mJ-1000mJ
الوضع العرضي	TEM <sub>00</sub>
نوع الليزر	Q-switched Nd:YAG
الطول الموجي	532nm -1064nm

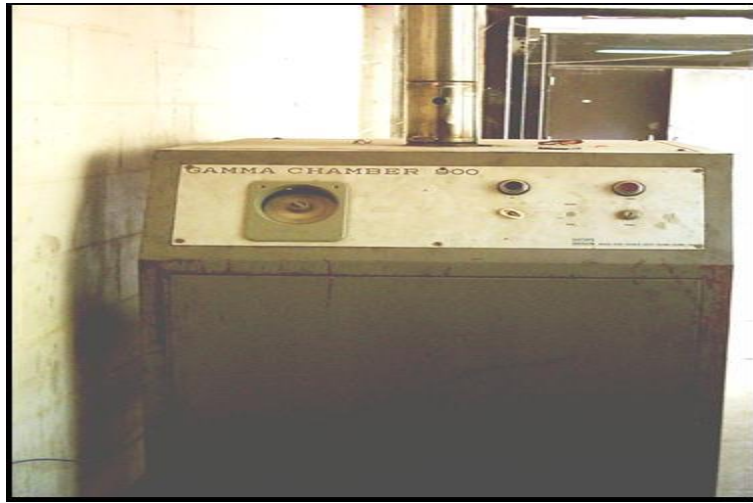
تم في هذه الدراسة استخدام هدف معدني من الفضة ذي نقاوة عالية (99.9 %) وقبل البدء بعملية الاستئصال تصقل سطوح الاهداف المعدنية بورق الصنفرة للتخلص من الشوائب وبعد ذلك يتم غسلها بالإيثانول عالي النقاوة ومن ثم بالماء المقطر (DW) (Distilled Water). ثم يوضع الهدف في أسفل اناء زجاجي ويغمر بالماء المقطر (DW) وكان حجم الماء المستخدم في كل عمليات الاستئصال هو (5 ml) وارتفاع السائل فوق سطح الاهداف هو (8 mm) كذلك اثناء عملية الاستئصال يتم تحريك الاناء الزجاجي الذي يحتوي على الهدف المغمور بالماء المقطر.

تم قصف الهدف بواسطة شعاع ليزر في طاقات مختلفة هي (540 mJ , 700 mJ) وأطوال موجية (532 nm , 1064 nm) مع عدد نبضات (100 و 200 و 300 و 400) نبضة. إذ تغير لون الماء بعد عملية الاستئصال وهذا دلالة على تكون الجسيمات النانوية.



الشكل (3): صورة فوتوغرافية للمنظومة المستخدمة للاستئصال

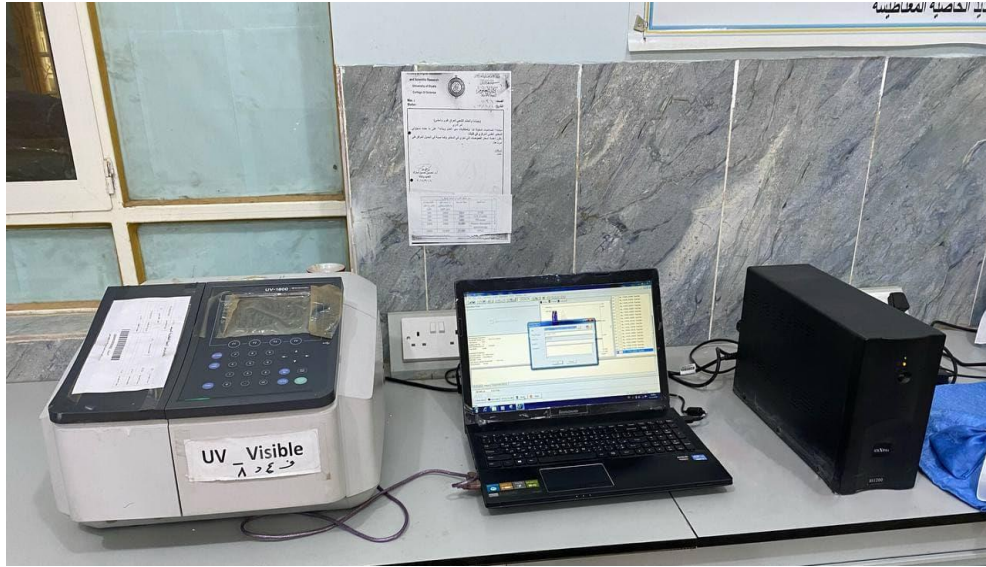
ثم تم إشعاع عينات المحلول الغروي لجسيمات الفضة النانوية المستخدمة في هذه الدراسة بواسطة مصدر الكوبالت ( $^{60}\text{Co } \gamma\text{-ray}$ ) عن طريق الجهاز ( $^{60}\text{Co Gamma Cell-900}$ ) تم استخدام الجهاز الذي تم تصنيعه من قبل الشركة الهندية ( Bhabha Atomic Research Center / Trombay / Bombay / India) والموجود في قسم الفيزياء - كلية العلوم ، جامعة بغداد ، كما هو مبين في الشكل (4) ، حيث تنبعث من الكوبالت أشعني كما وتكون بطاقات ( $1.332 \text{ MeV}$ ) و ( $1.173 \text{ MeV}$ ) ويتم تصحيح الفعالية الإشعاعية مع مرور الوقت ، كما ان عمر النصف لعنصر الكوبالت يساوي ( $5.27 \text{ year}$ ) ، ومتوسط جرعة الامتصاص في الوقت الذي وقعت فيه عملية التشعيع يساوي ( $432 \text{ Gy/day}$ ) أي ( $18 \text{ Gy/h}$ )، وتم تقسيم العينات إلى قسمين، حيث تم تشعيع القسم الأول بجرعة مقدارها ( $7.5 \text{ KGy}$ ) وتم تشعيع القسم الثاني بجرعة مقدارها ( $11 \text{ KGy}$ ).



الشكل (4) : جهاز التشعيع  $^{60}\text{Co Gamma Cell-900}$

وبالنسبة للخصائص البصرية والتشكيلية سيتم دراستها من خلال تحقيق بعض القياسات التي تلخص على النحو التالي:-  
تم استخدام مطياف الأشعة المرئية وال فوق بنفسجية لدراسة الخصائص البصرية للجسيمات النانوية المحضرة حيث تم القيام بهذا الفحص للإشارة إلى التحليل الطيفي للامتصاص والنفاذ في المنطقة الطيفية للأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) إذ ان للامتصاص و النفاذ تأثير تأثيراً كبيراً في النطاق المرئي على اللون للمادة الكيميائية المعنية بالفحص.  
تم وضع المحاليل المحضرة في خلية من الكوارتز سمكها ( $1 \text{ cm}$ ) وبدرجة حرارة الغرفة وبشير تغير لون المحلول الغروي للمواد المستخدمة عن تولد جسيمات نانوية. تم قياس اطياف الامتصاص لمحاليل الجسيمات النانوية بواسطة مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-Visible) ضمن مدى الاطوال الموجية ( $190 \text{ nm} - 1100 \text{ nm}$ ) وذلك باستخدام جهاز (UV-Visible 1800 double beam spectrophotometer) المصنع من قبل شركة (Shimadzu, Japanes) والموجود في جامعة ديالى/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء. والشكل (5) يوضح صورة فوتوغرافية للجهاز المستخدم بالفحص





الشكل (5): مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية

ولاجل دراسة الخصائص المورفولوجية للسطح تم استخدام المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) حيث جهاز مهم جدا للبحث في بنية المواد على قياس النانو. يمكن أن تعطي معلومات شكلية من الشكل والحجم. كذلك يمكن أن تكشف عن طبيعة العيوب البلورية. تم تحديد خصائص مورفولوجيا للجسيمات النانوية مثل شكل الجسيمات وحجمها باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ TEM نوع Carl Zeiss-EM10C-100Kv-Germany في جامعة شريف للتكنولوجيا / ايران الذي يظهر في الشكل (6). وتم حساب قطر الجسيمات النانوية باستخدام برنامج يسمى ImageJ

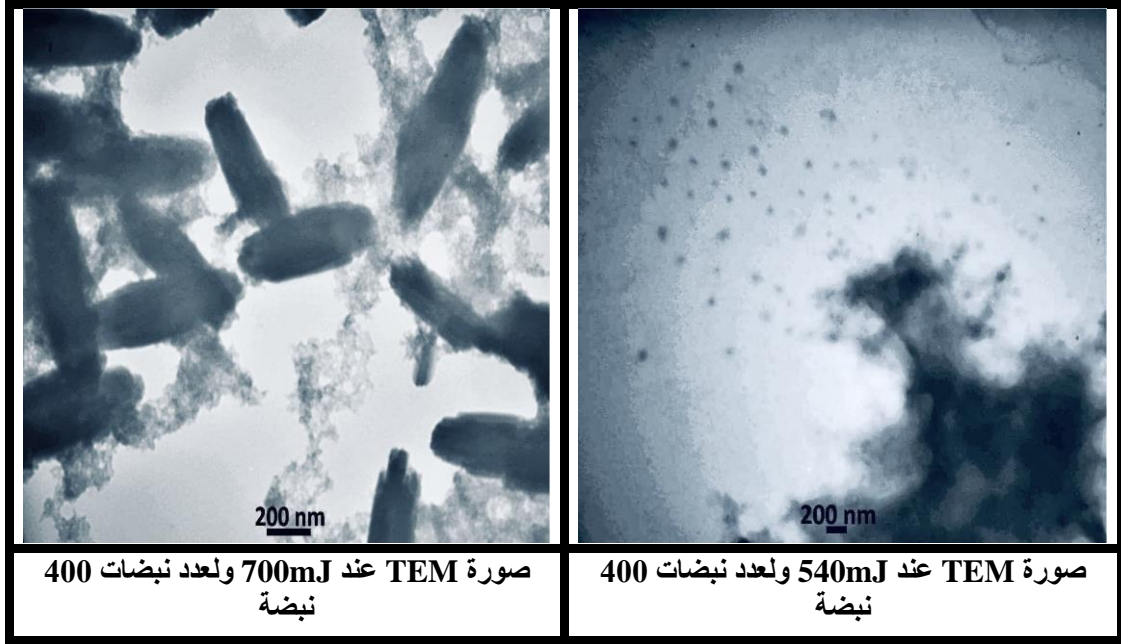


الشكل (6): المجهر الإلكتروني النافذ TEM

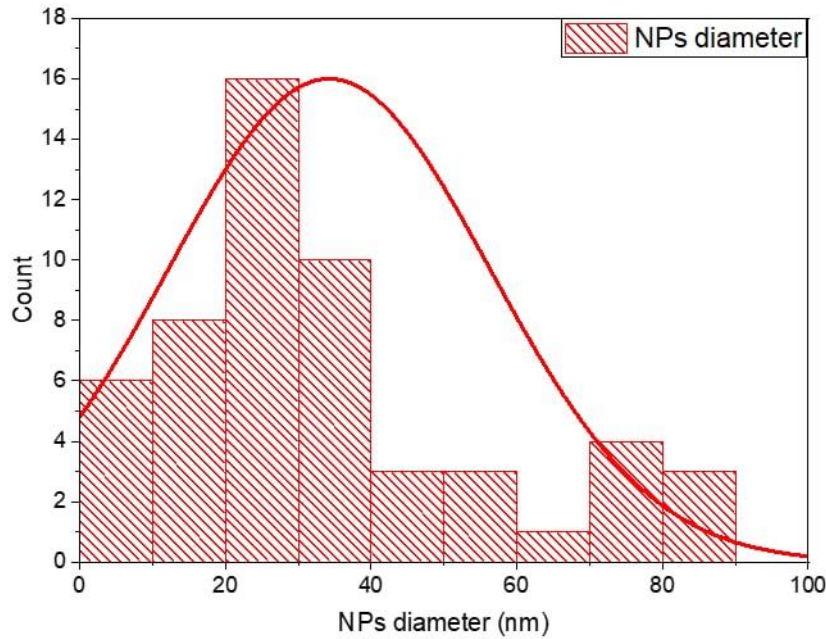
#### النتائج والمناقشة

تعتمد مورفولوجيا (تضاريس) وحجم الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها على قوة الليزر خاصة الطول الموجي وطاقة نبض الليزر. وتم إجراء قياسات TEM للتحقيق في مورفولوجيا وحجم جسيمات النانو المحضرة عند طاقة 540 mJ و 700 mJ للنبضة 400 .

الشكل (7) يظهر صورة TEM لجسيمات الفضة النانوية التي يتم تصنيعها بواسطة الاستئصال بالليزر النبضي في السائل المقطر عند عدد نبضات 400 نبضة وللطاقات 540, 700 mJ. ويمكن ملاحظة أن الجسيمات الناتجة هي كروية للطاقة 540 وتم قياس أقطار 54 جسيمة وكان معدل القطر لهذه الجسيمات 12.9nm وان اغلب الجسيمات تراوحت أقطارها بحدود 35nm تقريبا وكما موضح في الشكل (8) التوزيع الاحصائي لهذه الجسيمات. ولكن للطاقة 700 هناك جسيمات كروية وجسيمات طولية الشكل بهيأة مايشبه القضبان النانوية Nanorods.



الشكل (7): صورة TEM لجسيمات الفضة النانوية

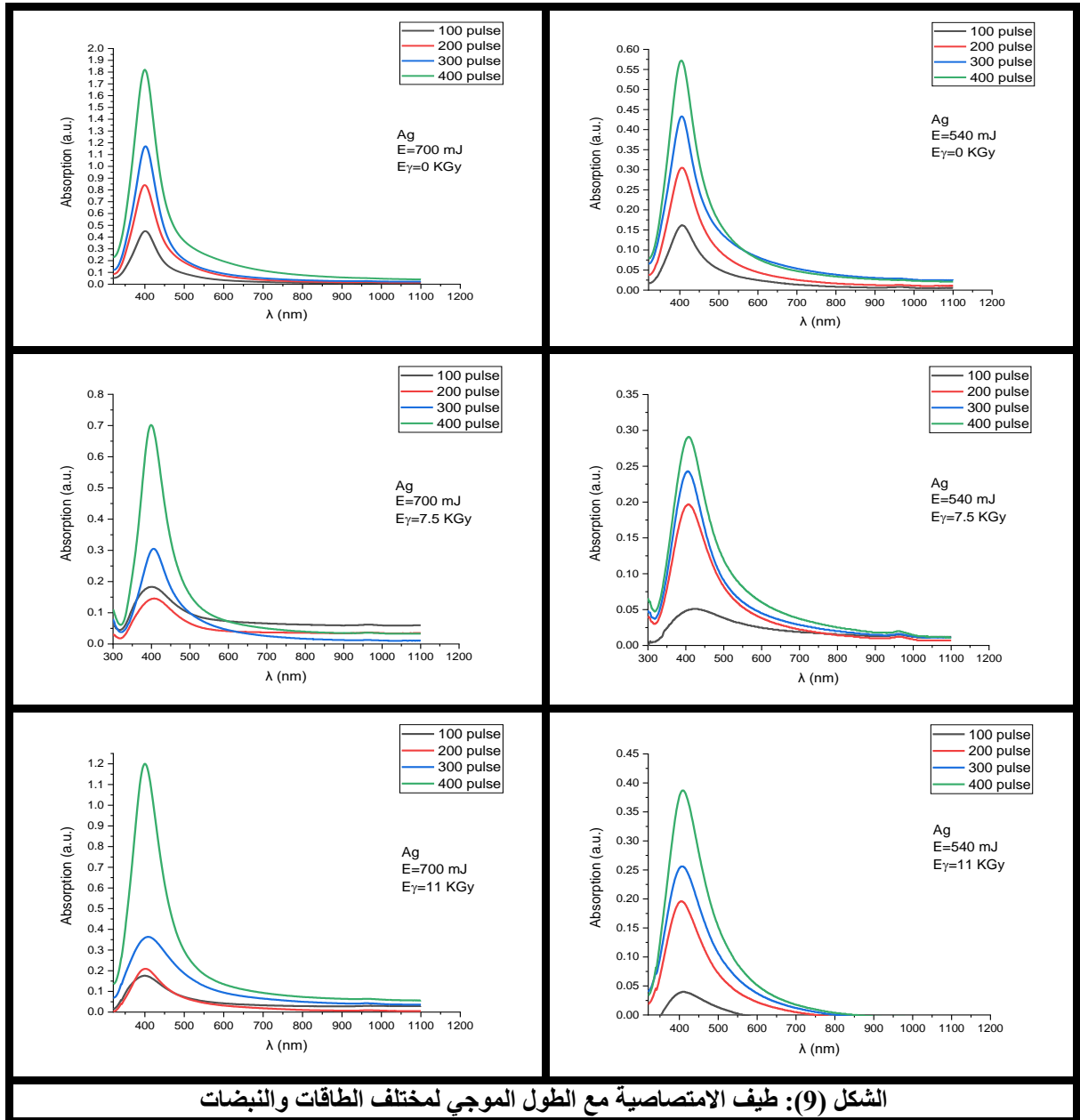


الشكل (8): التوزيع الاحصائي لاقطار الجسيمات النانوية التي تم الحصول عليها عند طاقة الليزر 540mJ

أن الخصائص البصرية لها أهمية كبيرة في التحفيز الضوئي فهذه التقنية استخدمت للكشف عن آليات عمل العمليات الضوئية الأساسية حيث هذه التقنيات تعطي معلومات حول الامتصاص والنفوذ لخصائص الجسيمات النانوية [20]. يعتمد فحص الخواص البصرية على حجم وشكل الجسيمات النانوية وايضاً الامتصاص القوي لرنين البلازمون السطحي (SPR) في المنطقة المرئية من طيف الأشعة الكهرومغناطيسية [21]. قد تحدث التغيرات الرئيسية التي تظهر في الخصائص البصرية للمعادن وأشباه الموصلات مثل اللون كدالة لحجم الجسيمات حيث يحتوي المحلول الغروي على جسيمات نانوية فضية لها لون أصفر شاحب وتصبح صفراء داكنة مع زيادة حجم الجسيمات [22].

الشكل (9) يوضح مقارنة الامتصاصية عند نفس الطاقة و لنبضات مختلفة (100 , 200 , 300 & 400) نبضة لطاقة الليزر (540 mJ & 700 mJ). وان قمم الامتصاص في المنطقة المرئية هي دلالة المعادن المميزة في تكوين جسيمات نانوية

[23]. ووجد أن قيم الامتصاص لجسيمات الفضة النانوية التي أعدت عند الطاقات ( 540 mJ & 700 mJ ) بقيت ثابتة عمليا عند 400 نانومتر وقيم الامتصاص زادت بشكل كبير مع زيادة الطاقة. اما قيم الامتصاص للعينات التي تم تحضيرها عند طاقة 700 mJ كانت أعلى من تلك التي تم تحضيرها عند 540 mJ لعدد النبضات ( 100 , 200 , 300 & 400 )، وهذا متعلق بتركيز جسيمات النانو في المحلول، وبعد تشيعيها بأشعة كاما وجدنا ان قيم الامتصاص للعينات المشععة عند جرعة (11 KGy) أعلى من العينات المشععة عند جرعة (7.5 KGy) ولكن جميع العينات المشععة هي أقل قيمة من العينات غير المشععة في قيم الامتصاص.



### الاستنتاج

تم في هذه الدراسة الحصول على اهم الاستنتاجات التالية:

1. نجاح طريقة الاستئصال بالليزر النبضي في السائل للحصول على جسيمات الفضة النانوية وباحجام مختلفة ، حيث إذ أن التحول اللوني لهذا المحلول هو مؤشر على تكوين محلول غروي يحتوي على جسيمات معدنية من المعادن المستخدمة.
2. يمكن التحكم في حجم الجسيمات وحجم توزيعها بواسطة معلمات الليزر (عدد النبضات والطاقة) ومن خلال الوسط السائل المحيط الذي يتم فيه إجراء الاستئصال.
3. أظهر نتائج فحص TEM امكانية الحصول على جسيمات كروية تقريباً من الفضة.
4. بينت الدراسة انه كلما ارتفع تركيز المحلول الغروي ، كلما كان امتصاصه أكبر.



5. للعينات المشعة امتصاص أعلى بالنسبة لكمية أعلى من الإشعاع في الدراسة لكنها أقل من العينات غير مشعة.

### **Acknowledgements**

We thank University of Mosul, College of Education for Pure Science, Department of Physics and University of Diyala, College of Science, Department of Physics for supporting this work.

### **المصادر**

- [1] William H. Benson. and Charles M. Auer., Environmental production, United State 100B-07-001 (2007).
- [2] Rathjen D, L. Read, P. Binks, R.Clark, E. Harvey, B. Innes, C Jagadish, M. Lu, T. Turney, Annual Report, Australia's Research Council. (2009).
- [3] Logunov, S.L.; Ahmadi, T.S.; El-Sayed, M.A.; Khoury, J.T.; Whetten, R.L. *J. Phys. Chem. B.* 101, 19, 3713–3719 (1997).
- [4] Burda, C.; Chen, X.; Narayanan, R.; El-Sayed, M.A. *Chem. Rev.* 105, 4, 1025–1102, (2005)
- [5] Bratescu, M.A.; Cho, S.-P.; Takai, O.; Saito, N. *J. Phys. Chem. C*, 115, 24569–24576, (2011).
- [6] Wang, F.; Tang, R.; Yu, H.; Gibbons, P.C.; Buhro, W.E. *Chem. Mater.* 20, 3656–3662, (2008).
- [7] A. Majdalawieh, M. C. Kanan, O. El-Kadri, and S. M. Kanan, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 14, no. 7, pp. 4757–4780, (2014) .
- [8] Liz-Marzán, Luis M., Kamat, Prashant V. “Nanoscale Materials” 1st Ed. Kluwer Academic. (2003).
- [9] Bohren, C. F. and Huffman D. R. “Absorption and Scattering of Light by Small Particles” 1st Ed. Wiley Company. New York (1983).
- [10] Klabunde, K. J., a book published by Wiley-Interscience: New York, 2001.
- [11] Sang Hun Lee and Bong-Hyun Jun , *International Journal of Molecular Sciences* , 20, 865, (2019).
- [12] Navarro. E, Flavio Piccapietra, Bettina Wagner, Fabio Marconi, Ralf Kaegi, Niksa Odzak, Laura Sigg, and Renata Behra. *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 42: 8959-8964. (2008).
- [13] Laura Carlini, Claudia Fasolato, Paolo Postorino, Ilaria Fratoddi , Iole Venditti, GiovanTesta, Chiara Battocchio, 532, 5, Pages 183-188 , (2017).
- [14] Yan Zhao, a Shuanghao Li, Yong Zeng, and Yijian Jiang, AIP Publishing, *APL Materials* 3, 086103, (2015).
- [15] Abdulrahman K. A. Ph.D. Thesis. College of Science, University of Technology, Iraq. (2010).
- [16] Wang J B, Zhang C Y, Zhong X L, Yang G W, *Chem. Phys. Lett.*, 361, 86, (2002).
- [17] Vincenzo Amendola and Moreno Meneghetti , *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 15, 3027, (2013).
- [18] Al- Arif, M. Safa, "Biophysics Radiation", 1st Ed. Usama for publishing. Jordan. (1999).
- [19] Knoll G. F. "Radiation Detection and measurement", 1st Ed. John Wiley and Sons. New York. (1979).
- [20] Khan I , Saeed K., and Khan I, *Arabian Journal of Chemistry.* 908-931 (2017).
- [21] Eustis S. Ph.D. dissertation. College of Science, Georgia Institute of technology, Georgia. (2006).
- [22] Thomas P.J., Ph.D. Thesis. Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, Bengaluru (2003).
- [23] Zheng X, W. Xu, Corredor C., Xu S., An J., *J. Phys. Chem. C*, 111, 41, 14962–14967 (2007).