وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية التربية
قسم الفيزياء

تطبيقات الليزر في مجال الاثار

بحث مقدم الى جامعة القادسية – كلية التربية – قسم الفيزياء كجزء من متطلبات نيل شهادة البكلوريوس

من قبل

نور ضياء زيدان نور علاوي وادي هدى راسم يوسف وئام ناظم شلال

باشراف

أ.م.وئام سامي

2018م 1439هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيَاحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴾

البقرة: 164.

الاهداء

الى كل من أضاء بعلمه عقل غيره

أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائليه

فأظهر بسماحته تواضع العلماء

وبرحابته سماحة العارفين

إلى والدتي الغالية التي لم تألُ جهداً في تربيتي وتوجيهي
أقدم هذا العمل .

إلى سبب وجودي في الحياة .. والدي الحبيب

لك كل التجلي والاحترام

شكر و تقدير

الحمد لله الذي لا أرجو إلاّ فضله ، ولا أخشى إلاّ عدله ، ولا اعتمد إلاّ قوله ، ولا امسك إلاّ بحبله ، والصلاة والسلام على نبي الرحمة محمد (صلى الله عليه واله وسلم) وعلى اله الطيبين الطاهرين ، أما بعد .

فيشرفني ان اقدم شكري وامتناني إلى الأستاذه (وئام ناظم سامي) لما أبدته من مساعده وتوجيه و تشجيع مستمر طوال فترة البحث .

وأخيرا أقدم شكري وامتناني إلى كل من مد لنا يد العون والمساعدة والحمد لله رب العالمين.

الخلاصة

تتعرض المخطوطات إلى كثير من العوامل البيئية المتلفة كالتلوث الجوى وما يحمله الهواء من جراثيم الفطريات وبويضات بعض الحشرات، هذه العوامل تتفاعل مع مكونات المخطوط لتسبب له مظاهر متنوعة من التلف مثل البقع اللونية الكيميائية والبيولوجية، وخاصة البقع الفطرية التي يكثر وجودها على صفحات المخطوطات الورقية. ونظراً لما ينتج عن استخدام المذيبات العضوية في إزالة البقع الفطرية من أضرارٍ لمكونات المخطوطات وسميتها، جاء التفكير في إزالة البقع الفطرية بشعاع الليزر، للحفاظ على الألياف السيليلوزيه ويعد ليزر الياغ Yag Laser من أفضل أنواع الليزر المستخدمة في الترميم نظراً لتكلفته القليلة، وكفاءته العالية، وإمكانية ربط هذه التقنية بجهاز الحاسب الآلي ومعرفة البيانات اللازمة تقليل أكسدة الألياف الورقية والقضاء على نشاط الفطر بعد المعالجة ولتقييم استخدام الليزر فى تنظيف البقع الفطرية على المخطوطات اتبعنا في البحث المنهج التجريبي على عينات ورقية مصنعة من خامات مختلفة، وتنمية بعض الفطريات التي تصيب المخطوطات الورقية، وعمل دراسة مقارنة بين الطرق الكيميائية المستخدمة في إزالة البقع الفطرية، وبين التنظيف باستخدام الليزر، وتأثيرها في خواص الورق الفيزيائية والكيميائية بهدف الوصول لأفضل طرق تنظيف المخطوطات مع الاستعانة بوسائل الفحص المختلفة مثل المجهر الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope ومجهر الاستريو Stereo Microscope واختتم البحث بمناقشة النتائج والتوصيات الخاصة باستخدام الليزر في تنظيف البقع الفطرية من المخطوطات

المحتويات

لتسلسل	الموضوع	الصفحة
الفصل الاول	**الليزر وخواصه**	7
1 – 1	معنى كلمة ليزر	8
1 – 2	ما هو الليزر	8
1 – 3	مكونات منظومة الليزر	8
1 – 4	كيفية عمل الليزر	10
1 - 5	خواص الليزر	11
1-6	امتصاص واختراق اللبزر	12
الفصل الثاني	**بعض انواع الليزرات المستخدمة في الاثار**	14
2 – 1	ليزر الياغ ، ليزر الاكسايمر	15
2 – 2	اهم مميزات التنظيف بالليزر	16
الفصل الثالث	**بعض تطبيقات الليزر في الاثار**	18
3-1	بعض تطبيقات الليزر في الاثار	19
	المصادر	35

الفصل الاول

الليزر وخواصه

المقدمة Introduction

(1 1) معنى كلمة ليزر

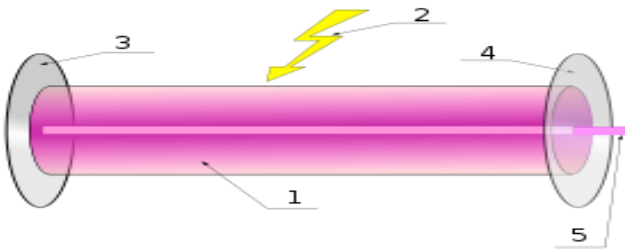
الليزر بالانكليزية LASER وهي اسم مختصر من الحروف الاولى لعبارة Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation أي (تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المحفز)

(1 –2) ما هو الليزر

هو اشعاع كهرومغناطيسي تكون فوتوناته متساوية في التردد ومتطابقة الطور حيث تتداخل تداخلا بناءً بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية وشديدة التماسك زمانيا ومكانيا ويمكن تشبيه نبضة شعاع الليزر بالكتيبة العسكرية حيث يتقدم جميع العسكر بخطوات متوافقة منتظمة بينما يشع المصباح الاعتيادي الضوء في موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فتكون كالناس في الشارع كل منهم له اتجاه غير الآخر. كما يمتاز بكون زاوية انفراجه صغيرة جدا كما تتميز أشعته بالتجمع في بؤرة (نقطة) واحدة و بطاقة (حرارة عالية) و يعطى العلاج كومضات قصيرة في زمن أقل من ثانية.(1)

(1 – 3) مكونات منظومة عمل الليزر

يبين الشكل (1 – 1) المكونات اللازم توفرها لتحقيق عمل الليزر وهي كالاتي :



الشكل (1 – 1) المكونات اللازم توفرها لتحقيق عمل الليزر

(1) الوسط المنتج لشعاع الليزر.

(2) طاقة كهربائية لتحفيز الوسط على إصدار الموجات الضوئية

(3) عاكس للضوء(مرآة) عال الأداء.

(4) مراة خروج الشعاع وقد تكون مستوية أو مقعرة ذات انعكاسية 80.

(5) شعاع الليزر الناتج.

(1)الوسط المنتج لشعاع الليزر (الوسط الفعال)

وهو مجموعة من ذرات او ايونات او جزيئات عنصر او مركب او مزيج بحالة صلبة او سائلة او غازية حسب الغرض المراد استخدامه ولهذا الوسط عدد من مستويات الطاقة تصلح لان تتحقق بينها الانتقالات الثلاثة الضرورية لانبعاث اشعة الليزر (امتصاص – انبعاث تلقائي – انبعاث محفز) واعتمادا على احتمالية الاتقال بين المستويات يصنف هذا الوسط لكي يكون من منظومات المستويات الثلاثة او الاربعة.

(2) طاقة كهربائية لتحفيز الوسط على إصدار الموجات الضوئية (مصدر ضخ الطاقة)

يكون الغرض منه تحقيق عملية التأهيل العكسي لوسط الليزر وفقا لمخططات خاصة تتناسب و مستويات الطاقة لذرات الوسط الفعال فمنها ما يكون على شكل وميض ضوئي (ضخ بصري) ومنها ما يكون على شكل تفريغ كهربائي او قد يتم عن طريق تفاعل كيميائي بين ذرات الوسط الفعال.

(3) عاكس للضوء(مرآة) عالية الأداء

توضع هذه المراة بشكل موازي لمراة اخرى وبينهما الوسط الفعال ليشكل ما يعرف بالمرنان وتكون انعكاسية هذه المراة عالية جدا وغالبا ما تكون مقعرة

(4) مراة خروج الشعاع

قد تكون مستوية أو مقعرة ذات انعكاسية 80 ولمواصفات مراة الشعاع الخارج أهميتين :

نصف قطر الانحناء: قد يكون سطح المراة الداخلي مستويا أو مقعرا وذلك بحسب الغرض المرغوب فيه.ويطلى السطح الداخلى للمراة بطلاء فضي نصف عاكس حتى

يستطيع شعاع الليزر الخروج من الوسط إلى الخارج. وإذا كانت هناك رغبة في تجميع الشعاع الخارج وتركيزة في بؤرة يكون السطح الخارجي للمراة مقعرا.كما يطلى السطح الخارجي بطلاء يمنع الانعكاس، لكي يتيح خروج شعاع الليزر الناتج من دون خسارة.

معامل انعكاس المراة: يعتمد عدد الانعكاسات لأشعة الضوء المتراكمة داخل الوسط على نوع الوسط المستخدم. ففي ليزر الهيليوم-نيون نحتاج إلى درجة انعكاس للمرآة بنسبة 99 % لكي يعمل الجهاز. وأما في حالة ليزر النيتروجين فلا حاجة للانعكاس الداخلي (درجة انعكاس 80 %) حيث أن ليزر النيتروجين يتميز بدرجة فائقة على إنتاج الأشعة. ومن جهة أخرى تعتمد خواص العدسة المتعلقة بانعكاس الضوء على طول موجة الضوء. ولهذا يُعطي للخواص الضوئية للمراة عناية خاصة عند تصميم جهازا لليزر

(5) شعاع الليزر الناتج

يعمل جهاز الليزر على عكس ضوء ذو لون واحد، أي ذو طول موجة واحدة بين المرآة الخلفية (3) والمراة (4) ويكون هذا الشعاع الناتج متوازي وقادر على قطع مسافات كبيرة جدا قبل أن تضعف شدته اضافة الى امتلاكه العديد من الصفات سياتي ذكرها لاحقا في هذا الفصل بشكل مفصل.

(1 – 4) كيف يعمل الليزر

تعتمد فكرة الليزر في الدرجة الأولى على تكبير شعاع الفوتونات بالانبعاث المحفز بالفوتونات التى لها نفس التردد ولهذا فإن قوة شعاع الضوء ستزداد بالانبعاث المحفز للفوتونات

تبدأ العملية بأن يتم إطلاق طاقة مصدر التغذية فيتم امتصاصها واختزانها في المادة الفعالة المنتجة لليزر وتصبح ذراتها أو جزيئاتها في حالة عدم استقرار نتيجة لاختزانها هذه الطاقة الكبيرة.في لحظة محدودة تقوم جميع الذرات المشبعة بالطاقة بإطلاق الطاقة الزائدة بها على صورة فوتونات وعند سقوط الشعاع على احدى المراتين سينعكس موازي لمحور المرنان وهو المحور الرئيسي للمراتين بعد ذلك يسقط على المراة الاخرى وهكذا تتعاقب الانعكاسات فيزداد مسار الفوتونات الليزرية داخل المرنان وبذلك يزداد عدد الفوتونات المتولدة بالانبعا ث المحفز بعدد هائل فيحصل التضخيم وتسمح المراة ذات الانعكاس الجزئي بنفاذ نسبة معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان

(اشعة الليزر) اما بقية الضوء فتعكسه مرة اخرى الى داخل المرنان لاجل ادامة عملية التضخيم.

(1 – 5) خواص الليزر

1 - النقاوة الطيفية (احادي الطول الموجي)

عندما يكون المجال الكهربائي ومتجه المجال المغناطيسي يؤلفن اهتزازات توافقية ذات تردد ثابت يسمى تردد الموجة الكهرومغناطيسية يقال ان لهذه الموجة صفة احادية اللون لذا نرى ان الليزر لا يتحلل الى الوان الطيف المعروفة عند امراره خلال موشور زجاجي خلافا لصادر الضوء الاعتيادية.

ان الكمية الفيزيائية التي تعبر عن هذه الصفة هي تعريض خط الانبعاث فعندما يكون تعريض خط الانبعاث ضيق فذلك يعني ان الذرة تبعث اشعاع بتردد واحد تقريبا (نطاق ضيق من الترددات) ويعتمد هذا المقدار على المصدر الضوئي ومستوى الطاقة الاعلى للانتقال حيث التناسب عكسي مع القدرة وطرديا مع عدد صيغ التذبذب .

2 - الاتجاهية

يمكن لليزر ان يسير مسافات كبيرة بحزمة ذات انفراجية قليلة تقدر عادة بحدود بضع ملي ردیان (10^{-3} زاوية نصف قطرية) دون ان تشتت او تتلاشى.

يعبر عن صفة الاتجاهية بمقدار زاوية الانفراج (الزاوية المستوية المحصورة بين حافة الحزمة ومحورها) ولتحديدها يستعان بقوانين الحيود $\theta = K(\lambda/D)$

حيث

(λ) الطول الموجي لليزر

(D) قطر فتحة المسرب

(K) معامل يساوي (1.2) في معادلة الحيود لفتحة دائرية

3 - التشاكه

تكون اشعة الليزر متماثلة من حيث الطور والاتجاه و الطاقة ويمكن تشبيه نبضة شعاع الليزر بالكتيبة العسكرية حيث يتقدم جميع العسكر بخطوات متوافقة منتظمة، بينما يشع المصدر الضوئي العادي موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها قوة الليزر

ينتج عن التطابق التام في الطور نتيجة التشاكه شدة ضوئية عالية جدا في اللحظة التي تكون فيها قمم الموجات متطابقة مما يجعلها مؤثرة جدا عند سقوطها عل المواد والكائنات الحية . كما يعزى سبب الشدة العالية لليزر الى تركز الطاقة المنبعثة في حزمة ضيقة قليلة الانفراج

الشدة = القدرة / المساحة

4 - السطوع

يعرف بانه مقدار الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن لوحدة المساحة من السطح ضمن وحدة الزاوية المجسمة ويقاس بوحدة (واط / متر ^{2} – زاوية نصف قطرية).

5 - الموالفة

ونعني بها عملية اجراء تعديل للحزمة المنبعثة بتغير احد خواص الموجة (التردد – السعة – الطور) ضمن نطاق الانبعاث للوسط الفعال لليزر فمثلا يمكن موالفة اشعاع الليزر الواقع في مدى الموجات فوق البنفسجية القصيرة بعد الحصول عليه عبر عملية مضاعفة التردد لنتائج ليزر واقع في المدى المرئي[2].

(1 - 6)امتصاص واختراق الليزر

تتميز الليزرات المختلفة بوساطة الطول الموجي والذي يعد معلما مهما"من بين المعلمات التي تحدد مسافة الاختراق الحاصلة[4].

إن كثافة حزمة الإشعاع العابرة إلى الوسط ستقل بسبب الامتصاص وكان بوجر (Bouguer) أول من وضع سنة (1729) علاقة تربط بين امتصاص الضوء في الوسط الماص تماما وسمك ذلك الوسط، بعد ذلك اشتق لامبرت (Lambert) سنة (1760) التعبير الرياضي للعلاقة المعروفة بقانون (Lambert-Bouguer)

$$dI/ I= \mu_a dL \ldots\ldots (1\text{-}14)$$

والتي تصف كيف ان كل طبقة متعاقبة(dI) للوسط تمتص الجزء نفسه (dI/I) من الشدة الساقطة (I_0) للثابت (μ_a) تكون الشدة النافذة (I)خلال المسافة (L) للشدة الساقطة

$$I=I_0e^{-\mu_aL}\ldots\ldots \quad (1\text{-}15)$$

بعد ذلك وضع (Beer) سنة (1852) قانون نص على مايأتي

يرتبط معامل الامتصاص لمركب ما بعلاقة خطية مع تركيز الوسط غير الماص

$$\mu_a=\alpha c\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}16)$$

حيث يمثل(α) معامل الامتصاص النوعي . وقد طبق هذا القانون في السنة نفسها من بيرنارد (Bernard)، وبتعويض قيمة (μ_a) في قانون Lambert-Bouguer ينتج ما يعرف بقانون Lambert-Beer

$$I=I_0e^{-\alpha CL}\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}17)$$

يصح هذا القانون عند شروط محددة فقط فعندما يدخل الضوء الوسط فان هذا الضوء يجب ان يكون أحادي الطول الموجي ونافذاً بشكل مثالي، ويكون الوسط نفسه ماصاً تماماً وبشكل موحد؛ لذا فان بعض الأخطاء سوف تظهر عند تطبيق القانون لأطياف عملية [3] .

الفصل الثاني

بعض انواع الليزرات المستخدمة في الاثار

(1-2) ليزر الياغ ، ليزر الاكسايمر

1- من انواع الليزر المستخدمه فى اغراض الترميم ليزر الياغ **yag laser** وهو من افضل ليزرات المواد الصلبه التى تستخدم فى مجال الترميم منذ سنوات لعده اسباب منها تكلفتها القليله نسبيا وكفاءتها العاليه مع امكانيه تعديل مستويات الطاقه ويعطى هذا النوع نبضات قصيرة short pulse بالقرب من الاشعه تحت الحمراء بطول موجى يبلغ 1.064 ملليمتر (1.064*610) متر وعمليه اصدار الليزر فى شكل نبضات يمكن التحكم فيها بسهوله حيث تتكون كل طاقه من النبضات من كميه محدده ومتكرره من الطاقه المستخدمه فى عمليه التنظيف وعمليه قياس هذه الكميات من الطاقه والنبضات ذات الاطوال القصيره لليزر هامه وذلك حتى لا تتعدى طبقه الصدأ المراد تنظيفها وتصل الى السطح الاثرى وتسبب تلفه ويمكن التحكم فى عدد النبضات المنبعثه فى الثانيه وكذلك فى المسافه بين جهاز اشعه الليزر وبين سطح الاثر المراد تنظيفه

2- ومن انواع الليزر الاخرى المستخدمه لأغراض الترميم ليزر الاكسايمر **excimer laser** بتنظيف المبانى والقطع الحجريه وغيرها وعلى الرغم من أن هذه الطريقه تخضع لتجارب من حيث امكانيات التطبيق الا ان هذا النوع من الليزر يعتبر جيدا حيث يستطيع ازاله معظم مركبات نواتج الصدأ الموجوده على الاسطح الاثريه حيث يعتمد على استخدام موجات الاشعه فوق البنفسجيه القصيره التى تتميز بوجود طاقه عاليه تستطيع كسر الروابط الجزيئيه للمركبات السطحيه الملوثه وازالتها بشكل كامل بدون احداث اى تلف لأسطح الاثر

(2-2) اهم مميزات التنظيف بالليزر

1- التحكم العالى high control حيث يعطى للمرمم القدره على ازاله قدر محدد من الطبقات المراد التخلص منها بالاضافه الى انه يستطيع ان يوقف التنظيف عند المستوى المطلوب

2- **الاختياريه selectivity** تعطى للمرمم القدره على تمييز الطبقات التى سيتم ازالتها مع المحافظه على السطح الاصلى وهذا يعتمد على عدة عوامل مثل معدل انعكاس السطح surface reflection ومدى ترابط مادته

3- **التطبيق الموضعى locatized action** حيث يتم تنظيف المنطقه التى توجه اليها فقط

لذلك فالتنظيف بالليزر يعتبر اختيار جيد لحل مشاكل الصيانه التى لا يمكن حلها أوالتى تتطلب حلولا صعبه بإستخدام وسائل التنظيف التقليديه فتستخدم هذه الطريقه لمعالجه الاثار عاليه الهشاشيه والتى حدث لها تغير altered objects حيث من الممكن اتمام عمليه التنظيف بدون ايه ضغوط ميكانيكيه وبالتالى عدم حدوث هشاشيه fragmentation او تقشر لسطح الاثر

4- **من أهم مميزاته ايضا الامان والسرعه الكبيره** مقارنه بالطرق الميكانيكيه الاخرى حيث ان النبضه الواحده المنبعثه من الليزر تستطيع تنظيف منطقه تصل مساحتها الى 25 مم^2

5- امكانيه ازاله نواتج الصدأ دون التأثير على السطح الاثرى مما يؤدى إلى الحفاظ على السطح الاصلى للأثر

6- إزاله الاتربه والعوالق ونواتج الصدأ من على أسطح المناطق الزخرفيه ذات التفاصيل الدقيقه والطبقات الملونه و الحساسه بأمان كامل وكفاءه جيده

7- يمكن لمولد أشعه الليزر أن ينتج العديد من الأقطار المختلفه لحزمه الشعاع الأحادى تتراوح ما بين كسور المليمترات الى واحد سم بما يعنى أن الجهاز يمكن ان يستخدم لتنظيف التفاصيل الدقيقه للسطح وأيضا المساحات الكبيره

8- يمكن للمرمم القائم بالتنظيف أن يوقف الجهاز لحظيا فى حاله انقطاع التيار الكهربائي مما يعطيه تحكم افضل لوقف عمليه التنظيف عندما يقرر ذلك

9- يوجد نظامين لمولدات الليزر تستخدم فى أعمال الترميم احداهما ثابت ويستخدم فى تنظيف القطع البرونزيه وغيرها من القطع الاثريه المنقوله والتى يتم نقلها اليه ليتم اجراء عمليه التنظيف والثانى متحرك يمكن نقله الى مكان وموقع الاستخدام ويمكن الوصول الى ادق التفاصيل من خلال الكابل المصنوع من الالياف البصريه المرنه واجراء عمليات التنظيف بسهوله

الفصل الثالث

بعض تطبيقات الليزر في الاثار

(3 – 1) تطبيقات الليزر في الاثار

يستخدم الليزر في مجال الاثار في العديد من الحالات وفي هذا الفصل سوف نذكر بعض من تلك التطبيقات

1 – استخدام الليزر في تنظيف اللوحات و المخطوطات الفنية

غالبا ما تتعرض اللوحات الفنية الثمينة التي تعود الى قرون سابقة الى العديد من العوامل البيئية التي قد تسبب تلفها كالتلوث الجوى وما يحمله الهواء من جراثيم الفطريات والتي تتفاعل مع مكونات اللوحات مسببه مظاهر متنوعة من التلف كالبقع اللونية الكيميائية والبيولوجية وخاصة البقع الفطرية لذا قد يتم اجراء العديد من عمليات الترميم على تلك اللوحات مما يؤدي الى أضافة طبقة جديدة ربما تكون غير مرئية فوق الألوان الأصلية التي تم استخدمها من قبل الفنان. بالإضافة إلى ذلك فان ما موجود في الجو من الاتربة والدخان قد تلتصق بسطح اللوحة ويؤدي الى تعتيم اللوحة مما يجعل منها لوحة باهتة بدون رونق أو جاذبية.

ونظراً لما ينتج من استخدام المذيبات العضوية في التنظيف من أضرارٍ لمكونات المخطوطات واللوحات وسميتها، بدا التفكير في وسيلة لإزالة تلك البقع الفطرية بدون اضرار للحفاظ على المخطوطات واللوحات سليمة، وتقليل الاكسدة والقضاء على نشاط الفطر بعد المعالجة وكانت تلك الوسيلة هي استخدام الليزر

في هذه الوسيلة يتم مسح كل سنتمتر من اللوحة او المخطوط بواسطة جهاز الطيف المستحث بواسطة الليزر ليتم تحليله. وحال قيام الليزر بانتزاع الطبقات الرقيقة من على سطح اللوحة ودراسة الطيف المنبعث من البلازما التي تكونت نتيجة للانتزاع يمكن تحديد

وبدقة نوع الجزئيات الموجودة على تلك اللوحة والتي يجب التخلص منها. فعلى سبيل المثال عندما نقوم بتحليل مساحة من اللوحة ذات لون ابيض، فإننا نتمكن من معرفة نوع الأصباغ المختلفة المستخدمة فيها. فاذا وجد ان هذه الأصباغ تحتوي على عنصر الرصاص مثلا وأخرى تحتوي على عنصر التيتانيوم. عندئذ نتمكن من معرفة ان التيتانيوم قد جاء نتيجة لعمليات الترميم لان التيتانيوم لم يكن متوفر في الأسواق حتى العام 1920. وكما يمكن تحديد و بدقة سمك كل طبقة والطبقة التي تليها من خلال دراسة طيف الانبعاث وتحليله حيث بتغير الطيف نعلم انه تم الانتقال الى طبقة جديدة. في الواقع بدأ استخدام تقنية الطيف المستحث بواسطة الليزر ويعد ليزر الياغ من أفضل أنواع الليزر المستخدمة في الترميم نظراً لتكلفته القليلة، وكفاءته العالية، وإمكانية ربط هذه التقنية بجهاز الحاسب الآلي ومعرفة البيانات اللازمة كاملة

2 استخدام الليزر لتحديد عمر الفخار والقطع الاثرية والحماية من التزوير

توصل العلماء إلى تحديد العناصر المكونة للمادة الأثرية بدون أخذ عينات وذلك عن طريق تسليط شعاع من الليزر مرة واحدة وفي جزء من الثانية ويمكن التعرف على العناصر المكونة للطبقات المختلفة للمادة الأثرية في حالة اللوحات الزيتية والصور الجدارية (الأيقونات – البورتريهات – الآثار المعدنية – الفخار والسيراميك) .
ومن خلال التعرف على العناصر الموجودة بالأثر بنسب ضئيلة جداً توصل د. بالاشي الأستاذ بهيئة الطاقة الذرية بايطاليا الي تحديد عمر الأثر وبالتالي كشف التزوير الذي يحدث للآثار وقد تم كشف تزوير إحدى البرديات التي كان يعتقد أنها ترجع إلى العصر الفرعوني، وثبت بالتحليل عن طريق أشعة الليزر أن المواد الملونة على البردية تتكون من مواد حديثة واتضح بعد الكشف أنها من القرن السابق وليس من عهود قديمة، وبذلك لا

تعد من الآثار . وقد تمكن العالم الايطالي باستخدام أشعة الليزر المصاحبة للأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية من التعرف على البنية الداخلية للمادة الأثرية بدون أخذ أي عينات .

3 **استخدام الليزر في التصوير الجوي للمناطق الاثرية**

انتهى المجلس الأعلي للآثار من أعمال التسجيل الاثري لمنطقة آثار مدينة هابو بالبر الغربي بالأقصر في اطار مشروع التصوير الجوي والأرضي بالليزر والاقمار الصناعية للمناطق الاثرية. وأن هذا المشروع يهدف الي استخدام اساليب وامكانيات التطور العلمي الحديث والتقنيات المتطورة في التصوير الجوي بالطائرة والتصوير الثلاثي الابعاد لتوثيق وترميم المناطق الاثرية في مصر والمساعدة بشكل علمي وتقني في الكشف عن مواقع اثرية جديدة ، ولاستنباط خرائط ونماذج ثلاثية الابعاد والاستفادة من الابحاث والدراسات الهامة لاربع مناطق اثرية هي منطقة آثار الاقصر ووادي الملوك والملكات بالبر الغربي بالاقصر. هضبة الاهرام بالجيزة ومنطقة اثار سقارة.

وانه من خلال هذه التكنولوجيا سيتم اعداد عدة دراسات وابحاث علمية للمساعدة في التخطيط العمراني للمواقع المحيطة بالأثر ودراسة اثر التيارات الهوائية والعواصف الرملية علي تآكل الآثار والتنبؤ بعمرها الافتراضي وطرح وسائل لحمايتها من المخاطر البيئية والبشرية خاصة المياه تحت السطحية والجوفية هذا بالاضافة الى عمل نماذج رقمية ثلاثية الابعاد وتطويرها لتمثيل وضعها في العصور القديمة وعمل خرائط طوبوغرافية و وضع تصور عام لمسارات جديدة للتجوال الحر داخل هذه المناطق.

ولقد انتهي المجلس من تصوير منطقة آثار مدينة هابو والتي تضم معبد هابو الذي بناه الملك رمسيس الثالث تخليدا لذكراه ويرجع بناء هذا المعبد الي عصر الاسرة الثامنة

عشرة. ويضم بين اجزائه مباني ترجع الي عهد الملك امنحوتب الاول واستمرت به الاضافات من مبان ونقوش حتي عصر البطالمة والرومان وقد بدأه امنحوتب الاول وأكمله تحتمس الاول والثاني وزاد في بنائه ونقوشه كل من حتشبسوت وتحتمس الثالث .

4 – **استخدام الليزر في فحص الآثار المكتشفة المصنوعة من السيراميك أو المعدن**

يقوم الباحثون في مختبر "راثجين" باستخدام التحليل الطيفي لامتصاص الذرّة، لتحديد التركيب الدقيق للمعدن، فبعض الخلطات تُشكل ميزة عصور ومناطق مختلفة، ومن المهم تحديد أنواع وكميات المعادن الموجودة في القطعة الأثرية، غالبًا ما تمكّن هذه المعلومات الباحثين من تحديد إذا ما كانوا يتعاملون مع قطعة أثرية حقيقية أو مزيفة.

يتطلب التحليل أن يقوم الباحثون بتذويب عينة من المعدن في الأسيد، ثم يتم حرقها في لهب خليط الأسيتيلين حيث تتذرر ، يتم تحليل الطيف الذي يظهر نتيجة عملية الحرق لمعرفة توزيع المعادن الموجودة في العينة، في الأيام التي لم تكن هذه العمليات ممكنة، كان على علماء الآثار ببساطة الاعتماد على خبرتهم لتخمين أصالة القطعة الأثرية.الاختلاف هو أن التقويم الشخصي للآثار يكون شخصيًا، بينما يقدم تحليل المعادن معلومات موضوعية، لدينا الفرصة لتحديد عمر القطعة بشكل دقيق، وبالطريقة نفسها يمكننا أن نفحص الخلطات التي كانت موجودة في العصور القديمة، ونعرف الخلطات التي لم تكن موجودة، استخدام عمليات الفحص العلمية يساعدنا على التمييز بين القطع الأصلية والمزيفة .

خلال تفحصهم لأصالة السيراميك، يستخدم العلماء في مختبر "رتثجان" عملية التحليل "ثيرمولومينسين" وهي عملية تسمح لهم بتحديد متى تم شيّ قطعة الخزف، عندما يتم شيّ قطعة الخزف ينخفض النشاط الإشعاعي الطبيعي المخزن في الخزف إلى الصفر، مع مرور الوقت تَّسبب الإشعاعات المشعة المتواصلة إعادة ارتفاع في مستويات النشاط

الإشعاعي في الخزف .

وفي هذه الآلة، يتم تلدين العينة على حرارة خمسمائة درجة مئوية، مما يبعث النشاط الإشعاعي المخزّن في المادة منذ أن تم شيّها على شكل طاقة ضوئية، يتم قياس الكمية، وكلما كان هناك إشعاعات كانت العينة أقدم، في هذه الحالة اتضح أن القطعة الأثرية التي يتم فحصها هي قطعة مزيفة، إنها جديدة، ففي حالة الخزفيات القديمة يسير القوسان بشكل متوازٍ، إنه أمر يتمتع به عدد قليل من علماء الآثار.

5 -استخدام الليزر في عمليات تنظيف الاثار

أشعة الليزر عبارة عن موجات تحمل طاقة وتعتبر من أحدث طرق التنظيف التي يتم استخدامها في المتاحف العالمية ويرجع السبب في ذلك لنقائها وتركيزها وتماسك جزيئاتها مما يساعد علي تفتيت الاتساخات العضوية وقد استخدمت هذه الطريقة على الاخشاب والزجاج والرخام ، وأعطت نتيجة جيدة جدا لعدم تأثيرها علي الآثار التي تم تنظيفها.

تستخدم إما في صورة أحواض أو في صورة أداة تطلق الموجات فوق الصوتية Ultrasonic wavesولكن قبل استخدام هذه التقنيات الحديثة لابد من إجراء التجارب المعملية لها بصفة مبدئية على عينات تجريبية في المعمل وإذا أعطت نتائج جيدة يتم تطبيقها على الأثر تفاديا لحدوث أضرارا غير مسترجعة للأثر وفي حالة وجود بعض الاتساخات التي يصعب إزالتها بالتنظيف الميكانيكي يلجأ المرمم إلي طرق أخرى .

6 -استخدام الليزر في الكشف عن الأثار المدفونة تحت سطح الأرض

تستخدم حالياً تقنيات الاستشعار من البعد فى الكشف عن مناطق أثرية جديدة فى ميت رهينة والوادى الجديد ، مشيرا إلى أن البروتوكول يتضمن استخدام هذه التقنيات لإدارة المواقع الأثرية لحمايتها من المخاطر الطبيعية والبشرية وأيضا فى الكشف عن الأثار الموجودة فوق سطح الأرض وتحتها.

استخدام تطبيقات الاستشعار من البعد فى الكشف عن الأثار من خلال رصد الأماكن التى يوجد بها أثار غير معروفة والتى تعجز البعثات العلمية عن الوصول إليها لصعوبة الأماكن الموجودة بها ، مشيرا إلى أن صور الأقمار الصناعية تغطى مساحات كبيرة من سطح الأرض وبالتالى يسهل التعرف على هذه الأماكن من خلال تحليل هذه الصور.

وأضاف أنه يتم استخدام تقنيات الاستشعار من البعد فى حماية الأثار ، حيث تتعرض المناطق الأثرية لمخاطر طبيعية عن طريق النخر من الرمال والرياح ، ويتم من خلال المعلومات التى يتم الحصول عليها بناء نماذج ثلاثية الأبعاد لهذه الأثار لدراسة حركة الرياح والرمال ، واتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة لمنع تعرضها لهذه المخاطر، فمثلاَ إن المياه الجوفية الناتجة عن الزحف العمرانى والرى أو الصرف الصحى تؤثر على الأثار ، ويمكن باستخدام الاستشعار من البعد استنتاج مستوى ارتفاعها ، واتخاذ الإجراءات لتقليل مستوى المياه الجوفية حول هذه المناطق الأثرية.

كما انه يتم إجراء تصوير جوى ثلاثى الأبعاد باستخدام جهاز ليزر محمول على طائرة الهيئة ، وجهاز مسح الليزر الأرضى لمناطق هضبة الأهرام وأبوالهول وسقارة وشرق وغرب مدينة الأقصر للكشف عن أثار جديدة فى هذه المناطق ، بالاضافة الى الكشف عن الأجسام المدفونة فى المناطق الأثرية وكيفية حماية وإدارة مواقعها .

7 -**استخدام الليزر في ترميم الاثار**

ففي بعض البلدان تم استخدام الليزر في عمليات ترميم الاثار كتقنية حديثة ومن امثلة هذه البلدان اسكوتلندا حيث قامت بتوجيه الليزر صوب المعالم الأثرية لتساعد على ترميمها، ويتم بفضلها إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد أفضل بملايين المرات من الصور الفوتوغرافية أو الأفلام.

والمبادئ الأساسية التي تقف خلف تكنولوجيا الليزر بسيطة: صندوق بداخله ليزر، ينتصب على حامل ثلاثي الأرجل. وفي الوقت الذي يتحرك فيه الصندوق ببطء وبزاوية 360 درجة، ويرتفع إلى أعلى ويهبط إلى أسفل، يطلق أشعته تجاه أي كتلة تقع في مجاله، وبذلك، يستطيع تسجيل نحو 50 ألف نقطة كل ثانية. قد يستطيع الباحثون التقليديون إنتاج

نحو مائتين من تلك الصور يوميا وهي عرضة للانحياز والخطأ البشري، ولكن الليزر يستطيع جمع ملايين الصور في الساعة، بل إن الماسح الضوئي يستطيع تعرُّف مواد معينة ويحدد إذا ما كان ذلك الشيء مصنوعا من الزجاج أم من الحجر .
وتعمل أجهزة الماسح الضوئي الهوائية أو الأجهزة التي يتم حملها باليد بنفس الطريقة، ومعا يمكنهما إنتاج صور ثلاثية الأبعاد لمدينة بأكملها أو لجبل مثلما الحال بالنسبة إلى جبل راشمور .

8 - **استخدام الليزر في فحص المومياوات**

وفي قسم الأشعة السينية في جامعة "هامبورج"، يجري العمل على مشروع مشترك بين علماء الآثار والأطباء، وخبراء تقنية المعلومات، يتم تحضير التصوير بالأشعة لفحص المومياء، بواسطة نظام حاسوب متخصص، يتم تصوير المومياءات المصرية التي ماتت منذ ألاف السنوات لساعات، أي أنه يتم تعريضها لكمية كبيرة من الإشعاعات التي لا يستطيع الإنسان الحي تحملها، يأخذ الفريق مئات من الصور المفصلة للجسم المحنط، ليتم استخدامها لاحقًا قاعدة للحصول على نظرة أقرب لما يوجد تحت الجلد ، قام العلماء في المعهد بمعالجة البيانات في القسم الطبي لمستشفى الجامعة، بتطوير عملية تسمح لهم باستخدام صور "سي تي يو" لتطوير صور ثلاثية الأبعاد لما يوجد داخل المومياءات، وهذا الأمر يوازي فك غلاف المومياء .
إنها مشكلة صعبة، فإذا أظهرنا البيانات فقط فسنرى الحافة الخارجية كما نرى الوجه الخارجي، لذا علينا تعليم الحاسوب أي قطع من بيانات التي يجب عرضها، يمكننا القيام بذلك من خلال استخدام الـ"سي تي" لتحديد الكثافة، فالعظام مثلاً كثيفة جدًا، لذا يمكننا أن نطلب من الحاسوب إظهار كل الأقسام ذات الكثافة العالية، والضمادات الكتانية القليلة الكثافة أيضًا، لذا يمكننا برمجته لإظهار الأقسام ذات الكثافة المنخفضة لاختيار أشياء مشابهة، كل ما يتطلبه ذلك هو النقر على صورة "سي تي" على الطبقة الخارجية للضمادات الكتانية، ليقوم الحاسوب بالبحث عن كل المناطق ذات الكثافة نفسها، تبدو الخطوط العامة للمومياء مرئية، والخطوة التالية موجهة إلى الجلد، ويظهر وجه المومياء الميت بشكل واقعي، والافتقار إلى الوضوح في الصورة يمكن إزالته من خلال الطلب من الحاسوب عرض المناطق المرتبطة بالكثافة نفسها، وإن كان الحاسوب مبرمجًا لكشف العظام، فمن الممكن أيضًا النظر إلى الجمجمة الكاملة، مع عيون المومياء الاصطناعية المصنوعة من الراتنج أو الطين، والهدف من وضعها منع الوجه المحنط من الانهيار، ومنحه مظهرًا أكثر طبيعية.
كما أن العلماء قادرون على تقليد صور إشعاعية ثلاثية الأبعاد من هذه البيانات، لذا فلا

عجب أن مجالات أخرى بالإضافة إلى علم الآثار مهتمة بالتقنيات الحديثة، بغض النظر عن كلفتها ، نحن مثلاً نعمل كفريق مع علماء الأحياء المتخصصين بعلم الإنسان، الذين يحاولون استخدام هذه الطريقة لفتح الجماجم، التي تعود إلى ما قبل التاريخ، وإنها غالبًا ما تكون اكتشافات متحجرة لا يريدون تحطيمها، ويمكن فتحها ودراستها كما تدرس المومياوات ، العمل بين الحقول العلمية بهذه الطريقة بدأت تزداد أهميته، وفي المستقبل قد نرى أنه سيكون لدى علماء الآثار القدرة على استخدام الطرق التقنية الجديدة من مجالات علمية أخرى، ولكن في الوقت نفسه لا يمكن أن تنقرض طرق العمل الكلاسيكية، وربما هذه المعرفة بالذات هي التي تجعل علماء الآثار منفتحين كثيرًا على التقنيات الجديدة .

9 - **استخدام الليزر في دراسة الالوان والوسائط اللونية**

والجديد في مجال علوم الليزر استخدامه في ترميم وإصلاح الآثار، إذ يتعاون المعهد القومي لليزر مع المجلس الأعلى للآثار لعمل مشروع قومي لدراسة كيفية ترميم الآثار عن طريق علوم الليزر والنانو تكنولوجيا، والتي اكتشف حديثا أن قدماء المصريين استخدموا بشكل بدائي لتثبيت ألوان رسومات المعابد، وهو سر بقائها طوال هذه السنين، إذ توصل الفراعنة إلى أن استخدام بودرة ألوان من جزئيات متناهية الصغر يؤدي إلى ثبات أكبر للألوان واستخدام أدق وتحكم في الدرجات، وكذلك يستخدم الآن الليزر في تنظيف وترميم تمثال رمسيس بعد أن غطي بطبقة سوداء من الشوائب وعوادم السيارات طوال فترة بقائه بميدانية، ما سيوفر مئات من ساعات العمل بالطرق اليدوية ، ويجري الآن البحث في مسألة غاية في الخطورة تهدف إلى عمل بصمة ورمز سري بأشعة الليزر على كل قطعة آثار مصرية بهدف جدولتها وتسجيلها وضمان عدم تقليدها بالخارج، وهو تطبيق لليزر لن يضر بصحة الأثر وسيحد من عمليات سرقة الآثار وتزييفها وهو ما تتم دراسته حاليا .

10 -**استخدام الليزر في المسح التسجيل الفوتوجيومتري للاثار**

في الماضي كان كل ما نكتشفه من الآثار يسجل إما وصفا, فما تراه العين تكتبه اليد, وإما رسما ويتم بأكثر من طريقة, منها الأسلوب القديم وهو أسلوب عمل الطابعات عن طريق مادة سائلة كان يتم توزيعها علي الجدار الذي يحمل نصا أو رسما, ثم تترك لتجف وبعدها تزال ويكون قد طبع عليها ما علي الأثر وخطورتها تتجلي في أثرها السيئ علي الألوان.
أما الطريقة الأخري للرسم, فهي عن طريق استعمال مادة خاصة من البلاستيك يتم فرشها علي الأثر وشف النقش أو الرسم بأقلام ذات أحبار خاصة, وبعدها يتم تحبير هذا البلاستيك علي ورق كلك وتعرض هذه الطريقة أيضا الأثر للخطورة نتيجة ملاصقة يد الرسام الأثري للأثر .

وهناك نوع ثالث يعرف بالتسجيل الفوتوجيومتري وهو وإن كان من أدق أساليب التسجيل, إلا أنه عملية صعبة جدا ومكلفة للغاية وتستغرق سنوات وسنوات في حالة الآثار الكبيرة مثل الأهرامات والتماثيل الضخمة مثل أبي الهول.. ويعتمد هذا الأسلوب علي تسجيل كل حجر سواء صغر أم كبر. ومن أهم ما تم في هذا المجال, هو ما قام به العالم الأثري مارك لينر بالتعاون مع المعهد الألماني للآثار بالقاهرة في عام1980 بتسجيل تمثال أبي الهول وعمل خريطة فوتوجرامتية للتمثال, وفيها تسجيل علمي دقيق لكل كبيرة وصغيرة بالتمثال, وعن طريقها أمكن دراسة أحجار الترميم سواء القديمة أو الحديثة في جسم أبي الهول, وتحديد نوع الحجر المستخدم في الدولة القديمة والدولة الحديثة والعصر الصاوي, وكذلك أحجار العصر الروماني. وعندما سقط حجر من كتف أبي الهول الأيمن في عام1988, ومن قبلها كان التمثال قد تعرض إلي جريمة كادت أن تدمره تماما, ونقصد بها الترميمات الخاطئة التي أجريت علي جسد أقدم مريض في العالم ـ أبي الهول ـ وخلالها تمت إزالة الكثير من أحجار الترميمات القديمة وجاءوا بأحجار ضخمة لتلصق بجسد التمثال وتضيع معالمه ونسبه التشريحية.

ولم يكتف المدمرون ولا نقول المرممون بذلك, بل قاموا بإضافة كميات ضخمة من الأسمنت التي كادت أن تخنق جسم التمثال المنحوت من الحجر الجيري وتمنعه من أن يتنفس, ولم يتحمل الجسد المريض ما ألقي عليه فقام بلفظه بعد جريمة استمرت فصولها سبعة أعوام كاملة دون أن يستطيع أحد أن يقول لا لهذه الجريمة..! ولقد كان سقوط كتف أبي الهول إنذارا وراية حمراء لوقف هذه الجريمة والبدء في عمل دراسة علمية شاملة لإنقاذ أبي الهول. وكانت الخريطة الفوتوجراميتية التي نفذها مارك لينر وفريق عمله هي الدليل الأقوي لدينا لكي نعيد إلي أبي الهول صحته وشبابه, وهذا دليل واضح لا يحتاج إلي شك أو تشكيك في أهمية أعمال التسجيل الأثري. وشتان الفارق بين الأمس واليوم, لقد خطت التكنولوجيا الحديثة أميالا وليس مجرد خطوات إلي الأمام وصار لدينا اليوم علم جديد وتقنية راقية تعرف بـ التسجيل باستخدام الليزر, أو بمعني أصح المسح الضوئي باستخدام الليزر .Laser Scanning

أول ما تمتاز به هذه التقنية هي الدقة المتناهية ووصول نسبة الخطأ فيها إلي أجزاء من النصف في المائة, وثاني الامتيازات هي كونها أسلوبا آمنا تماما ولا يسبب أي ضرر علي الأثر, ولازلت أذكر هذا المهندس الشاب الدكتور ولاء عندما قام بعمل مسح بالليزر لنفسه وهو واقف لكي يثبت للجميع أن هذه التقنية آمنة تماما, ولا تمثل أي خطر سواء علي الأثر أو الأشخاص. كذلك تتيح تقنية المسح بالليزر عمل صور وخرائط ثلاثية الأبعاد تستخدم في أعمال النشر العلمي ويستفيد منها كل من الأثري والمرمم والمسجل. ومن أخطر

الأهداف التي تحققها هذه التقنية الحديثة عند العمل بها علي آثار مهددة مثل معبد الملكة حتشبسوت بالدير البحري, والذي تهدده صخرة كبيرة في أعلي الجبل الذي تم نحت جزء كبير من المعبد به, ويمكن عن طريق استخدام تقنية الليزر عمل خرائط بالأماكن المهددة والأماكن الضعيفة, وكذلك وضع تصور لأفضل الحلول للقضاء علي مسببات الخطر. و أعتقد أن السنوات المقبلة سوف تشهد تقدما مذهلا في استخدامات الليزر في مجال الآثار, والتي يمكن عن طريقها عمل نماذج طبق الأصل من الآثار المهمة, وبالتالي نستطيع إغلاق هذه الآثار وعدم السماح بزيارتها, والسماح فقط بزيارة النموذج المصمم منها.. وقد سبقتنا في ذلك دول مثل فرنسا, وإن كانت التقنية المستخدمة هناك قديمة. ولقد تم الاستفادة من هذا العلم الحديث في ترميم الهرم المدرج أول الأهرامات المصرية وأقدم بناء حجري في العالم كله, بناه المهندس العبقري إمحوتب, وقد تقدم مجموعة من علماء اليابان لتسجيل الهرم المدرج من الداخل والخارج وباستخدام تقنية الليزر, وتم الحصول علي صور ثلاثية الأبعاد للأثر الفريد قبل البدء في أعمال الترميم لكي يتم حفظها والاستفادة بها في أثناء عمليات الترميم, وبعد الانتهاء من ترميم هذا الأثر, سنقوم بعمل مسح باستخدام الليزر مرة أخري, وذلك لكي نبرز حجم أعمال الترميمات التي تمت, والتي لا يمكن معرفتها بكل دقة سوي بمقارنة الصور والخرائط ثلاثية الأبعاد التي أخذت للأثر قبل وبعد أعمال الترميم. المهم أن هذا المشروع أدي إلي حصولنا علي فريق مصري متكامل يعمل علي أعلي مستوي من الحرفية والإتقان في هذا المجال, وكانت البداية أن سمع هذا الفريق الذي يعمل بمعهد البحوث المعلوماتية بمدينة مبارك للأبحاث العلمية بما نقوم به من أعمال المسح الأثري باستخدام الليزر في الهرم المدرج , ولقد ثبت عدم وجود أي ضرر في استخدامات الليزر علي الآثار وقام هذا الفريق المصري بعمل تسجيل لتمثال أبي الهول, خاصة أن هذا العمل لا يتطلب لمس الأثر بأي حال من الأحوال. وتم تسجيل أبي الهول بالليزر وبدقة فائقة وفي وقت وزمن قياسي لا يتعدي أسابيع قليلة وعندما تنظر إلي الصور والخرائط ثلاثية الأبعاد للتمثال, تجد كل شيء مسجلا وبدقة متناهية كصورة طبق الأصل يمكن تحريكها في كل الاتجاهات وتكبير أي جزء منها مع الحفاظ علي درجة الجودة للصورة, وبالتالي مشاهدة ما لا يمكن للعين البشرية رؤيته, وأصبح أبوالهول بين أيدينا موثقا ومحفوظا بطريقة حديثة للأجيال المقبلة. وانه بعد عمل المسح الثلاثي الابعاد لتمثال ابو الهول قرر المجلس الاعلى للاثار عدم ترميم صدر التمثال, لأن ذلك سيؤدي إلي تغيير النسب التشريحية للتمثال, وكان قرارنا هو أن نقوم بترميم صدر التمثال كل عام بطبقة رقيقة لحفظ الصدر, وتقوم الرياح وعوامل التعرية الأخري بإزالة هذه الطبقة, وبالتالي نقوم بإضافاتها وتجديدها كل عام,

لكي لا نسمح بأي عوامل تعرية تحدث لمنطقة الصدر.
وسوف تساعد بدون شك نتائج أعمال التسجيل لتمثال أبي الهول المرممين والأثريين المسئولين عن التمثال, وأي دراسات مستقبلية ستتم لهذا التمثال. وحاليا نقوم بإعداد مشروع قومي يهدف إلي تسجيل كل آثار مصر باستخدام تقنية الليزر وحفظها موثقة لتكون قاعدة لأي عمل يتم بمناطقنا الأثرية وعلي رأسها مشروع إدارة الموقع الذي بدأنا في تنفيذه منذ سنوات, ويأتي كل يوم بثمار جديدة, أهمها الحفاظ علي تراثنا الحضاري. إن المشروع القومي لتسجيل آثار مصر باستخدام تقنية الليزر سيفتح أمامنا مجالا جديدا لعمل خريطة مخاطر نضع عليها كل مواقعنا الأثرية المهددة سواء بعوامل طبيعية أو عوامل بشرية لكي نبدأ في وضع الخطط العملية لحفظها وصيانتها. وسوف نقوم بتدريب فريق مصري من شباب الأثريين والمرممين علي استخدام هذه التقنية مع المتخصصين بمعهد البحوث المعلوماتية بمدينة مبارك للأبحاث العلمية لكي لا نقع تحت رحمة الأجانب الذين يأتون إلي مصر ويحصلون علي موافقات بعمل هذه الأبحاث باستخدام التقنيات الحديثة ثم يبخلون علينا بالمعلومات, بل ويغادرون البلد دون ترك نسخة من أبحاثهم للاستفادة بها بدعوة حفظ حقوق الملكية الفكرية! وقد صدر أخيرا قرار بإعادة النظر في أعمال البعثات الأجنبية وضرورة أن نكون فاعلين وليس متفرجين علي أعمال هذه البعثات.. وضرورة القيام بأعمال النشر العلمي الكاملة في مدة أقصاها خمس سنوات منذ بدء العمل, إضافة إلي الكثير من الأعمال المنظمة للبعثات الأجنبية. وبالفعل بدأ الأجانب يأخذوننا مأخذ الجد, ويتقدمون إلينا بمشاريع أعمال حقيقية ومفيدة, ليس لهم فقط, بل لآثارنا, ونتعاون ونعمل معهم يدا بيد.. وسيكون لنا عودة ـ بإذن الله ـ نتحدث فيها عن الاكتشافات الأثرية التي تتم باستخدام تقنية المسح بالليزر.

•استخدام ليزر المسح الضوئي D 3 في تسجيل معبدي الأقصر والكرنك

كما وافقت اللجنة الدائمة للآثار المصرية في اجتماعها الأخير على الطلب المقدم من مركز البحوث الأمريكي بشأن الاستعانة بإحدى الشركات اليابانية للقيام بأعمال المسح الأثري باستخدام الليزر في معبدي الأقصر والكرنك، لوضع عدد من الصور الرقمية لاستخدامها في التحليل التركيبي وتحديد حساسية مبانى المعبد في بعض المناطق المعينة للتحركات الأرضية. كما تساعد الدراسة في تقييم تغيرات الأحمال في مستوى الأساس للمباني.وأشارت صحيفة العالم اليوم أن اللجنة الدائمة وافقت على المشروع المقدم بعد العرض على معهد الليزر بمصر لاعتماده قبل التنفيذ وأن يتم العمل بالاشتراك مع قطاع المشروعات بالمجلس الأعلى للآثار ، ومن ناحية أخرى، وافقت اللجنة الدائمة على مشاركة جامعتين أمريكيتين في مشروعات الآثار في الفترة القادمة، حيث تقوم بعثة

متحف جامعة بنسلفانيا برئاسة الدكتور جوزيف ونجر بتنفيذ مشروع أثري في جنوب أبيدوس بسوهاج يشمل إجراء حفائر في مقبرة سنوسرت الثالث ومنطقة منزل الحاكم، وترميم معماري ودقيق لعدد من المقابر الأخرى.كما تقوم بعثة جامعة بن شيست الأمريكية باستكمال فروعها في منطقة الأوزيريون لمعرفة سمك الرواسب الحديثة وتخفيض مستوى المياه بالبحيرة بالمنطقة ورفع الأحجار المتساقطة داخل البحيرة وتطهيرها .

ان من اصعب العمليات هي عمليه المحافظه على التحف المعدنيه والحفاظ على الشكل الاصلى للقطعه وتركيبها الكيميائى والتى من الصعب تجنب اضرارها من قبل عمليات التنظيف التقليديه سواء الميكانيكيه او الكيميائيه وذلك لأنها تفتقر الى الدقه و يصعب السيطره عليها .

وتعتبر تقنيه التنظيف بالليزر من أهم التقنيات الحديثه المستخدمة فى عمليه التنظيف حيث انها تختلف عن طرق التنظيف التقليديه سواء مكانيكيه او كيميائيه وفى كثير من الأحيان تكون هذه الطرق غير كافيه ويمكن ان تكون خطوره على المرمم وخصوصا مواد التنظيف الكيميائيه بما فيها من مواد قد تضر المرمم

حيث بدأ اسخدام الليزر فى مجال تنظيف الاثار المعدنيه عام 1970 وأول من استخدمه هو جون أسمس john asmos الذى قام بدراسات تجريبيه لتنظيف عينات من الرصاص عليها رواسب كلسيه وكذلك عينات برونزيه وبعد ذلك أجريت دراسات قليله على تطبيق الليزر فى مجال تنظيف الاثار المعدنيه

وفيما يلى نبذه عن النحاس والبرونز النحاس cu

يعتبر النحاس من اول المعادن التى استخدمت واستعملت من قبل الانسان وثانى المعادن من حيث تعدد المنافع بعد الحديد .

النحاس هو عباره عن فلز احمر يتغير لونه وخصائصه عندما يتحد مع عناصر اخرى مشكلا مركبات مختلفه .

اكتشف الانسان القديم النحاس وقام بإستخدامه فى ميادين شتى وهو يتواجد فى الطبيعه على عده اشكال منها ما يكون على سبيل المثال على شكل قطع حمراء مختلطه بالصخور من اكثر من الف سنه او موجود على شكل فقاعات هوائيه وفى هذه الحاله لا يصلح للأستخدام او صنع الادوات ولكن تم حل هذه المشكله من قبل السكان الرافدين وقاموا بعد

ذلك فى استخدامه فى اغراض المعيشه وقد قام الانسان بعمليه صهر النحاس فى الالف السادس قبل الميلاد واعتبر صهر النحاس فن من الفنون ونتيجه لذلك شكلت الادوات المعدنيه وذلك بصب الفلز المصهور فى قوالب مصنوعه من الحجر

ويتميز النحاس بالعديد من الخواص الفيزيائيه حيث :

1- يعتبر موصل جيد للكهرباء والحراره

2- سهل فى عمليه السحب والطرق

3- يدخل النحاس فى تركيب العديد من السبائك حيث يضاف على الذهب بكميات قليله لإعطاءه الصلاده الكافيه وتصنع به العملات المعدنيه

البرونز:

فهو اسم يطلق على طائفه من سبائك النحاس المعدنيه وتتكون عاده من النحاس والزنك والقصدير وقد استخدم من قبل البشر فى العصر البرونزى

ينتج البرونز من خلط النحاس بالقصدير بمعدل 90% من النحاس الى 10 % من القصدير

اهم مظاهر التلف للمواد الاثريه النحاسيه والبرونزيه :

تؤدي عملية الصدأ في مراحلها الأولي إلي تكوين طبقة بالغة الدقة من نواتج الصدأ علي سطح الأثر تزداد سمكا وتنوعا باستمرار عملية الصدأ إلي أن تتحول المعادن تماما إلي نواتج الصدأ إذا توافرت الظروف المساعدة علي ذلك وتسمي الطبقة التي تكونت علي سطح المعدن بسبب التفاعلات بين المعدن والوسط المحيط باسم **الباتينا** . وتختلف هذه الطبقة في تركيبها الكيميائي وخواصها الكيميائية والفيزيائية عن المعدن أو المعادن المكونة لسبيكة الأثر.
والواقع أن التعريف الأصلي والمحدد للباتينا ينحصر في الطبقة السطحية المتكونة علي المشغولات المعدنية لمعدن النحاس وسبائكه وتأخذ العديد من الألوان والمظهر والتركيب الكيميائي طبقا للعديد من العوامل الداخلية والخارجية المحيطة بالأثر.

وبالنسبة للمعادن الأخرى فإن هذه الطبقة تسمي بنواتج الصدأ للمعدن . وأن كان من باب التساهل والتيسير بالنسبة لكل العاملين في حقل الآثار من مرممين وأثريين فإنه قد يسمح

باستخدام لفظ الباتينا لتعبر عن القشرة السطحية التي تكونت بالقدم علي سطح الأثر وأن كان لابد للمرمم أن يكون ملما بالمجال الأصلي لاستخدام مصطلح الباتينا.

والباتينا تنقسم إلي نوعين :

1– الباتينا النبيلةNoble patina

وهذا النوع من الباتينا المتكونة علي الآثار البرونزية أو النحاسية بمعدل بطئ جداً في شكل طبقة رقيقة مستوية ناعمة مغطية تماما لسطح الأثر مع أظهار كامل التفاصيل الدقيقة والأصلية لهذه الأسطح وطبقاً لهذه الشروط فإن تكوينها يكون غالبا في الأجواء الجافة الخالية من التلوثات الجوية . وفي حالة توفر نسبة ضئيلة من بخار الماء تأخذ شكل طبقة المينا وبألوان جميلة

2-الباتينا الغير نبيلة Malgimant patina

وهذا النوع من الباتينا يظهر غالبا علي الآثار البرونزية في شكل بقع خضراء فاتحة اللون في الباتينا الأصلية وتنمو هذه البقع في شكل إشعاعي وفي العمق أيضا مستهلكة المعدن أسفلها بطريقة مشابهه للصدأ الحفري نطلق علي هذا النوع من الباتينا مرض البرونز.

ميكانيكيه استخدام الليزر فى التنظيف وامثله على ذلك

عند انطلاق اشعه الليزر فإن قوه الامتصاص (الطاقه) تؤدى الى تسخين سريع هذا التسخين يؤدى الى التفكك والاتساع للأتربه والأتساخات والجزيئات المتآكله حتى يسهل ازالتها

حيث ان التنظيف بالليزر يعتمد على :

1- الطول الموجى 2- كثافه الطاقه المنبعثه

3- مده النبضه 4- تكوين القشره وسمكها

ومن امثله القطع الاثريه التى تم تنظيفها بواسطه تقنيه الليزر :

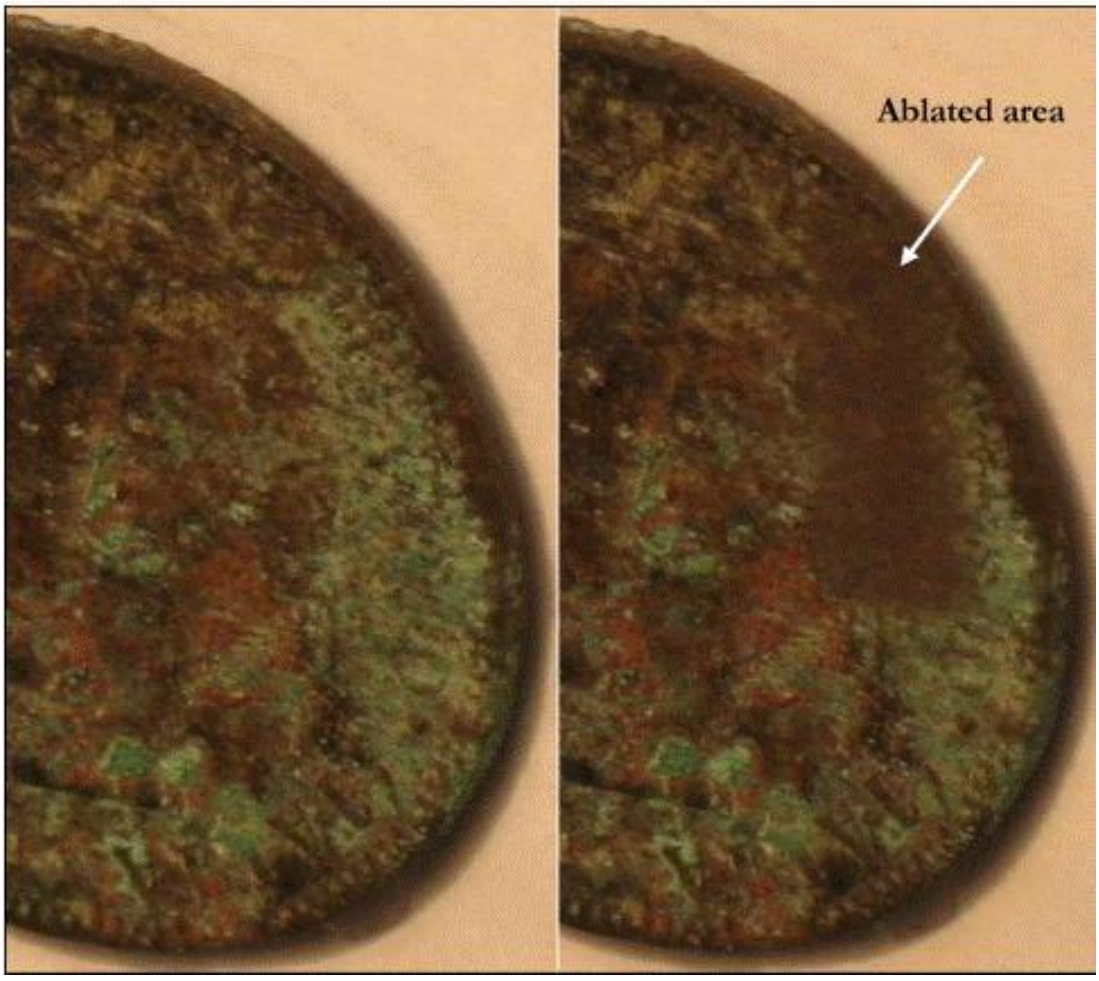
1- عملتان معدنيتان مصنوعتان من النحاس copper roman coins

حيث تم التطبيق على عملتين معدنيتين من العملات الرومانيه حيث يصل متوسط سمكهم الى 1.2 مملى وقطرهم 20 مم 18.5 مم حيث استخدم اشعه ليزر ياج حيث كانت مده النبضه من 8 نانو ثانيه الى 80 ميكروثانيه

2- وهناك مثال اخر :حيث استخدمت تقنيه التنظيف بالليزر لإزاله بقعه كلور من قطعه برونزيه حيث تم اطلاق اشعه ليزر krf حيث وصلت بقعه الليزر المستخدم 5.6سم ثم تم عمل طلقات بالليزر وصلت الى 30طلقه وجدنا ان تركيز الكلور الموجود فى القطعه انخفض من 8.6% الى 5.5%

وعند استعراض نتائج التنظيف بالليزر على القطعه البرونزيه والعملات المعدنيه النحاسيه نجد ان التنظيف بالليزر اكثر امنا وفاعليه فى عمليه التنظيف

صور توضح نتائج عمليه التنظيف بالليزر على بعض العملات



المصادر

1- E. Enger, & B. Smith, **Environmental Science**, 8th edition, Ny: Mc Graw Hill, 2002.

2- Hassan, Douglas and Croiset, **International Journal of Green Energy**,volume 4 Number 2, 2007.

3- Brian Fagan, **The Great Warming**, 1st edition, New York Berlin, London: Bloomsbury press, 2006.

4- John Smithers & Barry Smith, Human adaptation to climatic variability and change; **Global Environmental change**, vol.7, No.2, 1997.

5- Brian F. Noble, **Introduction to Environmental Impact Assessment**, 1st edition, Canada: Oxford University, press, 2006.

6- كريستوفر فلافين-ارتفاع درجة حرارة الأرض _استراتيجية عالمية لإبطائه -ترجمة د.سيد رمضان هدارة-1991م.

7- جون فيرور-الغلاف الجوي _القوى بين الطبيعة والبشر-ترجمة أ.د.أحمد مدحت إسلام - 1992م.

8- عبد الإله الحسين السطوف -التلوث البيئي _ مصادره_آثاره _ طرق الحماية - 1995م .

9- سامح غرايبة , يحيى الفرحان , المدخل إلى العلوم البيئية , الطبعة الثانية , دار الشروق للنشر والتوزيع-1998م.

10- محمد خميس الروكة , البيئة ومحاور تدهورها و آثارها على صحة الإنسان , دار المعرفة الجامعية-1996م.

11 - www.aljazeera.net