جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

صيانة منظومات الليزر

الثاني

تأليف

أ.د. عدويــة جمعة حيــدر

محمــد عبــد الستار
محمــد جمعة حيــدر
يسرى حسين عبد الرزاق
إيمــان حسن رحيم

الطبعة الثالثة
1444هـ - 2023م

بسم الله الرحمن الرحيم

بتوجيه من المديرية العامة للتعليم المهني للنهوض بالواقع العلمي للطلبة ولمواكبة التطورات الحاصلة ولما لليزر من امتيازات وإنجازات في السنوات العشر الأخيرة جعلت منه يحتل مواقع متقدمة.

قام الفريق المكلف بتأليف كتاب (التدريب العملي لقسم صيانة منظومات الليزر) إذ تضمن الكتاب عدداً من التجارب العلمية التي تدخل في كثير من تطبيقات الليزر منها العلمية، والصناعية، والطبية، والعسكرية، التي تعطي للطالب التعليمات الأولية والأساسية التي تأهله للدخول في حقل العمل وفي شتى التخصصات الليزرية.

..... ومن الله التوفيق

المؤلفون

المحتويــات

ت	الموضوع	رقم الصفحة
1	المقدمة	7
1-1	مبدأ عمل الليزر	8
2-1	أنواع الليزرات المستعملة في شتى التطبيقات	10
2	التوزيع الكاوسي لحزمة الليزر	12
تجربة رقم (1): التوزيع الكاوسي لحزمة الليزر		14
3	تشاكه حزمة الليزر	19
1-3	التشاكه الزمني	19
تجربة رقم (2): التشاكه الزمني لحزمة الليزر		21
2-3	التشاكه المكاني (الفضائي)	26
تجربة رقم (3): التشاكه المكاني (الفضائي) لحزمة الليزر		27
4	موسع الحزمة لأشعة الليزر	32
تجربة رقم (4): توسيع حزمة أشعة الليزر		34
5	الترصيف الضوئي باستعمال أشعة الليزر	38
تجربة رقم (5): الترصيف الضوئي باستعمال أشعة الليزر		39
6	توليد أنماط المسح البصرية لأشعة الليزر	43
تجربة رقم (6): توليد أنماط المسح البصرية لأشعة الليزر		44
7	الحيود من ثقب صغير	48

تجربة رقم (7): قياس قطر ثقب صغير باستعمال الليزر		50
8	محزز الحيود	55
تجربة رقم (8): قياس عرض المسار الموجود على القرص المدمج (CD)		57
9	الطول الموجي لليزر	62
تجربة رقم (9): قياس الطول الموجي لليزر باستعمال محزز الحيود		63
10	أهداب هايدنجر	68
تجربة رقم (10): أهداب هايدنجر للوح أسفيني		69
11	مقدرة المدى الليزرية	74
تجربة رقم (11): قياس المسافة باستعمال الليزر		76
12	استوائية الأسطح	80
تجربة رقم (12): قياس استوائية الاسطح باستعمال الليزر		82
13	الأغشية الرقيقة	86
تجربة رقم (13): استعمال الليزر في قياس سمك الأغشية الرقيقة		87
14	حيود الليزر من خلايا الدم الحمراء	91
تجربة رقم (14): قياس قطر كريات الدم الحمراء باستعمال الليزر		92
15	تضمين نتاج الليزر	98
تجربة رقم (15): استعمال الليزر في نقل المعلومات (التضمين)		100
16	انعكاسية المعادن	105
تجربة رقم (16): قياس انعكاسية المعادن باستعمال الليزر		107
17	تثقيب المواد	112

1-17	الشكل الهندسي للثقب	114
	تجربة رقم (17): تثقيب المواد باستعمال اشعة الليزر	115
	تجربة رقم (18): قياس الثقب المنتج بالليزر باستعمال المجهر الضوئي	119
18	تبخير المواد	124
	تجربة رقم (19): تبخير المواد باستعمال الليزر	125
19	القطع باستعمال الليزر	129
1-19	الفكرة الاساسية لماكينة القطع بالليزر	131
	تجربة رقم (20): قطع المعادن باستعمال الليزر	132
20	التصوير المجسم باستعمال الليزر	136
	تجربة رقم (21): التصوير المجسم باستعمال أشعة الليزر	138
21	التطبيقات الطبية لليزر	142
	تجربة رقم (22): تصحيح البصر بالليزر (الليزك)	144
22	التطبيقات العسكرية	149
23	الليدار أو رادار الليزر	150
24	قارئات الشفرات الخطية	152
	ملحق	154

المقدمة Introduction

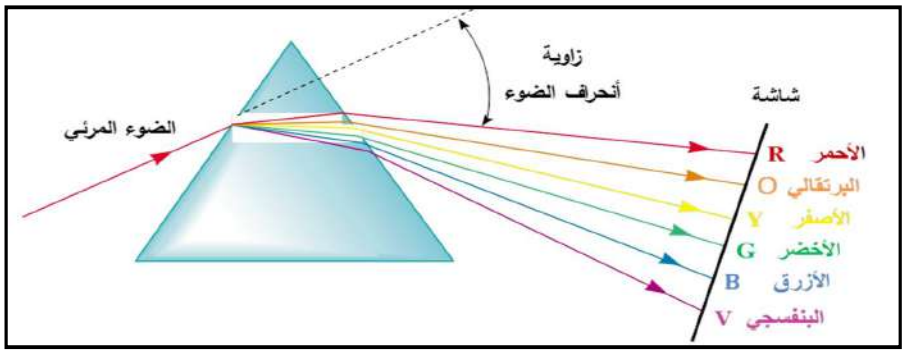
يعد الليزر Laser مصدراً من مصادر توليد الضوء المرئي وغير المرئي؛ لأنه يتميز بمواصفات مفيدة غير متوافرة في الضوء الذي تصدره بقية مصادر الضوء الطبيعية والصناعية.

كلمة ليزر Laser هي اختصار للأحرف الأولى من كلمات الجملة الإنجليزية (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) التي تعني (تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحفز للاشعاع).

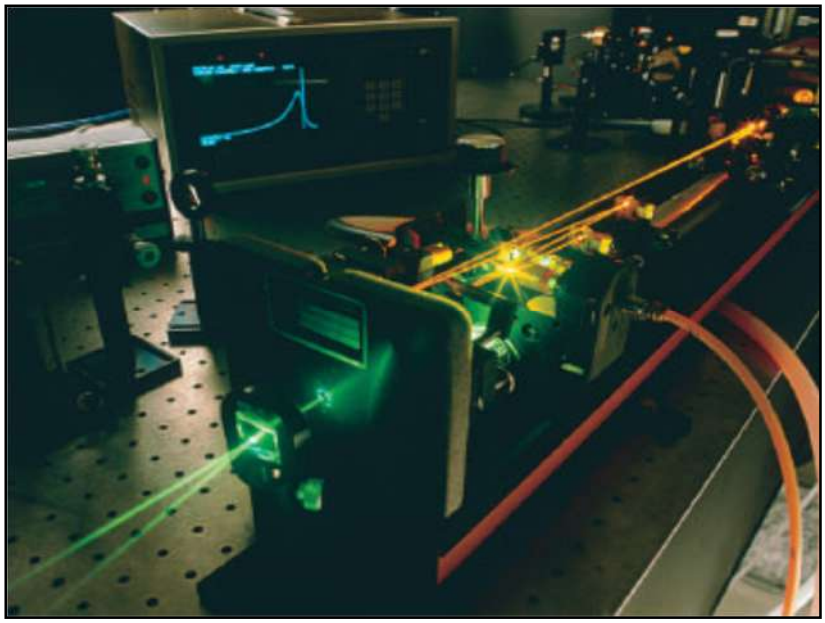
يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الطبيعي الصادر من الشمس، والنجوم، والضوء الصناعي الصادر عن شتى أنواع المصابيح الكهربائية.

من اهم خصائص ضوء الليزر هي الاتجاهية، وأحادي الطول الموجي، والتشاكه، والشدة العالية لشعاع ذي مقطع عرضي متناهي في الصغر لاتتجاوز مساحة مقطعه في بعض الأحيان الى عدة ميكرومترات مربعة، ولهذا فإنه يسير لمسافات طويلة محتفظاً بطاقته ضمن هذا الشعاع الدقيق. ولهذا السبب بالإمكان الحصول على شدة إضاءة قد تزيد بملايين المرات على شدة الضوء الصادر من الشمس أو المصابيح الكهربائية.

أما الخاصية الثانية فهي أن ضوء الليزر يتكون من حزمة ضيقة جداً من الترددات بعكس أنواع الضوء الأخرى التي تتكون من طيف واسع من الترددات، ولذا فهي تظهر للعين كضوء أبيض يحتوي على جميع ألوان الطيف المرئي كما موضح في الشكل (1)، في حين ضوء الليزر للعين هو بلون واحد عالي النقاء كاللون الأحمر، أو الأخضر، أو الأزرق كما موضح بالشكل (2) اذ يبين تشاكه حزمة الليزر الناتجة من ليزر الاركون.



الشكل (1): الضوء الأبيض الاعتيادي غير متشاكه



الشكل (2): حزمة ليزر الأركون الناتجة من الضوء المتشاكه

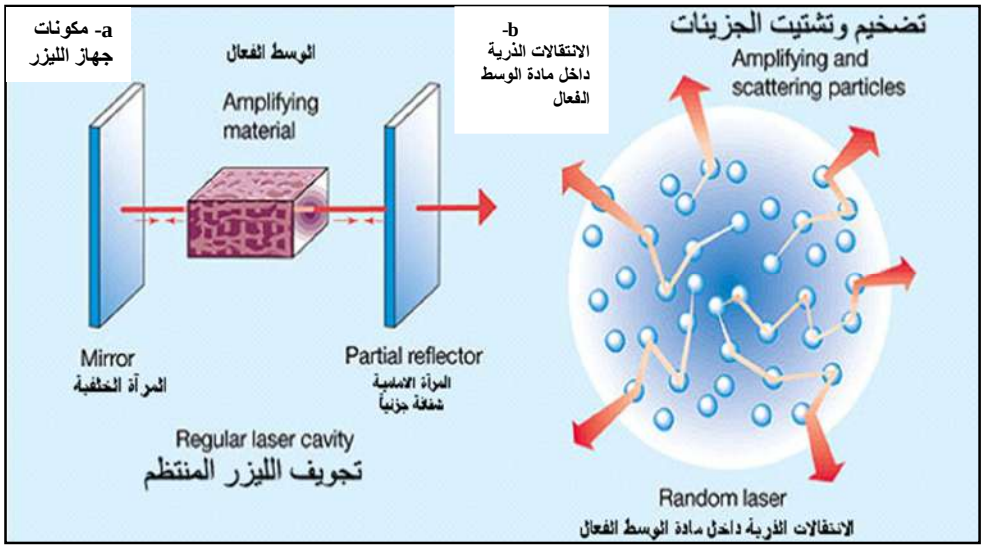
1-1 مبدأ عمل الليزر Laser principle

يعد اختراع الليزر من أكثر الاختراعات إثارة في هذا العصر، إذ لم يكن يخطر على بال أحد أن هذا المصدر الضوئي البسيط سيفتح أبواباً لا حصر لها من التطبيقات ذات الأهمية البالغة في حياة البشر. فلقد تساءل العلماء في ما بينهم بعد تصنيع أول ليزر في عام 1960م عن ما ستكون لهذه الأشعة العجيبة من تطبيقات، إذ إن الدافع وراء الأبحاث المكثفة التي أدت لاختراع الليزر كان فكرة تضخيم الاشعة الكهرومغناطيسية بواسطة الانبعاث المحفز كما في الشكل رقم (3)، التي راودت الكثير من الباحثين ولا سيما بعد الحرب العالمية الثانية.

بعد مضي سنوات معدودة تلقف العلماء في شتى التخصصات هذا الاختراع العجيب واستعملوه في تطبيقات لا حصر لها فأحدثت ثورة في حياة البشر لا تقل عن الثورة التي أحدثها الصمام الإلكتروني والترانزستور، فعلى سبيل المثال أدرك مهندسو الاتصالات الكهربائية أهمية هذا الاختراع العظيم بعد أن تبين لهم أن ضوء الليزر يمكن أن يكون بديلا عن الموجات الراديوية كحامل للمعلومات وذلك لقدرته على حمل كمية من المعلومات تفوق بآلاف المرات قدرة أعلى الحاملات الراديوية وذلك بسبب ارتفاع ترددات ضوء الليزر. أما مهندسو الميكانيك فقد بدأت الأحلام تراودهم بعد أن تبين لهم شدة تركيز ضوء الليزر في استعماله في عمليات لحام المعادن.

ووجد المهندسون المدنيون في شعاع الليزر المرئي الذي يسير لمسافات طويلة على شكل خيط دقيق ضالتهم المنشودة في أعمال المساحة والإنشاءات بشتى أنواعها وذلك لضبط استقامتها وقياس الأبعاد.

أما الأطباء فقد كان لهم نصيب وافر من هذا الاختراع فقد استعملوه كمشرط عالي الدقة لا يترك نزفا وراءه، وقد يصل لأماكن في جسم الإنسان لا يمكن أن تصل إليه مشارطهم المعدنية إلا بعد حدوث ضرر كبير، واستعملوه في إزالة الأورام، وتفتيت الحصى، وحفر الأسنان، وإزالة البثور والحبوب والتجاعيد والدمامل، وغيرها من أمراض وعيوب الجلد، وتصحيح البصر كما موضح في الشكل رقم (4).



الشكل (3): مبدأ عمل جهاز الليزر

الشكل (4): استعمال اليزر في طب العيون

2-1 أنواع الليزرات المستعملة في شتى التطبيقات

يعتمد نوع الليزر ومواصفات الضوء الصادر منه على نوع المادة الفعالة، ونوع مصدر الضخ، وكذلك طريقة التغذية الخلفية المستعملة فيه، وتنقسم أنواع الليزر من حيث طبيعة المادة الفعالة على أنواع كثيرة أهمها ليزر الحالة الصلبة، وليزر الغاز، وليزر شبه الموصل، وليزر الأصباغ، والليزر الكيمياوي، وليزر بخار المعدن. ويوضح جدول رقم (1) بعض انواع الليزر الأكثر شيوعا فضلاً عن مجالات استعمالها.

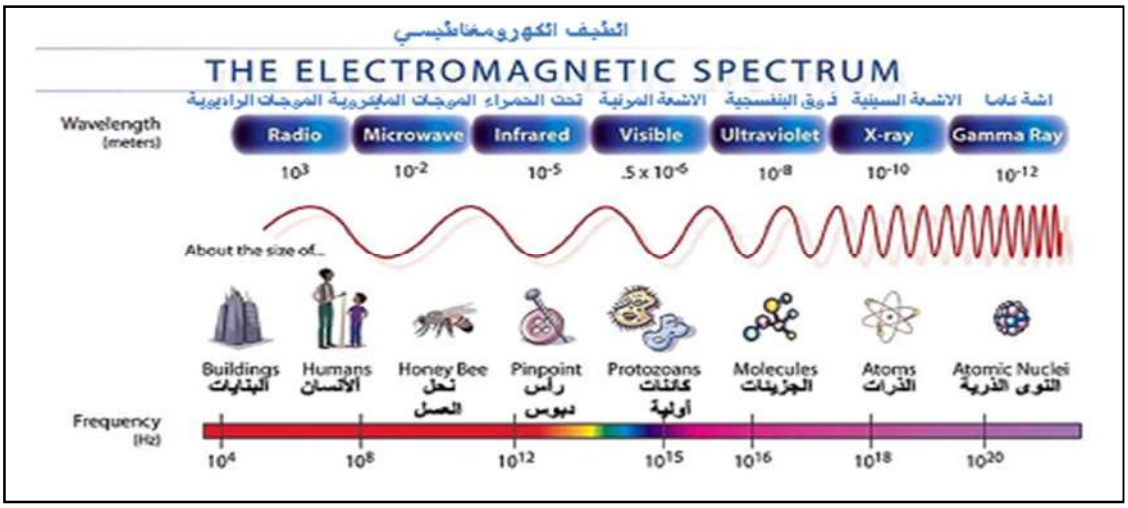
هنالك عدة طرائق لأنتاج الليزر وذلك اعتماداعلى طريقة ضخ كأن تكون باستعمال الضوء المرئي أو غير المرئي أو الأمواج الكهرومغناطيسية الراديوية أو بتمرير التيار الكهربائي أو تفريغه أو عن طريق التفاعلات الكيميائية.

تعتمد طريقة التغذية الخلفية على نوع المادة الفعالة، فقد تتم عن طريق صقل الأوجه إذا كانت في الحالة الصلبة أو بواسطة المرايا إذا كانت في الحالة السائلة أو الغازية، وتعتمد كذلك على شكل المرايا إذا كانت مسطحة أو مقعرة ودرجة انعكاسيتها **Reflectivity**.

في كل نوع من هذه الأنواع الرئيسة توجد أنواع فرعية تتمايز بخصائص مختلفة مثل طول موجة الضوء، وشدة الضوء المنبعث، ومساحة مقطع الشعاع، وزاوية انفراج الشعاع، وفيما إذا كان الضوء المنبعث مستمراً **Continuous** أو نبضياً **Pulsed** وإمكانية التحكم بمعدل النبضات وعرضها وكذلك حجم جهاز الليزر ووزنه وقيمة الجهد والتيار المطلوبين لتشغيله وكفاءة التحويل وعمر التشغيل الافتراضي.

ويتوافر في الأسواق الآن ليزرات بأطوال موجة تبدأ بمائة نانومتر وتنتهي عند ألف ميكرومتر، أي إنها تغطي كامل طيف الأشعة فوق البنفسجية وكامل طيف الضوء المرئي (من 400 إلى 760 nm) وكامل طيف الأشعة تحت الحمراء. كما موضح في الشكل رقم (5).

تعطي معظم أنواع الليزرات ضوءاً في المنطقة المرئية والمنطقة تحت الحمراء القريبة **near IR** والمتوسطة **medium IR** وجزء من المنطقة فوق البنفسجية **uv**. أما كمية الطاقة التي يولدها الليزر فتتراوح من أجزاء الملي واط وتصل الى عدة عشرات كيلواط إذا كان ضوء الليزر متصلاً ، أما إذا كان على شكل نبضات فقد تصل القدرة القصوى لألف بليون واط لمدة زمنية بالغة القصر تقاس بأجزاء من البيكوثانية **(Pico second) (ps)**.



الشكل (5): المديات الطيفية والترددات المختلفة للضوء

جدول (1): بعض انواع الليزر المستعمل في التجارب والقياسات

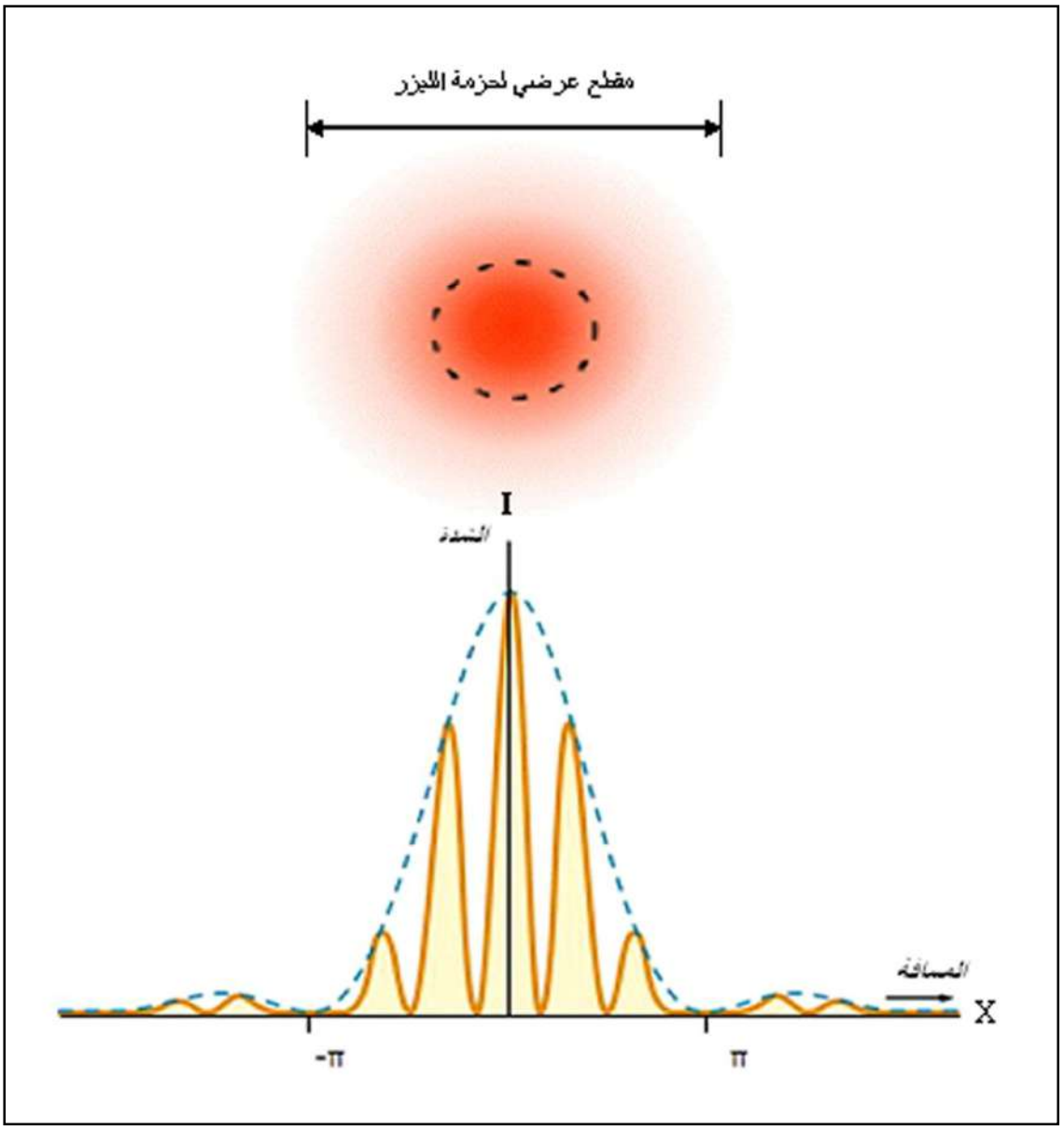
ت	اسم الليزر	طبيعة الوسط الفعال	الطول الموجي (µm)	نمط التشغيل	التطبيقات
1	ايون الاركون Ar^{+3}	غاز	0.488، 0.514	مستمر+ نبضي	طبية - قياسات - طيفية
2	ثاني اوكسيد الكاربون CO_2	غاز	10.6	مستمر+ نبضي	صناعية - طبية- عسكرية- قياسات
3	هليوم - نيون He-Ne	غاز	0.6328	مستمر	قياسات
4	النايتروجين N_2	غاز	0.337	نبضي	بايولوجية
5	نديميوم - زجاج Nd: Glass	صلب	1.06	نبضي	صناعية - طبية - قياسات
6	نديميوم - ياك Nd: YAG	صلب	1.064	مستمر+ نبضي	صناعية- طبية- عسكرية - قياسات
7	الياقوت Ruby	صلب	0.6943	نبضي	صناعية- طبية - قياسات

2. التوزيع الكاوسي لحزمة الليزر Gaussian distribution

تكون أشعة الليزر الخارجة من المرنان Resonator عادة غير متجمعة في منطقة واحدة بل قد تكون بنحو دائـري ولها قطر يساوي عدة مليمترات، وبالتالي فـأن كثافـة قـدرة الليزر Power density (وهو مقدار شدة اشعة الليزر الساقطة مقسوماً على المساحة) تكون ضعيفة نتيجة لزيادة مساحة بقعة الليزر، وبالتالي يتعذر اجراء التطبيقات المرادة من الليزر التي تتطلب دقة العالية فضلاً عن رفع درجة حرارة المواد فوق درجة انصهارها لاجل القيام بالعمليات الصناعية. لذا من اجل اجراء ذلك يتطلب تجميع هذه الاشعة في منطقة صغيرة جدا بحيث يقترب من الطول الموجي لليزر نفسه يعد ضرورياً جدا للتطبيقات العملية والدراسات الاساسية. يوضح شكل رقم (6) مقطعاً عرضياً لحزمة الليزر فضلاً عن توزيع الشدة تبعاً للمسافة عن مركز بقعة الليزر.

يعني تولد الفوتونات بواسطة الانبعاث التلقائي وجود احتمالية لانتقال الالكترونات في الاتجاهات كافة (عشوائية)، وهذا يعني ان مجموعة الفوتونات التي تسير باتجاه عمودي على محور الحجرة (المحور البصري) لن تتضخم لعدم وجود عناصر الكسب الارجاعي (المرايا). وخلافاً لذلك ستكون لمجموعة الفوتونات التي تحيد عن محور الحجرة امكانية الحيود عدة مرات بين المرآتين لتمر عبر الوسط الفعال وفي كل مرة تستنزف جزءاً من فوتوناته المخزونة في المستوى العالي لتكون شعاع الليزر الذي يتميز بتوزيع فوتوني يختلف عن التوزيع الذي تكونه مجموعة الفوتونات التي تسير باتجاه المحور. ونتيجة لذلك يتكون شعاع الليزر الخارج من عدة توزيعات مختلفة تختلف بعضها عن بعض اعتماداً على مقدار تخلف مسار مجاميع الفوتونات عن المسار.

وتسمى هذه التوزيعات بالأنماط المستعرضة للمجال الكهرومغناطيسي التي يطلق عليها عادة (TEM_{nm}) إذ إن n و m تمثلان قيم توزيع الأنماط بين المحورين. يسمى النمط (TEM_{oo}) بالنمط الأحادي أو النمط ذي التوزيع الكاوسي، إذ يكون توزيع الشدة فيه بنحو دائري، وغالباً ما يتم تصنيع أجهزة الليزر على هذا النمط.



الشكل (6) توزيع الشدة في حزمة الليزر

أسم التمرين: التوزيع الكاوسي لحزمة الليزر

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

رقم التجربة
1

❶ الهدفان التعليميان:

- تحديد التوزيع الكاوسي لشعاع الليزر عملياً.
- قياس نصف قطر التخصر لحزمة الليزر عملياً.

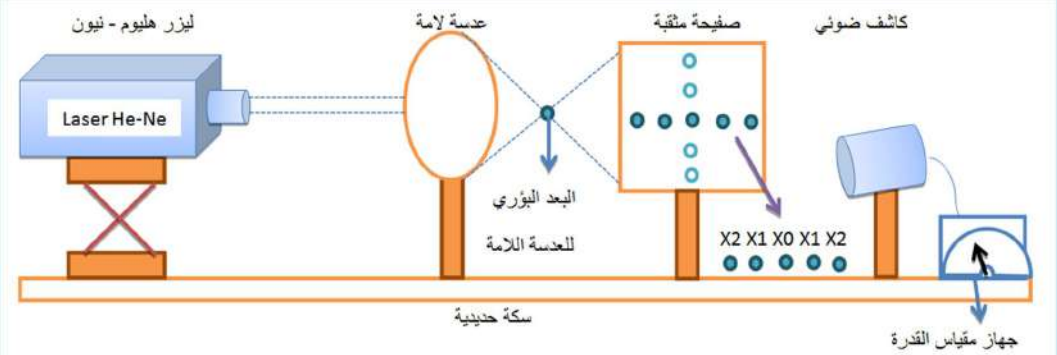
❷ التسهيلات التعليمية (مواد وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر هليوم - نيون.
- عدسة لامة.
- صفيحة مثقبة بنحوٍ منتظم (مصفوفة ذات بعدين).
- كاشف ضوئي.
- مقياس قدرة شعاع الليزر
- سكة حديدية

❸ خطوات العمل: النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1. ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.

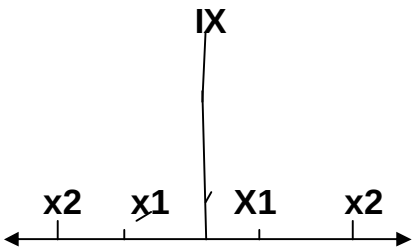
2. رتبّ الأجهزة كما في الشكل الآتي:



3. حدد مصفوفة بحيث تحوي حزمة الليزر الساقطة على اللوح (الثقوب الزرق).

4. قس الشدة في كل ثقب من المصفوقة (x2x1,x0,x1,x2) عن طريق وضع كاشف وسجل القراءات.حسب الجدول الاتي

X	IX
XO	
X1 X2	
X1 X2	

	حيث ان :- **x: الثقوب** **Ix: قراءة الشدة عند الثقوب**
.5	**قم برسم بياني بين الشدة (I_x) على المحور الصادي والمسافة (X) على المحور السيني.** 

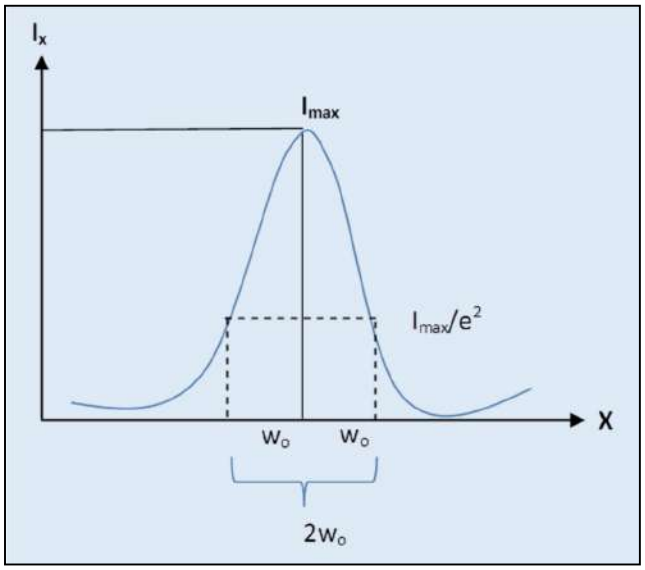
6. قم بتحديد أعلى قيمة للشدة I_{max} من الرسم البياني وتعويضها في المعادلة التالية لحساب نصف قطر التخصر لحزمة الليزر عملياً:

$$w_x = \frac{I_{max}}{e^2}$$

إذ:

w_x : تمثل نصف قطر حزمة الليزر.

e : الدالة الأسية =2.72



الأسئلة

1- ما المقصود بالنمط الكاوسي الذي جعله مفضلاً في الكثير من التطبيقات الصناعية؟

2- ما الأنماط المستعرضة؟ ولماذا تسمى بالأنماط المستعرضة للمجال الكهرومغناطيسي؟

3- يمكن الحصول على النمط الكاوسي عن طريق التحكم بعملية الضخ، وضح ذلك؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: المرحلة: الثانية التخصص:صيانة منظومات الليزر

اسم التمرين: التوزيع الكاوسي لحزمة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص:	التوقيع:
التاريخ:	

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها .

توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم

3. تشاكه حزمة الليزر Laser coherence

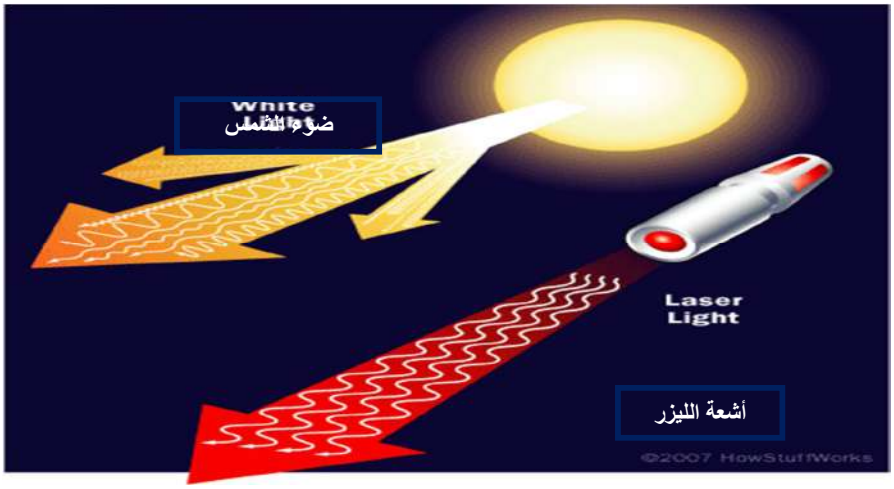
يتميز الضوء المنبعث من جهاز الليزر بأنه يمتلك درجة عالية من صفة التشاكه، أي إن له درجة عالية من التشاكه الزمني والتشاكه الفضائي خاصية إنه متشاكه كلياً، أما مصادر الضوء الاعتيادي مثل (الانبوبة المتفلورة، ومصباح الضوء الاعتيادي المستند إلى توهج سلك التنكستن، والشمس) فتعد مصادر ضوء غير متشاكهة كما موضحة في شكل رقم (7).

وبالأمكان جعل هذه المصادر متشاكهة، ولكن تنتج عن ذلك شدة قليلة جداً لا يمكن استعمالها في أكثر التطبيقات العملية. أن خاصية التشاكه التي يملكها الليزر جعلته من المصادر المهمة جداً في التطبيقات العامة.

ولجعل ضوء الليزر أو الضوء الذي يمكن الحصول عليه من المصادر الاخرى متشاكهة، يجب تحقيق شرطين أساسيين هما:

أحدهما: يجب أن يكون التردد قريباً جداً من كونه أحادياً، وهذا يعني بأن عرض نطاق الحزمة يجب أن يكون صغيراً، ويقال عند تحقيق هذا الشرط بان هناك تشاكهاً زمنياً.

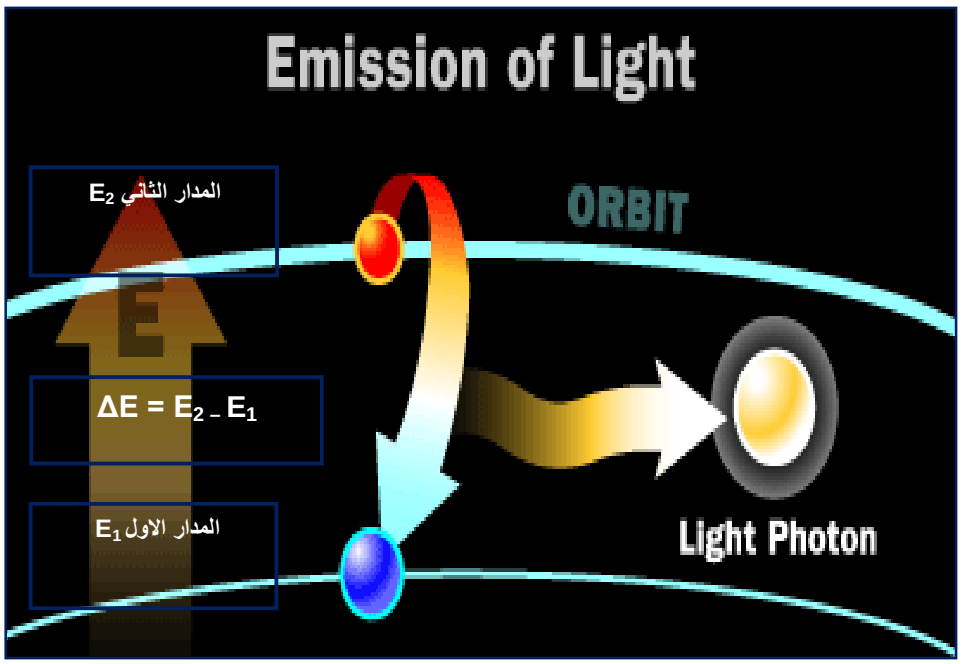
وألآخر: فرق الطور يكون ثابتاً مع الزمن وإذا تحقق هذا الشرط يمكن عد الضوء متشاكهاً فضائياً (مكانياً).



الشكل (7): الفرق بين الأشعة الضوئية الاعتيادية كضوء الشمس وأشعة الليزر

1-3 التشاكه الزمني Temporal Coherence

يرتبط التشاكه الزمني بضيق عرض النطاق الترددي لأشعة الليزر. في الحالات الاعتيادية تنبعث عدة موجات ذات ترددات مختلفة من الذرة عند تهيجها، وبالنتيجة يتكون من مجموعة من الخطوط الأحادية. لنفرض أن إلكتروناً يدور حول نواة الذرة، واتّقَ ل من مستوى طاقةعالٍ إلى مستوى طاقة آخر اقل من المستوى الأول ، فإن فرق الطاقة بين المدارين يبعث على شكل فوتون له طاقة مقدارها ΔE، وكما موضح بالشكل رقم (8).



الشكل (8): انبعاث فوتون ضوئي نتيجة انتقال الجسم من مستوى طاقة عالٍ الى مستوى طاقة اوطئ

إن انبعاث هذا الفوتون يتم في زمن معين Δt يسمى بزمن العمر (عمر الحالة) لذرة في الفضاء الحر الذي يكون قصيراً ، تصل قيمتة إلى 10^{-8} ثانية.

يوصف الفوتون عادة بأنه موجة لها طول محدود ولها سعة تتراوح قيمتها بين صفر وأعلى قيمة وتكرر بصورة دورية، ثم تهبط الى الصفر مرة اخرى.

يزداد مقدار التشاكه الزماني عندما يكون شعاع الليزر قريباً من أن يكون أحادي الطول الموجي والعكس صحيح. ويمكن القول بأنه حالة الضوء التي تكون فيها الأطوار ذات الصلة بين نقطتين في زمن معين ثابتة ولمدة طويلة من الزمن، بمعنى آخر. (فرق الطور يكون ثابتاً مع الزمن) بأنه متشاكه زمنياً.

أسم التمرين: التشاكه الزمني لحزمة الليزر

رقم التجربة
2

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

❶ الهدفان التعليميان:

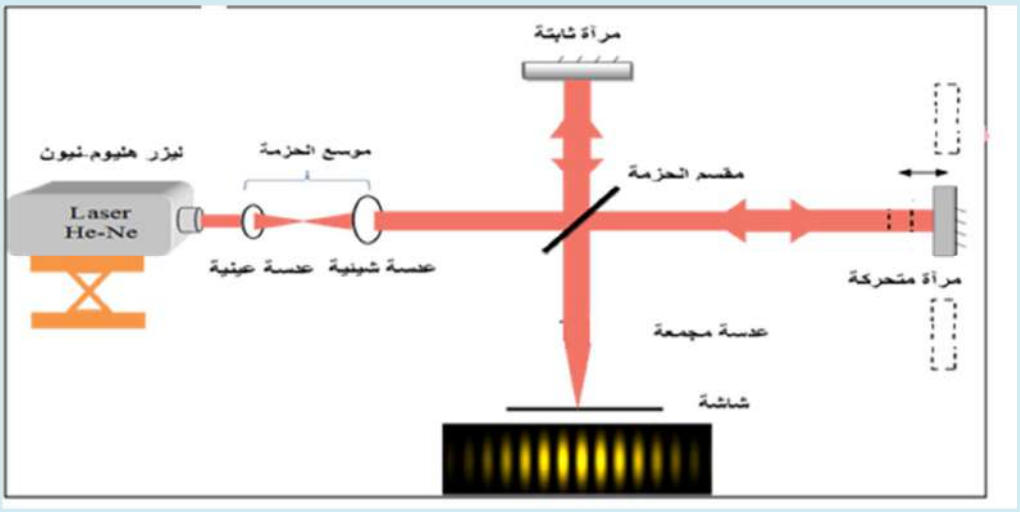
- التعرف على التشاكه الزمني لحزمة الليزر عملياً.
- حساب قيمة شدة وضوح الأهداب.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم - نيون.
- جهاز التداخل مايكلسون. ويتكون من
- مراة ثابتة ومراة متحركة
- مقسم الحزمة
- شاشة.
- مقياس قدرة شعاع الليزر.

❸ خطوات العمل: النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.

2.	رتبّ الأدوات والأجهزة كما في الشكل الآتي: 
3.	قم باستعمال موسع الحزمة لتوسيع حزمة الليزر إلى حزمة بقطر يقارب 25 mm .
4.	قم بتقسيم حزمة الليزر على شعاعين بالقطر نفسه باتجاه المرآتين الثابتة والمتحركة باستعمال مقسم الحزمة
5.	ستلاحظ نقطتين مضيئتين على الشاشة تعودان إلى انعكاس شعاع الليزر من المرآتين.
6.	قم بتحريك المراة المتحركة بواسطة المايكروميتر لحين تطابق النقطتيتن المظيئتين على الشاشة .
7.	قم بتحريك المراة المتحركة بواسطة المايكروميتر مرة اخرى الى حين ظهور اهداب دائرية الشكل وسجل قراءة المايكروميتر .

.8	قم بقياس شدة الهدب المركزي الذي يمثل (I_{max}) وشدة الهدب الجانبي الذي يمثل (I_{min}) بواسطة الكاشف الضوئي .
.9	قم بحساب الوضوحية (visibility) للأهداب الناتجة بواسطة العلاقة الآتية: $$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$
.10	قم بتحريك المراة المتحركة بواسطة المايكروميتير مرة اخرى . وسجل قراءتة
.11	قم بحساب الوضوحية مرة أخرى للأهداب الجديدة الناتجة بسبب تحريك المراة مرة اخرى .

الأسئلة

1- هل هناك فرق في قيمة الوضوحية عند حركة المرآة في الخطوة رقم 10؟ لماذا؟

2- ماذا يقصد بالتشاكه الزمني لحزمة الليزر؟

3- كيف تنشأ الأنماط الطولية والمستعرضة؟ وما تأثيرها في التشاكه؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: التشاكه الزمني لحزمة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

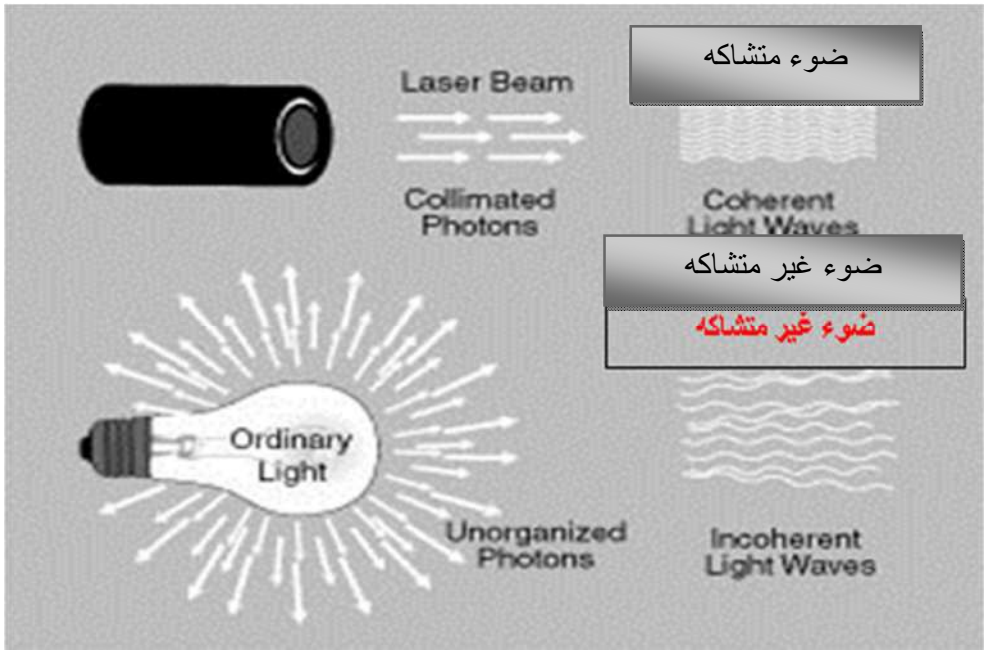
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

2-3 التشاكه المكاني (الفضائي) Spatial coherence

يتميز ضوء الليزر من بقية أنواع الضوء الصادر من المصادر الطبيعية كالشمس والمصابيح التقليدية والصناعية كالمصباح الكهربائي بعدة خصائص مهمة تؤهله لاستعمال في كثير من التطبيقات. ومن اهم هذه الخصائص ما يُسمى بخاصية التشاكه (وهي الحالة التي تكون فيها موجتان ضوئيتان أو أكثر بالطور نفسه) كما في الشكل (9). إن المصدر الضوئي يكون متشاكهاً في حالة امتلاكه لتشاكه زمني وتشاكه فضائي.

وتكون مصادر الضوء الاعتيادية غير متشاكهة نتيجة للانبعاث العشوائي للفوتونات من الذرات المكونة للمصدر،أما في الليزر فإن الوضع يختلف، لأن الفوتونات تستحدث نتيجة للتفاعل المتسلسل للأنبعاث المحفز للفوتونات التي يكون لها الطور نفسه. وتكون موجة الليزر متشاكهة مكانياً (فضائياً) في حال ثبوت فرق الطور بين أي نقطتين مختارتين على جبهة الموجه مع الزمن، ويتطلب الثبوت زمناً طويلاً، لذلك يمكن إجراء عملية المشاهدة بالعين أو بالتصوير. إن أفضل أجهزة الليزر المصنعة تمكن من الحصول على تشاكه مكاني بصورة غير محددة تقريبا بخلاف التشاكه الزمني الذي نحصل عليه لإجزاء من الثانية. الشكل رقم (9) يوضح ضوء ليزر متشاكه وضوء أعتيادي غير متشاكه.



الشكل (9): التشاكه المكاني لحزمة الليزر بعد الانتقال عن طريق فتحة ضيقة

رقم التجربة
3

أسم التمرين: التشاكه المكاني (الفضائي) لحزمة الليزر

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

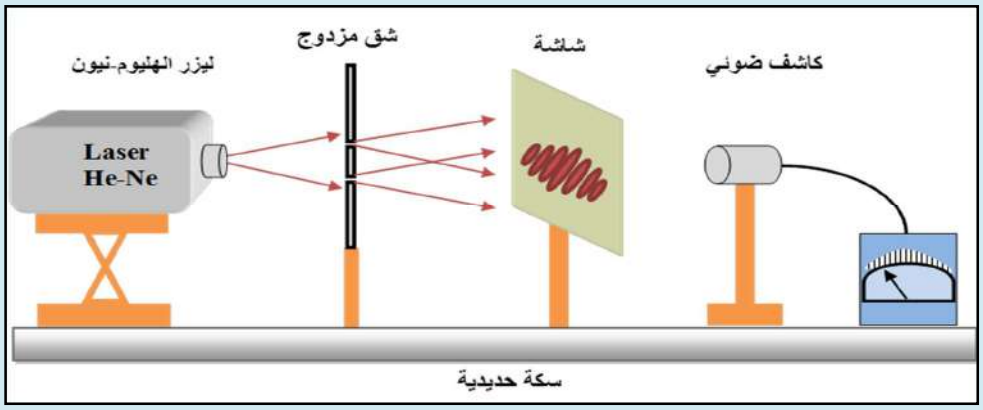
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على التشاكه المكاني (الفضائي)لحزمة الليزرعملياً .
- حساب قيمة شدة وضوح الأهداب الناتجة من شقين مزدوجين.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم – نيون.
- عدد من الشقوق المزدوجة بمسافات مختلفة.
- شاشة.
- مقياس قدرة شعاع الليزروكاشف ضوئي
- سكة حديدية.

❸ خطوات العمل: النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	رتبّ الأدوات والأجهزة كما في الشكل الآتي: 
3.	قم بوضع شريحة تحتوي على شقتين مزدوجين تفضل بينهما مسافة معينة ،ولاحظ شكل الاهداب الناتجة .
4.	قم بقياس شدة الهدب المركزي الذي يمثل $Imax$وشدة الهدب الجانبي الذي يمثل Imin بواسطة كاشف ضوئي .

.5	قم بحساب الوضوحية للأهداب الناتجة بواسطة العلاقة الآتية: $V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$
.6	قم بإعادة الخطوة (4) بواسطة شريحة ثانية تحتوي على شقين مزدوجين تفصل بينهما مسافة أكبر، مع ملاحظة شكل الاهداب الناتجة.
.7	قم بحساب الوضوحية مرة أخرى للأهداب الجديدة الناتجة بسبب تغيير المسافة بين الشقين , وقم بالمقارنة بين النتيجتين.

الأسئلة

1- ما تأثير وجود الأنماط المستعرضة في قيمة الوضوحية في هذه التجربة؟
2- على ماذا يدل اختلاف قيمة الوضوحية للأهداب الناتجة عند زيادة المسافة بين الشقين أو نقصانها؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: التشاكه المكاني لحزمة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

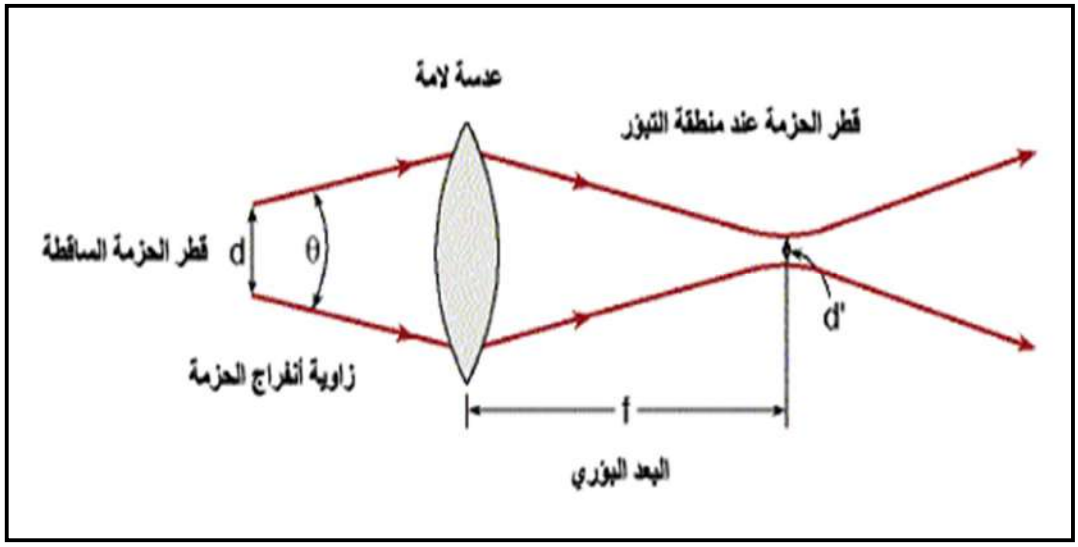
4. موسع الحزمة لأشعة الليزر Laser Beam Expander

في كثير من التطبيقات المهمة نحتاج إلى تجميع أشعة الليزر في بقعة صغيرة جداً من اجل القيام بعمليات تصنيعية، إذ إن حزمه الليزر الخارجة من المرنان تكون غير مركزة في نقطة واحدة، بل لها قطر يساوي بضع مليمترات. وبهذه الحالة لا توافر هذه الكثافة القدرة العالية المطلوب استعمالها في التطبيقات التي تعنى بالدقة العالية. إن تجميع حزمة الليزر في بؤره ذات قطر صغير جداً يقترب من الطول الموجي لشعاع الليزر المستعمل يُعدّ ضرورياً جداً للتطبيقات العلمية والدراسات الأساسية لليزر، ويمكن قياس حجم بقعة الليزر (spot size) أو قطر الحزمه بالعلاقة الآتية:

$$d = f \times \theta$$

إذ إن:

- d - قطر الحزمة لليزر قبل الدخول إلى العدسة
- f - البعد البؤري للعدسة
- θ - زاوية انفراج الحزمة قبل الدخول إلى العدسة ، كما موضح بالشكل الآتي:



الشكل (10): تخصر حزمة الليزر خلال المرور بالعدسة اللامة

يمكن استعمال العدسة الضوئية لتجميع الليزرفي بقعة صغيرة جداً والحصول على نصف قطر تكور جبهة موجة معينة. وتستعمل لهذا الغرض عدسة لامة ذات بعد بؤري معين، وبالإمكان استعمال موسع الحزمة كما موضح بالشكل (11). يكون موسع الحزمة تيلسكوباً مقلوباً يتركيب من عناصر ضوئية تعمل على

تكبير عرض حزمة الليزر. إذ يتكون من عدسة ذات بعد بؤري قصير (عدسة عينية) وتتبعها عدسة أخرى ذات بعد بؤري طويل (عدسة شيئية) وتفصل بينهما مسافة تساوي مجموع بعديهما البؤريين. وعاده تكون الحاجة إلى توسع الحزمة في أعمال الليزر بسبب عدم إمكانية تغيير عرض الحزمة الخارجة من مرنان الليزر نتيجة الوضع الهندسي له. ومن اجل الحصول على أقل انفراجية لحزمة الليزر الخارجة يستعمل موسع الحزمة الذي يزيد من عرضها، وبالتالي تقل انفراجيتها بحسب المعادلة رقم (1).

حيث ان d :المسافة بين العدستين $d= f_{1+} f_2$.

$$\frac{f2}{f1} = \frac{d2}{d1} = \frac{\ominus 1}{\ominus 2} \quad \text{----------} \quad (1)$$

اذن : `ومن المعادلة رقم(1)أدناه يمكن استخراج قطر الحزمة الخارجةمن موسع الحزمة :

d_2:قطر الحزمة الخارجة من موسع الحزمة

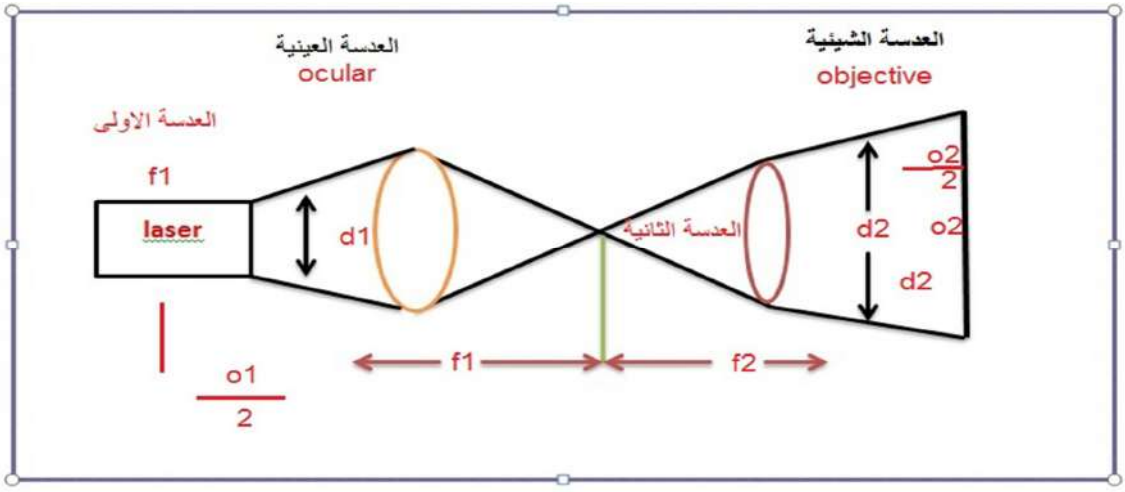
d_1: قطر الحزمة الخارجة من الليزر

$$\frac{f2}{f1} = \frac{d2}{d1}$$

$$d2 = d1\frac{f2}{f1} \quad \text{.....} \quad (2)$$

F1 البعد البؤري للعدسة الاولى (العينية)

F2 البعد البؤري للعدسة الشيئية



الشكل (11): يوضح مبدأ عمل موسع الحزمة الضوئية

رقم التجربة
4

أسم التمرين: توسيع حزمة أشعة الليزر

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

❶ الهدفان التعليميان:

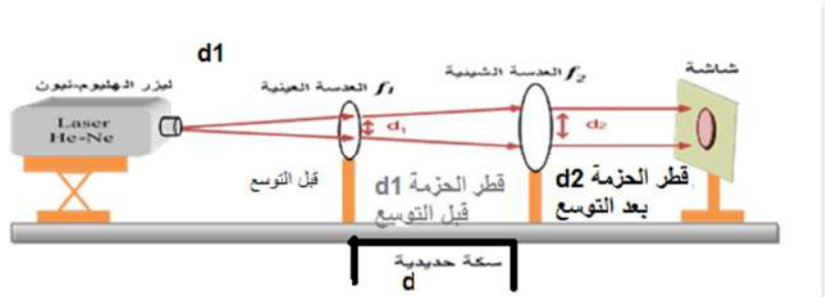
- التعرف على كيفية توسيع حزمة الليزر وفوائدها.
- تقليل زاوية انفراج حزمة الليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم - نيون.
- عدسة ذات بعد بؤري 5 سم.
- عدسة ذات بعد بؤري 10سم.
- شاشة.
- مسطرة.
- سكة حديدية.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.

.2	رتّبّ الأجهزة كما في الشكل الأتي: 
.3	قم بضبط المسافة بين العدستين من خلال العلاقه $d= f_1 + f_2$
.4	قم بقياس قطر حزمة الليزر قبل المرور بالعدسة الاولىd1 وبعد الخروج من العدسة الثانية d2
.5	احسب قطر الحزمة الخارجية من الموسع وحسب المعادلة الاتية $d2 = d1\frac{f2}{f1}$
6	استعمل عدسات مختلفة البعد البؤري، وكرر الخطوات السابقة

الأسئلة

1- ما الفائدة العملية من توسيع حزمة الليزر؟ ولأي الأغراض تستعمل؟

2- الى أي مدى يمكن توسيع حزمة اليزر؟ وعلى ماذا تعتمد؟

3- ما أنواع موسعات الحزمة لأشعة الليزر؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثانية التخصص: صيانة منظومات الليزر				
اسم التمرين: توسيع حزمة اشعة الليزر				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				

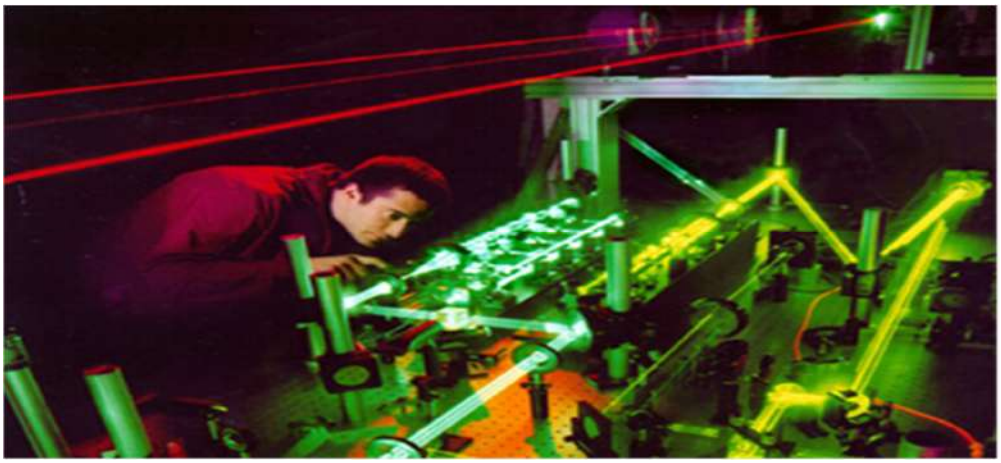
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم

5. الترصيف الضوئي للمرنان البصري (مرايا الليزر) (Alignment of Resonator)

يعد الترصيف الضوئي من العمليات المهمة الواجب اجراؤها لأي منظومة بصرية او ليزرية للحصول على الفعل الليزري وكذلك توزيع منتظم لحزمة الطاقة وحمايتها من المنظومات البصرية المرفقة لانظمة الليزر، مثل موسع الحزمة والمرشحات البصرية. ويعد الليزر من أيسر وأسهل الاجهزة المستعملة لرسم مسار مستقيم خلال الفضاء (الفراغ). وتفيد من خواص الليزر (الشدة والاتجاهية العالية) في عمليات الترصيف الضوئي **Alignment** وذلك لان الشدة العالية لاشعة الليزر تجعلها واضحة للعين حتى عند وجود الضوء في الجو المحيط. اما الاتجاهية العالية فهي تجعل عملية الترصيف سهلة، لأن حزمة الليزر تكون متجمعة في بقعة صغيرة تمتد لمسافات طويلة نسبياً.

ويعد ليزر الهليوم- نيون من أكثر الليزرات شائعة الاستعمال، لأنه ينتج حزمة ضيقة ومرئية بطول موجي 632.8 nm وذو قدرة واطئة ويمكن توجيهه الى مئات الامتار وهو يعمل بصورة مستمرة **Continuous Wave** وسهل الحمل وخفيف الوزن وغير مؤذي للعين.

وتعتمد دقة عملية الترصيف بالدرجة الاساسية على امكانية الحصول على حزمة ليزرية مركزة واستقرارية عالية للحزمة الخارجة.



الشكل (12) عملية الترصيف الضوئي بواسطة الليزر

أسم التمرين: الترصيف الضوئي للمرنان البصري (مرايا الليزر)
مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

رقم التجربة
5

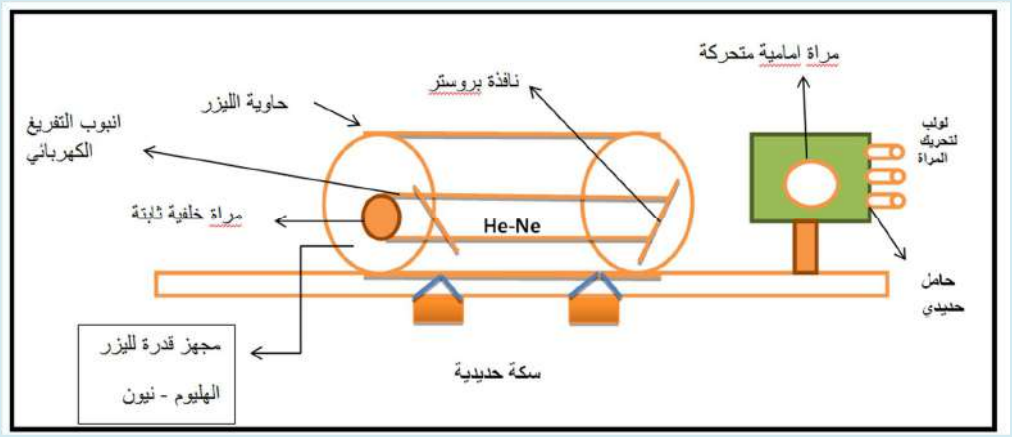
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على فوائد عملية الترصيف الضوئي للمرنان البصري (مرايا الليزر) .
- إجراء عملية الترصيف الضوئي للمرنان البصري عمليا .

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

1- انبوبة تفريغ كهربائي لليزر الهليوم –نيون (تحتوي على مراة خلفية فقط)
2- مراة امامية مثبتة على حامل حديدي فية لوالب تستعمل لتحريك المراة لتسهيل عملية الترصيف الضوئي .
3- مجهز قدرة لليزر الهليوم – نيون .
4- سكة حديدية .

- ❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

.1	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
.2	رتب الاجهزة كما في الشكل الاتي : 
.3	قم بربط انبوبة التفريغ الكهربائي بمصدر مجهز القدرة
.4	قم بتشغيل مجهز القدرة سوف تلاحظ تولد اشعة الليزر داخل انبوبة التفريغ الكهربائي ولكن بدون خرج ليزري والسبب في ذلك يرجع الى عدم ترصيف المراة الامامية مع المراة الخلفية .
.5	قم بتحريك اللوالب الموجود في المراة الامامية لحين ظهور اشعة الليزر
.6	ان ظهور اشعة الليزر من المراة الامامية تدل على ترصيفها مع المراة الخلفية (عملية الترصيف الضوئي للمرنان البصري).

الأسئلة

1- ماذا نقصد بالترصيف الضوئي؟

2- اي انواع الليزرات الاكثر استعملاً في هذه العملية؟ ولماذا؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: الترصيف الضوئي باستعمال اشعة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

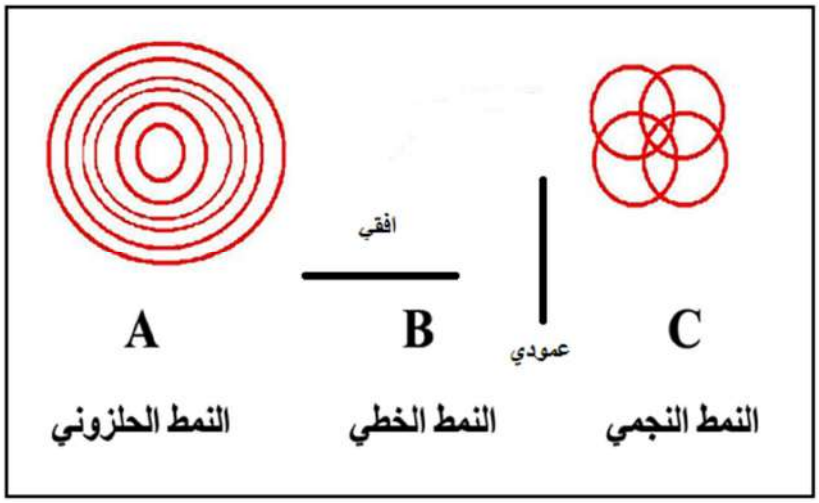
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

6. توليد أنماط المسح البصرية لأشعة الليزر Laser scanning modes

يمكن تعريف المسح البصري باستعمال الليزر بأنه إمرار بقعة ضوئية بنحو دوري منتظم وبأنماط مختلفة على ما يعرف بمساحة المعلومات التي من الممكن أن تكون صورة ثنائية الأبعاد أو جسم ثلاثي الأبعاد مثلاً ، وتسلم الإشارة المنعكسة نتيجة لهذه العملية باستعمال كواشف خاصة. لذلك يمكن عدّ عملية المسح البصري بالليزر بأنها تجزئة منتظمة لمساحة المعلومات إلى عينات بصورة إشارات متسلمة من الكاشف.

إن أنواع أنماط المسح البصري مختلفة كما موضحة في الشكل (13)، أي يمكن توليد أنماط أشكال مختلفة لأشعة الليزر يمكن عن طريقها إجراء عملية المسح البصري، منها النمط ألنجمي الذي غالباً ما يستعمل لأغراض الإنارة، والنمط الخطي الذي تتحرك فيه الحزمة الليزرية ذهاباً وإياباً على الخط نفسه، والنمط اللولبي الذي يكون أكثر استعمالاً في التطبيقات الليزرية، كما موضحة بالأشكال الآتية:



الشكل (13) انماط المسح البصري لشعاع الليزر

أسم التمرين: توليد أنماط المسح البصرية لاشعة الليزر (لاغراض الاعلانات الليزرية)

رقم التجربة 6

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

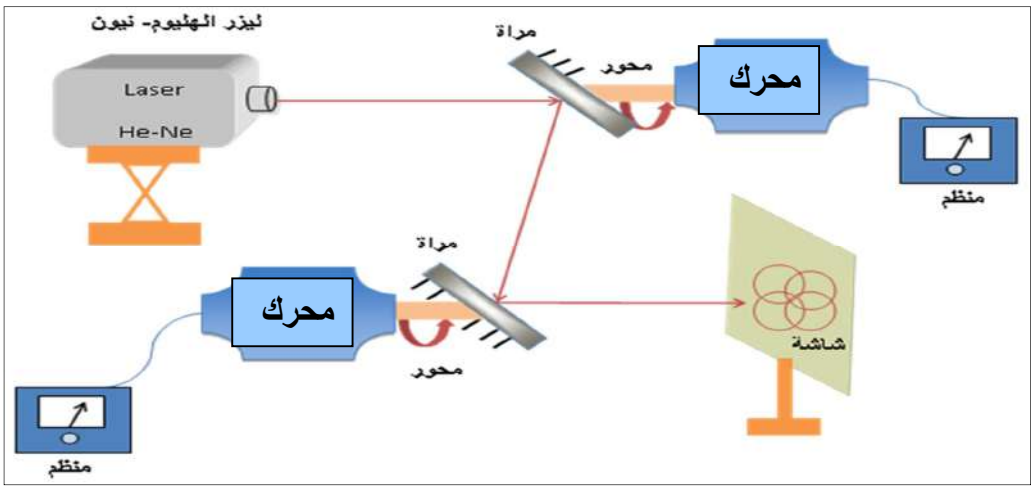
❶ الهدفان التعليميان:

- توليد أنماط مختلفة لشعاع الليزر لغرض استعمالها في عملية المسح البصري.
- توليد أنماط مختلفة لغرض الإعلانات الليزرية والاحتفالات.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم - نيون.
- مرايا مستوية عاكسة عدد (2).
- شاشة.
- محرك كهربائي يحتوي على منظم للسرعة.
- محور دوار.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الآمان.
2.	تبّ الأجهزة والمعدات كما في الشكل. 
3.	ثبت المرآة المستوية على المحرك الكهربائي , وسقط شعاع الليزر عليها بسرعة معينة لاحظ شكل أنماط المسح.
4.	ضع مرآة مستوية أخرى موازية للمرآة الأولى بحيث تميل المرآتين بزاوية عن محور الدوران الأساسي على أن تدور بالسرعة نفسها وباتجاهية متعاكسة، ثم لاحظ شكل الأنماط الناتجة على الشاشة.
5.	غير زاوية ميلان المرآتين أو إحداهما ولاحظ شكل الأنماط الناتجة.
6.	قم بتغيير سرع كل من المرآتين، أي تحريكهما بسرع مختلفة، ولاحظ شكل الأنماط الناتجة.

الأسئلة

1- كيف يمكن الحصول على النمط البصري الخطي؟

2- كيف يمكن الحصول على النمط الحلزوني؟

3- ما النمط الناتج من تغيير سرعة حركة المرآتين؟

4- ما النمط الناتج من حركة المرآتين باتجاهين متعاكسين؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: توليد أنماط المسح البصرية لأشعة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

7. الحيود من ثقب صغير Pinhole Diffraction

الضوء هو أحد صور الطاقة التي لا يستغني عنها الإنسان، وكما نعرف أن للضوء طبيعة موجية، فالضوء يتكون من موجات تسمى الموجات الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة وقدرها $3x10^{8}$ m/s، والضوء يخضع لظواهر الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود. وهنا سنتناول ظاهرتي التداخل والحيود.

التداخل هو ظاهرة تحدث نتيجة التقاء سلسلتين من الموجات وتراكبهما معا مما ينتج مناطق تزداد فيها شدة الموجات، وأخرى تنقص فيها الشدة. وهناك نوعان من التداخل هما تداخل بناء وهو مناطق تزداد فيها شدة الضوء، ويكون الاضطراب أكبر ما يمكن وفرق المسار بين سلسلتي الموجتين المتداخلتين يساوي صفراً أو عدداً صحيحاً من الاطوال الموجية، أي إن .....m=0,1,2,3.

أما النوع الثاني من التداخل فهو التداخل الاتلافي، وهو المناطق التي تنقص فيها شدة الضوء وينعدم الاضطراب ويكون فرق المسار بين الموجتين المتداخلتين يساوي أعداد أنصاف الاطوال الموجية، أي إن:

m=0+1/2, 1+1/2, 2+1/2, ...

هدب التداخل هو مصطلح يطلق على خطوط التداخل، في التداخل البناء هى الأماكن المضيئة، وفي التداخل الاتلافي هى الأماكن المظلمة.

الحيود هو انحراف الموجات عن اتجاه انتشارها الأصلي حول حافة الحاجز أو حول حافتي فتحة صغيرة ولا تقتصر ظاهرة الحيود على نوع معين من الموجات بل تظهر في الموجات الصوتية والموجات المادية والموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء.

وعندما يقطع حاجز قسماً من صدر الموجة المتحركة ومن مبدأ هيجنز (إن كل نقطة في جبهة الموجة تعمل كمصدر جديد لمويجات ثانوية تنتشر في جميع الاتجاهات من تلك النقطة وبسرعة الموجات نفسها في الوسط) نستنتج أن ظاهرة الحيود يسببها تداخل المويجات الثانوية المنتشرة خلف الحاجز، وبذلك تظهر المناطق الضيقة المضيئة والمظلمة التي تسمى ب (هدب الحيود).

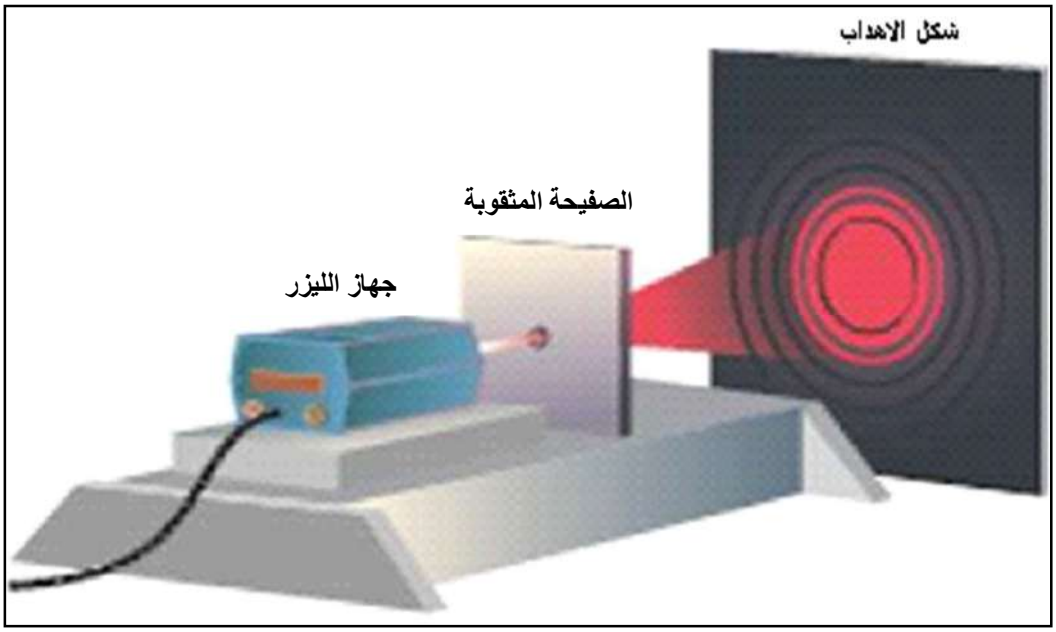
ونلاحظ أنه كلما كان حجم الحاجز أو الفتحة صغيراً بالمقارنة بطول الموجة الساقطة علية كلما كانت ظاهرة الحيود أكثر وضوحا. ولأن طول الموجة الضوئية صغير لذلك لا يمكن مشاهدة الحيود في الضوء إلا على مسافة كبيرة من الحاجز أو الفتحة، ولهذا لا تظهر ظاهرة الحيود في الأمواج الضوئية واضحة للعين بسبب قصر طول موجة الضوء الساقط، ولكنها واضحة في الموجات المائية والصوتية.

ويعتمد قياس قطر الثقب الصغير باستعمال أشعة الليزر من ناحية المبدأ على حصول ظاهرة الحيود في أشعة الليزر عند مرورها خلاله. ومن المعروف أن الموجات تنعكس عندما تصطدم بحاجز مادي، ولكن ماذا يحدث لهذه الموجات عندما تصطدم بحافة الحاجز أو عندما تعبر فتحة صغيرة في الحاجز من الممكن ملاحظة هذا السلوك في موجات مائية مستوية يتم إثارتها بواسطة حوض التموجات، إذ ترتطم الموجات بحاجز يحتوي على ثقب صغير، فعندما تمر الموجات خلال الثقب تنتشر لكي تملأ المنطقة الواقعة خلف الحاجز.

ونلاحظ حيود الضوء من شق مفرد اتساعه صغير جداً وتظهر هدب الحيود وتقل شدتها تدريجيا كلما ابتعدنا عن المركز. عندما يكون حجم الحاجز أو الفتحة مقارباً بالقياس لطول الموجة نشاهد الحيود بقرب الحاجز مباشرة، أما عندما يكون الحاجز كبيراً مقارنة بطول الموجة فيمكن أن نشاهد الحيود ولكن على مسافة أكبر من الحاجز.

وعند مرور اشعة الليزر خلال ثقب صغير جداً سوف تنحني وتحيد عن مسارها ويظهر هدب الحيود على الشاشة بأشكالاً دائرية وتمثل شكل الثقب، كما موضح في الشكل (14).

مما سبق يفسر أن التغيرات في جبهة الموجة التي يحدثها الحاجز تكون أكثر وضوحاً كلما ابتعدنا عن الحاجز، وبالتالي كلما كان حجم الحاجز أكبر كلما شوهدت ظاهرة الحيود على مسافة أبعد منه بشرط أن تكون طاقة الموجات كبيرة بدرجة كافية لكي يكون انحناؤها وحيودها واضحين.



الشكل (14): الاهداب الناتجة من تداخل اشعة الليزر نتيجة مرورها من خلال ثقب صغير

أسم التمرين: قياس قطر ثقب صغير بأستعمال الليزر

رقم التجربة
7

مكان التنفيذ:

الزمن المخصص:

❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على حيود أشعة الليزر عند مروره من خلال ثقب صغير.
- حساب قطر ثقب صغير بالاعتماد على ظاهرة الحيود.

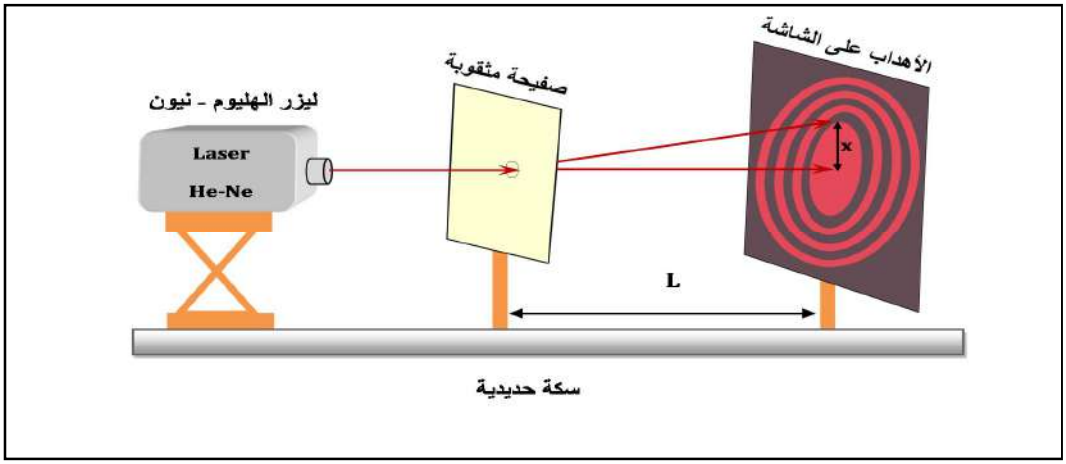
❷ التسهيلات التعليمية (موادوعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم- نيون.
- صفيحة تحتوي على ثقب صغير.
- شاشة.
- مسطرة.
- سكة حديدية.

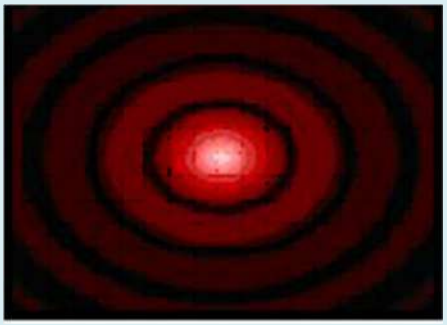
❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1. ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.

2. ضع الصفيحة المعدنية التي تحتوي على الثقب بين جهاز الليزر والشاشة، كما في الشكل:



3. أحصل على نموذج الحيود الذي سيكون عبارة عن دوائر ذات أقطار مختلفة متحدة المركز كما في الشكل أدناه:



4. قس المسافة (L) بين موقع الشاشة وموقع الصفيحة التي تحتوي على الثقب المراد قياس قطره (d).

.5	قم بحساب نصف قطر الهدب الدائري المركزي الذي يمثل (x).
.6	قم بحساب قطر الثقب بواسطة العلاقة الآتية: $d = \frac{1.22\,L\,\lambda}{2X}$ إذ: d - قطر الثقب (mm) x - نصف قطر الهدب الدائري المركزي (mm) L - المسافة بين الصفيحة المثقوبة والشاشة (mm) λ - الطول الموجي لليزر الهليوم-نيون 632.8 nm

الأسئلة

1- على ماذا يعتمد شكل الأهداب الناتجة؟

2- لماذا يكون المركز في نمط الحيود أكثر إضاءة؟

3- ما تأثير قطر الثقب فى حجم الأهداب الناتج؟

4- هل يمكن اعتماد هذه التجربة لقياس جميع أنواع الثقوب؟ ولماذا؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: قياس قطر ثقب صغير باستعمال الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

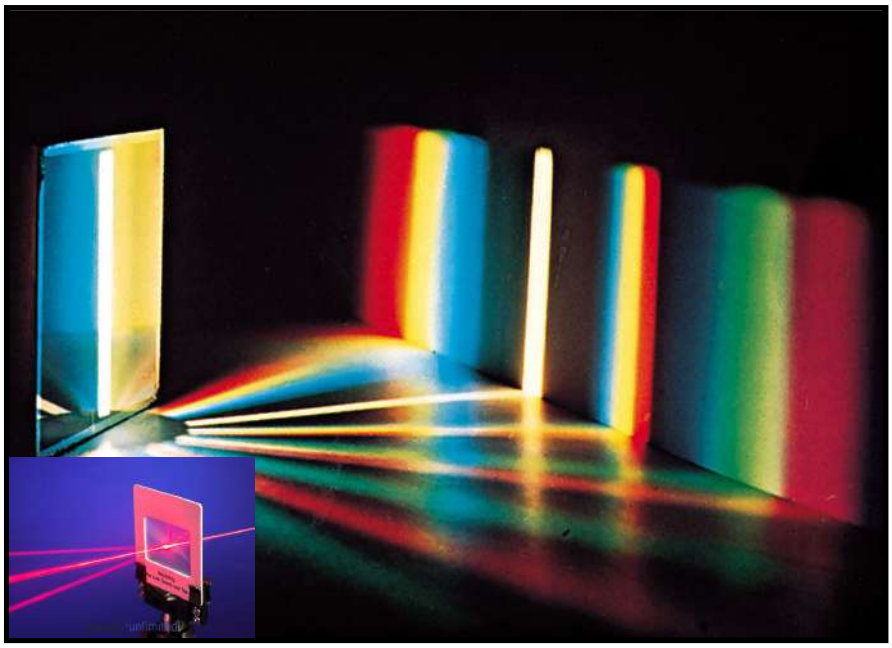
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

8. محزز الحيود Diffraction grating

يُصنع محزز الحيود من طبقة زجاجية مستوية يخدش على أحد سطوحها خطوط دقيقة مستقيمة متوازية ومتساوية الابعاد عن بعضها، فتعمل المسافات بين الخطوط المخدشة عمل الفتحات فينفذ منها الضوء ويصل عدد الحزوز الى 600 شق في الملم الواحد (Line/mm)، وفي بعض المحززات يصل عدد الشقوق إلى 1200 Line /mm أو 2400.

من أهم الخصائص التي تميز محزز الحيود هي القدرة التحليلية العالية التي تعرف بأنها القدرة على الفصل بين طولين موجيين متقاربين. يستعمل محزز الحيود لتحليل الضوء الساقط عليه إلى عدة أطوال موجية كما في الشكل (15).



الشكل (15): تحليل الضوء الأبيض إلى عدة أطوال موجية بواسطة محزز الحيود

من أهم استعمالات محزز الحيود دراسة ظاهرة الحيود في الضوء أحادي الطول الموجي بالاعتماد على المعادلة الآتية:

$$n\lambda = d \sin\theta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

اذ:

n- رتبة الهدب.

λ- الطول الموجي.

d- المسافة بين شقين.

Θ- زاوية حيود الضوء عن المحور البصري

لذلك:

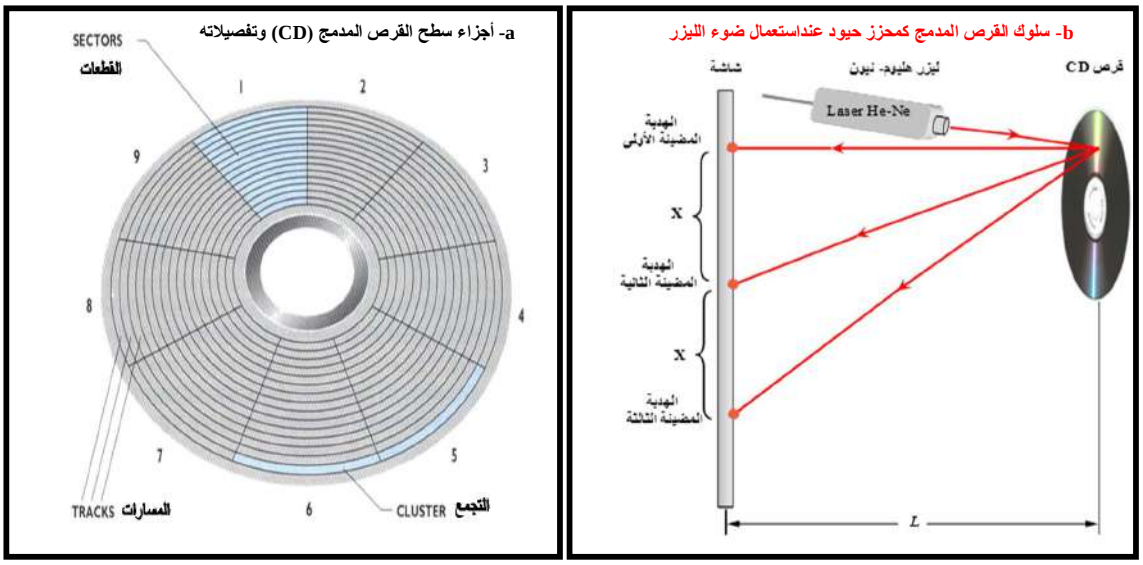
الانعكاس للهدب المضيء الأول $(n = 1)$ فان المعادلة تصبح: $\lambda = d \sin\theta$

الانعكاس للهدب المضيء الثاني $(n = 2)$ فان المعادلة تصبح: $2\lambda = d \sin\theta$

لحساب المسافة بين الشقين نقوم بطرح المعادلتين للحصول على قيمة ( ) والتي تساوي:

$$d = \frac{\lambda}{\sin\theta_2 - \sin\theta_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ويبين الشكل (a-16) تفاصيل سطح القرص المدمج (CD)، إذ تعمل الأخاديد والبطون الموجودة على سطح القرص عمل محزز الحيود إذ إن في كل 1 ملم طولا يوجد 625 حزاً (مساراً) على سطح القرص المدمجكماً موضح بالشكل (b-16).



الشكل (16): الحيود في القرص المدمج (CD)

رقم التجربة
8

أسم التمرين: قياس عرض المسارالموجود على القرص المدمج (CD)

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على معادلة محزز الحيود.
- الاعتماد على ظاهرة التداخل في شعاع الليزر لحساب عرض المسار الموجود على القرص المدمج (CD).

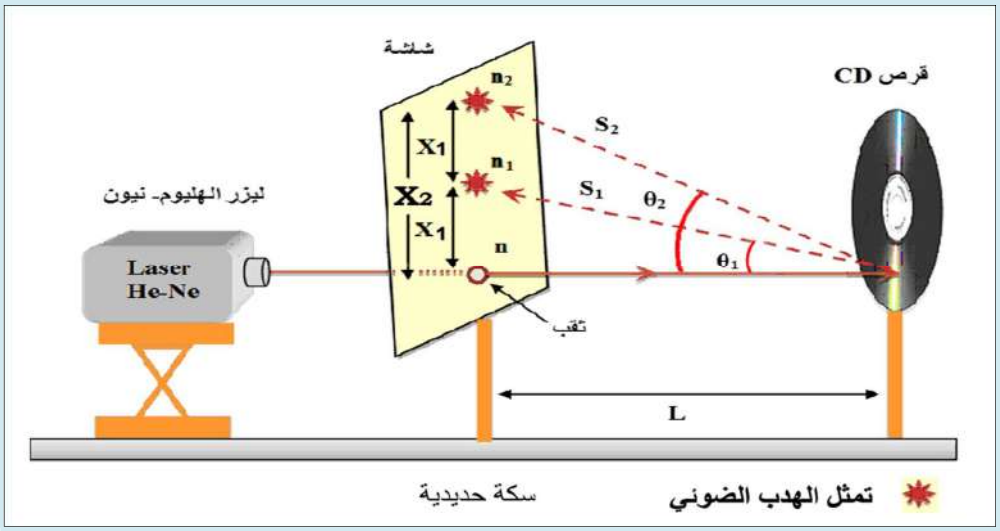
❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم- نيون.
- قرص مدمج CD.
- شاشة مكونة من ورق بياني.
- مسطرة.
- سكة حديدية.
- ماسك لتثبيت الشاشة والليزر.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1. ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.

2.



رتبّ الأجهزة كما في الشكل:

(الشاشة يجب أن تكون موازية للقرص المدمج)

إذ:

L: المسافة من الشاشة إلى القرص المرن CD.

X_1: المسافة من الفتحة الموجودة في الشاشة إلى الهدب المضيء الأول.

X_2: المسافة من الفتحة الموجودة في الشاشة إلى الهدب المضيء الثاني.

S_1: المسافة من القرص المدمج إلى الهدب المضيء الأول (غير مطلوب حسابها).

S_2: المسافة من القرص المدمج إلى الهدب المضيء الثاني (غير مطلوب حسابها).

3. قم بقياس:

- المسافة من الفتحة الموجودة في الشاشة إلى الهدب المضيء الأول X_1
- المسافة من الفتحة الموجودة في الشاشة إلى الهدب المضيء الثاني X_2
- المسافة من الشاشة إلى القرص المرن L

4. من الشكل في الخطوة (2) يمكن حساب قيمة الزوايا θ_1 وθ_2 بالاعتماد على قوانين المثلثات وكالآتي:

وكما هو معروف بأن: $\sin\theta_1 = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$

إذا:

$$\sin\theta_2 = \frac{X_2}{S_2} \qquad \sin\theta_1 = \frac{X_1}{S_1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ومن قانون المثلثات فان:

للمثلث $L \cdot X_1 \cdot S_1$ $\quad X_1^2 + L^2 = S_1^2$

للمثلث $L \cdot X_2 \cdot S_2$ $\quad X_2^2 + L^2 = S_2^2$

لذلك فان:

$$S_1 = \sqrt{L^2 + X_1^{\,2}} \qquad S_2 = \sqrt{L^2 + X_2^{\,2}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

تعوض قيم كل من S_1 وS_2 في المعادلة (2) بما يعادلها في المعادلة (1) لتصبح المعادلة كالآتي:

$$\sin\theta_1 = \frac{X_1}{\sqrt{L^2 + X_1^{\,2}}} \qquad \sin\theta_2 = \frac{X_2}{\sqrt{L^2 + X_2^{\,2}}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

5. لإيجاد عرض المسار (d) الموجود على CD نعتمد المعادلة:

$$d = \frac{\lambda}{Sin\,\theta_2 - Sin\theta_1}$$

الأسئلة

1- ما أستعمالات محزز الحيود؟

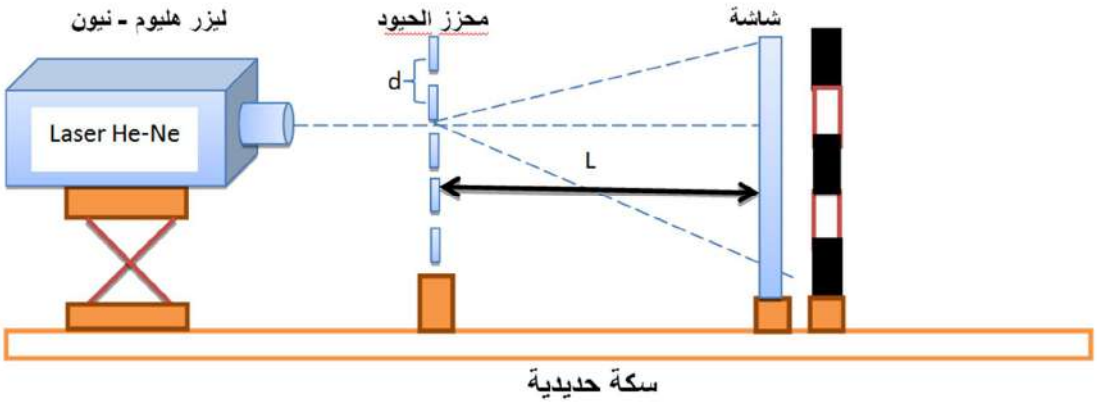
2- ماذا نقصد بالقدرة التحليلية؟ وعلى ماذا تعتمد؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثانية التخصص: صيانة منظومات الليزر				
اسم التمرين: قياس عرض المسار الموجود في القرص المرن CD				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

9. الطول الموجي لليزر Laser wave length

عند سقوط الضوء على محزز الحيود بصورة عمودية تحجب الحزوز الضوء، في حين تسمح الفتحات بين الحزوز بنفاذ الضوء الذي سوف يحيد (ينحني) عن مساره المستقيم عند حافة الشق، عندئذ تكون كل نقطة في جبهة الموجة الضوئي مصدراً لموجات ثانوية تنتشر خلف المحزز، وبتداخلها يشاهد على الشاشة سلسلة متناوبة من حزم متوازية مظلمة ومضيئة وهي عبارة عن اهداب التداخل.

اهداب التداخل في الضوء نحصل عليها عندما تكون الموجتان المتداخلتان متساويتين بالتردد والسعة وبينهما فرق ثابت في الطور أي متشاكهتين. فكلما كانت عدد الشقوق كثيرة ومتقاربة كلما كان التداخل أكثر وضوحاً والمسافة تتباعد بين اهداب التداخل، وتعرف هذه بالقدرة التحليلية للمحزز التي هي عبارة عن القدرة على الفصل بين طولين موجيين متقاربين. ويمكن حساب الطول الموجي لليزر المستعمل عن طريق قياس المسافة بين اهداب التداخل، كما مبين بالشكل رقم (17)،



الشكل (17): حيود أشعة الليزر خلال مرورها من محزز الحيود

أسم التمرين: قياس الطول الموجي لليزر بأستعمال محزز الحيود	رقم التجربة 9
مكان التنفيذ: الزمن المخصص:	

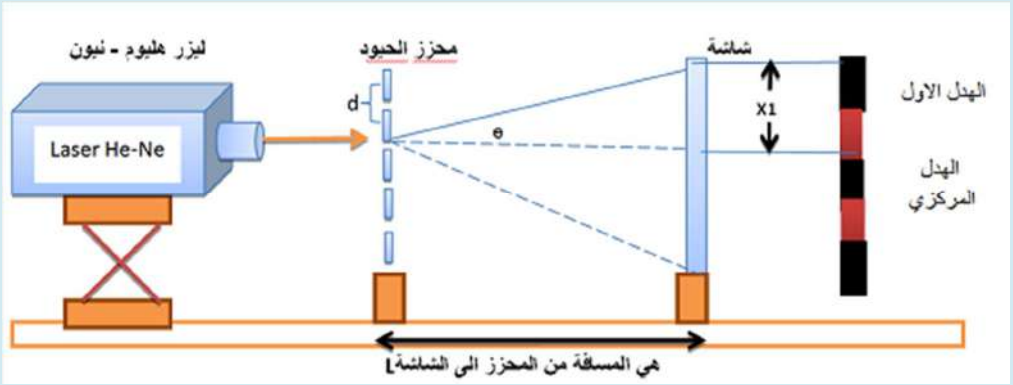
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على كيفية حساب الطول الموجي نظرياً باستعمال المحزز.
- قياس الطول الموجي لشعاع الليزر عملياً باستعمال محزز الحيود.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم - نيون.
- سكة حديدية.
- حوامل بصرية.
- محزز الحيود (600 Line /mm).
- شاشة عرض.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

.1	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
.2	تبّ الاجهزة كما في الشكل الآتي على ان تكون جميع الادوات على المحور البصري نفسه: 
.3	ضع محزز الحيود بمواجهة جهاز الليزر على مسافة 10 cm تقريباً.
.4	لاحظ الشكل أعلاه الذي يوضح هدب التداخل المركزي والمرتبة الاولى على الجهتين من المركز، وسجل ملاحظاتك.

.5	قم بقياس المسافة بين المحزز والشاشة (L)
.6	قم بقياس المسافة من منتصف الهدب المركزي الى منتصف الهدب الاول(x) لاننا سوف نختار (n=1)
.7	قم بايجاد الزاوية (θ) من خلال قوانين المثلثات وحسب الرسم الموجود في التجربة اعلاه $T\ an\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} \Rightarrow \tan\theta = x/l$ $\theta = \tan^{-1}\ \frac{x}{l}$
.8	احسب الطول الموجي لليزر المستعملة من العلاقة الآتي: $n\lambda = dSin\theta$ إذ إن d تمثل مقلوب عدد الحزوز لوحدة الطول للمحزز 1/600 Line /mm، وn هي مرتبة الهدب,والتي +=1 X:- الطول الموجي المطلوب ايجادة θ :- هي زاوية حيود اشعة الليزر عند مرورها خلال محزز الحيود

الأسئلة

1- كيف نحصل على أهداب التداخل في الضوء؟
2- هل يمكن قياس الطول الموجي للضوء الأبيض؟
3- لماذا يجب أن يوضع المحزز بحيث يقابل وجهه غير المحزز الأشعة الساقطة؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: قياس الطول الموجي لليزر باستعمال محزز الحيود

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				

اسم الفاحص:	التوقيع:
التاريخ:	

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

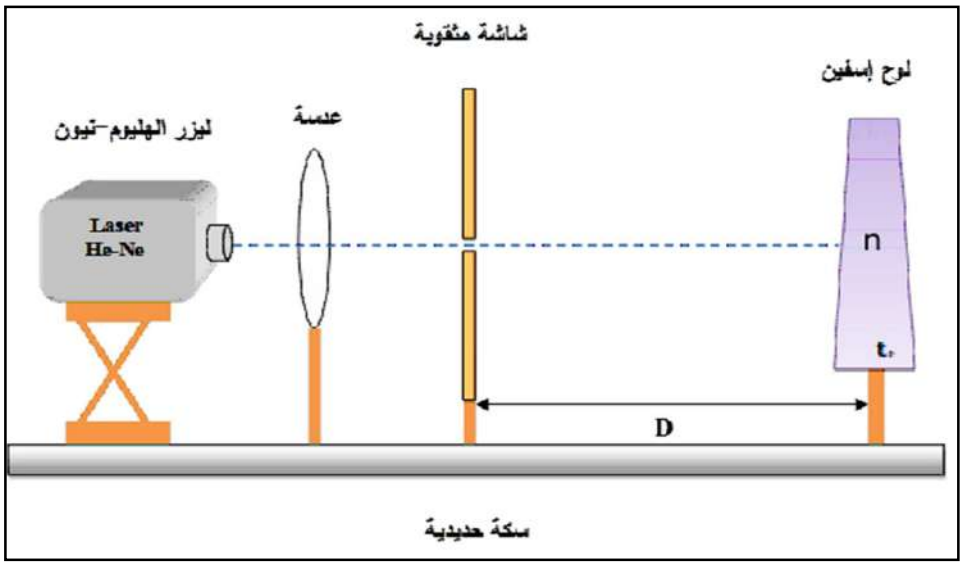
10. أهداب هايدنجر Haidinger fringes

عند إضاءة لوح إسفين بحزمة ليزر منفرجة من مصدر تتكون مصادر خيالية بسبب الانعكاس، إذ يتكون المصدر S_1 من انعكاس الأشعة من السطح العلوي للإسفين، والمصدر S_2 من انعكاس الأشعة من السطح الخلفي والأمامي، وعلى هذا الأساس تتكون صورة للمصدر الخيالي عبارة عن أهداب مركزها يقع عند تقاطع المستقيم الواصل بين S_1 وS_2 مع مستوى مار خلال (S) كما موضح في الشكل رقم (18). إن زاوية الإسفين (α) تعطى بالعلاقة التالية إذا ما اعتمدنا تقريب الزاوية الصغيرة التي تقاس بالزاوية النصف قطرية:

$$\alpha = \frac{dt_o}{2\,n^2 D^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ إن t_o هو سمك اللوح الذي معامل انكساره n، وان D هي المسافة بين الشاشة والسطح الأمامي للوح الإسفيني، وكذلك d تمثل الإزاحة بين مركز أنموذج الأهداب والفتحة الصغيرة. توافر هذه التقانة طريقة سريعة لإيجاد زوايا اللوح وبصورة خاصة لنوافذ بروستر المستعملة في تصنيع الليزر (زاوية بروستر). يستقطب الضوء تماماً عن طريق ظاهرة الانعكاس على الحد الفاصل للسطح العاكس عندما تكون الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر 90° ومعامل انكسار مادة السطح n، وتسمى زاوية السقوط المناظرة لهذا الموقف بزاوية بروستر (θ_B) بحسب قانون بروستر.

$$n = \tan \theta_B \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$



الشكل (18): مخطط يبين الاشعة الساقطة والمنعكسة والمنكسرة داخل لوح الاسفين

أسم التمرين: أهداب هايدنجر للوح أسفيني

رقم التجربة
10

مكان التنفيذ:

الزمن المخصص:

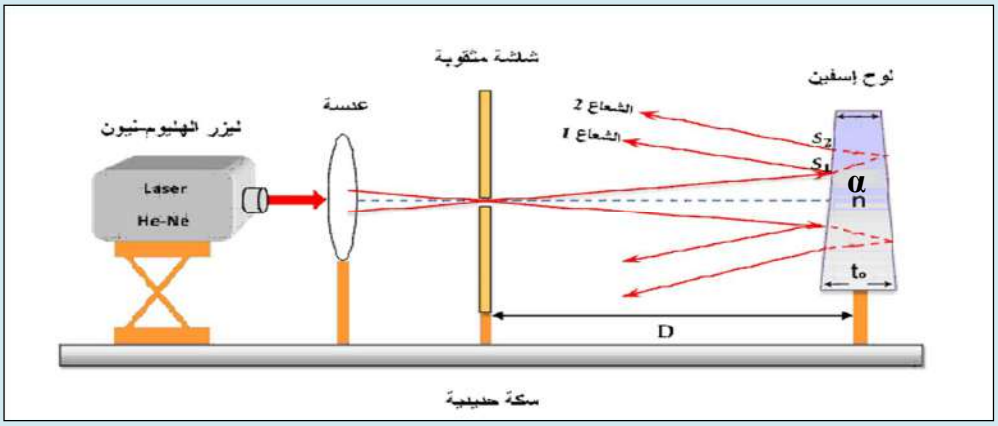
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على أهداب هايدنجر.
- حساب زاوية اللوح الإسفيني باستعمال أهداب هايدنجر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر الهليوم - نيون.
- لوح مثقوب من الوق المقوى.
- ورقة بيضاء.
- عدسة.
- سكة حديدية.
- لوح إسفين.
- مسطرة.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	رتب الأدوات والأجهزة كما في الشكل الآتي: 
3.	استعمل ورقاً مقوى له فتحة صغيرة قطرها (1 mm) وورقة بيضاء تلصق على أحد جانبي الورق المقوى تعمل كشاشة لتوضيح الأهداب.
4.	تجمع أشعة الليزر على الفتحة الصغيرة بواسطة عدسة ذات بعد بؤري صغير، وتبدأ الأشعة بالانفراج بعد الفتحة.
5.	يوضع اللوح الإسفيني المراد قياس زاويته عند الحزمة الموسعة كما في الشكل أعلاه.

6.	يمكن مشاهدة الأهداب الناتجة بسبب الانعكاس من السطوح الأمامية والخلفية على الشاشة، فإذا كانت سطوح اللوح متوازية فإن أنموذج الأهداب يكون دائريا إن مركزها يتطابق مع الفتحة الصغيرة، وإذا كانت هنالك زاوية بين سطحي اللوح فان مركز الأهداب يزاح عن الفتحة الصغيرة وتكون الإزاحة دائما باتجاه النهاية السميكة للوح ويكون شكل الأهداب بيضويا ويمكن افتراضها دائرية للأغراض العلمية بسبب صغر حجمها.
7.	يمكن قياس الإزاحة (d) بين مركز أنموذج الأهداب والفتحة الصغيرة بدقة وكذلك المسافة بين الشاشة والوجه الأمامي للوح (CD)، ويمكن حساب الزاوية (α) للوح ذي معامل الانكسار (n) والسمك (t_o) من العلاقة التاليه. $$\alpha = \frac{d\ to}{2n^2\ D^2}$$

الأسئلة

1- ماذا نقصد بأهداب هايدنجر؟

2- ما المقصود باللوح الإسفيني؟ وأين يستعمل؟

3- ماذا نقصد بزاوية بروستر؟ وما الفائدة العملية لها؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: أهداب هايدنجر للوح إسفيني

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				

اسم الفاحص:	**التوقيع:**

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

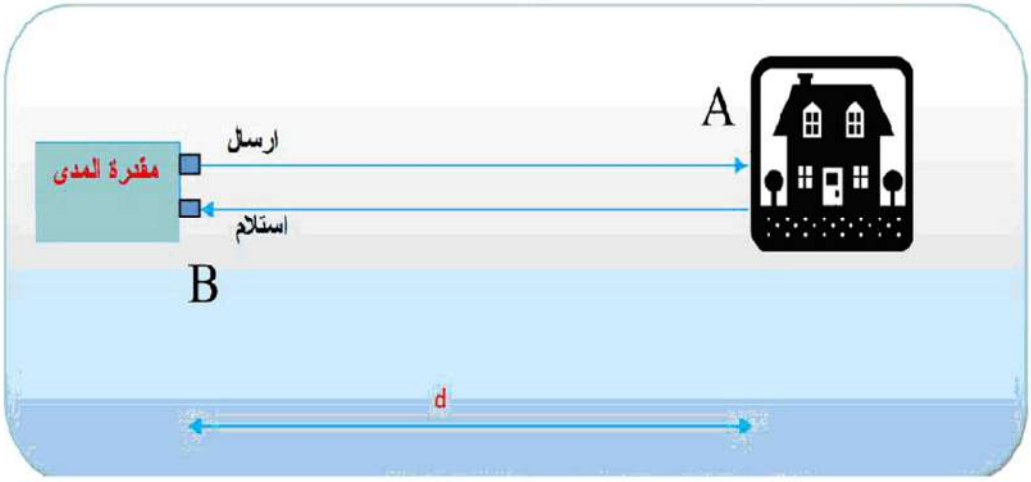
توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

11. مقدرة المدى الليزرية Laser Rangefinder

يُعدّ شعاع الليزر من مصادر الضوء الفريدة التي تمتلك خصائص ومميزات مهمة ميزته من مصادر الضوء الاخرى. اهم هذه الخصائص هي احادية الطول الموجي، والتشاكه، والشدة العالية، فضلاً عن الانتقال لمسافات طويلة نتيجة لامتلاكه زاوية انفراج قليلة.ونتيجة لهذه الخصائص تُعدّ اشعة الليزر الاداة المناسبة للتطبيقات التي تحتاج إلى تحديد مسافات طويلة مثل أنظمة قياس المدى.

ومن التطبيقات المهمة لمقدرة المدى الليزرية استعمالها في التطبيقات العسكرية، حيث تستعمل في أنظمة السيطرة على النيران منظومات ليزرية حديثة لحساب المسافات إلى الجسم المقصود وتحديدها، كما موضحة بالشكل (19)، فالطرائق القديمة والتقليدية التي تعتمد بالأساس على التخمين والتقدير البصري لإيجاد المسافات أصبحت غير مؤثرة وغير قادرة على سد متطلبات قياس المدى بالسرعة والدقة المطلوبتيين، ولا سيما بالنسبة إلى المسافات البعيدة نسبياً. وعند استعمال اجهزه كهرو- بصرية مثل مقدرة المدى الليزرية سوف توافر سرعة ودقة عاليتيين في قياس المسافات ولا سيما المسافات البعيدة، ويعمل النمط الأكثر شيوعاً من هذه المقدرات الليزرية على وفق مبدأ إرسال نبضة ليزرية بشعاع ضيق من المرسلة، باتجاه محدد الى نقطة الهدف A، ثم بعد ذلك قياس الزمن المستغرق لانعكاس هذه النبضة وعودتها مرة اخرى عند نقطة الكاشف B . كما موضح بالشكل (20).

الشكل(19): جهاز مقدرة المدى الليزرية المستعمل في التطبيقات العسكري



الشكل (20): طريقة عمل جهاز مقدرة المدى بإرسال النبضات بين النقطة A والنقطة B

رقم التجربة
11

أسم التمرين: قياس المسافة بأستعمال الليزر

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

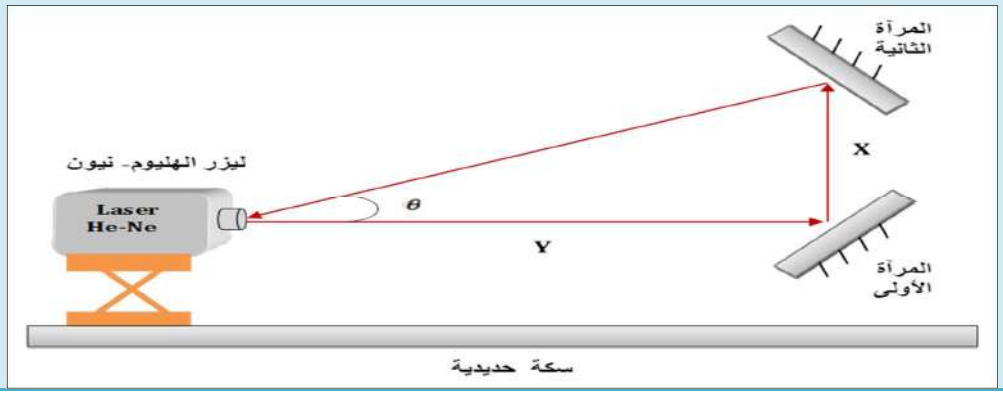
❶ الهدفان التعليميان:

- معرفة أساس عمل مقدرة المدى الليزرية.
- قياس مسافة معينة باستعمال الليزر وبالاعتماد على طريقة التثليث.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

- ليزر هليوم - نيون.
- سكة حديدية.
- شريط قياس.
- مرآة مستوية عدد (2).
- منقلة.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	رتب الأجهزة كما في الشكل: 
3.	قم بقياس الزاوية (θ) بواسطة المنقلة، ثم قيس المسافة بين المرآتين (X) باستعمال شريط القياس.
4.	طبق القانون التالي لحساب المسافة (Y) التي تمثل المسافة المراد حسابها (البعد بين الجهاز والهدف) وكالآتي: $$\tan\theta = \frac{X}{Y}$$

الأسئلة

1- ما أقصى مسافة يمكن قياسها بهذه الطريقة؟
2- ما المبدأ الأساسي في عمل التجربة؟
3- هل يعتمد قياس المسافة على الطول الموجي لليزر؟
4- هل يمكن استعمال الليزر النبضي لقياس المسافة بهذه التجربة؟ لماذا؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصه:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: قياس المسافة باستعمال الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

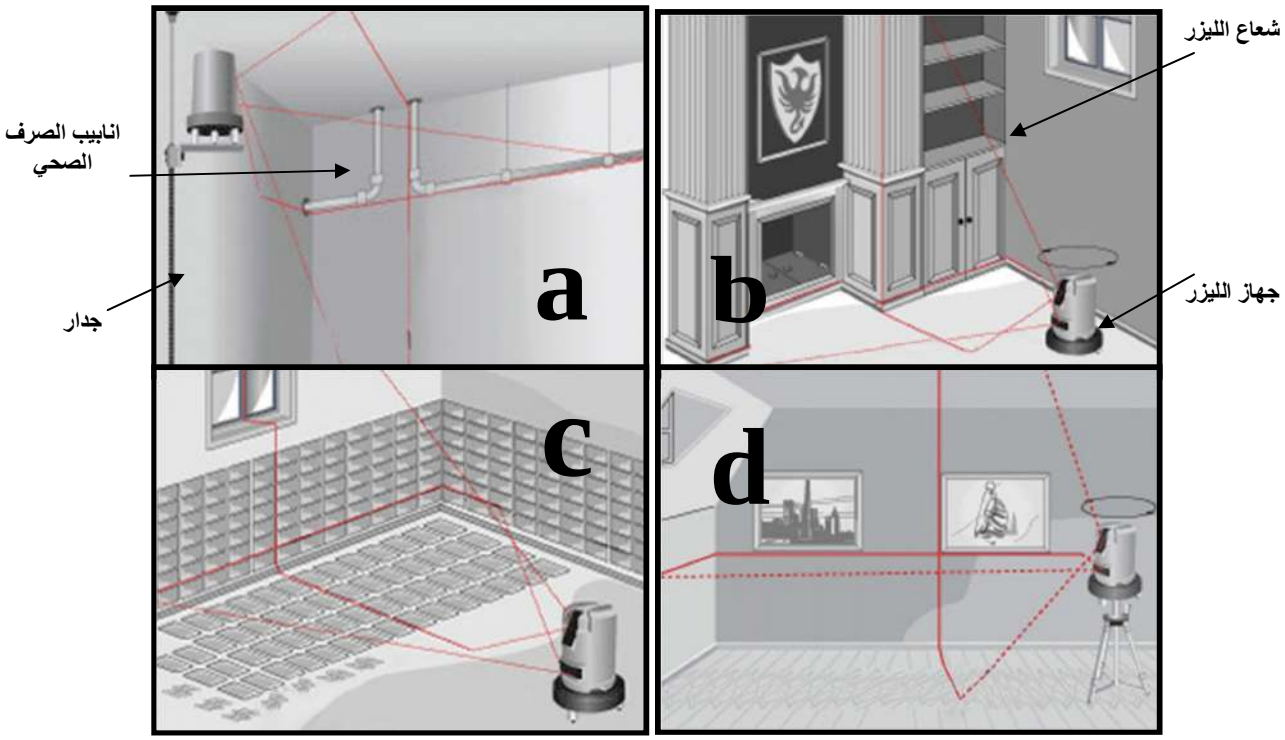
التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم

12. استوائية الأسطح Tropical surfaces

نظرا لما يتمتع به الليزر من خصائص متميزة تتمثل بانتقاله بخط مستقيم لمسافات طويلة نظراً لانفراجيته القليلة فضلاً عن إمكانية وجوده بأحجام صغيرة، لذلك فانه يدخل في العديد من القياسات ولا سيما استعماله في استقامة الهياكل، والديكورات واستوائية الأسطح كما مبين بالشكل (21) لجهازي ليزر (أفقي وعمودي) ينتقلان بنحو متعامد.



a- استعمال الليزر لتحديد استوائية أنابيب الصرف الصحي.

b- استعمال الليزر لتحديد استوائية قطع الاثاث.

c- استعمال الليزر لتحديد استوائية النوافذ.

d- استعمال الليزر لتحديد استوائية اللوحات والمرايا.

الشكل (21): بعض التطبيقات العملية لعمل جهاز الليزر

ويستعمل جهاز كروس ليزر 6100 (Cross Laser) الموضح في الشكل (22) في قياس استقامة الأشكال واستوائيتها وانتظامها بمستوى واحد عن طريق أستعماله لليزر ذي أطوال موجية تقع ضمن الطيف المرئي الأحمر (630 nm ~ 660 nm) وقدرة 1 ملي واط (mW).

ولغرض الحصول على دقة عالية في القياس يجب وضع الجهاز علىسطح مستوٍ غير مائل وعلى ارتفاع مناسب. إذاوضع الجهاز على سطح غير مستوٍ تماما (مائل بزاوية أكثر من 3 درجات) فإن الليزر سوف يومض ولا يعمل، لذلك يجب تغيير مكانه.

الشكل (22): جهاز كروس ليزر6100 المستعمل في التجربة

أسم التمرين: قياس استوائية الاسطح بأستعمال الليزر

رقم التجربة
12

مكان التنفيذ:

الزمن المخصص:

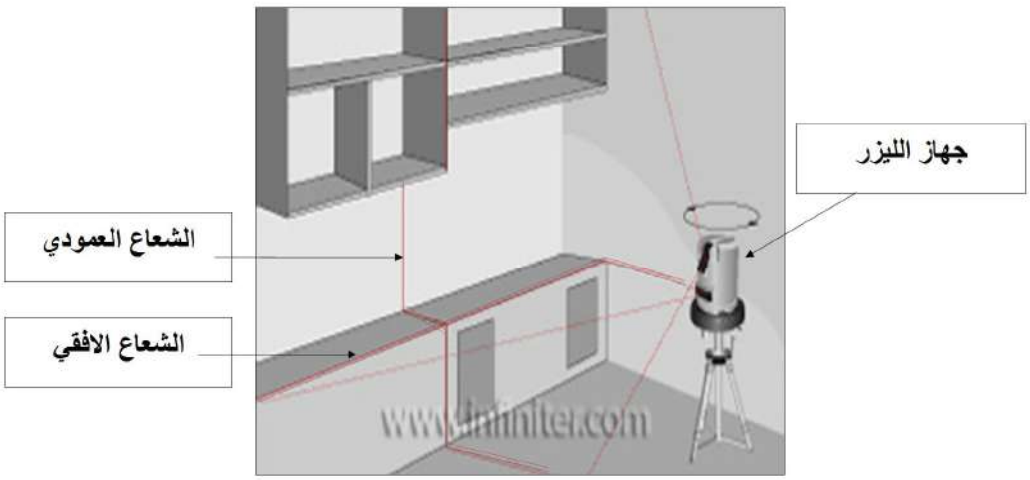
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على أساس عمل جهاز فحص استوائية الأسطح بالليزر.
- فحص استوائية بعض الأسطح باستعمال الليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- جهاز كروس ليزر 6100.
- بطاريات.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	قم بوضع جهاز كروس ليزر 6100 في المكان المناسب أمام الأسطح المراد ضبط استوائيتها.
3.	قم بتشغيل الجهاز من المفتاح الموجود في الجانب.
4.	تأكد من أن شعاع الليزر يعمل بنحو مستمر، وإذا كان يعمل بنحو متقطع، فهذا يعني أن زاوية ميلان الجهاز كبيرة.
5.	قم بضبط الشعاعين الأفقي والعمودي بالشكل والمستوى المطلوبين. 

الأسئلة

1- لماذا يتم استعمال أشعة الليزر في قياس عدالة الأسطح؟

2- ما الفرق بين استعمال أشعة الليزر والطرائق التقليدية في القياس؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص:صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: قياس استوائية الأسطح باستعمال الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

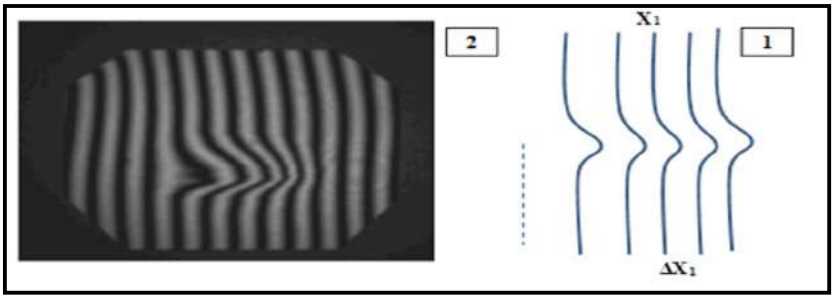
13. سمك الاغشية الرقيقة Thickness of thin film

يطلق عادة مصطلح الأغشية الرقيقة على طبقة أو عدة طبقات من ذرات معينة قد لا يتعدى سمكها بضعة مايكرومترات (10^{-6} m =1 µm) ناتجة من تكثيف الذرات أو الجزيئات التي تمتلك خواص فريدة مهمة تختلف عمّا إذا كانت عبارة عن جسيم سميك كالصفات الفيزيائية والهندسية وعلى توازن تركيبها المايكروي، ولصغر سمك هذه الأغشية وسهولة تشققها لذ ترسب على مواد أخرى تستعمل كقواعد ترسيب لها، ويعتمد نوع قاعدة الترسيب على طبيعة الاستعمال والدراسة، مثل الزجاج، والكوارت، والسليكون، والألمنيوم وللأغشية الرقيقة استعمالات صناعية متعددة، إذ تدخل في تركيب الأجهزة الإلكترونية بصورة، مقاومات، ومتسعات، وترانزستورات، وغيرها، وتُعد أساساً لتصنيع الخلايا الشمسية والضوئية، كما تدخل في صناعة الكواشف الكهروبصرية ضمن مديات طيفية محددة ولها كثير من التطبيقات الأخرى.

تُعدّ الطريقة البصرية لقياس سمك الأغشية الرقيقة النافذة والمعتمه من الطرائق المهمة وواسعة الاستعمال، لأنها تتمتع بالسهولة وسرعة في استعمالها فضلاً عن الدقة العالية في القياس، وهي من طرائق القياس غير اتلافية.

وتعتمد هذه الطريقة على سقوط حزمة الليزر على الحافة الفاصلة بين سطح الغشاء الرقيق والقاعدة المرسب عليها الغشاء، بعد ذلك يتم تجميع الأشعة المنعكسة على شاشة. ونتيجة لفرق المسار البصري للشعاع المنعكس من سطح القاعدة والشعاع المنعكس من سطح الغشاء الرقيق، سيؤدي إلى تكون الأهداب المضيئة والمظلمة على الشاشة التي هي نتيجة حدوث عملية التداخل البناء والإتلافي للموجات الضوئية.

تعطي هذه الأهداب سوف يعطي فكرة عن سمك الغشاء الرقيق المراد حسابه. إذ تعاني هذه الاهداب من انحرافات تتناسب مع قيمة سمك الغشاء، كما موضحة بالشكل (23) .



1- طريقة حساب سمك الغشاء 2- صورة للأهداب على الشاشة

الشكل (23): الأهداب الناتجة من انعكاس الليزر عن الحد الفاصل بين الغشاء والقاعدة

رقم التجربة
13

أسم التمرين: أستعمال الليزر في قياس سمك الاغشية الرقيقة

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

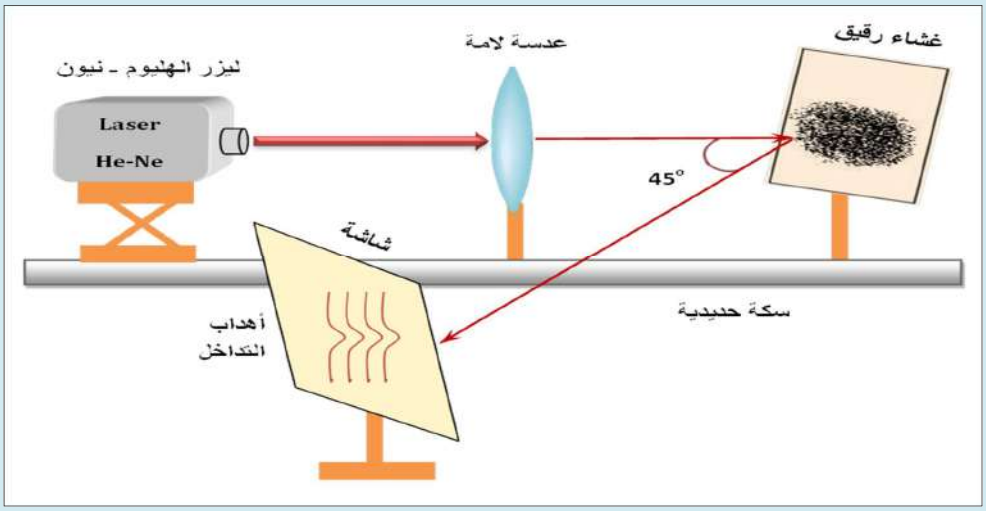
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على نوع أهداب التداخل.
- قياس سمك الغشاء الرقيق باستعمال الليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

- ليزر هليوم - نيون (الطول الموجي λ يساوي 632.8 nm).
- عدسة لامة.
- غشاء رقيق مرسب على شريحة زجاجية.
- سكة حديدية.
- شاشة.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

.1	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
.2	رتبّ الأدوات كما في الشكل الآتي: 
.3	استخرج نمط الأهداب المناسب.
.4	قم بحساب عرض الهدب المضيء X ومقدار الانحراف في الهدب ΔX .
.5	قم بتطبيق العلاقة التالية لحساب سمك الغشاء: $$t = \frac{\Delta x}{x} \times \frac{\lambda}{2}$$ إذ إن: t - سمك الغشاء الرقيق (nm) X- عرض الهدب المضيء (mm) ΔX- مقدار الانحراف في الهدب المضيء (mm) λ - الطول الموجي لليزر المستعمل (nm)

الأسئلة

1- على ماذا يعتمد عرض التشوه الحاصل في الأهداب المضيئة؟

2- لماذا تكون الأهداب بصورة خطوط مستقيمة وليست دائرية؟

3- وضح كيف تحدث ظاهرة التداخل في هذه التجربة؟ وما سبب الانحراف في شكل الأهداب الناتجة؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثانية التخصص: صيانة منظومات الليزر				
اسم التمرين: استخدام الليزر في قياس سمك الأغشية الرقيق				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

14. حيود الليزر من خلايا الدم الحمر Laser diffraction on red blood cells

نظراً لما يمتلكه شعاع الليزر من خصائص كثيرة تميزه من مصادر الضوء الاعتيادية، مثل الشدة العالية، والاتجاهية، وظاهرة الحيود؛ يُعدّ من انسب المصادر الضوئية لكثير من التطبيقات. يتم الإفادة من ظاهرة الحيود لأشعة الليزر عند اصطدامها بجسم قطره أقل من قطر حزمة الليزر بحساب قطر هذه الجسيمات عن طريق أنماط التداخل الناتجة نتيجة الحيود. تأخذ أشكال الأهداب الناتجة عادة الشكل الدائري اعتماداً على شكل كريات الدم الحمر الكروية.

يتم جلب العينة عادة من أحد مختبرات تحليل الدم، إذ توضع مسحة دم على شريحة زجاجية نظيفة، ويتم وضع مادة حافظة عليها لضمان عدم تلفها بمرور الزمن. عندما نضع الشريحة الزجاجية أمام مصدر الليزر ونقوم بتركيز أشعة الليزر على منطقة صغيرة بواسطة عدسة لامه فان أشعة الليزر سوف تصطدم بكرية الدم الحمراء الواقعة في مسار الشعاع فيحيد شعاع الليزر عن مساره، فتنتج حلقات متداخلة من الأهداب المظلمة والمضيئة تفصل بينها مساحات تتناسب عكسياً مع قطر كرية الدم الحمراء، بحسب معادلة الحيود الآتية:

$$n\lambda = d \sin \theta \ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ إن:

- θ – زاوية تشتت حزمة الليزر بسبب كريات الدم الحمر.
- λ - الطول الموجي لليزر المستعمل (nm).
- n – مرتبة الهدب.
- d – قطر كرية الدم الحمراء.

أسم التمرين: قياس قطر كريات الدم الحمر بأستعمال الليزر

رقم التجربة
14

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

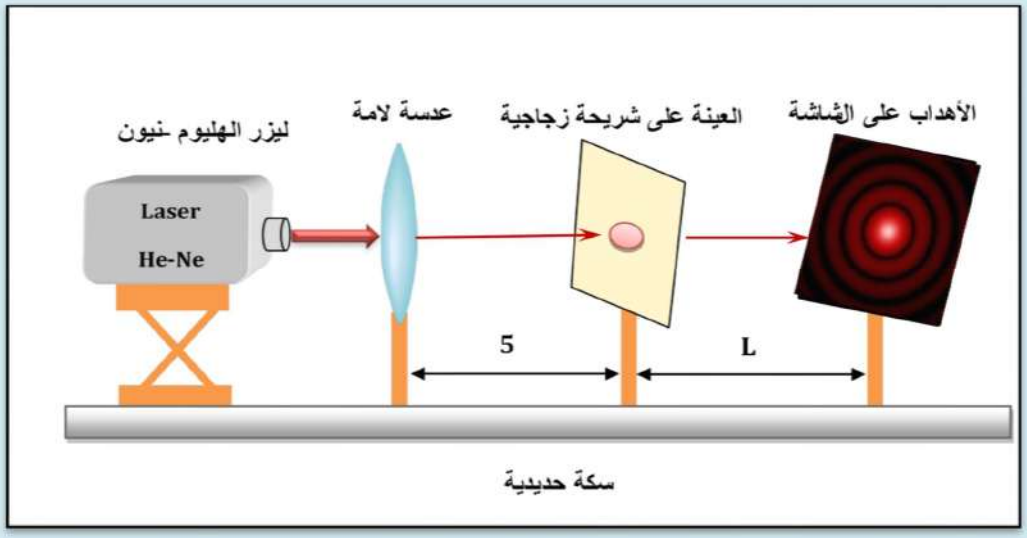
❶ الهدفان التعليميان:

- دراسة أنموذج الحيود الناتج من الجسيمات الصغيرة.
- قياس قطر كرية الدم الحمراء باستعمال أشعة الليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (موادوعُدَد، وأجهزة):

- ليزر هليوم - نيون.
- شريحة زجاجية تحتوي على عينه من الدم (يجب ارتداء قفازات واقية عند التعامل مع العينة).
- عدسة لامه بعدها البؤري 5cm.
- شاشة.
- ماسك للشريحه الزجاجية.
- مسطرة مترية.
- سكة حديدية.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

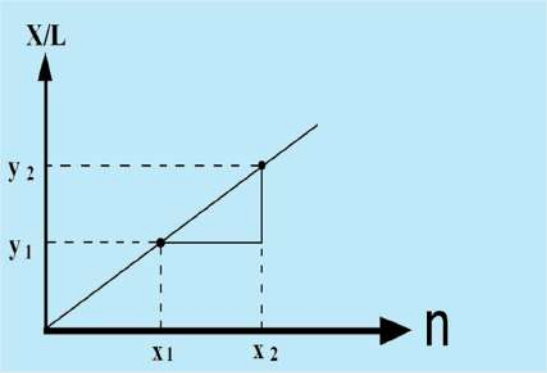
1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	رتب الأجهزة كما في الشكل: 
3.	ضع العدسة اللامة أمام الشريحة الزجاجية التي تحتوي على مسحة دم، وقم بضبط المسافة 5cm (من العدسة إلى الشريحة) التي تساوي البعد البؤري للعدسة.
4.	قم بوضع الشاشة خلف الشريحة الزجاجية لمسافة معينة ليتم تسقيط الضوء النافذ من العينة عليها.
5.	قم بتحريك الشريحة الزجاجية قليلاً حتى الحصول على نمط أهداب واضحة على الشاشة.
6.	قس المسافة (X) من منتصف الهدب المركزي إلى منتصف الهدب الأول.
7.	تعاد الخطوة (6) للهدب الثاني (أي قياس المسافة (X) من منتصف الهدب المركزي الى

منتصف الهدب الثاني) وهكذا لبقية الأهداب.

8. احسب المسافة من الشاشة إلى الشريحةالزجاجية (L).

9. دون النتائج العملية في الجدول الآتي:

n رتبة الهدب	L =	
	X (mm)	$\frac{X}{L}$
1		
2		
3		
4		
5		

.10	ارسم العلاقة البيانية بين مرتبة الهدب (n) على المحور السيني وقيمة X/L على المحور الصادي، ومن ثم قم بإيجاد ميل المستقيم، كما موضح بالشكل الآتي:  الميل = $Slope = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - X_1}$
.11	احسب قطر كرية الدم الحمراء (d) من المعادلة (1): $d = \frac{\lambda}{slope}$

الأسئلة

1- ما تأثير الطول الموجي لليزر المستعمل في دقة عملية القياس؟

2- فسِّر لماذا يكون نمط الأهداب الناتجة لكريات الدم الحمر دائرياً ؟

3- هل يمكن تحديد سلامة كريات الدم الحمر باعتماد هذه التجربة؟ كيف؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: قياس قطر كريات الدم الحمر باستعمال الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

15. تضمين نتاج الليزر Laser modulation

ويقصد بعملية التضمين (modulation) هو تحميل موجة مرسلة على موجة أخرى ناقلة ذات تردد أعلى عن طريق تغيير إحدى خصائص الموجة الناقلة مثل السعة أو التردد أو الطور. من الممكن اعتماد عملية التضمين بشعاع الليزر لغرض حمل الاشارات الكهرومغناطيسية (التضمين) ونقلها من نقطة الى اخرى بسرعة عالية ودقة متناهية.

إن مبدأ نقل المعلومات باستعمال الليزر يعتمد على تدوير مستوى استقطاب حزمة الليزر عن طريق مرورها في وسط بصري معين، فعند مرور حزمة ليزر هليوم-نيون خلال مستقطب نافذ مصنوع من مادة بوليمرية سوف تستقطب حزمة الليزر بمستوى معين يعتمد على زاوية دوران المستقطب، ومن ثم تمر هذه الحزمة المستقطبة في خلية فاراداي (الوسط المدور لمستوى الاستقطاب) التي تتكون من قضيب زجاجي من مادة الفلنت الزجاجية التي تكون نشطة بصريا موضوعة في قلب ملف كهربائي ذي عدد لفات كبير جداً أكثر من 1000 لفة وقطر سلك الملف يكون صغيراً جداً, يعمل هذا الملف على توليد مجال مغناطيسي على مادة الفلنت الزجاجية،ونتيجة مرور التيار الكهربائي الضعيف ومتغير القيمة من دائرة الراديو سوف يؤدي الى توليد مجال مغناطيسي متغير الشدة الذي بدوره يؤثر في ذرات مادة الفلنت،إذ تؤدي إلى تدوير مستوى استقطاب حزمة الليزر الداخلة.

ولحصول عملية التضمين أو نقل المعلومات هناك عامل مهم وهو عرض الإشارة الراديوية الذي يجب أن يكون أصغر بكثير من عرض النطاق الترددي لحزمة الليزر. وهذا العامل متوفر أصلاً في ليزر الهليوم- نيون الذي بإمكانه حمل أكثر من إشارة راديوية في الوقت نفسه.وعند مرور حزمة الليزر الخارجة من خلية فاراداي من خلال محلل يدور بزاوية معينة نحصل على تضمين سعوي بسبب تغير شدة حزمة الليزر النافذة من المحلل إذ إن تدوير مستوى الاستقطاب في خلية فاراداي في أثناء تحميل الإشارة أو نقلها وثبوت زاوية المحلل يؤدي إلى تغير شدة حزمة الليزر.

يتم التحسس أو الكشف عن حزمة الليزر باستعمال كاشف ضوئي (دايود) ثم يتم عن طريق تحويل الإشارة الضوئية المحملة إلى إشارة كهربائية ضعيفة يتم تكبيرها بعد ذلك بواسطة المضخم ويكشف عنها باستعمال سماعة صوتية. شكل (24) يبين نقل المعلومات بين الاقمار الصناعية في الفضاء عن طريق تضمينها على الموجة الليزرية.

الشكل (24): تبادل المعلومات بين الاقمار الصناعية باستعمال الليزر

أسم التمرين: أستعمال الليزر في نقل المعلومات(التضمين)

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

رقم التجربة
15

❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على أنواع التضمين (سعة، تردد، طور).
- استعمال الليزر في نقل المعلومات.

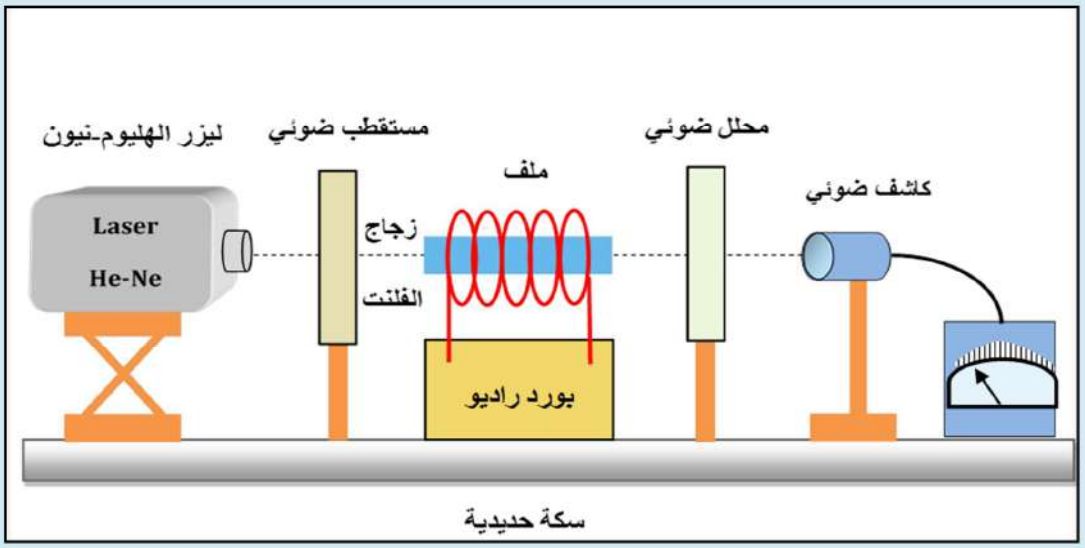
❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

- المرسلة الليزرية التي تتكون من ليزر الهليوم-نيون بقدرة 2 mw وطول موجي nm 632.8.
- مستقطب.
- بورد أو لوح راديو.
- خلية فاراداي التي تتكون من قضيب زجاجي نوع زجاج الفلنت موضوع داخل ملف كهربائي عدد لفاته أكثر من 1000 لفة، طول الخلية يقارب 5 cm وقطرها نحو 4 mm.
- محلل ضوئي.
- مستقبل ويتألف من كاشف ضوئي ذي قدرة تحسس طيفي 1- 10 mW.
- جهاز اوسيلسكوب.
- سكة حديدية.

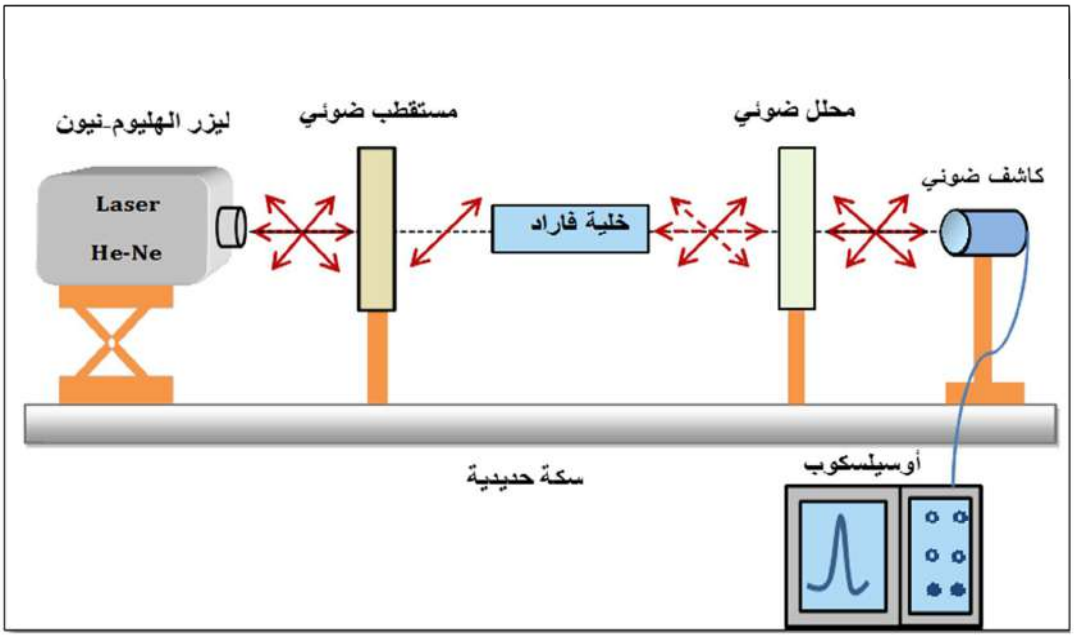
❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1. ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.

2. رتبّ الأجهزة كما في الشكل الآتي:



3. قم بتشغيل جهاز الليزر وخلية فاراداي (سلك، وقضيب، ولوح راديو) كما في الشكل الآتي:



4.	قم بتغيير زاوية المستقطب الضوئي وزاوية المحلل الضوئي لحين الحصول على أوضح إشارة صوتية منقولة بالليزر.
5.	قم بتسجيل ثلاث زوايا مختلفة للمحلل والمستقطب التي يمكن عندها الحصول على أوضح إشارة كما في الجدول الآتي:

ت	زاوية المحلل	زاوية المستطب
1		
2		
3		

الأسئلة

1- ما أنواع التضمين؟

2- ما نوع التضمين المستعمل في التجربة؟

3- ما الشرط الأساسي لحصول عملية التضمين باستعمال الليزر؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص:صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: استعمال الليزر في نقل المعلومات (التضمين)

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص:	التوقيع:
التاريخ:	

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها .

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

16. انعكاسية المعادن Metals Reflectivity

في التطبيقات الصناعية لليزر، تُعد انعكاسية السطح عامل خسارة للشعاع المستعمل الساقط، لأنها لا تسهم في عملية التسخين للمادة، وتعرف الانعكاسية (Relectivity) على أنها النسبة بين قدرة الشعاع المنعكس إلى قدرة الشعاع الساقط، عندما يكون سقوط الشعاع عمودياً على سطح المادة.

وتعد الانعكاسية دالة للطول الموجي لجهاز الليزر المستعمل، إذ تزداد الانعكاسية للمعادن عموماً بازدياد طول الموجة للضوء الساقط عليها. ووجد بأن استعمال ليزر ذي طول موجي طويل يتطلب قدرة أكبر كما تقل انعكاسية معظم المعادن بازدياد درجة الحرارة، ولهذا تزداد قابلية الامتصاص لها.

وتعرف الامتصاصية (ε) على أنها نقصان في قدرة الليزر لوحدة المسافة التي تعرف بالعلاقة R – 1= (ε)، وهي أيضاً دالة للطول الموجي للضوء المستعمل.

عند سقوط شعاع الليزر على سطح المادة فإنه يعاني من عدة تأثيرات في اغلب الأحيان تؤدي إلى تحول طوري في المادة (تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة أو إلى الحالة الغازية) وفي حالات أخرى يحدث تسخين من دون تحول طوري. شكل (25) يوضح المرايا المعدنية ذات الأنعكاسية العالية في ليزرات القدرة العالية مثل (البراص المطلي بالذهب أو النحاس أو البيرسبكس المطلي بالذهب) عند سقوط الأشعة على سطح المادة فان شدتها تتوزع بعدة اتجاهات:

1- جزء من الأشعة ينعكس من السطح.
2- جزء يسير يمتص من قبل المادة ويتحول إلى حرارة.
3- جزء ينتشر على سطح المادة بفعل التوصيلية الحرارية للمادة.

الشكل (25): يوضح مرايا معدنية تستعمل في الليزرات عالية القدرة

يحدث امتصاص المادة لشعاع الليزر في البداية عن طريق التفاعل بين شعاع الليزر والإلكترونات إذ تمتص الكترونات المادة كمات الطاقة الضوئية من شعاع الليزر لتنتقل إلى مستويات طاقة أعلى. تفقد هذه الالكترونات طاقتها بسرعة كبيرة بواسطة عمليات التصادم مع بعضها، وبهذا تتحول الطاقة الممتصة إلى طاقة اهتزازية، وأخيرا إلى حرارة. لهذا تؤدي الامتصاصية العالية للمعدن لشعاع الليزر إلى توليد حرارة عالية إذ يعمل الليزر هنا كمصدر حراري.

نتيجة لارتفاع درجة الحرارة في المادة فإنها سوف تعاني من تغيرات فيزياوية مثل التسخين، والانصهار، ومن ثم التبخير، وهذه التغيرات تؤدي دوراً مهما في التطبيقات الصناعية لليزر. وتمثل المعادلة التالية تمثل توزيع طاقة الليزر الساقطة على المادة:

$$I(x) = Io\ e^{-\alpha x}$$

إذ إن:

- I_o – الطاقة الممتصة عند سطح المادة.
- X – مسافة انتشار الحرارة داخل المادة.
- I_X – الطاقة الممتصة لوحدة الحجم عند المسافة X من السطح.
- α – معامل الامتصاص، ويتراوح للمعادن ($10^4 – 10^5\ cm^{-1}$).

رقم التجربة
16

أسم التمرين: قياس أنعكاسية المعادن بأستخدام الليزر

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

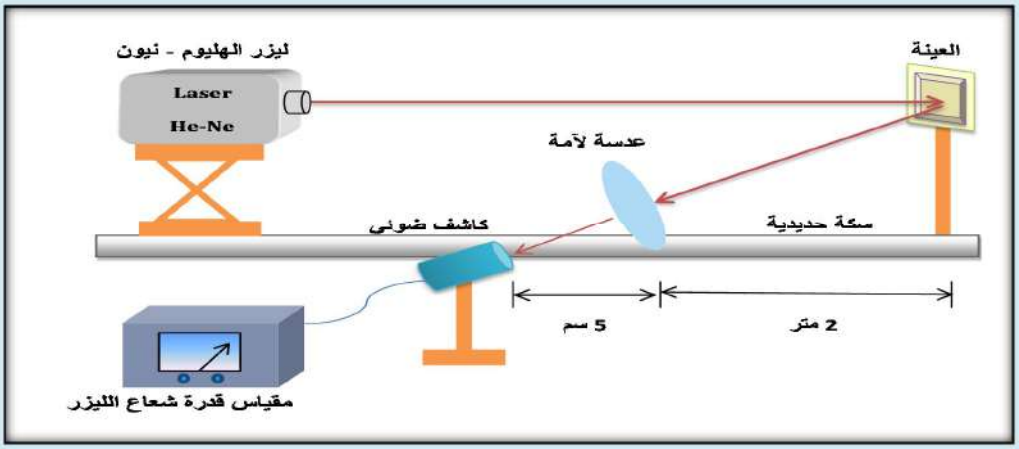
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على الانعكاسية لشعاع الليزر من سطح المادة.
- حساب انعكاسية المواد المعدنية لشعاع الليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر هليوم - نيون ذو قدرة 5 mW.
- كاشف ضوئي.
- مقياس قدرة شعاع الليزر.
- عدسة لامه بعدها البؤري 5 cm.
- عينات من معادن مختلفة (حديد Fe، نحاس Cu، ألمنيوم Al).
- سكة حديدية.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	رتبّ الأجهزة والمعدات كما في الشكل الآتي: 
3.	قم بتثبيت العينات المعدنية على الحامل الحديدي بزاوية لتوجيه حزمة الليزر على الكاشف الضوئي.
4.	قم بحساب المسافة وتثبيتها بين العينة والكاشف الضوئي كما موضح في الشكل أعلاه.
5.	ضع الكاشف الضوئي أمام جهاز الليزر ثم قم بحساب شدة الضوء الساقط عليه التي تمثل الرمز I_o.
6.	قم بحساب شدة الضوء المنعكس من المعدن (العينة) التي تمثل I_r بواسطة الكاشف الضوئي

المبين في الشكل اعلاه.

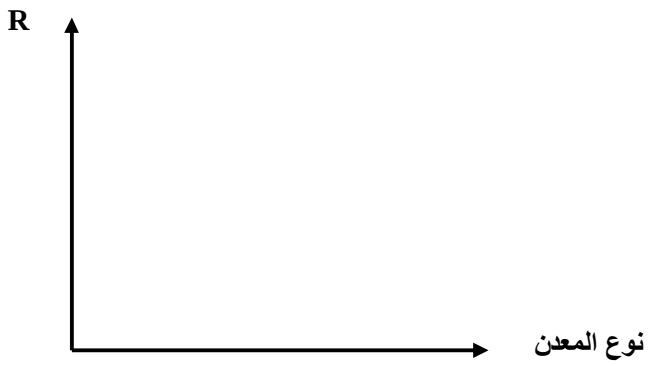
7. قم بحساب قيمة الانعكاسية لكل معدن R باعتماد المعادلة الآتية:

$$R = \frac{I_R}{I_O}$$

8. قم بترتيب القياسات في الجدول الآتي:

المعدن	I_o	I_R	$R = \frac{I_R}{I_O}$
الحديد (Fe)			
النحاس (Cu)			
الألمنيوم (Al)			

9. قم بإعداد رسم بياني بين نوع المعدن على المحور السيني والانعكاسية على المحور الصادي.



الأسئلة

1- ما العوامل المؤثرة في انعكاسية الأسطح المعدنية لليزر؟

2- ما الغرض من استعمال الليزر في التطبيقات الصناعية؟

3- ماذا يعني لك الرسم البياني بين الانعكاسية ونوع المعدن؟ وكيف يمكن الإفادة منه عمليا؟

4- هل يمكن استعمال ليزر ذي طول موجي غير مرئي لقياس الانعكاسية؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثانية		التخصص: صيانة منظومات الليزر	
اسم التمرين: قياس انعكاسية المعادن باستعمال الليزر				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب		توقيع رئيس القسم	

17. تثقيب المواد Perforating materials

تستعمل اليوم أشعة الليزر في صناعة كثير من المواد مثل القطع، وتثقيب،وللمعادن أيضاً في اللحيم، ومعاملة السطوح، والتسبيك. ومن المعروف أن عمليات الصناعة المذكورة تتم عن طريق امتصاص المادة لطاقة أشعة الليزر التي تتحول بدورها إلى حرارة في المادة نفسها، فتعمل على انصهارها عند موضع سقوطها، وبالتالي تتم عملية اللحيم أو القطع أو التثقيب.

إن المادة التي تمتص طاقة الليزر تمر بعدة مراحل لحدوث عملية التثقيب وهي:

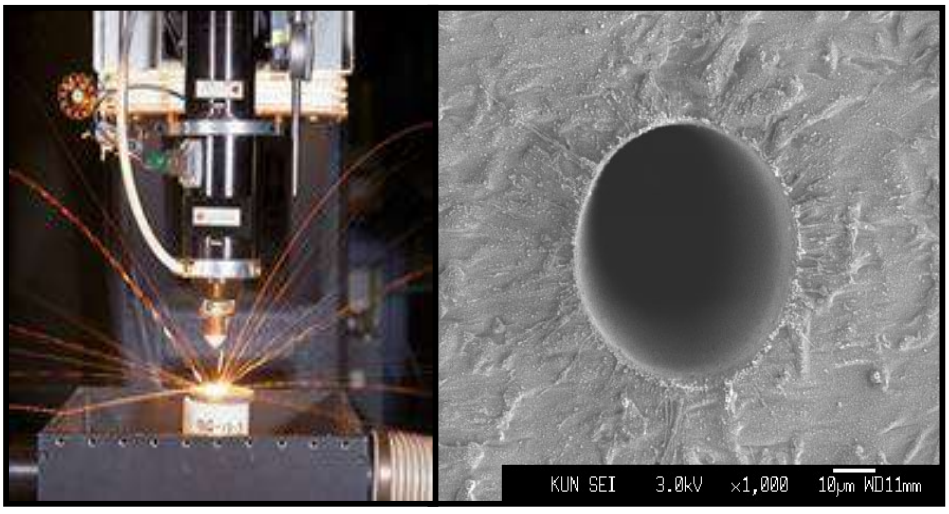
1- تمتص المادة الطاقة حتى تصل درجة الانصهار.

2- ارتفاع درجة حرارة المادة حتى تصل الى درجة الغليان.

3- تبخر جزء من المادة وتطاير المادة الذائبة بصورة قطرات نتيجة لضغط البخار العالي.

ويحدث أعلى امتصاص للطاقة عند السطح ويتناقص مع زيادة البعد عنه. ويتم امتصاص معظم طاقة الشعاع على مسافة (α^{-1}) من السطح، إذ إن α تمثل معامل الامتصاص للمادة. ويتم تسخين سطح المادة بواسطة مصدر الطاقة عن طريق امتصاصه لأشعة الليزر، ويحدث الامتصاص عند سطح المادة وينتقل تأثيره إلى الطبقات الأخرى.

إن كم الطاقة الضوئية يمتصه الإلكترون فيتهيج إلى حالات طاقية عالية في حزمة التوصيل. وتتصادم هذه الإلكترونات المتهيجة مع فونونات ليزر السطح ومع الإلكترونات الأخرى، وبذلك تنتقل طاقة هذه الإلكترونات إلى بقية السطح، وهو ما يفسر الانتقال الحراري. ويوضح شكل (26) يوضح عملية التثقيب للمعادن بواسطة ليزر ذي طاقات عالية.



الشكل (26): عملية التثقيب بواسطة الليزر وشكل الثقب

وتقسم العوامل المهمة في تحديد مدى نجاح عملية التثقيب الى قسمين:

أولاً - العوامل المتعلقة بخواص شعاع الليزر:

أ- **الطولى الموجي:** إن الطول الموجي هو أحد خواص الليزر، ولكنه ثابت، ويمكن تغييره بواسطة ليزر آخر أو عن طريق ظاهرة التولد التوافقي وخلط الترددات. يحدد الطول الموجي كمية أشعة الليزر الممتصة في المادة التي تتحول إلى حرارة، ويحدد أيضاً مساحة بقعة التبؤر لحزمة الليزر المجمعة بعدسة.

ب- **كثافة القدرة:** تُعدّ كثافة قدرة الليزر المناسبة لهذه العملية بحدود 10^7 W/cm^2، وهذه القيمة أكبر مما هو مستعمل في عملية اللحام، لكنها أصغر من القيمة التي يغلب عندها التبخر.

ت- **أمد النبضة:** يتراوح أمد نبضة الليزر المطلوب لعملية التثقيب ب (1msec–300 µsec)، ولأن هذا الزمن قصير بالمقارنة مع الزمن المطلوب للانتقال الحراري سيكون عمق الثقب محدوداً إلا إذا تم التثقيب بواسطة النبضات المتعددة.

ث- **أنفراجية الأشعة:** تُعدّ انفراجية الشعاع ثابتة لجهاز الليزر، ولكن يمكن تغييرها بواسطة منظومة بصرية تُسمى موسع الحزمة والتي تؤدي دوراً مهماً في تحديد مساحة بقعة تبؤر الأشعة، وبالتالي قيمة كثافة القدرة. فمثلاً لو استعملت عدسة ببعد بؤري (f) لتبئير حزمة ليزر ذات انفراجية (θ)، فأن قطر بقعة الليزر (S) الحاصلة هو:

$$S=f\,\theta$$

ثانياً - العوامل المتعلقة بخواص المادة المراد تثقيبها:

أ- **الانعكاسية:** إن انعكاسية السطح عامل مهم، لأنه يمثل خسارة الشعاع الساقط التي لا تسهم في تسخين المادة. تُعدّ انعكاسية المادة دالة للطول الموجي الساقط ودرجة حرارة المادة، وهي بنحوٍ عام عالية للمعادن في المنطقة تحت الحمراء، وتعتمد على التوصيلية الكهربائية للأطوال الموجية التي تزيد على 5 µm بحيث تكون المواد الموصلة عاكسة جيدة للضوء.

ب- **الامتصاصية:** تقترن الامتصاصية بثابت مهم، وهو معامل الامتصاص الذي يمثل معامل نقصان قدرة الليزر في وحدة المسافة من المادة. إن معظم المواد غير المعدنية مثل المطاط، والبلاستك، والسيراميك لها قابلية امتصاص جيدة للأشعة تحت الحمراء (طولها الموجي من 10^3-10^5 nm) فهي تمتص نحو 90% من طاقة ليزر ثاني أوكسيد الكربون (طول موجته 10^3×10.6 nm) وتحولها إلى حرارة.

1-17 الشكل الهندسي للثقب

يعتمد شكل الثقب النهائي بدرجة أساسية على شروط تجميع الأشعة الليزرية على سطح المادة، إذ يمكن الحصول على ثقوب مخروطية وأسطوانية وانفراجية، ويتم السيطرة على درجة مخروطية الثقب عن طريق:

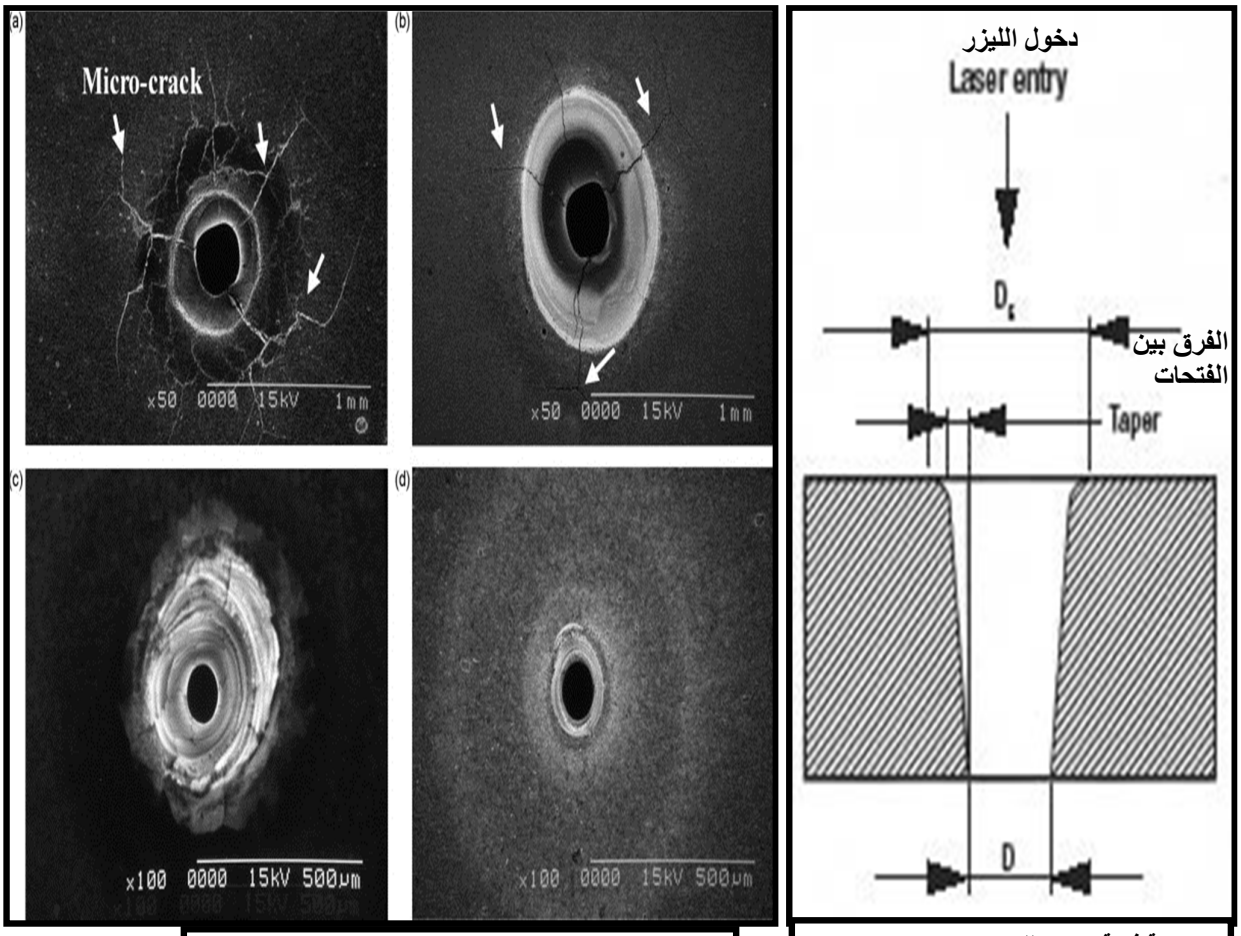
1- طاقة الليزر.

2- عدد النبضات.

3- موقع تبؤر الأشعة وتصميم المنظومة البصرية.

4- أمد نبضة الليزر.

5- التوصيلية الحرارية للمادة.



a- جهة فتحة خروج الليزر (D) لا تكون عادة بقياس فتحة دخوله نفسها (D_E).

b - أشكال الثقوب المنتجة بالليزر.

الشكل (27): الشكل الهندسي للثقب المنتج بالليزر

أسم التمرين: تثقيب المواد بأستعمال أشعة الليزر

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

رقم التجربة
17

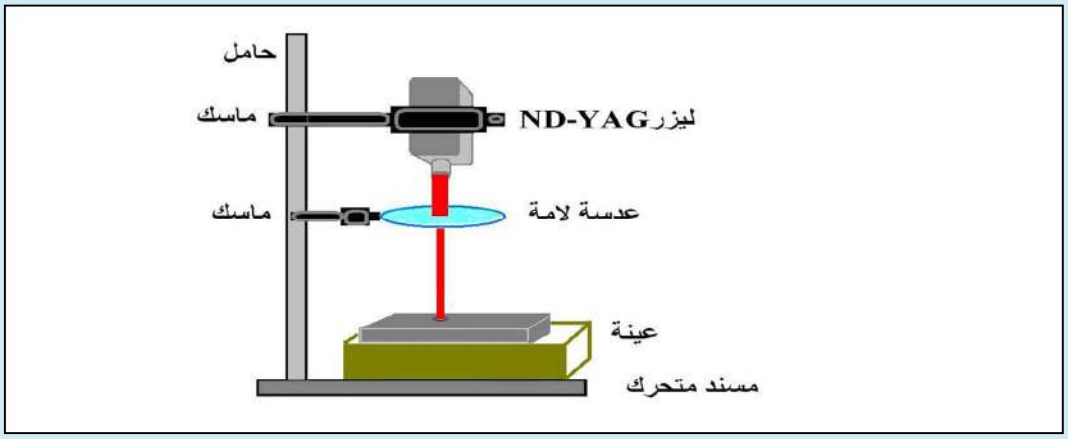
❶ الأهداف التعليمية:

- التعرف على عملية التثقيب باستعمال الليزر.
- تثقيب مادة الستلس ستيل بثقوب مختلفة الأقطار.
- قياس مخروطية الثقب.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر النديميوم- ياك النبضي ذو طاقة عالية (الطول الموجي 1.064 µm).
- عدسة لامة ببعد بؤري 10 cm.
- مسند لتثبيت العينة المراد تثقيبها.
- مسند متحرك (µm) للتحكم بالمسافة بين الثقوب بدقة.
- حامل.
- ماسك عدد 2.
- نظارات واقية.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	قم بترتيب الأجهزة والمواد كما بالشكل الآتي: 
3.	يتم أخذ عينة من مادة الستلس ستيل بأبعاد مناسبة، ثم يتم تنظيف سطحها جيدا، وتثبتها بإحكام على المسند.
4.	تثبيت العدسة اللامة أمام جهاز الليزر ووضع قطعة الستلس ستيل المراد تثقيبها على مسافة مقاربة للبعد البؤري للعدسة.
5.	ضبط معلمات الليزر المناسبة لإحداث عملية التثقيب بالمواصفات المطلوبة.
6.	يتم تسليط أشعة الليزر على الموقع المراد تثقيبه.
7.	تكرار عملية التثقيب لعدة مرات حتى يتم الحصول على أفضل ثقب بعد دراسته بالمايكروسكوب.

الأسئلة

1- ما تأثير زيادة انفراجية حزمة الليزر في شكل الثقب الناتج؟
2- هل يمكن استعمال ليزر يعمل بالنمط المستمر في عملية التثقيب؟ لماذا؟
3- قارن بين عملية التثقيب بالطرائق الاعتيادية وعملية التثقيب باستعمال الليزر.

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: تثقيب المواد باستعمال أشعة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				

اسم الفاحص:	التوقيع:
التاريخ:	

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

أسم التمرين: قياس الثقب المنتج بالليزر بأستعمال المجهر الضوئي	رقم التجربة 18
مكان التنفيذ: الزمن المخصص:	

❶ الأهداف التعليمية:

- التعرف على شكل الثقب المنتج بالليزر ودقتة.
- معرفة كيفية قياس قطر الثقب باستعمال المجهر الضوئي وعمقه.
- معرفة كيفية حساب الشكل الهندسي للثقب المنتج بالليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر النيديموم– ياك النبضي (الطول الموجي 1064 nm).
- عدسة لامة من مادة الكوارتز.
- شريحة معدنية من مادة الألمنيوم.
- مسند لتثبيت مادة الهدف (الألمنيوم) والشريحة الزجاجية.

❸ خطوات العمل:

تشمل تجربتنا هذه قياسات متعددة للثقب المنتج بالليزر باستعمال المجهر الضوئي، وهذه القياسات تشمل عمق الثقب، قطره فضلاً عن الشكل الهندسي للثقب.

1- قطر الثقب:

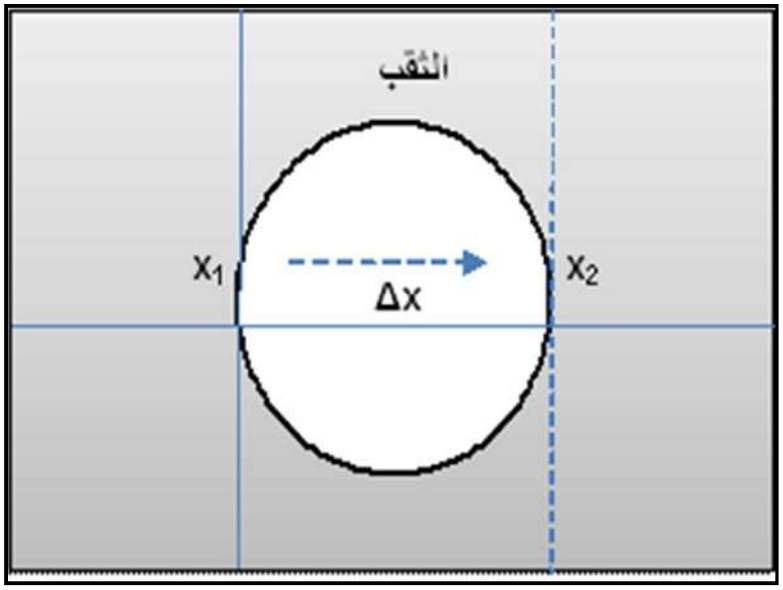
- يتم قياس قطر الثقب المنتج بالليزر بواسطة المجهر الضوئي الموضح بالشكل (28)، إذ توضع العينة على قاعدة المجهر، ويغير ارتفاعها حتى يتم الحصول على أوضح صورة للسطح، ثم يوضع مؤشر العدسة العينية على حافة الثقب (X_1)، ويحرك إلى الحافة المقابلة (X_2) ويحسب الفرق بين القراءتين (ΔX)، وهو يمثل قطر الثقب، كما موضح بالشكل (29).

الشكل (28): يوضح المجهر الضوئي المستعمل لقياس قطر الثقب

- **نقوم بجمع القراءات (ΔX) ونقسمها على عدد مرات إعادة عملية القياس للحصول على المعدل، وهو يمثل القراءة الدقيقة لقطر الثقب.**

العملية	(ΔX)
1	
2	
3	
4	

$$\text{المعدل} = \frac{\text{مجموع قيم } \Delta X}{\text{عدد العمليات}}$$



الشكل (29): مخطط الثقب المنتج بالليزر

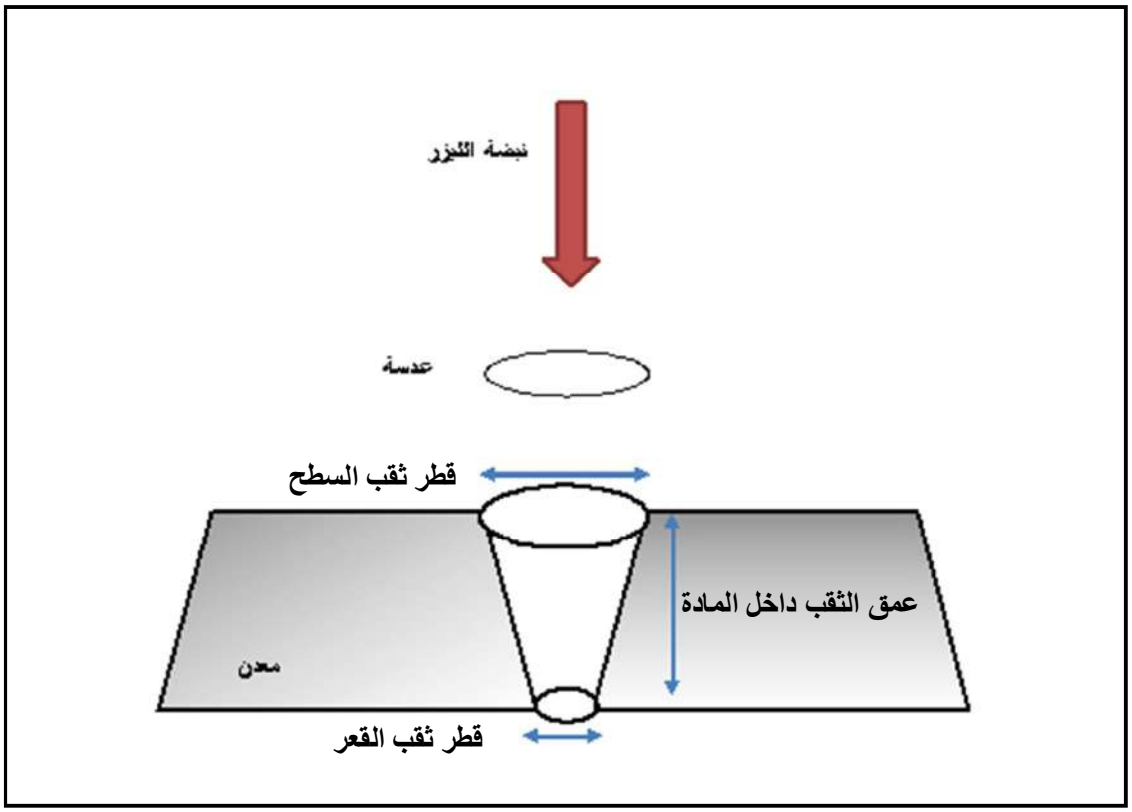
2- عمق الثقب:

- يستعمل المجهر الضوئي نفسه في قياس عمق الثقب. انظر من العدسة العينية لمشاهدة صورة مكبرة للثقب، فعند الحصول على أوضح صورة وذلك عن طريق التحكم بالضابط الموجود بأحد جوانب المجهر.
- قم بأخذ القراءة الأولى لأوضح صورة للسطح، والقراءة الثانية لأوضح صورة لقعر الثقب.
- قم بحساب الفرق بين القراءة المأخوذة من القعر والقراءة المأخوذة من السطح عن طريق الضابط الموجود بجانب المجهر لتحصل على عمق الثقب.

3- الشكل الهندسي للثقب:

تقطع العينة من منطقة قريبة للثقب من دون التأثير فيه، ثم تنعم تدريجياً حتى يتم الحصول على مقطع طولي للثقب، ثم تتم دراسة شكل الثقب تحت المجهر الضوئي. وتُقاس مخروطية الثقب عن طريق قياس قطري الثقب عند السطح والقعر وقياس عمقه داخل المادة.

$$\text{Hole taper (مخروطية الثقب)} = \tan^{-1} \frac{\text{قطر الثقب عند السطح – قطر الثقب عند القعر}}{\text{عمق الثقب}}$$



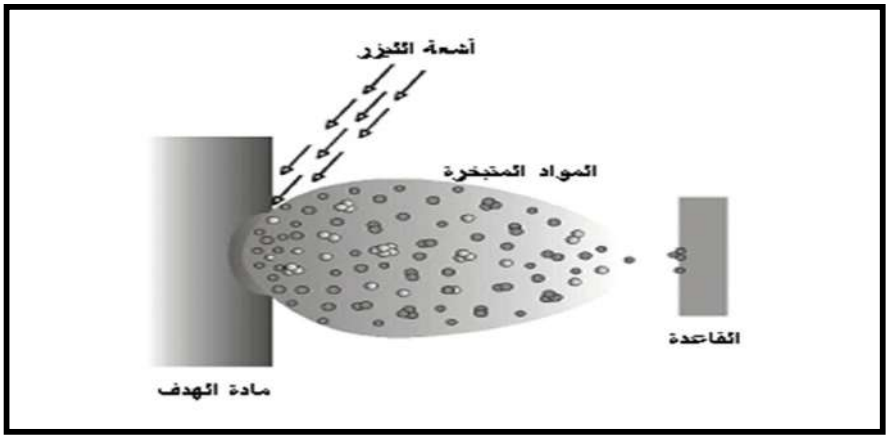
الشكل (30): مخطط االشكل الهندسي للثقب

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثانية		التخصص: صيانة منظومات الليزر	
اسم التمرين: قياس الثقب المنتج بالليزر باستعمال المجهر الضوئي				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها				
توقيع المدرب	توقيع المدرب		توقيع رئيس القسم	

18. تبخير المواد Material Evaporation

تتحدد الأسس النظرية لكل تطبيقات الليزر على مدى تفاعل شعاع الليزر مع المادة المتعرضة للشعاع. إذ يعاني جزء من شعاع الليزر من انعكاس على سطح المادة، أما الجزء الآخر فيمتصه المادة. ويعتمد مقدار ما ينعكس من السطحبنحوٍ رئيسي على الطول الموجي لشعاع الليزر الساقط وطبيعة مادة السطح، وتستوي بذلك كل المواد سواء كانت عازلة أم موصلة. وبخلاف ذلك تتغير عملية امتصاص شعاع الليزر بتغير المادة. ففي الوقت الذي تمتص الإلكترونات الحرة والموجودة بوفرة في المعادن شعاع الليزر مسببةٍ تهيجها وانتقالها إلى مستويات طاقية عليا، يترتب على امتصاص طاقة شعاع الليزر تراكم حراري وضمن منطقة ضيقة جداً (أقل من $500\ A^o$). وإذا ما ارتفعت درجة حرارة هذه المنطقة إلى درجة حرارة مساوية أو أكبر من درجة حرارة تبخر المادة عندها تحصل عملية التبخير. يوضح شكل (31) يوضح المراحل الأساسية التي تحدث عند تبخير المواد باستخدام نبضات ليزر ذي طاقات عالية. وتُعدّ عملية التبخير بواسطة الليزر من الطرائق العملية المهمة التي تمتاز بخصائص تميزها من طرائق التبخير الاعتيادية، منها:

1- عملية التبخير سهلة وسريعة ولا تحتاج إلى مكونات معقدة.
2- لا يوجد اتصال بين مصدر الليزر والعينة المراد تبخيرها.
3- نسبة المواد المتبخرة بهذه الطريقة عالية.
4- تُعدّ عملية موقعيه للتبخير، إذ تتبخر فقط المنطقة المشعة بالليزر.
5- تبخير العديد من المواد التي تمتلك درجة تبخير عالية، ولا يمكن تبخيرها بالطرائق الاعتيادية.



الشكل (31): عملية تبخير المواد بواسطة أشعة الليزر

أسم التمرين: تبخير المواد بأستعمال الليزر

رقم التجربة
19

مكان التنفيذ:

الزمن المخصص:

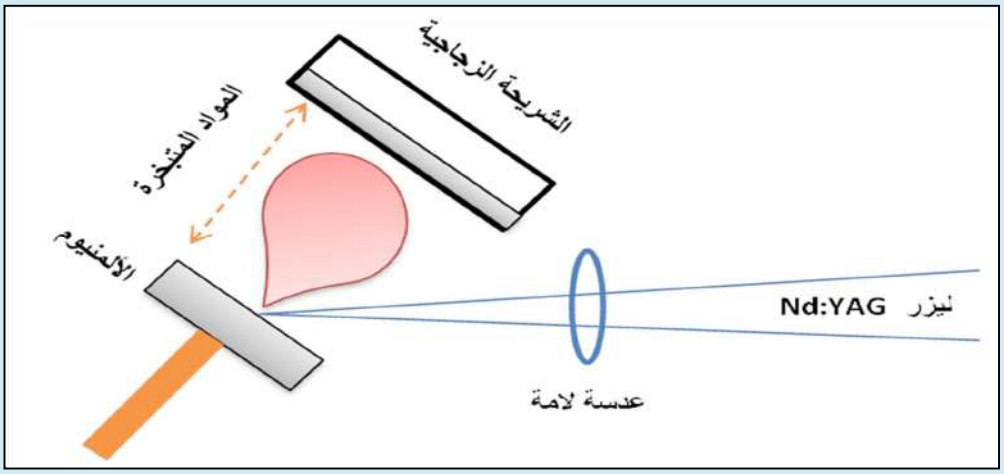
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على عملية التبخير باستعمال الليزر.
- تبخير مادة الألمنيوم وترسيبها على سطح شريحة زجاجية.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر النيديموم - ياك النبضي (الطول 1064 nm).
- عدسة لامة من مادة الكوارتز.
- شريحة زجاجية.
- شريحة معدنية من مادة الألمنيوم.
- مسند لتثبيت مادة الهدف (الألمنيوم) والشريحة الزجاجية.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	قم بترتيب الأجهزة والمواد كما في الشكل الآتي: 
3.	قم بتثبيت المادة المراد تبخيرها (الألمنيوم) مع الشريحة الزجاجية (القاعدة) على المسند.
4.	قم بضبط زاوية سقوط شعاع الليزر مع سطح مادة الألمنيوم لتكون بزاوية 45^{o}.
5.	قم بضبط المسافة بين سطح مادة الألمنيوم وسطح الشريحة الزجاجية لتكون 1 cm.
6.	قم بتشعيع مادة الألمنيوم بليزر النيديميوم - ياك باستعمال طاقة 600 mJ وعدد نبضات (5، 10، 15) نبضة لكل ملي ثانية.
7.	قم بإعادة الفقرتين 4 و5 مع تغيير المسافة بين الألمنيوم والشريحة الزجاجية، وناقش النتائج.

الأسئلة

1- ما تأثير زيادة طاقة الليزر المستعمل في عملية التبخير؟

2- ما السبب وراء سقوط أشعة الليزر بزاوية 45^{o} على سطح الألمنيوم؟

3- هل يمكن تبخير المواد بهذه الطريقة باستعمال الليزر المستمر؟ ولماذا؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثانية التخصص: صيانة منظومات الليزر				
اسم التمرين: تبخير المواد باستعمال الليزر				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب		توقيع رئيس القسم	

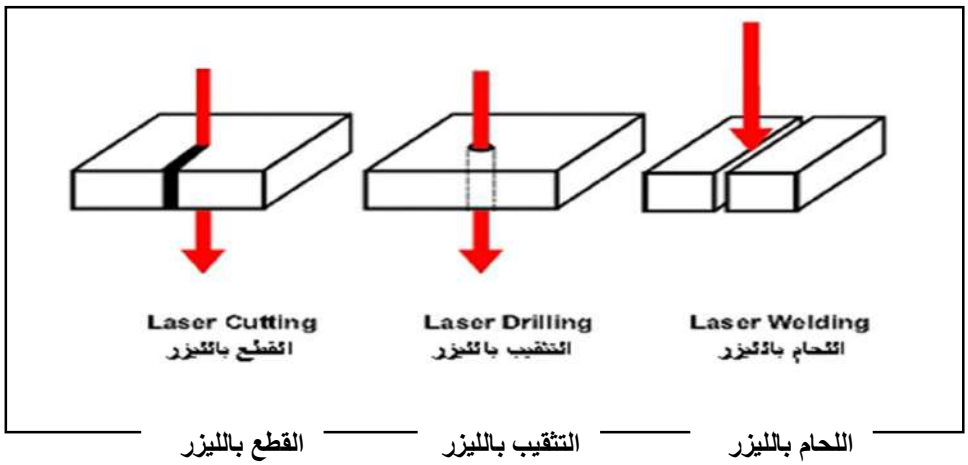
19. القطع باستخدام الليزر Cutting using a laser

تُعدّ اشعة الليزر من الادوات المهمة والفعالة في الاستعمالات التي تحتاج الى طاقة حرارية عالية، لأنها تمتلك خصائص فريدة تمكنها من التغلب على الطرائق التقليدية ولا سيما في التطبيقات الصناعية. حيث أن كامل الطاقة الضوئية تتركز في شعاع له مقطع عرضي متناهٍ في الصغر قد لا يتجاوز في بعض أنواعه عدة ميكرومترات مربعة، ولهذا يسير لمسافات طويلة محتفظاً بطاقته ضمن هذا الشعاع الدقيق وبما أن جميع الطاقة الضوئية التي يولدها الليزر تتركز ضمن هذا المقطع الصغير للشعاع فإنه بالإمكان الحصول على شدة إضاءة قد تزيد بملايين المرات على شدة الضوء الصادر من الشمس أو المصابيح الكهربائية.

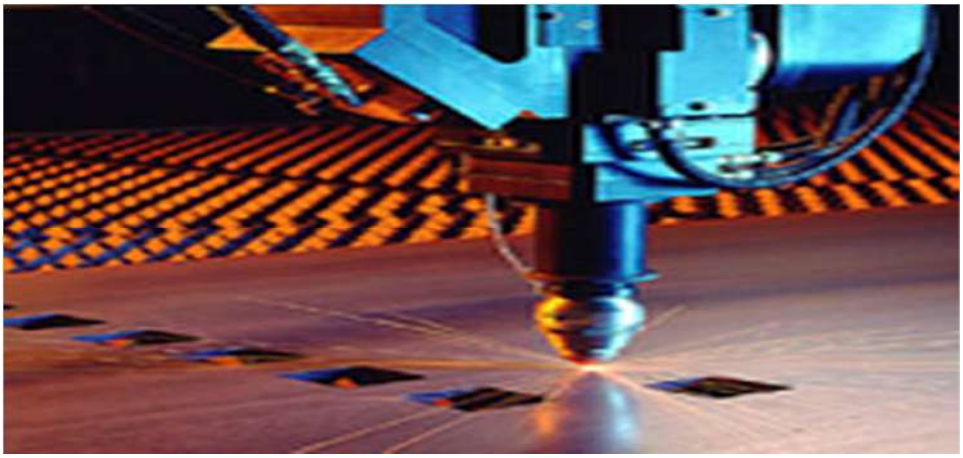
ومن المحاسن التي تمكن أشعة الليزر من الاستعمال في التطبيقات الصناعية هي:

1. عدم وجود تماس مباشر بين العينة ومنظومة الليزر، ولذلك لا يوجد تلوث أو إجهادات ميكانيكية.
2. استعمال الليزر لا يؤثر في الخواص الفيزياوية للمادة، لأن المنطقة التي تتأثر صغيرة جداً.
3. يمكن استعمال الليزر مع مواد مختلفة، مثل المعادن، والسيراميك، والزجاج، والخشب من دون حدوث تلف للمادة.
4. إمكانية العمل في مواضع صعبة مثل الزوايا، والانحناءات، وغيرها.
5. العمل يتم بسرعة عالية، فمثلاً يمكن إجراء عملية قطع المعادن بسرع 10 أمتار بالدقيقة، وهي أسرع عشر مرات من الطرائق التقليدية.
6. آلة الليزر لا تتلف نتيجة الاستعمال كما في حالة الآلات المستعمله في الطرائق التقليدية كالقواطع، وقوس اللحام، والمثقبات، وغيرها.
7. العمل بالليزر يتم بهدوء ومن دون تلوث كما في الطرائق التقليدية.

يُعدّ استعمال الليزر في عمليات القص واللحام والمعالجات الحرارية المختلفة من أنجح وسائل القطع، إذ يمكن بأشعة الليزر قص الزجاج، والالماس، والمعادن، والسيراميك، وغيرها. ويُستعمل في عمليات القص شعاع ليزري مستمر يمتلك طاقات شعاعية عالية بحيث يمكن تقطيع صفائح الجرمانيوم إلى أجزاء متناهية في الصغر.



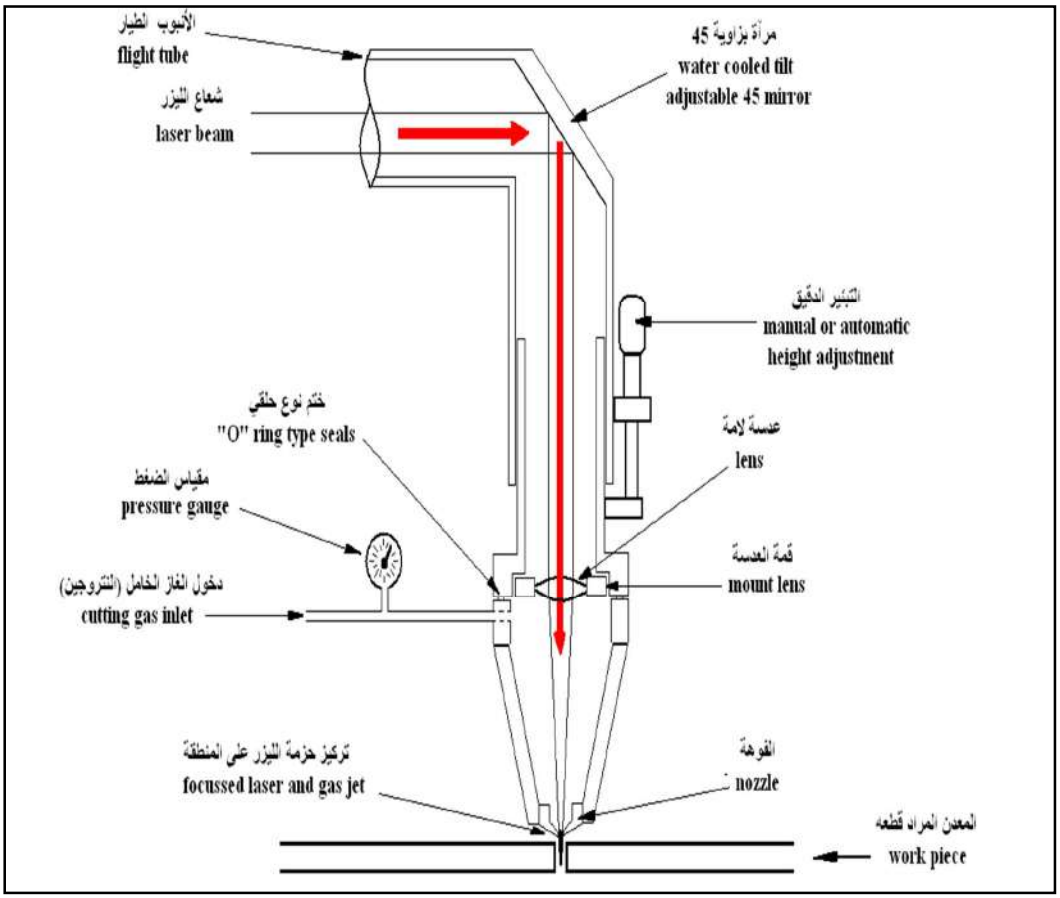
الشكل(32): اهم التطبيقات الصناعية لأشعة الليزر



الشكل (33): جهاز الليزر المستعمل في عملية قطع المواد

1-19 الفكرة الأساسية لماكينة القطع بالليزر

يتم تسليط حزمة من أشعة الليزر على سطح المعدن مسببة رفع درجة حرارته لدرجات عالية جداً مؤدية الى تبخر منطقة التشعيع أو القطع أو انصهارها، ويمكن توجيه هذه الأشعة بواسطة عدسات ضوئية وتركيزها على منطقة صغيرة جداً كما موضح بالشكل (34)، بحيث يمكن قطع أي معدن . في هذه العمليه يتم تركيز طاقة الليزر في بقعة صغيرة مما يؤدي إلى تبخر المعدن، وبالتالي يتم قطع الجزء المراد من المادة. كما موضح في الشكل الآتي:



الشكل (34): عملية قطع المواد باستعمال الليزر

رقم التجربة
20

أسم التمرين: قطع المعادن بأستعمال الليزر

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

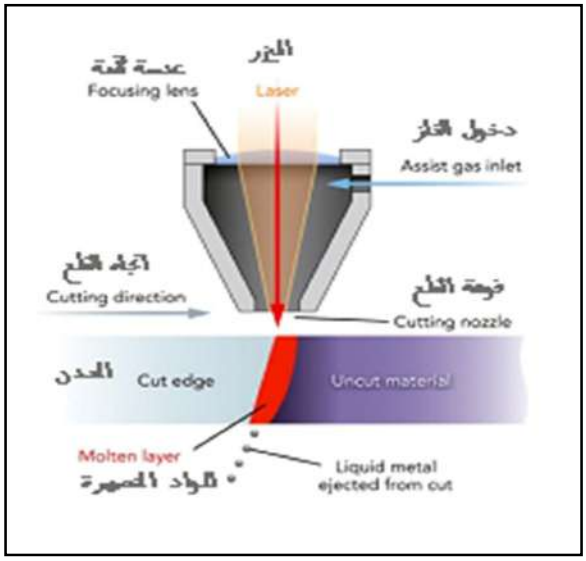
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على عملية قطع المعادن باستعمال أشعة الليزر.
- التعرف على الخطوات العملية المتبعة في عملية القطع.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعُدَد، وأجهزة):

- ليزر النيديموم - ياك المستمر (الطول الموجي 1064 nm).
- عدسة لامة من مادة الكوارتز.
- مرآة عاكسة.
- موجه حزمة الليزر.
- منصة متحركة.
- منظومة نفث الغاز.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	تثبيت المرآة العاكسة والعدسة اللامة بصورة مستقيمة والتأكد من نظافتهما لضمان مرور حزمة الليزر إلى العينة.
3.	تثبيت منظومة النفث الغازية التي تحتوي على صمام لدخول الغاز الخامل (لا يساعد على الاشتعال) والذي يساعد على ابعاد المواد المتطايرة من منطقة القطع . 
4.	نقوم بعملية ترصيف لشعاع الليزر لضمان سقوطه على المنطقة المحددة.
5.	قم بتشغيل جهاز الليزر وضبط طاقته فضلاً عن ضبط سرعة حركة المنصة المتحركة لضمان سلامة عملية القطع.
6.	المباشرة بعملية القطع.

الأسئلة

1-ما الفائدة من عملية القطع بالليزر؟

2-ما طاقة الليزر المناسبة لعملية القطع؟

3- هل يمكن قطع كل انواع المعادن باستعمال الليزر؟ لماذا؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: قطع المعادن باستعمال الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص: **التوقيع:**

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

20. التصوير المجسم باستعمال الليزر Laser Holograph

إن أحد أهم التقنيات العلمية التي جاء بها الليزر ليطورها هو التصوير المجسم (الهولوجرافيا)، إذ تسمح هذه التقنية بالحصول على صور فراغية للمشهد أو للجسم المطلوب تصويره (ثلاثي الابعاد)، كذلك استنساخ هذه الصورة أو إعادة عرضها.

وهناك شرطان رئيسان يجب توافرهما في الضوء للتصوير الهولوجرافي أحدهما أن يكون الضوء أحادي الطول الموجي (فلا يمكن استعمال الضوء الأبيض الاعتيادي لأنه يحتوي على نطاق واسع الترددات)، والآخر يجب أن يكون الضوء ذا طور واحد، وهذا ما يوصف أن الضوء متشاكه (Coherent). والضوء الاعتيادي لا يكون بطور واحد.

وهذان الشرطان الاساسان لا يتوفران إلا في شعاع الليزر، وهذا ما أخّر إنتاج الصور المجسمة إلى ما بعد الحصول على شعاع الليزر في العام 1965.

يسجل التصوير الاعتيادي شدة الضوء فقط من دون الطور، إذ يعتمد على تكوين الصورة في بعدين بواسطة عدسات ضوئية وظيفتها تجميع الأشعة المرئية المنعكسة من الجسم المراد تصويره وتسجيلها على شريحة تعرف باسم الفيلم الذي يتم عليه تسجيل العلاقه بين شدة الإضاءة المنعكسة عن الجسم وموضعها على الفيلم.

وتتلخص فكرة التصوير الهولوجرافي على تسجيل لأنموذج التداخل بين حزمة أشعة الليزر المنعكسة عن الجسم مع حزمة شعاع الليزر الذي يسقط مباشرة لوح فوتوغرافي يدعى بالهولوجرام، ويعني سجل (بجميع المعلومات) الخاصة بالجسم المطلوب تصويره كما بالشكل (35).

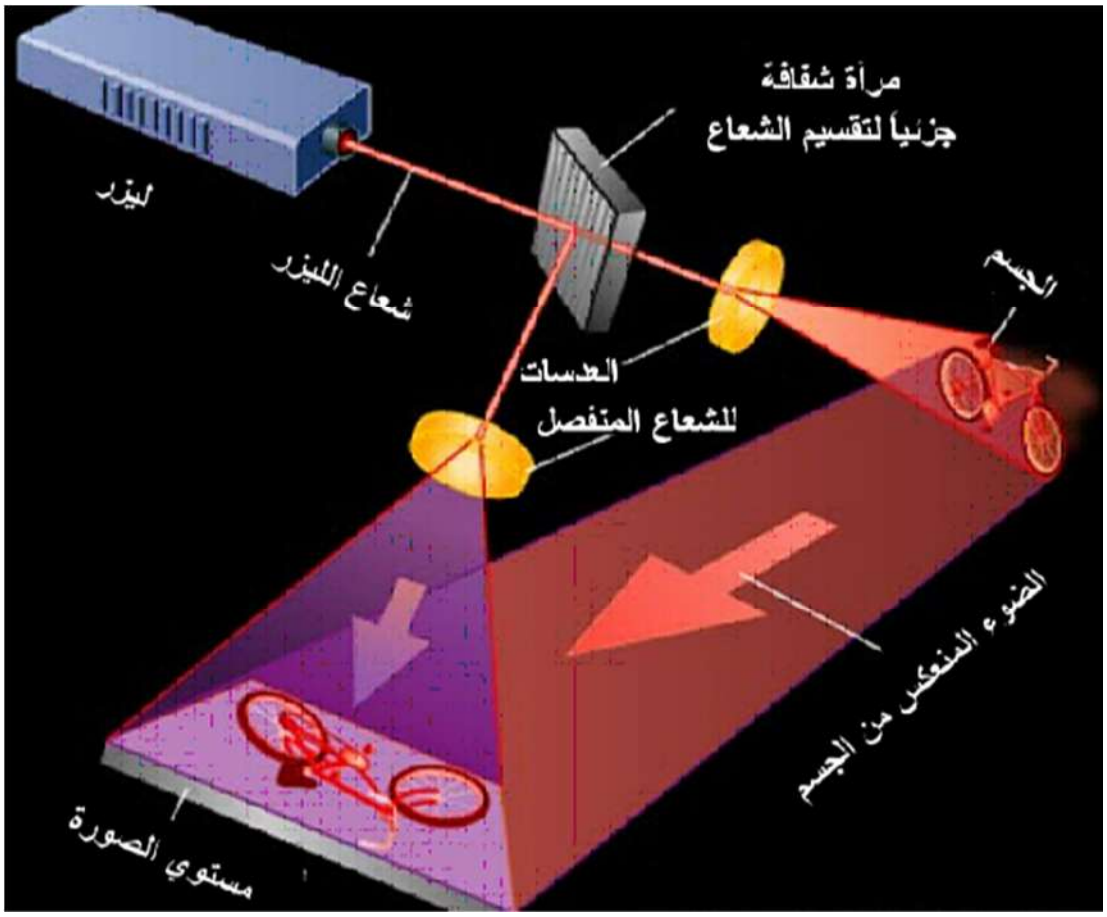
وبسبب التشاكه العالي لهاتين الحزمتين سيتم تداخلهما وتسجل أهداب التداخل الناتجة على اللوح الحساس الذي يجب أن تكون له قدرة تحليل عالية ليتم تمييز تفصيلات هذه الأهداب، فعند تحميض هذا اللوح وتجفيفه وإعادة إثارته بحزمة الليزر نفسها سيتصرف هذا الهولوجرام كمحزز للضوء، وسيتعامل شعاع الليزر مع أهداب التداخل المسجلة عليه، والتي تعمل كحزوز لها تفصيلات الجسم فيحيد عنها الضوء فإذا ما نظر المشاهد باتجاه أشعة الحيود فسيرى هذه الأشعة وكأنها آتيه من الجسم ذاته.

أن هذه الأشعة تعيد بناء صورة وهمية للجسم، فإذا ما حرك المشاهد عينه باتجاهات مختلفة فسيرى تفصيلات جانبية للجسم.

أما عرض الصورة الاعتيادية فسيتم عن طريق تحميض الفيلم بطريقة كيميائية لنحصل على صوره سلبية (نيجاتيف) ويظهر توزيع الكثافة الضوئية على الفيلم ليتم طباعته من تمرير الضوء من خلال

الصوره السلبية (نيجاتيف) أي إن الصورة في حالة التصوير الأعتيادي تستقبل حائل ليطبع على ورق خاص.

هناك تصنيفان للهولوجرام وهما الهولوجرام النافذ والهولوجرام العاكس. يسلط ضوء أحادي التردد على الهولوجرام النافذ بحيث يكّون صورة ثلاثية الأبعاد خلف . أما في العاكس فإنه يكون صورة ثلاثية الأبعاد عن طريق استعمل ضوء الليزر أو الضوء الأبيض لينعكس عن سطح الهولوجرام . عرفنا أن التصوير الفوتوغرافي يتم باستعمال الضوء الاعتيادي في حين لا يتم التصوير الهولوجرافي إلا باستعمال الليزر . لكن ما السبب يا ترى ، والسبب يكمن في أن التصوير الفوتوغرافي يقوم بتسجيل معلومات الصورة على الفيلم باعتماد التغيرات في شدة الضوء فقط، في حين نقوم في التصوير الهولوجرافي بتسجيل التغيرات في الشدة والطورمعًا ولكي يتم ذلك لا بد من أن يكون الضوء المستعمل أحادياً في التصوير ومتزامناً وله طور واحد على طول شعاع الضوء (الليزر).



الشكل (35): مخطط يوضح عملية التصوير المجسم بالليزر (الهولوجرافي)

أسم التمرين: التصوير المجسم بأستعمال أشعة الليزر

رقم التجربة
21

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

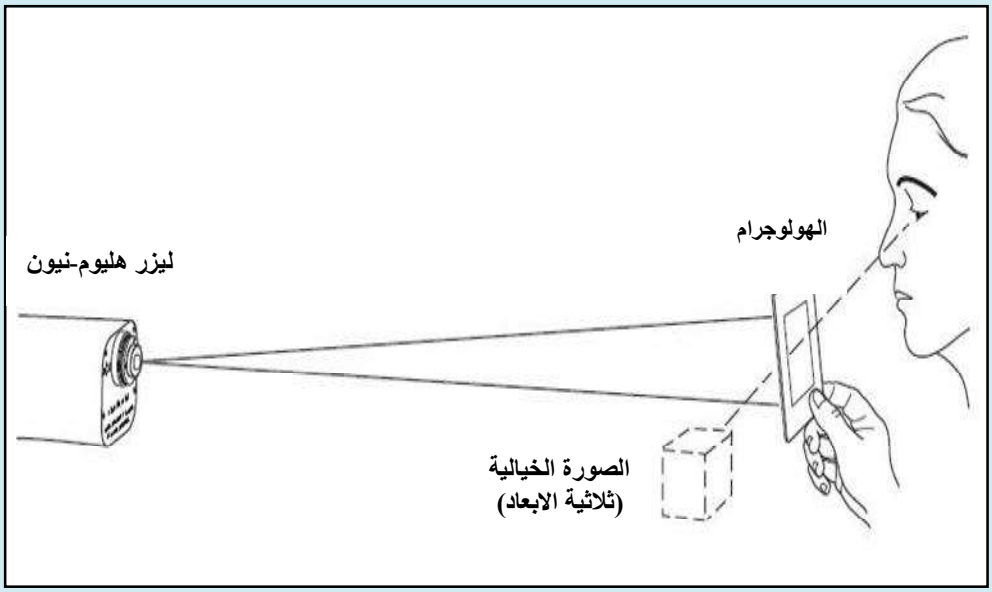
❶ الهدفان التعليميان:

- التعرف على الواح التصوير المجسم (الهولوجرام).
- تكوين صورة ثلاثية الابعاد باستعمال الليزر.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

- ستاند لتثبيت الليزر.
- ليزر دايود.
- عدسة مفرقة.
- لوح التصوير المجسم (الهولوجرام).

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	قم بترتيب الأجهزة كما في الشكل التالي: 
3.	انظر لأشعة الليزر المنعكسة من لوح التصوير المجسم مع تجنب النظر بصورة مباشرة لأشعة الليزر.
4.	تحريك لوح الهولوجرام بزوايا معينة لحين الاستقرار على الزاوية التي تظهر الصورة المجسمة التي تمثل الزاوية نفسها التي استعملت للتسجيل على اللوح.

الأسئلة

1- ما نوع الهولوجرام المستعمل هذه التجربة؟

2- ما الفرق بين التصوير الهولوجرافي والتصوير الفوتوغرافي؟

3- هل يمكن استعمال الضوء الاعتيادي في عملية التصوير المجسم؟ ولماذا؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **المرحلة: الثانية** **التخصص: صيانة منظومات الليزر**

اسم التمرين: التصوير المجسم باستعمال اشعة الليزر

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				

اسم الفاحص:	التوقيع:

التاريخ:

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها

توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**

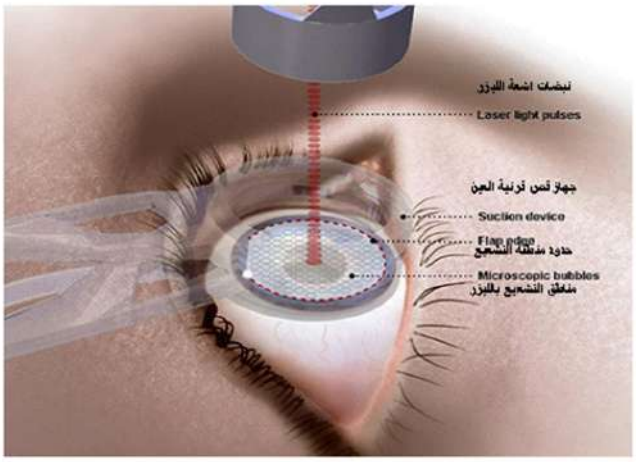
21. التطبيقات الطبية لليزر Medical applications of Laser

تُعدّ امكانية استعمال أشعة الليزرفي علاج العيون وعمليات تصحيح البصر والعيوب الانكسارية من العمليات المهمة التي بدأت التجارب بها منذ ما يقارب العقدين من الزمن. إذ إن من أهم الأهداف التي كانت نصب أعين العلماء والباحثين في هذا المجال هو التخلص من النظارات والعدسات الطبية وذلك عن طريق إزالة طبقات رقيقة من قرنية العين المصابة.

تستعمل أنواع أشعة الليزر كافة في مجال الجراحة، وفي طب الأسنان، وطب العيون، والأمراض الجلدية. ففي مجال طب وجراحة العيون يستعمل الليزر في علاج العتمات السطحية للقرنية وفي علاج العيوب الانكسارية للعين كقصر النظر، وطول النظر والاستكماتيزم، وذلك عن طريق العديد من التقانات أهمها تقانة الليزك LASIK الموضحة بالشكل (36)، (يتم استعمال أشعة الليزر ذات الموجة فوق البنفسجية لغرض تعديل سطح القرنية، وبالتالي تغيير القوة الانكسارية لها).وغالباً ما يستعمل ليزر الإكسايمر Excimer في مثل هذا النوع من العلاج بسبب قصر طول موجته وصغر قطر شعاعه.

وتعمل هذه الأشعة على إزالة طبقات من أنسجة القرنية بدقة بالغة وبطول وعمق محددين تحديداً دقيقاً. وتستعمل كذلك في علاج المياه البيضاء والزرقاء في العين عن طريق إجراء ثقوب صغيرة جداً في قزحية العين تعمل على تصريف هذه المياه والتخفيف من ضغط العين.

ويستعمل الليزر في علاج أمراض الشبكية الناتجة من مرض السكري أو غيره من الأمراض كوقف نزيف الشبكية عن طريق كي نهايات الأوعية الدموية وكذلك وقف انفصال الشبكية عن الملتحمة عن طريق كيها باستعمال ليزر الآركون.



الشكل (36): إجراء عملية تصحيح البصر بالليزر (الليزك)

أما في الجراحة، فهناك ما يُسمى بمشرط حزمة الليزر كبديل للمشرط التقليدي، إذ يتميز بدقته العالية إلى جانب عدم حدوث أي نزيف في مكان الجرح بسبب قيامه بلحام النهايات الطرفية للشعيرات الدموية, ويُستعمل شعاع الليزر كذلك بإزالة الأورام بشتى أنواعها عن طريق تبخيرها بدلاً من استئصالها بالمشرط مما يقلل من الضرر على الأنسجة السليمة المحيطة بها، ولا سيما في الأعضاء الحساسة كالدماغ، والكبد، والعيون. وفي أثناء إجراء العملية بالليزر هناك من يرصد العملية ويرقبها، وذلك عن طريق جهاز حاسوب موجود ضمن جهاز الإكزيمر ليزر مهمته تحديد المقدار المراد إزالته من أنسجة القرنية بالضبط مع المحافظة على بقاء الأنسجة ناعمة وملساء.

رقم التجربة
22

أسم التمرين: تصحيح البصر بالليزر (الليزك)

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

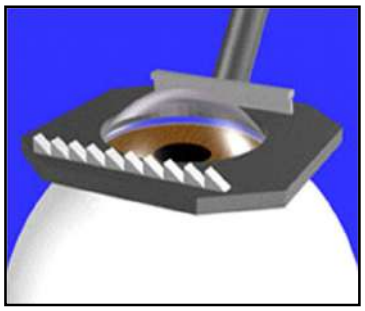
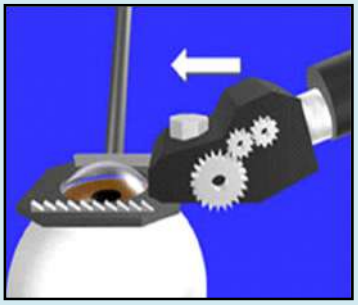
❶ الهدفان التعليميان:

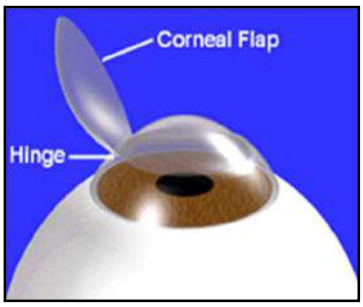
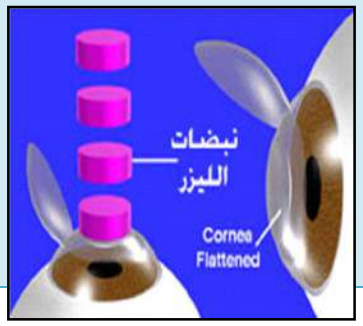
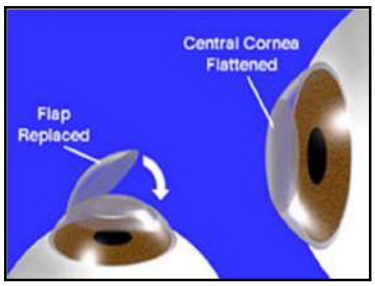
- التعرف على عملية الليزك.
- استعمال أشعة الليزر في جراحة العيون.

❷ التسهيلات التعليمية (مواد، وعدد، وأجهزة):

- ليزر الاكسايمر، طوله الموجي (442nm).
- مجهر طبي.
- ملقط طبي.
- شاشة مكبرة.
- مشرط إلكتروني.

❸ خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1.	ارتدِ بدلة العمل مع مراعاة تحوطات الأمان.
2.	يتم تخدير العين المصابة موضعياً.
3.	يتم وضع المشرط الإلكتروني على العين وتثبيته بدقة عالية كما في الشكل: 
4.	يقوم الطبيب المتخصص بتحريك المشرط الإلكتروني في الاتجاه الموضح بالشكل في أدناه إذ تتم إزالة الغشاء الرقيق الذي يغطي قرنية العين. 

5.	يقوم الطبيب بإزالة الغشاء بواسطة ملقط معقم ووضعه جانباً لتكون القرنية جاهزة للتعرض لأشعة الليزر في المرحلة التالية. 
6.	يتم تسليط نبضات من أشعة ليزر الإكسايمر داخل أنسجة قرنية العين، إذ يجب أن تكون عدد نبضات الليزر محسوبة بدقة عالية لإزالة السمك المطلوب من سطح القرنية. 
7.	يتم إعادة الغشاء الرقيق إلى مكانه الأصلي قبل العملية ليتم التحام الغشاء مرة أخرى. 

الأسئلة

1-أي أنواع الليزرات الأكثر استعملاً في عملية الليزك؟ ولماذا؟

2عرفّ عملية الليزك، وما العوامل المؤثرة في هذه العملية؟

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثانية التخصص: صيانة منظومات الليزر				
اسم التمرين: تصحيح البصر بالليزر (الليزك)				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع:				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

22. التطبيقات العسكرية military applications

يُعدّ استعمال أشعة الليزر في التطبيقات العسكرية أمراً بالغ الأهمية، وهو من مظاهر التسلح الحديثة. إذ انتشر استعمال الأسلحة التي تعتمد على أشعة الليزر في السنوات الأخيرة انتشاراً خطيراً، وكان به أثر بالغ في زيادة فاعليتها.

تقع أنواع الليزر المستعملة حالياً في نظم التسليح في حيز الضوء المرئي المتمثل بالليزر الأحمر الذي يكون سهل التعرف عليه فضلاً عن الأشعة تحت الحمراء التي تقع ضمن المدى غير المرئي.

يُعدّ الليزر الذي يقع ضمن المدى الطيفي غير المرئي (تحت الحمراء) حديث الاستعمال في التطبيقات العسكرية، إذ يمتاز بامكانية اختراق الضباب والدخان والأمطار.

كما يستعمل الليزر أيضاً في توجيه الصواريخ نحو أهدافها عن طريق إضاءة الهدف بضوء ليزر غير مرئي، كما مبين بالشكل (37) إذ يستعمل اللون الاحمر لتوضيح خط مسار أشعة الليزر. ويستعمل الصاروخ الضوء المنعكس من الهدف في إرشاده نحو الهدف. وعادة ما يتم استعمال ليزر نبضي Pulse مشفر، ويتم تخزين معدل النبضات والشفرة في الصاروخ الموجه لكيلا يستجيب لأضواء الليزرات الأخرى.

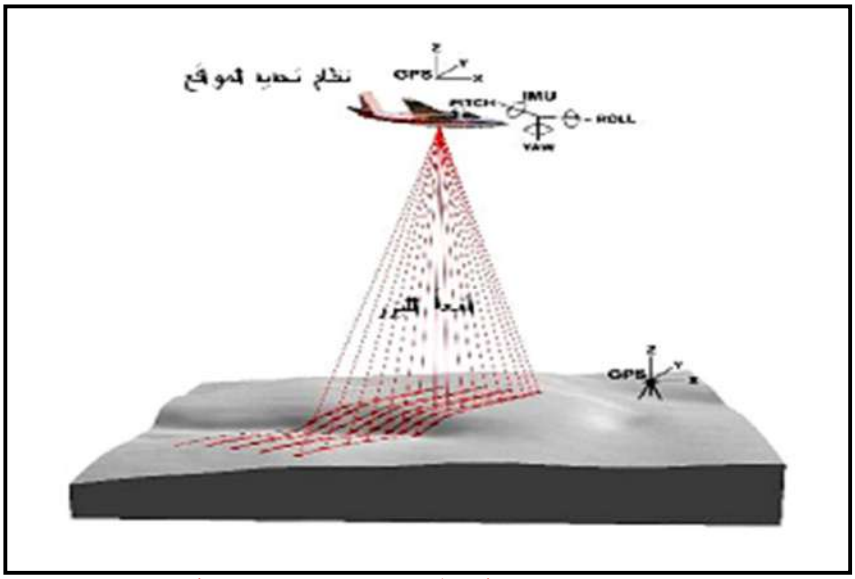
الشكل (37): استعمال الليزر في التطبيقات العسكرية

23 . الليدار أو رادار الليزر (Ladar or Laser Radar)

يُعرف جهاز رادار الليزر بـ (الليدار) LADAR وهو نظير جهاز الرادار، إذ يستعمل الليدار الأشعة الضوئية (شعاع الليزر) بدلاً من الموجات المايكروية في تحديد المواقع والكشف عنها. لذا فان كلمة ليدار هي صيغة اشتقت من الأحرف الأولى لعبارة باللغة الانجليزية، وهي (Laser Detection And Ranging) وتعني الكشف وقياس المدى باستعمال الليزر.

يتميز هذا النوع من أجهزة الكشف بدقته العالية في الكشف وتحديد المواقع لمسافات بعيدة بواسطة أشعة الليزر بالإرسال وجهاز كهروضوئي في الاستقبال.

وعلى الرغم من أن شعاع الليزر أضيق بكثير من شعاع الميكروويف، ولكن بإمكانه أن يعطي قياسات بالغة الدقة عن الهدف إذا ما أصابه، إلا أنه لا يقوم مقام الرادار في كثير من التطبيقات ولا سيما في كشف الأهداف وذلك لاستحالة مسح كامل الفضاء بشعاع الليزر بسبب أن مقطع شعاعه بالغ الصغر. هذا إلى جانب أن حساسية المستقبلات الضوئية ليست بكفاءة المستقبلات الراديوية، إذ تقل عنها بمئات المرات وكذلك صعوبة استعمال هوائيات كبيرة الحجم لجمع أشعة الضوء المنعكس كما هي الحال مع الرادار مما يمنع من استعماله في كشف الأهداف البعيدة. وبسبب هذه المشكلات في رادار الليزر اقتصر استعماله على قياس بعد الأهداف بعد أن يتم اكتشافها بالعين المجردة أو بالرادار الاعتيادي. ويبين الشكل (38) استعمال الطائرة لنظام الليدار في تحديد بعدها عن سطح الارض.



الشكل (38): طائرة تستعمل أشعة الليزر لإجراء مسح أرضي للمواقع

يستعمل الليدار في قياس المسافات بدقة متناهية في كثير من التطبيقات كما في أنظمة المساحة وفي جميع أعمال البناء، إذ يستعمل الجهاز الموضح في الشكل (39) للتأكد من استقامة البناء، وتدقيق مد خطوط نقل النفط، وبناء الجسور، وحفر الأنفاق.

الشكل (39): جهاز يستخدم اشعة الليزر للكشف عن استوائية الاسطح

الشكل (40): الجهاز المستعمل لقياس سرعة السيارات بأشعة الليزر

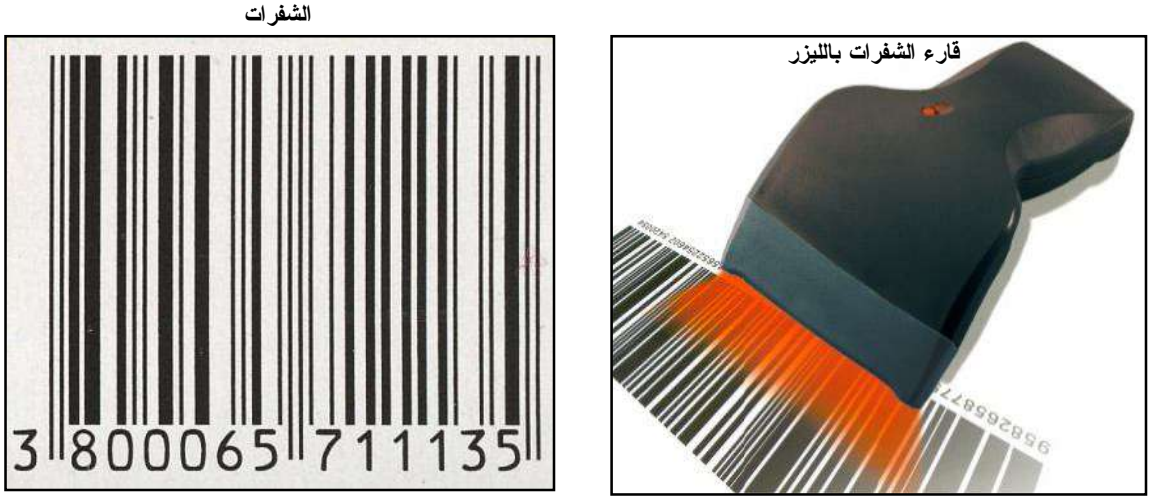
وكذلك يُستعمل رادار الليزر (LADAR) في قياس سرعة الأهداف عن طريق معالجة زمن وصول النبضات المرتدة عن الهدف كما في الرادارات الحديثة التي تستعملها الشرطة لمراقبة سرعة المركبات على الطرق، كما موضحة بالشكل (40) إذ يقوم الشرطي بتوجيه رادار الليزر على الهدف لغرض معرفة سرعته. إذ إن أكثر استعمالات رادار الليزر هو في أنظمة الاستشعار عن بعد Remote Sensing إذ يستعمل في رسم الخرائط الطبوغرافية بسبب تفوق دقته في قياس البعد على الرادار الاعتيادي ولا سيما إذا ما تم اعتماد طرائق التداخل الضوئي Optical Interferometry في عمليات القياس.

24. قارئات الشفرات الخطية (Barcode Readers)

تستعمل أشعة الليزر في أنظمة قارئات الشفرة الخطية، إذ يتم في هذه الأنظمة تحويل الرقم التعريفي Identification Number لشتى السلع إلى رموز يتم رسمها على شكل خطوط متوازية بكثافة متغيرة يتم تثبيتها على السلعة. وتتم قراءة هذه الرموز بواسطة ضوء الليزر، إذ يقوم شعاع

الليزر بمسح الرموز ومن ثم التقاط الضوء المنعكس بكاشفات ضوئية **Photodetectors** تقوم بتحويل الرموز إلى سلسلة من النبضات الكهربائية التي يتم إرسالها إلى الحاسوب ليتعرف عن طريق برامج مخزنة عليه على نوع السلعة وكل ما يتعلق بها من معلومات.

اعتمدت هذه الأنظمة في تطبيقات لا حصر لها سهلت بنحو كبير جداً التعامل مع الكميات الهائلة من السلع التي يتم إنتاجها يومياً في المصانع والمطابع والمزارع .



الشكل(41): الماسح الضوئي المستعمل في الأسواق

ففي المحال التجارية تستعمل هذه الأنظمة لقراءة الرموز المثبتة على السلع لتحديد السعر عند البيع ، إذ يقوم المحاسب بتمرير الماسح الضوئي على الرموز المثبتة على السلع وكتابتها في الفاتورة وعند الانتهاء من مسح جميع سلع المشتري فيقوم الحاسوب على الفور بتحديد نوع السلعة وثمنها وكتابتها في الفاتورة وعند الانتهاء من مسح جميع سلع المشتري يقوم الحاسوب بإعطاء الأمر للطابعة لطباعة نسخة منها للمشتري. ويمكن للمشتري أن يحس بمدى التوفير في الوقت والدقة عن طريق اعتماد هذا النظام عندما يفشل القارئ الضوئي في قراءة الرموز، فيضطر المحاسب لإدخال رقم السلعة يدوياً إلى الحاسوب. وفي مكاتب البريد يُعتمد هذا النظام لفرز آلاف الرسائل البريدية بنحو سريع ودقيق لتصل إلى عناوينها من دون أغلاط تذكر. وفي المصارف يُعتمد لقراءة أرقام الصكوك والحوالات والمعاملات المالية وإدخالها إلى الحواسيب بنحو دقيق. وفي المكتبات العامة يُعتمد لتصنيف الكتب وإعارتها بنحو محسوب لا مجال للغلط فيه وفي المطارات يُعتمد للتعرف على حقائب المسافرين وفرزها ونقلها وتوزيعها بين المطارات التي تمر بها بنحو دقيق.

الملحق:

.1	الفوتون Photon	هو وحدة كم الطاقة الضوئية في الموجة الكهرومغناطيسية ويمتلك تردد (Frequency) (f) وطول موجي (λ) (Wavelength) خاص به.
. 2	الطور Phase	هو حالة الموجة الكهرومغناطيسية عند نقطة معينة في الفضاء ولحظة زمنية معينة.
.3	التداخل Interference	هو حالة وجود موجتين كهرومغناطيسيتين (أو أكثر) على مسار بصري واحد بوجود(إتلافي) أو عدم وجود (بناء) فرق بالطور بين الموجتين.
.4	التداخل البنّاء Constructive Interference	هو التداخل الذي لا يوجد فيه فرق بالطور بين الموجتين ومحصلة السعة هي ناتج جمع السعتين. وهو شرط مرايا الليزر ذات الطبقات المتعددة.
.5	التداخل الإتلافي Destructive Interference	هو التداخل الذي يوجد فيه فرق بالطور بين الموجتين، إذ تقوم إحدى الموجتين بإضعاف الموجة الثانية أو إلغائها تماماً. وهذا التداخل يضر بالليزر.
.6	المرنان Resonator	هو منظومة مكونة من مرآتين على محور بصري مشترك إذ تنتقل فوتونات الليزر بين المرآتين ذهاباً وإياباً من أجل تضخيمها. تكون إحدى هاتين المرآتين ذات انعكاسية تامة (الخلفية) (100%) (Rear) (Back) والمرآة الأخرى (Front) تكون ذات انعكاسية جزئية (الأمامية) (Output Coupler).
.7	الانفراجية Divergence	هي مقدار انحراف شعاع الليزر عن المحور البصري عند انتقاله خارج المرنان ولمسافات طويلة.

8 .	التشاكه Coherency	هو حالة وجود موجتين كهرومغناطيسيتين (فوتونين) أو أكثر بالطور الفضائي أو الزماني نفسه، وهو صفة من صفات الليزر.
9.	فرق الطاقة (ΔE)	هو الفرق ما بين قيمة الطاقة للمستوي الأعلى (E_2) والمستوى الأوطأ (E_1) إذ $\Delta E=E_2-E_1$.
10.	التردد Frequency	هو عدد تذبذبات الموجة الكهرومغناطيسية في الثانية الواحدة، ويرمز له (f).
11.	الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum	هو مدى الأطوال الموجية الممتدة من الموجات الراديوية (Radio waves) إلى أشعة كاما (Gamma Rays).
12 .	الوسط الفعال Active Medium	هو المادة التي تستعمل لتوليد شعاع الليزر.وتكون على ثلاثة أنواع هي: الصلب، والسائل، والغاز.
13 .	الضخ Pumping	هو عملية نقل الطاقة من مصدر الطاقة إلى الوسط الفعال المولّد لليزر. وهو على عدة أنواع بحسّب نوع الوسط الفعال لليزر.
14 .	عرض خط الانبعاث Emission Line width	هو مجموعة الأطوال الموجية (أو الترددات) المتولدة نتيجة حدوث الانبعاث المحفز وتوليد الليزر. ويكون أقل ما يمكن في حالة الليزر، ولكنه عملياً يكون متسعاً قليلاً .
15.	نمط التشغيل Operation Mode	هو الشكل الذي تعمل به منظومة الليزر، وهو نوعان رئسيي النبضي (Pulsed)، والمستمر (Continuous Wave) ويرمز له (CW) أو يكون نبضياً بتردد عالٍ يشبه المستمر، ويسمى شبه المستمر (Quasi-CW).

.16	الامتصاص (Absorption)	هو عملية انتقال (اكتساب) الطاقة من المحيط إلى المادة، فتزداد طاقة ذرات المادة أو جزيئاتها وتصعد إلى مستويات طاقة أعلى (E_2) من الحالة (E_1) التي كانت فيها قبل امتصاص الطاقة.
. 17	الانبعاث (Emitting)	هو عملية انتقال (فقدان) الطاقة من المادة إلى المحيط فتقل طاقة ذرات المادة أو جزيئاتها وتهبط إلى مستويات طاقة أوطأ (E_1) من الحالة (E_2) التي كانت فيها قبل انبعاث الطاقة.
. 18	الانبعاث التلقائي (Spontiuous Emission)	هو عملية فقدان الطاقة من المادة بنحوٍ تلقائي (Spontaneous) بصورة ضوء أو حرارة أو حركة من دون تأثير خارجي.
. 19	الانبعاث المحفز أو المحتث Stimulated) (Emission	هو عملية فقدان الطاقة من المادة بصورة ضوء تحت تأثير خارجي، وهو أساس عمل الليزر.
. 20	حزمة التوصيل (conduction band)	وفيها تكون الإلكترونات حرة في الحركة، كذلك يمكنها أن تكون حاملة للتيار.
. 21	فونون (phonon)	هو عبارة عن حالة اهتزاز مكممة تحدث في الشبكات البلورية الصلبة مثل شبكات الذرات في الاجسام الصلبة.