جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل/ كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

عنوان البحث

# (استخدام الليزر في التصوير الهولوغرافي)

بحث مقدم إلى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

إعداد الطالبة

زينب جاسم محمد

إشراف

م. د. كاظم خضير كاظم

2024 م 1445 هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت
عليّ وعلى والديّ وأن أعمل صالحاً ترضاه
وأدخلني برحمتك في عبادك الصالحين ﴾

**صدق الله العظيم**

**سورة النمل**
**الآية (19)**

# الإهـــــــــــــــداء

ربّ لك الحمد العظيم لذاتك  حمداً وليس لواحد إلاّ لكَ

إن لم تكن عيني تراك فإنني  في كل شيء أستبين علاكَ

بعد أن انعم الله عليّ بإتمام بحثي أحب أن اهديه كعربون محبة إلى معلم الأمة..

والله ما من وصف يصفك يا حبيبي يا رسول الله وكي اف يعلو وصفك وقد وصفك رب العالميين وزكّاك فقال:

(وإنك لعلى خلق عظيم)

صدق الله العظيم

إليك يا خير البشر أهدي بحثي.

أبي العزيز..

أبي يا نعمة انعم الله بها عليّ يا وردة تعطر دربي وتذهب الهم من قلبي وتدخل السعادة في عمري..

أمي الحبيبة..

التي منحها الله المواهب والعطايا وجعلها أحق الناس بحسن الصحبة وطيب العشرة..

# الشكر والعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم

بداية احمد الله عز وجل حمدا دائما وشكرا وافيا على ما أمدني به من فيض نعمته ورحمته لإتمام هذا البحث وأتقدم بالشكر الجزيل وفائق التقدير والاحترام إلى مشرفي الفاضل الدكتور كاظم خضير كاظم لما أبداه من توجيهات وإرشادات ومتابعة طوال مدة البحث. وأيضا أتقدم بالشكر والتقدير إلى عمادة كلية التربية للعلوم الصرفة ورئاسة قسم الفيزياء وأساتذتي على إتاحة الفرصة لي لإكمال دراستي ومساعدتي على إكمال متطلبات مرحلة البكالوريوس بنجاح، كما أتقدم بالشكل لكل من ساهم معِ وساندني وكان يد لي في انجاز مشروع البحث هذا. وأخيرا نسأل الله تعالى التسديد والتوفيق. وان يتقبل مني هذا الجهد المتواضع انه المتفضل المنان.

# الخـــــــلاصـــــــــــة

أن تقنية الهولوغرافيا أو التصوير المجسم تسمح في الحصول على صور فراغية للمشهد أو للجسم المطلوب تصويره، كذلك استنساخ هذه الصور أو اعادة عرضها، وقد يعتبر هذا التطبيق لأشعة الليزر من التطبيقات البارزة الشيقة ليس للمتخصصين فقط في حقول العلم والمعرفة بل على المستوى الشعبي العام لما يشعر به. الفرد من متعة وجمالية عند استخدام مثل هذه التقنية في اضاءة المسارح ودور الأوبرا لعرض فقراتها المختلفة او عند متابعة عرض النماذج الصورية الفراغية الجذابة للأغراض الفنية أو الدعائية مثلاً. تختلف هذه التقنية عن التصوير الاعتيادي المألوف- الذي يحتاج فيه المرء الى عدسة ( آلة تصوير) لتكوين صورة سالبة أو موجبة على لوح فوتوغرافي ذي بعدين لكونها لا تحتاج الى هذه الاجزاء البصرية لتكوين الصورة فالصورة يمكن رؤيتها وبأبعادها الثلاثة بالاعتماد على أسس البصريات الفيزيائية وبالتحديد على ظاهرة التداخل في الضوء حيث تتوفر مقوماتها الاساسية في حزمة الليزر مصدر الضوء المتشاكه عرفت هذه الظاهرة وقبل اكتشاف الليزر من قبل كابور عام 1948م من خلال ابحاثه على المكر سكوب الإلكتروني في محاولة منه لتحسين قدرة التحليل للمكر سكوب وذلك بتسجيل جبهة الموجة المتشتتة عن المجسم سعتها وطورها وفي مواضع مختلفة بعد تداخلها مع جبهة موجة أخرى أعتمدها كمرجع ، وبتسجيل السعة والطور يمكن الحصول على جميع التفاصيل المتعلقة بشكل الجسم الذي تشتت عنه الضوء. إن التصوير الاعتيادي يسجل شدة الضوء فقط دون الطور وبهذا يكون قد عقد الطبيعة الفراغية لصورة الجسم. لذا يتعين ولغرض. تحقيق عملية التصوير بكفاءة توفر مصدر ضوء متشاكه وشديد نسبياً.

# المحتويات


| | | |
|---|---|---|
| | الآية الكريمة | أ |
| | الإهداء | ب |
| | الشكر والعرفان | ج |
| | الخلاصة | د |
| | المحتويات | هـ-و |
| الفقرة | العنوان | رقم الصفحة |
| | **الفصل الأول: المبادئ الأساسية لأشعة الليزر** | |
| (1-1) | المقدمة | 1 |
| (1-2) | أنواع العمليات في الليزر | 2 |
| (1-3) | فكرة عمل الليزر | 4 |
| (1-4) | خصائص اشعة الليزر | 5 |
| (1-5) | انواع المرنان | 7 |
| (1-5-1) | مرنان المرآتين –المتوازيتين "مرنان فابري بيرو" | 7 |
| (1-5-2) | المرنان الكروي | 8 |
| (1-5-3) | المرنان الكروي – المستوي | 9 |
| (1-6) | شرط استقرار المرنان | 10 |
| (1-7) | استخدامات اشعة الليزر | 10 |
| (1-8) | اهداف البحث | 11 |
| (1-9) | الهيكلية العامة للبحث | 11 |
| | **الفصل الثاني: تقنية التصوير التجسيمي (الهولوكرام)** | |
| (2-1) | المقدمة | 12 |

| | | |
|---|---|---|
| (2-2) | مراحل تطور الهولوكرام | 12 |
| (2-3) | فكرة تقنية التصوير التجسيمي(الهولوجرام) | 13 |
| (2-4) | الفرق بين الهولوجرافيا والتصوير العادي | 13 |
| (2-5) | مراحل الحصول على الهولوجرام | 14 |
| (2-6) | الادوات المستخدمة في التصوير التجسيمي (الهولوجرام) | 15 |
| (2-7) | تداخل الضوء | 16 |
| (2-8) | ظاهرة حيود الضوء | 17 |
| (2-9) | ليزر الهيليوم –نيون | 17 |
| (2-10) | مكونات جهاز ليزر الهيليوم نيون | 18 |
| (2-11) | خصائص ليزر الهيليوم نيون | 18 |
| (2-12) | اساس عمل الهولوكرام | 19 |
| (2-13) | شروط عمل الهولوكرام | 19 |
| **الفصل الثالث: مزايا وعيوب تكنلوجيا الهولوجرام** | | |
| (3-1) | المقدمة | 20 |
| (3-2) | الخصائص العامة للهولوجرام | 20 |
| (3-3) | عيوب تكنلوجيا الهولوجرام | 20 |
| (3-4) | انواع الهولوجرام | 21 |
| (3-5) | اهمية تكنولوجيا الهولوجرام | 22 |
| (3-6) | اهمية تقنية الهولوجرام في التعليم | 22 |
| (3-7) | استخدامات تقنية الهولوجرام في التعليم | 23 |
| (3-8) | مستقبل تقنية الهولوجرام في التعليم | 24 |
| (3-9) | استخدامات عامة لتقنية الهولوجرام | 24 |
| | المصادر | 25 |

# الفصل الأول

# المبادئ الأساسية

# للشبكة النيب

# الفصل الأول

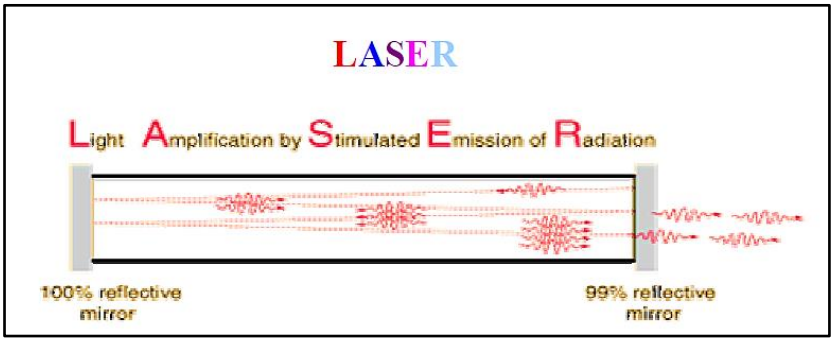
# المبادئ الأساسية لأشعة الليزر

## (1-1) المقدمة Introduction

أن موضوع الليزر أحتل في السنوات الأخيرة موقعاً بارزاً في الحديث بين جوانب العلوم والتقنيات المختلفة، حيث لم ينحصر استخدامه على مختبرات الفيزياء والكيمياء وانما أصبح الوجه الحديث المتطور لكثير من المواضيع فمثلاً استبدلت المصابيح التقليدية والطيفية منها والحرارية بمصدر الليزر. حيث تم استحداث الكثير من الطرق والمعالجات والبحوث النظرية والعملية التي لها علاقة بشكل مباشر أو غير مباشر بعمل الليزر، منها مثلا البحث عن وسط فعال وطرق ضخ الطاقة ومحززات الضوء وكواشف والياف بصرية وايضاً الأجهزة البصرية من مرايا وعدسات لغرض استخدامها في التصوير الهولوغرافي مثلاً وغيرها. أن فكرة تضخيم الأشعة الكهرومغناطيسية بواسطة الانبعاث المحفز راودت الكثير من الباحثين وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية من هؤلاء الباحثين ويبر، فابركانت، بروخاروف، باسوف ونانوس، وكان أول من استخدام للإشعاع المحفز متضمناً في براءة الاختراع الممنوحة في عام 1951 الى الباحث فابركانت.

أن حقل فيزياء الليزر بجانبيه النظري والعملي التطبيقي يتطور بسرعة هائلة ويتقدم بخطوات سريعة وحثيثة منذ استخدام الياقوت لإنتاج أول ليزر وحتى يومنا هذا ففي كل تكتشف مواد جديدة يتبعها تقدم في الأسس النظرية والجوانب متشعبة وعديدة. أن بحوث الليزر تعد تاريخياً امتداداً لبحوث الميزر حيث أطلق على الليزر في بادئ الأمر بالميزر البصري، وأما تسميته بالليزر فقد جاءت بشكل مماثل من التعبير المماثل المناظر لتعريف الميزر للإشعاع المحفز في المدى المرئي من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي، أي أن كلمة ليزر (LASER) تأتي وبالتسلسل من الأحرف الأولى للتعبير التالي باللغة الإنكليزية:

**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation




**الشكل رقم (1) مختصر كلمة الليزر**

وتعني باللغة العربية تضخيم الضوء بطريقة الانبعاث المحفز للإشعاع، كما أن استخدام مصطلح ليزر كما في اللغة العربية.

أن كلمة ليزر تستخدم اليوم عموماً ليس فقط لتخص الأطوال الموجية الواقعة ضمن الجزء المرئي من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي ولكن ايضاً لأي طول موجي يقع ضمن الأشعة تحت الحمراء والقريبة منها، الاشعة فوق البنفسجية وحتى منطقة الأشعة السينية فل يستخدم مثلاً مصطلح ليزر تحت الحمراء وليزر فوق البنفسجي.

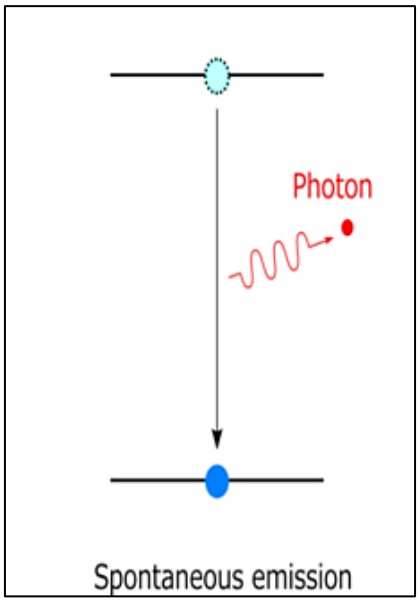
## (1-2) أنواع العمليات في الليزر

تحدث خلال عملية انبعاث الليزر العديد من العلميات هي كالآتية:

1) **الانبعاث الذاتي** :هي ظاهرة اشعاع تلقائية تصدر من الذرات أو الجزيئات أو أنوية الذرات عندما تكون في حالة إثارة وتعود إلى حالة طاقة كمومية أقل من حالة الاثارة ويكون الإشعاع في هيئة فوتون أي شعاع كهرومغناطيسي. وتلاحظ تلك الظاهرة كثيرا في حياتنا اليومية وفي الطبيعة، فالأشعة الشمسية وضوء النجوم، ونور المصابيح

$$v = \frac{E_2 - E_2}{h} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث $v$ : تردد الفوتون $E$ : طاقة الفوتون $h$ : ثابت بلانك



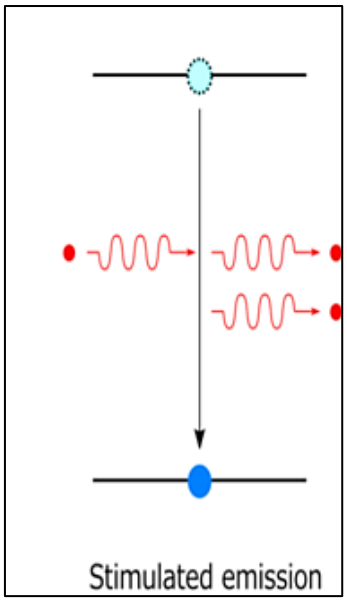

**الشكل رقم (2): تخطيط توضيحي لعملية الانبعاث الذاتي**

ان الانبعاث الذاتي يكون مميزا بانبعاث فوتون بطاقة $(E2-E1)$ مساوية الى $h_v$ عندما تضمحل الذرة من مستوى الطاقة(2)الى مستوى الطاقة (1).ويوصف الانبعاث عادة على النحو التالي :لنفرض ان وحدة حجم من المادة تحتوي عددا من الذرات يساوي N2 في المستوى(2)في الزمن( t) مثلا .بهذا يكون معدل الاضمحلال لذرات المادة نتيجة الانبعاث الذاتي والمعبر عنه بالمقدار ( $\frac{dN_2}{dt}$) متناسبا مع العدد$(N2)$,أي ان

$$\left(\frac{dN}{dt}\right)_{sp} = -AN_2 \dots\dots\dots (2)$$

**2)الانبعاث المحفز :**

في هذا النمط من الانبعاث، لا ينتقل الالكترون من مستوى طاقي مثار إلى مستوى طاقي ادنى إلا بوجود محفز خارجي هو الفوتون، طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين الموافقين. هذه العملية اساسية من اجل تشكيل اشعة الليزر.




**الشكل رقم (3): تخطيط توضيحي لعملية الانبعاث المحفز**

**توصف عملية الانبعاث المحفز بالمعادلة الاتية:**

$$(\frac{(dN_2}{dt})S_{t=-W_{21N_2}} \dots\dots\dots (3)$$

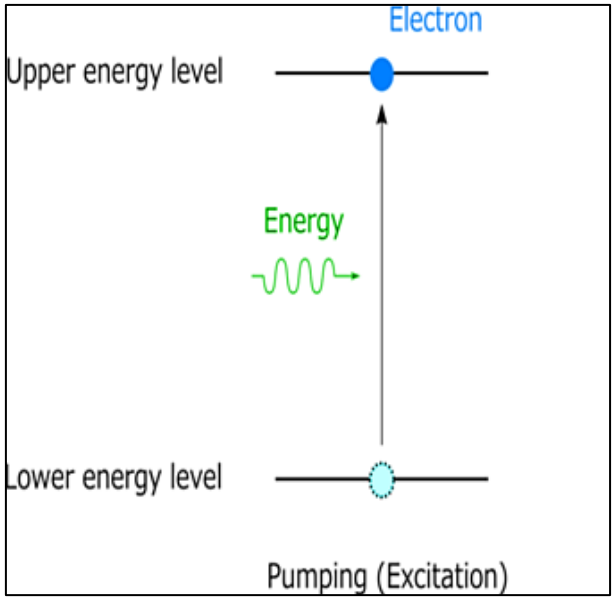
**1) الامتصاص**

هو مقياس لاحتمال امتصاص الذرة لشعاع كهرومغناطيسي أو احتمال امتصاص نواة الذرة ل جسيم أولي مثل النيوترون. وقد اتفق الفيزيائيون على تقييم ذلك الاحتمال وعلى الأخص بالنسبة لامتصاص نواة ذرية لجسيم أو فوتون بوحدة السنتيمتر المربع أو بارن (وحدة). تستخدم تلك الوحدة لتعريف التبعثر (التشتت) ،

وكذلك تعريف قدرة نواة الذرة على الاشتراك في تعامل مع جسيم أولي، وقد يكون ذلك تفاعل نووي وله مقطع نووي أو عملية امتصاص تتصف بمقطع امتصاص . وقد يكون امتصاص فوتون أو امتصاص نيوترون أو ميون أو غيره، وكل منها له قيمته بالنسبة للمواد المختلفة.

$$\left(\frac{dN_1}{dt}\right)_{ab} = -W_{12}N_1 \dots\dots\dots (3)$$

حيث




**الشكل رقم (4): تخطيط توضيحي لعملية الامتصاص**

## (1-3) فكرة عمل الليزر

لكي تعمل اجهزة الليزر يجب أن يتوفر لها ثلاثة شروط أساسية وهي

**أولاً: وجود الوسط الفعال:**

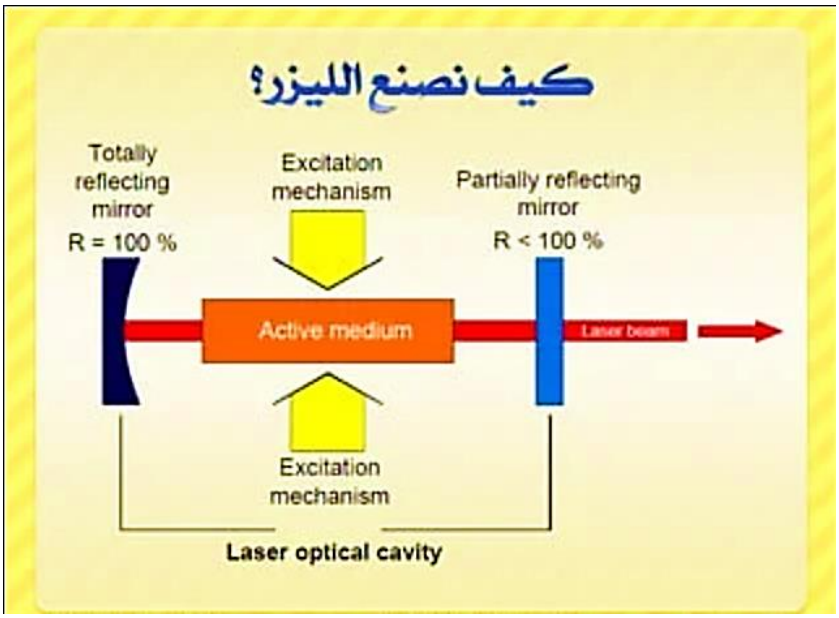
أن القاعدة الاساسية لعمل الليزر هو نظام ذو عدد كبير من الذرات او الجزيئات او الايونات والتي تبعث طيفاً يقع جزء منه في المدى المرئي من الاشعاع الكهرومغناطيسي وغالباً ما نتحدث عن الوسط الفعال وكأنه مجموعة من ذرات غاز إلا أن ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها السائلة او الصلبة تشكل ايضاً وسطاً فعالاً في انواع مهمة من الليزر.

**ثانياً: تحقيق التأهيل العكسي**

وهو شرط ضروري لجعل عملية الانبعاث المحفز نشطة وبما أن هذا الشرط لا يمكن أن يتحقق تحت ظروف اعتيادية لذا تستخدم طرق ضخ معينة تنفذ وفق مخططات خاصة تناسب مستويات الطاقة لذرات الوسط الفعال.

**ثالثاً: التغذية الاسترجاعية**

يعتبر شرط ضروري لكي يأخذ الاشعاع المنبعث تذبذبه الصحيح ويؤدي بالتالي للحصول على حزمة من الاشعة ذات درجة عالية من صفة الاتجاهية وصفة التشاكه ، بدون هذا الشرط يعمل الليزر كمكبر فقط الحزمة ضوئية ضيقة ويفقده الميزات الآنفة الذكر والتي جعلت منه مصدراً ضوئياً ذو منافع خاصة يمكن تحقيق هذا الشرط باستخدام تجويف رنيني ذو تصميم مناسب ويدعى بالمرنان. أول تصميم لمرنان ناجح استخدم لأشعة الانبعاث المحفز في المدى المرئي هو مقياس التداخل « الغابري- بيرو- ويتألف من مرآتين مستويتين متقابلتين بشكل متوازي توضع المادة الفعالة بينها كما في الشكل رقم (٥)، المرأتين شفافة جزئياً فإن جزءاً نافعاً من الاشعاع.




**الشكل رقم (5) رسم تخطيطي لمذبذب الليزر, الوسط الفعال والمرنان**

## (1-4) خصائص أشعة الليزر

### 1) السطوع

نتيجة لخاصية استقامة الاتجاه في اشعة الليزر اصبحت درجة بريقها عالية لدرجه لا يصل اليهااي ضوء عادي مهما كان مصدره. يعرف سطوع مصدر ضوئي على انه مقدار الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن ولوحدة المساحة من السطح ولوحدة زاويه مجسمه وتكون وحدة السطوع واط/ م زاويه نصف قطريه مجسمه).

### 2) نبضي شديد القصر

بأتباع طرق معينه يمكن تقليص مدة النبضة لليزر يعمل بنبضات وهذا يؤدي الى زيادة القدرة بنسبه كبيره بسبب تركيز الطاقة بزمن ، اقصر ، كذلك اصبح بالإمكان تحويل نتاج الليزر الذي يعمل بصوره مستمرة الى رتل من النبضات في الالكترونيات يمكن الحصول على نبضه أمدها في حدود) ١ نانو ثانيه) وبواسطة الليزر يمكن الحصول على نبضات أمدها حوالي الف مره اقصر أي بحدود ( ١ بيكو ثانيه ومؤخرا اصبح

بالإمكان الحصول على نبضات بأعشار بيكوثانيه.ان القدرة التي تحملها النبضة تكون اعلى بكثير من القدرة الخارجة لليزر يعمل بموجه مستمرة .

### 3) شدة الاشعاع

أشعه الليزر لا تخضع لقانون التربيع العكسي الذى ينص على ان شده الاشعاع تتناسب عكسي مع مربع المسافة التي تتحركها فهي تحتفظ بشده ثابته لوحده المساحات أثناء انتشارها ولمسافات طويله ، حتى انه أمكن إرسال شعاع ليزر الى سطح القمر واستقباله مره أخرى على الأرض دون تشتت أو انتشار على الرغم من طول المسافة. أما الاشعة الضوئية الصادرة من مصادر الضوء العادية فهي تخضع لقانون التربيع العكسي وتقاس شدة أشعة الليزر بنفس وحدات قياس القدرة الكهربائية وهي الواط. وتعد أشعة الليزر النبضية أقوى أنواع الليزر لأن طاقتها مركزة في شكل نبضات سريعة ويمكن لأشعة الليزر المستمرة أن تنتج نفس كمية الطاقة مثل الأشعة النبضية ولكن ذلك يستغرق وقتاً طويلاً.

### 4) التشاكه ( Coherence) :

عندما نتعامل مع الحركة الموجية فأننا نتعامل مع السعه والطور وهاتان الكميتان مرتبطتان مع بعضهما بقوانين الحركة الموجية ، وان صفة التشاكه تتعلق بمتقلبات الطور والسعه وتغيراتهما مع اختلاف الموضع في الفضاء وكذلك مع الزمن. الضوء المنبعث من الليزر يمتلك خاصية كونه متشاكه كليا تقريبا أما مصادر الضوء الأخرى مثل الأنبوبة المتفلورة ، مصباح الضوء الاعتيادي المستند إلى توهج سلك التنكستن ، الشمس) فكلها تعتبر غير متشاكه) in coherence) وبالإمكان جعل هذه المصادر متشاكه ولكن تنتج من ذلك شدة قليلة جدا لا يمكن استعمالها في أكثر التطبيقات العملية. إن خاصية التشاكه التي يملكها الليزر جعلته من المصادر المهمة جدا في التطبيقات العامة. وأدت إلى اكتشاف أمور كثيرة في الفيزياء الحديثة ولجعل ضوء الليزر أو الضوء الذي نحصل عليه من المصادر الأخرى متشاكه يجب تحقيق شرطين:

1- أن يكون التردد قريبا جدا من كونه أحادي وهذا يعني بان عرض نطاق الحزمة) Band width يجب أن يكون صغيرا ، ويقال عند تحقيق هذا الشرط بان هناك تشاكها زمنيا. ( Temporal Coherence)

٢- شكل جبهة الموجة يجب أن يكون ثابتا مع الزمن وإذا تحقق هذا الشرط يمكن اعتبار الضوء متشاكه فضائيا) Spatially coherent).

#### التشاكه الزمني (Time Coherence)

لكي نفهم ماذا نعني بالتشاكه الزمني ولماذا يرتبط بضيق عرض النطاق يجب أن نفهم كيف يتكون الفوتون الضوئي. لنفرض إن إلكترونا يدور حول نواة الذرة وأبدل مداره من مستوى طاقة لاخر اقل من المستوى الأول فان فرق الطاقة بين المدارين يبعث على شكل فوتون له $\Delta E$طاقة مقدارها وكما في المعادلة:

$$\Delta E = hv \dots\dots (4)$$

إن انبعاث هذا الفوتون يتم خلال زمن يسمى بزمن العمر (Life time) لذرة في الفضاء الحر تبلغ قيم A مقدار يقرب من 10 ثانية. إذن يمكن النظر إلى الفوتون على انه موجة لها طول محدود ولها سعة يمكن أن تأخذ القيم من الصفر إلى أعلى قيمة ثم تهبط إلى الصفر مرة أخرى. عند إكمال الإلكترون انتقاله إلى المستوى ذي الطاقة الواطئة يكون شكل الموجة كاوسي ( Gaussian).

**التشاكه الفضائي ( Space Coherence)**

إن المصدر الضوئي يكون متشاكهاً في حالة امتلاكه لتشاكه زمني وتشاكه فضائي وكما ذكرنا سابقا يتضمن التشاكه الزمني احتمالية التنبؤ بالطور والسعة بعد فترة معينة من الزمن وهي تقع بين البداية والنهاية للمشاهدة وإذا أمكن إعادة عملية التنبؤ بعد فترة زمنية لاحقة يحقق ذلك وجود زمن تشاكه مساوي للفترات الزمنية بين التنبؤين في حالة تشاكه الفضائي لا نعني بمشاهد مختلفة وفي أزمان مختلفة على طول الرتل الموجي ، ولكن بمواقع مختلفة بالفضاء وعلى جبهة الموجة. ونقول بان الموجة متشاكهة فضائيا في حالة ثبوت فرق الطور بين أي نقطتين مختارتين على جبهة الموجة ، والثبوت يتطلب زمنا طويلا ولذلك يمكن إجراء عملية المشاهدة بالعين أو بالتصوير إن أفضل أجهزة الليزر المصنعة تمكن الحصول على تشاكه فضائي بصوره غير محددة تقريبا على عكس التشاكه الزمني والذي نحصل عليه لأجزاء الثانية فقط.

## (1-5) المرنان (Resonator)

المرنان عبارة عن تجويف رنيني يشكل مصدر التغذية الاسترجاعية في اجهزة الميزر والليزر و هو تصميم ضروري لدعم التكبير الحادث في الوسط الفعال نتيجة الانبعاث المحفز كذلك توجيهه والمحافظة على صيغة احادية الموجة لانبعاثه. يتم ذلك عادة بوضع المادة الفعالة في تجويف رنيني مناسب لتردد الاشعاع المنبعث حيث يعمل هذا التجويف كمذبذب رنيني مكونا ما يسمى بالموجات الواقفة.

## (1-5) انواع المرنان

### (1-5-1) مرنان المرآتين-المتوازيتين "مرنان فابري _بيرو"

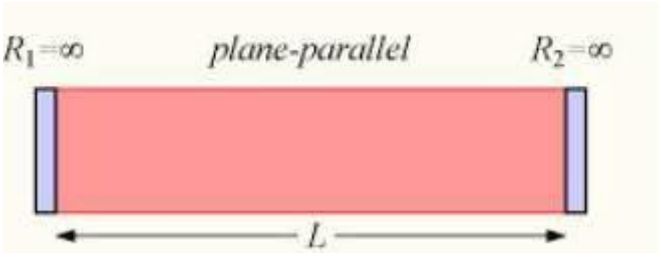
يبين الشكل رقم (6) شكل المرنان وترتيب مرآتيه ، فهو يتألف مرأتين مستويتين متقابلتين بشكل تراري احدهما الاخرى. كتقريب اولي. يمكن التفكير به للحصول على صيغ التذبذب لمثل هذا المرنان هو الجمع بين موجتين مستويتين تنتقلان باتجاهين متعاكسين يطابق محور المرنان بمراجعة المخطط وعند تطبيق مثل هذا التقريب يمكن تحديد صيغ التذبذب بتحقيق شرط كون المرنان (L) مشاوي إلى عدد صحيح من نصف طول الموجة ، اي ان:

$$L = n \dots \dots \dots (5)$$

هذا الشرط يضمن كون شدة المجال الكهربائي عند الحدود ( المرايا) مساوياً الى الصفر ، وفق هذه العلاقة تكون الترددات الرنينية كالتالي:

$$V = n \dots \dots \dots (6)$$

يمكن الحصول على هذه النتيجة بتطبيق شرط فرق الطور المسار رحلة كاملة لموجه مستوية




**الشكل (6) مرنان المرأتين المستويتين– المتوازيتين**

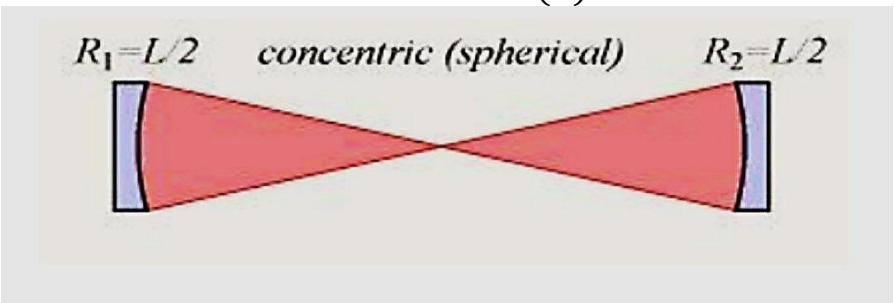
### (1-5-2) **المرنان الكروي** ( Spherical Resonator)

للتغلب على خسارة حيود الاشعة في مرنان–فابري بيرو تستخدم المرآة الكروية وتكون على عدة أشكال:

#### أ) **متحد المركز**

حيث يوضح الشكل رقم (7) مرنان كروي متحد المركز، حيث توضع المرآتين بحيث ينطبق مركز تكور للأولى على مركز تكور الثانية ، اي ان المسافة بينهما تساوي قطر أحدهما كما في المعادلة الآتية:

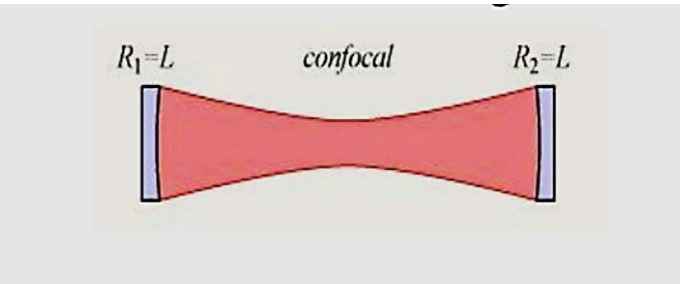
$$\boldsymbol{L = 2R} \dots \dots \dots \boldsymbol{(7)}$$




**الشكل رقم (7) مرنان كروي متحد المركز**

#### ب) **متحد البؤرة**

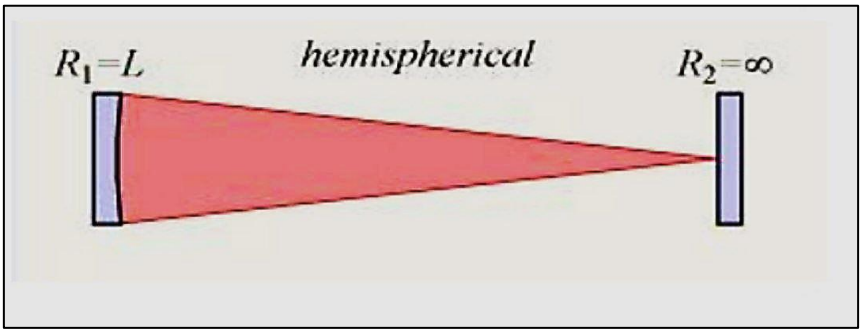
حيث يوضح الشكل رقم (8) في الاسفل مرنان كروي متحد البؤرة، حيث توضع المرأتين بحيث ان المسافة بين المرآتين تساوي نصف قطر تكور أحداهما ($L = R$) أي ان بؤرة المرآة الأولى $F_1$ تقع على بؤرة المرأة الثانية $F_2$.




**الشكل رقم (8): مرنان كروي متحد البؤرة**

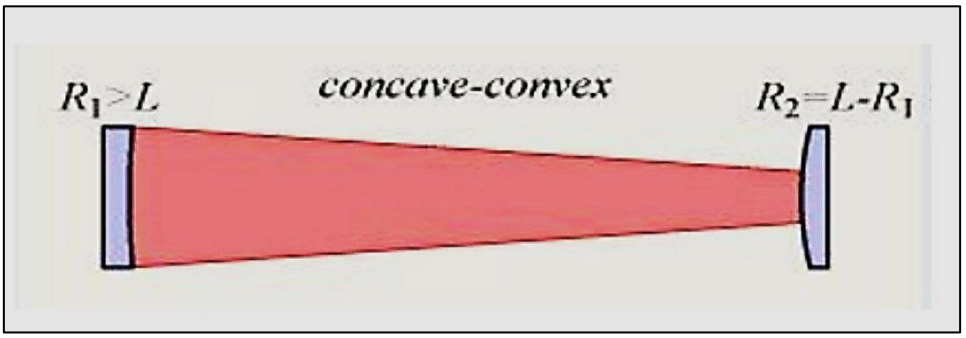
### ت) المرنان شبه كروي

أن الشكل رقم (9) في الأسفل يوضح مرنان شبه كروي يتألف هذا المرنان من مرآة كروية مقعرة واخرى مستوية




**الشكل رقم (9): مرنان شبه كروي**

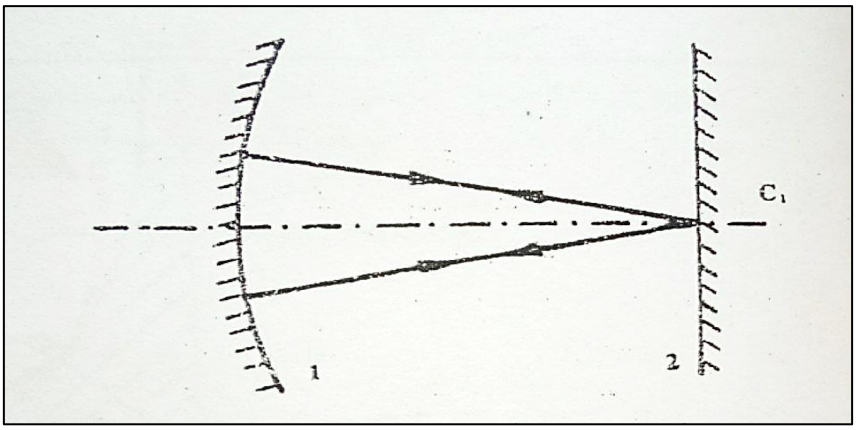
### ث) مرنان المرآتين المحدبة-المقعرة



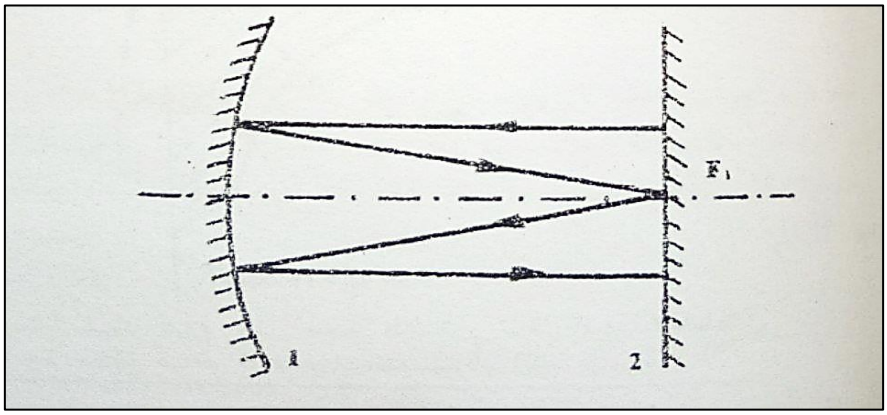

**الشكل رقم (10) مرنان المرآتين محدبه –مقعره**

### (1-5-3) المرنان الكروي - المستوي

يتألف هذا المرنان من مرآة كروية مقعرة واخرى مستوية حيث يكون ترتيبها وفق الشكلين(11) و (12) الموضحين في الأسفل، حيث يمثل الشكل رقم (11) مرناناً نصف كروي , **الشكل رقم (12)** مرناناً نصف بؤري.




**الشكل رقم (11): مرنان نصف كروي**




**الشكل رقم (12): مرنان نصف بؤري**

## (1-6) شرط الاستقرار للمرنان

أن شرط الاستقرار لمرنان كروي عام يمكن اشتقاقه بالاستعانة بقواعد البصريات الهندسية ووفق ما اعتمدنا عليه في البند السابق. فكما هو متوقع يعتمد شرط الاستقرار على الاوصاف الهندسية للمرنان ، أي على المقادير $\mathbf{R_2}$ ، $\boldsymbol{R_2}$ و $\boldsymbol{L}$ وللوصول الى هذا الشرط يجدر بنا ان نعرف كميتين هما $\mathbf{g_1}$ و$\mathbf{g_2}$, حيث تكون:

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} \dots\dots\dots (8)$$

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_2} \dots\dots\dots (9)$$

## (1-6) استخدامات أشعة الليزر

توجد العديد من الاستخدامات لأشعة الليزر في علوم الفيزياء والكيمياء وفي كافة المجالات منها في المجال الطبي والصناعي والعسكري،....الخ هي كالآتي:

1)علم الفيزياء والكيمياء ويستخدم الليزر غالبا كمصدر طبيعي حيث تقع معظم دراسات هذين المجالين في حقل علم الاطياف

2) التصوير المجسم وتبرز هنا أهمية صفة التشاكه العالية لحزمة الليزر وهي الصفة التي ينفرد بها هذا المصدر الضوئي عن جميع المصادر التقليدية.

3) الاتصالات البصرية حيث يتيح الليزر فرصة استخدام المدى المرئي من الاشعاع الكهرومغناطيسي في مجال نقل المعلومات فقصر طول الموجة الضوئية اضافة الى اتجاهيتها العالية تكفل وسيلة نقل للمعلومات بسعة تتعالى آلاف المراتب عن تلك التي تستخدم فيها الموجات المايكرو يه

4) الصناعة والتعدين وهنا يستخدم الليزر كمصدر للطاقة الحرارية فباستخدام حزم الليزر المبؤرة يمكن الحصول على طاقة عالية جداً لوحدة المساحة السطح أو بمقدار يفوق عدة مراتب عن تلك التي يمكن الحصول عليها المصادر التقليدية

5) علوم الحياة والطب ويستخدم الليزر كمصدر طيفي في الدراسات المتعلقة بتكوين وتطور الخلية الحياتية من جهة أخرى يستخدم الليزر كمصدر حراري لتدميرها او استئصالها او اتلاف جزء منها

6) للأغراض العسكرية وهنا يستخدم الليزر أيضاً كمصدر طيفي لقياس مسافات أو لتحديد موضع ما وكذلك كمصدر للطاقة الموجهة لتدمير جهاز او هدف عن طريق أحداث عطب فيه.

## (1-7) أهداف البحث

يهدف البحث الحالي الى ما يأتي:

1) التعرف على اشعة الليزر وتطبيقاته

2) التعرف على تقنية الهولوكرام

3) التعرف على التصوير الهولوغرافي او التصوير ثلاثي الابعاد باستخدام الهولوكرام

4) التعرف على انواع وتطبيقات الهولوكرام

## (1-8) الهيكلية العامة للبحث

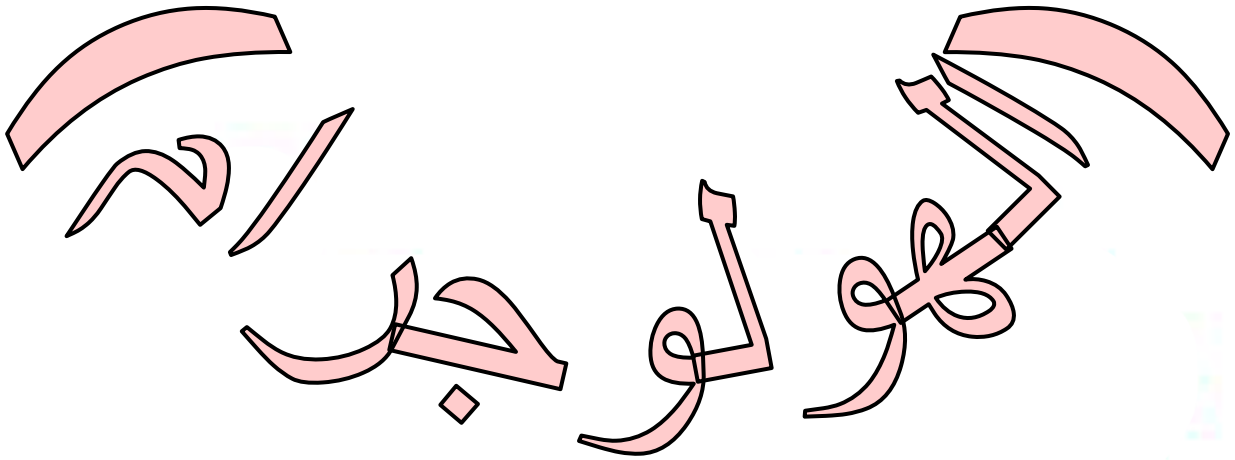
تضمن هذا البحث ثلاثة فصول هي الآتي:

- **الفصل الأول**: تضمن مقدمة عامة عن الليزر والعمليات التي ترافق انبعاث الليزر (من امتصاص وانبعاث ذاتي ومحفز)، فكرة عمل الليزر، خصائص أشعة الليزر، المرنان وانواعه وشرط استقراره واستخدامات اشعة الليزر.
- **الفصل الثاني**: تناول الفصل الثاني التصوير باستخدام الهولوكرام ومكونات جهاز الهولوكرام ومبدا عمله وكيفية تكون الصور الثلاثية الابعاد باستخدام لوح الهولوكرام الذي يستخدم لإظهار اهداب التداخل عليه.
- **الفصل الثالث**: في حين احتوى الفصل الثالث على مزايا وعيوب تقنية الهولوكرام.

# الفصل الثاني

## التصوير التجسيمي

### تمهيد



# الفصل الثاني

# تقنية التصوير التجسيمي (الهولوجرام)

## (2-1) المقدمة Introduction

أن كلمة هولوجرافي (Holography) أصلها يوناني مشتق من الكلمة هولوس (Holos) أي **(كل)** وغرافو (Grapho) أي الكتابة، بمعنى سجل الصورة الكامل أو فن التصوير المجسم، والهولوجرام أو التصوير ثلاثي الأبعاد هو تقنية جديدة للتصوير لازالت قيد التطوير، يتم إنشاؤها من قبل العديد من التطبيقات، والمقصود بها تسجيل وتخزين الصوت والضوء معًا في الوقت والمكان المناسب، وقد تم استخدامها بشكل أساسي في البحوث والتطبيقات التكنولوجية، كما بدأ أيضًا استخدامها بشكل متزايد في الفن في كثير من الدول، وبمرور الوقت اكتشف العديد من الفنانين الإمكانات الفنية لهذه التقنية.

## (2-2) مراحل تطور الهولوجرام

1) **في عام 1947:** اقترح العالم الفيزيائي البريطاني دينيس جابور تقنية لتسجيل الصور ثلاثية الأبعاد.
2) **في عام1960:** تم تطوير أشعة الليزر، مما سمح بتحقيق تقنية الهولوجرام عمليًا.
3) **في عام 1962:** تم تسجيل أول هولوجرام عملي بواسطة إيميت ليث وجوريس أوباتنيكس من جامعة ميشيغان.
4) **في عام 1964:** تم عرض أول عرض عام للهولوجرام في معرض شيكاغو العالمي.
5) **في عام 1970:** تم تطوير تقنيات الهولوجرام المجسمة، والتي تسمح بإنشاء صور ثلاثية الأبعاد أكثر وضوحًا وواقعية.
6) **في عام 1980:** تم تطوير تقنيات الهولوجرام ثلاثية الأبعاد، والتي تسمح بإنشاء صور ثلاثية الأبعاد يمكن رؤيتها من جميع الجوانب.
7) **في عام 1990:** تم تطوير تقنيات الهولوجرام الرقمية، والتي تسمح بإنشاء وعرض الهولوجرامات باستخدام أجهزة الكمبيوتر.
8) **في عام 2000:** تم تطوير تقنيات الهولوجرام التفاعلية، والتي تسمح للمستخدمين بالتفاعل مع الهولوجرامات.

**9) في عام 2010:** تم تطوير تقنيات الهولوجرام الواقعية الافتراضية، والتي تسمح للمستخدمين بالتفاعل مع العالم الافتراضي بطريقة واقعية.

## (2-3) فكرة تقنية التصوير التجسيمي (الهولوجرام)

تبنى تقنية التصوير التجسيمي (الهولوجرام) على استخدام شعاع قوى من ضوء الليزر يتم تقسيمه إلى شعاعين الأول يستخدم في إضاءة عنصر مجسم ثلاثي الأبعاد، ويسمى بشعاع العنصر (Object Beem)، والثاني يسمى بشعاع المرجع (Reference Beam) ويوجه كلاهما نحو هولوجرافي حساس للضوء، ويحدث تداخل بينهما مكونا صورة ثلاثية الأبعاد، حيث يحتوي الهولوجرام توزيع معقد من المناطق الشفافة والداكنة التي تناظر أهداب التداخل المضيئة والمظلمة، فالهولوجرام يمكن أن يستخدم كوسيط لعرض المجسمات ثلاثية الأبعاد.

## (2-4) الفرق بين الهولوجرافيا والتصوير العادي

أن هناك فرق بين الهولوجرافيا والتصوير العادي سواء كان أبيض وأسود أو ألوان، فالعين تحس بشدة استضاءة الموجات الساقطة عليها بعد انعكاسها من الأجسام فتعطى الإحساس بالرؤية لهذه الأجسام وترى صورتها، فالموجات الساقطة لها سعة وطور وشدة الاستضاءة، تتناسب طرديا مع مربع السعة فقط، لهذا فإن التصوير العادي هو المعلومات التي تحملها سعة الموجات فقط، وبالتالي نرى صور الأجسام في التصوير العادي في مستوى واحد فقط أو بعدين فقط، غير أن ما كان يحمل طور هذه الموجات من المعلومات لا نستطيع الحصول عليه لأن ألواح التصوير مثل العين تتأثر فقط بشدة الاستضاءة، لكن مع مزج التداخل الضوئي لموجات الليزر المنعكسة من الأجسام مع بعضها فإنه يمكن أن يؤثر فرق الأطوار بين الموجات في شدة الاستضاءة الناتجة للسعات، إما بالزيادة أو النقص أو بمعنى آخر يمكن الحصول على كل المعلومات التي تحملها الموجات على سعاتها وعلى أطوارها في شكل شدة استضاءة متغيرة يمكن تخزينها على لوح تصوير حساس، ثم عند حيود نفس موجات أشعة الليزر السابقة تتكون صورة في ثلاثة أبعاد مطابقة للأجسام تمامًا وتختلف رؤيتها حسب زاوية الرؤية، فهي تماما كما ثرى بالعين المجردة للأجسام من خلال نافذة وبزوايا مختلفة، فالهولوجرافيا هي صورة للأجسام كما تراها العين في الأبعاد الثلاثة وحسب زاوية الرؤية المجسمة لها.

أن التصوير المجسم يختلف عن التصوير التقليدي بأن التسجيل ليس في كثافة المادة الحساسة للضوء فحسب، بل أيضا في حزمة الموجات الضوئية التي تصطدم بالجسم المراد تسجيله، فتخطط الموجات الضوئية حاملة المعلومات الكاملة عن تخطيط ثلاثي الأبعاد للجسم، والتصوير المجسم يعتمد على تسجيل سعة موجة الجسم

وطورها، حيث تُسجل في لوح معين (يسمى هولو غرام) بحيث إذا تعرض للضوء يكون بالإمكان إعادة تكوين مصدر الموجة، وبالتالي فإن الصورة تتكون في الفضاء ثلاثي الأبعاد، وليس على ورقة كالتصوير العادي، كما أن الصورة المعروضة لا يمكن تمييزها عن الجسم الأصلي أبدًا، وناتج عملية هولوجرافي (Holography) تسمى هولوجرام (Hologram).

## (2-5) مراحل الحصول على الهولوجرام

لإنشاء مجسم ثلاثي الأبعاد نحتاج إلى جسم كما نحتاج إلى أشعة الليزر لتسقط على ذلك الجسم، وبالتالي تنقسم أشعة الليزر بواسطة مرايا إلى شعاعين متطابقين، أحدهما يتم توجيهه ليسقط على الجسم المراد تصويره، وبعض الضوء الساقط على الجسم ينعكس على وسط التسجيل أما الشعاع الآخر، يوجه إلى وسط التسجيل مباشرة، ولا يتعارض مع الصورة القادمة من الشعاع المنعكس من الجسم ويتناسب معها ليعطي صورة الهولوجرام، فالحصول على صورة الهولوجرام يمر بمرحلتين هما كالآتي:

**المرحلة الأولى:** تسجل فيها أنماط التداخل ثم الحصول على الهولوجرام.

**المرحلة الثانية:** وفيها يتم إضاءة الهولوجرام بطريقة معينة، حيث يكون جزء من الشعاع النافذ من الهولوجرام، مطابقا لموجة الجسم الأصلي فنرى الصورة ماثلة أمامنا كأنها الجسم الأصلي، ويستخدم الهولوجرام مادة حساسة للضوء لتصوير أهداب التداخل وهي أهداب ناتجة عن تداخل شعاع الجسم وشعاع المرجع، فعندما تتلاقى قمتين ويمكن أن نرمز للقمة برقم موجب فإن النتيجة هي تكبير الشعاع، ويسمى هذا بالتداخل البناء، وجمع عددين موجبين هو عدد موجب، ولكن إذا تلاقت قمة شعاع مع قاع الشعاع الآخر، ويمكن أن نرمز للقاع برقم سالب فإنهما يفنيا بعضهما البعض ويسمى هذا بالتداخل الهدام، والنتيجة هي صفر، والنتيجة هي التي تعبر عن شدة الضوء الواصل للفيلم، وعندما تتقاطع جبهات الموجتين للشعاعين شعاع المرجع والجسم عند سطح الهولوجرام، فإنها تكون على شكل قطع ناقص ثلاثي الأبعاد، ويتم تثبيت الفيلم في المكان الذي يحدث عنده تداخل الأهداب، مما يؤدي إلى تسجيل مقطع من هذه التداخلات ذات الشكل ثلاثي الأبعاد.

حيث أن الرؤية المجسمة الصناعية تعتمد على مبدأ الرؤية المجسمة الطبيعية المباشرة، فعندما ننظر إلى جسم ما بالعين المجردة ندرك على الفور أبعاده الثلاثة وهناك أسباب أخرى للشعور بالعمق، منها تحريك الرأس حول الجسم الذي ننظر إليه، وتغيرات وضع الخيال في الدماغ، أما أهم هذه الأسباب فهو أن كل عين تنظر إلى الجسم بزاوية رؤية مختلفة عن العين الأخرى، ومن ثم سيتكون في كل عين خيال يختلف قليلا عن الخيال المتشكل في العين الثانية، أي إن المسار الضوئي لأشعة كل خيال يختلف قليلا عن المسار الضوئي الآخر،

وينطبق هذان الخيلان على الشبكية، ويتولى الدماغ دمجهما معا، فيحدث الشعور بالبعد الثالث، ولتحقيق الرؤية المجسمة الصناعية بين صورتين، لابد من إعادة تركيب الخياليين المصورين M2 M1 وصنع ما يسمى باللوحة المصورة ثلاثية الأبعاد، بحيث ينطبق الخيالان أحدهما على الآخر، وتكون العينان مكان مركزي التصوير 01 ، 02 ، وتضع الصورتين متطابقتين كما في حالة التصوير الأصلية، وفي حالة خاصة يمكن تحقيق الرؤية المجسمة بالنظر بالمحاور العينية أو بالنظر بالمحاور المتوازية.

فعملية التجسيم التي يعتمد عليها الهولوجرام ترجع إلى نظام ترميز المعلومات في الخلايا البصرية من خلال عنصر التجسيم وا يشير إلى حقيقة مفادها إلى أن كل عين من العينين تستقبل نفس الصورة بشكل مختلف قليلا عن العين الأخرى، والنظارات ذات الأبعاد الثلاثية التي نستخدمها أحيانا عند رؤية بعض الأفلام أو وسائل الإيضاح الأخرى تعتمد في بنائها على هذه الحقيقة، فهم يقومون بتقنية الضوء القادم من مصدر فردي ذو بعدين مثل شاشة السينما، وهذا الضوء يصل إلى العينين والإدراك البصرى ذو الأبعاد الثلاثة الناتجة عن عملية التجسيم يمكن أن يكون إجباريا تماما، وهناك مصدر إجباري ثالث للمعلومات الخاصة بالأبعاد الثلاثة للرؤية، وهو يأتي مما تسميه اختلاف منظر الحركة، فعندما يحرك الفرد رأسه فإن الأشياء أو موضوعات الرؤية الأقرب إليه سوف تتحرك بسرعة أكبر عبر الشبكية مما تتحرك به الأشياء الموجودة على مسافة أبعد.

## (2-6) الأدوات المستخدمة في التصوير التجسيمي ( الهولوجرام)

أن الأدوات المستخدمة في التصوير الهولوجرافي هي كالآتي:

1) **جهاز الليزر**: يستخدم لهذا الغرض جهاز الليزر الذي ينتج الضوء الأحمر، وهو ليزر الهليوم نيون وفي بعض التطبيقات البسيطة للهولوجراف" يمكن استخدام ليزر الدايود، المستخدم في المؤشر الضوئي، أو يمكن استخدام ليزر ارغوني (أزرق–أخضر)، لكن لا نستطيع من خلاله الحصول على صورة عالية الجودة.
2) **العدسات**: المعروف بأن العدسة المستخدمة في الكاميرا تقوم بتجميع الضوء وتركيزه، بينما في الهولوجرام يكون دور العدسة هو تشتيت الضوء وتفريقه على مساحة من الجسم المراد تصويره.
3) **مجزئ الضوء**: وهو عبارة عن مرآة تعمل على تمرير جزء من الضوء وعكس الجزء المتبقي، أي القيام بفصل الشعاع إلى جزأين.
4) **المرايا**: وهي تستخدم في توجيه أشعة الليزر عبر العدسات ومجزئ الضوء إلى الموضع المحدد.
5) **فيلم الهولوجرام**: ويستخدم لتسجيل الهولوجرام فيلم له قدرة تحليلية، وهذا أمر ضروري لإنتاج الصورة الهولوجرامية، حيث يحتوي الفيلم على طبقة من مواد حساسة للضوء موضوعة على سطح منفذ للضوء.

**6) الهرم الزجاجي للعرض ثلاثي الأبعاد:** حتى يتحقق ما يسمى بالرؤية الثلاثية الأبعاد فالغاية واحدة والوسائل متعددة، الغاية التي يجب الوصول إليها هي أن ترى كل عين نفس المشهد، ولكن من زاوية تختلف عن زاوية العين الأخرى، وتتعدد الوسائل لهذه الغاية، ومن أبسطها طريقة الهرم الزجاجي

**الشكل رقم (1) الهرم الزجاجي للعرض ثلاثي الأبعاد**

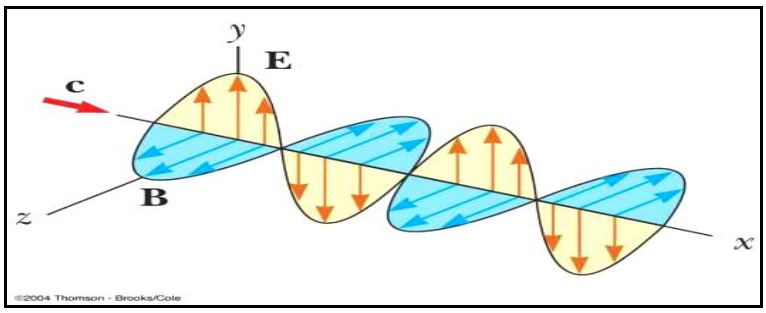
## (2-7) تداخل الضوء Interference

تفسر ظاهرة التداخل عن طريق النظرية الموجية للضوء، وهي ان الضوء عباره عن موجات كهرو مغناطيسيه تنتشر بسرعه c وبشكل جيبي. وتتكون الموجه من مركبتين كهربية ومغناطيسية متعامدتين كما في الشكل رقم (2) ينتج التداخل بسبب التقاء موجتين جيبتين متساويتين في التردد، وتتحركان في نفس الاتجاه وبنفس السرعة ولكن بفرق طور ثابت مقداره $\emptyset$ يعتمد على فرق المسار $\delta$ بين الموجتين والطول الموجي $\lambda$.

$$\phi = \delta \dots \dots (1)$$

حيث $k$ : يمثل العدد الموجي ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$




**الشكل رقم (2): تداخل الضوء**

## (2-8) ظاهرة حيود الضوء Diffraction of Light

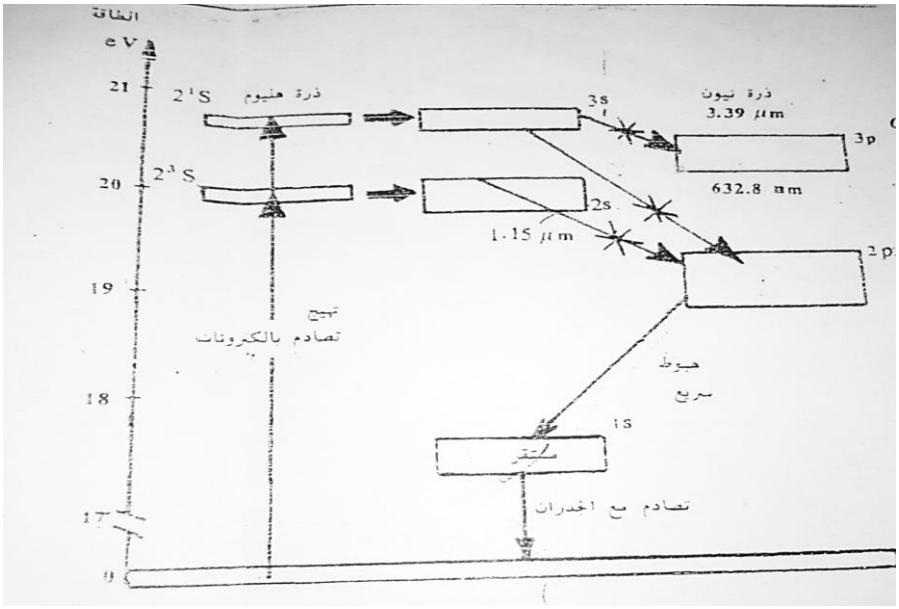
تعرف ظاهرة حيود الضوء بانها انحناء الضوء او انحرافه بشكل بسيط عند مروره عبر وسط ما، مع وجود جسم معيق لحركته امامه او وجود حاجز معين امامه، مما يجبر الضوء على الانحناء او الالتفات حول الجسم المعيق او الحاجز ليتمكن من مواصلة حركته. ان ظاهرة حيود الضوء تثبت ان الضوء لا يسير في خطوط مستقيمه فقط، وانما يمكنه الانحناء والالتفات حول الاجسام ايضا. وتحدث ظاهرة حيود في الضوء كالآتي:

- يخرج الضوء من مصدره، وينتقل في الهواء بخطوط مستقيمه
- يواجه الضوء عائق أو حاجز أمامه، فيضطر للمرور عبر أي شق أو فتحه يعثر عليها في هذا الحاجز، ولكن عند انتشار موجة الضوء من شق صغير أو فتحة صغيرة للغاية يحدث انحراف وانحناء لموجة الضوء، أي أنها لا تنتقل عبر بخطوط مستقيمة، وإنما بخطوط منحنية.
- يؤثر كل من الطول الموجي لموجة الضوء المنتقلة في الهواء، وحجم الفتحة التي ستنتشر عبرها هذه الموجة على طريقة انتقالها، فإذا كان الطول الموجي لموجة الضوء ($\lambda$ )أصغر من حجم الفتحة فإن الموجة ستنتقل من خلالها بخطوط مستقيمة، أما إذا كان الطول الموجي مساويًا لحجم الفتحة أو أكبر منها ؛ فإن الموجة سوف تنحرف عن مسارها ، وتنتشر بخطوط منحنيه

- عند سقوط الموجة المنتشرة من الفتحة على حاجز آخر معتم، فإنها ستظهر عليه على شكل مناطق مضيئة يتخللها مناطق مظلمة، بحيث تظهر على شكل دوائر لها سطوع مركزي في وسطها، ويخفض هذا السطوع مع الابتعاد عن المركز (بطريقة مشابهة لشكل موجات الماء عن رمي حجر في بركه ساكنة)

## (2-9) ليزر الهيليوم – نيون (Helium –Neon Laser)

يعد هذا الليزر من اهم انواع ليزر انواع ليزر الغاز الشائعة الاستعمال حيث كان أول ليزر غاز اشتغل بطول موجة ١,١٥ مايكرومتر وحدث ذلك في مطلع عام ١٩٦٠ وهو أيضاً أول ليزر يتعرف عليه الطالب في دراسته المختبرية لتحقيق مبادئ البصريات الفيزيائية ان لهذا النظام ثلاث انتقالات ليزر بالأطوال الموجية التالية ٣٠٣٩ مايكرومتر. ١,١٥ مايكرومتر والانتقال ٦٣٣ نانومتر الواقع في المدى المرئي وهو المتميز باللون الاحمر القاني الشائع الاستخدام.




**شكل رقم (3): مخطط الطاقة لذرة الهيليوم ولذرة النيون ذات العلاقة بعمل ليزر نيون**

## (2-10) مكونات جهاز ليزر الهيليوم نيون

**1)** يتكون من أنبوبة تفريغ كهربي مستقيمة من زجاج الكوارتز بها هليوم ونيون بنسبة عشرة إلى واحد

**2)** مصدر إثارة كهربي عالي التردد أو فرق جهد كهربي عالي مستمر يسلط على غازي الهليوم والنيون داخل الأنبوبة

**3)** تجويف رنيني يوجد مرآتان مستويتان متوازيتان متعامدتان على محور الأنبوبة توجد عند نهايتي الأنبوبة معامل انعكاس الأولى 99.5% بينما الأخرى شبه منفذة ومعامل انعكاسها 98%

## (2-11) خصائص ليزر الهيليوم - نيون

**1)** ليزر غازي لان المادة الفعالة غاز

**2)** يصدر ليزر مرئي (تحديدا في الجزء الاحمر من الطيف المرئي)

**3)** طوله الموجي 632.8 نانو متر

**4)** المادة الفعالة هي النيون

**5)** يكون تجاري عبارة عن اجهزة صغيرة نسبيا يمكن He–Ne ليزر حملها باليد.

**6)** يصدر ليزر الهيليوم _نيون ضوء ليزر في الجزء المرئي من الطيف

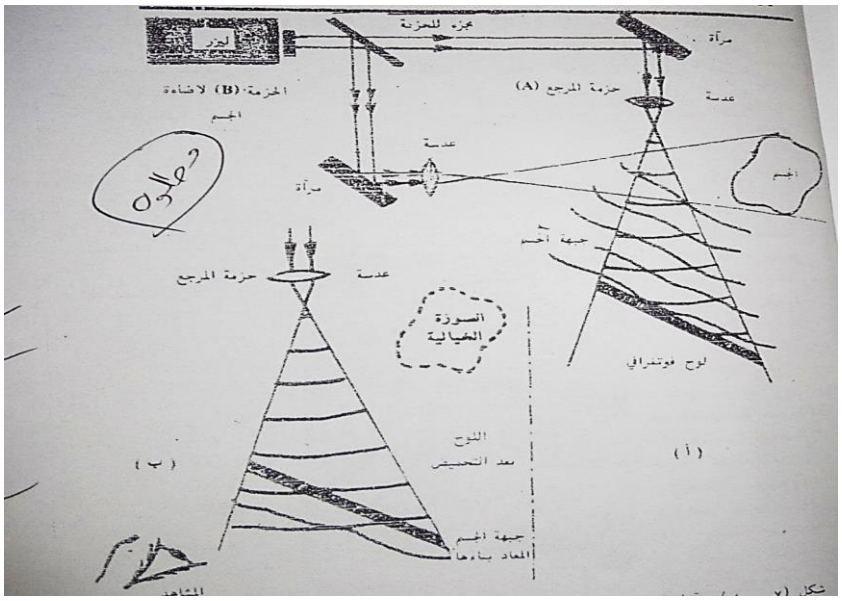
**7)** ثبات عالي

**8)** منخفض الكلفة فيمكن استخدامه في المعامل والمختبرات

**9)** يعمل في درجات الحرارة العالية فلا يتأثر بارتفاع درجة الحرارة.

## (2-13) أساس عمل الهولكرام

لتوضيح اساس عمل هذه العملية، نستعين بالشكل رقم (4) تستخدم حزمة من الليزر لتوليد حزمة المرجع (A) وكذلك حزمة الضوء (B) التي ستسقط على الجسم المطلوب تصويره ويستخدم لهذا الغرض مجزئ للضوء. يوضع اللوح الفوتغرافي بحيث يتعرض آنياً للموجة المنعكسة عن الجسم الذي تم انارته بحزمة الضوء (B) وتلك التي تمثل المرجع وبسبب التشاكه العالي لهاتين الحزمتين فسيتم تداخلها وتسجل أهداب التداخل الناتجة على اللوح الحساس الذي يجب أن تكون له قدرة تحليل عالية ليتم تمييز تفاصيل هذه الاهداب فعند تحميض هذا اللوح وتجفيفه وأعاده انارته بنفس خزمة المرجع. فان هذا الهولوكرام سيتصرف كمحرز للضوء، وإن شعاع المرجع سيتعامل مع أهداب التداخل المسجلة عليه والتي تعمل كحزوز تفاصيل الجسم فيحيد عنها الضوء وإذا ما نظر المشاهد باتجاه اشعة الحيود فسيرى هذه الاشعة وكأنها قادمة الجسم ذاته. إن هذه الاشعة تعيد بناء صورة وهمية المجسم فاذا ما حرك المشاهد عينه باتجاهات مختلفة فسيرى تفاصيل جانبية للجسم.




**الشكل رقم (4): مخطط يوضح اساس عمل الهولوكرام**

## (2-14) شروط عمل الهولوكرام

**1)** ان تكون صفة التشاكه لأشعة الليزر كافية لكي تظهر اهداب التداخل على اللوح.

**2)** لا يحدث تغير في موقع الجسم او اللوح او مصدر الضوء اثناء عملية التصوير تعريض اللوح لبضع ثوان عادة وإلا فالحركة تسبب تمويه في تسجيل الاهداب كما هي الحالة ايضاً في التصوير الاعتيادي. إن تغير الموقع هنا يعني الازاحة التي يجب ان تقل عن نصف طول موجة الليزر المستخدم.

**3)** يجب ان تكون حساسية الفلم (او قدرة تحليله) عالية لتسجل تفاصيل الجسم الدقيقة على شكل اهداب تداخل متميزة عن بعضها البعض (يتطلب استخدام الواح فتوغرافية ذات قدرة تحليل حوالي ٢٠٠٠ خط/ ملم على الاقل).

# تفصيل الثلاث

# نهريا و عيوج

# تكنولوجيا الهولوجرام

# الفصل الثالث

# مزايا وعيوب تكنولوجيا الهولوجرام

## (3-1) المقدمة Introduction

أن النظرية الأساسية لتكنولوجيا الهولوجرام كما بينا في الفصل السابق تبنى على أساس "استخدام شعاع قوي من ضوء الليزر يتم تقسيمه إلى شعاعين، الأول يستخدم في إضاءة عنصر مجسم ثلاثي الأبعاد ويسمى بشعاع العنصر (Object Beam)، والثاني يسمى بشعاع المرجع (Reference Beam) ويوجه كلاهما نحو لوح هولوجرافي حساس للضوء ويحدث تداخل بينهما مكوناً صورة ثلاثية الأبعاد".

## (3-2) الخصائص العامة للهولوجرام

**1)** إمكانية رؤية الجسم من كل الاتجاهات ورؤية أعماق الفتحات والثقوب عليه.

**2)** إن رؤية طرف واحد يخفي الآخر، فجذا نظرنا إلى الجزء الأيمن من الوجه اختفى الأيسر.

**3)** إمكانية رؤية حركة الجسم أو الشكل وتحوله وتغيره من شكل أو حالة إلى اخرى.

**4)** بالإمكان تصوير عدة صور هولوجرامية على لوح واحد ولا يحصل بينها تشويش.

**5)** خاصية التجزئة فجذا تحطم الهولوجرام يمكن استعادة الصورة بتعريض أي شظية منه لشعاع الليزر.

## (3-3) عيوب تكنولوجيا الهولوجرام Disadvantages of Holography Technology

كأي تكنولوجيا أخرى، هناك بعض العيوب لهذه التكنولوجيا منها:

**1)** السعر المرتفع

**2)** في حال النقل المباشر، فإن من الضروري توفر شبكة اتصال انترنت عالي السرعة، أي لا تقل السرعة عن 20 ميغابايت في الثانية.

**3)** الحاجة لمعدات خاصة ومكلفة، فتحتاج غرفة العرض إلى إضاءة خاصة وتكنولوجيا فيديو وصوت بتكلفة 150,000 دولار لتركيبها. وكذلك شاشة عرض بتكلفة 215,000 دولار.

ومع هذا فقد ذكر بومنت بأن تصميم بيوت المستقبل سيحتوي على غرفة للعرض مزودة باتصال عالي السرعة وشاشة عرض تمكن من التواصل الافتراضي وجهاً لوجه بين الناس. حيث يُعتقد أن هذه التكنولوجيا ستكون ركناً أساسياً في بيوت المستقبل وربما أن ذلك لن يكون بعيداً أي بغضون الخمس سنوات المقبلة، فمصممو المباني قد يضيفون غرفة لعرض ونقل هذه التكنولوجيا.

## (3-4) أنواع الهولوجرام

**1) الهولوجرام ثنائي الأبعاد 2-D Hologram**

يتكون من صور ثنائية الأبعاد تعطى ألوانا مختلفة، وتوضع في طبقة واحدة بدون عمق في الرؤية.

**2) الهولوجرام ثنائي/ ثلاثي الأبعاد 2-D/3-D Hologram**

يتكون من طبقات متعددة ثنائية الأبعاد حيث توضع الصور الهولوجرافية بجوار بعضها البعض بعمق رؤية لكي تخلق تأثيراً ذو تركيب هولوجرافي ثلاثي الأبعاد.

**3) الهولوجراف القلاب Flip Flop Hologram**

حيث يتم عرض صورتين من زاويتي رؤية مختلفتين أي عند تغيير زاوية الرؤية من اليمين لليسار أفقيا أو من الأعلى إلى الاسفل رأسيا تظهر صور مختلفة من خلال الهولوجرام صورة هولوجرافية يتم إخفاؤها بينما تظهر الصورة الأخرى بتغيير زاوية الرؤية.

**4) الهولوجرام الحركي –Kinetic Hologram**

يتكون من صور متحركة يتم رؤيتها بزوايا رؤية مختلفة، الصور الجرافيكية أو العلامة التجارية Logo يمكن دمجها داخل النماذج الهولوجرافية بمساعدة التقنيات الرقمية الخاصة وتقنيات D/3D2 ويتم عمل الهولوجرام ثلاثي الأبعاد المتحرك.

**1) هولوجرام الكتابات الميكرونية –Micro Text Hologram**

يمكن رؤية هذه الكتابات الميكرونية الدقيقة بصعوبة بالعين المجردة أو قد تكون غير مرئية وإنما تظهر من خلال عدسة.

## (3-5) أهمية تكنولوجيا الهولوجرام Advantages of Holography Technology

لا شك أنه لهذه التكنولوجيا أهمية في العديد من المجالات كما ذكر غلوم

1) **التسويق والإعلانات التجارية:** فالعديد من الشركات قد تستخدم هذه التكنولوجيا للتسويق لمنتجاتها لما تمتلك من خاصية جذب للمستهلكين.
2) **المجتمع:** تكمن أهمية هذه التكنولوجيا في خدمة المجتمع في الاعتماد المتبادل للعلاقات الإنسانية، فعلى سبيل المثال سعى البنتاجون (Pentagon) لتطوير هذه التقنية بحيث يتمكن أطفال الجنود الذين يخدم آباءهم خارج حدود الوطن من مخاطبتهم وكأنهم بجوارهم مما يخفف عنهم الشعور بفقدان الوالدين.
3) **البيئة:** وذلك بتقليل استخدام وسائل المواصلات وبالتالي تقليل التلوث الناجم عنها، فالقادة والعلماء عندما يودوا إجراء زيارة، أو المشاركة في مؤتمر في الطرف الآخر من العالم؛ فإنهم لن يضطروا أن يذهبوا فعلياً، فهذه التكنولوجيا تمكنهم من الحضور وهم في أماكنهم كما حصل مع الأمير تشارلز عندما شارك في مؤتمر الطاقة الخضراء الذي أقيم في أبو ظبي والذي كان حريصاً على أن يثبت أنه لو حضر شخصياً فإن الرحلة سوف تبعث (15) طناً من ثاني أوكسيد الكاربون ( أحد أسباب الاحتباس الحراري )، فكان حضوره بواسطة تكنولوجيا الـ Holography.
4) **التعليم:** يمكن لهذه التكنولوجيا في حال تطبيقها أن تكون لها فوائد عظيمة في مجال التعليم منها:

أ) تسمح للطلاب أن يتم تدريسهم من معلمين على بعد آلاف الكيلومترات. وهذا يسمح للمعلم (الافتراضي) أن يشاهد طلابه ويتفاعل معهم وكأنه معهم في نفس المكان وهذه الخاصية لا تتيحها الاجتماعات التي تنقل الصور عبر الفيديو.

ب) يمكن لهذه التكنولوجيا أن تحسن من العملية التعليمية بجلب أشخاص من الماضي ليتحدثوا عن أنفسهم ويمكن أن يشرحوا للطلاب كمدرس مساعد. ففي معرض سيئول للصور الحية تم عرض (62) لوحة من روائع الفن الغربي وإعادتها للحياة.

## (3-6) أهمية تقنية الهولوجرام في التعليم

أن تقنية التصوير التجسيمي "الهولوجرام"؛ هو تصوير مجسم ثلاثي الأبعاد بدرجة عالية جدًا، حيث يتمتع بالدقة والوضوح، فهذه التقنية عبارة عن حزمة من الموجات الضوئية التي تصطدم بالجسم الذي يُراد تصويره،

فتقوم بتخطيطه، ومن ثم يتم نقل بيانات الجسم بالموجات الضوئية، والتي قامت الأداة بتخطيطه عن التخطيط ثلاثي الأبعاد، إذ تكمن أهمية هذه التقنية بما يأتي:

1) تُعتبر تقنية يتم اعتمادها في تصميم الوحدات التعليمية.
2) تعمل على زيادة التفاعل المتبادل بين المعلم والطلاب، وذلك بسبب اكتساب مهارات تدريسية جديدة.
3) تُسهم في تطوير أساليب التعليم عن بعد وتوظيف التقنيات الحديثة في العملية التعليمية.
4) تعلب هذه التقنية دورًا إيجابيًا في كسب تطبيقات تعليم جديدة.
5) يجعل الطالب محور العملية التعليمية، ويُعزز استراتيجية التعلم الذاتي وتحمل المسؤولية.
6) تُساعد في عدم شعور الطالب بالملل والضجر وتمكينه من التقدم التكنولوجي والعلمي.
7) يُمكن إعادة إنشاء صور للأجسام بصور ثلاثية الأبعاد بالاعتماد على الليزر.
8) تتحول إلى أشعة ليزر طيف من الألوان الثلاثية الأبعاد، فيُوحي للمشاهد بوجود جسم حقيقي واقعيًا.

## (3-7) استخدامات تقنية الهولوجرام في التعليم

تُغطي هذه التقنية استخدامات عديدة في مجال التعليم، أبرزها ما يأتي:

**2) جمع الطلاب الذين يتواجدون في مواقع مختلفة**

إنّ استخدام هذه التقنية يعمل على التخلص من الحدود الجغرافية، مثل: يُمكن للطلاب من بلدان مختلفة وفي فصول دراسية متنوعة الالتقاء معًا من خلال العرض ثلاثي الأبعاد، فيشعر الطلاب بأنّهم موجودون معًا، وبالتالي يخلق ذلك تجربة تعليمية لا تُنسى.

**3) فهم الأحداث التاريخية**

يستطيع معلم التاريخ مثلًا استخدام هذه التقنية لبث الأحداث التاريخية، مثل: الثورات والحروب والشخصيات، حيث إنّ تقنية التصوير المجسم تجعل هذا ممكنًا وكأنه واقعي، إذ لا يُمكن فقط للطلاب مشاهدة الأحداث التاريخية بل يُمكن التفاعل معها من خلال تقنية الصوت المكاني.

**4) تدريس عدة فصول في وقت واحد**

إذ تُعتبر هذه الميزة مهمة جداً بالنسبة للمدارس النائية والتي لا يُوجد فيها عدد كافٍ من الفصول.

**5) سهولة التدريب العملي عن بعد**

يُمكن خلال دراسة المواد التطبيقية، مثل: العلوم والفيزياء والأحياء وغيره، الاستفادة من المجسمات التقنية لشرح الموضوعات المهمة؛ كجسم الإنسان وتشريح الحيوانات.

## (3-8) مستقبل تقنية الهولوجرام في التعليم

في الحديث عن إطار مستقبل الاعتماد على تقنية الهولوجرام في التعليم، سيكون استخدام هذه التقنية كوسيلة تعليمية من خلال التفاعل مع المنهج التعليمي أو تسجيل المحاضرات، وسيُغطي ذلك الحاجة إلى السفر من بلد لآخر للتدريس في جامعة معينة، واعتماد نظام المحاضرة الواحد في أكثر من مكان أو مدرسة، فهذه التقنية لها مستقبل كبير في استخدامات المحادثات المرئية.

## (3-9) استخدامات عامة لتقنية الهولوجرام

1) **في المجال الفني**: أن تقنية التصوير المجسم لاقت نجاحاً في المجال الفني ولمدى واسع بكثير مما نالته في التطبيقات العملية.

2) **في مجال الصناعة**: تم استخدام هذه التقنية في قياس المطاوعة وصيغ التذبذب.

3) **في مجال الدعاية والإعلان والتسويق**

4) استخدام الصور الهولوجرامية في العملات النقدية والبطاقات الائتمانية وفي بعض المغلفات للسلع الاستهلاكية.

5) في مجال الاتصالات والواقع الافتراضي والألعاب التفاعلية.

# المصادر

# References

# References المصادر

## المصادر العربية


1) سهام قندلا، فيزياء الليزر وبعض التطبيقات العملية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، حزيران 1987.

2) محمد، رنده درويش ويوسف، خالد طلعت (يناير، 2009). الهولوجرام كوسيلة تأمينية وتصميمية في مجال التغليف. مجلة علوم وفنون، 21 (1)، 123–146.

3) محمد سليمان الخطاطبة، وصال هاني العمري، تصميم وحدة تعليمية بتقنية التصوير التجسيمي وأثرها في التفكير التأملي، صفحة 358–370. بتصرّف.

4) عبد الجبار حسين الظفري، تكنولوجيا الهولوجرام، صفحة 5–16. بتصرّف.

5) مجموعة المحاضرات والبحوث التي ألقيت في ندوة والليزر والفيزياء الذرية والجزيئية، تريستا المعهد الدولي للفيزياء النظرية، ايطاليا لعامي (1983) و (1985).

6) سعود بن حميد اللحياني، الليزر وتطبيقاته، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي السعودية، جامعة أم القرى، كلية العلوم، قسم الفيزياء، 2009.

7) صبحي، حسان (2013 م): تصميم لوحات ارشادية هولوجرامية لمجمع دار الاوبرا المصرية – (مؤتمر تربية فنية).

8) خليل، سيده (2000 م): الأبعاد الجمالية والتقنية لاستخدام ضوء الليزر في النحت الحديث – رسالة ماجستير، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان.


## المصادر الأجنبية


9) Holography and the Universe. Retrieved 4/7/2013 from http://sdsuphysics.org/physics180/physics180B/Topics/light/phys180Bch24.html

10) Ghuloum, Husain. (2010). 3D Hologram Technology in Learning Environment. Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE) 2010. 694-702

11) H.Msmith"principies 0f Hoiography' Wiiey Intscience .New York (1984)

12) K.Shimoda. " Introduction to Laser Physics" spring (1984)

13) M.J Beesley, "Lasers and their Appiication",Tayior and Francis LtD(1976)

14) R.Eisberg,"Fundamental of Modern physics'. Wieiey and Sons(1962)

15) B.p.Hilderand and B.B. Erenden ."application of Holography,"plenum press,New York(1971)

16) F.A Jenkiniction and H.E White, Fundamentals of Optics," McGraw-Hill (1976).