الباب الثامن

8

أجهزة القياس البصرية

Optical Measuring Instruments

تمهيد

للحاجة المتزايدة للأدوات والمعدات وأجهزة القياس الدقيقة لإنتاج الأجزاء والمشغولات والأسلحة المتطورة ذات الدقة والجودة العالية وخاصة أثناء الحرب العالمية الثانية وبعدها، أدى ذلك إلى تصميم أجهزة قياس بصرية.

تتلخص فكرة أجهزة القياس البصرية على تكوين صورة للأجزاء المراد قياسها أو فحصها أو مقارنتها ومطابقتها بالقياسات النموذجية، وذلك من خلال ضوء يسلط على هذه الأجزاء من خلال مجموعة من العدسات والمرايا.

تعتبر أجهزة القياس البصرية من الأجهزة الفائقة الدقة، كما أن موضوعاتها واسعة ومتشعبة، لذلك فإن هذا الباب لا يتعرض لهذه الموضوعات تفصيلياً، بل يتعرض لمبادئها الأساسية، بالإضافة إلى عرض مبسط لبعض الأجهزة الأكثر استخداماً في المجالات الصناعية والهندسية.

وعلى الرغم من أن هذا الباب يتناول أجهزة القياس البصرية المختلفة ، إلا أنه يعطي فكرة مبسطة عن طبيعة الضوء والعدسات المستخدمة والتي تعتبر من أساسيات هذه الأجهزة.

يتناول هذا الباب مجموعة مختارة من أجهزة القياس البصرية المتاحة للاستعمالات الهندسية بمختبرات ومعامل القياس .. كالمجهر (الميكروسكوب) ــ المنظار (التليسكوب) ــ جهاز الإسقاط الضوئي ــ جهاز موجة الأشعة الذاتي ..... وغيرها.

ويتعرض لشرح مبسط لأجهزة الليزر كأجهزة حديثة وطرق الحصول على أشعة الليزر واستخداماتها في القياسات الهندسية.

الضـــوء .. Light

الضوء المنبعث من الشمس أو من أي مصدر آخر هو صورة من صور الطاقة، قد هيأ الله العين لاستقباله ليتم علينا نعمة الإبصار.

تنتشر الطاقة الضوئية في خطوط مستقيمة في جميع الاتجاهات، بالوسط المتجانس بسرعة هائلة تصل إلى حوالي 3×10^8 م/ث في الفراغ أو الهواء، وتختلف سرعة الضوء عن هذا المقدار باختلاف الوسط الذي تنتشر فيه.

نبذة تاريخية عن الضوء :

لقد تحير الإنسان في طبيعة الضوء الذي أنعم الله عليه به، وفرض فروضاً كثيرة للبحث في طبيعة هذا الضوء الذي يساعد الإنسان على الرؤية، وما هذه المادة المنبعثة من الشمس أو من القمر ليلاً أو من النار المستعملة أو من المصباح إلا هي دلالة على قدرة الله ونعمة الخالق سبحانه وتعالى.

فلقد اعتبر القدامى أن الضوء ناتج عن انسياب جسيمات دقيقة وسريعة تقذفها العين فتصدم بالجسم الذي تراه، ولكن هذه النظرية مرفوضة، لأن قبولها يفرض رؤية العين للأشياء الموجودة في الغرف المضيئة والمظلمة.

ولقد اهتم العرب بدراسة خصائص الضوء، وكان الحسن بن الهيثم أول من وضح أن الضوء المنعكس على الأجسام يعطي للعين الإحساس برؤية هذه الأجسام.

وفي عام 1660 ميلادية افترض نيوتن أن الضوء يتكون من جسيمات تنبعث من المصدر الضوئي ثم تنتشر في جميع الاتجاهات في خطوط مستقيمة، وإن لهذه الجسيمات خاصية النفاذ خلال الأوساط الشفافة والانعكاس على أسطح المواد الغير شفافة، وإن هذه الجسيمات إذا دخلت العين تعطي إحساساً بالرؤية.

ولقد أمكن بفضل هذه النظرية تعليل انعكاس الضوء على الأسطح المصقولة، وانتشارها في خطوط مستقيمة، غير أن بعض الظواهر المضيئة مثل تداخل الضوء والسراب، وقوس قزح لا يمكن تعليلها بهذه النظرية.

ولقد بين هيجنز عام 1680 ميلادية أنه يمكن اعتبار الضوء على أنه موجـــات، وبتلك النظرية الموجية أمكن تفسير ظاهرة الانكسار المزدوج.

وأثبتت التجارب التي أجرها كل من يونج وفرنل عـــام 1827 ميلاديـــة علـــى تداخل الضوء وحيوده، وكذلك قياس سرعة الضوء في السوائل، صحة فروض نظرية هيجنز، كما تمكن يونج من قياس الطول الموجي لموجات الضوء.

وفي عام 1873 ميلادية تمكن مكسويل باستخدام دائرة كهربية متذبذبة للحصول على موجات كهرومغناطيسية، وبحســـاب سرعة انتشارها في الهواء وجد أنها تساوي 3×10^5 كم/ث .. أي ما يعادل سرعة الضوء في الهواء.

وبعد خمسة عشر عاماً من اكتشاف مكسويل، نجح هرتز باستخدام دائرة متذبذبة في توليد موجات قصيرة عرفت بعد ذلك بالموجات الميكرومترية، وقد وجد أن تلـــك الموجات لها خواص موجات الضوء.

وفي عام 1905 ميلادية فرض أينشتين أن طاقة الشعاع تتركز في حزمة موجية غاية في الصغر سميت بالفوتون وتسير بسرعة $3 \times 10^{\circ}$ كم/ث. وأثبت أن الضوء يتكون من فيض من حزم موجية دقيقة من الطاقة تسمى فوتونات.

وتتناسب طاقة الفوتون مع زمن ذبذبته وبذلك أمكن تفسير ظـــاهرة الانبعـــاث الأيوني الضوئي، أي انبعاث الإلكترونات من أسطح الموصلات عند سقوط الضـــوء عليها.

وفي عام 1921 ميلادية تمكن كومبتون من تعيين كل من الطاقة وكمية الحركة للفوتونات والإلكترونات الحرة، وأثبت أن لها نفس خواص المادة.

وحديثاً يعتبر العلماء أن الضوء له خاصية ازدواجية، وأن ظاهرة انتشار الضوء يمكن تفسيرها على أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، بينما يمكن تفسير تفاعل الضوء بالمواد في عملية الانبعاث الأيوني أو الامتصاص على أنـــه جســـيمات دقيقة.

فكرة مبسطة

عن النظريات الخاصة بطبيعة الضوء

1. النظرية الجسيمية لنيوتن : Newton's Corpuscular Theory

درس نيوتن الظواهر الطبيعية للضوء ومنها انتشاره في خطوط مستقيمة وانعكاسه عند الأسطح، وانكساره في الأوساط الشفافة وغيرها ، ونتيجة لهذه الدراسة فقد افترض أن الطاقة الضوئية تنبعث من المصدر الضوئي على شكل جسيمات تنتشر في خطوط مستقيمة حتى تتقابل مع السطح الفاصل لوسط جديد.

وقد أمكن تفسير انتشار الضوء في خطوط مستقيمة وانعكاسه على الأسطح اللامعة على ضوء هذه النظرية. أما عند تفسير انكسار الضوء عند السطح الفاصل بين وسطين شفافين ، فإنها تقضي بأن سرعة الضوء في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تكون أكبر منها في الوسط الأقل كثافة ضوئية. وهذا يناقض التجارب العملية التي أثبتت أن سرعة الضوء في الماء أقل منها في الهواء ، وعلى ذلك فإن النظرية الجسمية فشلت في تفسير ظاهرة انكسار الضوء في الأوساط الشفافة.

2. النظرية الموجية لهيجنز : Huggens' Wave Theory

فرض هيجنز أن الطاقة الضوئية تنتشر على شكل موجات كرية، وأن كل نقطة على صدر الموجة يمكن اعتبارها مركزاً لاضطراب ثانوي لمويجات كرية جديدة تنتشر بنفس السرعة، ويكون المماس لتلك المويجات صدراً للموجة الجديدة.

تفسير ظاهرة الانعكاس والانكسار في ضوء نظرية هيجنز :

قد أمكن تفسير ظاهرة إنكسار وإنعكاس في ضوء نظرية هيجنز في الآتي :-

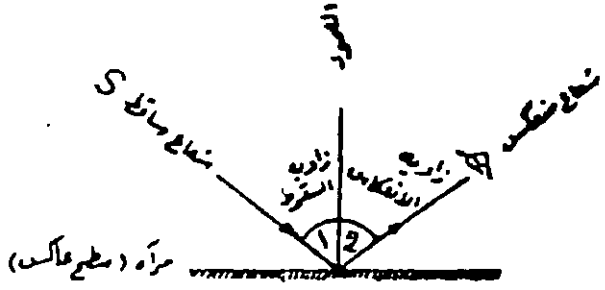
أولا : إنعكاس الضوء Reflection of Light

يمكن تشبيه انعكاس الضوء بارتداد الكرة المطاطية عند اصطدامها بالأرض، فإذا سقطت كرة مائلة على سطح الأرض، سوف ترتد بزاوية مساوية للزاوية الأولى

التي سقطت بها وفي الاتجاه الآخر.

وعندما يسقط شعاع ضوئي S على سطح عاكس (مرآة) بحيث يصنع من العمود الواقع على السطح زاوية 1 كما هو موضح بشكل 8 – 1 ، سوف ينعكس الضوء بزاوية 2 مساوياً للزاوية الأولى وفي الاتجاه الآخر.

∴ زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.

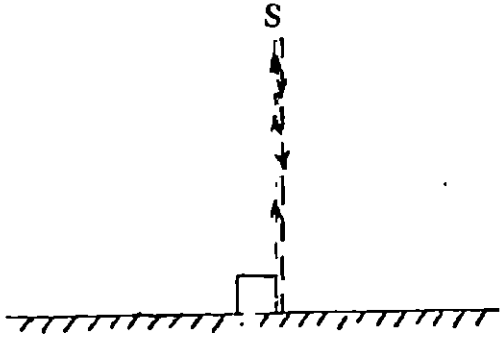


شكل 8 – 1

انعكاس الضوء على سطح عاكس

عندما يكون بزاوية على العمود الواقع على السطح

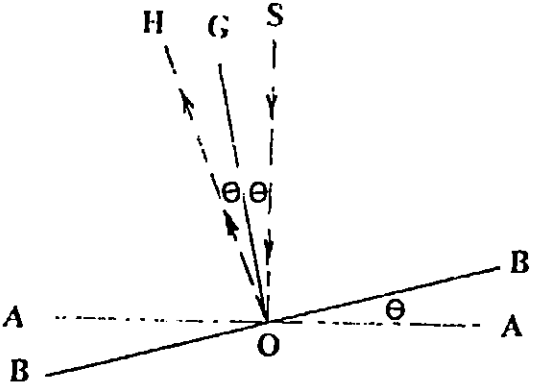
وإذا اصطدم شعاع ضوئي عمودي S على سطح عاكس مسطح، بحيث يصنع السطح العاكس مع الشعاع زاوية قائمة، فإن الشعاع ينعكس في نفس مساره الأصلي كما هو موضح بشكل 8 – 2 .



شكل 8 – 2

انعكاس الضوء على سطح عاكس عندما يكون بزاوية قائمة

وفي حالة استخدام الشعاع الضوئي S على سطح عاكس مثبت بحيث ينحرف بأي زاوية، فإن الشعاع يتأثر وينعكس بزاوية تساوي ضعف الزاوية التي تحرك بها السطح العاكس كما هو موضح بشكل 8 - 3 .



شكل 8 – 3

انعكاس الضوء على سطح منحرف

حيث AA ... سطح عاكس مستوي عمودي على المحور البصري.

BB ... سطح عاكس مستوي منحرف على المحور بزاوية θ.

GO ... العمود الساقط على السطح المنحرف.

S ... مصدر ضوئي..

H ... الشعاع المنعكس.

θ ... زاوية انحراف السطح العاكس.

2θ ... زاوية انعكاس الشعاع الساقط.

ثانيا : إنكسار الضوء Reflection of Light

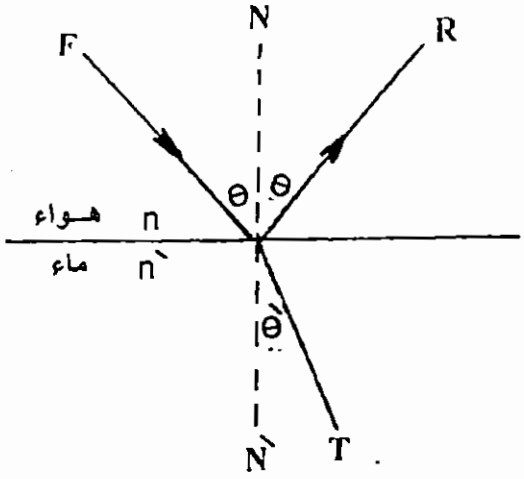
إذا انتقل شعاع ضوئي من وسط إلى آخر مختلف عنه في الكثافة الضوئية فإن سرعته تتغير، وبالتالي يغير من اتجاهه ويقال إن الشعاع الضوئي انكسر.

القانون الأول :

انكسار الضوء هو تغيير الشعاع الضوئي لمساره عن خط مستقيم، إذا انتقل بين

وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية مثل الهواء والماء، ويحدث هذا الانكسار عند الحد الفاصل بينهما.

الشعاع الضوئي ينتقل من وسط أقل كثافة ضوئية (الهواء) إلى وسط أكبر كثافة ضوئية (الماء) شكل 8 – 4 فإنه ينكسر مقترباً من العمود.. (وذلك لنقص سرعته).



شكل 8 – 4

الانعكاس والانكسار عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين

معامل الانكسار :

يعرف معامل انكسار أي وسط ضوئي بأنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في ذلك الوسط.. ويمكن تطبيق ذلك من المعادلة التالية:-

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{سرعة الضوء في الفراغ}}{\text{سرعة الضوء في الوسط}}$$

وبالرموز

$$n = \frac{C}{V} \qquad \text{.....(1)}$$

القانون الثاني :

القانون الثاني يتعلق بالشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنكسر، وينص على الآتي:-

النسبة بين جيب زاوية السقوط وجيب زاوية الانكسار تسمى بمعامل الانكسار وتساوي مقدار ثابت لجميع زوايا السقوط.

$$\frac{\sin\theta}{\sin\theta'} = \text{Const} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

يقع الشعاع المنكسر في مستوى السقوط وعلى الجانب الآخر من العمود، وقيمة المقدار الثابت تساوي النسبة بين معاملي انكسار الوسطين n' و n ويمكن تحقيق ذلك من المعادلة التالية:-

$$\frac{\sin\theta}{\sin\theta'} = \frac{n'}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

أو من المعادلة

$$n\sin\theta = n'\sin\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

وبالتعويض عن المعادلة (2) في المعادلة (4) نحصل على الآتي:-

$$\text{Const}\frac{\sin\theta}{\sin\theta'} = \frac{n}{n} = \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

وإذا كان أحد معاملي الإنكسار أو كلاهما مختلف عن الوحدة، فإن النسبة $\frac{n}{n'}$ تسمى عادة بالمعامل النسبي ويمكن تحقيق ذلك من قانون سنيل.

$$\frac{\sin\theta}{\sin\theta'} = n' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

وعندما تكون زوايا السقوط والانكسار صغيرة جداً، يمكن إجراء تقريب جيد بوضع جيوب الزوايا مساوية للزاوية ذاتها، وبذلك نحصل على المعادلة التالية:-

$$\frac{\theta}{\theta'} = \frac{n'}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

العدسات .. Lenses

للعدسات أهمية كبيرة في حياتنا اليومية، فيستخدمها البعض في النظارات الطبية لتصحيح النظر والاستعانة بها في القراءة والمشي، وكذلك الصورة التي نراها في دار العرض (السينما) على الشاشة ما هي إلا صورة صغيرة استخدمت العدسات في تكبيرها.

والعدسات لها قدرة أن تجعل الأجسام تظهر بمظهر أكبر من حجمها الحقيقي وذلك بسبب انكسار الضوء الذي يزيد من اتساع زاوية النظر، لكن العين ترى الضوء وكأنه ينتقل في خط مستقيم والجسم يظهر وكأنه أكبر بكثير من حجمه الحقيقي.

وتدخل العدسات في تركيب المجهر Microscope المستخدم في معامل التحاليل الطبية لرؤية الأجسام الدقيقة، والمنظار Telescope للاستعانة به لرؤية الأجسام البعيدة وكذلك الأجهزة المقارنة وغيرها.

لذلك تعتبر العدسات من أهم أجزاء أجهزة القياس البصرية.

أنواع العدسات :

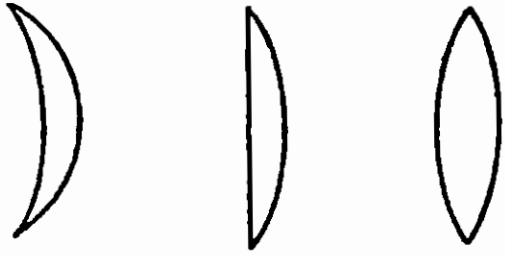
معظم العدسات لها أسطح كروية الشكل، هذه الأسطح بعضها محدب والبعض الآخر مقعر، هذا بالإضافة إلى الأسطح المستوية.. وغيرها من الأشكال.

عندما يمر الضوء من خلال أي عدسة فإن انكساره على كل من سطحيها يسهم في خواص العدسة.. فيما يتعلق بتكوين الصورة، حيث يوجد لكل من سطحي العدسة بؤرين أحدهما أساسي والآخر ثانوي.

توجد مجموعة كبيرة من العدسات، وتنقسم إلى قسمين أساسيين هما:-

1. العدسة اللامة :

العدسة اللامة هي عدسات سميكة في الوسط ورقيقة الحافة، ولها عدة أشكال كما هو موضح بشكل 8 – 5 فمنها العدسة المحدبة الوجهين أو محدبة مستوية أو محدبة مقعرة.



شكل 8 – 5

أشكال العدســـات اللامة

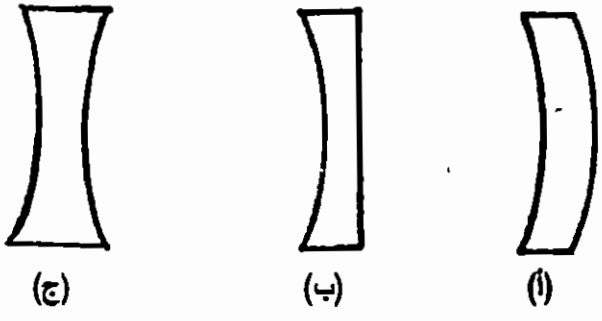
(أ) عدسة محدبة الوجهين.

(ب) عدسة محدبة مستوية.

(ج) عدسة محدبة مقعرة.

2. العدسات المفرقة :

العدسات المفرقة هي عدسات رقيقة في الوسط وسميكة عند الطرفين، ولها عـــة أشكال كما هو موضح بشكل 7 – 6 فمنها العدسة المقعـــرة الـــوجهين أو المقعـــرة المستوية أو المقعرة المحدبة.



شكل 8 – 6

أشكال العدســـات المفرقة

(أ) عدسة مقعرة محدبة.

(ب) عدسة مقعرة مستوية.

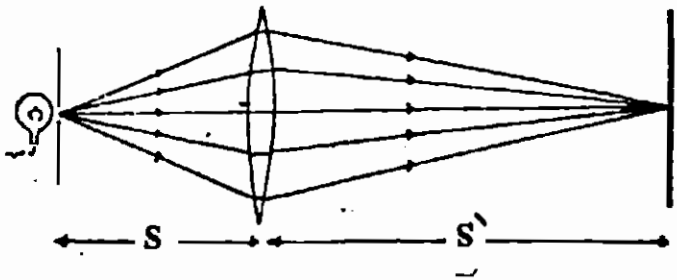
(ج) عدسة مقعرة الوجهين.

القانون العام للعدسات :

يربط هذا القانون بين البعد البؤري للعدسة وكل من بعدي الجسم والصورة عن العدسة.

تجربة :

1- ضع عدسة لامة بين مصدر ضوئي وحاجز كما هو موضح بشكل 8 – 7 وحرك العدسة يميناً أو يساراً حتى نحصل على صورة واضحة على الحاجز.



شكل 8 – 7

عدسة لامة بين مصدر ضوئي وحاجز

2- قياس بعد المصدر الضوئي عن العدسة وليكن 2 سم، وبعد الصورة عن العدسة وليكن S' سم.

3- أبعد العدسة عن المصدر لتغير قيمة S ، تلاحظ اختفاء الصورة المتكونة على الحاجز، حينئذ حرك الحاجز حتى تحصل على الصورة الواضحة مرة أخرى. وهذا دليل على تغير S' نتيجة لتغير S.

4- استبدل العدسة بأخرى تختلف في بعدها البؤري F. تلاحظ اختفاء الصورة، أي أن بعد الصورة S' يتوقف على البعد البؤري للعدسة.

الاستنتاج :

بعد الصورة عن العدسة يتغير نتيجة لتغير بعد الجسم، كما يتوقف على البعد

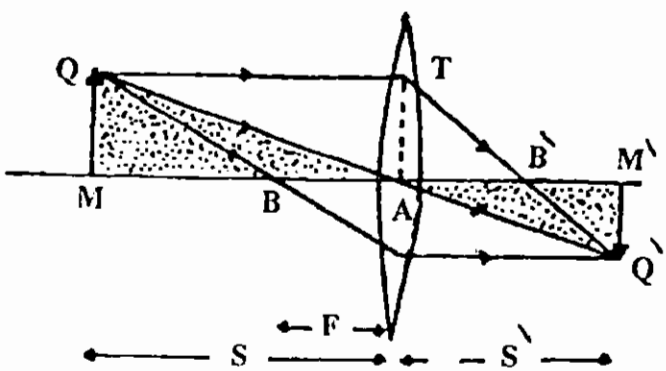
البؤري للعدسة F بالقانون العام للعدسات، ويمكن استنتاجه فيما يلي:-

أولا : في حالة العدسة المحدبة

(أ) إذا كانت الصورة حقيقية :

MQ جسم موضوع أمام عدسة لامة بعدها البؤري f يبعد عنها مسافة S. سم. تتكون له صورة $M'Q'$ على بعد S' سم من العدسة شكل 8 – 8 وذلك بأن ترسم شعاعاً موازياً للمحور الأصلي QT فينكسر ماراً بالبؤرة الأصلية B. وشعاعاً آخر AQ ماراً بالمركز البصري للعدسة A فلا يعاني انكساراً. والشعاع BQ المار بالبؤرة ينكسر ليخرج موازياً للمحور الأصلي.

تتجمع الأشعة النافذة من العدسة لتكون النقطة Q′ وهي صورة Q أما إذا أخذنا من M شعاعاً MA منطبقاً على المحور الأصلي وماراً بالمركز البصري فإنه لا يعاني انكساراً، وحيث أن MQ متعامداً على المحور الأصلي فإن مسقط Q′ على المحور الأصلي ويحدد M' وهي صورة النقطة M.



شكل 8 – 8

الصورة الحقيقيـــة للعدسة المحدبة

من الشكل ..... $MAQ\,\Delta\Delta\, M'A'Q'$، متشابهان

$$\frac{M'Q'}{MQ} = \frac{M'A}{MA} \quad \text{..... (1)}$$

$\because TQ \parallel MA, QM \parallel TA$

$\therefore QM = TA$

ويكون ... $\frac{Q'M'}{QM} = \frac{Q'M'}{AT}$ ..... (2)

$\Delta Q'AT \sim \Delta BAT$

$\therefore \frac{QM}{TA} = \frac{MB}{AB} = \frac{AM' - AB}{AB}$ ..... (3)

من (1) ، (2) ، (3)

$$\frac{AM'}{AM} = \frac{AM' - AB}{AB}$$

وحيث MA = S سم ، $A'M' = S'$ سم ، BA = f سم.

وحسب قاعدة الإشارات فإن:

S ، S' تكون موجبة والعدسة لامة فإن f موجبة.

$$\therefore \frac{S'}{S} = \frac{S' - F}{F}$$

$$\frac{S}{S} = \frac{S}{F} - !$$

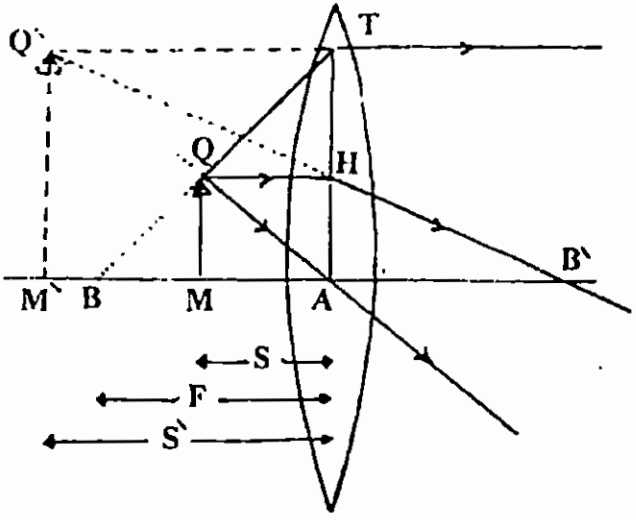
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{F} - \frac{1}{S'}$$

$$\boxed{\frac{1}{F} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}}$$

(ب) إذا كانت الصورة تقديرية :

إذا وضع الجسم على مسافة من العدسة بأقل من بعدها البؤري كما هو موضح بشكل 8 – 9 فإنه بطريقة هندسية مشابهة للحالة السابقة ينتج أن:-

$$\frac{AM'}{AM} = \frac{AM' + AB}{AB}$$



شكل 8 – 9

الصورة التقديرية للعدسة المحدبة

وحيث S= AM وهي موجبة، $S' = AM'$ هي سالبة والعدسة لامة فإن بعدها البؤري F موجباً.

وبقسمة طرفي المعادلة على S' ينتج أن:

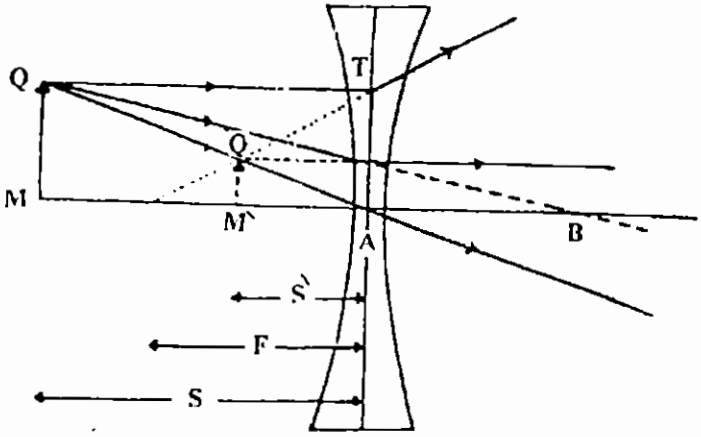
$$\therefore \frac{-S'}{S} = \frac{-S'+F}{S'}$$

$$-\frac{1}{S} = \frac{1}{F} + \frac{1}{S'}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$$

ثانيا : في حالة العدسة المقعرة

إذا وضع جسم مثل QM أمام العدسة المقعرة وأخذنا من نقطة Q ثلاثة أشعة، أحدهما يمر بالمركز البصري، والثاني يوازي المحور الأصلي، والثالث امتداده يمر بالبؤرة كما بالشكل 8 – 10 فنحصل على صورة تقديرية $Q'M'$ وتكون دائماً أصغر من الجسم.



شكل 8 – 10

الصورة التقديرية للعدسة المقعرة

المثلثين $Q`M`B`$, TAB متشابهان

$$\therefore \frac{Q`M`}{TA} = \frac{M`B}{AB}$$

وحيث أن QM = TA

$$\therefore \frac{Q`M`}{QM} = \frac{M`B}{AB}$$

$$\text{اي ان } \frac{Q`M`}{AB} = \frac{AB - AM}{AB} \quad \text{..... (1)}$$

المثلثان $Q`M`A`$ ، QMA متشابهان:

$$\therefore \frac{Q`M`}{QM} = \frac{AM`}{AM} \quad \text{..... (2)}$$

من (1) و (2) ينتج أن

$$\frac{AM}{AM} = \frac{AB - AM`}{AB}$$

وحيث أن S = AM ، $S`$ = AM ، F = AB

وبتطبيق قاعدة الإرشادات تكون S موجبة، $S`$ سالبة، وحيث أن العدسة مفرقة

فتكون F سالبة.

$$\therefore \frac{-S'}{S} = \frac{-F+S'}{-F}$$

$$\frac{-S'}{S} = 1 - \frac{S'}{F}$$

وبالقسمة على S' ينتج أن:

$$-\frac{1}{S} = \frac{1}{S'} - \frac{1}{F}$$

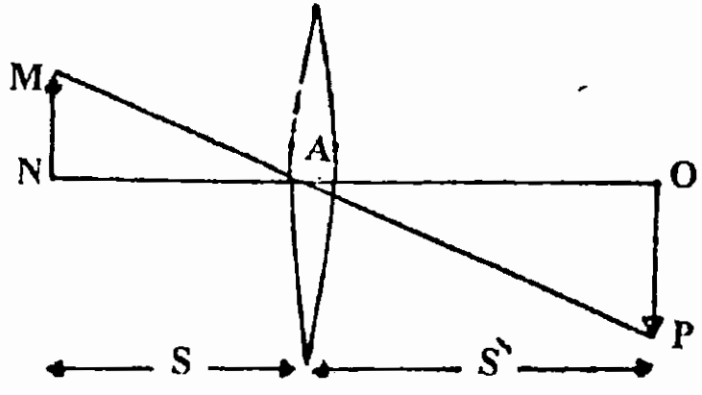
$$\therefore \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{S} - \frac{1}{S'}$$

وهو نفس قانون العدسة المحدبة، لذلك يسمى بالقانون العام للعدسات.

أساسيات التكبير : Principle of The magnifier

التكبير هو النسبة بين طول الصورة إلى طول الجسم، ويمكن استنباط هذه العلاقة من خلال بعد الجسم عن العدسة، وبعد الصورة عن العدسة، والبعد البؤري.

شكل 8 – 11 يوضح MN الذي يمثل جسمًا على المحور الأصلي للعدسة المحدبة، تكونت له صورة OP على المحور الأصلي.



شكل 8 – 11

أساسيات التكبير

$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة} \quad OP}{\text{طول الجسم} \quad MN}$$

ومن خلال تشابه $\Delta\Delta$ MAN ، OAP ينتج أن:

$$\frac{OP}{MN} = \frac{OA}{NA}$$

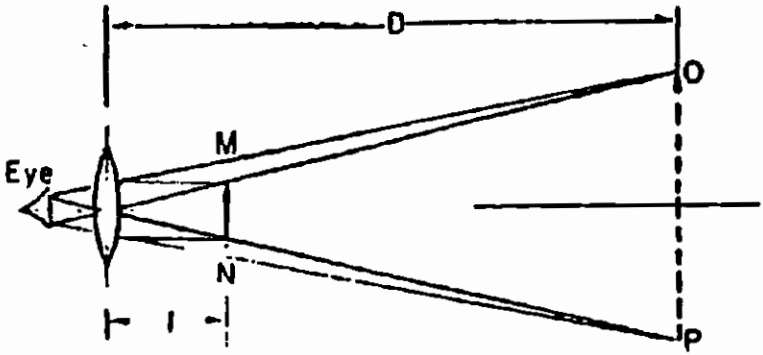
وحيث أن NA هو بعد الجسم عن العدسة S (موجبة)، OA بعد الصورة عن العدسة S' (سالبة).

$$\therefore \text{التكبير} = \frac{S'}{S}$$

$$\text{التكبير} = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}} = \frac{\text{بعد الصورة عن العدسة}}{\text{بعد الجسم عن العدسة}}$$

عين الشخص العادي يمكن أن ترى أي جسم بوضوح على مسافة 250 ملليمتر أو 10 بوصة أو أكثر، وأقرب مسافة يمكن أن ترى بها العين الأشياء بوضوح تسمى النقطة القريبة، وتعتبر مقبولة عموماً عند 250 ملليمتر. والتكبير يساعد العين لرؤية الأشياء بوضوح على مسافة أقل من 250 ملليمتر.

شكل 8 – 12 يوضح MN الذي يمثل جسماً وضع على المحور الأصلي على بعد 50 ملليمتر لعدسة مجهر بسيط، تكونت له صورة مكبرة OP وكأنها على بعد 250 ملليمتر.



شكل 8 – 12

رسم تخطيطي لأساسيات التكبير بمجهر بسيط

$$\text{قوة التكبير} = \boxed{\frac{\text{طول الصورة } OP}{\text{طول الجسم } MN}} \quad \text{او} = \frac{D}{F}$$

حـيث D ... أقرب مسافة وضوح رؤية وعادة تكون 250 ملليمتر.

F ... البعد البؤري للمكبر.

المجهر المركب

Compound Microscope

قاعدة أو أساس المجهر:

المجهر المركب (الميكروسكوب) اخترعه العالم الهولندي زاكاريـاس جـانس (Zacharias Janssen)، والغرض منه تكبير الأجسام الدقيقة التي لا تراهـا العـين المجردة بوضوح بواسطة المجهر البسيط. يستخدم في المعامل الطبية لمعرفة أنـواع البكتريا والفيروسات.

يتكون المجهر المركب الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 13 من عدستين محدبتين مركبتين في نهايتي أنبوب معدني، إحداهما تعرف بالشيئية وسميت بالشـيئية لكونها قريبة من الشيء المراد تكبيره، وهي عدسة لامة ذات بعد بؤري صـغير (أي

قوتها كبيرة) والعدسة الثانية تعرف بالعينية وسميت بالعينية لكونها قريبة من العين، بعدها البؤري أكبر من البعد البؤري للشيئية.. (أي قوتها أصغر).

وضع الجسم MN أمام العدسة الشيئية O لتظهر صورة حقيقية له تكون PQ وتظهر أمام العدسة العينية E عند RS لتظهر الصورة الأخيرة مكبرة ومقلوبة.

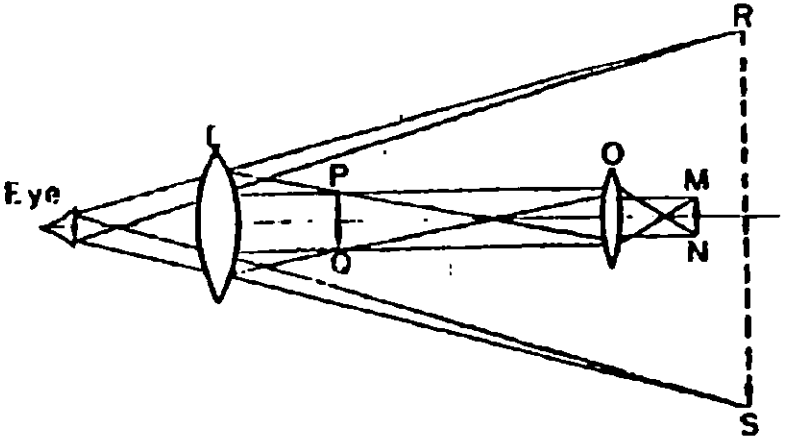
يكون التكبير النهائي للميكروسكوب هو حاصل ضرب تكبير العدسة الشيئية (التكبير الابتدائي) وتكبير العدسة العينية:

(التكبير الثانوي) كالآتي:-

$$\text{التكبير الابتدائي} = \frac{PQ}{MN}$$

$$\text{التكبير الثانوي} = \frac{RS}{PQ}$$

$$\therefore \text{قوة التكبير النهائي للميكروسكوب} = \frac{RS}{MN} = \frac{RS}{PQ} \times \frac{PQ}{MN}$$



شكل 8 – 13

رسم تخطيطي للمجهر المركب (الميكروسكوب)

بعد توضيح الأسس التي بني عليها المجهر Microscope فلم يقتصر استخدامه في المعامل الطبية وبل تطور ليعمل بالمجال الصناعي، حيث يستخدم في التفتيش على

قياسات الحدود الخارجية Profiles للأجزاء الهندسية، كما يستخدم كجهاز قياس وفي هذه الحالة يدخل في تركيبه بعض الأجزاء الحديثة التي تشتمل على نظام الإسقاط وذلك لإمكان رؤية الجزء المراد قياسه على شاشة العرض لأكثر من شخص في نفس الوقت، وهذا يجعله مريح لمستخدم الجهاز حيث يوفر جهده وتعبه وخصوصًا إذا كان الجهاز يستخدم بكثافة ولمدة طويلة.

الأجهزة المستخدمة لقياس الحدود الخارجية Profiles لتحديد أبعاد المشغولات تنقسم إلى قسمين هما:-

1- ميكروسكوب الورشة.

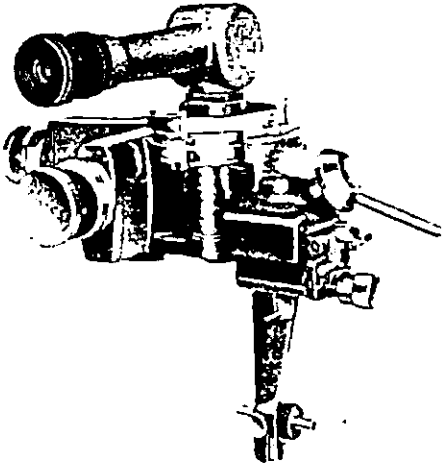
2- ميكروسكوب صانع العدة.

ميكروسكوب الورشة

The Workshop Microscope

يعتبر ميكروسكوب الورشة من أقوى الأجهزة المستخدمة في الورش والمعامل الهندسية حيث تعطي القدرة المطلوبة، وهي إما تجهز تجهيزاً خاصاً أو تعمل مستقلة، ومثال على ذلك في التطبيق جهاز التحكم البصري Profile الموضح بشكل 8 – 14 الملحق بآلة تجليخ دقيقة.

يتكون جهاز التَحكم البصري من ميكروسكوب حيث يكون نقطة ارتكاز وهي ذراع نصف قطري بنسبة تكبير 10 أضعاف، يحمل شبكة الخطوط (خطوط طولية وخطوط عرضية) مجهز بأسفل العدسة العينية، مدرجة تدريجات حلقية كل 0.635 ملليمتر (0.025 بوصة)، وهذه التدريجات مقسمة أيضاً ‘لى كل 0.127 ملليمتر (0.005 بوصة)، وأكبر نصف قطر مقعر أو محدب الذي يمكن أن يجهز به بصرياً هو 9.5 ملليمتر (0.375 بوصة). المنزلقات يتم التحكم بها عن طريق مقابض مكرومترية مدرجة بالملليمترات أو بالبوصات، اللفة الواحدة تساوي 01. ملليمتر أو 0.0005 بوصة.



شكل 8 – 14

جهاز التحكم البصري

ميكروسكوب صانع الآلة

The Toolmakers Microscope

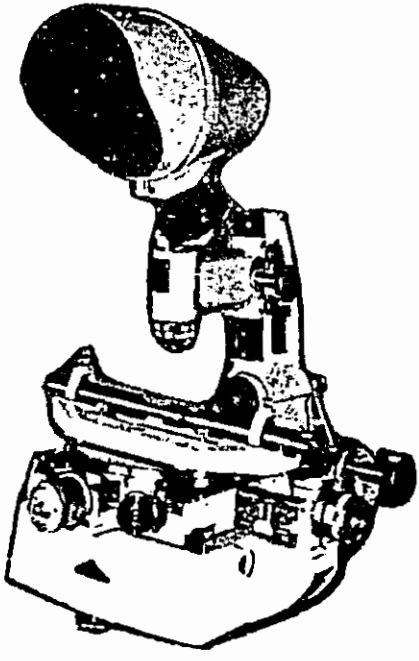
يعتبر ميكروسكوب صانع الآلة هو تطور منطقي لميكروسكوب الورشة، والشيء الجوهري في هذا الجهاز هو حركة الشغل تكون على طول محاور الانزلاق، حيث تضم معها ميكرومترات للراسمات (مقابض ذات قلاووظات ميكرومترية) للتحكم في حركتها، حيث يمكن رؤية المشغولات مباشرة أو بواسطة ملحقات للإسقاط البصري.

يستخدم ميكروسكوب صانع الآلة على نطاق واسع كفحص لمقاييس قوالب المعايرة والإسطمبات والمشقبيات والتجاويف الحلقية والقلاووظات.

يتم فحص وقياس كل عناصر القلاووظات الخارجية كذكور القلاووظ والتروس البريمية (الدودية).. وغيرها بواسطة استخدام عدسات عينية مجهرية مختلفة.

ميكروسكوب صانع الآلة الموضح بشكل 8 – 15 يتكون من أربعة أجزاء أساسية، الجزء الأول عبارة عن أنبوبة الميكروسكوب والأذرع الخاصة بتغيير رؤوس العدسة العينية المجهزة بمختلف الشبكات المعايرة لتغطية كل القياسات والفحوصات

المطلوبة، والعدسات الشيئية متاحة لمختلف التكبيرات، والجزء الثاني هو العمود الحامل للجزء الأول، والجزء الثالث عبارة عن قاعدة مركب عليها منضدة الشغل المثبتة على منزلقات تتحرك في الاتجاهين الطولي والعرضي، المنزلقات مصنوعة من معدن صلد معامل حرارياً ومجلخة، أما الجزء الرابع فهو يتكون من ملحقات الإسقاط البصري المركبة على الأنبوبة الميكروسكوبية والذي يجعل صورة المشغولة تسقط على الشاشة الزجاجية ذات القطر 229 ملليمتر (9 بوصة).



شكل 8 – 15

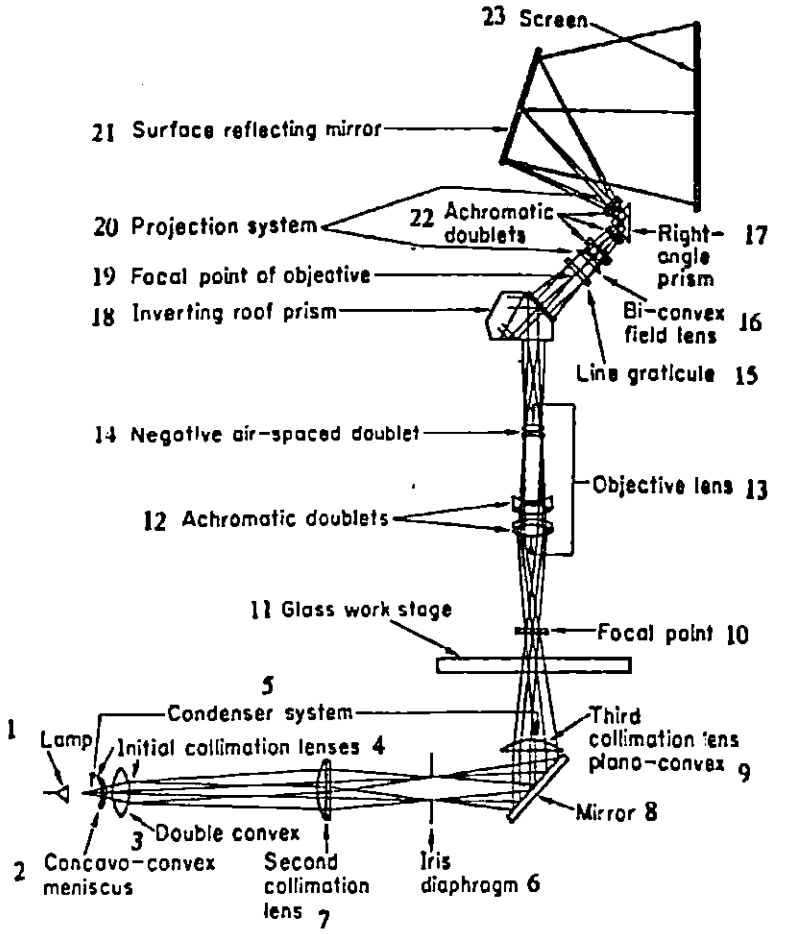
ميكروسكوب صانع الآلة

يتم التحكم بمنضدة الشغل عن طريق مقابض الراسمات الميكرومترية دقة قياس هذه المقابض هي 0.002 ملليمتر أو 0.0001 بوصة، المنضدة الدائرية قابلة للدوران وتتوقف بواسطة الاحتكاك.

زود الجهاز بثلاث عدسات شيئية تعطي تكبيرات على الشاشة بحد أقصى 30 مرة كما توجد عدسات أخرى إضافية تعطي تكبيرات تصل إلى 60 ، 100 مرة.

رؤوس العدسات المجهرية العينية المركبة على المنقلة، وأيضاً قوالب المعـايرة يمكن تغييرهما من الأنبوبة الميكروسكوبية، والاثنين يتحركان علـى محامـل فائقـة النعومة لإدارة شبكات قوالب قياس المعايرة.

ميكروسكوب صانع الآلة الموضح بالرسم التخطيطي بشـكل 8 – 16 يمكـن استخدامه بدون ملحقات جهاز الإسقاط وذلك عن طريق تحريك وحدة الفلتر إلى وضع الرؤية ترى الصورة من خلال العينية.



شكل 8 – 16

رسم تخطيطي لميكروسكوب صانع الآلة

1- مصدر ضوئي.
2- عدسة هلالية محدبة مقعرة.
3- عدسة ثنائية التحدب
4- عدسات ابتدائية (مع خط البصر).
5- منظومة مكثفة.
6- غشاء القرصية.
7- عدسة التسديد الثانية.
8- مرآة.
9- عدسة التسديد الثالثة.
10- نقطة البؤرة.. (موضع البؤرة).
11- قاعدة زجاجية.
12- قاعدة زجاجية
13- عدسة شيئية.
14- عدسة ثنائية متباعدة.
15- خط الشبكة.
16-عدسة المجال المحدبة.
17 - منشور قائم الزاوية
18 - منشور عاكس السطح.
19- موضع بؤرة الشيئية
20- منظومة إسقاط.
21- مرآة عاكسة.
22 -عدسات مزدوجة عديمة اللون.
23- شاشـــة.

دقة ميكرومتر صانع الآلة :

صممت الميكروسكوبات بصفة عامة ذات دقة وكفاءة عالية، لـذلك نجـد مـن الصعوبة وجود أجهزة خاصة لتقدير كفاءتها ودقة قياسها وخاصة كفاءة ميكروسكوب صانع الآلة.

ومما لا شك فيه أن أهم مميزات القياس بالأجهزة البصـرية عـدم الاسـتعانة بأجزاء ميكانيكية تؤثرَ تأثيراً ملحوظاً بالقياسات.

لذلك لا يوجد أي قلق وانزعاج عند استخدام ميكروسكوب صانع الآلة إلا فـي حالات نادرة.. حيث يحدث انخفاض في دقة القياس نتيجة لوجود خطأ في المقـابض الميكرومترية المسئولة عن تجهيز شبكة قياسات معايرة الحدود الخارجية للصورة، أو وجود خطأ في شبكة القياسات بالإضافة إلى الأخطاء المحتملة في النظـام البصـري نفسه.

وعلى أية حال يوجد في عصرنا الحالي اهتمامات كبيرة في تصنيع تلك الأجهزة وذلك للمحافظة على أعلى كفاءة ممكنة في قياساتها.

المنظـــار

The Telescope

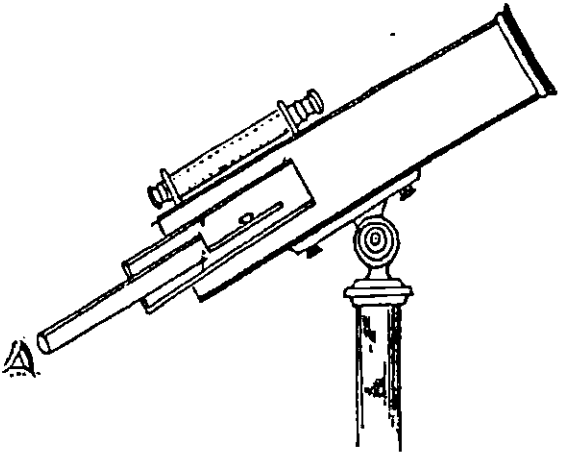
المنظار (التليسكوب) هو جهاز الغرض منه هو الحصول على مناظر مكبـــرة للأجسام البعيدة من خلال تقريب الصورة عن طريق تجميع وتركيز الطاقة الضـــوئية لهذه الأجسام، وينقسم إلى قسمين هما:

1- المنظار الفلكي.

2- منظار جاليليو.

المنظار الفلكي : Astronomical Telescope

المنظار الفلكي (التليسكوب الفلكي) شكل 8 – 17 هو جهاز يســتخدم لرؤيـــة ودراسة النجوم والكواكب التي تبعد عن الأرض بمسافات كبيرة جداً، ويعطي صورة مقلوبة.



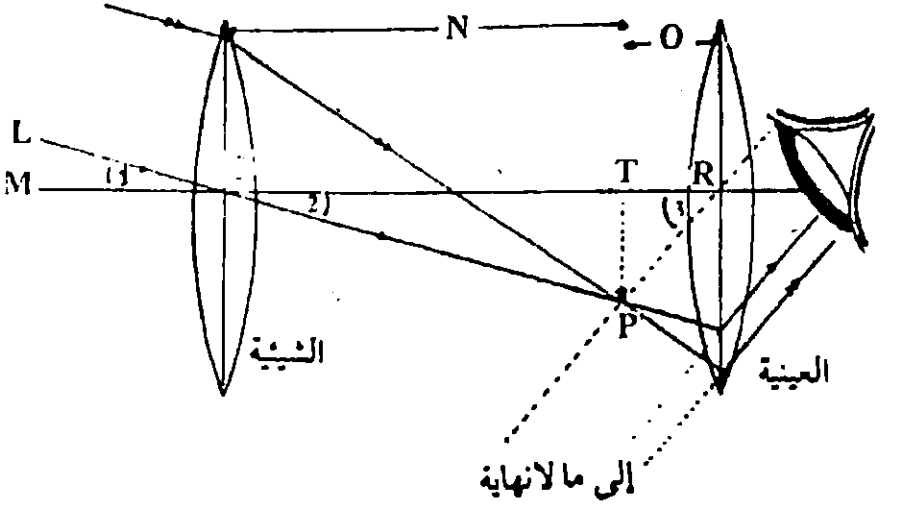
شكل 8 – 17

المنظار (التليسكوب) الفلكي

يتكون المنظار (التليسكوب) الفلكي فـــي أبســـط صـــورة كالموضـــح بالرســـم التخطيطي بشكل 8 – 18 من عدستين محدبتين إحداهما شيئية وهي عدسة لامة بعدها البؤري كبير (قوتها صغيرة) وهي التي تواجه المرئي البعيد (قمر أو نجم) وتســـتقبل

الأشعة المتوازية الصادرة من الجسم البعيد، فتتكون له صورة حقيقية مقلوبة مصغرة TP أصغر من الجسم وفي مستواها البؤري.

والعدسة الثانية تعرف بالعينية وبعدها البؤري صغير (قوتها أكبر) وتعد بحيث تكون الصورة الابتدائية في بؤرتها، فتتكون لها صورة تقديرية مكبرة مقلوبة بالنسبة للجسم ولكنها تقع في مالا نهاية.. أي بالقرب من الجسم نفسه.



شكل 8 – 18

رسم تخطيطي للمنظار (التلسكوب) الفلكي

عندما ننظر إلى القمر مثلاً من خلال المنظار نراه مكبراً عدة مرات، وحديثاً تتألف الشيئية من عدستين متلاصقتين للتغلب على بعض عيوب العدسات، وتقومان مقام العدسة الواحدة وتكونان صورة واضحة رغم كبر بعدها البؤري.. وتثبت الشيئية في طرف أنبوبة طويلة معدنية.

والعينية تتألف من عدستين في طرف أنبوبة قصيرة يمكن انزلاقها داخل الأنبوبة الطويلة، لتغيير البعد بين المجموعتين وتعرف الأنبوبتان بالقصبة، ونظر العين من خلال ثقب صغير يقع في المستوى البؤري للعينية تقريباً.

قوة التكبير بالمنظار (التلسكوب) الفلكي:

يمكن إيجاد قيمة قوة تكبير التلسكوب بالشكل السابق 8 – 18 من العلاقة التالية :-

$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{زاوية إبصار الصورة النهائية}}{\text{زاوية إبصار الجسم الأصلي}} = \frac{{}_3L}{{}_1L}$$

∵ $L_1 = L_2$ بالتقابل بالرأس

∴ قوة التكبير $= \frac{{}_3L}{{}_2L}$

$$= \frac{\text{بعد الصورة الأولى عن الشيئية}}{\text{بعد الصورة الأولى عن العينية}} = \frac{ST}{RT}$$

∴ قوة التكبير $= \frac{\text{البعد البؤري للشيئية}}{\text{البعد البؤري للعينية}} = \frac{N}{O}$

استنتاج :

قوة تكبير المنظار (التلسكوب) الفلكي عندما تنظر العين إلى جسم في مالا نهاية يساوي النسبة بين البعد البؤري للشيئية والبعد البؤري للعينية، ويلاحظ الآتي:-

1- يزداد قوة التكبير كلما كبر البعد البؤري للشيئية وصغر البعد البؤري للعينية.

2- تكون مساحة وجه الشيئية كبيرة لاستقبال كمية كبيرة من الضوء.

3- طول القصبة = مجموع البعدين البؤري لعدستي المنظار

$$O + N =$$

منظار جاليليو : Galilean Telescope

منظار (تليسكوب) جاليليو الموضح بشكل 8 – 19 عبارة عن آلة بصرية تستعمل لرؤية الأجسام البعيدة على سطح الأرض يستخدم منظار جاليليو في سباق الخيل والمسارح كما يستخدمه الجنود لرصد أماكن وتحركات العدو.

يختلف منظار جاليليو عن المنظار الفلكي بأن العدسة العينية عبارة عن عدسة مفرقة، ويتميز بأن الصورة النهائية تكون معتدلة علاوة على صغر حجمه.

شكل 8 – 19

منظار (تلسكوب) جاليليو

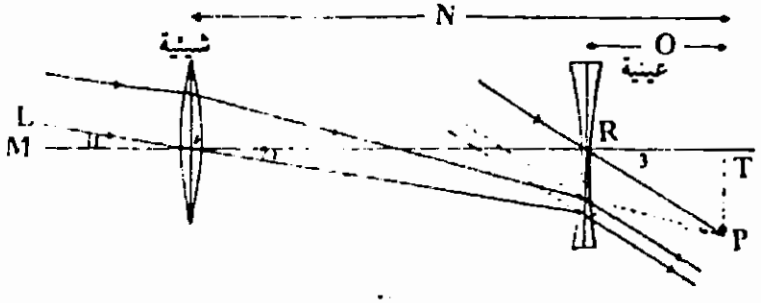
يتكون منظار (تليسكوب) جاليليو الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 20 من عدستين إحداهما شيئية وهي عدسة لامة سطحها واسع ذات بعد بؤري كبير N (قوتها صغيرة) توضع في مواجهة الجسم المراد رؤيته، فتكون للجسم البعيد (في لا نهاية) صورة حقيقية مقلوبة مصغرة في مستواها البؤري. والعدسة الأخرى عينية وهي عدسة مفرقة ذات بعد بؤري صغير O (قوتها كبيرة) تتراوح ما بين 10 ــ 20 سم.

تقطع العينية حزمة الأشعة المتجمعة بحيث تكون الصورة بالنسبة إليها جسماً تقديرياً واقعاً على بعد منها يساوي بعدها البؤري.. أي تقع الصورة الناشئة في البؤرة التقديرية للعينية.. فتتفرق الأشعة لتكون صورة تقديرية مكبرة معتدلة بالنسبة للجسم

الأصلي وفي مالا نهاية.

تثبت العينية في طرف أنبوبة تنزلق في أنبوبة أخرى، تثبت في طرفيها الشيئية، وتسميان بقصبة الجهاز.، تستخدم عادة نظارتان متماثلتان من نظارات جاليليو.

صمم منظار جاليليو بحيث يتوازى محور النظارتان المتماثلتان ويكـون البعـد بينهما مساوياً البعد بين عيني المستخدم للمنظار.



شكل 8 – 20

رسم تخطيط لمنظار جاليليو

قوة تكبير منظار جاليليو :

$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{زاوية إبصار الصورة النهائية}}{\text{زاوية إبصار الجسم الأصلي}} = \frac{\angle 3}{\angle 1}$$

$\because \angle 1 = \angle 2$ بالتقابل بالرأس

$$\therefore \text{قوة التكبير} = \frac{\angle 3}{\angle 2} = \frac{\dfrac{\text{طول الصورة الأولى } TP}{\text{بعدها عن العينية } RT}}{\dfrac{\text{طول الصورة الأولى } TP}{\text{بعدها عن الشيئية } ST}}$$

$$= \frac{\text{بعد الصورة عن الشيئية } ST}{\text{بعد الصورة عن العينية } RT}$$

$$\therefore \text{قوة التكبير} = \frac{N}{O} = \frac{\text{البعد البؤري للشيئية}}{\text{البعد البؤري للعينية}}$$

ملاحظة :

1- تزداد قوة التكبير كلما كبر البعد البؤري للشيئية وصغر البعد البؤري للعينية.

2- تكون مساحة وجه الشيئية كبيرة لاستقبال كمية كبيرة من الضوء.

3- طول القصبة = الفرق بين البعدين البؤريين لعدستي المنظار

$$O - N =$$

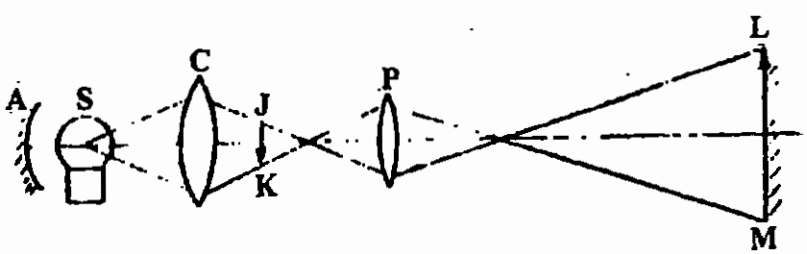
جهاز الإسقاط

Projector

قاعدة تشغيل جهاز الإسقاط : Principle of the Projector

جهاز الإسقاط أو الفانوس السحري Projector هو جهاز يستخدم للحصول على صورة حقيقية مكبرة لصورة صغيرة مأخوذة على ألواح فوتوغرافية شفافة (شريحة أو فيلم).

يتكون جهاز الإسقاط الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 21 من مصباح كهربائي شديد الإضاءة S، مرآة مقعرة A، عدسة مكثفة C ، حامل الصورة JK المثبت على بعد من شيئية الجهاز P (الحامل على بعد أكبر قليلاً من بعد الشيئية البؤري).



شكل 8 – 21

رسم تخطيطي لجهاز الإسقاط

الضوء المنبعث من المصباح الكهربائي S ينعكس من خلال المرآة المقعرة A ليوجه إلى العدسة المكثفة C لتتجمع الأشعة وتضيء الصورة المثبتة على اللوح JK ثم تقع على شيئية الجهاز P فتتكون صورة حقيقية مقلوبة على الشاشة أو الستارة المثبتة على بعد.

شيئية الجهاز قابلة للحركة إلى الأمام والخلف لجعلها في وضع تكون فيه الصورة واضحة على الشاشة، ويلاحظ أن الصورة المكبرة LM تكون مقلوبة بالنسبة للصورة الصغيرة، لذلك يوضع اللوح JK بحيث تكون الصورة الصغيرة التي عليها مقلوبة، لتظهر على الشاشة بتكبير بحيث يراها المشاهد واضحة ومعتدلة.

مميزات جهاز الإسقاط :

يعطي جهاز الإسقاط عدة مميزات بالمقارنة بالفحص الميكروسكوبي كالتالي :-

1. الحصول على صورة حقيقية مكبرة.
2. يخفض من إجهاد العين.
3. الصورة المسقطة من خلال جهاز الإسقاط يمكن قياسها أو مقارنتها بأي شكل معبر.
4. مشاهدة الشاشة لعدد غير محدود.

عيوب جهاز الإسقاط :

العيب الأساسي لجهاز الإسقاط إنه يحتاج إلى مكان متسع وفسيح أثناء تشغيله.

جهاز الإسقاط البصري : Optical Projector

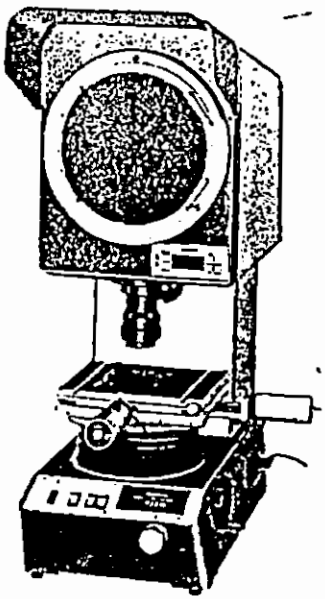
بعد توضيح الأسس التي بني عليها جهاز الإسقاط البصري Optical Projector فلم يقتصر استخدامه لرؤية الصور الفوتوغرافية سواء كانت هذه الصور للمناسبات العامة أو صور خاصة هندسية ، بل تطور للعمل بالمجال الصناعي.

عادة يصنع جهاز الإسقاط البصري الموضح بشكل 8 – 22 في غرفة قياسية .. يستخدم في فحص الأجزاء التي لا يمكن قياسها بالطرق المباشرة بدقة، كما يستخدم

في أغراض التفتيش الروتينية ، حيث معالم السطح يمكن مشاهدتها مكبرة من خـــلال الجهاز.

الصورة المتكونة للجسم على الشاشة يمكن مقارنتها بنموذج للمعايرة أو برســـم معد مكبر في القياس ، وفي هذه الحالة يمكن استخدام الجهاز كجهاز قياس . ومن جهة أخرى يمكن استخدام الجهاز للمقارنة فقط إذا زودت الشاشة بخطوط تكافئ التجاوزات المطلوبة.

وعادة يستخدم جهاز الإسقاط البصـــري في فحـــص أشكال حـــدود آلات القطع المستخدمة في الماكينات ذات التحكم الرقمي C N C ، ومحددات القياس والقلاووظات والتروس والأجزاء المشابهة سواء كانت منتظمة أو غير منتظمة في شكلها الخارجي.



شكل 8 – 22

جهاز إســـقاط بصري

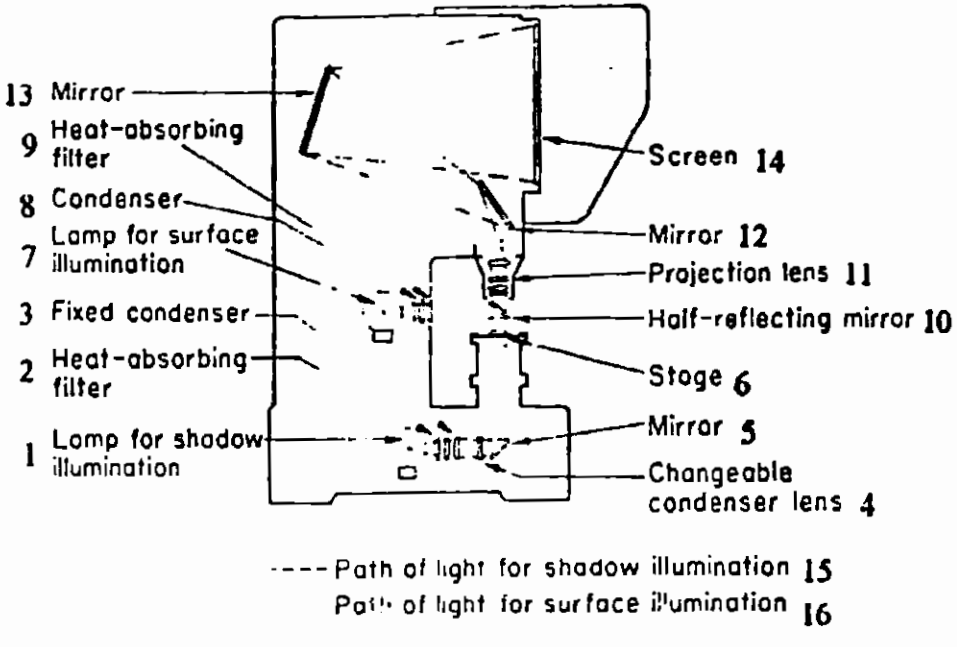
يستخدم جهاز الإسقاط البصري الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 23 في اختبار المنظر الخارجي لمعرفة تفاصيل السطح.

يوضع الجسم في مكانه حيث يضاء من أسفل في حالة اختبار المنظر الخارجي فقط، أو يضاء من أعلى في حالة الإسقاط لمعرفة تفاصيل السطح.

يمكن تغيير البعد البؤري عن طريق دوران عجلة يدوية (مقبض) بالجهاز ، حيث يمكن عن طريقها تغيير مكان الجسم بالنسبة للعدسة.

يزود الجهاز عادة بأربعة مقاسات للعدسات ، يوجد ثلاثة منهم في البرج لتغيير نسبة التكبير، تصل نسبة التكبير إلى الآتي :-

100 : 1 ، 50 : 1 ، 20 : 1 ، 10 : 1



شكل 8 – 23

رسم تخطيطي لجهاز الإسقاط البصري

1- مصباح للإضاءة المحجوبة.
2- منقي حراري.
3- مكثف ثابت.
4- عدسة مكثفة.
5- مرآة.
6- منصة أو قاعدة.
7- مصباح لإضاءة السطح.
8- مكثف.
9- منقي حراري.
10- مرآة نصف عاكسة.
11- عدسات إسقاط.
12- مرآة.
13- مرآة.
14- شاشة.
15- مسار الضوء الخاص بالإضاءة المحجوبة.
16- مسار الضوء الخاص بإضاءة السطح.

جهاز الإسقاط العام ذو السعة الكبيرة:

The OMT Large Capacity Universal Projector

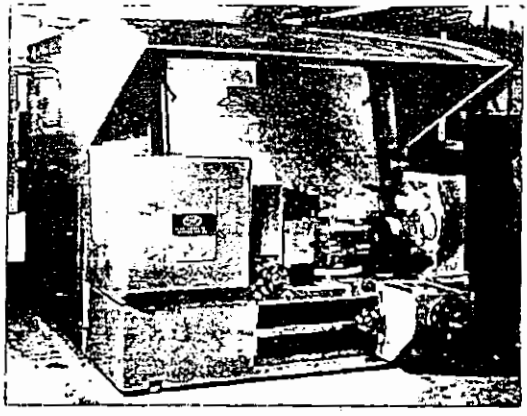
يعتبر جهاز الإسقاط العام ذو السعة الكبيرة الموضح بشكل 8 – 24 مثال للنموذج ذو الشاشة الرأسية ، ويتميز بتعدده للفوائد بالنسبة للإسقاط ، حيث زودت شاشة العرض بخطوط محاذاة أو حدود على محيط الشكل تتناسب مع الأجزاء المراد معايرتها.

صمم الجهاز للتفتيش على الأجزاء الدقيقة كالتروس والحدبات (الكامات) والقلاووظات ..... وغيرها ، كما زودت بأجهزة إضافية مساعدة تشتمل على وحدة إسقاط Projection وقالب فحص ولوحة دقيقة (منضدة).

نظام الإسقاط يشتمل على أربعة عدسات مقاس 152 ملليمتر (6 بوصة) ، مجال الرؤية 10 تكبيرات .. مع مقابل التكبير بالمجالات الصغيرة عند 20 ، 50 ، 100.

العدسات مركبة على البرج حيث يمكن ضبطها رأسياً وأفقياً للعدسة المختارة من العدسات السابق ذكرها.

توجد عدسات تكثيفية مركبة في البرج لتسهيل اختبار العدسة المختارة للعمل.



شكل 8 – 24

جهاز الإسقاط العام ذو السعة الكبيرة

نظام المرايا المثبتة بالجهاز عبارة عن مجموعة وحدات مرايا تسقط الصورة من عدسات الإسقاط إلى المرآة ذات القطر 1220 ملليمتر (48 بوصة) ، المركبة على قضيب خلف جهاز الإسقاط ، لتنقل في النهاية إلى شاشة العرض.

يمكن ضبط هذه المرآة على طول المحور لتصغير أو تكبير الجزء المراد فحصه ومشاهدته على الشاشة.

شاشة العرض ذات زجاج شفاف قياسها 1524 × 1016 ملليمتر (60 × 40 بوصة) محمولة في إطار ألمونيوم.

صممت الشاشة بحيث تميل حوالي 11^0 على المحور الرأسي وذلك لتسهيل الرؤية.

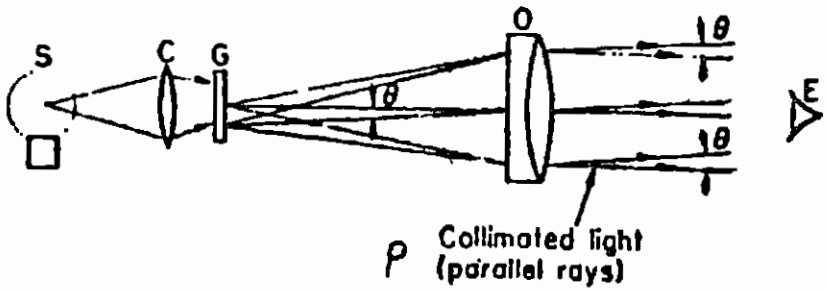
قاعدة أو مبدأ جهاز موجة الأشعة : Principle of the Col'imator

قاعدة أو مبدأ جهاز موجة الأشعة الموضح بالرسم التخطيطي بشكل 8 – 25 مشتق من المنظار (التليسكوب) حيث الضوء يسقط من المنبع S ويضيء الشبكة G وعدسة مكثفة C ، حيث تتكون صورة على الشيئية O وتراها عين المشاهد عند E.

الجسم يسقط شعاع ضوئي من بعيد ويدخل في شيئية الجهاز O على شكل أشعة

موازية حيث تتجمع في نقطة على شبكة خطوط مدرجة على لوح زجاجي G (هـذه النقطة سوف تكون في مركز الشبكة G) إذا كانت الأشعة موازية للمحور البصـري للجهاز . وفي حالة وجود محور أشعة مائل على المحور البصري للجهاز . سـوف تتجمع النقطة الضوئية على الشبكة على مسافة من المركز مساوي $f \tan\theta$.

حيث f هو البعد البؤري للشيئية، وبالعكس إذا كانت الشبكة مضـاءة ونقلـت العينية فإن الأشعة الضوئية ستكون على شكل أشعة متوازية على الشيئية.



شكل 8 – 25

قاعدة او مبدأ جهاز موجة الأشعة

S ... مصدر ضوئي.

C ... عدسة مكثفة.

G ... لوح زجاجي (شبكة).

O ... عدسة شيئية.

P ... أشعة متوازية بمحاذاة خط البصر.

θ ... زاوية انحراف محور الأشعة على المحور البصري للجهاز.

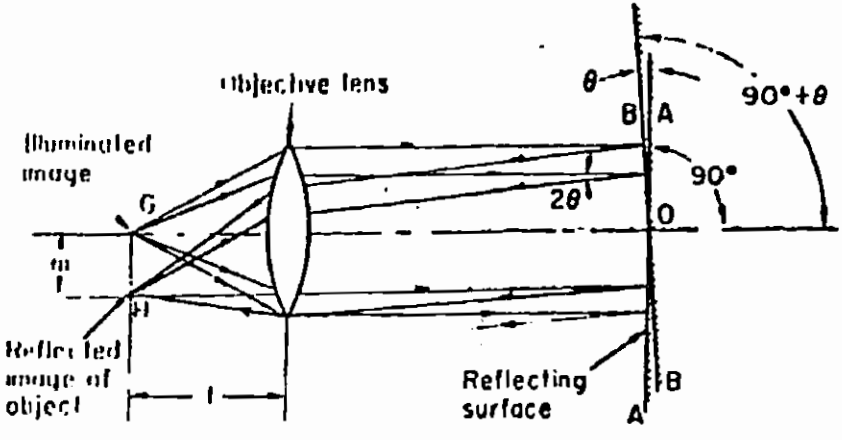
أساس أو مبدأ جهاز موجة الأشعة الذاتي :

Principle of the Autocollimator

يمكن تعريف موجه الأشعة الذاتي بأنها عبارة عن جهاز يجمـع بـين موجـة الأشعة والمنظار (التلسكوب) معاً ، حيث أن الشـبكة وأي صـورة مضـاءة يمكـن ملاحظتها من خلال العينية.

صمم جهاز موجة الأشعة الذاتي لقياس الانحرافات الصغيرة للزوايا ، ويمكن استخدامه مع مرآة مستوية أو أي سطح عاكس آخر ، فإذا وضع تدريج على الشبكة يمكن قياس ميل السطح العاكس ، حيث زاوية انعكاس الشعاع بالنسبة للشعاع الساقط تكون ضعف زاوية ميل السطح العاكس .. على ذلك يمكن الحصول على نسبة التكبير 2 : 1.

شكل 8 – 26 يوضح رسم تخطيطي لمبدأ تشغيل جهاز موجة الأشعة الذاتي حيث الشبكة GH مثبتة في المستوى البؤري للعدسة الشيئية المضاءة بمنبع ضوئي مناسب ، حيث ترسل الشيئية شعاع ضوئي موازي للمحور البصري ، فإذا كان سطح المرآة العاكس AA مثبت ، بحيث يصنع من المحور البصري للجهاز زاوية قائمة ، فإن الشعاع سوف ينعكس على نفسه ويعود إلى مصدره الأصلي وينطبق على الجسم بعد G.



شكل 8 – 26

رسم تخطيطي لمبدأ تشغيل جهاز موجة الأشعة الذاتي

وفي حالة انحراف سطح المرآة حول النقطة O بزاوية مقدارها θ ممثلاً الوضع BB، بالتالي يتغير وضع الزاوية القائمة بالنسبة للمحور البصري، وسوف تكون في هذه الحالة صورة منعكسة للجسم عند النقطة H على الشبكة والتي تبعد

M عند النقـطة G.

المسافة M تعتبر ضعف الزاوية θ التي هي ضعف زاوية انحراف المرآة.

حـــيث M ... الإزاحة بين موقع الصورة المتكونة عن الموقع الأصلي للجسم.

F ... البعد البؤري للعدسة.

θ ... زاوية انحراف المرآة.

ويمكن التعبير عن ضعف الزاوية θ بالمعادلة التالية:-

$$\tan^{-1} = \frac{M}{F} = 2\theta$$

العواكس المستخدمة في جهاز موجة الأشعة الذاتي والأجهزة المشابهة ، يمكن أن تكون مصنوعة من الزجاج أو الكوارتز أو الصلب ، على أية حال يجب أن يكون السطح مستوي بدرجة عالية ، بصرياً بمواصفات انعكاس جيدة لمنع تكوين صورتين مزدوجتين.

ويمكن استخدام قوالب القياس ولكن سطحيها يحدان من اســتعمالها ، وأيضــاً المرآة المفضضة من الخلف لا يوصي باستخدامها وذلك لتجنب الصورة المضاعفة ، وسطح المرآة يفضل أن يزود بطبقة رقيقة من الألمونيوم أو الراديوم ، وذلك لزيــادة قابلية الانعكاس ولتفادي الأخطاء المحتملة الأخرى الناتجة من الأشعة الضوئية المارة من خلال الزجاج.

يستخدم قطعتين إضافيتين متلازمتين مع هذا الجهــاز Optical Square همــا المربع الضوئي والقالب العاكس ، ويمكن أن يكونا بشكل مكعب ذات أسطح مســتوية فائقة النعومة ومصــقولة أو يتكون من طقم من المرايا الموضــوعة بأشكال متعامدة معاً ، مثبتة على كتلة معدنية على شكل متوازي مستطيلات ، إن هاتين القطعتين لهما فائدة خاصة ، حيث يستخدمان في فحص واختبار استقامة (استوائية) الأعمدة أو أسطح الماكينات.

الأسطح الدوارة والمتشابهة يمكن فحصها بهذا الجهاز باستخدام مضلع دقيق الصنع ومعاير، المضلع المسدس المنتظم وهو الشائع الاستخدام، وبالإمكان صناعته من الزجاج أو من الصلب الغير قابل للصدأ، وتكون الأسطح المنعكسة مجلخة بالطبع.

أساس الميكرومتر الضوئي البصري :

Principle of the Optical micrometer

الميكرومتر الضوئي البصري عبارة عن قالب من الزجاج المتوازي الأضلاع موضوع بين عدسة شيئية وشبكة عينية، وضع القالب الزجاجي ، بحيث يمكن دورانه حول محوره . إذا كان الشعاع الساقط يمر خلال السطح الأول (بزاوية معينة) ، سوف ينكسر ويخرج من السطح الثاني مزاح من الشعاع الساقط ويوازيه.

تختلف قيمة الإزاحة وفقاً لدوران القالب ، فإذا كان الأخير يحمل تدريج مقوس مدسب ، فيمكن رؤية التدريج من خلال العينية المثبتة على الشبكة .. هذه فكرة الميكرومتر الضوئي البصري.

هذا النوع من الميكرومترات يمكن تشغيله ميكانيكياً باستعمال التروس . تقسيمات التدريج يمكن أن تكون خطية للإزاحات الصغيرة للقالب ، ولكن غير خطية عندما تزيد الإزاحة.

أشعة الليزر

Laser beam

لقد أحدثت أشعة الليزر آفاقاً جديدة في مجال الأبحاث العلمية وأمكن استغلالها في خدمة البشرية، كما أمكن استغلالها أخيراً في الأسلحة المتطورة التي تعمل على هلاك البشرية.

وقد تمكن التوصل إلى هذه الأشعة من خلال الضوء العادي ، حيث يرسل موجات مختلفة في طولها الموجي ، وتكون هذه الموجات غير مترابطة

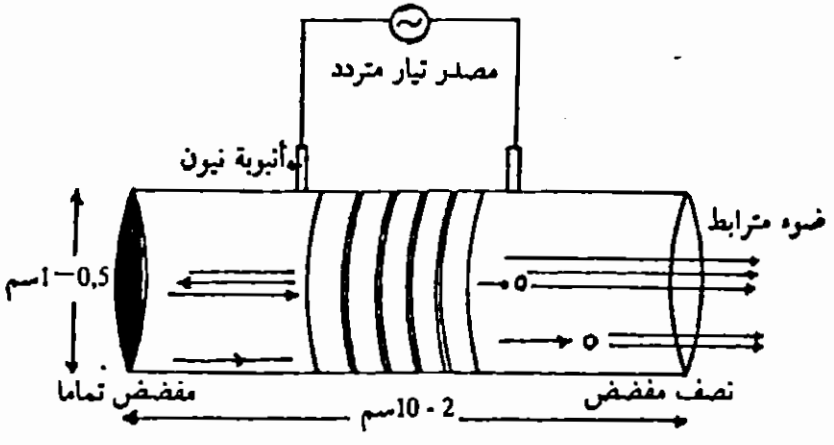
Non Coherent وتنتشر بسرعة كبيرة.

وفي عام 1954 تمكن العلماء من إنتاج موجات دقيقة مترابطة (Coherent) سميت بأشعة الميزر (Maser) وهي اختصار للجملة التالية ..

(microwaves amplification by stimulation emission of radiation)

.. أي تقوية الموجات الدقيقة بالانبعاث الإشعاعي المستحدث وفي عام 1960 امتدت أساسيات الميزر إلى منطقة الضوء المرئي وسميت الأشعة الجديدة بالليزر Laser وهي اختصار للجملة Light amplification by Stimulation emission of radiation .. أي تقوية الضوء بالانبعاث الإشعاعي المستحدث.

يستخدم لذلك بلورة من الياقوت Ruby أسطوانية طولها يتراوح بين 2 — 10 سنتيمتر وقطرها ما بين 0.5 — 1 سنتيمتر ، وتحتوي على 0.05% من ذرات الكروم شكل 8 – 27 وطرفاها متساويان ومتوازيان ومفضضان ليعملا كمرآتين بحيث يكون تفضيض أحدهما خفيفًا ليسمح الشعاع الضوء الناتج بالنفاذ ، بينما تفضيض الثاني تام . وتحاط بلورة الياقوت بمصباح وميض به غاز نيون أو غاز آخر مناسب، ويتصل المصباح بمصدر تيار متردد.



شكل 8 – 27

الحصول على الليزر من الأجسام الصلبة

عندما تمر دفعة Pulse من الكهرباء خلال مصباح الوميض ، يتأين الغاز بداخله ويتوهج وينبعث منه فوتونات ذات طاقات متساوية تمتصها ذرات الكروم الموجودة في بلورة الياقوت ، فترتفع الكتروناتها إلى مستويات طاقة أعلى ، وعندما تسقط هذه الإلكترونات إلى موضعها الأصلي تنبعث فوتونات ذات طول موجي قدره 6943 ^0A يقع في منطقة الضوء الأحمر من الطيف ، وتنعكس هذه الموجات بين طرفي الياقوت خلال التجويف البلوري لتثير ذرات كروم أخرى ، وتنبعث فوتونات لها نفس الطول الموجي.

وبتكرار ذلك ينطبق ضوء مترابط مكبر متحد في الطور تاركاً طرف البلورة نصف المفضض ، وباستمرار تنشيط مصباح الوميض ينتج فيض ثابت من الضوء المترابط ثم يتم تركيزه بواسطة أجهزة تجميع خاصة ، ويستغرق الضوء بضع ميكروثانية بطاقة تصل إلى ما بين 1000 — 2000 جول ، وتبلغ قدرة شعاع الليزر عدة ملايين من الوات.

ضبيعة أشعة الليزر : Laser beam nature

هي عبارة عن شعاع من الضوء ذو لون واحد ، له طاقة هائلة ، ويمكن لهذا الشعاع أن يصل إلى مسافات بعيدة جداً دون أن يتفرق ، ودون فقد يذكر في الطاقة.

خواص أشعة الليزر : Characteristics of laser beam

1. تنعكس أشعة الليزر بواسطة المرايا ، وتستغل هذه الظاهرة في توجيه الأشعة نحو أهداف معينة.
2. إذا سقطت على عدسة لامة، فإنها تتجمع في نقطة صغيرة جداً ، وتكون الطاقة المتجمعة هائلة المقدار، إذ تبلغ مليون وات/ مم^2 ، ويمكن إدراك ضخامة هذا المقدار بمقارنته بالطاقة التي تجمعها العدسة من أشعة الشمس ، إذ لا تتعدى 5 وات/ مم^2 ، وهي كافية لحرق قطعة من الورق.

استخدامات أشعة الليزر : Laser beam applications

أصبح من الممكن إستغلال أشعة الليزر في مجالات علمية متعددة تخدم البشرية .. فيما يلي عرض لاستخدامات هذه الأشعة :-

1. العمليات الجراحية المختلفة مثل لحام شبكية العين، وفي الجراحات الصعبة التي تتطلب عدم إسالة دماء كما في حالة الكبد الممتلئ بالدم، وفي علاج بعض الأورام المستعصية مثل سرطان القصبة الهوائية، وفي علاج القرحة المعوية.. كما تستخدم في الجراحات السطحية مثل استئصال سرطان الجلد، وإزالة التشوهات الجلدية وعلاج الأسنان ..... وغيرها.
2. لحام الدوائر الإلكترونية الدقيقة، وثقب الجواهر وخاصة الماس.
3. الملاحة الجوية ، إذ تساعد في توجيه الطائرات.
4. مجال الاتصالات، حيث تستخدم في إرسال الصور الفوتوغرافية بدلاً من إرسالها بالراديو.
5. مجال القياسات الدقيقة، قياس الأجزاء الصغيرة كما تستخدم في قياس المسافات الكبيرة ، وقد استخدمت في قياس المسافة بين الأرض والقمر ، وبعد القمر عن المركبات الفضائية بدقة بالغة.
6. مجال المساحة ، حيث تستخدم في قياس الارتفاعات والمنخفضات بدقة كبيرة.
7. مراقبة مواقع القطارات ، حيث تمكن المراقبين من تحديد موقع القطار في أي لحظة ، وبالتالي يمكنهم الإعلان عن موعد وصول أو تأخير كل رحلة.

استخدام أشعة الليزر في الأغراض الحربية :

علي الرغم من الفوائد العظيمة لهذه الأشعة ، إلا أن بعض الدول قد اتجهت لاستخدامها في أغراض مدمرة ، ويمكن تلخيصها في الآتي :-

1. توجيه القنابل وقذائف الطائرات نحو الأهداف المراد تدميرها بدقة ، حيث تكون

الإصابة مباشرة ، وتسمى هذه القنابل الموجهة بالقنابل الذكية Smart bombs.

2. تركيز أشعة الليزر على الدبابات أثناء القتال فتحدث بها فجوات تسبب في إعطابها أو تدميرها.

3. الكشف عن صواريخ العدو وطائراته وتدميرها من خلال توجيه شعاع الليزر الحارق إليهم قبل أن تصل إلى أهدافها بفترة كبيرة.

القياس باستخدام أشعة الليزر

مع التقدم الحضاري المستمر ، وانتقال الإنسان من عصر الإنتاج اليدوي إلى عصر الإنتاج الآلي، ومع تطور الصناعة Industrial Development وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية ، فقد تسابقت الدول الصناعية الكبرى إلى تصميم الأدوات والأجهزة المختلفة لخدمة البشرية ورخائها ، وقد أدى التبادل التجاري بين دول العالم وخاصة في المعدات الصناعية والأجهزة الدقيقة ، إلى حتمية تصنيع هذه المنتجات بقياسات دقيقة متفق عليها وبتفاوتات تكاد تكون معدومة . الأمر الذي ترتب عليه دقة عمليات القياس Measurement Degree of Accuracy التي تتوقف على ضرورة استخدام أجهزة قياس على مستوي عالٍ من الدقة.

وتسارع العلماء إلى اكتشاف وابتكار وتصميم أجهزة القياس المختلفة للوصول إلى أعلى دقة في قياس المشغولات المتنوعة التي تعتمد على الدقة العالية في تصنيعها.

وباكتشاف أشعة الليزر ، واستخدامها في العديد من المجالات التي سبق عرضها ، واستخدامها في عمليات القياس الدقيقة .. بل الفائقة الدقة ، فقد كان لها عظيم الأثر في إنتاج أحدث الأجهزة ، وقد استخدمت أشعة الليزر في قياس الأجزاء الصغيرة الدقيقة، كما استخدمت أيضاً في قياس المسافات الطويلة بدقة عالية.

فيما يلي عرض موجز لاستخدام أشعة الليزر في القياسات المختلفة.

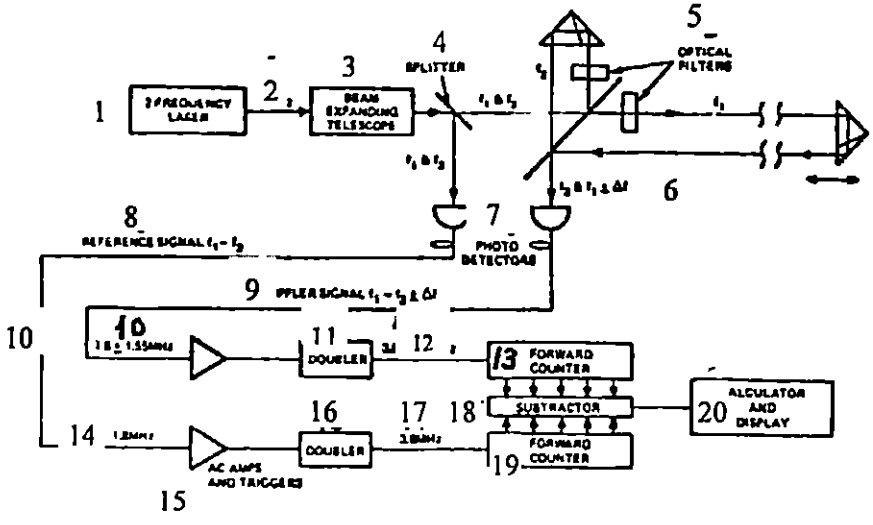
استخدام شعاع الليزر في قياس المسافات :

Distance measurement using split laser Beam

يمكن قياس المسافات عن طـــريق تطبيق فكرة أو ظاهرة دوبلر " Employing Dopplir effect" لشعاع الليزر النصفي.

وشكل 8 – 28 يوضـــح رســـم تخطيطـــي Schematic diagram لشـــعاع الليزر ثنـــائي التردد Frequency Laser Beam – 2 ، حيث يتصل الهدف العاكس Reflecting target مع أحد طرفي المسافة المراد قياسها.

يتميز هذا النوع من أنظمة القياس باستخدام إشعاع الليزر بأنه مبني على القراءة الرقمية Digital reading .. من خلال عداد رقمي Digital readout Display.



شكل 8 – 28

رسم تخطيطي لاستخدام شعاع الليزر ثنائي التردد في قياس المسافات

1- شعاع ليزر ثنائي التردد .. 2- Frequency Laser

2- تردد 1 ــ f_1 . تردد 2 .... f_2

3- تليسكوب .. Beam Expanding Telescope

4- شاطر الشعاع .. Beam splitter

5- منقي ضوئي .. Optical Beam

6- فرق التردد $f_1 \pm \Delta f$

7- كاشف ضوئي (جهاز يخرج تيار كهربائي عند سقوط ضوء عليه) .. photo detector

8- الإشارة المرجعية .. (الإشارة أو النبضة الكهربائية) Reference signal

9- إشارة دوبلر .. $f_1 - f_2 \pm \Delta f$ doppler signal

10- تردد كهربائي .. 1.8 ± 1.55 MHz

11- مضاعف التردد .. Doppler

12- تردد كهربائي .. 3.6 ± 3.1 MHz

13- عداد تصاعد .. Forward counter

14- تردد كهربائي .. 1.8 MHz

15- مكبرات ومحركات التيار المتردد .. AC Amps & Triggers

16- مضاعف للتردد .. Doppler

17- تردد كهربائي .. 3.6 MHz

18- طارح .. (يطرح رقمين) .. subtractor

19- عداد تصاعدي .. forward computer

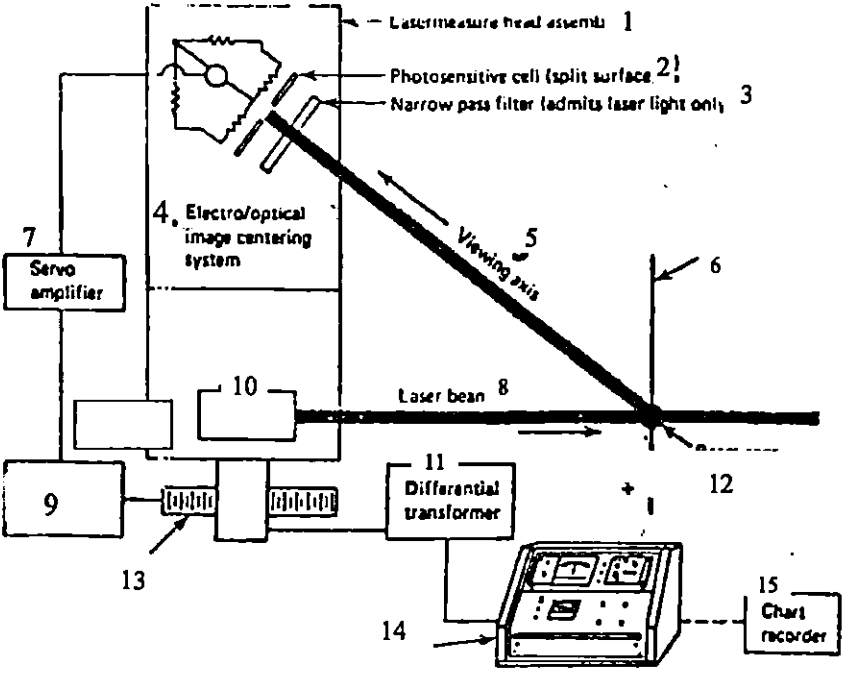
20- الناتج والعرض .. calculator and display

كما مكن استخدام شعاع الليزر في قياس المسافات عن طريق تطبيق نوع آخر يستخدم المبدأ الموضح بشكل 8 – 29 ، حيث يعمل فيها شعاعا الليزر كمجس Probe ، ويتم انعكاسه على السطح ، كما يمكن وضعه على أبعاد مختلفة من مصدر الشعاع Beam Source ، ومن جهاز القياس الكهروضوئي Electro Optical measurement .

يوجد مفتاح ضبط لدقة القياس Accurate measuring Screw ، حيث يقوم المفتاح بتحريك رأس مصدر الشعاع Laser measure head assembly حتى يتم وضع الصورة المنعكسة في الوسط لقياس درجات التغير في المسافة .. وذلك

للوصول إلى أعلى درجات الدقة في قياس المسافات أو الأبعاد المطلوبة.

يتميز كلا النوعين من أجهزة الليزر باحتوائهما على قراءة رقمية Digital display وعداد رقمي Digital readout.



شكل 8 – 29

رسم تخطيطي يوضح إستخدام شعاع الليزر كمجس أثناء قياس المسافات

1- دائرة قياس الليزر .. Laser measure head assembly

2- خلية ضوئية (سطح شاطر) .. Photosensitive cell (split surface)

3- ممر ضيق المجال (دائرة كهربائية عبارة عن فلتر يمرر ضوء الليزر فقط) .. Narrow pass filter(admits laser light only).

4- جهاز وضع الصورة الكهروضوئية في المنتصف .. Electro Optical image centering system

5- محور الرؤية.. Viewing axis

6- الوضع الدقيق.. Nominal position

7- مكبر كهربائي... Servo amplifier

8- شعاع الليزر.. Laser Beam

9- محرك سيرفو (نوع من المحركات الكهربائية له محور يدور بدوراته) .. Servo drive

10- مصدر الليزر .. Laser

11- محول فرقي أو تفاضلي .. Differential transformer

12- مكان سقوط الشعاع .. Beam spot target

13- مسمار ضبط الدقة .. Precision ball screw

14- دعامة لتثبيت جهاز القياس .. Laser measure console

15- مسجل نتائج .. Chart recorder

استخدام أشعة الليزر في اختبار المحورية المركزية :

The Use Lasers For alignment Testing

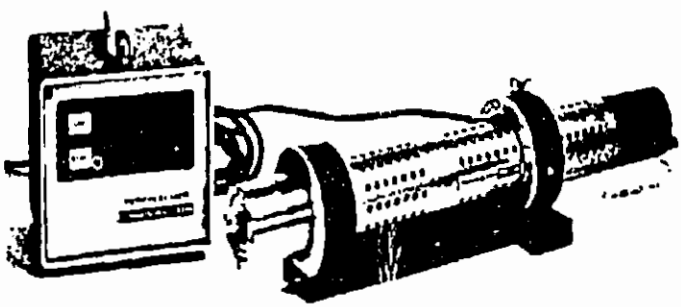
إن أشعة الليزر واستخداماتها في القياسات الدقيقة ، قد تم دراستها في مجالات واسعة، وقد أظهرت التجارب أن اختبارات ضبط المحورية (التمركز) تم عملها على مسافات كبيرة ، وبدرجة كبيرة من الدقة باستخدام مكونات أشعة الليزر ، وبالمقارنة باستخدام الأنواع الأخرى لعدد من الأجهزة ، فقد ظهرت أجهزة الليزر تنتج خطوط مستقيمة حقيقة ، بينما أجهزة التليسكوب المحورية تمدنا بخط وهمي (خيالي) لا يمكن رؤيته في الفضاء ، وهذه تكون بالأهمية في مجموعة الحالات التي تحتاج لاختبار عدد من الأجهزة للمراد التأكد منها والسابق تحديد الاستقامة لها ، وخصوصاً إذا كانت على مسافات متباعدة عن بعضها ، وهذا ما نجده في الطائرات والسفن.

ويمكن استخدم أجهزة الليزر في فحص استواء Flatness مثل فحص أسطح الماكينات ، عن طريق الإزاحة الخطية المباشرة ، وليست عن طريق القياسات الزاوية ، وباستخدام قوس إيصاري (Optical Square) مع أجهزة الليزر ، ويمكن التحقق من الاستوائية بملاحظة خط قاعدة جهاز الليزر كمرجع (Laser base Line).

مجموعة الليزر بيلكنجتون بركين إيلمر لاختبار ضبط الاستقامة :

Pilkington perkin-Elmer Laser equipment for alignment testing

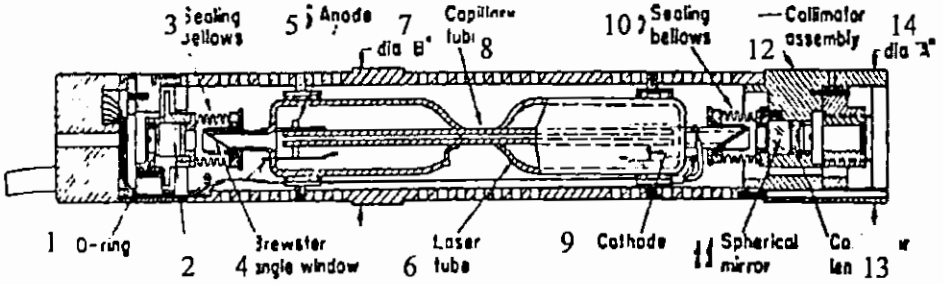
جهاز الليزر بلكنجتون بركين إيلمر والذي تم تطويره بواسطة شركة بيركين إيلمر في الولايات المتحدة الأمريكية والموضح بشكل 8 – 30 وهو قطب ليزر سالب ساخن من غاز الهليوم نيون ، ويبلغ قطر الشعاع 10 ملليمتر تقريباً ، ويكون مركز الشعاع في مركز الكاشف الذي يضم عدد من الخلايا الضوئية ، ويتحدد مكان منتصف الشعاع عن طريق الكشاف الذي يحدد عدد من الخلايا المرتبة بطريقة يستطيع بها المقارنة بين تركيز كل نصفي الشعاع عمودياً وأفقياً ، والتي تعرف بأمتار ذات وجهين ، وباستخدام هذه الخاصية فإنه يمكن قياس طاقة الشعاع من أي مسافة وعلى درجة عالية من الدقة.



شكل 8 – 30

جهاز الليزر لاختبار ضبط الاستقامة

ويوضح شكل 8 – 31 قطاع في جهاز الليزر من صنع شركة بيلكنجتون إيلمر طراز 5600 الذي يتكون من أنبوبة بلازما الهيليوم ، وبه مرآتين رقميتين موجودتين في آخر العلبة الألمونيوم الثقيلة الأسطوانية المتحدة المحور . تحتوي الأنبوبة على قطبين سالبين رفيعين وقطب موجب عالي الطاقة وأنبوبة رفيعة جداً وضيقة والتي من خلالها يحدث التفريغ الكهربائي ، وفي نهايات الأنبوبة توجد فتحتان بويوستر ذات قدرة رؤية عالية لتخفيض تشويه الجبهة الموجبة إلى أقل درجة.



شكل 8 – 31

قطاع في جهاز الليزر من صنع شركة بيلكنجتون إيلمر طراز 5600

1- حلقة دائرية.
2- مرآة مسطحة.
3- مضخات غلق.
4- فتحات بريوستر.
5- قطب موجب.
6- أنبوبة ليزر.
7- قطب B.
8- قناة شعرية.
9- قطب سالب.
10- مضخات غلق.
11- مرآة دائرية محورية.
12- أجزاء المسدد.
13- عدسة المسدد.
14- قطر A.

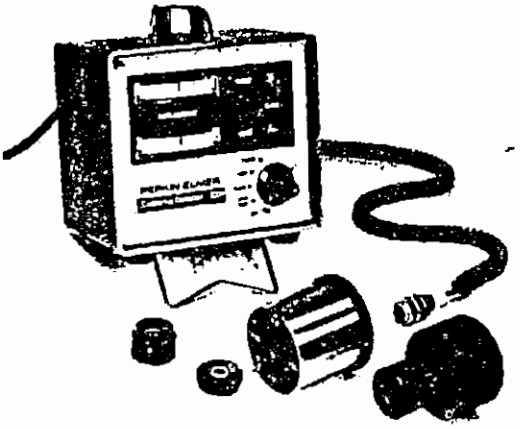
تتكون أنبوبة الليزر (الموجود داخل العلبة) من أنبوبة بلازما ذات جدار مزدوج، ويتم حكم الإغلاق على جانبية الرؤية عن طريق أجزاء سفلى تمنع تلوث أسطح الرؤية . والمرايات الموجودة في النهايات مصنوعة من سليكون منصهر بدرجة شرين ومجهز للعمل على (6328 Angstroms) ، وضعت المرأة المسطحة الموجودة في نهاية السلك لتكون لها قوة انعكاس لأكثر من 99.7 % ، كما وضعت المرأة الكروية لقدرة انعكاس أقل ، وعن طريق هذه المرآة تنبعث أكبر قوة.

وتتكون علبة الليزر المسددة من قطعة معدنية قطرها 2.2498" بها ألمونيوم متوازي مع فتحات التهوية ، ويقع الجزء ذو القطر المخصوص 2.2498" .. (57.145 mm) مع الجزء المعدني بقرب نهاية الجزء الألومنيوم ، ليكون سطح متحمل وأيضاً قطر مجهز آخر .

الجزء المعدني والسطح الألمونيوم المتحمل الثاني مطليان بالكروم ، ويقع شعاع

الليزر المسدد الذي يبلغ قطره 10mm من خال (0.025 mm) أو (0.001″) المرتبط بالعلبة التي يبلغ قطرها (2.2498″) ، ويوازي المحور الميكانيكي في العلبة خلال 10 أجزاء من منحنى جزء في دائرة ، ويعد ثبات القياس أفضل من 0.02 من المنحنى في الساعة.

يتكون الكشاف المركزي الموضع في شكل 8 – 32 من رأس ووحدة قراءة وبطارية يمكن حملها ، أو وحدة كهربائية لتشغيل التكييف ، ويستفاد من شعاع الليزر الذي يبلغ قطره 10mm ما يزيد عن مائة قدم ويشعر بالمركز المتوسط لقوة هذا الشعاع ، وأي فصل بين المركز المتوسط للشعاع ومركز المكشاف المركزي يظهر على لوحة الأمتار على هيئة إحلال خطي في اثنين من الاتجاهات المتعامدة والعمودية على محور الشعاع ، وتكون مجموعة من كشاف الصور مع كشاف معاكس مثبت في جسر جهاز الإحساس الأساسي ، وتتخلق الإشارة المختلفة عن طريق خليتين متعاكستين عندما يتسع الخروج عن الخط ويصل للمؤشر المناسب خلال شبكة متكاملة.



شكل 8 – 32

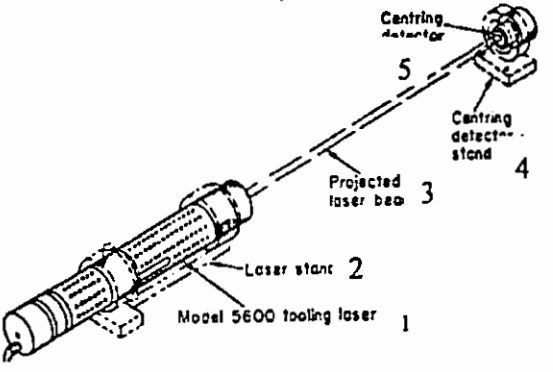
الكشاف المركزي

تحتوي وحدة القراءة على مترين قراءة مركزية ، ولكل واحد منهما محور تحكم، وتقلل خاصية مص الذبذبات تأثير ضوضاء الهواء . ويوجد إشارات في أدوات

الإخراج في لوحة وحدة القراءة والمناسبة لتشغيل جهاز تسجيل أو جهاز ذبذبات أو وحدة تحكم التغذية الاسترجاعية .. ويضمن الثبات حامل مصنوع خصيصاً ومستقر على ثلاثة أقدام من المعادن الصلبة . ويقوم حامل الكشاف المركزي بتدعيم الكشاف الرئيسي في هذه المناطق، حيث يصبح من الضروري وجود مساعد توفير الثبات . كما يتوفر وجود مساعدين لتحويل الكشاف المركزي إلى اتجاهيه انقياسين المتعامدين و لعمودين أيضاً على شعاع الليزر.

إن عاكس الليزر عبارة عن محول مصمم لقياس الأسطح المستوية المتعامدة على خط مرئي .. ويتكون من رأس كشاف والذي يقوم بالإسراع في إنهاء الإخراج. وينتج عاكس الليزر شعاع ليزر مسدد قطره 10mm على قراءة مرآة مستوية والتي قد تكون على بعد مئات الأقدام . ويتسبب القياس التام للمرآة في فصل الشعاع العائد ، والذي يحس تلقائياً في المحورين عي طريق الكشاف العاكس.

ويوضح شكل 8 – 33 كشاف الليزر المركزي مكوناً خط مستقيم . وحينما يتم الحصول على هذا الخط الأساسي يمكن قياس أي عدد من الأجزاء المتوسطة عن صريق استخدام رأس مركزي ثاني.



شكل 8 – 33

كشاف الليزر المركزي

1- جهاز ليزر طراز 5600.

2- حامل ليزر.

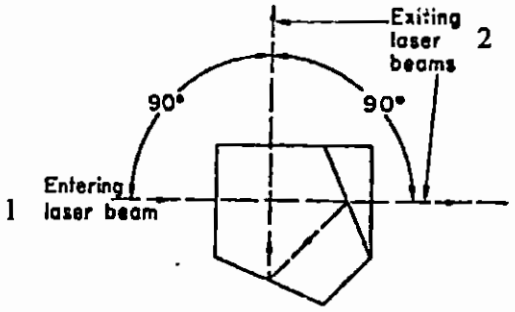
3- شعاعا ليزر موجه.

4- حامل المكشاف (الموجه) المركزي.

5-مكشاف (موجه) مركزي.

ولقياس التربيع يمكن استخدام المربع البصري أو المنشور، الموضح بشكل 8 – 34 وهو بين الخاصية البصرية والتي ستجعل خط المدخل ينحرف بزاوية 90".

إن استخدام الغلاف المناسب للمنشور يسمح بانزلاق شعاع الليزر ليخرج منه على هيئة مجموعة من الخطوط.



شكل 8 – 34

استخدام الغلاف المناسب للمنشور يؤدي إلى إنحراف المدخل بزاوية 90^{o}

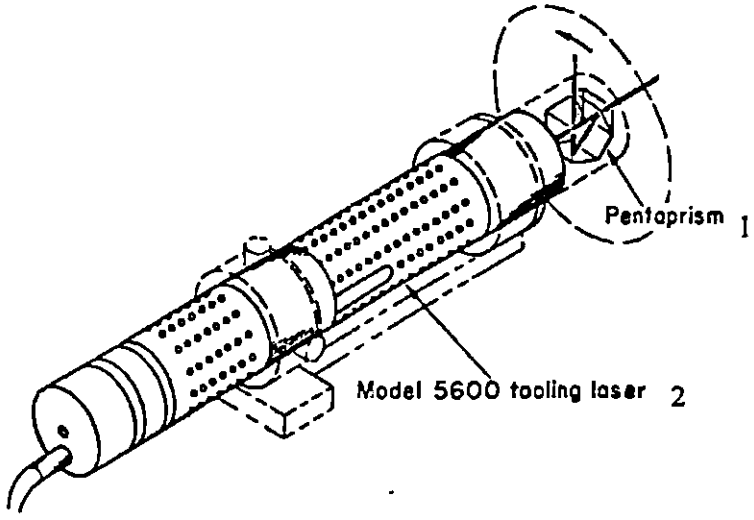
1- شعاع ليزر داخل.

2 – شعاع ليزر خارج.

ويمكن استخدام الليزر لتحديد أو قياس الانحرافات عن أسطح الأجسام الطائرة الحقيقية، وتمكن الطريقة في تحريك شعاع الليزر في عدد من المواقع. وبهذه الطريقة يمكن إيجاد العديد من الخطوط المتقاطعة حسب الخطة المطلوب إعدادها بأسلوب فريد إلى حد ما من الأسلوب المستخدم لفحص أسطح الأجسام الطائرة.

على أية حال فإنه أبسط طريقة لتحديد الأجسام الطائرة هي استخدام أشعة الليزر على شكل حزم ودورانها حول شعاع ليزر مستقيم، وبهذا يمكن الحصول على مجموعة من الخطوط الضوئية. يوضح شكل 8 – 35 محتوى هذه الطريقة.

بالإضافة إلى ذلك فإن هذه الأجهزة بإمكانها فحص مستوى السطح عن طريقة استخدام مرآة مستوية.



شكل 8 – 35

استخدام أشعة الليزر على شكل حزم ودوراتها حول شعاع ليزر مستقيم

1- منشور.

2- جهاز ليزر طراز 5600.