الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا للأساتذة - بوسعادة
المجاهد الفريق أحمد قايد صالح
قسم: العلوم الدقيقة

Ecole Normale Supérieure
Bou-Saada
Dép. Sciences Exactes

دروس في البصريات

المقياس: **الضوء**

المستوى: **السنة الثانية**

الاستاذ: بهلول براهيم

الرتبة: أستاذ محاضر -ب- بالمدرسة العليا للأساتذة - بوسعادة-

السنة الجامعية: 2021/2020

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا للأساتذة - بوسعادة
المجاهد الفريق أحمد قايد صالح
قسم: العلوم الدقيقة

Ecole Normale Supérieure
Bou-Saada
Dép. Sciences Exactes

دروس في البصريات

المقياس: **الضوء**

المستوى: **السنة الثانية**

الاستاذ: بهلول براهيم

الرتبة: أستاذ محاضر -ب- بالمدرسة العليا للأساتذة - بوسعادة-

السنة الجامعية :2021/2020

مقدمـــــة

تعتبر مطبوعة دروس في البصريات مرجعا أساسيا ومفيدا للطلبة فرع الفيزياء في قسم العلوم الدقيقة لسنة الثانية بالمدرسة العليا للأساتذة ببوسعادة "مقياس الضوء" كما هو مقرر في البرنامج وتساعدهم على فهم و استعمال بعض الوسائل والأجهزة التي نجدها في المخابر كالعدسات ، المكبر، المجهر...إلخ

علم البصريات تهتم بدراسة الظواهر المتعلقة بانتشار الضوء.

تقسم البصريات إلى ثلاثة أجزاء

البصريات الهندسية

البصريات الموجية

البصريات الكمية

الجزء الأول منه يتألف من ثمانية فصول وهو شامل وموافق للمنهاج الخاص بمقرر في البصريات الهندسية الذي يشرح ظاهرة الضوء الهندسي وأهم تطبيقاتها وسوف توصف البصريات الهندسية بخطوط مستقيمة وبالهندسة المستوية.

الجزء الثاني منه يتألف من أربع فصول وهو شامل أيضا وموافق للمنهاج الخاص بمقرر في البصريات الموجية الذي يشرح ظاهرة الضوء الموجي وأهم تطبيقاتها و سوف توصف البصريات الموجية بدوال جيبة.

الجزء الثالث منه يتألف من فصلين وهو شامل وموافق للمنهاج الخاص بمقرر في البصريات الكمية الذي يشرح ظاهرة الضوء الكمي وأهم تطبيقاتها وسوف تدرس فيه المدارات الذرية ومستويات الطاقة.

أرجو من الله أن أكون قد وفقت في هذا العمل من إضافة مرجع علمي مفيد لطلاب السنة الثانية ويفيدهم بشكل كبير في دراسة وفي حياتهم العملية.

كما أرجو من الجميع والطلبة المهتمين أن يفيدوني باقتراحاتهم وأفكارهم.

المؤلف

الأستاذ بهلول ابراهيم

الـــــفهـــــرس

مقدمة

الجزء الأول: البصريات الهندسية

الفصل الأول : خواص الضوء

1-انتشار الضوء في خطوط مستقيمة.....1
2 ـ سرعة الضوء.....1
3- معامل الانكسار.....2
4- المسير البصرى 3
5- قوانين الانعكاس والانكسار.....4

الفصل الثاني : الأسطح المستوية والمنشورات

1- الشعاع الضوئي 6
2- الحزمة الضوئية.....6
3- انكسار الأشعة المتوازية.....6
4-الانكسار بواسطة لوح ذو أسطح مستوية متوازية.....7
5-الانكسار بواسطة موشور.....8
6-انعكاس الأشعة المتفرقة.....10
7-انكسار الأشعة المتفرقة.....11
8-انكسار الأشعة المحورانية.....12

الفصل الثالث : الأسطح الكروية

1- خصائص السطح الكروي الكاسر.....14
2- تكوين الصورة.....15
3- الإنشاءات التخطيطية 17
4- التكبير.....18
5- معادلة غوس.....18
6-الاقتراب المختزل "التقارب البصري".....18

الفصل الرابع : المرايا المستوية و الكروية

1- المرايا المستوية.....20
2- المرايا الكروية.....20
3- تكوين الصورة.....21
4- الإنشاءات التخطيطية 22
5- معادلات المرايا.....23

الفصل الخامس : العدسات الرقيقة

1- العدسة الرقيقة.....24
2- أنواع العدسات.....24
3- خصائص العدسات.....25
4- تكوين الصورة.....26
5- الإنشاءات التخطيطية.....28
6- نظام بصري يتكون من عدستين تفصلهما مسافة معينة.....29
7- معادلة صانعي العدسات.....30
8- قوة العدسة الرقيقة.....30
9- اشتقاق معادلة صانعي العدسات.....30

الفصل السادس : العدسات السميكة

1- العدسة السميكة.....33
2- خصائص العدسات.....33
3-المعادلات العامة للعدسات السميكة 35
4- الإنشاءات التخطيطية 37

الفصل السابع :زيوغ العدسات

1- الزيغ الضوئي.....39
2-الزيغ الكروي.....39
3-الزيغ اللوني.....39

الفصل الثامن :العين

1-العين 41
2-كيف نرى الأشياء "مبدأ الرؤية".....41
3- مكونات العين.....41
4-عيوب البصر ومعالجتها.....42
5-عناصر النظر في العين.....43

الجزء الثاني: البصريات الموجية

الفصل الأول :الأمواج

1-الحركة الموجية 46
2-الحركة التوافقية البسيطة 46
3- خصائص الحركة التوافقية البسيطة..... 46
4- نظرية الحركة التوافقية البسيطة..... 47
5-الموجات الجيبية..... 48

الفصل الثاني : تراكب الأمواج

1- مبدأ التراكب..... 49
2- جمع حركات توافقية بسيطة تعمل على نفس الخط 49

الفصل الثالث :الحيود

1- حيود الضوء أوانحراف..... 50
2- مبدأ هايجنز..... 50
3-الحيود من فتحة واحدة..... 50

الفصل الرابع :تداخل الأمواج

1-التداخلأوالتراكب..... 52
2- تجربة يونغ 52
3-الحيود من فتحتين..... 52
4-معادلة الحيود..... 53
5- هدب التداخل الناتجة من شقين "مصدر مزدوج"..... 53

الجزء الثالث: البصريات الكمية

الفصل الأول : كمات الضوء

1- ذرة بوهر..... 57

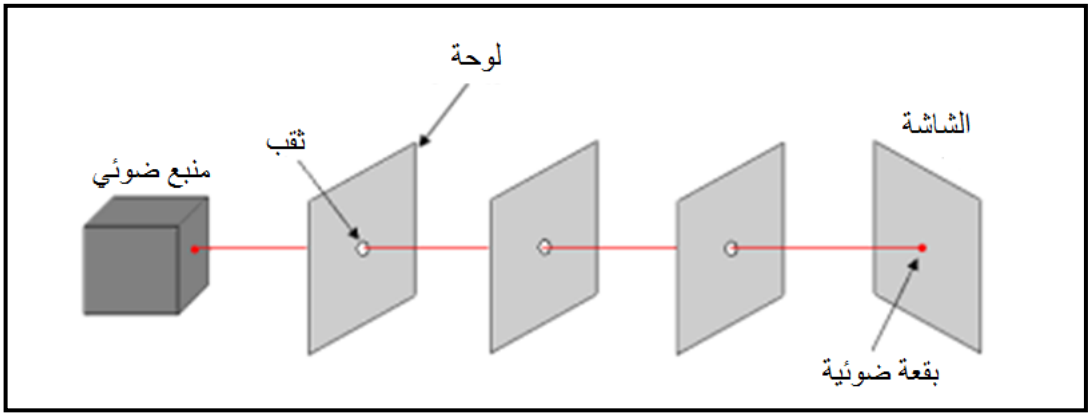
الفصل الثاني : الليزر

1- الليزر 62
2-الانبعاث المحفز.....62
3- تصميم الليزر.....63
4- تطبيقات الليزر.....63
5- بعض أنواع الليزر الشائعة 63
6-الهولوغرافيا.....64

الجزء الأول: البصريات الهندسية

1-انتشار الضوء في خطوط مستقيمة

مبدأ الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة يعتمد على انتشار الأشعة الضوئية في خطوط مستقيمة



الشكل 1: مبدأ الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة.

ملاحظة: لكي تكون البقعة الضوئية واضحة جدا من الضروري أن يكون الثقب صغيرا جدا

2 ـ سرعة الضوء

في القديم كان يعتقد أن الضوء ينتقل بسرعة لانهائية، ونحن نعلم الآن أن سرعة الضوء محدودة، وأن قيمتها التقريبية هي:

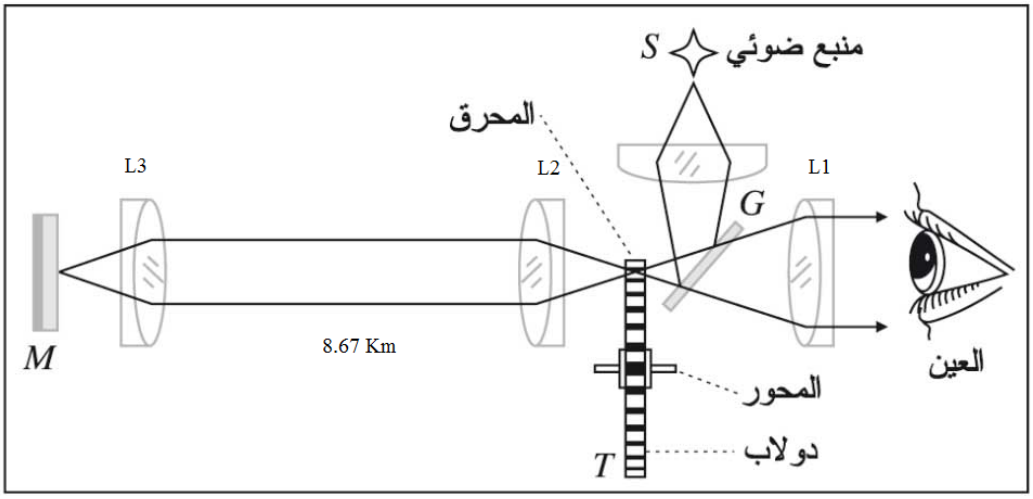
$$c = 300000 \quad Km/s$$

في عام1849 استخدم العالم فيزو Fizeau عجلة مسننة تحتوي على 720 سنا، حيث وجد أن شدة القصوى تحدث عندما تكون سرعة دورانها $25 rev/s$. ومن ثم تحصل على الزمن اللازم لكل نبضة ضوئية (الموافقة للمسافة ذهابا وإيابا)، حيث أن المسافة الكلية التي يقطعها الضوء ذهابا وإيابا هي $17.34 Km$

$$\left(\frac{1}{720}\right)\left(\frac{1}{25}\right) = \frac{1}{18000} s$$

ومنه نستنتج

$$v = \frac{d}{t} = \frac{17.34}{1/18000} = 312000 Km/s$$

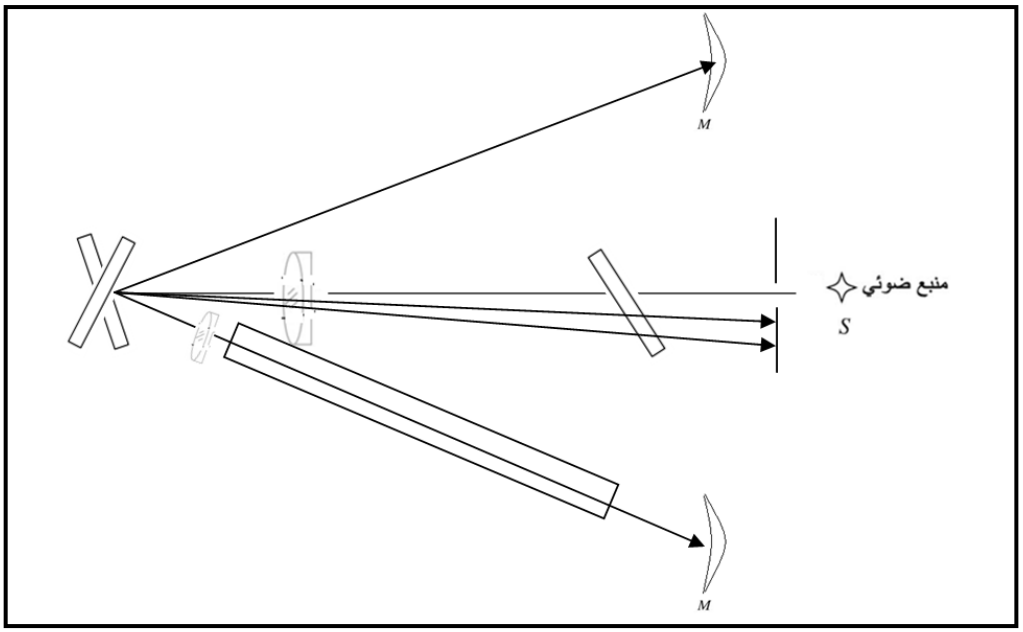


الشكل 2 : تجربة فيزو لتعين سرعة الضوء

أول قياس عالي الدقة قام به العالم مايكلسون Michelson عام 1878 م حيث كانت نتيجة التجارب تساوي

$$c = 299792.458 \quad [Km/s]$$

في عام 1850 قاس العالم فوكو Foucault سرعة الضوء في الماء واستنتج أن سرعة الضوء في الماء أقل من سرعته في الهواء على العكس من نظرية نيوتن.
حيث استخدم فوكو مرآة مستوية دوارة ومرآتين مقعرتين وعدسة وأنبوبة بها ماء.



الشكل 3: تجربة لتعين سرعة الضوء في الماء

ملاحظة: سرعة الضوء في الماء أقل من سرعة الضوء في الفراغ.

3- معامل الانكسار

هو النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعة الضوء في الوسط

$$n = \frac{c}{v}$$

بعض قيم معامل الانكسار:
- الهواء $n = 1.000292$
- الزجاج $n = 1.520$
- الماء $n = 1.333$

ملاحظة: **الكثافة الضوئية لوسط ما**: هو المقدار الذي يميز اعتماد سرعة انتشار الضوء على نوع الوسط وتقاس بالقيمة العددية لمعامل الانكسار المطلق للوسط أو هي قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه.

4- المسير البصري

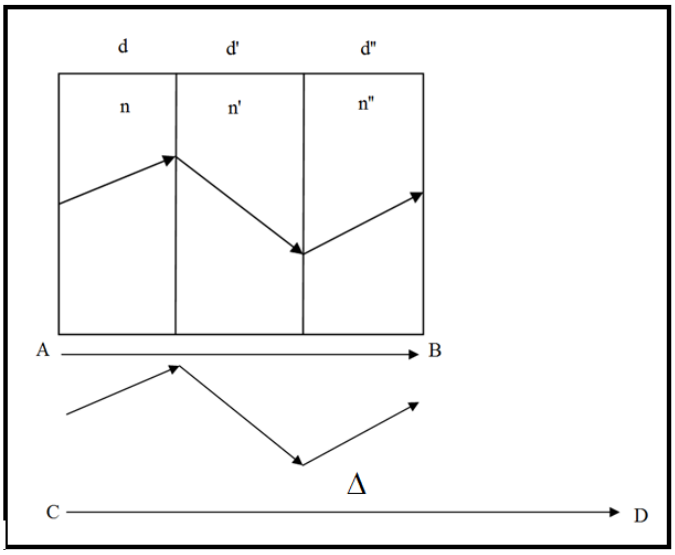
المسير البصرى يمثل **المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ** في نفس الزمن الذي يقطع فيه الضوء المسافة d في الوسط.

$$d = vt = \frac{c}{n}t \quad \Rightarrow nd = ct$$

$$\Delta = nd$$

فإذا مر الشعاع الضوئي خلال سلسلة من الأوساط الضوئية أسماكها ..... d ,d',d", و معاملات انكسارها n ,n',n", ...
فإن المسير البصري الكلي يساوي مجموع المسيرات البصرية المنفردة.

$$\Delta = nd + n'd' + n''d' + ...$$



الشكل 1: المسير البصري خلال سلسلة من الأوساط الضوئية

5- قوانين الانعكاس والانكسار

انعكاس الضوء: هو تغير اتجاه الشعاع الضوئي ساقط على سطح عاكس بحيث يرتد إلى الوسط الذي صدر منه.

انكسار الضوء: هو تغير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة.

1-قانون انعكاس الأول:
الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد.

2-قانون انعكاس الضوء الثاني:
ينص القانون الثاني لانعكاس الضوء على أن زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس ويعبر عن ذلك بالرموز كالآتي:

$$\theta_r = \theta_i$$

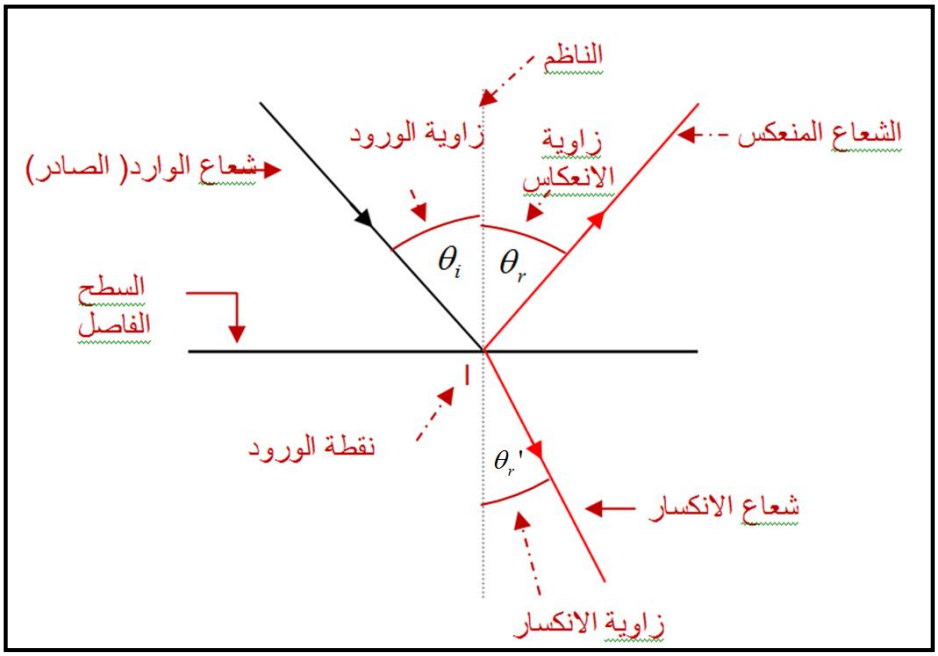
3-قانون الانكسار الأول:
يقع **الشعاع الساقط والشعاع المنكسر** في مستوى واحد مع العمود المقام من نقطة سقوط الشعاع على السطح الفاصل بين الوسطين.

4-قانون الانكسار الثاني:
نسبة جيب **زاوية السقوط** إلى جيب **زاوية الانكسار** لوسطين معينين هي مقدار ثابت يعرف بمعامل الانكسار النسبي بين الوسطين.

$$\frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_r^{'}} = \frac{n'}{n}$$

ملاحظة:
ناتج ضرب معامل الانكسار المطلق للوسط الأول في **جيب زاوية السقوط** يساوي ناتج **ضرب معامل الانكسار** المطلق للوسط الثاني في **جيب زاوية الانكسار**.

ملاحظة هامة:
إذا سقط شعاع عموديا على السطح الفاصل تكون زاوية السقوط صفرا وبالتالي تصبح زاوية الانكسار صفرا فينفذ الشعاع في الوسط الثاني على استقامته دون أن يعاني انكسارا.



الشكل 2: التمثيل البياني للانعكاس و للانكسار

-**السطح الفاصل:** هو السطح الذي يفصل بين وسطين شفافين مختلفين في الكثافة الضوئية.

-**الشعاع الضوئي الساقط:** هو الشعاع المتجه إلى السطح الفاصل ويقابله في نقطة السقوط.

-**زاوية السقوط:** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئي الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل.

-**الشعاع الضوئي المنكسر:** هو المسار الجديد للشعاع الضوئي في الوسط الثاني بعد نفاذه من السطح الفاصل.

-**زاوية الانكسار:** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل.

1- الشعاع الضوئي

هو عبارة عن خط مستقيم يحمل سهما يدل على منحى انتشار الضوء يبدأ من نفطة واحدة من المنبع ليصل إلى ونقطة واحدة من الجسم المضاء.

2- الحزمة الضوئية

هي عبارة عن مجموعة من الأشعة الضوئية الصادرة من منبع ضوئي واحد وتصنف إلى ثلاثة أنواع:

- **حزمة ضوئية متوازية:** مجموعة من الأشعة الضوئية تكون متوازية.

- **حزمة ضوئية مخروطية متباعدة**: مجموعة من الأشعة الضوئية تكون متفرقة.

- **حزمة ضوئية مخروطية متقاربة**: الأشعة الضوئية تتجمع في نقطة واحدة.

3- انكسار الأشعة المتوازية

عندما تسقط أشعة ضوئية متوازية على سطح مستوي مثلا أسطح سوائل، أسطح بلورة، ... بعد الانكسار تظل الحزمة متوازية ويسبب الانكسار تغير في زاوية الانكسار كما يحدث لها تشتت لوني عند انكسارها وهذا لا يحدث في الحزمة المنعكسة.

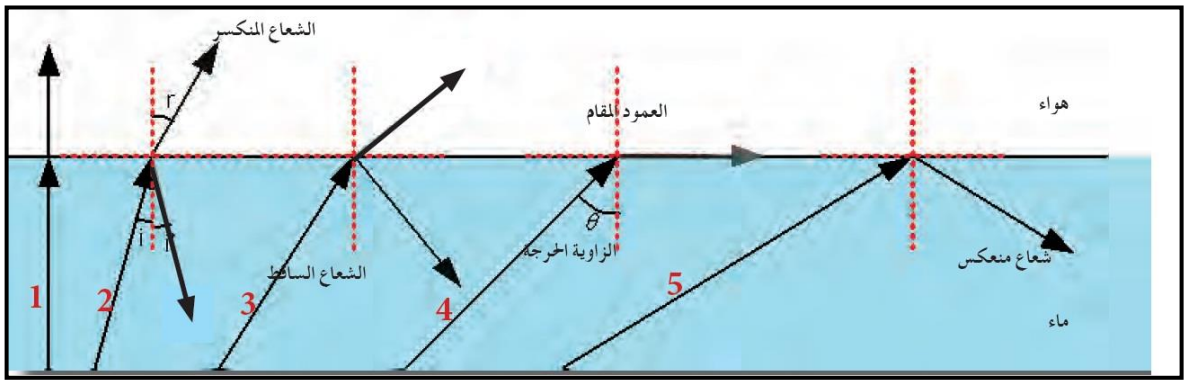
-عندما يمر الضوء من وسط كالهواء إلى وسط آخر كالزجاج فإن زاوية الانكسار تكون أقل دائما من زاوية السقوط.

-عندما نقوم بتغير زاوية السقوط من 0° إلى 90° فإن زاوية الانكسار المناظرة تتغير من 0° إلى θ_c.

-عندما تقترب الأشعة الساقطة من 90° مع العمود فإن الأشعة المنكسرة تقترب من قيمة ثابتة θ_c و تسمى الزاوية الحرجة هي زاوية لا يوجد بعدها ضوء منكسر.

ملاحظة

معنى **الانعكاس كلي** أنه لا يحدث أي فقدان للطاقة عند الانعكاس.



الشكل 1: الانكسار و الانعكاس الكلي

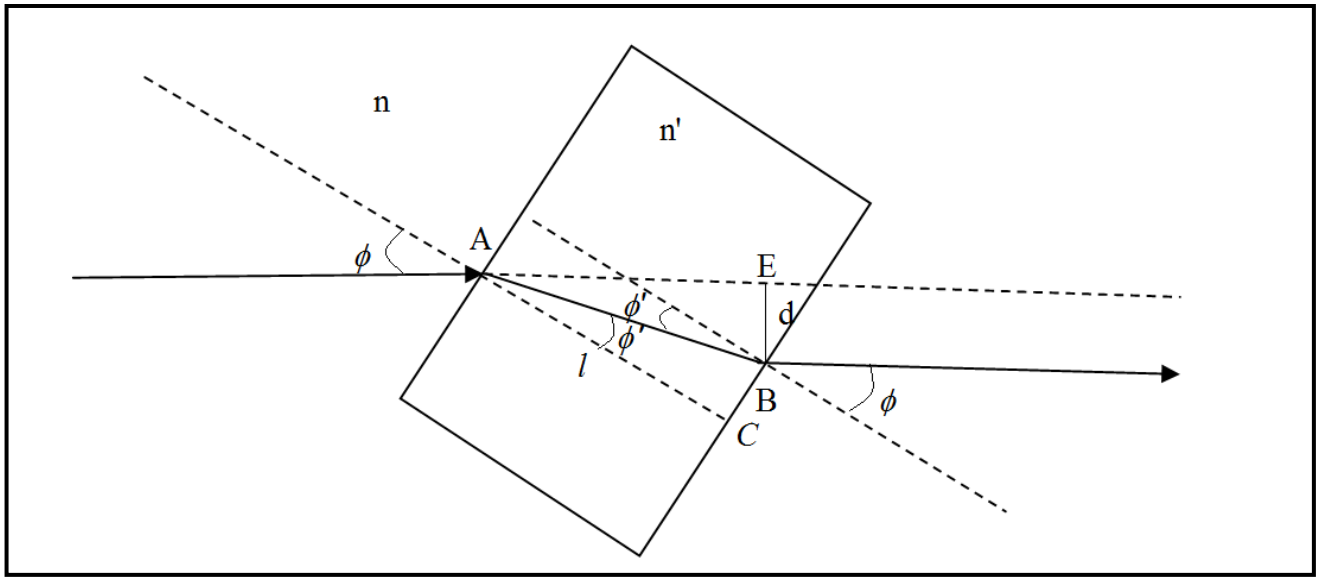
4-الانكسار بواسطة لوح ذو أسطح مستوية متوازية

عندما يعبر شعاع ضوئي واحد لوحا زجاجيا ذو أسطح مستوية ومتوازية فإنه سوف يخرج موازيا لاتجاهه الأصلي ولكن بإزاحة جانبية " d" تزداد بزيادة زاوية السقوط.

- إيجاد الإزاحة "d"

من المثلث ABE نكتب:

$$d = l.\sin(\phi - \phi')$$



الشكل 2: الانكسار بواسطة لوح ذو أسطح مستوية متوازية

باستخدام العلاقة المثلثية الخاصة بجيب الفرق بين زاويتين

$$d = l.(\sin(\phi)\cos(\phi') - \sin(\phi')\cos(\phi))$$

من المثلث ABC نكتب:

$$l = \frac{t}{\cos(\phi')}$$

بالتعويض نجد

$$d = t.\left(\frac{\sin(\phi)\cos(\phi')}{\cos(\phi')} - \frac{\sin(\phi')\cos(\phi)}{\cos(\phi')}\right) = t.\left(\sin(\phi) - \frac{\sin(\phi')\cos(\phi)}{\cos(\phi')}\right)$$

بتطبيق قانون سنيل

$$\sin(\phi') = \frac{n}{n'}\sin(\phi)$$

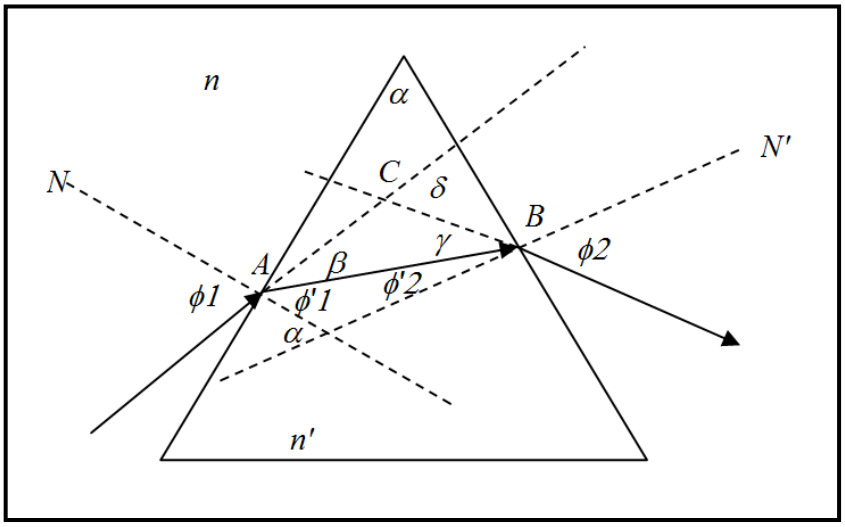
بالتعويض نجد

$$d = t.\left(\sin(\phi) - \frac{\cos(\phi)}{\cos(\phi')}\frac{n}{n'}\sin(\phi)\right) = t.\sin(\phi)\left(1 - \frac{n}{n'}\frac{\cos(\phi)}{\cos(\phi')}\right)$$

5-الانكسار بواسطة موشور

الموشور هو جسم شفاف له سطحان يميل أحدهما على الآخر بزاوية معينة α.

عندما يعبر شعاع ضوئي على السطح الأول للموشور ينحرف و عند وصوله للسطح الثاني يزداد انحرافه. مما يؤدي للتشتت اللوني.



الشكل 2: الانكسار بواسطة موشور

بتطبيق قانون سنيل على السطح الأول

$$\frac{\sin(\phi_1)}{\sin(\phi_1')} = \frac{n}{n'}$$

بتطبيق قانون سنيل على السطح الثاني

$$\frac{\sin(\phi_2)}{\sin(\phi_2')} = \frac{n}{n'}$$

من الواضح أن الانحراف الناتج من السطح الأول

$$\beta = \phi_1 - \phi_1'$$

ومن الواضح أيضا أن الانحراف الناتج من السطح الثاني

$$\gamma = \phi_2 - \phi_2'$$

ومنه فإن زاوية الانحراف الكلية

$$\delta = \beta + \gamma$$

باستخدام المثلث 'ABN

$$\alpha = \phi_1' + \phi_2'$$

وعليه نجد

$$\delta = \beta + \gamma = \phi_1 - \phi_1' + \phi_2 - \phi_2' = (\phi_1 + \phi_2) - (\phi_1' + \phi_2') = (\phi_1 + \phi_2) - \alpha$$

-زاوية الانحراف الأدنى:

تحدث أصغر زاوية انحراف عند زاوية سقوط معينة وفي هذه الحالة يصنع الشعاع المنكسر داخل الموشور زاويتين متساويتين مع وجهي الموشور

$$\begin{cases} \phi_1 = \phi_2 \\ \phi_1' = \phi_2' \\ \beta = \gamma \end{cases}$$

من المثلث ABC الزاوية الخارجية δ_m تساوي مجموع الزاويتين الداخليتين $\beta + \gamma$

باستخدام المثلث 'ABN الزاوية الخارجية α تساوي مجموع $\phi_1' + \phi_2'$

وعليه

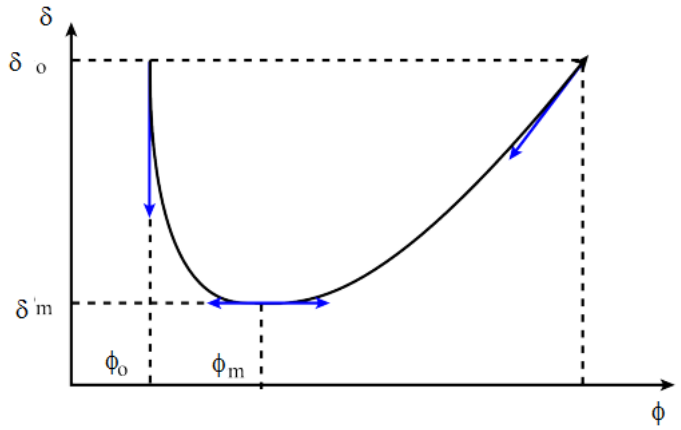
$$\begin{cases} \alpha = 2\phi_1' \\ \delta_m = 2\beta \\ \phi_1 = \phi_1' + \beta \end{cases}$$

بحل المعادلات الثلاثة بالنسبة إلى ϕ_1' و ϕ_1 نجد أن:

$$\begin{cases} \phi_1' = \frac{1}{2}\alpha \\ \phi_1' = \frac{1}{2}(\alpha + \delta_m) \end{cases}$$

بتطبيق قانون سنيل على السطح الأول

$$\frac{n}{n'} = \frac{\sin(\phi_1)}{\sin(\phi_1')} = \frac{\sin\left(\frac{1}{2}(\alpha)\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}(\alpha+\delta_m)\right)}$$

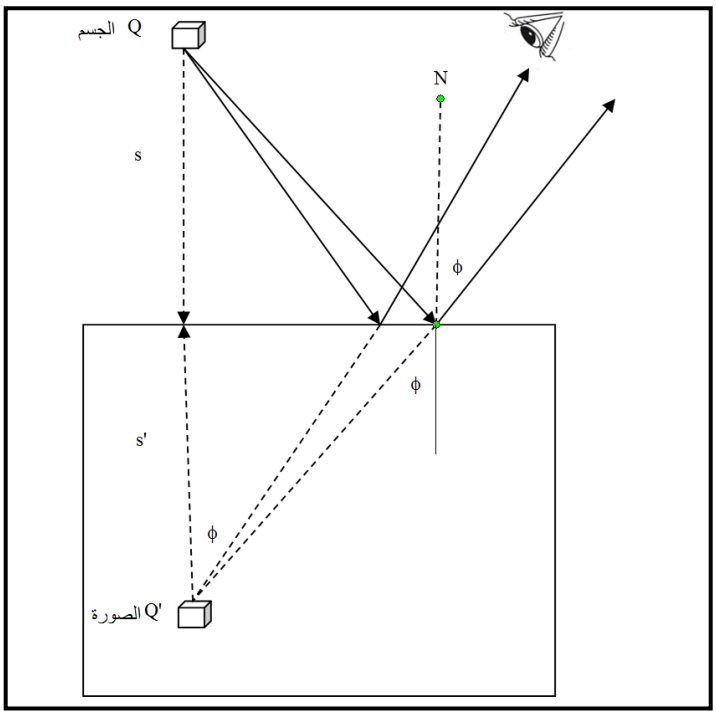


الشكل 3: زاوية الانحراف الأدنى

6-انعكاس الأشعة المتفرقة

عندما تنعكس حزمة ضوئية متفرقة على سطح مستوي فإنها تظل متفرقة، جميع الأشعة الصادرة من النقطة Q تظهر بعد انعكاسها كما لو كانت صادرة من نقطة أخرى Q' في موضع متماثل مع الأولى.

النقطة Q' صورة تقديرية للنقطة Q وذلك لأنه عندما تستقبل العين الأشعة المنعكسة فإنها تبدو كما لو كانت آتية من مصدر النقطة Q' .



الشكل 4: انعكاس الأشعة المتفرقة من سطح مستوى.

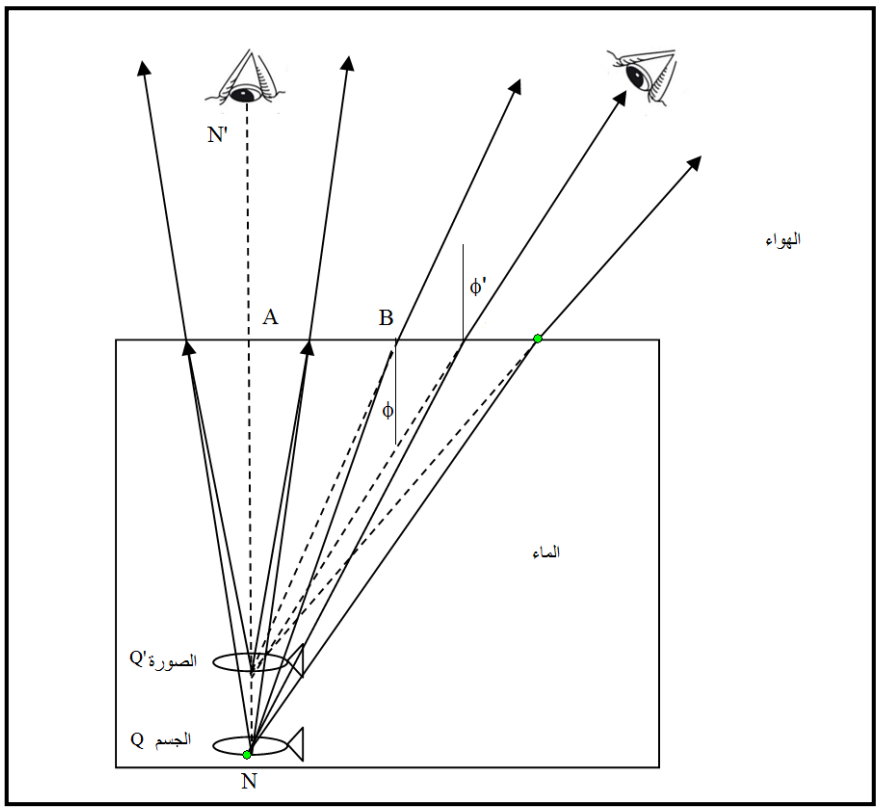
7-انكسار الأشعة المتفرقة

موضع صور جسم في الماء

إذا غمر جسم في الماء معامل انكساره 1.3330على عمق s فإن صورة هذا الجسم تبدو أقرب إلى السطح.

الأشعة المتفرقة المنبعثة من هذا الجسم تصل إلى السطح بالزوايا ϕ حيث تنكسر بزوايا أكبر ϕ' وبذلك يزداد تفرقها وبمد هذه الأشعة الخارجة على استقامتها إلى الخلف يمكننا تحديد موضع تقاطع كل زوج منها وهذه الصور النقطية هي الصور التقديرية.

وعندما يتغير موضع المراقب تتغير صورة الجسم مقتربة من السطح.



الشكل 5 : موضع صور التقديرية لجسم موجود في الماء

8-انكسار الأشعة المحورانية

الأشعة المحورانية أو الموازية للمحور هي الأشعة التى تكون زواياها صغيرة لدرجة تسمح بأن تكون جيوب تمامها مساوية للوحدة وجيوبها مساوية للزاوية نفسها.

لدينا المثلثين القائمين QAB و Q'AB لهما ضلع مشترك AB=h

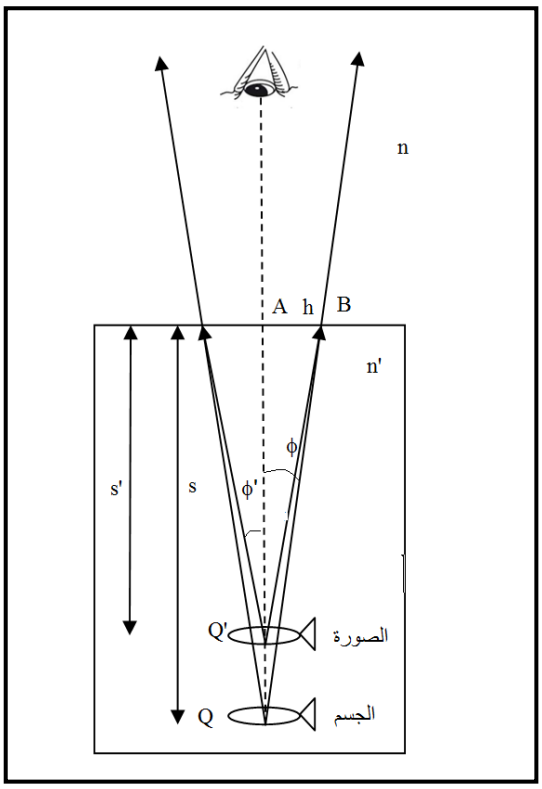
$$h = s\tan\phi = s'\tan\phi'$$

ومنه نجد أن:

$$s' = s\frac{\tan\phi}{\tan\phi'} = s\frac{\sin\phi\cos\phi'}{\cos\phi\sin\phi'} = s\frac{n'}{n}\frac{\cos\phi'}{\cos\phi}$$

في حالة الأشعة المحورانية تكون الزاويتان صغيرتين

$$s' = s\frac{\phi}{\phi'} = s\frac{n'}{n}$$



الشكل 6: موضع صور جسم موجود في الماء

ملاحظة

النسبة بين بعد الجسم وبعد الصورة تساوي النسبة بين معاملي الانكسار.

1- خصائص السطح الكروي الكاسر

-المحور الرئيسي: هو ذلك الخط المستقيم المار بمركز الانحناء C

-الرأس: هي النقطة A التي يتقاطع فيها المحور الرئيسي مع السطح الكروي

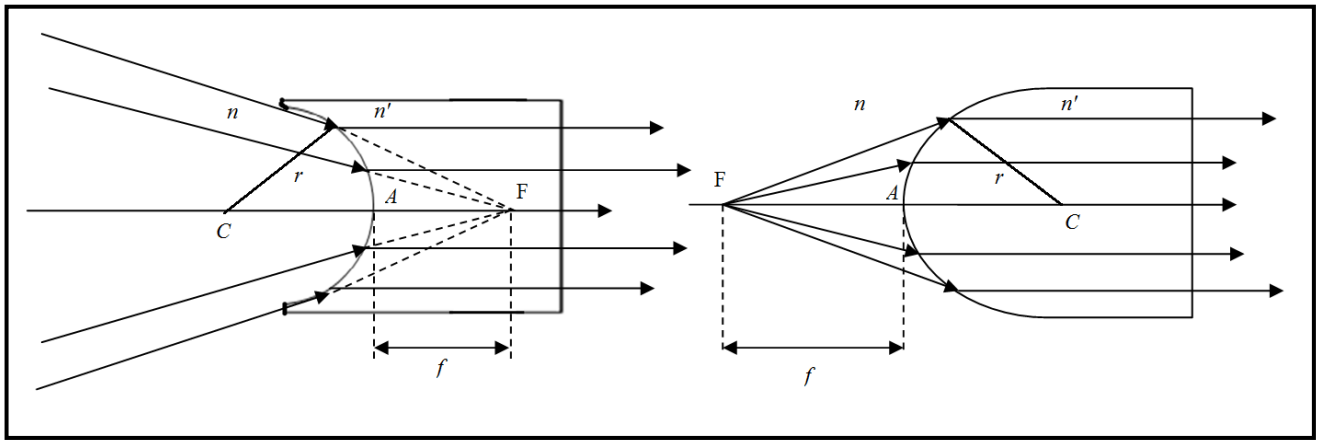
النقطتان البؤريتان والبعدان البؤريان:

-النقطة البؤرية الأساسية: هي مصدر نقطي F تقع على المحور الرئيسي

في حالة السطح المحدب: عندما تنبعث **أشعة متفرقة** من مصدر نقطي F على المحور الرئيسي في الوسط الأول و تنكسر في صورة حزمة موازية للمحور في الوسط الثاني.

في حالة السطح المقعر: عندما تنبعث **أشعة متجمعة** في الوسط الأول و تنكسر في صورة حزمة متوازية في الوسط الثاني فإن تمديدها يتجه نحو مصدر نقطي F على المحور الرئيسي كأنها آتية منه

-البعد البؤري الأساسي هو المسافة بين الرأس والمصدر النقطي F .



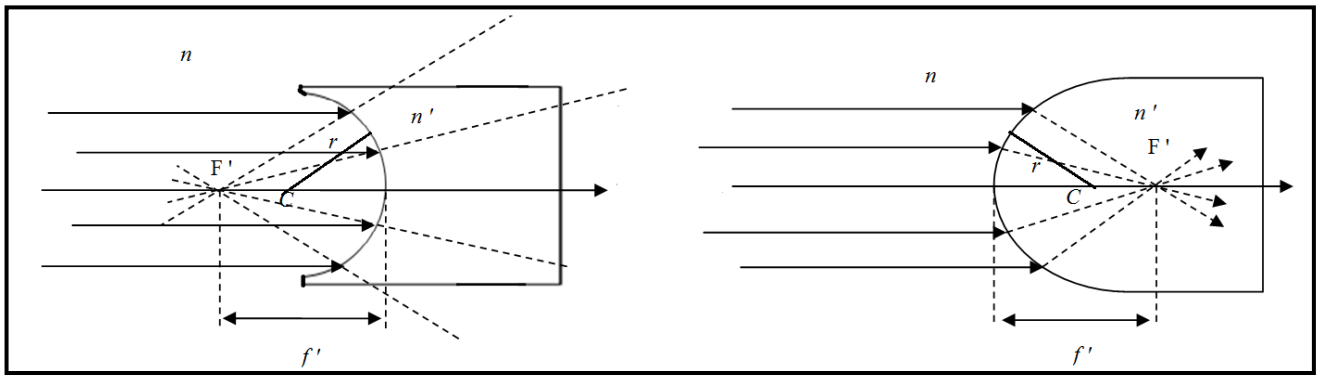
الشكل 1: النقطة البؤرية الأساسية والبعد البؤري الأساسي

-النقطة البؤرية الثانوية: هي نقطة بؤرية F ' تقع على المحور الرئيسي.

في حالة السطح المحدب : عندما تنبعث **أشعة موازية** للمحور الرئيسي في الوسط الأول فإنها تنكسر و تتجمع في نقطة بؤرية F ' تقع على المحور الرئيسي في الوسط الثاني.

في حالة السطح المقعر: عندما تنبعث **أشعة موازية** للمحور الرئيسي في الوسط الأول فإنها تنكسر و تتفرق في الوسط الثاني ، تمديد هذه الأشعة المنكسرة يتجه نحو نقطة بؤرية F ' على المحور الرئيسي كأنها آتية منه

-البعد البؤري الثانوي هو المسافة بين الرأس و نقطة بؤرية F '



الشكل 2: النقطة البؤرية الثانوية والبعد البؤري الثانوي

ملاحظة:

- ترسم الأشعة الضوئية الساقطة متجهة من اليسار إلى اليمين

- السطح المحدب هو السطح الذي يقع مركز انحنائه C على يمين الرأس

- السطح المقعر هو السطح الذي يقع مركز انحنائه C على يسار الرأس

- المستوي البؤري هو المستوى العمودي على المحور والمار بأي من النقطتين البؤريتين

2- تكوين الصورة

لدينا أنبوب من زجاج معامل إنكساره 1.60 له سطح محدب، نضع جسم على يسار الأنبوب "وسط الأول الهواء"

فنلاحظ تكون صورة بواسطة سطح كاسر

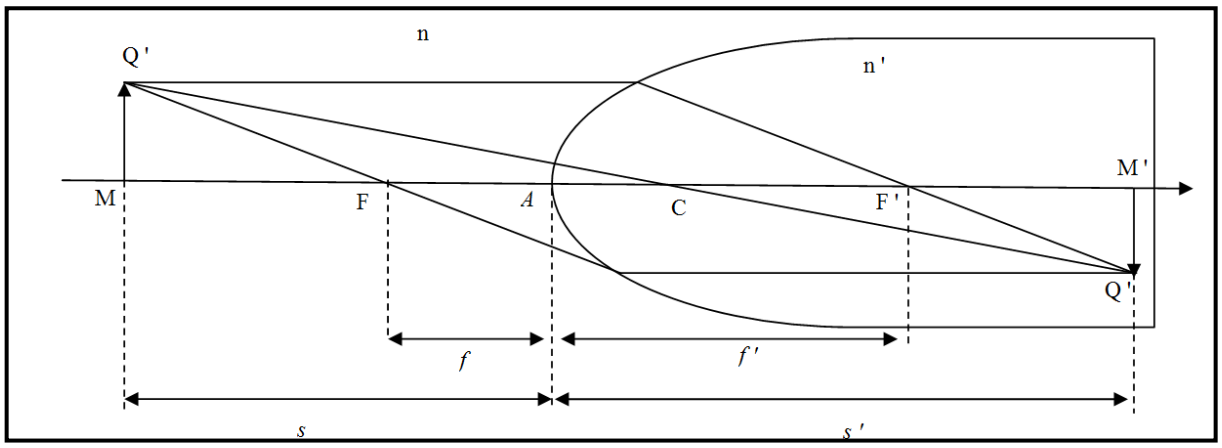
وإذا حرك الجسم مقتربا من المستوي البؤري الأساسي فإن الصورة تتكون على **مسافة أكبر** يمين 'F و تصبح **أكبر حجما** أي أنها تكبر.

أما إذا حرك الجسم يسارا أي مبتعدا عن F فإن الصورة تتكون على **مسافة أقرب** من 'F و تصبح **أصغر حجما**.

- الصورة الحقيقية و الصورة التقديرية

- تتكون الصورة حقيقية عند انكسار الأشعة الضوئية المصادرة من النقطة Q على الجسم بواسطة سطح كروي محدب يفصل وسطين مختلفين

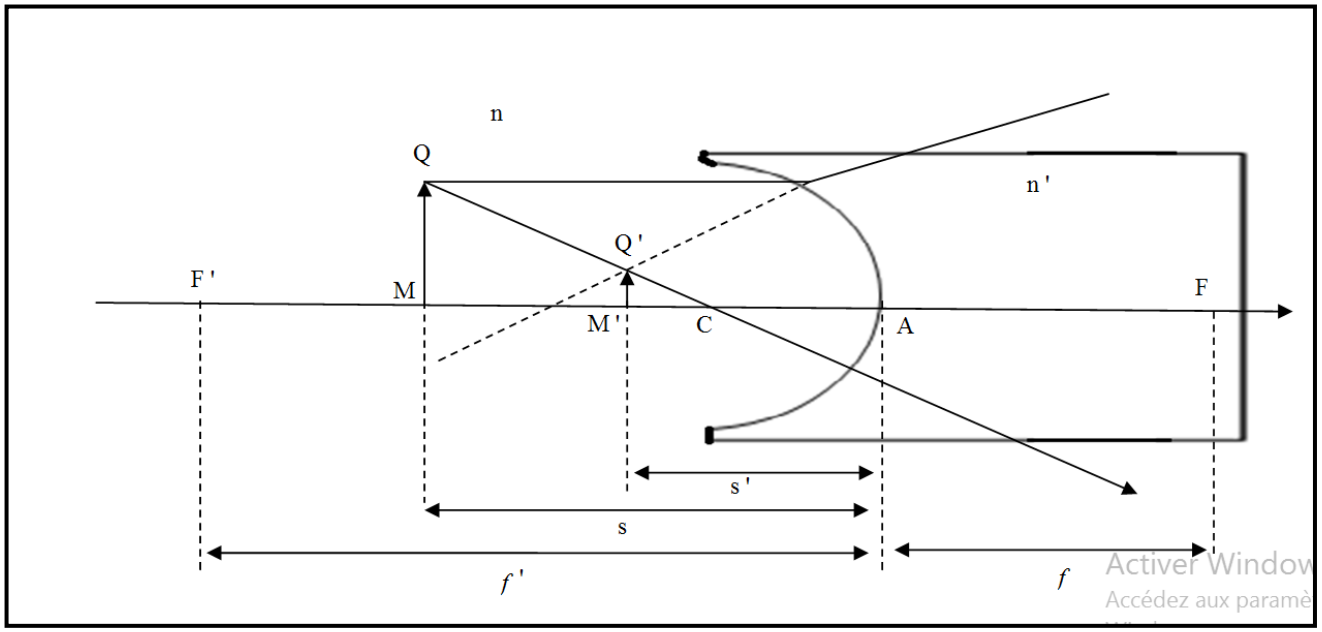
حيث أن الأشعة المنكسرة متفرقة تتجمع في بؤرة 'Q بمعنى أن الصورة سوف تتكون على الستار 'المستوي 'M



الشكل 3 : تكوين الصورة حقيقية

- تتكون الصورة التقديرية عند انكسار الأشعة الضوئية المصادرة من النقطة Q على الجسم بواسطة سطح كروي مقعر يفصل وسطين مختلفين

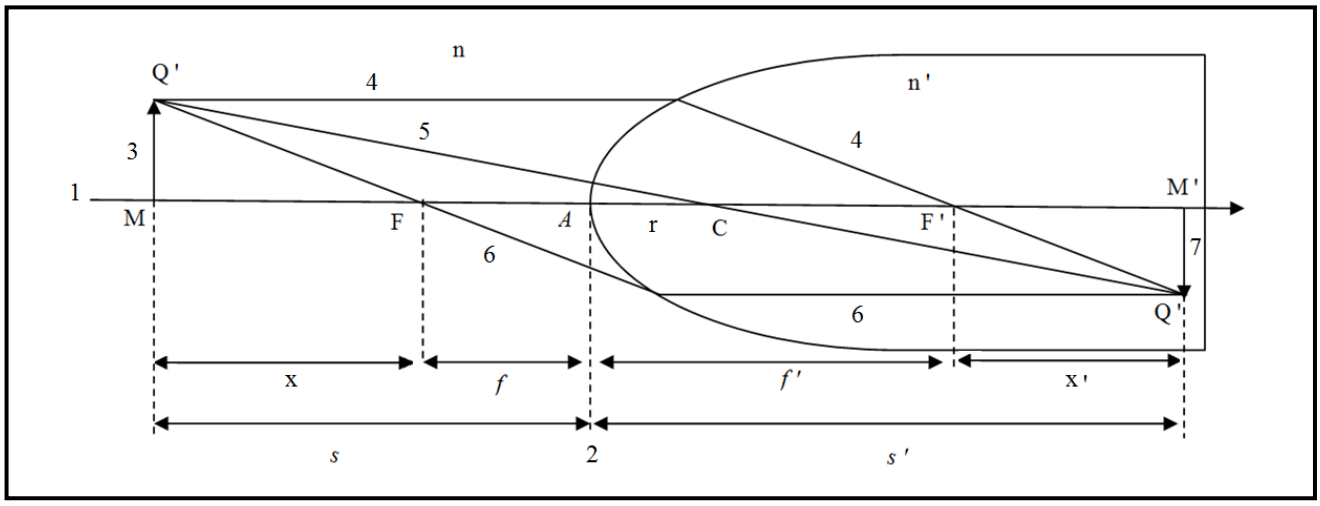
حيث أن الأشعة المنكسرة متفرقة لن تتجمع في بؤرة و مع هذا فإن هذه الأشعة سوف تبدو لعين المشاهد في الجانب الأيمن كما لو كانت صادرة من نقطة مشتركة 'Q



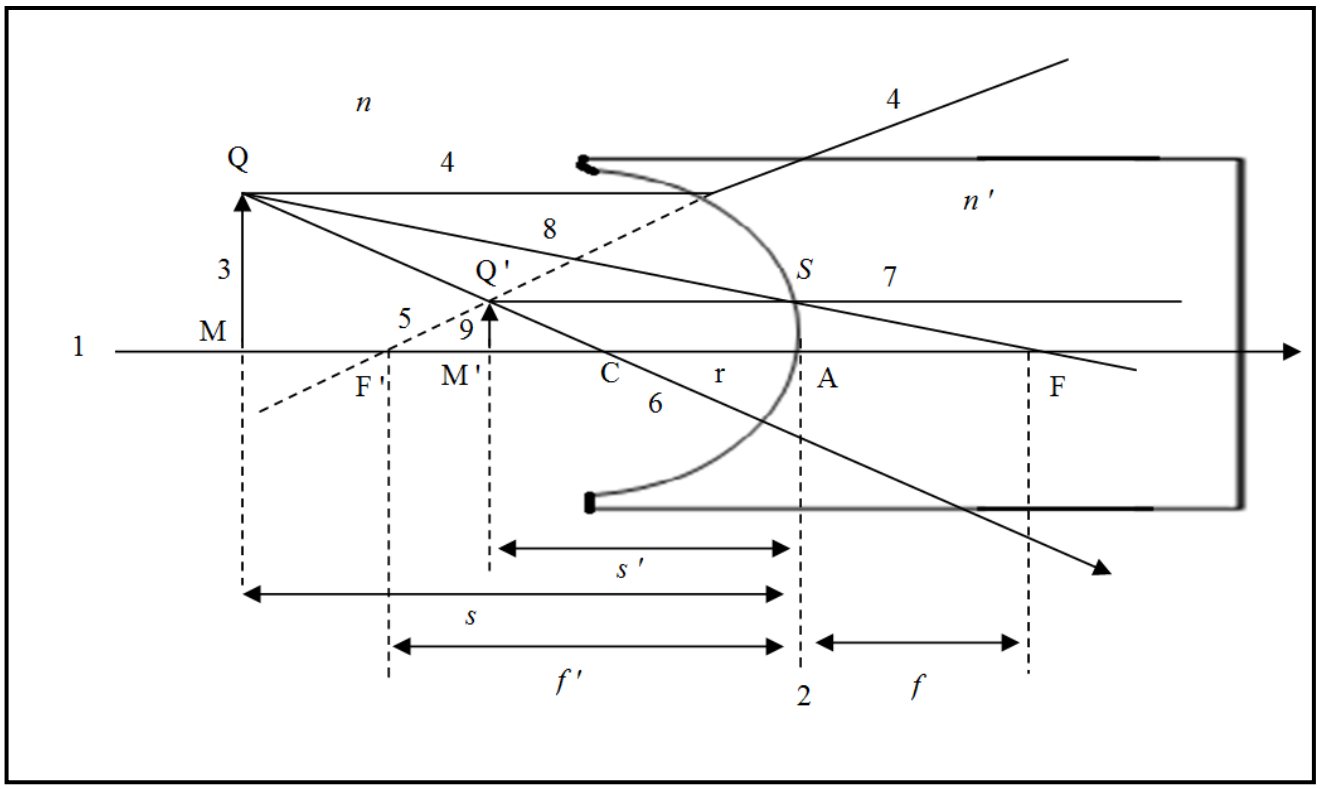
الشكل 4 : تكوين الصورة التقديرية

3- الإنشاءات التخطيطية

طريقة الشعاع الموازي



الشكل 5: طريقة الشعاع الموازي لتعين موضع الصورة المكونة بسطح كروي محدب



الشكل 6: طريقة الشعاع الموازي لتعين موضع الصورة المكونة بسطح كروي مقعر

4- التكبير

التكبير الجانبي هو النسبة بين البعد المستعرض للصورة النهائية و البعد المناظر للجسم الأصلي

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'-r}{s+r}$$

إذا كان التكبير m موجبا فإن الصورة تكون تقديرية و معتدلة، بينما إذا كان سالبا فإن الصورة تكون حقيقية و مقلوبة.

5- معادلة غوس

الصيغة المحورانية المستخدمة لإيجاد موضع الصور

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n'-n}{r}$$

6-الاقتراب المختزل "التقارب البصري"

تستخدم صيغة غوس جمع و طرح كميات تتناسب مع انحناءات أسطح كروية بدل من أنصاف الأقطار لتصبح أبسط في الشكل و أكثر ملائمة

-الاقتربان المختزلانV و'V

مقياسان مباشران لتجمع و تفرق الموجبتين للجسم و الصورة

$$V = \frac{n}{s} \quad ; \quad V' = \frac{n'}{s'}$$

في حالة موجة متفرقة من الجسم يكون s موجبا و كذالك الاقتراب موجب ، أما في حالة الموجة المتفرقة، من الناحية الأخرى، فإنه يكون s سالبا و كذالك الاقتراب سالبا

في حالة موجة متجمعة تجاه الصورة الاقتراب موجب ، أما في حالة الموجة المتفرقة فإنه الاقتراب V' يكون سالبا

-انحناء السطح الكاسر K "مقلوب نصف قطر"

$$K = \frac{1}{r}$$

-القوة P :

$$; \quad P = \frac{n'}{f'} \; P = \frac{n}{f}$$

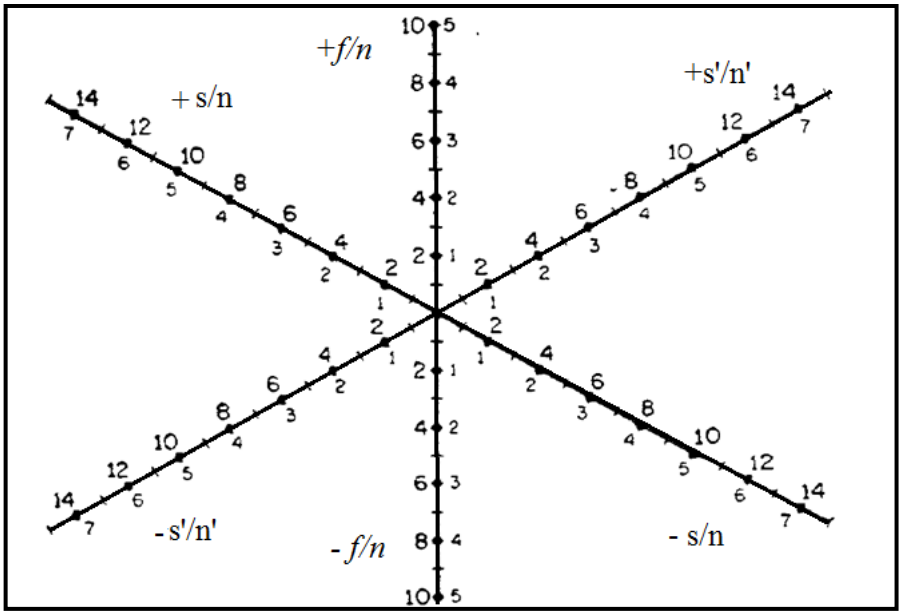
$$P = V + V' = (n'-n)K = \frac{n'-n}{r}$$

ملاحظة

وحدة قياس هذه الوحدات بالديوبتر

ملاحظة

هناك طريقة بيانية تسمى بالطريقة النوموغرافية لتبسيط الحساب والحصول على نتائج بسرعة "تعين بعد الجسم أو الصورة"



الشكل 7 : الطريقة النوموغرافية لتعين بعد الجسم أو الصورة

1- المرايا المستوية

المرآة المستوية هي مرآة مسطحة الشكل

- خصائص الصورة المتكونة بالمرآة المستوية هي:

- تقديرية (لا يمكن استقبالها على حائل).

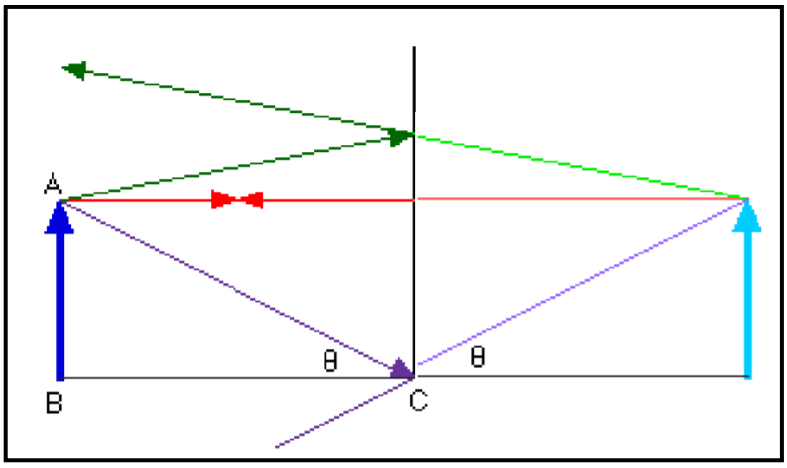
- معتدلة.

- معكوسة الوضع بالنسبة للجسم.

- مساوية للجسم في الحجم.

- بعد الجسم عن المرآة يساوي بعد الصورة عنها.

- المستقيم الواصل بين الجسم وصورته عمودي على سطح المرآة.



الشكل 1 : تكوين صورة في المرآة المستوية

2- المرايا الكروية

من خواص الأسطح الكروية العاكسة

الصورة الناتجة من مرآة الكروية

- خصائص السطح الكروي العاكس

-المحور الرئيسي :هو ذلك الخط المستقيم المار بمركز الانحناء C

-الرأس : هي النقطة A التي يتقاطع فيها المحور الرئيسي مع السطح الكروي

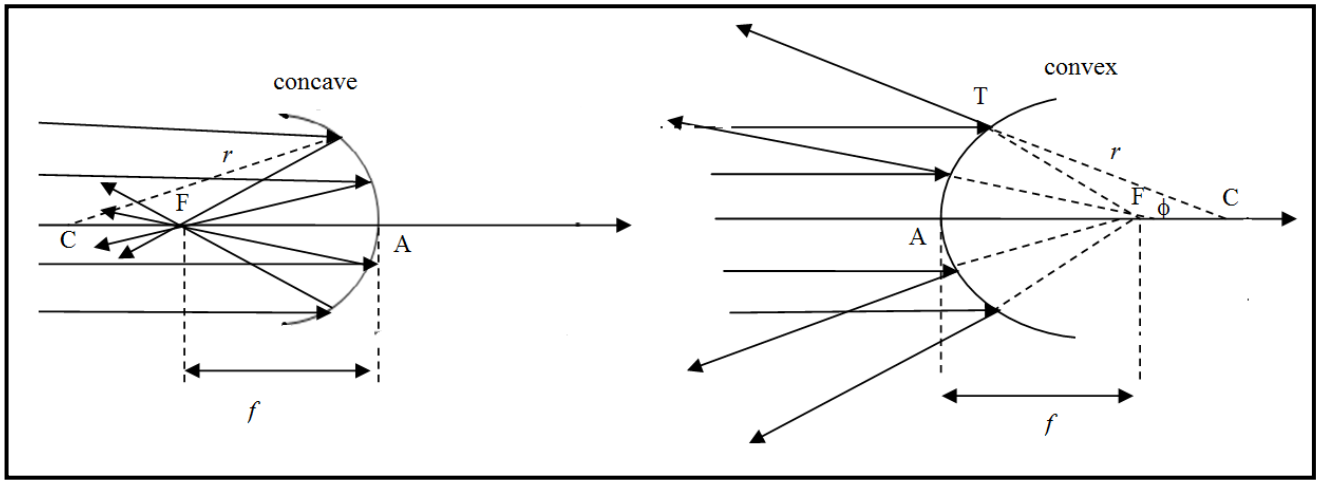
النقطة و البعد البؤري

-النقطة البؤرية: هي نقطة بؤرية F تقع على المحور الرئيسي

في حالة السطح المحدب :عندما تنبعث **أشعة متوازية** مع المحور الرئيسي تنعكس الحزمة و تتجمع في النقطة البؤرية F .

في حالة السطح المقعر:عندما تنبعث **أشعة متوازية** مع المحور الرئيسي تنعكس الحزمة و تتفرق فإن تمديد هذه الأشعة يتجه نحو نقطة البؤرية F على المحور الرئيسي كأنها آتية منه

-**البعد البؤري الأساسي** هو المسافة بين الرأس و نقطة البؤرية F



الشكل 2 : تعين النقطة البؤرية

ملاحظة

النقطتين البؤريتين الأساسية و الثانوية للمرآة منطبقتان أى لها نقطة بؤرية واحدة

3- تكوين الصورة

- الصورة الحقيقية و الصورة التقديرية

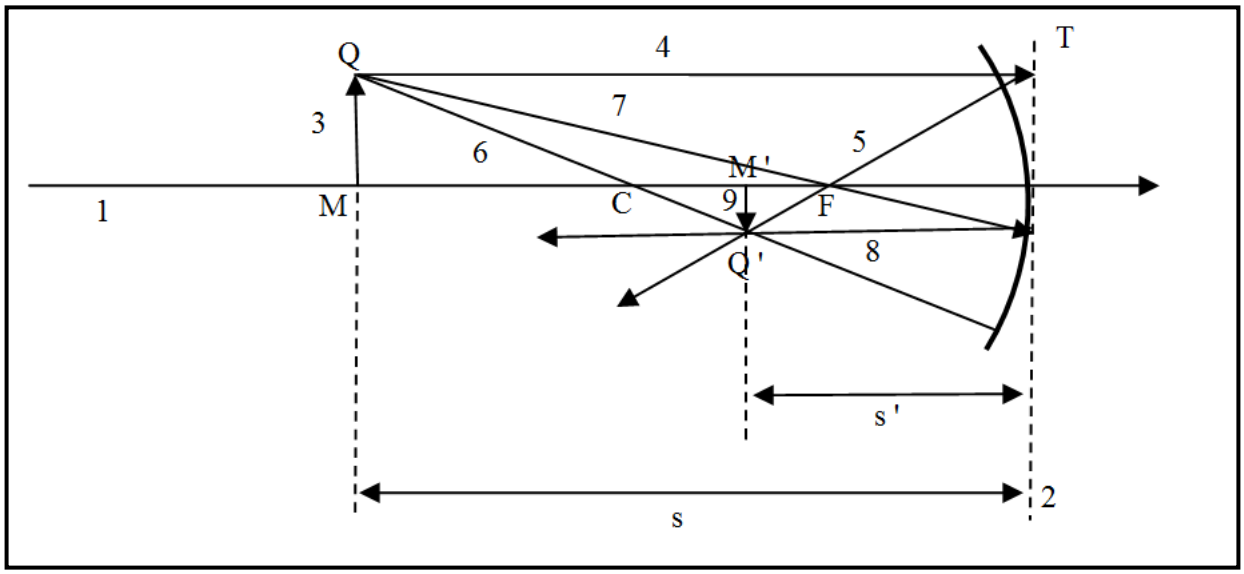
- في المرآة المقعر تتكون **صورة حقيقية** عندما يتحرك الجسم تجاه مركز الانحناء C تتحرك الصورة أيضا مقتربة من C و يزداد حجمها و عندما يصل الجسم إلى C يصبح حجم الصورة مساويا لحجم الجسم

عندما يكون الجسم بين مركز الانحناء C و النقطة البؤرية F

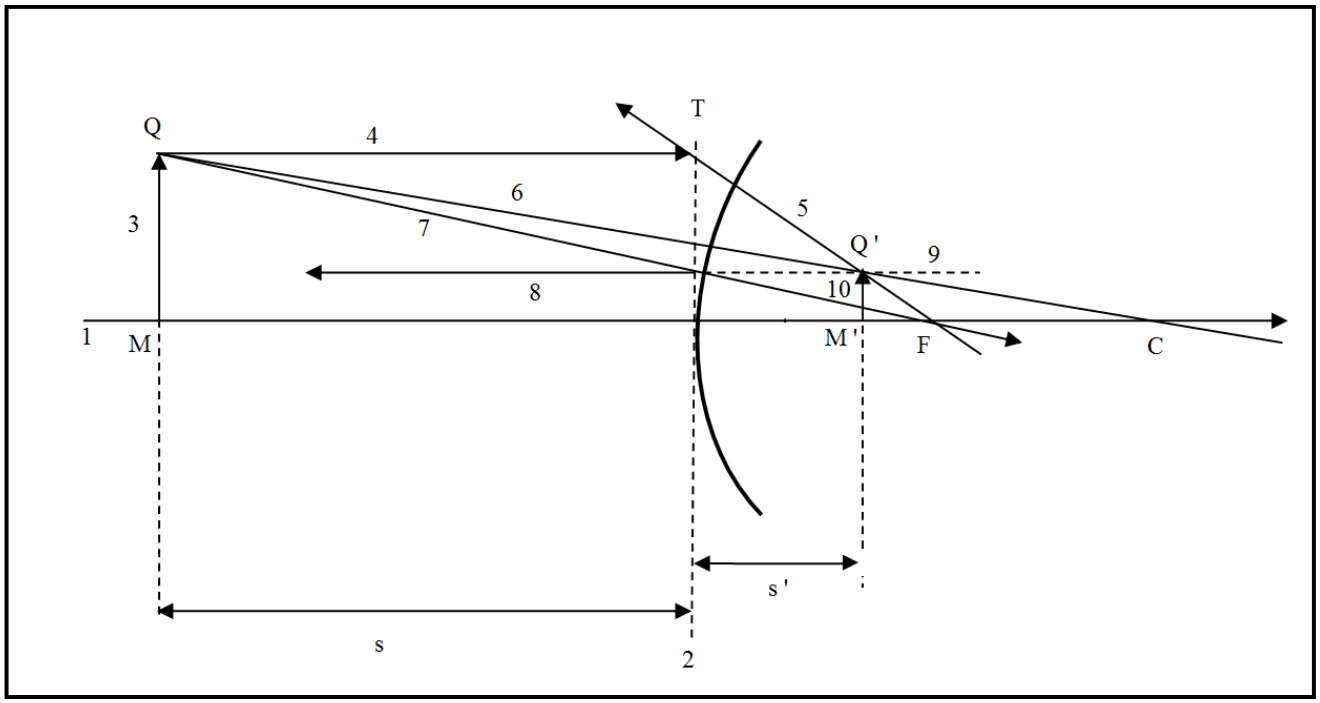
- في المرآة المحدبة **تتكون صورة تقديرية**

4- الإنشاءات التخطيطية

- طريقة الشعاع الموازي



الشكل 3 : تكوين صورة في المرآة المقعر



الشكل 4 : تكوين صورة في المرآة المحدبة

5- معادلات المرايا

يمكن الحصول على مواصفات الصورة بطريقة رياضية بدال عن استخدام الطريقة البيانية التي تصبح صعبة عند التعامل مع نظام مكون من أكثر من مرآة. لذلك نستخدم معادلة رياضية تربط بين بعد الجسم عن المرآة وبعد الصورة عن المرآة والبعد البؤري

- نعتبر المسافات موجبة إذا كانت مقاسة من اليسار إلى اليمين وسالبة إذا كانت مقاسة من اليمين إلى اليسار

- الأشعة الساقطة تتجه من اليسار إلى اليمين والأشعة المنعكسة تتجه من اليمين إلى اليسار

- يقاس البعد البؤري من النقطة البؤرية إلى الرأس، و هذا يجعل إشارة f موجبة للمرايا المقعرة و سالبة للمرايا المحدبة

- يقاس نصف القطر من الرأس إلى المركز الانحناء وهذا يجعل r سالبا للمرايا المقعرة وموجبا للمرايا المحدبة

- يقاس بعد الجسم s وبعد الصورة 's من الجسم و من الصورة على الترتيب إلى الرأس، و هذا يجعل كلا من s و 's موجبا و يجعل الجسم و الصورة حقيقيين عندما يقعان على الجانب الأيسر من الرأس ، و يكون هذان البعدان سالبين و يكون الجسم و الصورة تقديريين إذا كانا يقعان على الجانب الأيمن من الرأس

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=-\frac{2}{r}$$

-قيمة التكبير الجانبي للصورة

$$m=\frac{y'}{y}=-\frac{s'}{s}$$

-قوى المرايا

-الاقتربان المختزلانV و'V

$$V'=\frac{1}{s'}\ V=\frac{1}{s}\quad ;$$

-انحناء السطح الكاسر K "مقلوب نصف قطر"

$$K=\frac{1}{r}$$

-القوة P :

$$P=\frac{1}{f}$$

$$P=V+V'=-2K$$

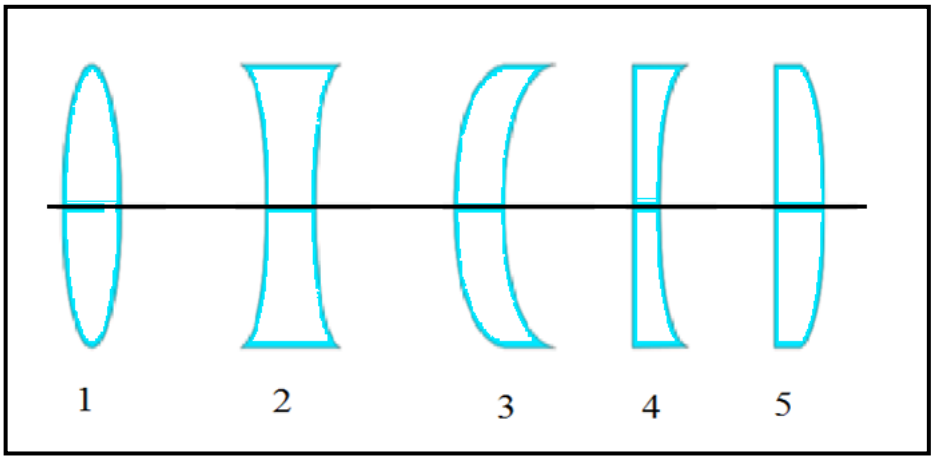
1- العدسة الرقيقة

هي أداة بصرية لإنكسار الضوء شفافة تصنع من مادة الزجاج أو الكورتز أو البلاستيك ....إلخ لها أسطح كروية حيث يكون سطحا العدسة إما متساويا الإنحناء أو مختلفي الإنحناء و الذي **يعتبر سمكها صغيرا** بالمقارنة بالمسافات و الأبعاد المرتبطة بخواصها البصرية (نصفي قطر الانحناء السطحين و البعدين البؤريين و بعدي الجسم و الصورة)

2- أنواع العدسات

العدسة المحدبة (Convex lens)"موجبة أو مجمعة" فهي عدسات **رقيقة في الأطراف وسميكة في وسطها،** تستخدم كعدسة مكبرة، توضح **العدسة المحدبة الرؤية** عن قريب ولا توضحها **من** بعد. كما أن العدسة المقعرة تساعد **الاشخاص بعيدي النظر** على رؤية الأشياء القريبة

العدسات المقعرة (Concave lens)"سالبة أو مفرقة" فهي عدسات **سميكة في الأطراف ورقيقة في وسطها،** تستخدم لتصغير الصورة، **توضح العدسة المقعرة الرؤية من بعيد** ولا توضحها عن قرب. كما أن العدسة المقعرة تساعد **الاشخاص قريبي النظر** على رؤية الأشياء البعيدة، حيث تكسر العدسات المقعرة أشعة الضوء نحو الخارج فتصبح الأشياء البعيدة تبدو قريبة بالنسبة للعين.



الشكل 1: (1) العدسة محدبة الوجهين (2) العدسة مقعرة الوجهين (3) عدسة مستوية مقعرة (4) عدسة مستوية محدبة (5) عدسة مقعرة محدبة

تمثيل العدسات

- تمثل العدسات المحدبة

- تمثل العدسات المقعرة

3- خصائص العدسات

-المحور الرئيسي :هو ذلك الخط المستقيم المار بمركز الانحناء C

- مركز العدسة: هي النقطة A التي يتقاطع فيها المحور الرئيسي مع المستوي المار من مركز العدسة

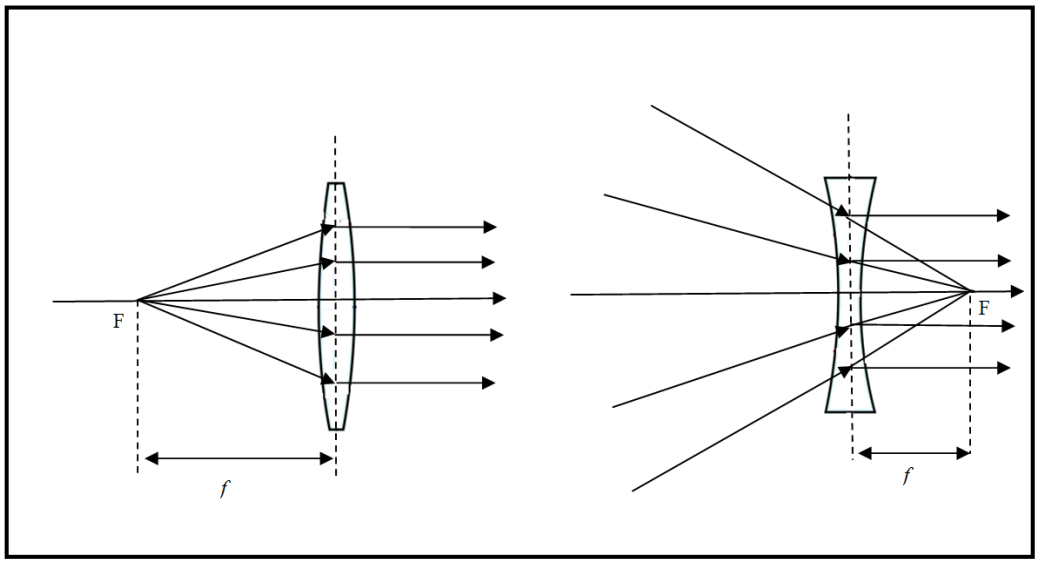
النقطتان البؤريتان والبعدان البؤريان

-النقطة البؤرية الأساسية: هي مصدر نقطي F تقع على المحور الرئيسي

في حالة العدسة المحدبة: عندما تنبعث **أشعة متفرقة** من مصدر نقطي F على المحور الرئيسي في الوسط الأول و تنكسر في صورة حزمة موازية للمحور في الوسط الثاني.

في حالة العدسة المقعرة: عندما تنبعث **أشعة متجمعة** فى الوسط الأول و تنكسر في صورة حزمة متوازية في الوسط الثاني فإن تمديدها يتجه نحو مصدر نقطي F على المحور الرئيسي كأنها آتية منه

-البعد البؤري الأساسي: هو المسافة بين مركز العدسة و مصدر نقطي F



الشكل 2: النقطة البؤرية الأساسية

ملاحظة

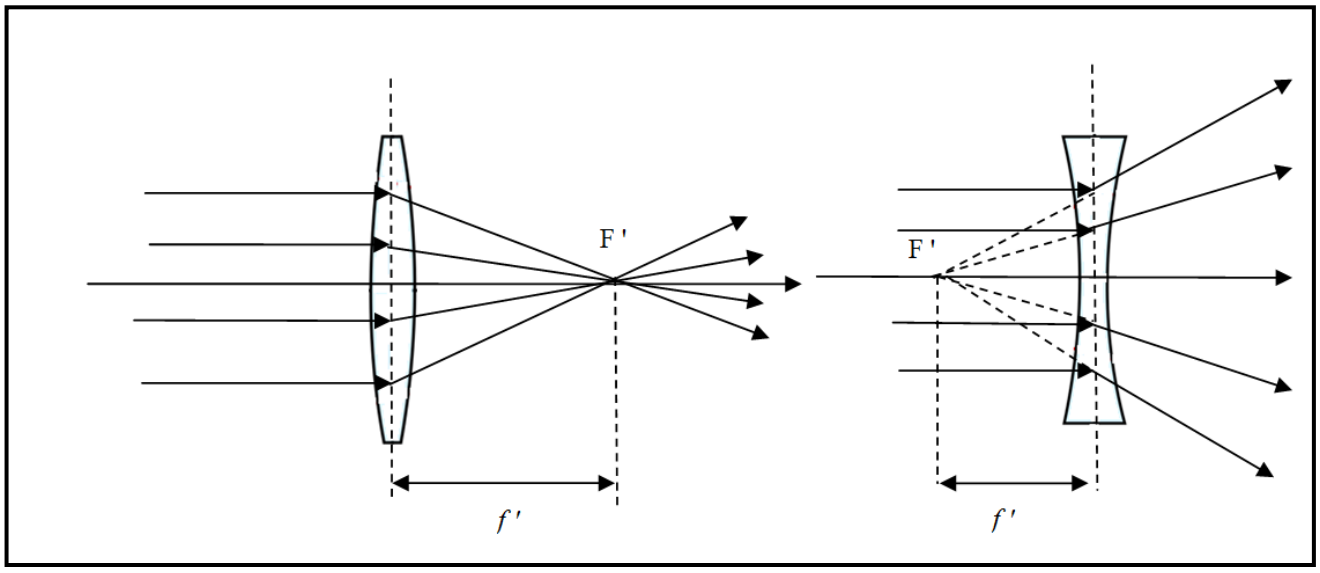
النقطة البؤرية الأساسية تمتاز بخاصية أن أي شعاع صادر منها أو متجه نحوها يسير بعد الانكسار موازيا للمحور.

-النقطة البؤرية الثانوية : هي نقطة بؤرية ' F تقع على المحور الرئيسي

في حالة العدسة المحدبة :عندما تنبعث **أشعة موازية** للمحور الرئيسي في الوسط الأول فإنها تنكسر و تتجمع في نقطة بؤرية ' F تقع على المحور الرئيسي في الوسط الثاني.

في حالة العدسة المقعرة:عندما تنبعث **أشعة موازية** للمحور الرئيسي في الوسط الأول فإنها تنكسر و تتفرق في الوسط الثاني ، تمديد هذه الأشعة المنكسرة يتجه نحو نقطة بؤرية ' F على المحور الرئيسي كأنها آتية منه

-**البعد البؤري الثانوي** هو المسافة بين مركز العدسة و نقطة بؤرية F '



الشكل 3 : النقطة البؤرية الثانوية

ملاحظة

النقطة البؤرية الثانوية تمتاز بخاصية أن أي شعاع ساقط موازيا للمحور سوف يتجه بعد الانكسار تجاه F' أو يبدو كما لو كان صادرا منها

ملاحظة هامة

-البعد البؤري الأساسي و الثانوي موجبان للعدسة مجمعة و سالبان للعدسة المفرقة

- النقطة البؤرية الأساسية للعدسة مجمعة تقع على **الجانب الأيسر** بينما تقع في حالة العدسة المفرقة على الجانب الأيمن

- النقطة البؤرية الثانوية للعدسة مجمعة تقع على **الجانب الأيمن** بينما تقع في حالة العدسة المفرقة على **الجانب الأيسر**

-إذا وجدت نفس الوسط على جانبي العدسة فإن

$$f = f'$$

4- تكوين الصورة

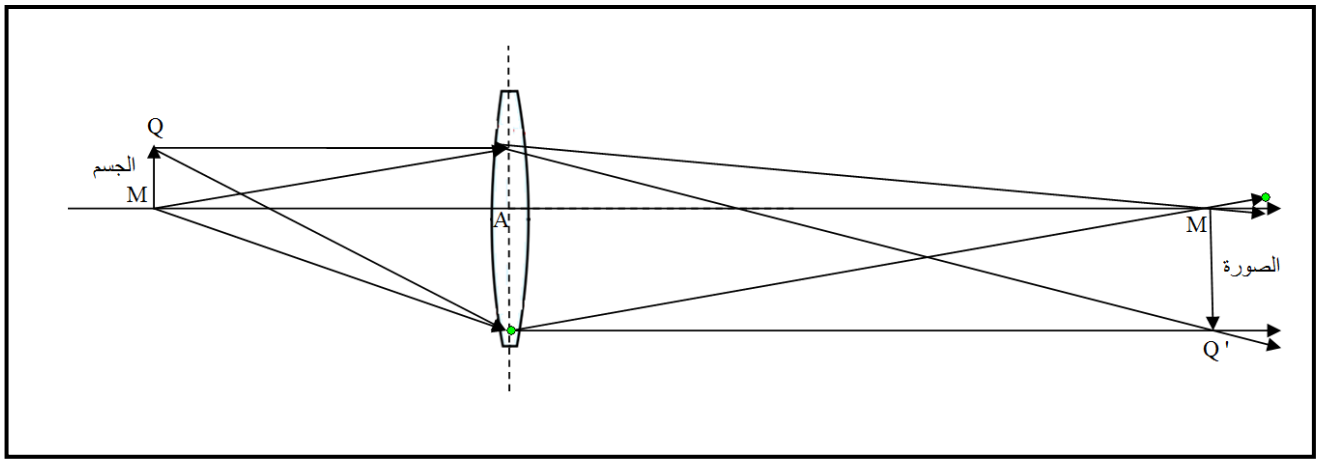
- إذا وضع الجسم **على بعد من العدسة المحدبة يزيد عن بعدها البؤري** فإنك لن ترى له أي صورة ولكن يمكنك تلقي **صورة حقيقية له** (مقلوبة رأسا على عقب) على ورقة أو ستارة في الجهة الأخرى من العدسة.

وإذا حرك الجسم مقتربا من المستوي البؤري الأساسي فإن الصورة تكبر.

- أما إذا وضع جسم **بين العدسة المحدبة وبؤرتها** يرى الناظر من الجهة الأخرى للعدسة **صورة مكبرة للجسم** على بعد يزيد عن بعد الجسم الفعلي عنها وإذا حرك الجسم مقتربا من العدسة فإن الصورة تصبح **أكبر حجما**.

- أما في حالة **العدسة المقعرة** فهي على العكس من ذلك، فهي تستخدم **لتصغير الصورة**، حيث أن العدسة المقعرة تكوّن **صورة للجسم تقديرية معتدلة** (غير مقلوبة) مصغّرة وفي نفس الجهة التي فيها الجسم وايضا تعمل العدسة المقعرة على تفريق الاشعة.

إذا حرك الجسم مقتربا من العدسة فإن الصورة تكبر ولكن تبقى أقل من حجم الجسم الحقيقي وإذا حرك الجسم مبتعدا من العدسة فإن الصورة تصبح **أصغر حجما** أي أنها تصغر.



الشكل 3 : تكوين الصورة

الصورة الحقيقية والصورة التقديرية

- **تتكون الصورة حقيقية** عند انكسار الأشعة الضوئية المصادرة من النقطة Q على الجسم بواسطة العدسة المحدب.

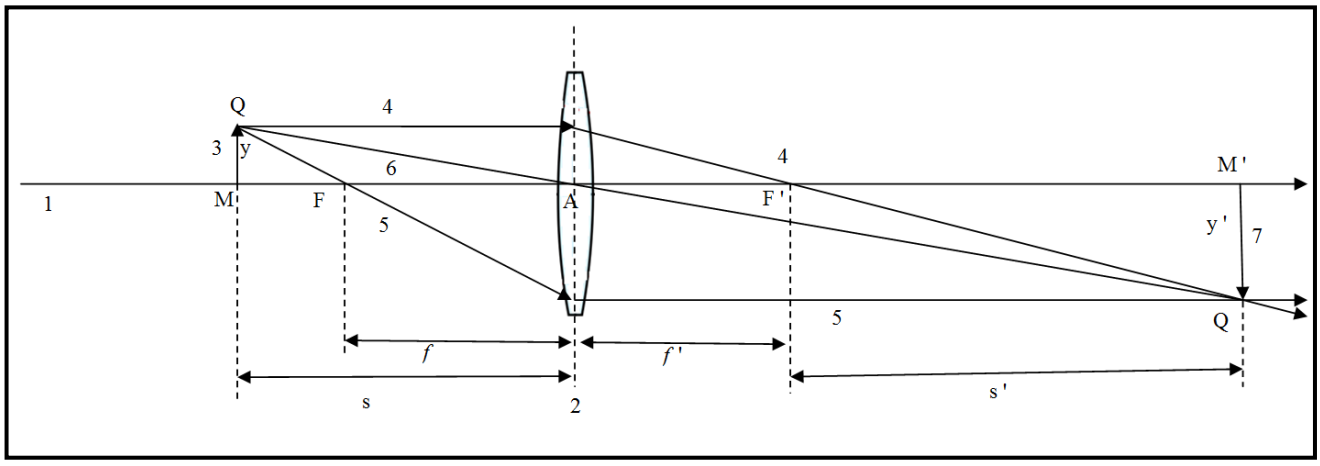
حيث أن الأشعة المنكسرة متفرقة تتجمع في بؤرة في النقطة Q' وكذلك بالنسبة للأشعة الصادرة من نقطة M تتجمع في بؤرة M' بمعنى أن الصورة سوف تتكون على الستار المستوي M'

- **تتكون الصورة التقديرية** عند انكسار الأشعة الضوئية المصادرة من النقطة Q على الجسم بواسطة عدسة مقعر

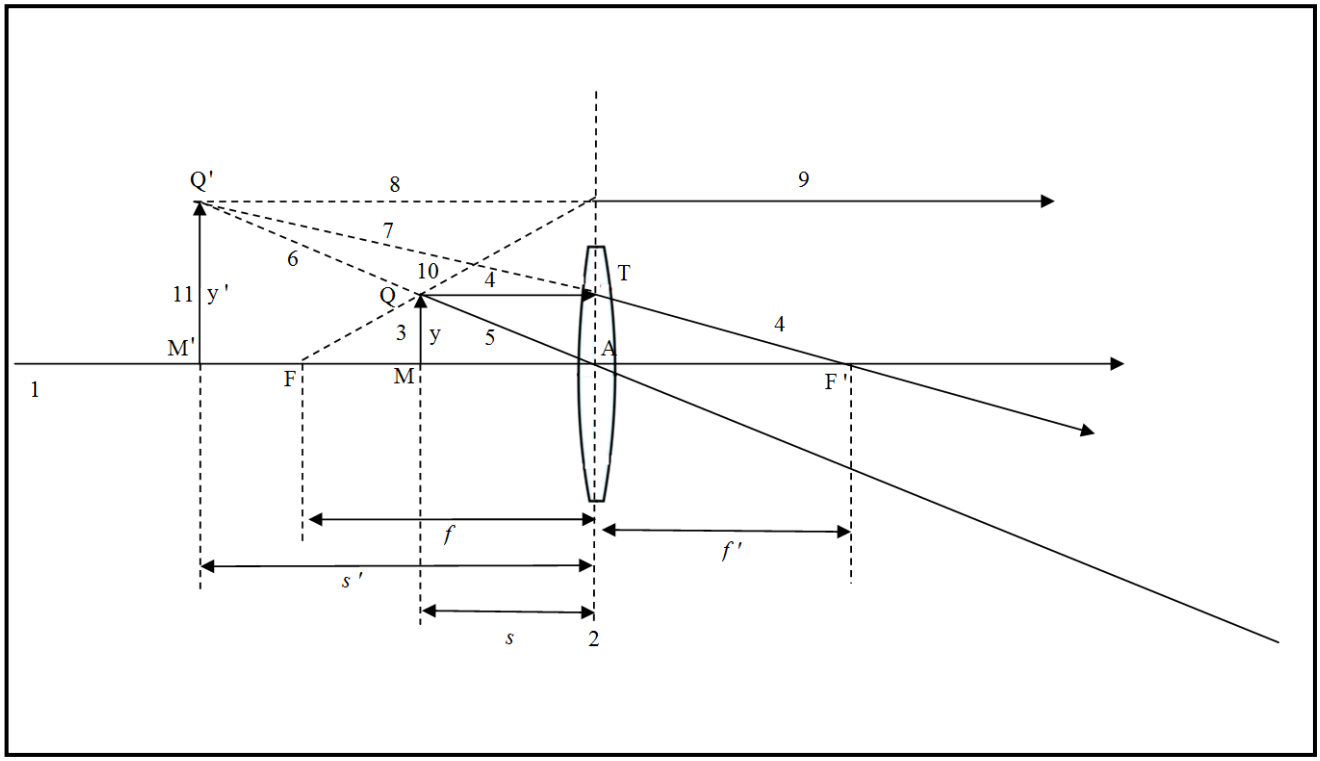
حيث أن الأشعة المنكسرة متفرقة لن تتجمع في بؤرة ومع هذا فإن هذه الأشعة سوف تبدو لعين المشاهد في الجانب الأيمن كما لو كانت صادرة من نقطة مشتركة Q'

5- الإنشاءات التخطيطية

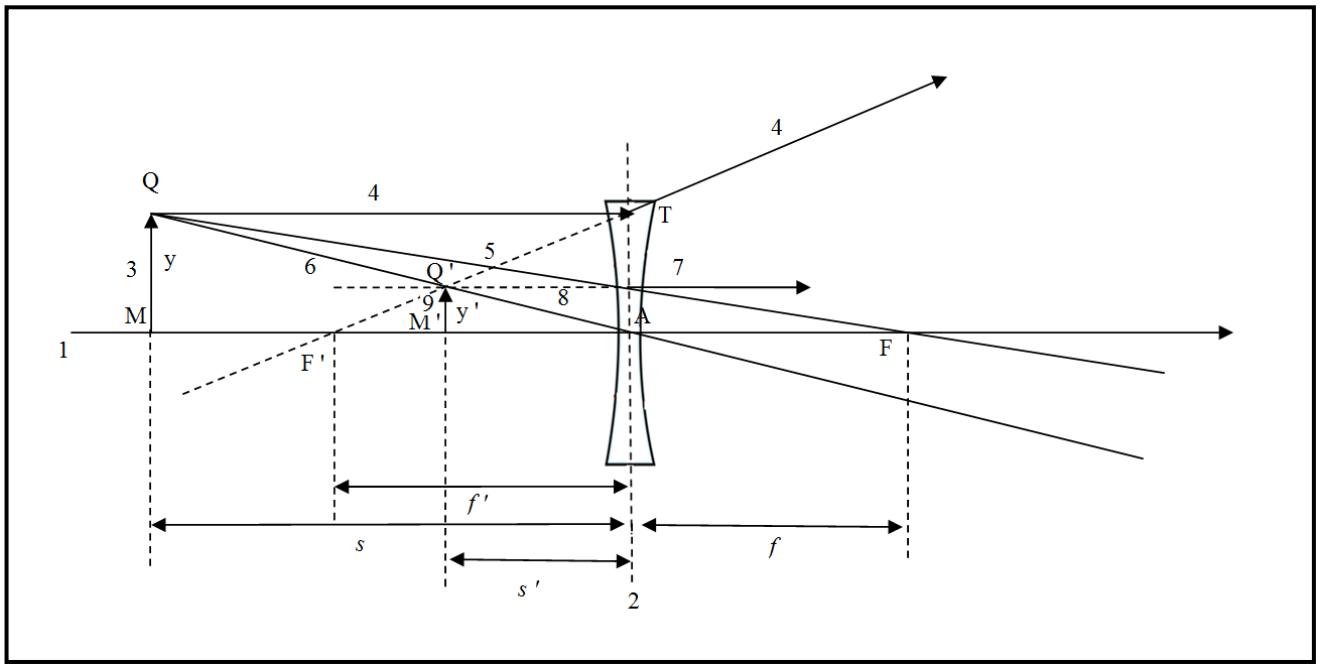
- طريقة الشعاع الموازي



الشكل 4 : طريقة الشعاع الموازي لتعين موضع الصورة المكونة لعدسة محدبة " موضع الجسم يزيد عن بعدها البؤري"

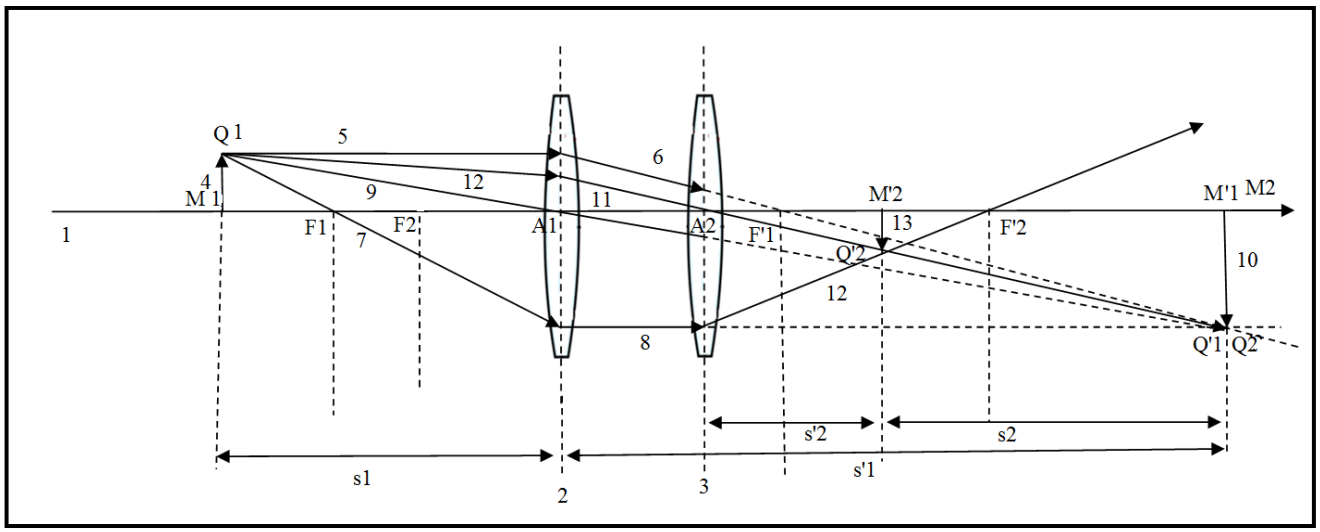


الشكل 5 : طريقة الشعاع الموازي لتعين موضع الصورة المكونة لعدسة محدبة "الجسم يقع بين العدسة و بؤرتها"



الشكل 6 : طريقة الشعاع الموازي لتعين موضع الصورة المكونة لعدسة مقعرة

6- نظام بصري يتكون من عدستين تفصلهما مسافة معينة



الشكل 7 : طريقة الشعاع الموازي لإيجاد موضع الصورة المكونة لنظام بصري يتكون من عدستين تفصلهما مسافة معينة

7- معادلة صانعي العدسات

إذا أريد تشكيل عدسة ببعد بؤري معين لابد أن يكون **معامل انكسار الزجاج معلوما**. يجب اختيار نصفي قطرى الانحناء بحيث تحقق المعادلة التالية :

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{s}-\frac{1}{s'}=(n-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$$

تؤخذ جميع أنصاف أقطار **الأسطح المحدبة موجبة** و أنصاف أقطار **جميع الأسطح المقعرة سالبة**

8- قوة العدسة الرقيقة

تعطى قوة العدسة الرقيقة بمقلوب البعد البؤري

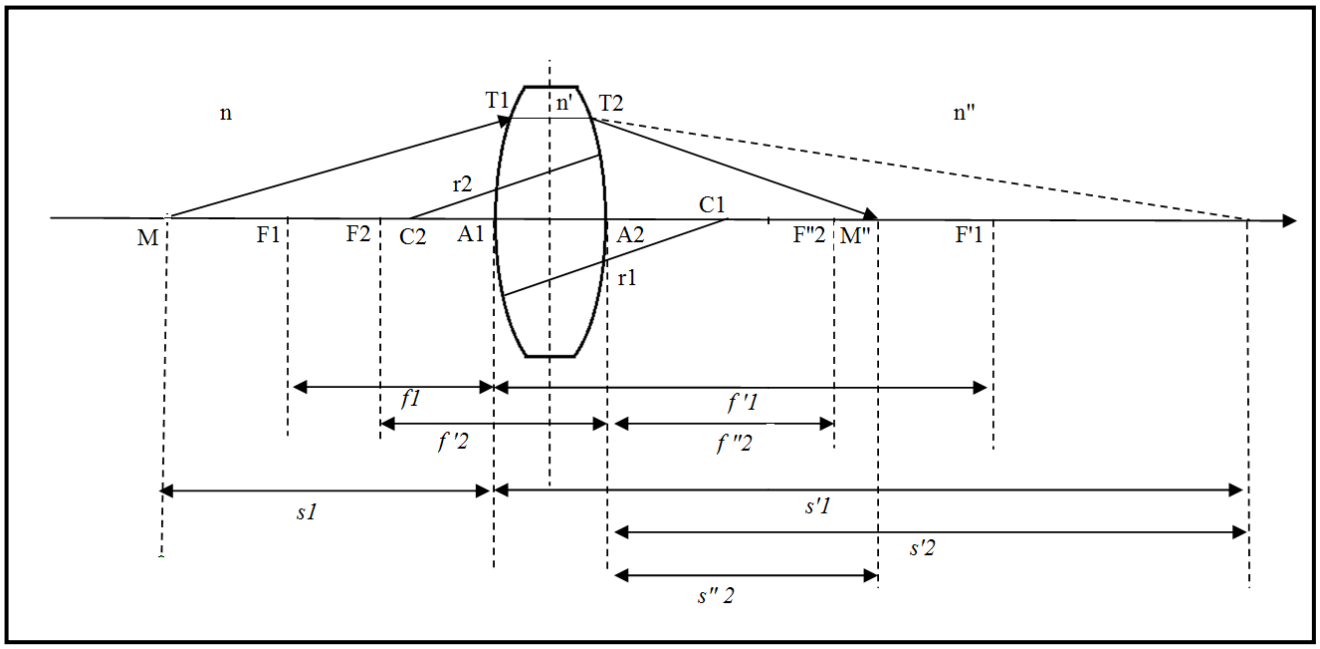
$$P=\frac{1}{f}$$

9- اشتقاق معادلة صانعي العدسات

لنفرض أن "n و 'n و n تمثل معاملات انكسار الأوساط الثلاثة

f' و f_1 هما البعدان البؤريان للسطح الأول

"f_2 و 'f_2 هما البعدان البؤريان للسطح الثاني



الشكل 8 : المسافات و الأبعاد المرتبطة بالعدسة المحدبة

معادلة كل سطح تكتب بالعلاقة

$$\begin{cases} \dfrac{n}{s_1} - \dfrac{n'}{s_1'} = \dfrac{n'-n}{r_1} \\ \dfrac{n'}{s'_2} - \dfrac{n''}{s_2''} = \dfrac{n''-n'}{r_2} \end{cases}$$

في العدسات الرقيقة سمك العدسة صغير و مهمل بالمقارنة ببعد الجسم و الصورة سنلاحظ أن بعد الصورة بالنسبة للسطح الأول يساوي مقدارا بعد الجسم بالنسبة للسطح الثاني $s_1' = -s_2'$ يمكن كتابة العلاقة :

$$\frac{n'}{s_1'} = -\frac{n'}{s_2'}$$

بجمع المعادلتين نجد

$$\frac{n}{s_1} + \frac{n''}{s_2''} = \frac{n'-n}{r_1} + \frac{n''-n'}{r_2}$$

لدينا

$$\frac{n}{f} = \frac{n'-n}{r_1} + \frac{n''-n'}{r_2} = \frac{n''}{f''}$$

النسبة بين البعدين البؤريين

$$\frac{f}{f''} = \frac{n}{n''}$$

ملاحظة

إذا كان الوسط واحد على كلا جانبي العدسة

$$\frac{n}{s} + \frac{n''}{s''} = (n'-n)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

أذا كان الوسط المحيط هو الهواء

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s''} = (n'-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

باستعمال رمز القوة

$$V + V'' = P_1 + P_2 = P$$

حيث

$$\begin{cases} V = \dfrac{n}{s} \\ V'' = \dfrac{n''}{s''} \end{cases} \qquad \begin{cases} P_1 = \dfrac{n'-n}{r_1} \\ P_2 = \dfrac{n''-n'}{r_2} \end{cases}$$

قوة العدسة تساوي مجموع قوتي السطحي

1- العدسة السميكة

هي أداة بصرية لإنكسار الضوء شفافة تصنع من مادة الزجاج أو الكورتز أو البلاستيك ....إلخ لها أسطح كروية حيث يكون سطحا العدسة إما متساويا الإنحناء أو مختلفي الإنحناء و لها **سمك معتبرا** بالمقارنة بالمسافات و الأبعاد المرتبطة بخواصها البصرية (نصفي قطر الانحناء السطحين و البعدين البؤريين و بعدي الجسم و الصورة) يستعمل هذا المصطلح أيضا في الأنظمة البصرية المكونة من مجموع عدسات متلامسة أو غير متلامسة

معادلة كل سطح تكتب بالعلاقة

$$\begin{cases} \frac{n}{s_1} - \frac{n'}{s_1'} = \frac{n'-n}{r_1} \\ \frac{n'}{s'_2} - \frac{n''}{s_2''} = \frac{n''-n'}{r_2} \end{cases}$$

2- خصائص العدسات

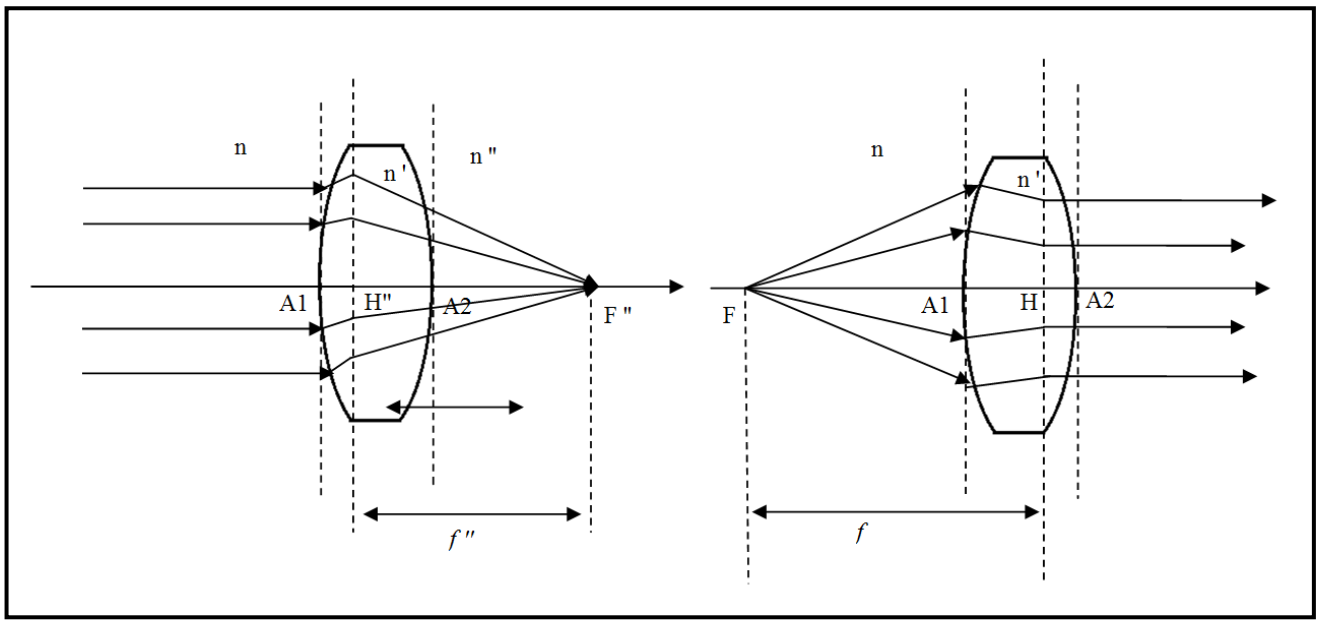
النقطتان البؤريتان والنقطتان الرئيسيتان

الأشعة المتفرقة المنبعثة من النقطة البؤرية الأساسية F تخرج موازية للمحور الرئيسي

الأشعة المتوازية الساقطة تتجمع في النقطة البؤرية الثانوية F'

بين السطحين نمثل المستوى الرئيسي الأساسي والمستوى الرئيسي الثانوي والذي يمر من نقطة تقاطع الأشعة الساقطة والمنكسرة

وتعين النقطة الرئيسية الأساسي والنقطة الرئيسي الثانوي بتقاطع المستوي الرئيسي الأساسي أو الثانوي مع المحور الرئيسي



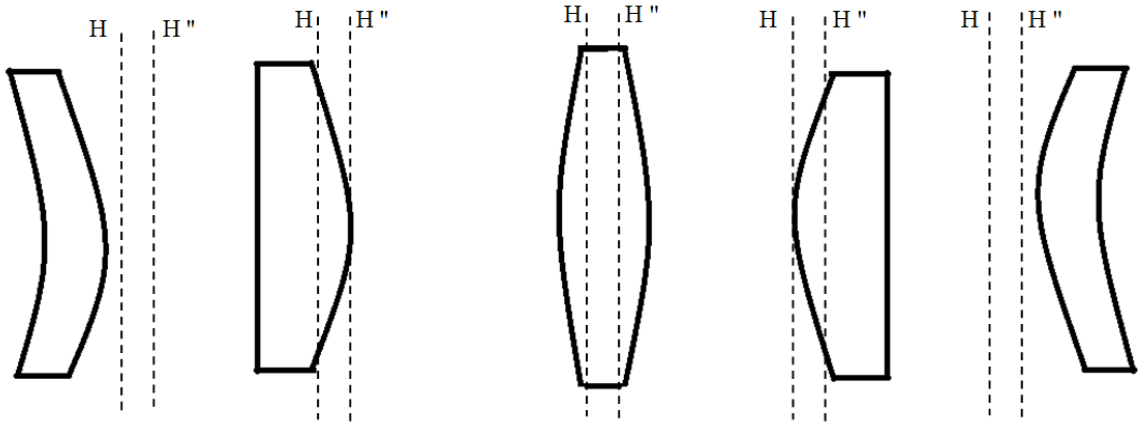
الشكل 1: النقطتان البؤريتان والنقطتان الرئيسيتان

ملاحظة

-إذا كان الوسطان على جانبي العدسة مختلفين فإن البعدين البؤريين سيكونان مختلفين وتكون النسبة بينهما هي النسبة بين معاملي الانكسار

$$\frac{f''}{f} = \frac{n''}{n}$$

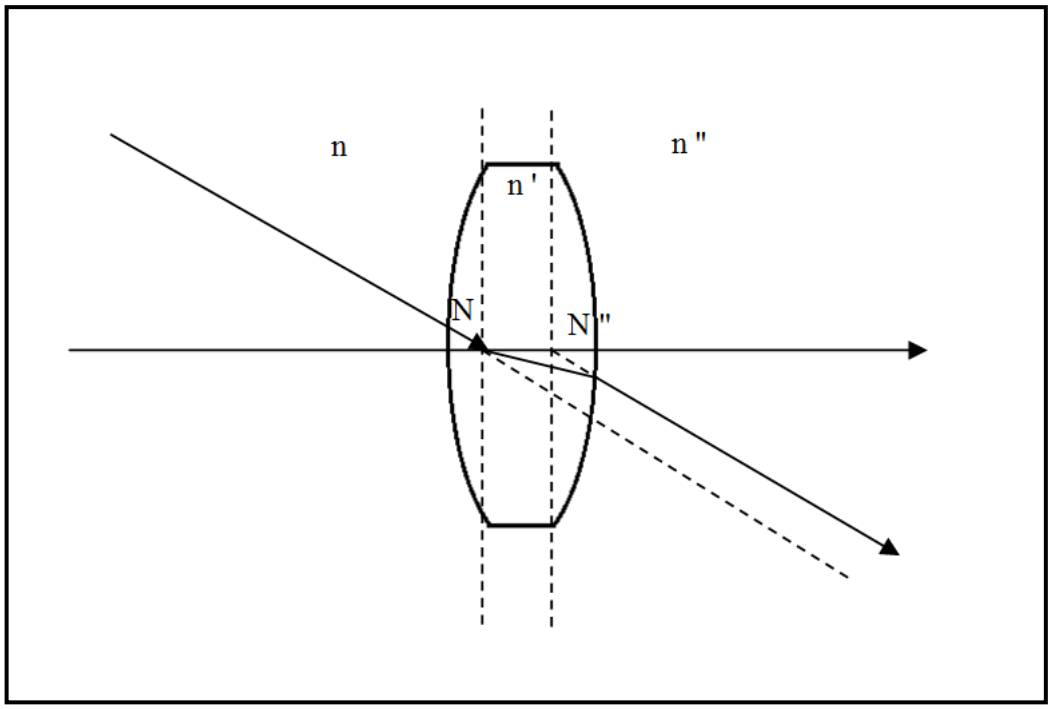
-ليس بالضرورة أن تكون النقطتان الرئيسيتين متماثلة بالنسبة للعدسة ولكن تقع على أبعاد مختلفة من الرأسين و إذا ثنيت عدسة السميكة "نضع عدستين متلامستين " من مادة معينة و ذات بعد بؤري معين فان النقطتين الرئيسيتين سوف تزاحان



الشكل 2 :تغير موضعي المستويين الرئيسيين الأساسي و الثانوي

النقطتان العقديتان

هناك شعاع واحد يمتاز بأن اتجاهه في الفرغ هو نفسه في العدسة أي أن الشعاع قبل الوصول إلى العدسة و بعد الخروج منها متوازيان و بإسقاط هاتين القطعتين على المحور فإنهما يتقاطعان معه في نقطتين تسميان **بالنقطتين العقديتين** و يسمى المستويان المستعرضان بالمستويين العقديين.



الشكل 3 :النقطتين العقديتين و المستويين العقديين لعدسة سميكة

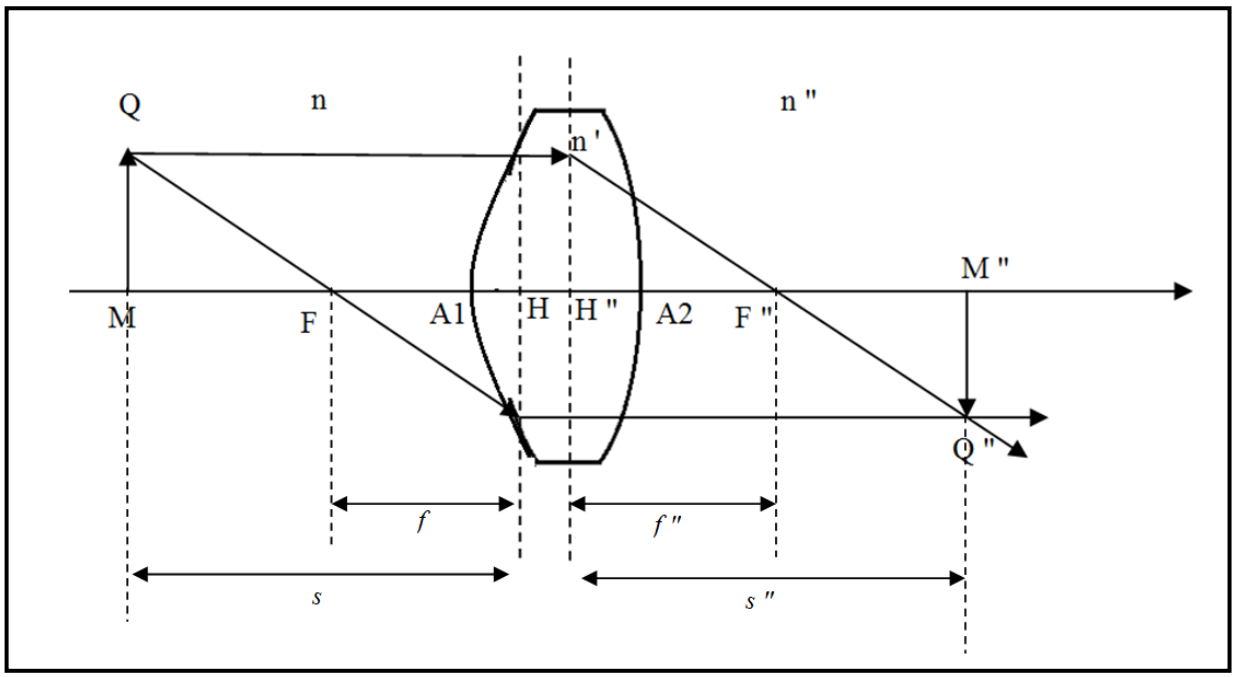
ملاحظة

إذا كان الوسط واحد على جانبي العدسة فإن **النقطتين العقديتين مطابقتان على النقطتين الرئيستين**

أما إذا كانا معاملا انكسار الوسطين الموجودين على جانبي العدسة مختلفين ستكونان منفصلتين

3- المعادلات العامة للعدسات السميكة

الصيغ التي تسمح لنا بحساب الثوابت الهامة للعدسات السميكة:



الشكل 5 : الثوابت الهامة للعدسات السميكة

ـالصيغ الجاوسية

$$\frac{n}{f}=\frac{n'}{f_1'}+\frac{n''}{f_2''}-\frac{dn''}{f_1' f_2''}=\frac{n''}{f''}$$

$$A_1F=-f\left(1-\frac{d}{f_2'}\right)$$

$$A_1H=+f\frac{d}{f_2'}$$

$$A_2F''=+f''\left(1-\frac{d}{f_1'}\right)$$

$$A_2H''=-f''\frac{d}{f_1'}$$

ـصيغ القوى

$$P = P_1 + P_2 - \frac{d}{n'} P_1 P_2$$

$$A_1 F = -\frac{n}{P}\left(1 - \frac{d}{n'} P_2\right)$$

$$A_1 H = +\frac{n}{P}\frac{d}{n'} P_2$$

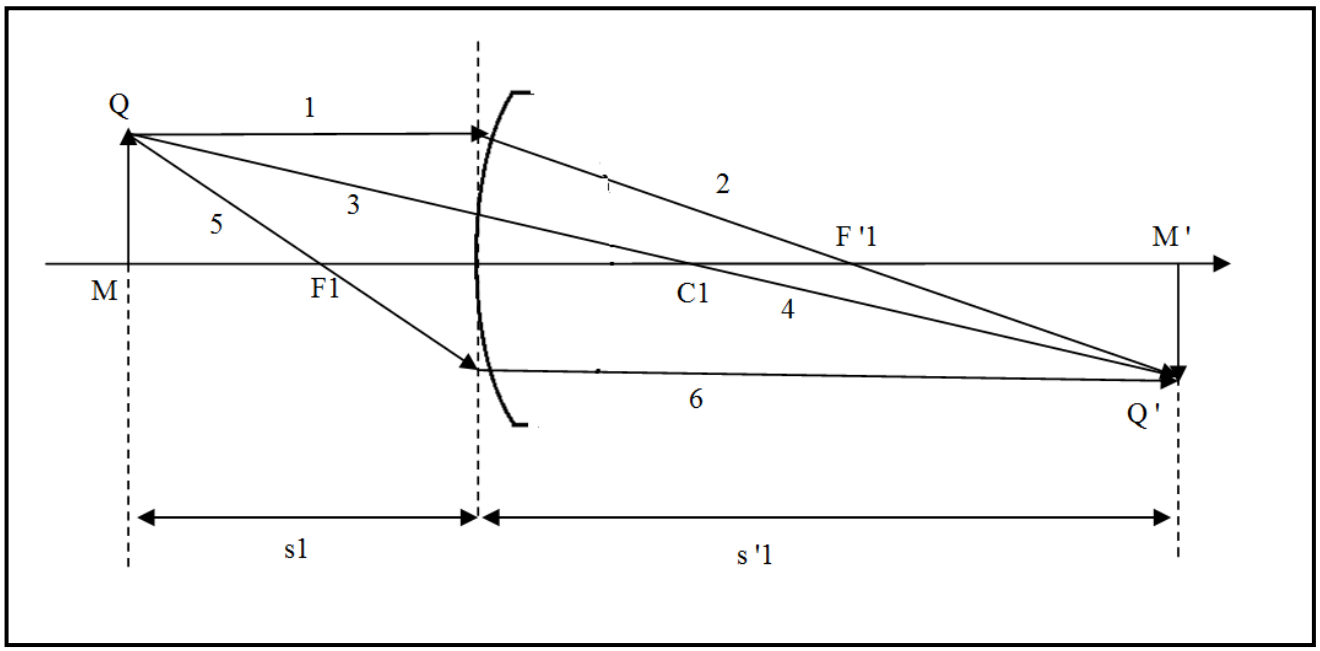
$$A_2 F'' = +\frac{n''}{P}\left(1 - \frac{d}{n'} P_1\right)$$

$$A_2 H'' = -\frac{n''}{P}\frac{d}{n'} P_1$$

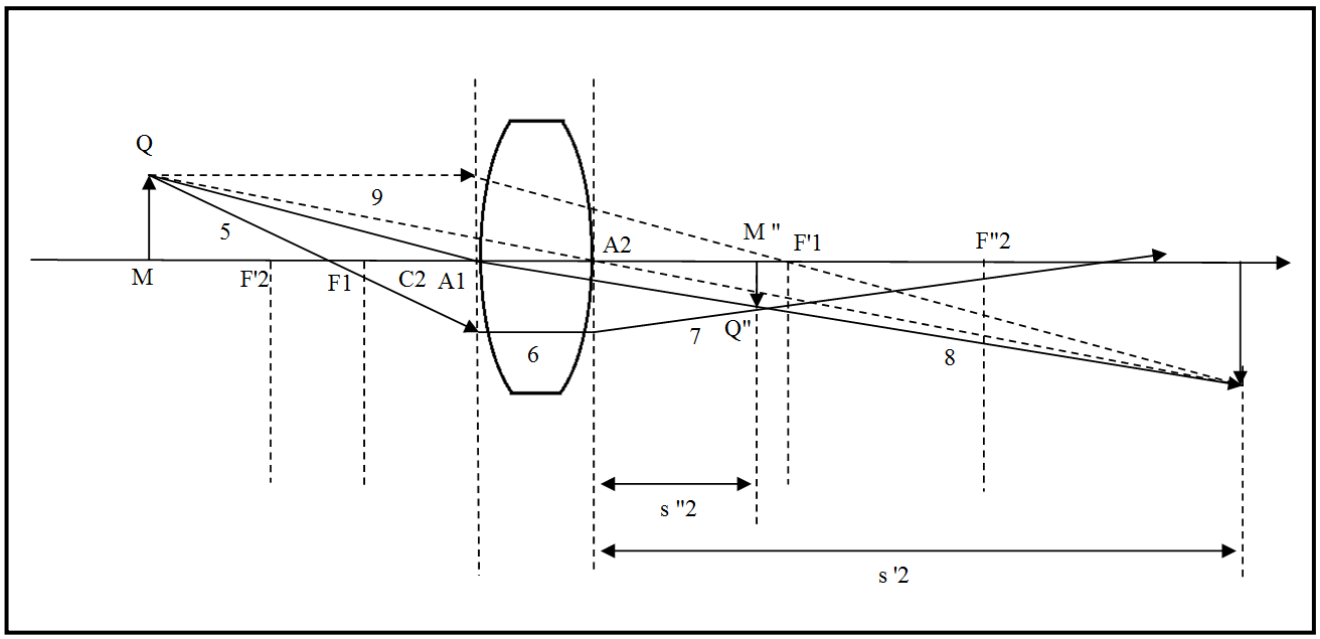
4- الإنشاءات التخطيطية

- طريقة الشعاع الموازي

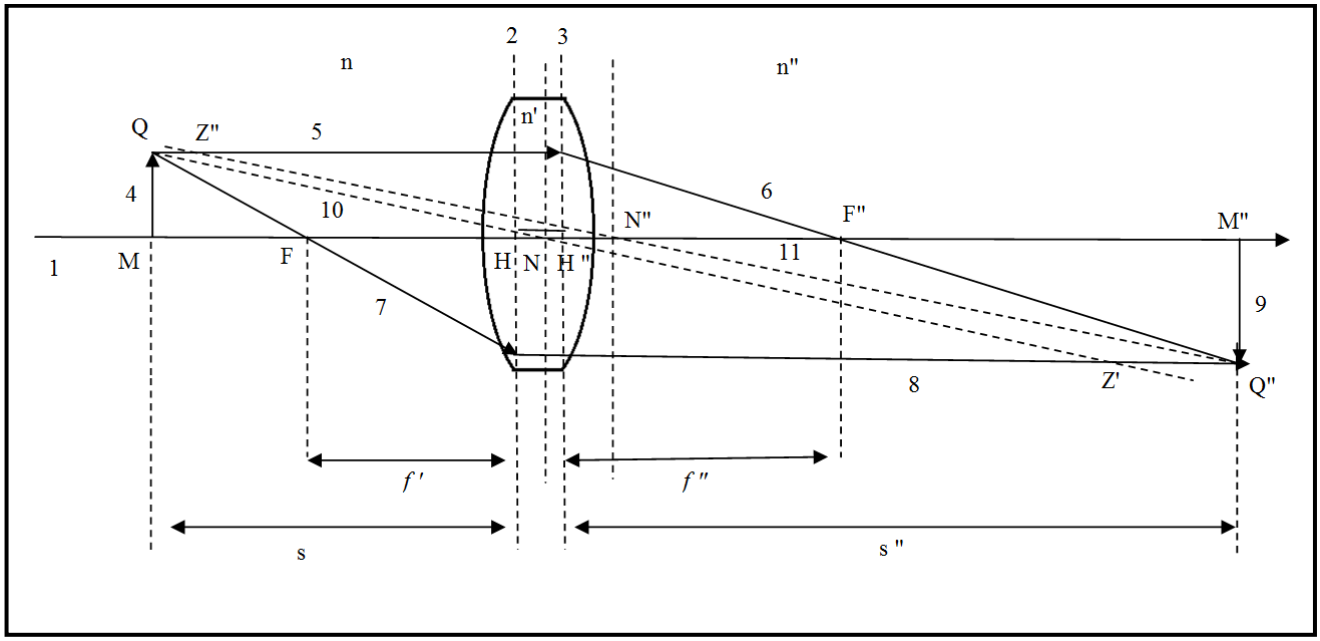
طريقة الشعاع الموازي لتعين موضع الصورة التي تكونها عدسة سميكة



الشكل 6: تكوين الصورة لسطح الأول M'Q'



الشكل 7: تكوين الصورة للعدسة السميكة "M"Q



الشكل 8: طريقة الشعاع الموازي لتعين مواضع النقطتين العقديتين والمستويين العقديين لعدسة سميكة

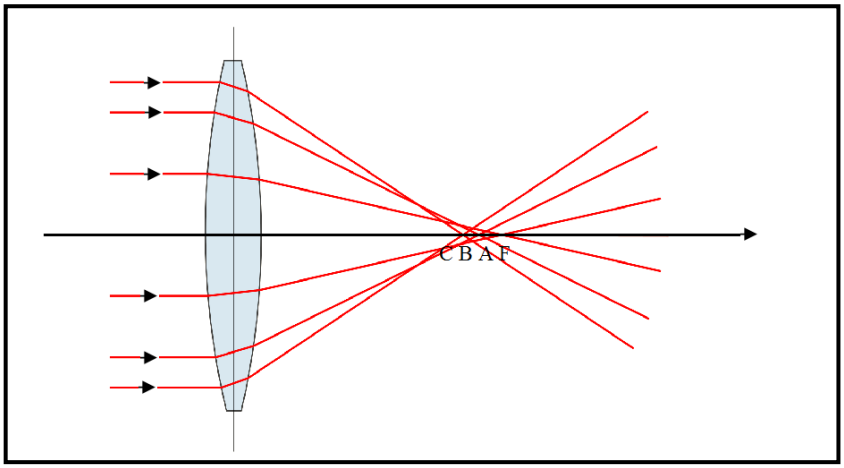
1- الزيغ الضوئي

أو الانحراف الضوئي، يقصد به في علم البصريات **فشل شعاع الضوء** في أن **يتركَّز** بصورة جيدة بعد مروره عبر عدسة أو انعكاسه من مرآة. يحدث التركيز التام عند تقاطع أشعة الضوء في نقطة واحدة. وهناك نوعان من الزيغ الضوئي:

2-الزيغ الكروي

إذا انعكس شعاع لأشعة ضوئية متوازية من **مرآة مقعرة مثلا**، فإن الأشعة التي تنعكس من مركز المرآة تقطع بعضها بعضاً في النقطة والأشعة التي تنعكس بعيداً من المركز تقطع بعضها بعضًا في نقاط قريبة من سطح المرآة.

يسمى الخط الوهمي الذي يجمع بين هذه النقاط من **التركيز اللاذع**.



الشكل 1: الزيغ الكروي لعدسة محدبة

3-الزيغ اللوني

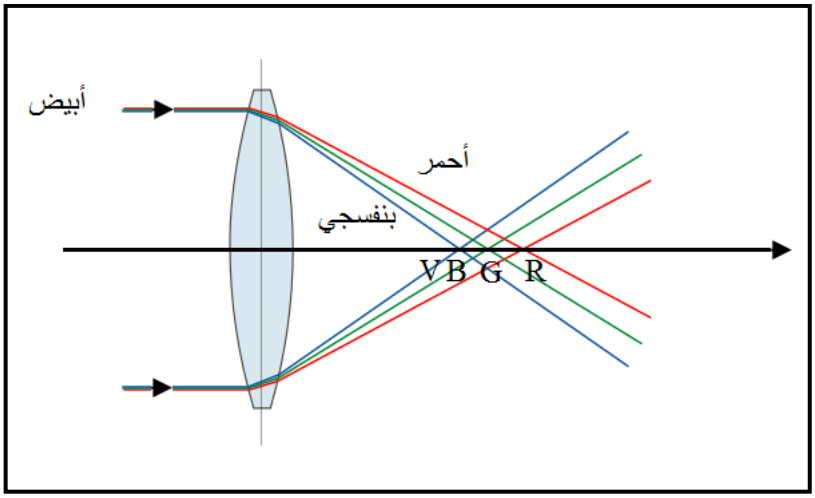
الزيغ اللوني فهو فشل عدة أشعة ملونة للضوء في التركيز بعد مرورها داخل عدسة.

حين يمر الضوء الأبيض الذي يتكون من كل الألوان داخل إحدى العدسات، فإن تلك العدسة تحني أشعة الضوء، وهكذا تعاكس أشعة الضوء بعضها بعضاً على الجهة الأخرى.

تنحني الأشعة البنفسجية أكثر من الألوان الأخرى وتتركز قريبًا من العدسة عند النقطة A

وتنحني خيوط الأشعة الحمراء بأقل درجة من الانحناء وتركز بعيدًا من العدسة عند النقطة B

وتركز أشعة الضوء بالألوان الأخرى عند نقطتين



الشكل 2: الزيغ اللوني لعدسة محدبة

1-العين

هي عضو "نظام بصري معقد" يلتقط الضوء الذي تعكسه الأشياء وهي المسؤولة عن الإبصار.

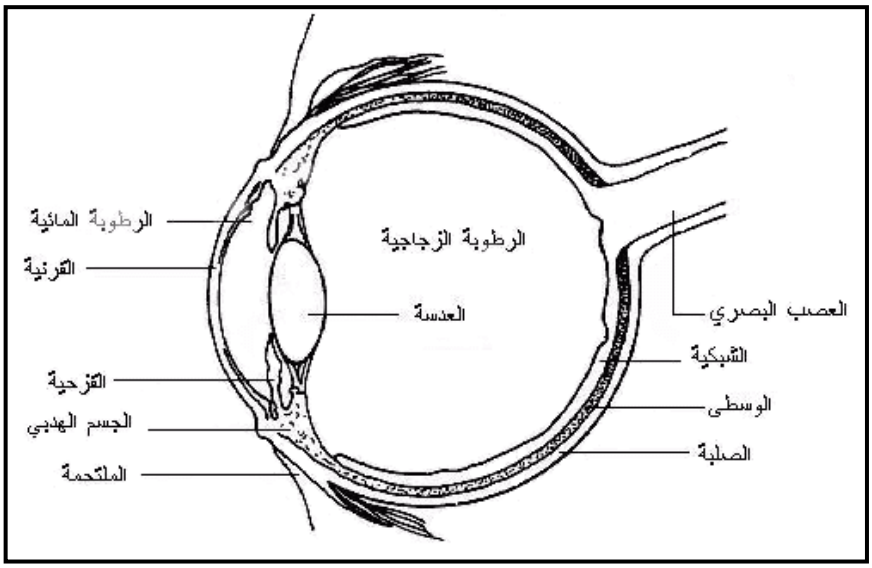
2-كيف نرى الأشياء "مبدأ الرؤية"

نرى الأشياء في صورة معتدلة. ولكن في الحقيقة تكوّن العدسة صورة مصغرة مقلوبة على البقعة الحساسة من الشبكية؛ وتترجم تلك الصورة بألوانها في الشبكية إلى إشارات كهروكيميائية تنتقل عن طريق عصب العين إلى الدماغ لمعاملتها. ترى كل عين من العينين صورة للشيء ويقوم الدماغ بدمج الصورتين فنرى صورة مجسمة للشيء.

تتم رؤية الألوان بواسطة نوع معين من الخلايا الحساسة لألوان الضوء، تلك هي خلية مخروطية: نوع من تلك الخلايا المخروطية يرى اللون الأحمر، ونوع يرى اللون الأزرق ونوع ثالث يرى اللون الأخضر. هذا يكفي العين أن تميز جميع الألوان التي نراها للأشياء.

3- مكونات العين

الضوء الوارد على العين يتحكم فيه **ثقب البؤبؤ** الذي يتغير قطره آليا من 2mm إلى 8mm بواسطة الألياف العضلية القزحية.



الشكل 1 : مكونات العين

يجتاز الضوء لدى سقوطه على العين الأوساط الشفافة الأتية

-**القرنية الشفافة** و قرينة انكسارها 1.37

-**الرطوبة المائية** و قرينة انكسارها 1.33

-**عدسة العين** حيث تتغير قرينة انكسارها من 1.36 على محيط العدسة إلى 1.42 في المركز

-الرطوبة الزجاجية

-الشبكية

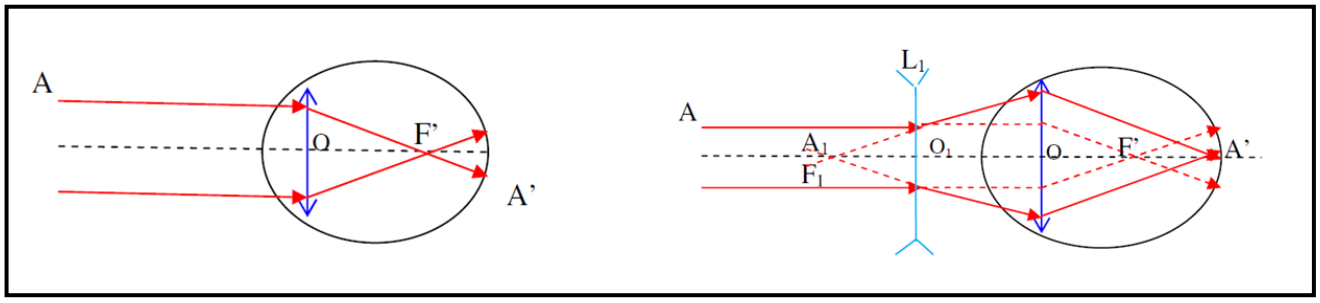
4-عيوب البصر ومعالجتها

-العين الحسيرة

قصر النظر أو الحسور بالإنجليزية: Myopia من عيوب الرؤية الموجودة بكثير عند الأشخاص

صعوبة رؤية الأشياء البعيدة مما يؤدي إلى مسك الكتب، أو الأغراض، قريبا جدا من وجهه.

تتم عملية التصحيح بوضع عدسة مبعدة أمام العين الحسيرة التي تجعل المحرق ينتقل إلى الشبكية

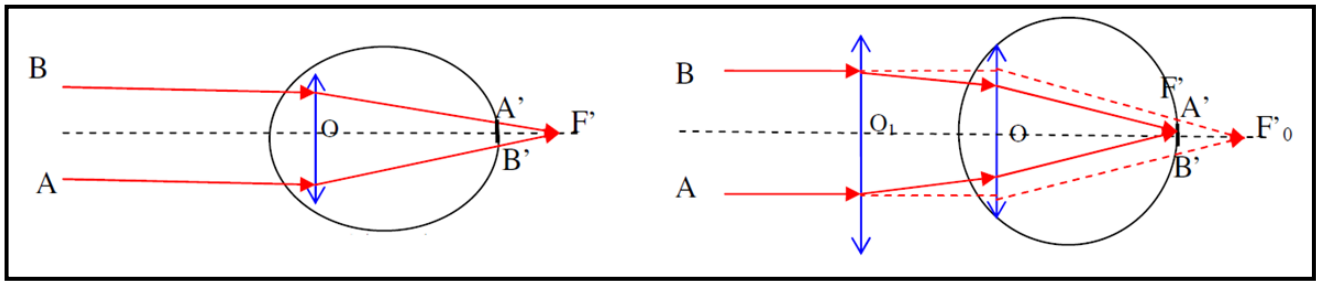


الشكل 2 : العين الحسيرة و معالجتها

-العين الطامسة

مد البصر أو طول النظر أو بُعد النظر (Hyperopia, أو hypermetropia) هوعيب أقل انتشارا بين الأشخاص حيث لا ترى الجسم البعيد بوضوح و لا يمكن رؤية الأجسام القريبة بدون تصحيح الرؤية

تتم عملية التصحيح بوضع عدسة مقربة أمام العين الطامسة التي تجعل المحرق ينتقل إلى الشبكية

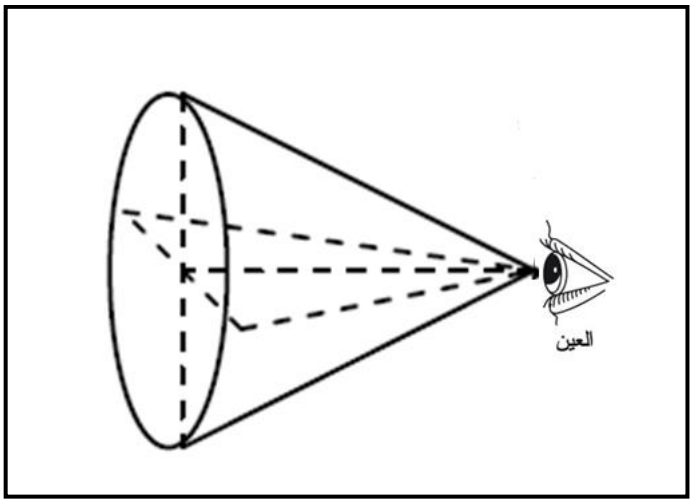


الشكل 3 : العين الطامسة و معالجتها

5-عناصر النظر في العين

-حقل الرؤية

هو المجال الذي تقع صورة كل الأجسام فيه على البقعة الصفراء في الشبكية فتكون الرؤية واضحة يتحدد هذا المجال بمخروط زاويته الرأسية تصل إلى 40° من كل طرف المحور



الشكل 3 : حقل الرؤية

- نقطة المدى و نقطة الكثب

المدى Δ هو البعد الأعظمي للرؤية الواضحة

مسافة الكثب δ هي البعد الأصغري للرؤية الواضحة

- السعة المطابقة

تمثل قوة العدسة التي تعطي لنقطة الكثب صورة واقعة في نقطة المدى وتعرف بالعلاقة

$$A = \frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta}$$

قيمة ثابتة تقريبا من أجل أشخاص بعمر وأحد رغم اختلاف المدى Δ ومسافة الكثب δ

-القوة الفاصلة للعين

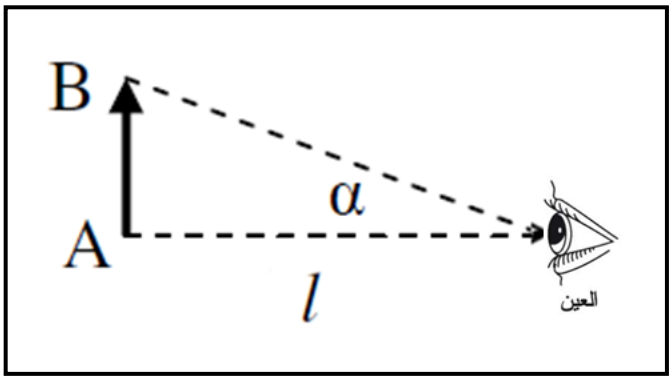
هي مدى قدرة التمييز بين خطوط قريبة جدا من بعضها البعض أو بين نقطتين

مثال

عين شخص سليم تميز بين نقطتين تفصلهما مسافة 1mm عند النظر من بعد 2.5m

$$\alpha = \frac{|AB|}{l} = \frac{1}{2500} = 4.10^{-4} rd$$

القوة الفاصلة للعين السليمة $4.10^{-4} rd$



الشكل 4 : قدرة التميز بين نقطتين

ـالمكبرة

إذا أردنا أن نفحص تفاصيل الأجسام بالعين المجردة نقوم بتقريب الجسم من العين حتى يصل إلى نقطة الكثب على مسافة فنره ضمن أكبر زاوية ممكنة

$$\alpha = \frac{|AB|}{\delta}$$

ـقوة المكبرة

هي النسبة بين القطر الظاهري و البعد بين نقطتين

$$P = \frac{\alpha}{|AB|}$$

ـالتضخيم

هو النسبة بين القطر الظاهري الذي نرى منه الجسم و القطر الظاهري للجسم و هو في نقطة الكثب

$$\gamma = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

حيث

α' القطر الظاهري الذي نرى منه الجسم

α القطر الظاهري للجسم و هو في نقطة الكثب

الجزء الثاني: البصريات الموجية

ينتشر الضوء الأبيض في أوساط مختلفة (الوسط الشفاف والوسط الشاف) على شكل موجات كهرومغناطيسية ذات توترات مختلفة وهو خليط من الألوان الطيف السبعة أما إذا كانت الموجات ذات توتر واحد نقول عنه أنه وحيد اللون "ضوء بسيط"

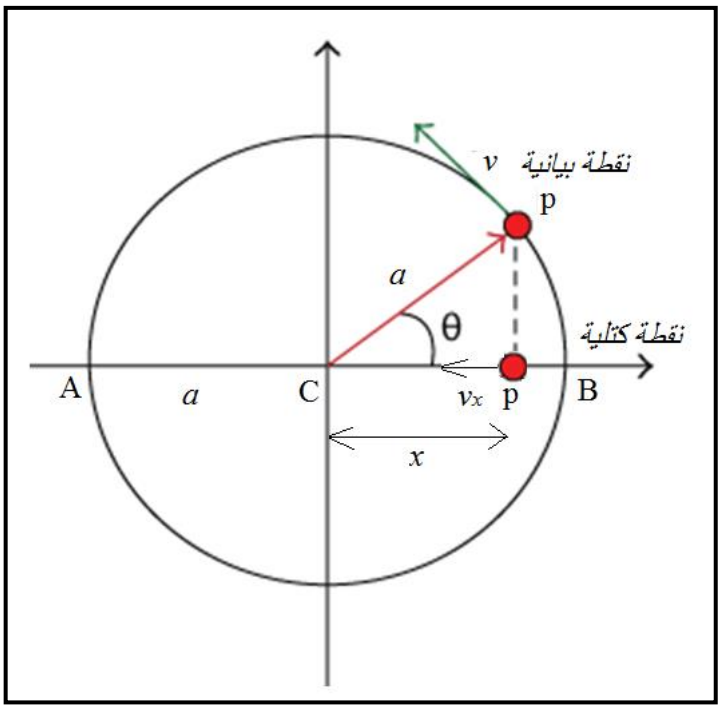
الضوء هو أحد صور الطاقة التي لا يستغنى عنها الإنسان، وكما نعرف أن للضوء طبيعة موجية فالضوء يتكون من موجات تسمى الموجات الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة وقدرها km/s300.000 ، والضوء يخضع لظواهر الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

1-الحركة الموجية

الحركة التي تكرر نفسها في فترات زمنية متساوية

2-الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية البسيطة هي مسقط نقطة بيانية تتحرك بسرعة منتظمة على محيط دائرة على أي قطر في هذه الدائرة



الشكل 1: الحركة التوافقية البسيطة على الخط المستقيم AB.

3- خصائص الحركة التوافقية البسيطة

-الإزاحة x: هي المسافة من موضع التوازن C الى النقطة P

-الازاحة القصوى (السعة) A : نصف قطر الدائرة

-زمن الدورة T: الزمن اللازم لعمل إهتزاز واحد كامل

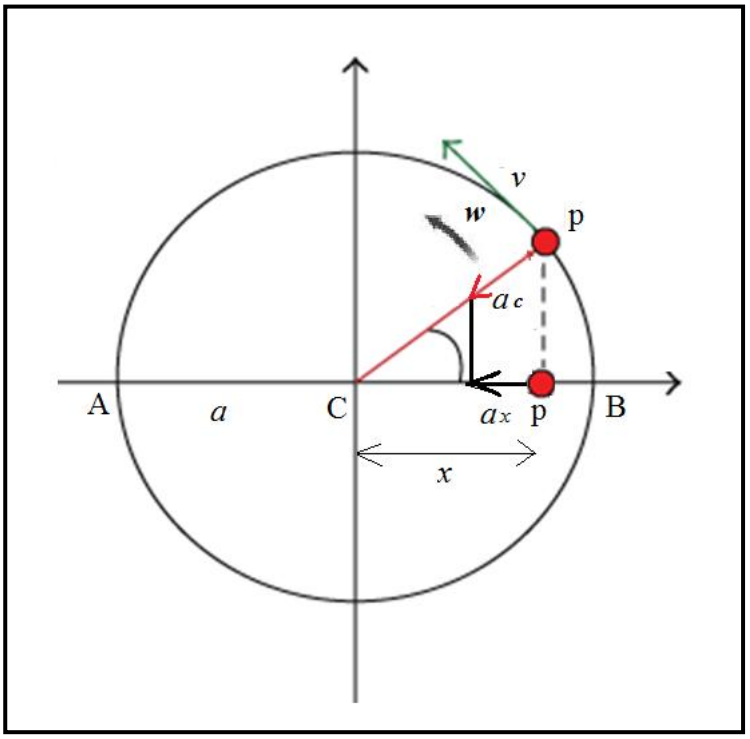
-تردد الاهتزاز f : عدد الاهتزازات الكاملة لكل ثانية وحدتها هرتز

$$f = \frac{1}{T}$$

4- نظرية الحركة التوافقية البسيطة

تعطى الإزاحة بالعلاقة

$$x = a \cos \omega t$$



الشكل 2 : تسارع الحركة التوافقية البسيطة على الخط المستقيم AB.

خلال زمن الدورة T النقطة P تقطع مسافة قدرها $2\pi a$

$$T = \frac{x}{v} = \frac{2\pi a}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$$

تعطى علاقة التسارع الناظمي (متجه نحو المركز)

$$ac = \frac{v^2}{a}$$

تعطى علاقة التسارع

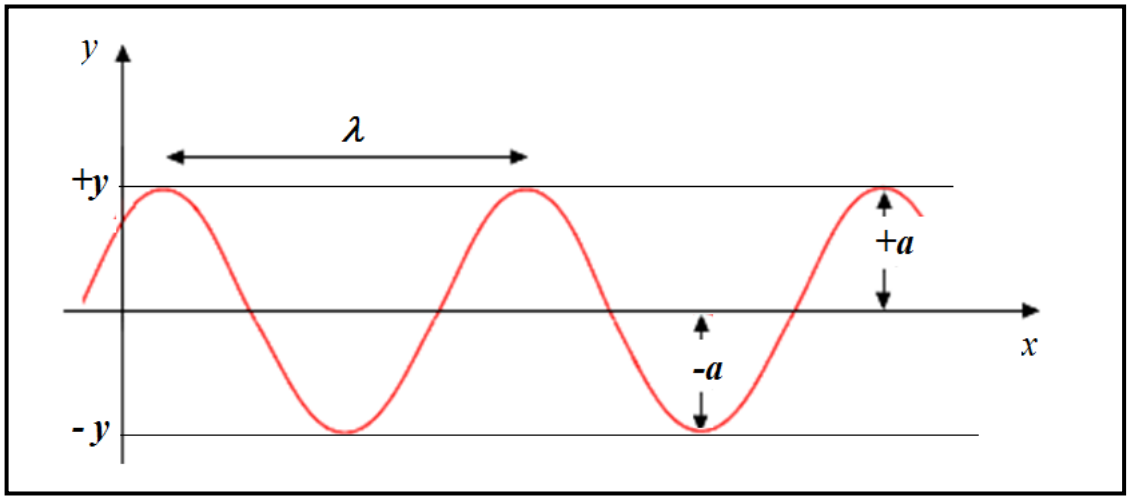
$$ax = ac \cos \omega t = \frac{v^2}{a} \cos \omega t$$

علاقة زمن الدورة بدلالة التسارع

إذا كانت الازاحة متجهة إلى اليمين C فإن قيمتها تكون x+ و إذا كان التسارع متجها إلى اليسار فإن قيمته تكون $-ax$

إذا كانت الازاحة متجهة إلى اليسار بالنسبة إلى C فإن قيمتها تكون x- و إذا كان التسارع متجها إلى اليمين فإن قيمته تكون $+ax$

5-الموجات الجيبية



الشكل 3: رسم تخطيطي لموجة مستعرضة

1- مبدأ التراكب

القانون ينص على أن **الإزاحة المحصلة** لأية نقطة هي مجرد **مجموع الإزاحات الناتجة** من كل من الموجات المنفردة.

2- جمع حركات توافقية بسيطة تعمل على نفس الخط

إذا اعتبرنا تراكب موجتين جيبيتين متساويتي التردد، يمكن ايجاد الحركة المحصلة عندما يتحرك جسم ما حركتين توافقتين بسيطتين في نفس الوقت

يمكن كتابة الإزاحتين بالشكل التالي:

$$\begin{cases} y_1 = a_1 \ \sin(\omega t - \alpha_1) \\ y_2 = a_2 \ \sin(\omega t - \alpha_2) \end{cases}$$

نلاحظ أن ω واحدة للموجتين

طبقا لمبدأ التراكب تعطى الازاحة المحصلة بمجموع $y = y_1 + y_2$

$$y = y_1 + y_2 = a_1 \ \sin(\omega t - \alpha_1) + a_2 \ \sin(\omega t - \alpha_2)$$

باستخدام العلاقة المثلثية لجيب الفرق بين زاويتين

$$\sin(\omega t - \alpha_1) = \sin(\omega t)\cos(\alpha_1) - \cos(\omega t)\sin(\alpha_1)$$

$$\begin{aligned} y &= a_1 \sin(\omega t)\cos(\alpha_1) - a_1 \cos(\omega t)\sin(\alpha_1) + a_2 \sin(\omega t)\cos(\alpha_2) - a_2 \cos(\omega t)\sin(\alpha_2) \\ &= (a_1 \cos(\alpha_1) + a_2 \cos(\alpha_2))\sin(\omega t) - (a_1 \sin(\alpha_1) + a_2 \sin(\alpha_2))\cos(\omega t) \end{aligned}$$

a_1 ، a_2 ، α_1 ، α_2 هي ثوابت

يمكن أن نضع

$$\begin{cases} a_1 \cos(\alpha_1) + a_2 \cos(\alpha_2) = A\cos(\theta) \\ a_1 \sin(\alpha_1) + a_2 \sin(\alpha_2) = A\sin(\theta) \end{cases}$$

إيجاد قيم A و θ

التربيع و الجمع نجد

$$A^2(\cos^2(\theta) + \sin^2(\theta)) = (a_1 \cos(\alpha_1) + a_2 \cos(\alpha_2))^2 + (a_1 \sin(\alpha_1) + a_2 \sin(\alpha_2))^2$$

$$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$$

بقسمة المعادلتين نجد

$$\tan(\theta) = \frac{a_1 \sin(\alpha_1) + a_2 \sin(\alpha_2)}{a_1 \cos(\alpha_1) + a_2 \cos(\alpha_2)}$$

1- حيود الضوء أو انحراف

يشير في العادة إلى ظواهر طبيعية عديدة تحدث عند اصطدام موجة (ضوئية أو صوتية) بعائق وتوصف بانها انحناء شديد الوضوح للموجات حول عوائق صغيرة وانتشار الموجات من خلال فتحات صغيرة

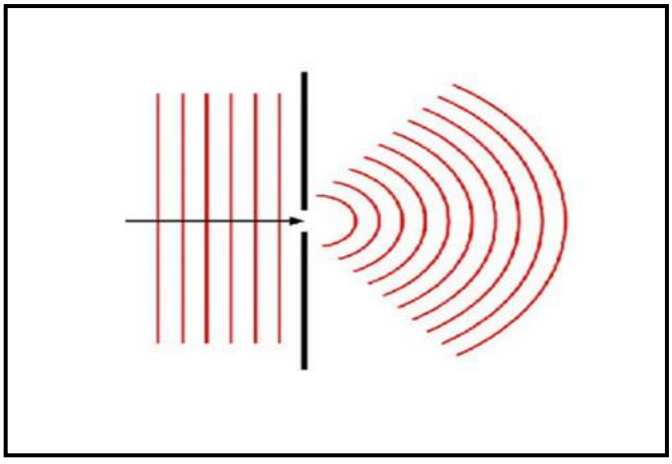
بما أن أطوال موجات الاشعاع الضوئي صغيرة جدا لذلك لا يمكن مشاهدة الحيود في الضوء إلا على مسافة كبيرة من الحاجز أو الفتحة ولذلك لا تبدو ظاهرة الحيود في الامواج الضوئية للعين بسبب صغر طول موجات الضوء المستخدم

2- مبدأ هايجنز

عندما تمر الموجات خلال فتحة أو عبر حافة عائق ما فإنها تنتشر إلى حد معين في منطقة غير معرضة مباشرة للموجات الساقطة **"كل نقطة على الجبهة تعتبر مصدرا جديدا للموجات"**

الموجات تنتشر من خلال الفتحة في صورة أنصاف دوائر.

ملاحظة: لم تكن الموجات التي يقصد بها هايجنز أرتالا مستمرة و لكن مجموعات من النبضات العشوائية، بالإضافة إلى ذلك. إفترض هايجنز أن الموجات الثانوية فعالة في نقطة تماس غلافها المشترك فقط و بذلك كان ينكر إمكانية الحيود، أما تطبيق صحيح لهذا المبدأ فقد قام به فرينل.



الشكل 1 : حيود الموجات المارة خلال فتحة صغيرة

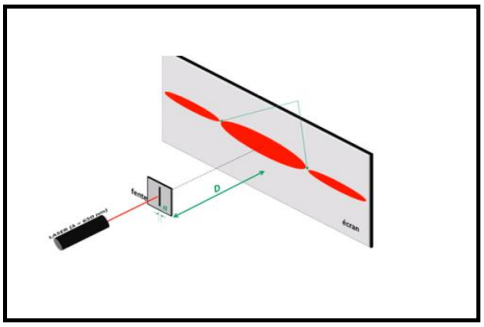
3-الحيود من فتحة واحدة

عند وضع شاشة عرض على بعد D (البعد بالأمتار) من الحاجز

نسقط شعاع ضوئي متوازي طوله الموجى λ عموديا على فتحة عرضها a ، فإنه يلاحظ تكون نموذج حيود خلف الفتحة

تلاحظ الظلمة التامة عند زوايا θ_m للحيود عن المسار المستقيم حيث

معادلة الحيود $m\lambda = a \sin\theta_m$



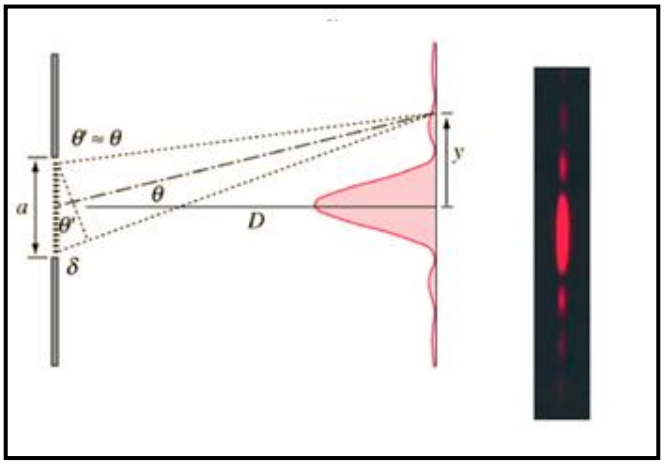
$m = 1,2,3,.....$ هى رتبة حيود الشريط المظلم

لدينا

$$\begin{cases} \sin\theta_m = \dfrac{m\lambda}{a} \\ \tan\theta_m = \sin\theta_m = \dfrac{y}{D} \end{cases}$$

فيصبح لدينا

$$y = \frac{m\lambda D}{a}$$



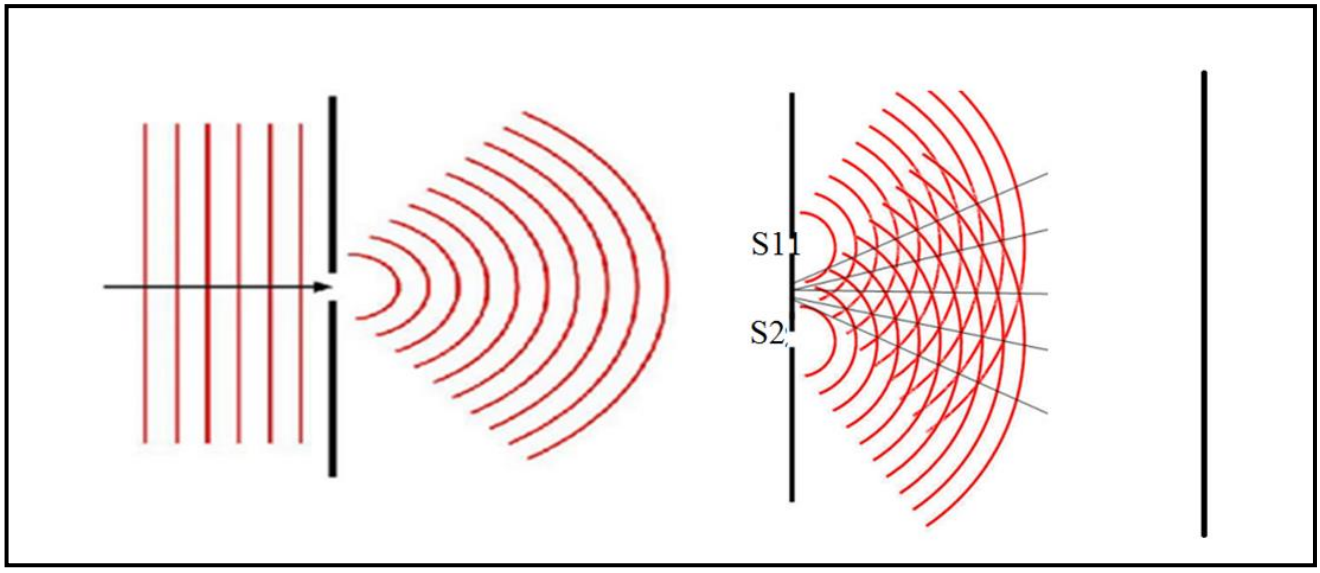
الشكل 2 : شرح ظاهرة حيود الموجات المارة خلال فتحة صغيرة

1-التداخل أو التراكب

ظاهرة فيزيائية تحدث بين الموجات المقترنة فيحدث بين هذه الموجات تراكب أو تداخل نتيجة صدورهما من مصدر واحد أو تقاربهما في قيمة التردد ويكون هذا التداخل إما تداخل هدام أو تداخل بناء.

2- تجربة يونغ

التجربة التى أجراها يونغ موضحة في الشكل :



الشكل 1 : تجربة الشق المزدوج ليونغ

يسمح لضوء بالمرور أولا خلال ثقب ضيق S ثم خلال ثقبين ضيقين S_1 و S_2 يقعان على بعد كبير من الثقب الأول.

حينئذ تتداخل مجموعتا الموجات الخارجة من الثقبين كل مع الأخرى بحيث يتكون نمط متماثل متغير الشدة على الستار "الشاشة"

3-الحيود من فتحتين

عند وضع شاشة عرض على بعد D (الرتبة بالأمتار) من الحاجز ، و البعد بين الفتحتين d صغير جدا (الرتبة بالميليمتر أو أقل)

نسقط شعاع ضوئي متوازي طوله الموجى λ عموديا على فتحتين عرضها a ، فإنه يلاحظ تكون نموذج حيود و تداخل خلف الفتحتين

4-معادلة الحيود

$$m\lambda = d\ \sin\theta$$

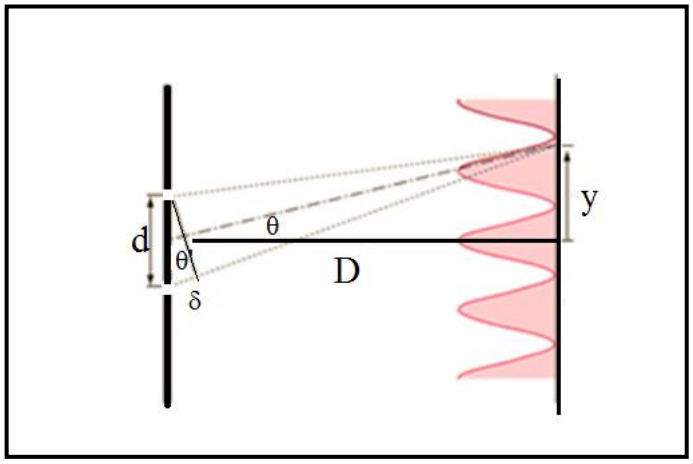
$m = 1,2,3,.....$ هى رتبة حيود الشريط

لدينا

$$\begin{cases} \sin\theta = \dfrac{m\lambda}{d} \\ \tan\theta = \sin\theta = \dfrac{y}{D} \end{cases}$$

فيصبح لدينا

$$y = \frac{m\lambda D}{d}$$



الشكل 2 : شرح ظاهرة تداخل الموجات المارة خلال فتحتين صغيرتين

5- هدب التداخل الناتجة من شقين "مصدر مزدوج"

سندرس المسافة الفاصلة بين هدبتى التداخل متجاورتين، لدينا موجتان تصلان إلى النقطة P تقطعان مسافتين مختلفتين S_1P و S_2P اى أنهما تتراكبان بفرق فى الطور يعطى بالعلاقة :

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta = \frac{2\pi}{\lambda}(S_2P - S_1P)$$

نفرض أن الموجتين تبدآن من S_1 و S_2 في نفس الطور لأن هذان الشقان يقعان على بعدين متساويين عن شق المصدر S.

علاوة على ذلك تكون السعتان متساويتين علميا إذا كان الشقان S_1 و S_2 متساويين فى الاتساع ومتقاربين جدا أحدهما من الآخر.

لإيجاد الشدة المحصلة في النقطة P (جمع حركتين توافقيتين بسيطتين متساويتي التردد و السعة ولكنهما مختلفتان في الطور بمقدار δ

$$I \approx A^2 = 4a^2 \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

حيث a سعة كل من الموجتين على حدة و A محصلتهما.

لإيجاد قيمة فرق الطور بدلالة المسافة x "البعد بين النقطة المعينة P عن النقطة المركزية P_0 على الستار" والمسافة d "المسافة بين الشقين" و بعد الشقين عن الستار D.

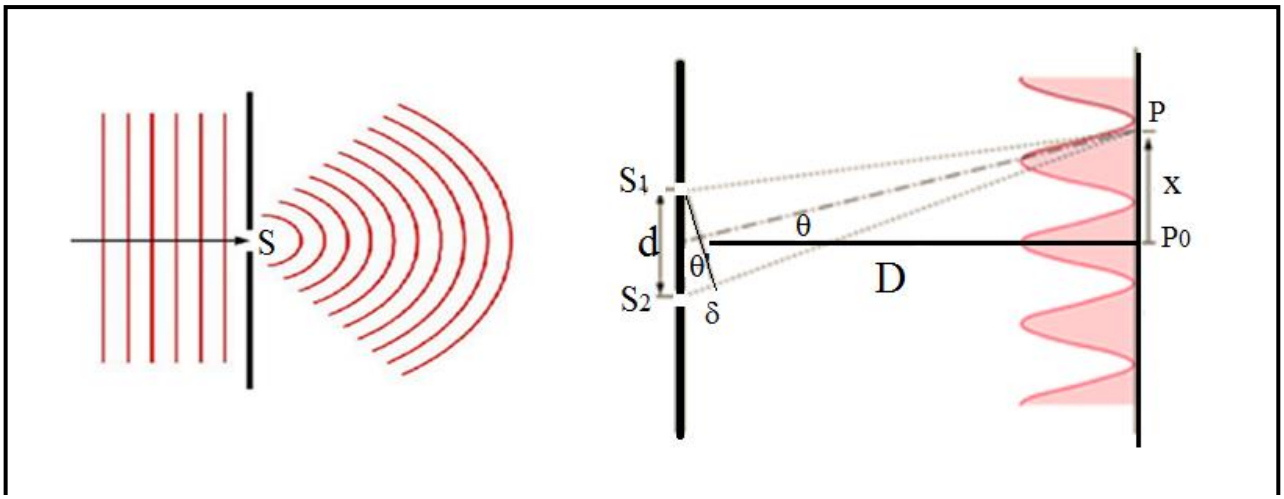
فرق المسير هو المسافة S_2A الشكل 3 يوضح ذلك.

يمكننا اعتبار المثلث S_1AS_2 مثلثا قائما وعليه فان الطور يصبح $d \sin\theta \approx d \sin\theta'$ و بنفس التقريب يمكننا إعتبار

$$\tan\theta \approx \sin\theta \approx \frac{x}{D}$$

قيمة فرق المسير تعطى بالعلاقة

$$\Delta = d \sin\theta = d \frac{x}{D}$$



الشكل 3 : فرق المسير في تجربة يونغ

نعوض قيمة فرق المسير Δ لكي نحصل على فرق الطور δ

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta$$

عندما تكون الشدة تصل إلى قيمتها القصوى و قدرها $4a^2$ ، فرق الطور δ يكون مضاعفا صحيحا للمقدار 2π و هذا يحدث عندما يكون فرق الميسر مضاعفا صحيحا للطول الموجى λ

$$d\frac{x}{D}=0,\lambda,2\lambda,3\lambda,4\lambda,.....=m\lambda$$

أي

$$x=m\lambda\frac{D}{d}$$

فتكون الهدب الساطعة "مضيئة"

عندما تكون القيمة الدنيا للشدة هى الصفر ، فرق الطور يكون $\delta=\pi,3\pi,5\pi,7\pi,.....$

$$d\frac{x}{D}=\frac{\lambda}{2},\frac{3\lambda}{2},\frac{5\lambda}{2},.....=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

أي

$$x=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda\frac{D}{d}$$

فتكون الهدب المظلمة.

m يكون عدد صحيح و تمثل رتبة التداخل.

الجزء الثالث: البصريات الكمية

الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر في أوساط بسرعات مختلفة وتتوقف طاقة هذه موجات الضوء على تواتر هذه الموجات وكلما زاد توتر الموجة زادت طاقتها

مصادر الضوء وأطيافها التي صنعها الإنسان تنتج عند تسخين الجوامد والغازات أي عند تسخينها إلى درجات حرارة مرتفعة حتى تصبح في حالتها المتأينة (البلازما).

الضوء الناتج من داخل الغازات والجوامد عند تسخينها تشبه نشأته من داخل الذرات المنفردة من عدة أوجه.

1- ذرة بوهر

يعد نموذج بوهر لذرة الهيدروجين نقطة بداية منطقية لأى تمثيل نظامي للتركيب الذري لأن نظرية بوهر أساسية في فهم نظرية الكم.

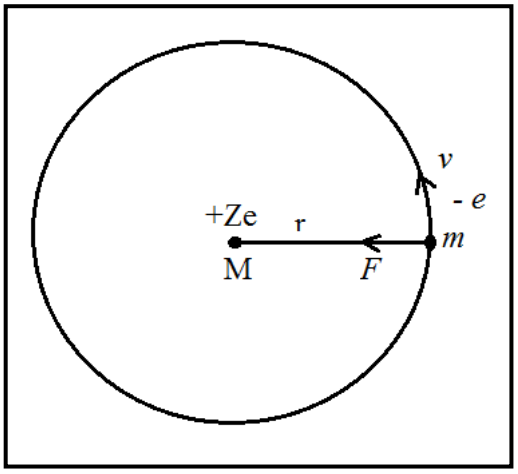
تبعا لبوهر، تتركب ذرة الهيدروجين من إلكترون واحد كتلته m و شحنته e– يدور حول نواة موجبة كتلتها M و شحنتها +Ze

العدد الذرى Z يساوى واحد للهيدروجين

تكون حركة الإلكترون محكومة بالمعادلة

$$m\frac{v^2}{r} = k\frac{Ze^2}{r^2}$$

قوة الجذب الكهروستاتيكي = القوة الطاردة المركزية



الشكل 1: ذرة الهيدروجين تبعا لنظرية بوهر

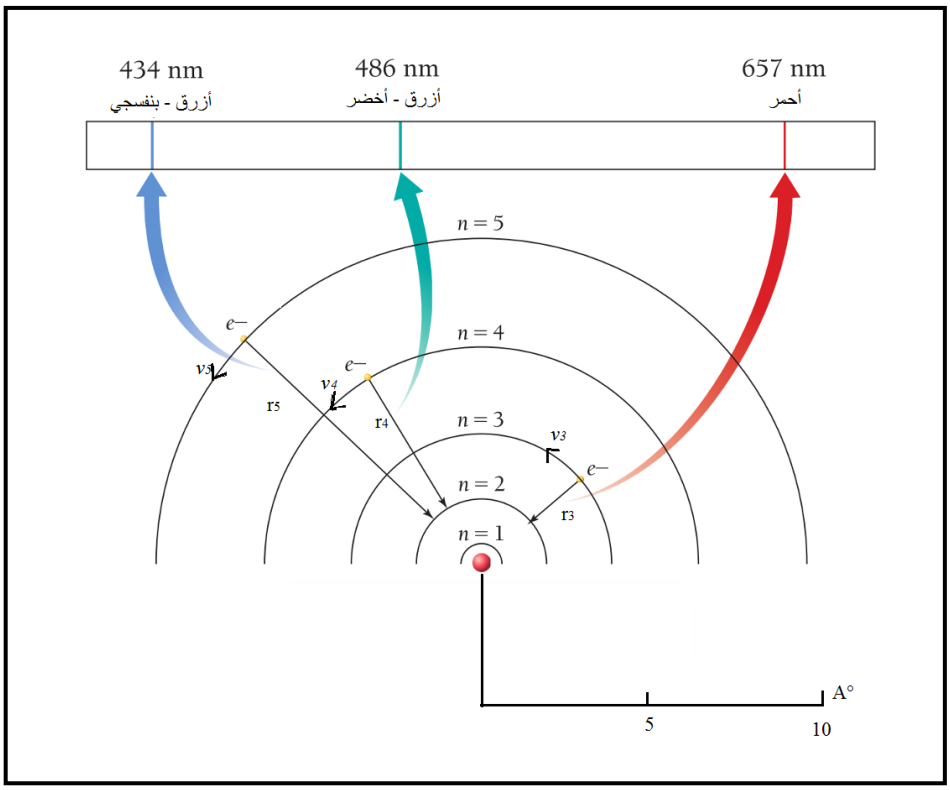
ثم فرض أن كمية التحرك الزاوية للإلكترون mvr ينبغى أن تساوي دائما عددا صحيحا من وحدات $\eta = h/2\pi$

$$mvr = n\eta$$

حيث m كتلة الإلكترون

η ثابت بلانك الفعال

n عدد صحيح يسمى عدد الكم الرئيسي



الشكل 2: مدرات بوهر الدائرية لذرة الهيدروجين

يعنى أن الإلكترون ليس حرا في أي تحرك في أى مدار وإنما يتحرك في مدارات محددة

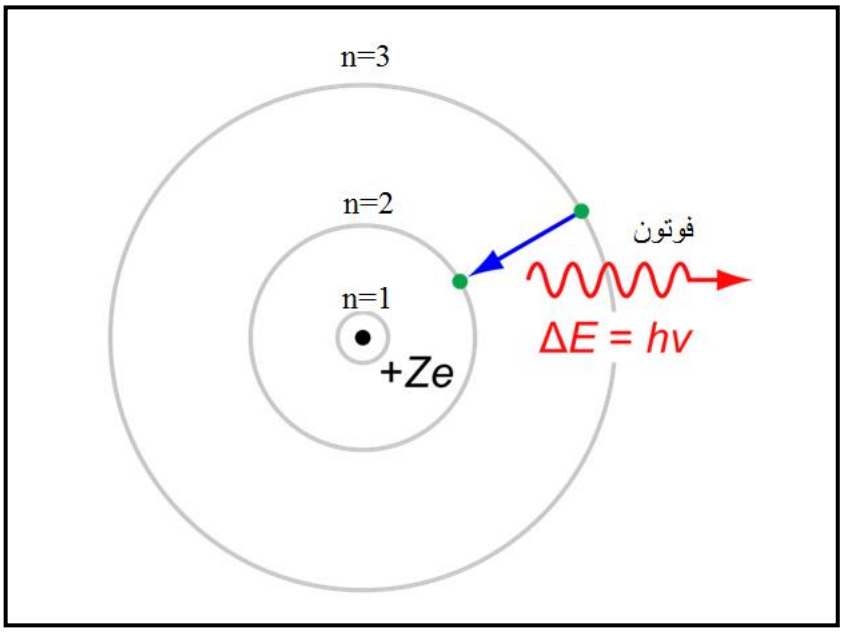
لإيجاد نصف قطر المدار نحصل على

$$r = n^2 \frac{\eta^2}{me^2 Zk} = n^2 (0.529177 \times 10^{-10})[m]$$

لإيجاد السرعة المدارية نحصل على

$$v = \frac{1}{n} \frac{e^2 Zk}{\eta} = \frac{1}{n} (2.18768 \times 10^6)[m/s]$$

فرض بوهر بالنسبة لذرة الهيدروجين أن الضوء لا يشع بواسطة الإلكترون عند حركته في أحد مداراته المسموحة وإنما فقط عندما يقفز الإلكترون من أحد المدارات إلى الآخر



الشكل 3 :نظرية الكم لبوهر الخاصة بانبعاث الضوء من ذرة الهيدروجين

$$h\nu = E_i - E_f$$

حيث E_i الطاقة الكلية في المدار الابتدائي

E_f الطاقة الكلية في المدار النهائي

h ثابت بلانك

ν تردد الضوء المشع

يتحرر الفرق في الطاقة من الذرة على هيئة موجة ضوئية طاقتها $h\nu$ و تسمى الفوتون و هذا هو منشأ أمواج الضوء من داخل الذرة

استنتج بوهر معادلة لجميع ترددات الضوء المشع من ذرات هيدروجين طليقة

$$\nu = 3.28984\times10^{15}\left(\frac{1}{n_f^2}-\frac{1}{n_i^2}\right)[Hz]$$

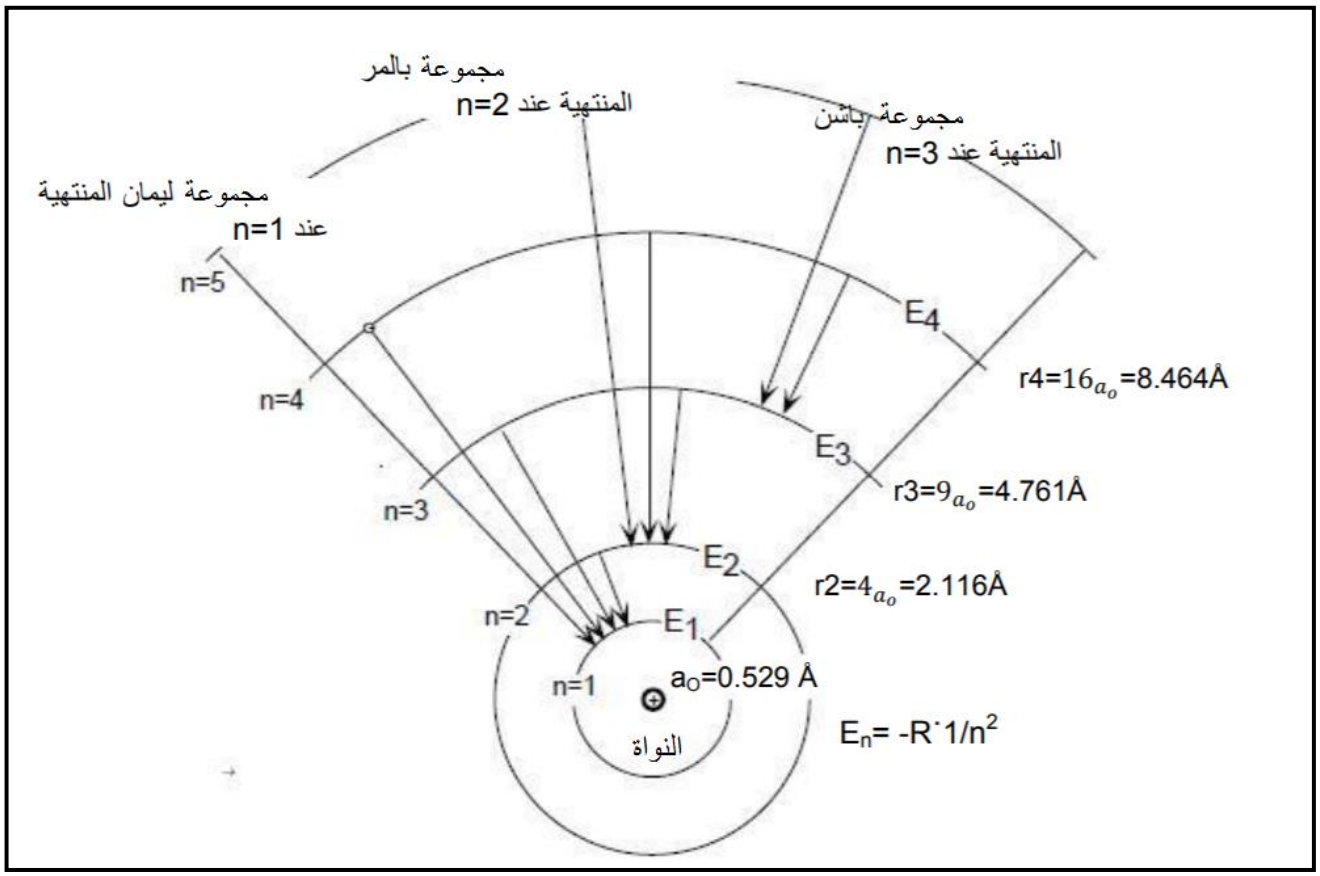
حيث n_i و n_f عددا الكم الرئيسيان للمدارين الابتدائي و النهائي

لدينا المعادلة الموجية

$$c = \nu\lambda \quad \Rightarrow \nu = c/\lambda$$

نحصل بالنسبة للأطوال الموجية للضوء

$$\lambda = 911.503 \frac{n_i^2 \times n_f^2}{n_i^2 - n_f^2} \quad [A°]$$



الشكل 4 :مدارات بوهر الدائرية التي توضح الانتقالات المؤدية إلى أمواج الضوء المشعة ذات الترددات المختلفة

يمكن حساب الطاقة المناسبة الكلية E_{tot} الألكترون في كل مدارات بوهر، تعطى طاقة الكامنة فى مفهومها الكهربائى

$$E_{pot} = -k \frac{Ze^2}{r}$$

و تعطى طاقة الحركية

$$E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2 = k \frac{Ze^2}{2r}$$

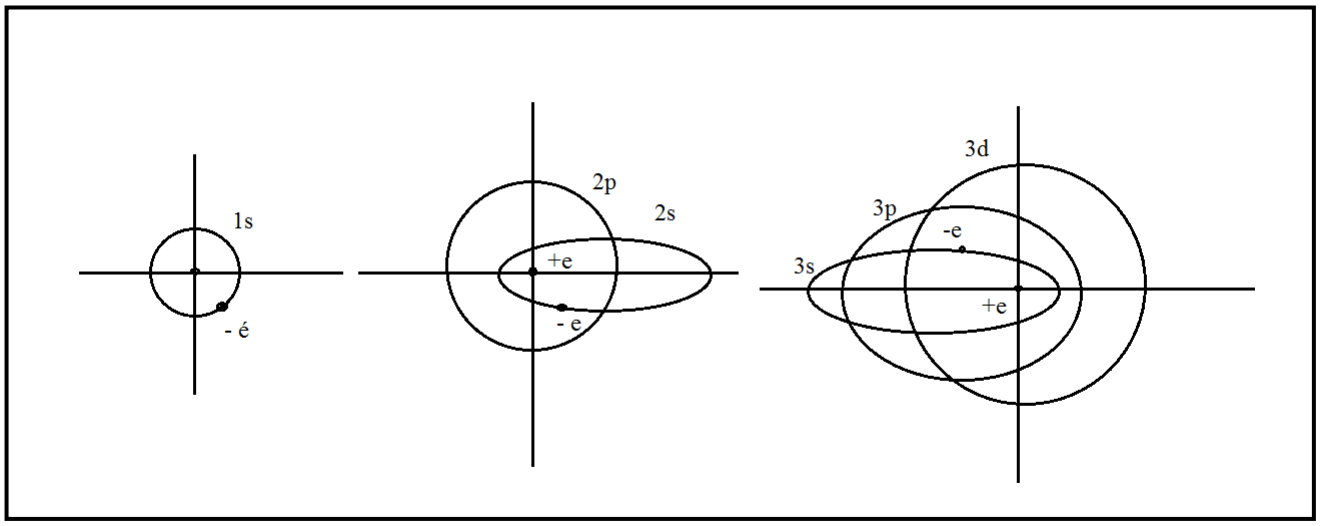
بجمع هاتين الطاقتين لتصبح الطاقة الكلية

$$E_{tot} = -\frac{me^4 Z^2 k^2}{2n^2 \eta^2} = -R \frac{1}{n^2}$$

حيث $R = 2.179350 \times 10^{-18} [J]$

تدل العلامة السالبة على ضرورة بذل شغل على الألكترون لنزعه من الذرة "كلما كانت الطاقة الضرورية لنزعه من الذرة أكبر"

ملاحظة : بعد شهور قليلة فقط من قيام بوهر في الدنمارك بنشر تقرير يوضح فيه نجاحه البين في تفسير طيف الهيدروجين مستخدما المدارات الدائرية الكمية، أدخل سومرفيلد في ألمانيا تحسينا على النظرية لتشمل أيضا مدارات أهليلجية "بيضاوية" كمية.



الشكل 5: رسم بياني لذرة هيدروجين يوضح مجموعة من المدارات الداخلية و دلالاتها تبعا لنظرية بوهر سومرفيلد

1- الليزر

أشتق ليزر من الأحرف الأولى لعدة كلمات باللغة الانجليزية تعنى **تضخيم الضوء بالانبعاث المشجع للأشعاع**

"Light Amplification by Stimulated Emission Radiation"

الليزر (الميزر الضوئي): هو جهاز لإنتاج حزمة متوازية من ضوء شديد مركز بالغ الترابط.

مثال : حزمة من ضوء ليزر مرئي قطرها 10 cm لا يزداد اتساعها عند سطح القمر.

الميزر: هو جهاز يستخدم أمواج راديو قصيرة جدا (أمواج ميكرو) بدلا من أمواج الضوء المرئي.

2-الانبعاث المحفز

يوجد عدة مبادئ أساسية متضمنة في تشغيل معظم أنواع الليزر وهي

- الضخ الضوئي

- الرنين

-الانقلاب الإسكاني

- التفلور

- الانبعاث المحفز

- الترابط

ومنه المفتاح لفهم عمل الميزر و الليزرهو مبدأ الترابط المصاحب للانبعاث المشجع.

مثال

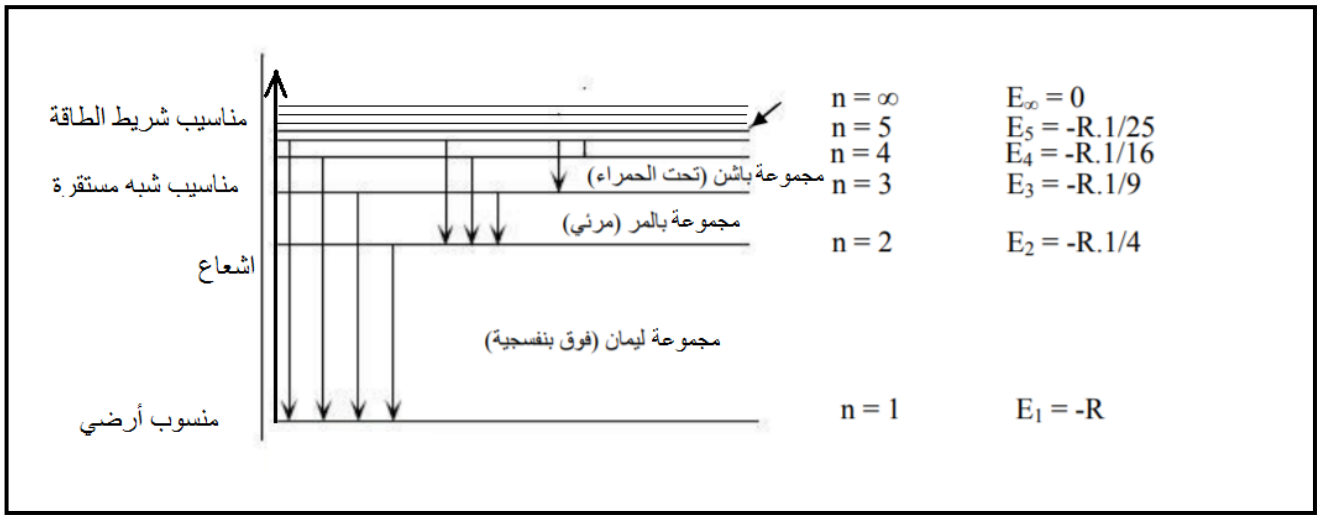
عند أخذ في الاعتبار غاز ما في وعاء يحتوي **ذرات طليقة** لها عدد مناسيب الطاقة، وبإضاءة هذا الغاز بضوء متألق يرفع عدد كبير من الذرات **"خلال الرنين"** وعند هبوط الإلكترونات يقع معظمها في مصيدة المنسوب شبه المستقر.

وإذا كان **الضوء الضاخ** شديدا بدرجة كافية، يمكن أن نحصل على **الإنقلاب الإسكانى** أي زيادة الإلكترونات في المنسوب شبه المستقر عن المنسوب الأرضي

الشعاع الفلوري أو وميضي: عندما يقفز تلقائيا الإلكترون في أحد المناسيب شبه المستقر إلى المنسوب الأرضي فإنه يشع فوتونا طاقته $h\nu$

بمرور الفوتون بذرة مجاورة في المنسوب شبه المستقر نفسه، يمكنه على الفور تبعا لمبدأ الرنين أن يشجع تلك الذرة على إشعاع فوتون له نفس التردد بالضبط ويعيدها إلى المنسوب الأرضي

يمكن تشجيع الانتقالات من المنسوب الأرضي إلى المناسيب المثارة و ذلك بامتصاص الموجة وبذلك تتطلب زيادة الإنبعاثات المشجع انقلابا اسكانيا، اذا كانت ظروف الغاز ملائمة ينشأ تفاعل متسلسل، نتيجة **إشعاع مترابط علي الشدة**.



الشكل 1: رسم منسوب الطاقة لبلورة

3- تصميم الليزر

لإنتاج ليزر ينبغي جعل **الانبعاث المشجع متوازيا**

4- تطبيقات الليزر

هناك عدة استخدامات لليزر منذ ظهوره:

في ميدان الطب، استخدم الليزر في الجراحة ، حيث تكوى أنسجة الشبكية لعلاج أنفصال الشبكية.

في ميدان الهندسة ، استخدم المهندسون الليزر في ضبط استقامة الطرق و تقدير المدى و تعين بعد القمر

في ميدان المواد، يستخدم اليزر عالى القدرة في قطع الماس ، التلحيم و التحت على الألواح المعدنية ،تصوير مجسم داخل المواد الشفافة ، الهولوغرافيا و بدأ التفاعلات النووية .

5- بعض أنواع الليزر الشائعة

ليزر الطيف الفوق البنفسجي

ليزر الطيف المرئي

ليزر الطيف تحت حمراء

6-الهولوغرافيا

هولوغرافيا "التصوير الفوتوغرافي لثلاثي الأبعاد" هى كلمة يونانيه تعني **الكتابة الكاملة**

- Holos تعني "whole"

بالفرنسية « en entier »

- graphe تعني "writing" أو "drawing"

بالفرنسية « écrire »

لصور التجسيمية أو الذواكر الهولوغرافية (بالإنجليزية: Holography) تمتلك خاصية فريدة تمكنها من إعادة تكوين صورة الأجسام بأبعادها الثلاثة في الفضاء . تتم تلك العملية بإستخدام أشعة الليزر.

في عام 1948 أصبح الهولوغرافيا حقيقة بفضل دنيس جابور Dennis Gabor ، المهندس والفيزيائي. هو الأب المؤسس لمبدأ التصوير المجسم. حصل على جائزة نوبل في الفيزياء لاكتشافه في عام 1971.

أول هولوغرام حقيقي ثلاثي الأبعاد سيرى ضوء النهار في عام 1962. يتم الحصول على الصور بفضل اكتشاف الليزر. هذا الإنجاز يرجع إلى عالمين أمريكيين: جوريس أوباتنيكس وإميت ليث.

فكرة الصورة التجسيدية بدأت من ظاهرة التداخل:

لو رمينا حجرًا في بركة ماء ساكن فإنه ستتولد موجات منتظمة، تنتشر على شكل دوائر متحدة المركز.

ولو رمينا حجرين متماثلين تمامًا في نقطتين مختلفتين فإن الموجات التي تنتج عنهما يتجه بعضُها نحو بعض.

فإذا التقت ذروةُ موجة مع ذروة موجة أخرى فإنهما تتضافران وتعطيان موجة أكبر مرتين من كلٍّ منهما؛ وإذا التقت ذروةُ موجة مع حضيض موجة أخرى تنعدم الموجتان وتولِّدان منطقة سكون في الماء.

وهكذا يمكن لنا أن نتصور كلَّ الإمكانات البينيَّة بين الموجات.

والنتيجة النهائية هي نظام معقد للغاية **يسمَّى شبكة التداخُل**. وتسلك الموجاتُ الضوئية تمامًا سلوك الموجات السابقة.

وهكذا فعندما يلتقي شعاعا ليزر، يولِّدان شبكة تداخُل معقدة؛ ويمكن تسجيل هذه الشبكة على لوحة تصوير.وهذا التسجيل هو ما يسمى بالهولوغرام.

-الأجزاء الأساسية لتتم صناعة الذاكرة ثلاثية الأبعاد

1.ليزر أرغوني Ar (أزرق – أخضر).

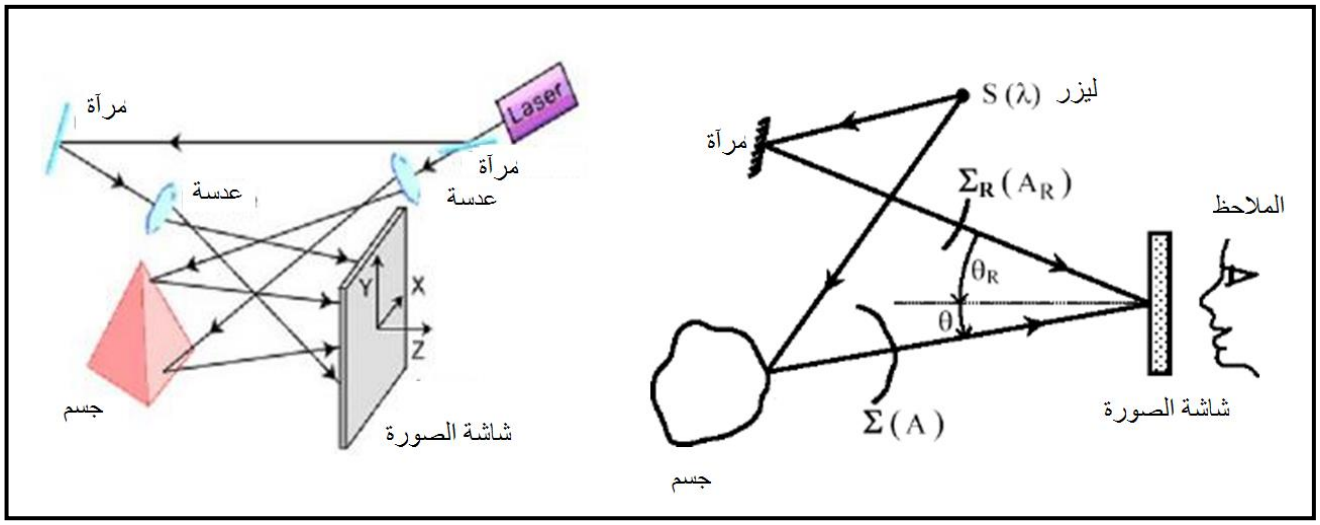
2.مقسمات شعاعية لتقوم بتقسيم شعاع الليزر.

3.مرايا لتوجيه أشعة الليزر.

4.لوحة بلورات سائلة .

5.عدسات لتركيز أشعة الليزر.

6.بلّورة ليثيوم-نيوبات أو بولمير ضوئي.



الشكل 2 : المبدأ الأساسي لتصوير مجسم

الـــــمراجع

–أحمد فؤاد باشا و شريف أحمد خيري، البصريات، مصر، دار الفكر العربي ، 2008.

- فرانسيس أ جينكينز و هارفي إ هوايت ، أساسيات البصريات ، الطبعة الرابعة مترجمة، مصر ، دار ماكجروهيل، 1981.

-فريدريك ج. بوش و أيوجين هشت ، الفيزياء الجامعية، الطبعة الأولى، مصر ، الدار الدولية للنشر والتوزيع، 2000.

- مجدى صبحى نظير، البصريات الهندسية والأمواج، إيتراك للنشر والتوزيع ، مصر ، 2007

-Agnès Maurel, Optique ondulatoire , France, Belin Education, 2002.

-Christian Grossetêteet Pascal Olive, Optique géométrique: MPSI-PCSI-PTSI , France, ellipses, 2006.

- Jean-Paul Parisot, Patricia Segonds et Sylvie Le Boiteux,Cours de physique -Optique-, France , 2^{e}édition, Dunod, 2020.

-Marcelo Alonso et Edward J. Finn, Physique générale « champs et ondes » , France , 2^{e}édition, Dunod, 2005.