

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

مقرر البيوفيزياء

لطلبة السنة الأولى - علوم طبيعية

الإرسال الأول

الضوء الهندسي

إعداد: الأستاذ محمد بوترية

المدرسة العليا للأساتذة - القبة - الجزائر

بسم الله الرحمن الرحيم

## مقدمة

الفيزياء علم يتناول دراسة و تفسير الظواهر الطبيعية بوضع القوانين التي تحكمها كما يهتم بدراسة مكونات المادة و التأثيرات المتبادلة فيما بينها. تتداخل الفيزياء مع كثير من العلوم و بمعنى آخر فهي تحتويها جميعا، ومن بين المجالات التي تشملها الفيزياء، البصريات التي تهتم بدراسة الظواهر المتعلقة بانتشار الضوء و الفيزياء الحيوية التي تدرس الكريات الدموية وحركة الدم على سبيل الذكر لا الحصر.

يتناول الإرسال الأول لهذا المقرر دروسا تهتم الطالب والأستاذ و تساعد على فهم و استعمال بعض الوسائل والأجهزة التي نجدها في المخابر كالعصيات، المكبرة، المجهر و العين و عيوب البصر ، كما نتناول في الإرسال الثاني دراسة السوائل في حالة السكون و الحركة التي لا يستغني عنها كل من يلج هذا الميدان.

## الفهرس

### الضوء الهندسي

- 1 - مقدمة ----- ص 3
- طبيعة الضوء - خواص الضوء - الانتشار و قرينة الانكسار  
- الضوء الأبيض
- 2 - الانعكاس و الانكسار ----- ص 6
- الانعكاس (قانوني ديكارت) - الانكسار (قانون سنيل)  
- الانكسار الحدي و الانعكاس الكلي  
- بعض تطبيقات الانعكاس الكلي
- 3 - الجمل الضوئية ----- ص 11
- تعريف الجملة الضوئية  
- الجسم و الصورة بين الحقيقة و الوهم
- 4 - المرايا ----- ص 12
- المرآة المستوية  
- المرايا الكروية  
مصطلحات و تعاريف - معادلات المرايا الكروية  
- الإنشاء الهندسي للصورة
- 5 - العدسات الرقيقة ----- ص 18
- مفاهيم عامة حول العدسات - أنواع العدسات الرقيقة - ظاهرتا التقريب و التباعد  
- شروط الحصول على صورة واضحة  
- العدسات الرقيقة المقربة  
- المحارق و الأبعاد المحرقة - الإنشاء الهندسي للصور  
- قوانين العدسات المقربة  
- العدسات الرقيقة المبعدة  
- المحارق و الأبعاد المحرقة - الإنشاء الهندسي للصور  
- قوانين العدسات المقربة  
- قوة العدسات و تجميعها
- 6 - تطبيقات العدسات ----- ص 34
- العين  
- مبدأ الرؤية  
- البعد المحرقي للعين - عيوب البصر و معالجتها (الحسر، الطمس ...)  
- عناصر النظر في العين (مجال الرؤية، سعة المطابقة، القوة الفاصلة)  
- المكبرة  
- استطاعة المكبرة - تجسيم (تضخيم) المكبرة  
- المجهر  
- الجسمية - العينية - الاستطاعة - التجسيم أو التضخيم - الإحكام على اللانهاية

## الضوء الهندسي

### I / الضوء الهندسي

#### 1- مقدمة

علم الضوء هو دراسة الظواهر التي تؤثر على أعيننا. يعتبر العبقري المسلم "الحسن بن الهيثم" (950 هـ - 1039 هـ) منشئ علم الضوء بلا منازع، لا يقل أثره في علم الضوء عن أثر نيوتن في علم الميكانيكا و يعتبر كتابه "المنظر" المرجع لفيزياء الضوء لعدة قرون. وقد وضع بن الهيثم القوانين الأساسية لانعكاس الضوء وانكساره وكان من أهم إنجازاته الخزانة ذات الثقب و التي تعتبر البداية و المقدمة لاختراع الكاميرا.

#### – طبيعة الضوء: هناك فرضيتين حول طبيعة الضوء هما:

النظرية الجسيمية لنيوتن و النظرية التموجية للعالم الهولندي هيغنز.  
و لما لم تستطع هاتان النظريتان تفسير جميع الظواهر البصرية وضعت نظرية ثالثة توحد بين الخواص التموجية و الجسيمية للضوء، نذكر من أنصار هذه النظرية (بلانك - انشتين - بوهر).

#### – خواص الضوء:

- الخواص الهندسية: وهي قائمة على الانتشار المستقيم و السرعة المحدودة و على انعكاس الضوء و انكساره.
- الخواص التموجية: وهي الخاصية الكهرومغناطيسية، التداخل الحيود، الاستقطاب الخ...
- الخاصية الكمية: و تدرس المدارات الذرية، مستويات الطاقة، الليزر الخ...

سنهتم في هذه الدراسة بداية بكل المسائل المرتبطة بسرعة انتشار الضوء، الانعكاس و الانكسار ثم سنتطرق إلى تطبيقات النتائج المتحصل عليها و المتمثلة في دراسة بعض الأجهزة الضوئية (البصرية) مثل المرايا، العدسات، العين، المكبرة و المجهر.

#### – انتشار الضوء و قرينة الانكسار:

الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة (c) تساوي  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  وتتوقف طاقة موجات الضوء على تواتر هذه الموجات، فكلما زاد تواتر الموجة زادت طاقتها، وتعتبر الشمس أكبر مصدر للطاقة الضوئية.

أما في وسط غير الفراغ فسرعة الانتشار (v) مرتبطة بتواتر الموجة وتكون قيمتها أقل من (c). تدعى النسبة بين (c) و (v) قرينة الانكسار (n) للوسط:

$$n = \frac{c}{v} \quad (1-1)$$

بما أن (v) أقل دائما من (c) فإن (n) تكون دائما أكبر من واحد ( $n > 1$ ). يوصف الوسط الذي لديه أكبر قرينة انكسار بالوسط الأشد كسرا للضوء وتتأثر قرينة الانكسار تأثيرا ضعيفا مع تواتر الموجة.

(فمثلا في وسط زجاجي يكون التغير بين 1% و 2% على امتداد الطيف المرئي للضوء).

## الضوء الأبيض:

تصدر منابع الضوء كما ذكرنا أنفا موجات كهرومغناطيسية ذات تواترات مختلفة في آن واحد، نقول أن الضوء الصادر مركب من ألوان مختلفة، أما إذا كانت كل الموجات ذات تواتر واحد، نقول حينئذ عن الضوء أنه بسيط أو وحيد اللون.

يعتبر الضوء الأبيض مركب و هو خليط من ألوان الطيف السبعة و التي نجدها في كلمتي (حرص خزين) حيث يمثل كل حرف الحرف الثاني من اسم اللون و هي مرتبة تصاعديا حسب التواتر (أحمر - برتقالي - أصفر - أخضر - أزرق - نيلى - بنفسجي).

تستعمل في دراسة الأجهزة الضوئية و التطبيقات البيولوجية للضوء المرئي وحدة النانومتر ( $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ).

يمتد الطيف المرئي من طرف الإنسان ما بين البنفسجي ( $400\text{nm}$ ) و الأحمر ( $700\text{nm}$ ). المصدر الضوئي هو الذي يحدد تواتر الموجة. لا يتأثر هذا التواتر عندما ينقل الضوء من وسط إلى آخر.

بما أن السرعة  $v = \frac{c}{n} = \lambda f$  حيث ( $f$  هو التواتر و  $\lambda$  طول الموجة)، فإن  $\lambda$  هو الذي يتغير مع تغير قرينة الانكسار (c).

فمثلا إذا انتقل الضوء من وسط ذو قرينة انكسار ( $n_1$ ) إلى وسط ذو قرينة انكسار ( $n_2$ )، فإن طول موجته سيتغير لكي تبقى العلاقات التالية صحيحة:

$$f\lambda_2 = \frac{c}{n_2} \quad \text{و} \quad f\lambda_1 = \frac{c}{n_1}$$

بقسمة هاتين العلاقتين طرفا على طرف نجد:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2-1)$$

هذه العلاقة تبين أن طول الموجة يكون أصغر في الوسط الأشد كسرا للضوء.  
مثال:

تدخل حزمة من الضوء الأخضر (طول موجته في الفراغ  $\lambda = 5.10^{-7}\text{m}$ ) في طبقة زجاجية ذات قرينة انكسار ( $n=1,5$ ).

– أحسب سرعة الضوء الأخضر في الزجاج و طول موجته.

الحل:

$$\text{– لحساب السرعة نطبق العلاقة} \quad v = \frac{c}{n} \quad \text{و منها} \quad v = \frac{3.10^8}{1,5} = 2.10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{– فيكون طول الموجة} \quad \lambda_2 = \lambda_1 \frac{n_1}{n_2} \quad \text{و منه} \quad \lambda_2 = 5.10^{-7} \frac{1}{1,5} = 3,33.10^{-7} \text{ m}$$

قرائن الانكسار لبعض المواد (مقاسة بواسطة ضوء أصفر  $\lambda = 589\text{nm}$ )

المادة	الهواء	الماء	الكحول	البنزين	الزجاج
القرينة	1,00029	1,333	1,362	1,501	1,517

جدول-1-

نلاحظ من هذا الجدول أن قرينة انكسار الهواء تساوي الواحد تقريبا أي أننا سوف نعتبر من هنا فصاعدا سرعة الضوء في الهواء هي نفسها في الفراغ ( $v=c$ ).

## 2 – الانعكاس و الانكسار:

يمكن للضوء أن ينتشر في أوساط أخرى غير الفراغ والهواء تدعى الأوساط الشفافة (مثل الماء، الزجاج والكحول الخ...).

فعندما تصل حزمة ضوئية إلى المستوي الفاصل بين وسطين، فإن جزءا من الضوء ينعكس وهذا هو الانعكاس و جزء يمتص و الباقي ينفذ و هذا ما يسمى بالانكسار.

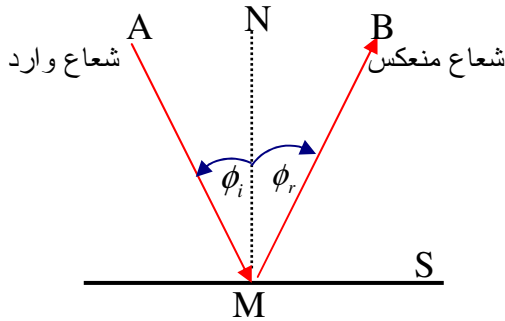
فعلى ورق أبيض مثلا، ينتشر الضوء كله تقريبا، أما على سطح معدني مصقول ينعكس جله تقريبا (90% في حالة الفضة)، أما على سطح زجاجي فينعكس (ينفذ) الجزء الأكبر و الباقي منه ينعكس.

فالانعكاس إذن هو ارتداد الشعاع الضوئي نتيجة سقوطه على سطح مصقول.

أما الانكسار فهو تغير مسار الشعاع الضوئي نتيجة مروره خلال وسطين مختلفي الكثافة.

### 2-1 – قانوني الانعكاس:

ليكن سطح مستوي عاكس (S) يسقط عليه شعاع ضوئي وارد غير عمودي بزاوية ورود ( $\phi_i$ ).



يشكل الشعاع (AM) و الناظم للسطح (NM) مستوي ورود. فيكون الشعاع المنعكس (MB) في مستوي ورود.

– و تكون زاوية الانعكاس ( $\phi_r$ ) مساوية لزاوية ورود ( $\phi_i$ )  
(1-2)  $(\phi_r) = (\phi_i)$

تقاس الزاويتان بالنسبة إلى الناظم للسطح (NM).

يدعى هذان القانونان "قانوني الانعكاس".

تحدد شدة الشعاع المنعكس ( $I_r$ ) بقرينتي الانكسار ( $n_1$  و  $n_2$ ) للوسطين المعترضين. فإذا كانت شدة الشعاع الوارد هي ( $I_0$ ) نجد في حالة الورد الناظمي ( $\phi_i = 0$ ):

$$\frac{I_r}{I_0} = \left[ \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right]^2 \quad (2-2)$$

تبقى هذه العلاقة صحيحة من جل زوايا ورود صغيرة.

مثال:

ما هي نسبة الضوء الذي ينعكس بورود ناظمي على عدسة من زجاج؟

– نعلم أن قرينة انكسار الهواء ( $n_1=1$ ) و قرينة انكسار زجاج ( $n_2=1,5$ ) فان:

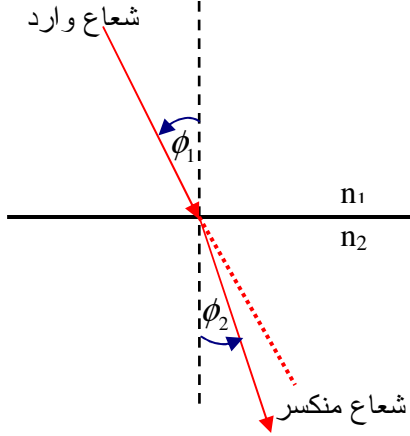
$$\frac{I_r}{I_0} = \left[ \frac{1,5-1}{1,5+1} \right]^2 = 0,04$$

أي أن 4% من الضوء الوارد قد انعكس.

## 2 - 2 - الانكسار (قانوني سنيل - ديكارت):

إذا نفذت أشعة ضوئية من وسط شفاف إلى آخر نقول أنه حدث انكسار أي أن هذه الأشعة انحرفت عن مسارها.

- قانوني سنيل - ديكارت:



- إذا كانت قرينتي الانكسار ( $n_1$ ) و ( $n_2$ ) و إذا كانت زاوية الورد ( $\phi_1$ ) و زاوية الانكسار ( $\phi_2$ ) فان:

$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2 \quad (3-2)$$

- يبقى الشعاع المنكسر في نفس مستوي الورد.

نلاحظ من قانون سنيل أن الزيادة في قرينة الانكسار يؤدي إلى النقصان في زاوية الانكسار.

النتيجة:

- يقترب الشعاع الضوئي المنكسر من الناظم عندما ينفذ إلى وسط أشد كسرا ( $n_2 > n_1$ ).
- يبتعد الشعاع المنكسر عن الناظم عندما يدخل إلى وسط أقل كسرا ( $n_2 < n_1$ ).
- إذا سقط الشعاع عموديا على السطح الفاصل ينفذ الشعاع دون أن يعاني انكسارا.

مثال:

- تنتشر حزمة ضوئية في الهواء ثم تدخل في الماء بزاوية ورود ( $30^\circ$ ).
- ينعكس جزء من الضوء و الباقي ينفذ.
- حدد اتجاه كلا من الأشعة المنعكسة و الأشعة المنكسرة.

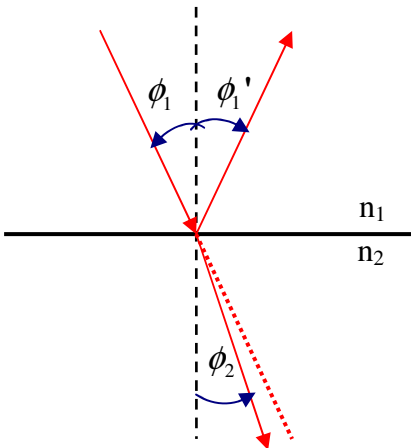
الحل: - يشكل الشعاع الوارد و الشعاع المنعكس مع الناظم زوايا متساوية.

$$\phi_1' = \phi_1 = 30^\circ \quad \text{إذن:}$$

- بالنسبة للأشعة المنكسرة، نطبق قانون سنيل من أجل

$$n_2 = 1,33 \quad \text{و} \quad n_1 = 1$$

$$\sin \phi_2 = \frac{1}{1,33} \sin(30^\circ) = 0,375 \rightarrow \phi_2 = 22^\circ$$

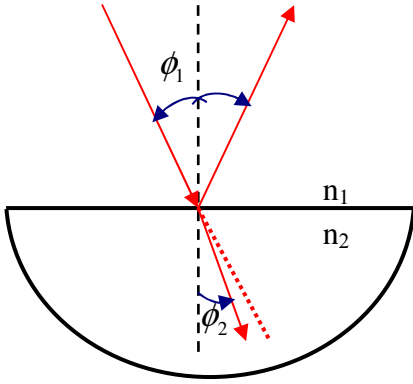


## 2 - 3 - الانكسار الحدي والانعكاس الكلي:

ليكن لدينا وسطان هما الهواء (قرينته  $n_1$ ) و وسط أشد منه كسرا للضوء وليكن قطعة من الزجاج على شكل نصف اسطوانة (قرينته  $n_2$ ).

أ – الضوء وارد من الهواء:

نسقط حزمة ضوئية على السطح الفاصل بزواوية ورود صغيرة (تقرب  $20^\circ$ )، نلاحظ أن الجزء الأكبر من الضوء ينفذ في الزجاج وينكسر و جزء ضعيف جدا منه ينعكس.



تكون زاوية الانكسار ( $\phi_2$ ) في هذه الحالة أكبر من زاوية

الورود ( $\phi_1$ ) لأن  $(n_2 > n_1)$ .

فإذا زدنا تدريجيا في الزاوية ( $\phi_1$ ) زادت الزاوية ( $\phi_2$ ) ولكن بسرعة أقل. عندما تكون زاوية الورود كبيرة ( $\phi_1 = 70^\circ$ )، تزداد الحزمة المنعكسة ازديادا ملحوظا بعد ما ظل ضعيفا، فتنقص الحزمة المنكسرة. و عندما تقترب زاوية الورود من ( $90^\circ$ ) تقترب زاوية الانكسار من قيمة (زاوية) حدية قريبة من  $\phi_1 = 42^\circ$ .

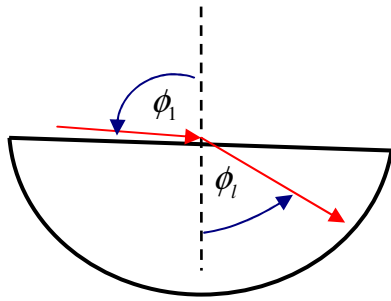
يسمح قانون سنيل بحساب الزاوية الحدية ( $\phi_1$ ):

$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$$

$$\sin \phi_1 = \frac{1}{n_2} \quad \text{عندما تكون } \phi_1 = 90^\circ \text{ تكون } \phi_2 = \phi_1 \text{ بالتالي تكون}$$

إذا كان الوسط الأول غير الهواء نحصل على العلاقة العامة:

$$\sin \phi_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad (4-2)$$



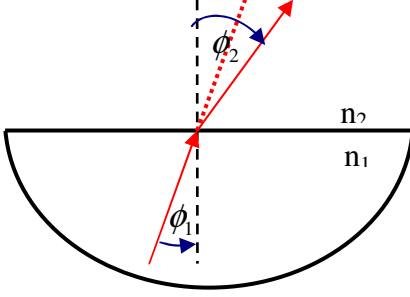
قيم الزوايا الحدية لبعض المواد

المادة	الماء	الزجاج	الألماس
القرينة	1.33	1.52	2.4
الزاوية الحدية ( $^\circ$ )	49	42	25



ب – الضوء وارد من وسط كاسر:

نستعمل نفس الوسط السابق (الزجاج) لكن في وضع تسقط فيه حزمة الضوء الوارد و تخرج الأشعة المنكسرة في الهواء.



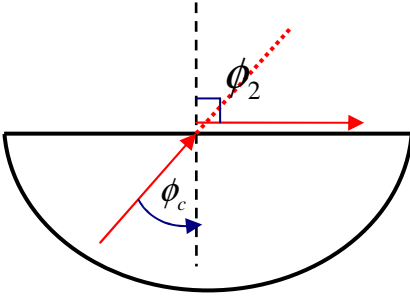
نأخذ في البداية زاوية الورود صغيرة ( $\phi_1 = 20^\circ$ ).  
الجزء الأكبر من الضوء ينكسر و يخرج إلى الهواء، أما الجزء الضعيف من الضوء فينعكس. في هذه الحالة يبتعد الشعاع المنكسر عن الناظم أكثر من الشعاع الوارد ( $n_2 < n_1$ ).  
عندما تزداد زاوية الورود  $\phi_1$ ، تزداد الزاوية  $\phi_2$  بأسرع مما تزداد  $\phi_1$ .  
في الوقت نفسه تزداد شدة الشعاع المنعكس و تنقص شدة الشعاع المنكسر.

وعندما تتساوى زاوية الورود مع الزاوية الحرجة ( $\phi_c$ )، يخرج الشعاع المنكسر إلى الهواء مماساً للسطح فتكون زاوية الانكسار ( $\phi_2 = 90^\circ$ ).

و إذا كانت زاوية الورود أكبر من الزاوية الحرجة  $\phi_c$  فان الضوء الوارد لا ينتقل إلى الوسط الآخر إنما ينعكس الضوء كله، وتدعى هذه الظاهرة بـ (الانعكاس الكلي).

تحسب الزاوية الحرجة باستخدام علاقة سنيل فنجد:

$$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (4-2)$$



مثال: ما هي الزاوية الحرجة عندما ينتشر الضوء من الزجاج إلى الهواء؟

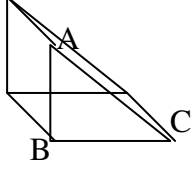
$$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,5} = 0,667 \Rightarrow \phi_c = 42^\circ$$

بالتالي كل الأشعة تنعكس إذا وردت بزاوية أكبر من  $42^\circ$ .

## – بعض تطبيقات الانعكاس الكلي:

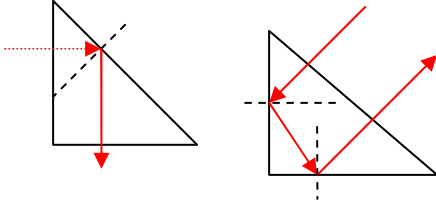
من أجل انعكاس كلي لا يوجد ضياع في شدة الضوء. لذا يستعمل هذا المبدأ في صناعة الأجهزة البصرية (المناظر الفلكية و آلات التصوير)، ومن بين التطبيقات الهامة لمبدأ الانعكاس الكلي، المنشور القائم والألياف البصرية.

### – المنشور القائم:



هو كتلة من الزجاج العادي (  $n=1,5$  ) على شكل منشور قائم متساوي الساقين.

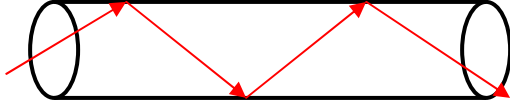
– يسقط الشعاع الضوئي عموديا على الوجه (AB) فيصل إلى الوجه (AC) بزاوية ورود تساوي (45°) أي أكبر من الزاوية الحرجة (42°) بالتالي ينعكس الشعاع كله.



و يمكن استعمال المنشور كمرآة باستعمال الوجه (AC)، حيث تنعكس كل الأشعة الواردة .

### – الألياف البصرية:

تعتبر الألياف البصرية من أحد التطبيقات الهامة لظاهرة الانعكاس الكلي حيث يقوم "ليف" في سمك شعرة الرأس من الزجاج أو البلاستيك بنقل الضوء من مكان إلى آخر و يتكون الليف البصري من قلب اسطواني و هو الذي يحمل الضوء مغلف بغلاف على شكل اسطوانة متحدة المحور مع القلب و يصنع القلب من الزجاج أو البلاستيك ذو قرينة انكسار أكبر من قرينة انكسار مادة الغلاف التي تكون عادة أيضا من نوع آخر من الزجاج أو البلاستيك. و بذلك فإن الضوء الذي يدخل من أحد طرفي الليف الضوئي بحيث يسقط على السطح الفاصل بين قلب الليف و الغلاف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس انعكاسا كليا و يرتد إلى القلب مرة أخرى و يسقط على السطح الفاصل في نقطة أخرى بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة.



و هكذا فإن الضوء يعاني انعكاسات كلية متعاقبة حتى يخرج من الطرف الآخر من الليف البصري.

و في الأنواع الجيدة من الألياف البصرية تكون كمية الضوء المفقودة بالامتصاص في قلب الليف البصري قليلة جدا و بذلك يمكن نقل الضوء لمسافة قد تبلغ بضعة كيلومترات دون أن تقل شدته بكمية كبيرة.

و عادة يوضع عدد كبير من الألياف البصرية مع بعضها لتكون حزمة مرنة (كابل). و تستخدم كابلات الألياف البصرية في مجال الإتصالات حيث يحمل الضوء المعلومات خلال الألياف الضوئية تماما كما يحملها التيار الكهربائي خلال الأسلاك مع مميزات هامة للألياف البصرية منها أن الضوء المحلول لا يتأثر بتدخلات المجالات الكهربائية بالإضافة إلى السعة العالية لنقل المعلومات. فشعاع الليزر الذي ينتقل في ليف بصري واحد يمكنه نقل بضعة عشرات من المكالمات الهاتفية و بضعة برامج تلفزيونية في وقت واحد.

و لقد لاقت تطبيقات الألياف البصرية في مجال الطب نجاحا منقطع النظير و على سبيل المثال في مجال المناظير التي تستخدم في التشخيص للأمراض الداخلية (الرئة و المعدة و الأمعاء و غيرها) و كذلك في مجال الجراحة لمعظم أعضاء الجسم والتي أصبحت تتم بفتحات صغيرة جدا.

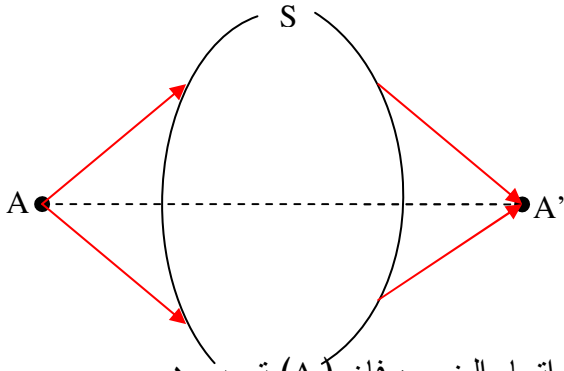
### 3 – الجمل الضوئية

#### 3-1- تعريف الجملة الضوئية:

- ندعو جملة ضوئية مجموعة الأوساط الشفافة و المفصولة عن بعضها بسطوح ملساء، يخضع الضوء أثناء انتشاره لانعكاسات وانكسارات. هناك نوعان من الجمل الضوئية:
- الجمل الكاسرة وهي التي يخترقها الضوء من وجه ليخرج من الوجه الآخر.
  - الجمل العاكسة وهي التي يخضع فيها الضوء لسلسلة قصيرة أو طويلة من الانعكاسات.

#### 3-2- صورة نقطة ضوئية:

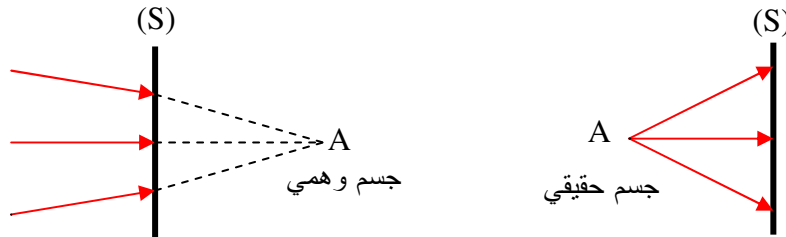
- لتكن نقطة ضوئية (A) ، ترسل أشعة إلى جملة ضوئية (s). إذا مرت حوامل الأشعة كلها بنفس النقطة (A') نقول أن هناك (منظارا عتما).



- ندعو (A) الجسم النقطي و (A') الصورة النقطية ونقول أن هذه الصورة هي منظور عتم لـ (A). يبين المبدأ العكسي أنه إذا كانت (A') هي الجسم النقطي وعكسنا اتجاه الضوء، فإن (A) تصبح هي الصورة أي المنظار العتم لـ A'. لذا نقول أن (A) و (A') نقطتان مشتقتان بالنسبة لـ (s) و أن (s) منظور للتناهي المشتق (A) و (A').

#### 3-3- الجسم و الصورة بين الحقيقة و الوهم:

- في جملة ضوئية (S) تكون النقطة الضوئية (A) :  
 - جسما حقيقيا: عندما تصدر من (A) كل الأشعة التي تتلقاها لجملة (S).  
 - جسما وهميا: عندما تجتمع كل الأشعة عند (A) لو لم تعترضها الجملة (S).



تشكل الجملة (S) للجسم النقطي (A) صورة نقطية (A'):

- الصورة (A') حقيقية: عندما تتقارب كل الأشعة الخارجة من الجملة (S) في النقطة (A').
- الصورة (A') وهمية: عندما تبدو كل الأشعة الخارجة من الجملة (S) وكأنها آتية من النقطة (A').



ويمكن لهذه الصورة (A') أن تصبح جسما (حقيقيا أو وهميا) لجملة ضوئية ثانية (S').

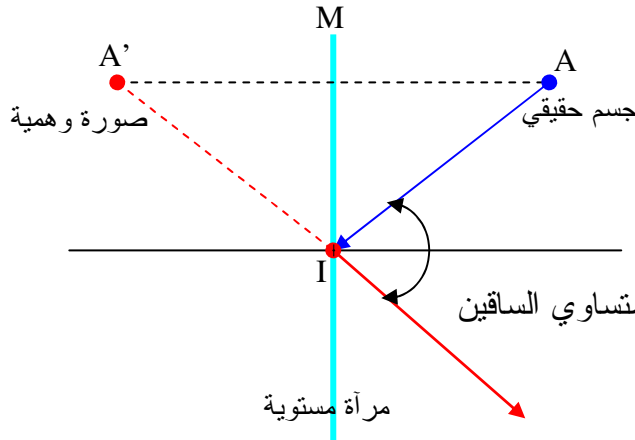
خلاصة:

- لكي تكون النقطة جسما لأبد للجملة أن تتلقى منها أشعة.
- و يكون الجسم حقيقيا عندما تكون الأشعة متجهة نحو الجملة ومتباعدة و يكون وهميا حينما تكون الأشعة داخلة و متقاربة.
- تكون النقطة صورة إذا كانت الأشعة خارجة من الجملة.
- و تكون الصورة حقيقية إذا كانت الأشعة خارجة من الجملة وتجتمع حقيقة عند النقطة و تكون وهمية حينما تكون الأشعة خارجة من الجملة و تبدو و كأنها آتية من النقطة.

## 4 – المرايا

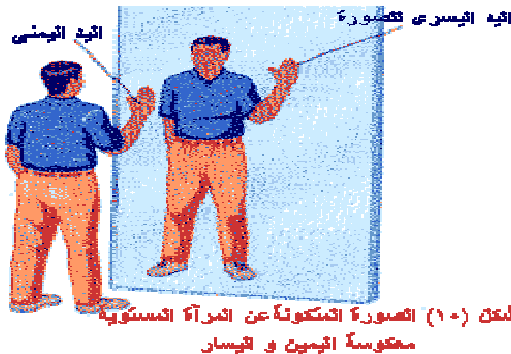
### 4 – 1 – المرايا المستوية:

- تعرف المرآة المستوية بأنها كل سطح مستوي أملس على درجة عالية من النعومة عاكس لمعظم الأشعة الساقطة عليه و قد يصل نسبة ما يعكسه من الضوء إلى 98% أو أكثر.
- تملك المرآة المستوية الخواص الأساسية التالية:
- لكل جسم نقطي صورة نقطية دقيقة مناظرة له بالنسبة لسطح المرآة.
  - يكون الشعاع المنعكس في مستوي الورود ويتقاطع مع الناظم على المرآة في نقطة تبدو و كأن الشعاع المنعكس منطلق منها.



تبين مساواة الزوايا على الشكل أن المثلث  $A'IA$  متساوي الساقين و بالتالي  $A'$  مناظرة لـ  $A$ .  
تعتبر  $A'$  صورة وهمية لـ  $A$ .

- إذا كان الجسم الحقيقي غير نقطي فإن صورته تكون دائما وهمية و متناظرة مع الجسم بالنسبة لمرآة ولكنها لا تنطبق عليه.
- هذا ما تلاحظه عندما ترفع يدك اليمنى أمام مرآة فيبدو ان يدك اليسرى هي المرفوعة .

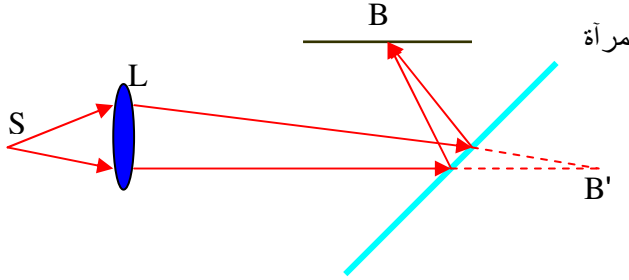


نتيجة:

إن المرآة المستوية تعطي لجسم حقيقي  $A$  صورة وهمية  $A'$  مناظرة له.

## – كيفية الحصول على صورة حقيقية:

تتقارب الأشعة الصادرة من المنبع (S) عند النقطة B بواسطة عدسة مقربة (L) ثم نعرض مسارها بمرآة مستوية (انظر الشكل).  
تعتبر النقطة B جسما وهميا لأن الأشعة تبدو وكأنها تتقارب عندها، أما النقطة B' رأس الحزمة الضوئية المتقاربة المنعكسة التي تصل إليها الأشعة الضوئية الحقيقية و التي يمكن استقبالها على شاشة فتشكل صورة نقطية حقيقية للجسم الوهمي B.



## نتيجة:

تعطي المرآة المستوية صورة حقيقية لجسم وهمي و تكون هذه الصورة الحقيقية متناظرة مع الجسم الوهمي بالنسبة للمرآة.

## خلاصة:

تعطي المرآة المستوية للجسم صورة مناظرة له و معاكسة لطبيعته من حيث الوهم و الحقيقية.

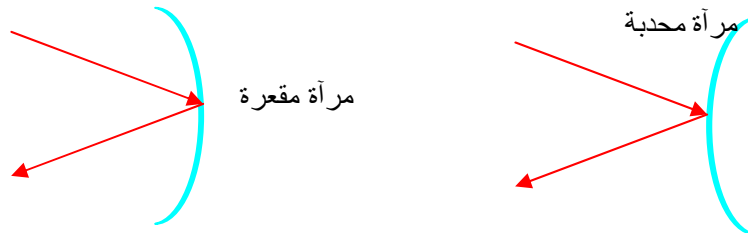
## 4 – 2 – المرايا الكروية

### تعريف:

تعرف المرآة الكروية بأنها كل سطح كروي عاكس يحدد بمركزه و نصف قطره.  
تشكل المرايا الكروية غالبية الأسطح المنحنية العاكسة.

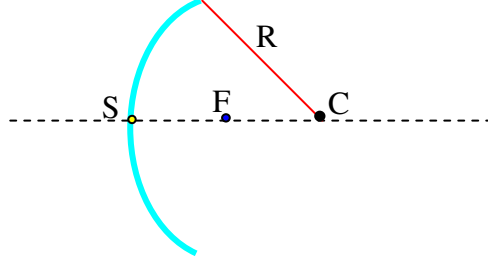
هناك نوعان من المرايا الكروية وذلك حسب السطح العاكس: مرايا محدبة و مرايا مقعرة.

– تكون المرآة محدبة إذا كانت الأشعة الضوئية الواردة تنعكس نحو خارج التكور.  
وتكون المرآة مقعرة إذا كانت الأشعة الضوئية الواردة تنعكس نحو داخل التكور.

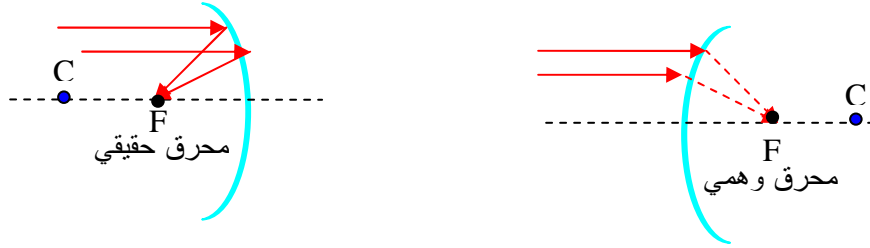


## 4 - 2 - 1 - مصطلحات و تعاريف:

- مركز تكور المرآة (C): و هو مركز الكرة التي تكون المرآة جزء منها.
- ذروة المرآة (S) : هي النقطة التي تتوسط السطح العاكس للمرآة الكروية.
- نصف قطر تكور المرآة (R): هو المسافة بين مركز تكور المرآة و أي نقطة على سطحها.
- المحور الرئيسي للمرآة : هو المستقيم المار بمركز تكور المرآة وذروة المرآة.



- محرق المرآة : إذا سقطت على المرآة حزمة من الأشعة المتوازية والموازية لمحورها الرئيسي وقريبة منه فإنها تنعكس بحيث تتجمع في نقطة على المحور الرئيسي في حالة المرآة المقعرة أو بحيث تتجمع امتداداتها خلف السطح العاكس و على المحور الرئيسي في حالة المرآة المحدبة، و تسمى المحرق الرئيسي للمرآة.
- ويكون المحرق حقيقيا في حالة المرآة المقعرة و وهميا في حالة المرآة المحدبة.



- البعد المحرقي : و هو المسافة بين المحرق وذروة المرآة و يساوى نصف تكور المرآة .

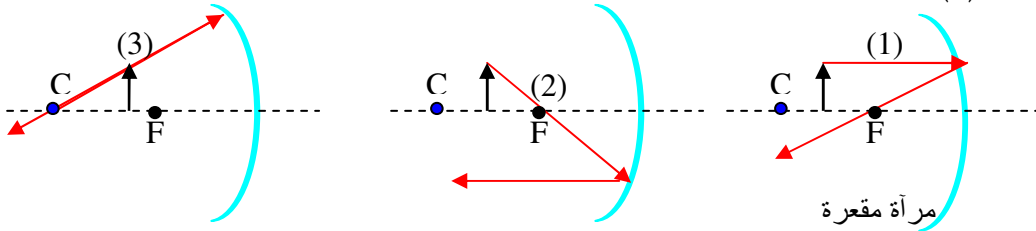
$$f = \frac{R}{2}$$

(1-4)

## 4 - 2 - 2 - الصور المتكونة في المرآة الكروية:

- إذا وضع جسم أمام مرآة كروية فإن الأشعة الضوئية التي تخرج من كل نقطة من نقاط الجسم تنعكس على المرآة حسب قانوني الانعكاس لتشكل هي أو امتداداتها صورة لهذا الجسم.
- ويمكن تحديد موضع الصورة ومواصفاتها باستخدام ثلاثة أشعة سهلة التتبع وهي كالاتي :

- الشعاع الأول (1): الشعاع الوارد من رأس الجسم الموازي للمحور الرئيسي للمرآة والقريب منه ينعكس ماراً بالمحرق (F).



- الشعاع الثاني (2): الشعاع الوارد المار بالمحرق (F) ينعكس موازياً لمحور المرآة.

الشعاع الثالث (3): الشعاع الذي يسقط على المرآة ماراً بمركز تكورها يسقط عمودياً عليها وينعكس على نفسه.

وفى الواقع يكفي استخدام اثنين فقط من هذه الأشعة لتحديد الصورة المتكونة عن المرآة. تتقاطع هذه الأشعة المنعكسة أو امتداداتها في نقطة واحدة بإسقاطها عمودياً على المحور الرئيسي نحصل على صورة الجسم. وبصفة عامة يعتمد موضوع تكون الصورة وطبيعتها على بعد الجسم عن المرآة.

وهناك الحالات العامة الآتية :

- 1- إذا كانت مسافة الجسم عن المرآة أكبر من نصف قطر تكورها تكون الصورة حقيقية مصغرة مقلوبة وتقع بين مركز تكور المرآة والمحرق.
- 2- إذا وُجد الجسم في مركز تكور المرآة تكونت له صورة حقيقية عند مركز التكور ( منطبقة على جسم) وتكون مقلوبة ومساوية للجسم في الحجم.
- 3- إذا كان الجسم بين المحرق ومركز التكور تكونت له صورة حقيقية مكبرة مقلوبة على مسافة من المرآة أكبر من نصف قطر تكورها.
- 4- إذا كان الجسم في المحرق انعكست الأشعة الساقطة منه على المرآة متوازية وتكون الصورة في ما لانهاية.
- 5- أما إذا كان الجسم على مسافة من المرآة أقل من البعد المحرقي فإن الأشعة الساقطة منه على المرآة تنعكس متفرقة وتراها العين خلف المرآة غير مقلوبة مكبرة وهمية عند نقطة تلاقي امتداد الأشعة المنعكسة.

#### 4 - 2 - 3 معادلات المرايا الكروية:

ترتبط معادلات المرايا الكروية بمميزات الجسم والصورة (بعدهما عن المرآة) بمميزات المرآة(بعدها المحرقي و نصف قطر تكورها).

$$\boxed{\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}} \quad (2-4)$$

حيث:

p: بعد الجسم عن المرآة و يكون p موجبا عندما يكون الجسم أمام المرآة.  
q: بعد الصورة عن المرآة و يكون q موجبا عندما تكون الصورة أمام المرآة وسالبا عندما تكون الصورة خلف المرآة.

R : نصف قطر تكور المرآة و هو موجب في المرآة المقعرة وسالب في المرآة المحدبة.  
F : البعد المحرقي للمرآة و هو موجب في المرآة المقعرة وسالب في المرآة المحدبة.

– التكبير الخطي للمرآة: هو نسبة طول الصورة الى طول الجسم.  
اذا كان طول الجسم هو (h) و طول الصورة هو (h') فان التكبير (m) يعبر عنه بالعلاقة:

$$\boxed{m = \frac{h'}{h} = -\frac{q}{p}} \quad (3-4)$$

إذا كان  $m$  موجبا فان الصورة تكون قائمة (غير مقلوبة).  
و إذا كان  $m$  سالبا فان الصورة تكون مقلوبة.

## تمارين على الانعكاس والانكسار و المرايا الكروية

### تمرين 1:

نعتبر شعاعا ضوئيا ينتقل بين وسطين، من الماء ذو قرينة انكسار  $n_1=1,33$  إلى الزجاج ذو قرينة انكسار  $n_2=1,5$ .  
احسب القرينة النسبية للزجاج بالنسبة للماء.

### تمرين 2:

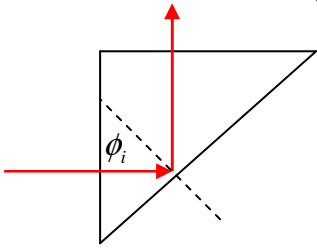
ترد حزمة ضوئية من الهواء إلى وسط زجاجي بزاوية قدرها  $60^\circ$ .  
أ- احسب قرينة الزجاج لكي تنحرف الأشعة المنكسرة عن مسارها بزاوية قدرها  $25^\circ$ .  
ب- ارسم مسار الحزمة الضوئية إذا كان الورود من الزجاج إلى الهواء بنفس الزاوية.

### تمرين 3:

احسب الزاوية الحرجة  $\phi_c$  عندما يرد الضوء من الألماس إلى الهواء علما أن قرينة انكسار الألماس هي 2,42.

### تمرين 4:

سقط شعاع ضوئي عموديا على أحد أوجه منشور زجاجي ثلاثي فانعكس كليا كما في الشكل.  
- إذا كانت زاوية الورود  $\phi_i = 45^\circ$ ، ماذا يمكن استنتاجه عن معامل انكسار الزجاج؟  
- ماذا يحدث إذا وضع المنشور الزجاجي في الماء؟ (بفرض  $n=1,5$ ).



### تمرين 5:

عندما تنتظر سمكة نحو الأعلى صوب سطح بحيرة أملس تماما، يبدو السطح مظلمًا باستثناء مساحة دائرية فوق السمكة.  
- أوجد الزاوية  $\phi$  التي تقابل هذه المساحة.

### تمرين 6:

يسقط شعاع ضوئي بزاوية قدرها  $\theta_1$  على إحدى نهايتي ليف بصري.  
زاوية انكسار هذا الشعاع هي  $\theta_2$ . يصدم الشعاع المنعكس جانب الليف بالزاوية  $\phi_2$ .  
- ما هي أكبر زاوية ممكنة  $\theta_1$  لسقوط الشعاع كي يحافظ الشعاع معها على حالة انعكاسه الكلي من على جدار الليف الداخلي، علما بأن معامل انكسار الليف هو 1,3.

### تمرين 7:

تطفو طبقة من البنزين (قرينة انكسار 1,5) فوق سطح الماء.



إذا كانت زاوية ورود الضوء من الهواء إلى البنزين  $60^\circ$ ، ما هي الزاوية التي يصنعها الضوء مع الاتجاه الناظمي في كل من البنزين والماء؟

### تمرين 8:

يوضع جسم حقيقي خارج مركز الانحناء  $c$  لمرآة مقعرة.  
- ما هي الصورة التي تكونها المرآة للجسم وكم تبعد عنها؟ ت.ع:  $f=+20\text{cm}, s=+45\text{cm}, h=+5\text{cm}$ .

### تمرين 9:

يوضع جسم حقيقي بين مرآة مقعرة و بين محرقها.  
- ما هي الصورة التي تكونها المرآة للجسم وما هو بعدها المحرقي؟  
ت.ع:  $h=+5\text{cm}, s=+15\text{cm}, f=+20\text{cm}$ .

### تمرين 10:

نصف قطر تقوس مرآة مقعرة  $0,8\text{m}$ .  
- عند أية نقطة تجمع هذه المرآة ضوء الشمس؟

### تمرين 11:

يبعد جسم طوله  $10\text{cm}$  مسافة قدرها  $50\text{cm}$  عن مرآة مقعرة بعدها المحرقي  $20\text{cm}$ .  
- جد بعد و ارتفاع و نوع الصورة.

## 5 – العدسات الرقيقة

– تمهيد:

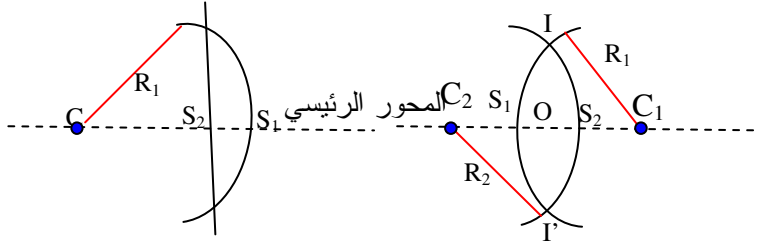
إن العدسات رغم بساطتها تلعب دورا هاما في الحياة العلمية و حياة الإنسان بصفة عامة، فبواسطتها استطاع الإنسان إصلاح عيوب بصره كالحسر و الطمس و غيرها من العيوب و ذلك بصنع النظارات. كذلك استطاع أن يرى بواسطة العدسات الأجسام المجهرية الخلايا و الجراثيم... إلخ وذلك بعد صنع المجهر.

كما تمكن مشاهدة الكواكب البعيدة بواسطة المنظار الفلكي، و الأهم من ذلك كله العين – التي أنعم الله سبحانه و تعالى علينا – هي نفسها تشبه عدسة صغيرة متغيرة تتكيف مع الأوساط المختلفة.

### 5 – 1 – مفاهيم عامة حول العدسات:

– تعاريف و اصطلاحات:

- العدسة: هي وسط شفاف متجانس محدود بوجهين كرويين أو بوجه كروي و آخر مستوي.
- المحور الرئيسي: هو المستقيم المار من مركزي التكور أو المستقيم المار بمركز التكور والعمودي على الوجه المستوي.



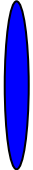


- قطر فتحة العدسة هي القطر (II') للدائرة التي تحد العدسة.
- نقول أن العدسة رقيقة إذا أمكن إهمال سمكها ( $S_1S_2$ ).
- أما  $R_1$  و  $R_2$  فيمثلان نصفي قطري الكرتين اللتين يشكل تقاطعهما العدسة.
- المركز البصري (O) للعدسة هو منتصف القطعة المستقيمة ( $S_1S_2$ ) و التي يمر بها المحور الرئيسي و عدد لا نهائي من المحاور الثانوية.



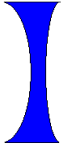
### 5 – 2 – أنواع العدسات الرقيقة :

تصنع العدسات بأشكال مختلفة ومن أنواع مختلفة من الزجاج و المواد الشفافة و لكن جميعها يمكن أن تنقسم إلى نوعين من العدسات الرقيقة: عدسات مقربة و عدسات مبعدة.

أ/العدسات المقربة: و هي رقيقة الحافة و لها ثلاثة أشكال:

هلالية	مستوية محدبة	محدبة الوجهين
		

ب/العدسات المبعدة: و هي غليظة الحافة و لها أيضا ثلاثة أشكال:

هلالية	مستوية مقعرة	مقعرة الوجهين
		

• تمثل العدسات المقربة اصطلاحا بالرمز:

• و تمثل العدسات المبعدة اصطلاحا بالرمز:

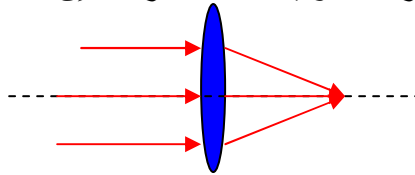


– خاصية المركز البصري:

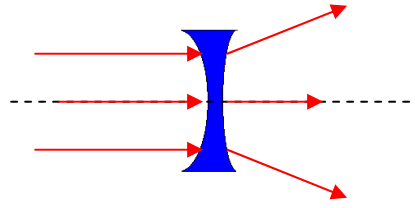
كل شعاع ضوئي مار من المركز البصري (O) لعدسة مقربة أو مبعدة فهو يعبرها في خط مستقيم دون انحراف.

– ظاهرة التقريب و التباعد:

أ/ظاهرة التقريب: إذا اعترضنا حزمة ضوئية بعدسة مقربة، فإن هذه الحزمة تتقارب بعد خروجها من العدسة.



ب/ظاهرة التباعد: إذا اعترضنا حزمة ضوئية بعدسة مبعدة فإن هذه الحزمة تتباعد بعد خروجها من العدسة.

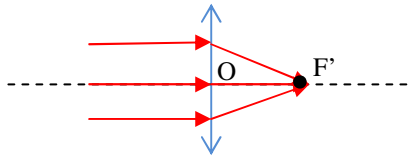


- حتى تعطي عدسة صورة واضحة يجب :
- أن تكون الأشعة الضوئية الواردة من الجسم قليلة الميل عن المحور الرئيسي.
  - أن تمر هذه الأشعة الضوئية بجوار مركز العدسة (O).

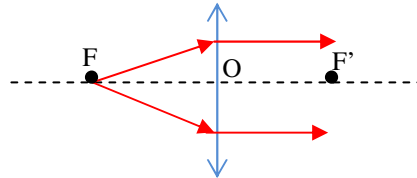
### 5 – 3 – العدسات الرقيقة المقربة:

#### 5 – 3 – 1 – المحارق و الأبعاد المحرفية:

إذا سقطت الأشعة الضوئية موازية للمحور الرئيسي لعدسة مقربة، تتقارب و تتجمع كل هذه الأشعة بعد خروجها في نقطة (F') من المحور الرئيسي تدعى المحرق الصوري الرئيسي، و يكون هذا المحرق حقيقيا.



إذا وضعنا منبعا ضوئيا نقطيا على المحور الرئيسي بحيث يكون مناظرا للمحرق الصوري (F') بالنسبة لمركز العدسة، فإن كل الأشعة الواردة إليها تخرج موازية لمحورها الرئيسي، تدعى هذه النقطة (الوحيدة) بالمحرق الجسمي الرئيسي، و هذا المحرق (F) حقيقي أيضا.



– البعد المحرفي للعدسة: هو المسافة الفاصلة بين المحرق (الصوري F' و الجسمي F) و المركز البصري (O) وكل عدسة تتميز ببُعدها المحرفي (f).

$$f=OF=OF'$$

#### النتيجة:

- كل شعاع وارد مواز للمحور الرئيسي يخرج من العدسة مارا بالمحرق الصوري (F').
- كل شعاع وارد يمر بالمحرق الجسمي الرئيسي يخرج من العدسة موازيا للمحور (F).
- كل شعاع وارد يمر بالمركز البصري (O)، يستمر في مساره بعد خروجه دون أن ينحرف.

## 5 - 3 - 2 - صورة جسم لعدسة مقربة:

الإشياء الهندسي للصور:

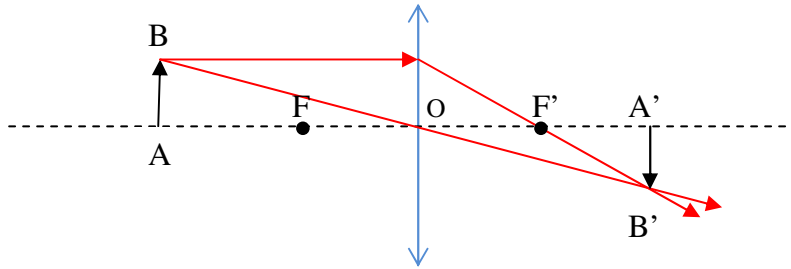
لرسم صورة جسم ما معطاة من طرف عدسة نستعمل خصائص الأشعة الواردة التي رأيناها سابقا و هي:

- كل شعاع وارد مواز للمحور الرئيسي يخرج من العدسة مارا بالمحرق الصوري ( $F'$ ).
  - كل شعاع وارد يمر بالمحرق الجسمي يخرج من العدسة موازيا للمحور ( $F$ ).
  - كل شعاع وارد يمر بالمركز البصري ( $O$ )، يستمر في مساره بعد خروجه دون أن ينحرف.
- و منه لرسم صورة الجسم المستوي الصغير ( $AB$ ) يكفي البحث عن وضعية صورة النقطة  $B$  أي ( $B'$ )، وبإسقاط هذه النقطة عموديا على المحور الرئيسي للعدسة في ( $A'$ ) نكون قد حصلنا على الصورة ( $A'B'$ ) للجسم ( $AB$ ).

### 1 = الجسم الحقيقي :

أ - الجسم يقع قبل المحرق الجسمي:

لتكن عدسة محرقها الجسمي ( $F$ ) و محرقها الصوري ( $F'$ )، نضع جسما حقيقيا ( $AB$ ) قبل المحرق الجسمي وعموديا على المحور الرئيسي. باستعمال خواص الأشعة الواردة الى العدسة المقربة، نلاحظ أن الشعاعين الخارجين من العدسة يتقاطعان في نقطة هي الصورة ( $B'$ ) للنقطة الجسمية ( $B$ ).



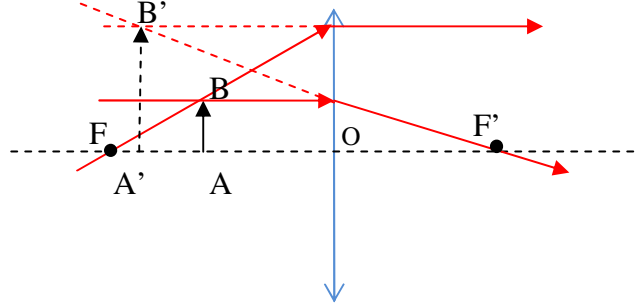
بإسقاط هذه النقطة عموديا على المحور الرئيسي نحصل على الصورة ( $A'B'$ ) و هي صورة الجسم ( $AB$ ).

نلاحظ أن الصورة ( $A'B'$ ) حقيقية و مقلوبة و واقعة بعد المستوي المحرق الصوري.

### خلاصة:

إذا وضعنا جسما حقيقيا ( $AB$ ) قبل المحرق الجسمي لعدسة مقربة فإن صورته ( $A'B'$ ) تكون حقيقية و مقلوبة بالنسبة للجسم ( $AB$ ) و واقعة بعد المحرق الصوري.

ب/ الجسم يقع بين المحرق الجسمي و العدسة:  
نضع جسما صغيرا (AB) بين المحرق الجسمي و العدسة.



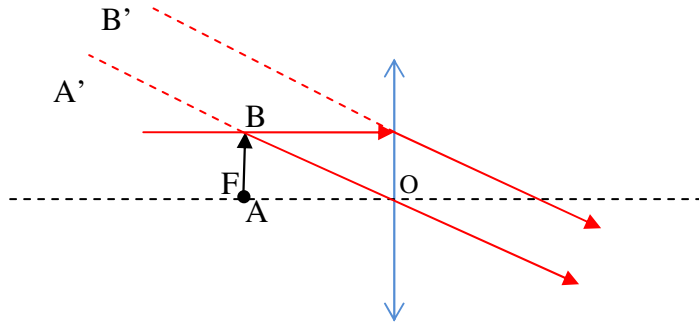
بإتباع نفس الخطوات السابقة، نلاحظ أن الشعاعين الحقيقيين الخارجين بعد العدسة لا يتقاطعان، ولكن امتداديهما يتقاطعان في نقطة (B') و بالتالي يبدو الشعاعان و كأنهما صادران عن النقطة (B') و عليه تكون الصورة (A'B') وهمية و يرسم الشعاع الممثل لها بخطوط منقطعة للدلالة على ذلك.

#### خلاصة:

عندما يقع الجسم الحقيقي بين المحرق الجسمي و العدسة المقربة فإنه تتشكل له صورة وهمية و غير مقلوبة و في نفس جهة الجسم الحقيقي بالنسبة لعدسة و أكبر منه دائما.

#### ج/ الجسم الحقيقي يقع في المحرق الجسمي:

نضع جسما صغيرا (AB) في المحرق الجسمي لعدسة مقربة (تكون A منطبقة على F).  
لإيجاد الصورة (A'B') للجسم (AB) نستعمل خصائص الأشعة المذكورة سابقا.



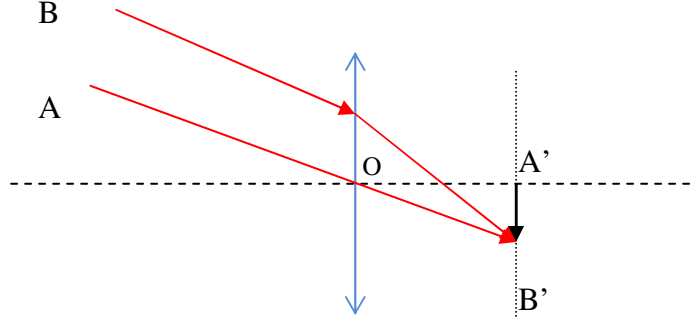
نلاحظ أن الأشعة الخارجة من العدسة لا تتقاطع .  
كما نلاحظ ان امتداداتها متوازية و لا تتقاطع و عليه تكون الصورة (A'B') في اللانهاية.  
سيرى المشاهد صورة الجسم بعيدة و غير مقلوبة و تبدو الأشعة الخارجة من العدسة كأنها صادرة من الصورة و بالتالي تكون الصورة (A'B') وهمية و هي غير مقلوبة.

#### خلاصة:

تقع صورة جسم موضوع في المحرق الجسمي في اللانهاية، و هي وهمية و غير مقلوبة.

## د/ الجسم يقع في اللانهاية:

الأشعة الصادرة من الجسم الموجود في اللانهاية والتي ترد متوازية تسقط على العدسة لتخرج منها فتلتقي في المحرق الصوري الثاني ( $F'$ ) والذي يكون منطبقا على ( $B'$ ).



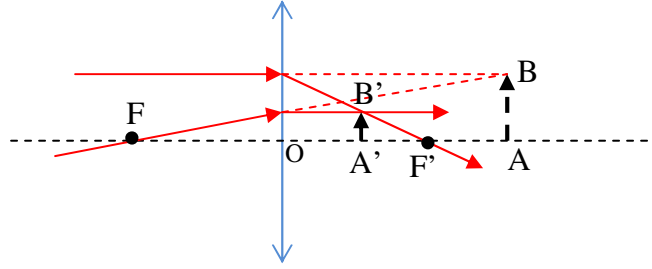
و منه تكون صورة الجسم الموجود في اللانهاية واقعة في المستوي المحرق الصوري.

## خلاصة:

تقع صورة الجسم الموجود في اللانهاية في المحرق الصوري و هي حقيقية و مقلوبة.

## 2/ الجسم وهمي:

رأينا سابقا أن في جملة ضوئية يكون الجسم وهميا عندما تتقارب امتدادات الأشعة الضوئية الواردة على الجملة إليه، الجملة الضوئية هنا هي عدسة مقربة. نعتبر إذا جسما وهميا ( $AB$ ) موضوعا كما في الشكل التالي:



– بتطبيق خواص الأشعة الضوئية الواردة إلى العدسة نجد أن الأشعة التي تتقارب امتداداتها إلى ( $B$ ) تتقاطع فعلا في نقطة واحدة ( $B'$ ) وهي صورة ( $B$ ). بإسقاط هذه النقطة على المحور الرئيسي نحصل على الصورة ( $A'B'$ ) للجسم الوهمي ( $AB$ ). نلاحظ أن ( $A'B'$ ) صورة حقيقية و هي غير مقلوبة و واقعة بين العدسة و المحرق الصوري و هي أصغر دوما من الجسم ( $AB$ ).

## كيف نحصل على جسم وهمي عمليا:

نضع جسما حقيقيا ( $AB$ ) أمام عدسة ( $L_1$ ) فيتشكل له صورة حقيقية ( $A_1B_1$ ) مقلوبة في الجهة الأخرى للعدسة، نضع عدسة ثانية ( $L_2$ ) بين الصورة و العدسة الأولى ( $L_1$ ) تعترض الأشعة الضوئية الخارجة من ( $L_1$ ) فلا تصل إلى ( $A_1B_1$ ) فتصبح الصورة ( $A_1B_1$ ) الحقيقية جسما وهميا ( $A_1B_1$ ) بالنسبة للعدسة ( $L_2$ ).

### 5-3-3 - قوانين العدسات ال:

#### أ- قانون البعد المحرقى:

رأينا سابقا أن العدسة تتميز ببعدھا المحرقى (f) و أن هذا البعد المحرقى هو الذى يعطى قوة العدسة. إن البعد المحرقى مرتبط بالمادة التى صنعت منها العدسة أى قرينتى الانكسار للوسط الخارجى و العدسة من جهة و شكل العدسة أى بالضبط بنصفى قطرى الانحناء (التقوس) لوجهى العدسة أخرى من جهة. فيكون البعد المحرقى لعدسة ذات قرنية انكسار  $n_1$  موضوعة فى الهواء:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \quad (1-5)$$

و هو ما يدعى بـ ( قانون صانع العدسات).

لتحديد إشارة نصف قطر الانحناء نتبع المصطلحات التالية:

- إذا كان السطح محدبا فإن R يكون موجبا ( $R > 0$ )
  - إذا كان السطح مقعرا فإن R يكون سالبا ( $R < 0$ )
  - إذا كان السطح مستوي فإن R يكون لا نهائى ( $R = \infty$ )
- يكون السطح محدبا إذا كان التحذب نحو خارج العدسة،  
ويكون السطح مقعرا إذا كان التحذب نحو داخل العدسة.

مثال:

عدسة محدبة الوجهين ذات قرينة انكسار  $n=1,5$  و نصفى قطرى التقوس هما  $R_1=0,1m$  و  $R_2=0,2m$ . أحسب بعدها المحرقى  
- العدسة فى الهواء:

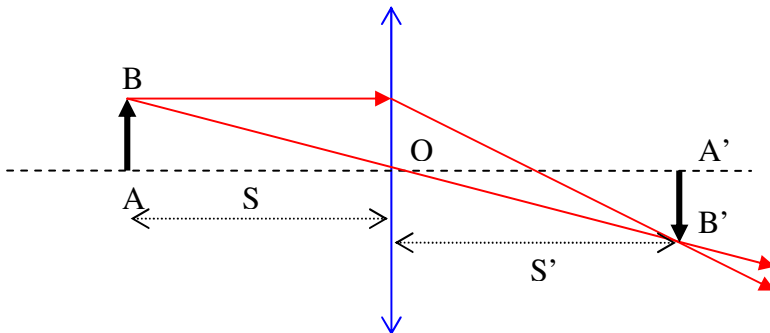
بتطبيق قانون صانع العدسات

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = (1,5-1)\left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,2}\right)$$

نجد:  $f=0,133m$

#### ب - قانون ديكرت:

هذا القانون هو العلاقة الجبرية التى تعطى وضعية ونوع الصورة بمعرفة وضعية ونوع الجسم. ليكن الجسم (AB) موضوع أمام عدسة مقربة (L) قبل بعدها المحرقى الجسمى على مسافة (S) تتشكل له صورة (A'B') على بعد (S') كما هو مبين فى الشكل.





يعطى قانون ديكارت بالعلاقة العامة التالية:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}} \quad (2-5)$$

حيث  $S$ ،  $S'$  و  $f$  قيم جبرية (أي لكل قيمة إشارة).

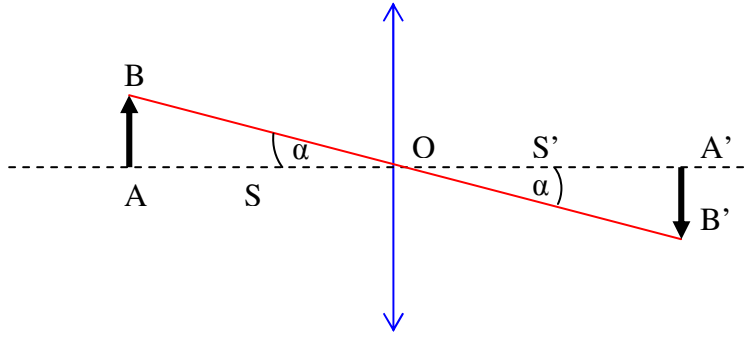
لتحديد إشارة كل مقدار نتبع المصطلحات التالية:

- إذا كان الجسم حقيقيا فان  $s$  تكون موجبة.
- إذا كان الجسم وهميا فان  $s$  تكون سالبة.
- إذا كانت الصورة حقيقية فان  $s'$  تكون موجبة.
- إذا كانت الصورة وهمية فان  $s'$  تكون سالبة.
- البعد المحرق  $f$  موجب دوماً لأن المحرقان حقيقيان بالنسبة للعدسة الرقيقة المقربة.

هذا القانون مهم لكونه يعطي لنا (دون رسم مسير الأشعة) وضعية و نوع الصورة (حقيقية أو وهمية) وذلك بمعرفة وضعية و نوع الجسم.

### ج - قانون التكبير:

تكبير عدسة ما هو نسبة طولي الصورة والجسم. و نرمز له بالرمز ( $m$ ).



$$m = \frac{|AB|}{|A'B'|} = \frac{h'}{h}$$

$$\text{من الشكل: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{OA} = \frac{A'B'}{OA'}$$

$$m = \frac{|S'|}{|S|} \quad \text{و منه التكبير:}$$

وهو أيضا نسبة بعدي الصورة والجسم عن العدسة..

لكي تصبح هذه العلاقة صالحة لكل حالة نتبع المصطلحات التالية:

- إذا كان التكبير  $m$  موجبا، تكون الصورة غير مقلوبة بالنسبة للجسم.
- إذا كان التكبير  $m$  سالبا، تكون الصورة مقلوبة.

$$\boxed{m = -\frac{S'}{S}} \quad (3-5)$$

و لذا نكتب علاقة التكبير كالتالي:

وهي بهذا الشكل صالحة لكل الحالات و لكل العدسات.

مثال:

وضع جسم حقيقي AB طوله 10 سم عموديا على المحور الرئيسي لعدسة رقيقة مقربة بعدها المحرقي 20 سم على بعد 50 سم من العدسة.  
-أوجد موضع و طبيعة و جهة و تكبير الصورة هذا الجسم.

الحل:

نطبق قانون ديكارت:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

بما أن الجسم حقيقي  $S=+50\text{cm}$

— حساب  $S'$  بعد الصورة عن العدسة:

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{1}{20} - \frac{1}{50} = \frac{3}{100}$$
$$S' = +33,3\text{cm}$$

نلاحظ أن  $S'$  موجبة و عليه فإن الصورة حقيقية.

— حساب تكبير العدسة:

$$m = -\frac{S'}{S} = -\frac{33,3}{50} = -0,67$$

بما أن التكبير  $m$  سالب فإن الصورة مقلوبة.

— حساب طول الصورة:

$$m = \frac{|AB|}{|A'B'|} = \frac{h'}{h} \Rightarrow h' = mh = (0,67)(10) \Rightarrow h = 6,7\text{cm}.$$

ملاحظة:

عند حساب طول الصورة يجب أن نأخذ القيمة المطلقة للتكبير.

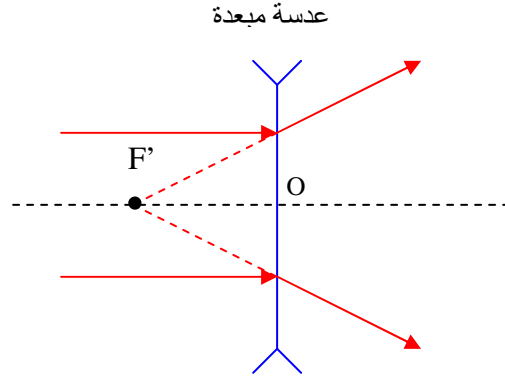
## 5 - 4 - العدسات الرقيقة المبعدة:

العدسات المبعدة هي عدسات غليظة الحافة، و هي تسبب في ابتعاد الأشعة الخارجة منها عن محورها الرئيسي. و لها خصائص مشابهة للعدسات المقربة فيما يخص:  
- شروط الحصول على صورة واضحة.  
- المركز البصري و المحور الرئيسي إلخ....  
فهي لا تختلف عن العدسات الرقيقة المقربة إلا من حيث المحارق .

### 5 - 4 - 1- المحارق:

أ/المحرق الصوري:

إذا وردت أشعة موازية للمحور الرئيسي لعدسة مبعدة فنلاحظ أن الأشعة الخارجة منها تتباعد(تبتعد عن المحور الرئيسي) و أن امتداداتها تلتقي كلها في نقطة واحدة و هي المحرق الصوري ( $F'$ ) و هو وهمي(لأن الأشعة لا تلتقي حقيقة عنده) أي أن الحزمة الضوئية و هي خارجة من العدسة تبدو كأنها آتية من ( $F'$ ).

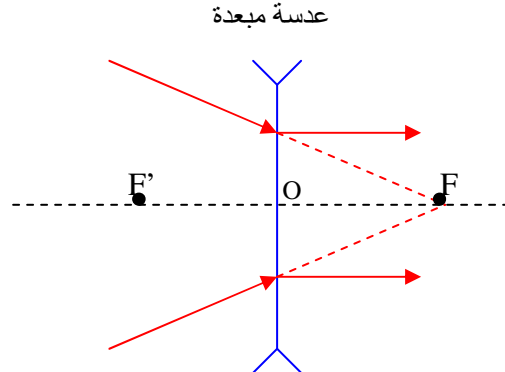


ملاحظة هامة:

نلاحظ أن المحرق الصوري في جهة الأشعة الواردة إلى العدسة وهذا عكس ما رأيناه في العدسات المقربة.

ب/المحرق الجسمي:

لنكن نقطة ( $F$ ) نظيرة النقطة ( $F'$ ) بالنسبة للمركز البصري ( $O$ ) و على المحور الرئيسي، نسقط أشعة على العدسة بحيث تلتقي امتداداتها كلها في النقطة ( $F$ ) المذكورة، فنلاحظ أن كل هذه الأشعة تخرج موازية للمحور الرئيسي للعدسة، و بالتالي تمثل ( $F$ ) المحرق الجسمي للعدسة و هو وهمي كذلك.



ملاحظة هامة:

المحرق الجسمي لعدسة مبعدة دائما في جهة الأشعة الخارجة من العدسة عكس ما رأيناه في العدسة المقربة و هو وهمي.

### خلاصة:

- كل شعاع وارد مواز للمحور الرئيسي لعدسة مبعدة يخرج منها وكأنه أت من محرقها الصوري ( $F'$ ).
- كل شعاع وارد على عدسة مبعدة بحيث امتداده يمر بالمحرق الجسمي ( $F$ ) يخرج موازيا لمحورها الرئيسي.

### ج/البعد المحرقي:

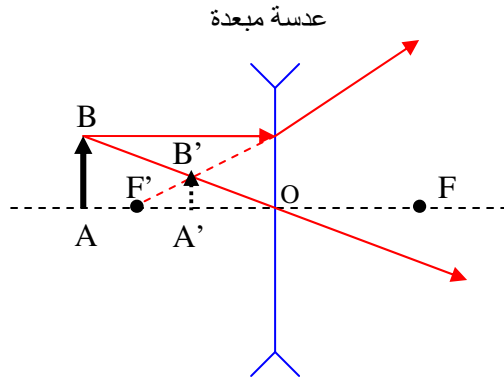
البعد المحرقي هو بعد المحرق عن المركز البصري.  $f=OF=OF'$   
و بما أن المحرقين وهميان فإن البعد المحرقي لعدسة مبعدة سالب.

### 5 – 4 – 2 رسم الصورة هندسيا:

- لرسم صورة جسم بواسطة عدسة مبعدة نستعمل خصائص العدسات المبعدة:
- كل شعاع ضوئي وارد يمر من مركزها البصري لا يحدث له أي انحراف.
- كل شعاع ضوئي وارد يوازي المحور الرئيسي يخرج من العدسة كأنه أت من محرقها الصوري ( $F'$ ).
- كل شعاع وارد بحيث يمر امتداده بالمحرق الجسمي ( $F$ ) يخرج منها موازيا لمحورها الرئيسي.

### أ/الجسم حقيقي:

ليكن ( $AB$ ) جسما حقيقيا موضوع قبل المحرق الصوري ( $F'$ ) لعدسة مبعدة ( $L$ )، لرسم صورة هذا الجسم نطبق خصائص الأشعة الواردة .

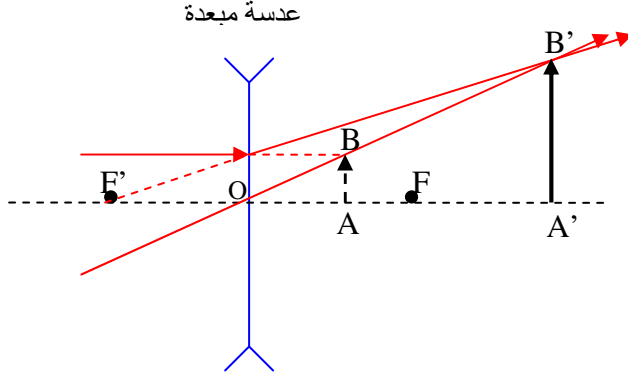


نلاحظ أن امتدادات الأشعة الخارجة تلتقي كلها في النقطة ( $B'$ ) صورة ( $B$ ) و بإسقاط ( $B'$ ) على المحور الرئيسي في ( $A'$ ) نجد الصورة ( $A'B'$ ) للجسم ( $AB$ ) و هي صورة وهمية غير مقلوبة و أصغر من الجسم و تقع بين المحرق الصوري ( $F'$ ) و العدسة ( $L$ ).

ب/الجسم وهمي:

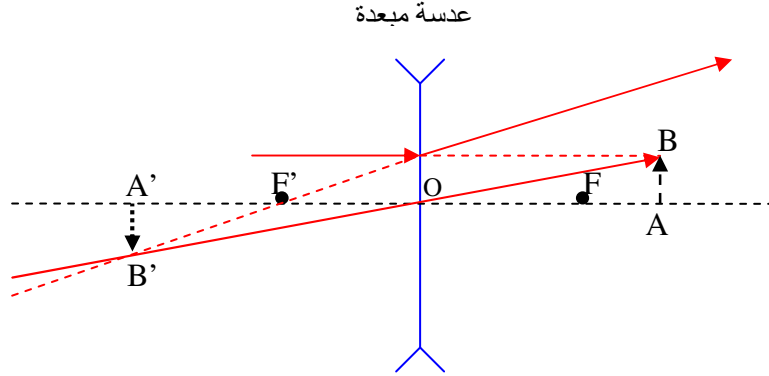
1/الجسم واقع بين العدسة و المحرق الجسمي:

نفرض جسما حقيقيا (AB) كما في الشكل. باستعمال خصائص الأشعة الواردة بالنسبة للعدسات المبعدة،



نجد أن صورة حقيقية وغير مقلوبة بالنسبة للجسم الوهمي (AB) و هي أكبر منه.

2/ الجسم الوهمي واقع بعد المحرق الجسمي:



في هذه الحالة نجد أن الصورة (A'B') وهمية و مقلوبة و موجودة بعد المحرق الجسمي للعدسة .

**3- 4- 5- قانون العدسات المبعدة :**

يبقى القانونان السابقان :

قانون ديكارت :  $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$  و قانون التكبير ( نيوتن ) :  $m = -\frac{S'}{S}$

صالحان للعدسات المبعدة مع مراعاة الإشارة السالبة للبعد المحرقي (f).

مثال:

جسم حقيقي طوله 4cm موضوع على بعد 64cm من عدسة مبعده بعدها المحرقي 16cm. أوجد موضع و طبيعة وتكبير صورة هذا الجسم .

الحل:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

من العلاقة

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s} = \frac{1}{(-16)} - \frac{1}{64} \Rightarrow s' = -12,8cm$$

نحسب S' :

بما أن S' سالبة فان الصورة وهمية.

– لحساب طول الصورة، نحسب أولا التكبير من العلاقة

$$m = -\frac{S'}{S}$$

نجد:  $m = +0,2$

بما أن m موجبة فان الصورة غير مقلوبة.

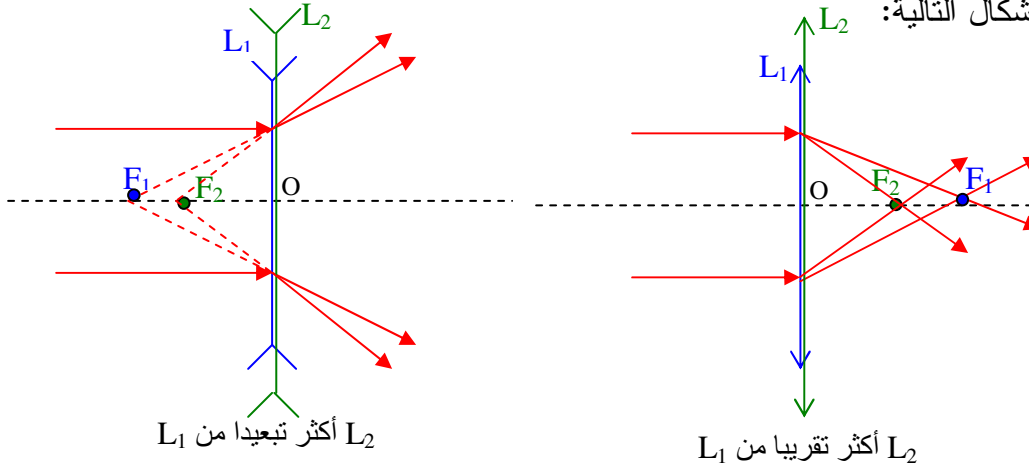
– نحسب الآن طول الصورة

$$m = \frac{h'}{h} \Rightarrow h' = mh = (0,2)(4)$$

نلاحظ أن الصورة أصغر من الجسم.  $\Rightarrow h' = 0,8cm$

## 5 – 5 – تقريب وتجميع العدسات:

5 – 5 – 1 – مبدأ التقريب : تكون للعدسات المقربة أكثر تقريبا للحزمة الضوئية كلما كان بعدها المحرقي (f) صغيرا. وكذلك في العدسات المبعده، كلما كان البعد المحرقي (f) صغيرا كانت العدسة أكثر تبعيذا، كما توضح الأشكال التالية:



من هنا نعرف تقريب عدسة أو قوة عدسة بمقدار جبري يميز العدسة و يرمز لها بالرمز ( C ) و هو يساوي مقلوب البعد المحرقي:

$$C = \frac{1}{f} \quad (4-5)$$

و تكون إشارتها مثل إشارة البعد المحرقي:

• فتكون موجبة بالنسبة للعدسات المقربة.

• و سالبة بالنسبة للعدسات المبعده.

– وحدة التقريب أو القوة هي الكسيرة أو الديوبتري ( Dioptrie ) و الكسيرة  $= 1m^{-1}$ .

## 5 - 5 - 2 - عبارة قوة عدسة:

تعطى عبارة قوة أي عدسة موضوعة في الهواء بالعلاقة التالية:

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

مع احترام المصطلحات التي رأيناها سابقا (بالنسبة لإشارة  $R_1$  و  $R_2$ ).

مثال:

أحسب البعد المحرقي لعدسة تقريبا هو  $C = -5 \text{ Diop}$ ، و ما نوع هذه العدسة؟.

– البعد المحرقي للعدسة:

$$C = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{C} = \frac{1}{(-5)}$$

– نوع العدسة:  $C = -20 \text{ cm}$  و منه العدسة مبعدة.

## 5 - 5 - 3 - تجميع العدسات:

نلصق عدستين ريفقتين مقربتين ( $L_1$ ) و ( $L_2$ ) بعدهما المحرقيان هما على الترتيب  $f_1$  و  $f_2$  لهما نفس المركز البصري.

– نفرض جسما حقيقيا ( $AB$ ) موجودا على المحور المشترك للعدستين و الذي تتشكل له صورة حقيقية

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s} \rightarrow (1)$$

لكن عندما نضع العدسة ( $L_2$ ) خلف العدسة ( $L_1$ ) فإن الصورة الحقيقية ( $A_1B_1$ ) تصبح جسما وهميا بعده عن العدسة ( $L_2$ ) هو ( $-s'_1$ ).

بتطبيق قانون ديكرات على ( $L_2$ ) نجد:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{-s'_1} + \frac{1}{s'} \rightarrow (2)$$

و بجمع العلاقتين (1) و (2) طرفا إلى طرف ينتج:

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

ف نجد علاقة ديكرات بالنسبة إلى الجملة المكونة من العدستين ( $L_1, L_2$ ):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

و بالتالي فإن الجملة ( $L_1, L_2$ ) تكافئ عدسة واحدة بعدها المحرقي هو ( $f$ ) بحيث:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

و بالتالي تكون قوة العدسة المكافئة للجملة:

$$C = C_1 + C_2 \quad (5-5)$$

ملاحظة:

يمكن لنا أن نعمم هذه العلاقة بحيث إذا جمعنا عدة عدسات فإن هذه المجموعة تكافئ عدسة واحدة

$$C=C_1+C_2+C_3+\dots$$

قوتها: أما نوع العدسة المكافئة فيتعلق بإشارة (C).

– C موجبة، العدسة مقربة.

– C سالبة، العدسة مبعدة.

مثال:

نلصق عدسة مقربة تقربها 4 كسيرة بعدسة ثانية مبعدة تقربها 6 كسيرة،  
أحسب تقريب العدسة المكافئة و استنتج طبيعتها و بعدها المحرقي.

الحل:

لدينا قوة العدسة الأولى  $C_1=4D$  و قوة العدسة الثانية  $C_2=-6D$

فتكون قوة العدسة المكافئة

$$C=C_1+C_2$$

$$C=4-6=-2D$$

بما أن C سالبة فإن العدسة المكافئة مبعدة.

بعدها المحرقي:

$$f = \frac{1}{C} = \frac{1}{-2} \Rightarrow f = -50cm$$

## تمارين على العدسات الرقيقة

**تمرين 1:**

عدسة أحد وجهيها مستو و الآخر محدب بعدها المحرقي 30cm و قرينة انكسار مادتها 1,6.  
-أوجد نصف قطر تقوس الوجه المحدب.

**تمرين 2:**

عدسة محدبة الوجهين نصف قطر تقوس كل من سطحيهما 20 cm و معامل انكسار الزجاج  
المصنوعة منه  $n=1,5$ .  
-احسب البعد المحرقي للعدسة.

**تمرين 3:**

احسب البعد المحرقي لعدسة مقربة و كذا موضعها عندما يكون لجسم صورة وهمية مكبرة 4 مرات على حاجز  
يبعد 10m عن العدسة.

**تمرين 4:**

عدسة محدبة الوجهين نصف قطرهما 18cm و 20cm. تكونت من خلالها صورة حقيقية في الجانب  
الأخر من العدسة على بعد 32cm لجسم موضوع على بعد 24cm من العدسة.  
أ-أوجد البعد المحرقي للعدسة.  
ب- قرينة انكسار مادة العدسة.



### تمرين 5:

جسم طوله 8cm على بعد 30cm من عدسة مقربة بعدها المحرقي 15cm.  
-أوجد حسابيا موضع، طول وطبيعة الصورة ثم تأكد من النتائج هندسيا.

### تمرين 6:

البعد المحرقي لعدسة آلة تصوير هو +0,1m.  
ا- إذا ضبطت الآلة على طفل يبعد عن الآلة بمسافة 2m، على أي بعد يكون الشريط من العدسة؟  
ب- إذا كان طول الطفل 1m، ما هو طول صورته على الفيلم؟

### تمرين 7:

وضع جسم طوله 6mm على مسافة 12mm من عدسة بعدها المحرقي -24mm.  
عين (بطريقتين) وضعية وطول وطبيعة صورة هذا الجسم.

### تمرين 8:

عدستان متلاصقتان قوتاهما على الترتيب: 5 و 7 ديوبتر (كسيرة).  
- أوجد البعد المرقى للمنظومة.

### تمرين 9:

البعدان المحرقيان لعدستين متلاصقتين هما: 20cm و -50cm.  
- ما هي قوة العدسة المكافئة؟

### تمرين 10:

البعدان المحرقيان لعدستين متلامستين هما: 12cm و -30cm.  
- أوجد قوة المنظومة و بعدها المحرقي.

### تمرين 11:

نلصق عدسة بعدها المحرقي مجهول بعدسة بعدها المحرقي 20cm، فتعطي المجموعة المشكلة صورة حقيقية و مقلوبة لجسم على بعد 4m من و طول هذه الصورة يساوي طول الجسم .  
- أحسب تقريبا العدسة الأولى و بعدها المحرقي.

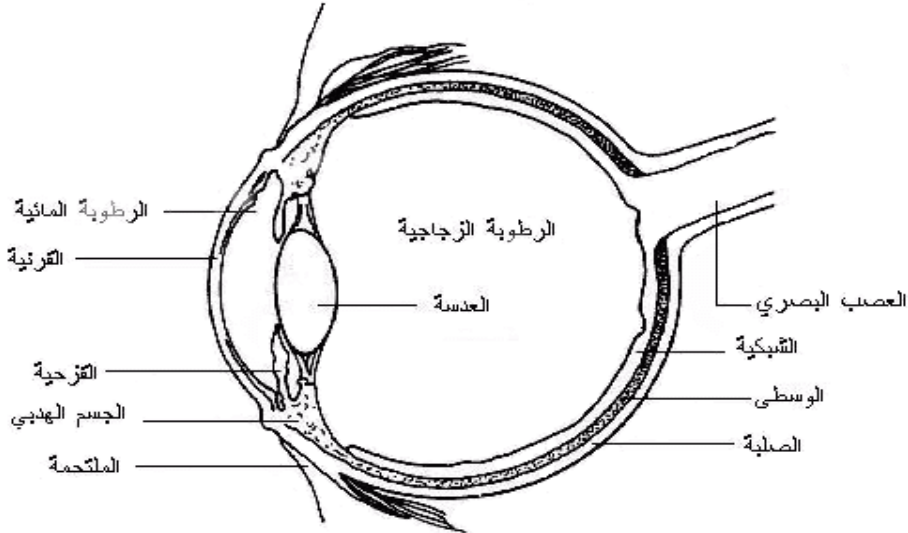
## 6 – تطبيقات العدسات

### 6 – 1 – العين:

العين جملة ضوئية معقدة، سنقتصر في دراستنا هذه على مبدأ الرؤية وكيفية تشكل الصورة و عيوب البصر و كيفية معالجتها.

### 6 – 1 – 1 – مبدأ الرؤية:

إن الضوء الوارد على العين يتحكم فيه ثقب البؤبؤ و الذي يتغير قطره ألياً(من 2 إلى 8 ملم) بواسطة الألياف العضلية القزحية.



يجتاز الضوء لدى سقوطه على العين الأوساط الشفافة الآتية بالترتيب:

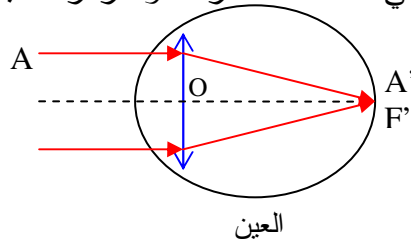
- القرنية الشفافة و قرينة انكسارها 1,37.
- ثم الخلط المائي(المرطوبية المائية) و قرينته 1,33.
- ثم الجسم البلوري و الذي يشكل عدسة العين حيث تتغير قرينته من 1,36 على محيط الجسم البلوري إلى 1,42 في مركزه.
- الخلط الزجاجي(المرطوبية الزجاجية).
- و في الأخير يصل الضوء إلى الشبكية حيث تتشكل صورة مقلوبة للجسم.
- وبعد ذلك تنتقل الانطباعات من الشبكية عن طريق العصب البصري إلى المخ الذي يعدل الصورة المقلوبة.

### 6 – 1 – 2 – إيجاد البعد المحرق للعين:

أثناء دراستنا للعدسة المقربة رأينا أن للجسم الحقيقي الموجود في اللانهاية صورة حقيقية مقلوبة تقع في المحرق الصوري.

إن العين السليمة يمكنها أن ترى بوضوح الأجسام البعيدة جدا(الشمس، القمر، النجوم.....) ، تعتبر الأجسام البعيدة جدا موجودة في اللانهاية و تتشكل لها صور واضحة في منطقة الشبكية.

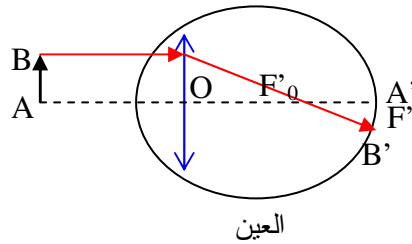
بما أن صور الأجسام تقع في منطقة الشبكية، إذن يمكن أن نعتبر العين في حالة الراحة عدسة مقربة محرقتها الصوري  $F'$  يقع على الشبكية و بالضبط في اللوحة الصفراء، و مركزها البصري هو المركز البصري للعين حيث بعدها المحرقي ( $f=15\text{mm}$ ).



المطابقة:

عندما يقترب الجسم من العين تراه أيضا، وهذا دليل على أن صورته موجودة على الشبكية، و هذا غير ممكن مع العدسات العادية.

فالعين تتميز بإمكانية تغيير بعدها المحرقي وذلك بتغيير نصفي قطري وجهي الجسم البلوري (العدسة) بحيث تبقى صورة الجسم في منطقة الشبكية (حتى يمكن رؤيته) رغم تقريب الجسم منها و لا يمكن ذلك إلا بتغيير البعد المحرقي حيث ينتقل المحرق  $F'$  إلى  $F'_0$  (قبل الشبكية).

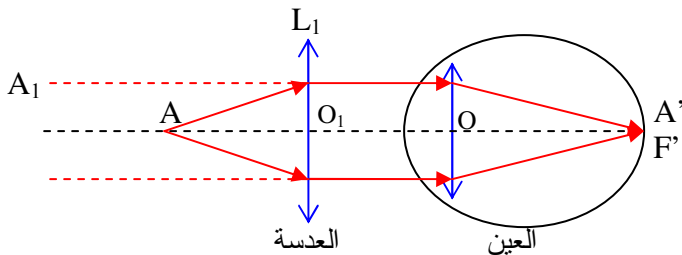


فنقول في هذه الحالة أن العين طابقت (تكيفت).

— للمطابقة حدود، فالعين لا يمكنها رؤية أجسام موجودة على مسافة صغيرة جدا بوضوح. فهناك ما يسمى المسافة الصغرى للرؤية الواضحة أو نقطة الكتب حيث لا يمكن للعين رؤية الجسم بوضوح على مسافة أقل من نقطة الكتب.

و تتغير نقطة الكتب مع سن الشخص، فعند الشخص ذو العين السليمة تنتقل هذه المسافة من 7سم عند الصبي إلى 25 سم في حدود 45 سنة من العمر. وعندما تصبح هذه المسافة أكبر من 25 سم نقول أن العين أصبحت قاذعة أي أصبحت غير قادرة على المطابقة بسبب ضعف العضلات التي توجه الجسم البلوري.

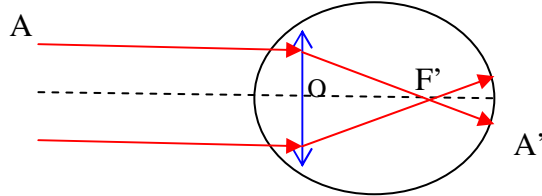
يعالج هذا العيب بوضع عدسة مقربة ( $L_1$ ) أمام العين بحيث تتمكن العين من رؤية الأجسام الموجودة على بعد 25 سم بوضوح بدون أن تحدث عملية المطابقة وبحيث تقع هذه الأجسام على محرق العدسة لتعطي صوراً وهمية في اللانهاية، تعتبر أجساماً بالنسبة للعين.



## 6 - 1 - 3 - عيوب البصر ومعالجتها :

### أ - العين الحسيرة :

قصر النظر أو الحسور من عيوب الرؤية الموجودة بكثرة عند الأشخاص ، وهو يرجع إلى كون الجسم البلوري محدودا أكثر منه في العين السليمة ، وبالتالي يكون أشد تقريبا ، بحيث يقع المحرق الصوري ( $F'$ ) أمام الشبكية و ليس على الشبكية لذا ترى الأجسام البعيدة غائمة فتكون عبارة عن بقعة صغيرة على الشبكية.

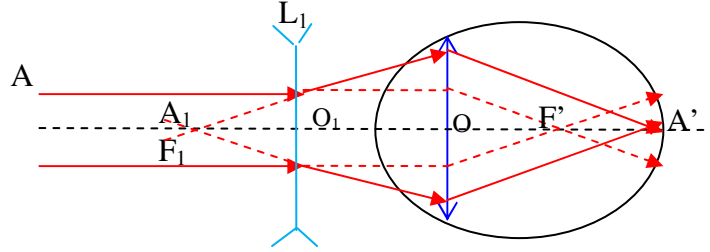


العين الحسيرة

يمكن للعين الحسيرة أن ترى بوضوح تام أجساما موجودة على مسافة معينة ( $L_0$ ) - تدعى البعد الأعظمي (أو نقطة المدى) - ، بحيث تكون صورة الجسم على الشبكية بدون مطابقة ولكنها لا تستطيع رؤية الأجسام إذا تعدت هذه المسافة.

تتراوح ( $L_0$ ) بين 10 سم بالنسبة للعين شديدة الحسور و بعض الأمتار للعين الأقل حسورا.

- **معالجة الحسور:** يعالج الحسور بتصحيح الرؤية و ذلك باستعمال عدسة مبعدة ( $L_1$ ) أمام العين محرقتها الصوري موجود على بعد نقطة المدى ( $L_0$ ) من مركز العين . و هكذا يمكن للعين الحسيرة أن ترى الأجسام البعيدة بوضوح.



معالجة العين الحسيرة

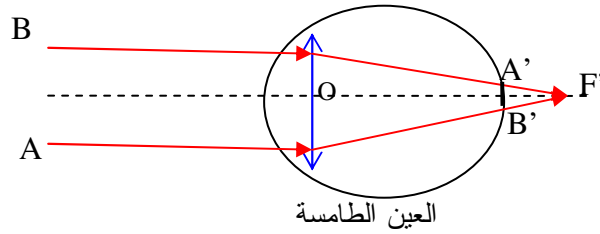
يتشكل للجسم البعيد ( $A$ ) صورة وهمية ( $A_1$ ) في المحرق الصوري العدسة ( $L_1$ ) ثم تخرج الأشعة الضوئية متباعدة نوعا ما، وبما أن العين حسيرة (فهي شديدة التقريب)، تتقارب الأشعة بواسطة الجسم البلوري ثم تلتقي في النقطة ( $A'$ ) على الشبكية التي تمثل صورة الجسم الموجود في اللانهاية.

### ملاحظات :

- ليس لكل عين حسيرة نفس نقطة المدى فهي تختلف من شخص إلى آخر.
- يمكن إيجاد عند نفس الشخص نقطة المدى لعينه اليمنى تختلف عن نقطة المدى لعينه اليسرى .

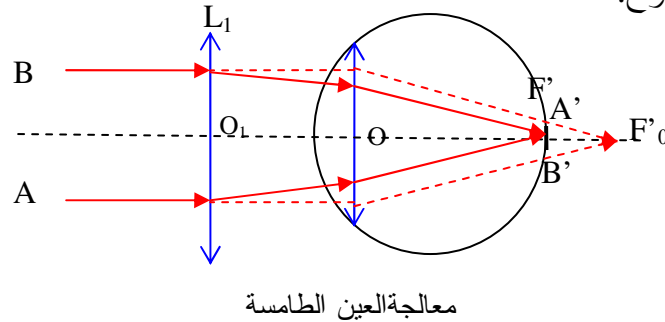
## ب – العين الطامسة:

إن الطمس هو العيب المعاكس لعيب الحسور وهو عيب أقل انتشارا بين الأشخاص من عيب الحسور. والعين الطامسة تكون أقل تقريبا من العين السليمة لذا يكون محرقها الصوري ( $F'$ ) خلف الشبكية وعليه لا ترى الجسم البعيد بوضوح، فالجسم ( $AB$ ) تراه العين كلطخة غير واضحة ( $A'B'$ ).



– العيب الأول للعين الطامسة هو لكي ترى الجسم ( $AB$ ) البعيد جدا وهي مرتاحة، عليها أن تقوم بعملية المطابقة (أي تغيير شكل الجسم البلوري) بواسطة العضلات التي تتحكم في ذلك و هذا متعب.  
– أما العيب الثاني للعين الطامسة فهي المسافة الأصغر للروية الواضحة (نقطة الكتب) حيث تكون أكبر من نقطة الكتب للعين السليمة، وبالتالي فلا يمكن رؤية الأجسام القريبة (كالقراءة، الكتابة، الخ.....) بدون تصحيح الرؤية.

– معالجة الطمس: تتم عملية التصحيح بوضع عدسة مقربة أمام العين الطامسة حتى تجعل المحرق الصوري للعين ( $F'$ ) ينتقل إلى الشبكية وتكون بذلك رؤية الأجسام البعيدة بدون عملية المطابقة كما يمكن رؤية الأجسام القريبة بوضوح.



ملاحظة: هناك بعض العيون لا يمكنها رؤية الأجسام البعيدة جدا ولا القريبة جدا، وبالتالي توصف لهم نظارات ثنائية المحرق.

### خلاصة:

– إصلاح الحسر و الطمس يتم باستعمال عدسة ينطبق محرقها الصوري علي نقطة المدى، أي أن قوة

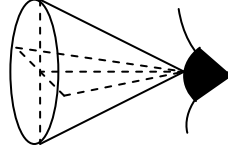
$$C = \frac{1}{\Delta} \quad (1-6) \quad \text{حيث } \Delta \text{ أو } L_0 \text{ نقطة المدى).}$$

- 1- من أجل عين حسيرة يجب استعمال عدسة مبعده تخفف من شدة تقريب العين ( $\Delta$  سالب).
- 2- من أجل عين طامسة يجب استعمال عدسة مقربة فتعدل ضعف تقريب العين ( $\Delta$  موجب).

## 6 - 1 - 4 - عناصر النظر في العين :

### أ - حقل 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 درجة من كل طرف المحور.



### ب - سعة المطابقة :

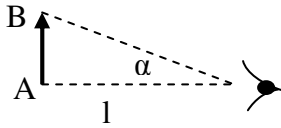
إذا رمزنا بـ  $\Delta$  للبعد الأعظمي و بـ  $\delta$  للبعد الأصغري للرؤية الواضحة (نقطة المدى ونقطة الكثب) فإننا نعرف سعة المطابقة A بالعلاقة:

$$A = \frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta} \quad (2-6) \quad \text{وهي تقاس بالكسيرة (ديوبتر).}$$

فسعة المطابقة قيمة ثابتة تقريبا من أجل أشخاص بعمر واحد رغم اختلاف  $\Delta$  و  $\delta$  من شخص لآخر. وهي تمثل قوة العدسة التي تعطي لنقطة الكثب صورة واقعة في نقطة المدى.

### ج - القوة الفاصلة للعين:

هي مدى قدرة التمييز بين خطوط قريبة جدا من بعضها (أو بين نقطتين)، فلكل عين سليمة قوة فاصلة تختلف من شخص لآخر، وفي المتوسط يمكن للعين السليمة أن تميز بين نقطتين (A و B) تفصلهما مسافة (1mm) عند النظر من بعد (2,5m). وبالتالي يمكن حساب القطر الظاهري للرؤية بالراديان:



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

فالقوة الفاصلة للعين العادية (السليمة) هي ( $\alpha=4.10^{-4} rd$ ).

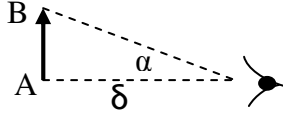
لنحسب الحد الأدنى للمسافة الفاصلة بين نقطتين يمكن للعين السليمة أن تميزها. رأينا سابقا أن أصغر مسافة يمكن للعين منها أن ترى جسما بوضوح هي (25cm) وهي نقطة الكثب ( $L_0$ ).

$$\alpha = \frac{|AB|}{L_0} \Rightarrow AB = \alpha.L_0 = (4.10^{-4})(25.10^{-2})$$

فتكون المسافة الفاصلة بين نقطتين للعين السليمة هي:  $AB = 0,1mm$

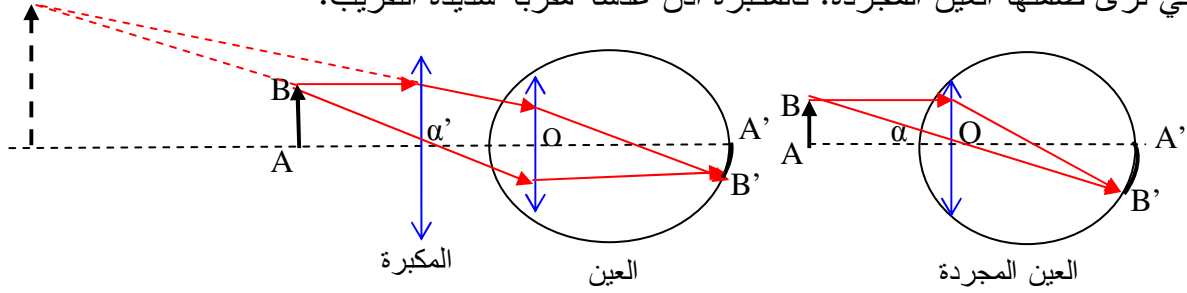
## 6 - 2 - المكبرة:

إذا أردنا أن نفحص تفاصيل الأجسام بالعين المجردة نقوم بتقريب الجسم من العين حتى يصل إلى نقطة الكتب على مسافة  $\delta$  ، فنراه ضمن أكبر زاوية ممكنة (القطر الظاهري).



$$\alpha = \frac{AB}{\delta} \quad (3-6)$$

غير أن العين المجردة لا تستطيع أن ترى دقائق الأشياء و عملية المطابقة متعبة جدا للعين. لذا يعتمد إلى استعمال آلة بصرية تدعى المكبرة، حيث يوضع الجسم المدروس بين المركز البصري للمكبرة و محرقتها الجسمي و بالتالي ترى العين صورة وهمية مكبرة ضمن زاوية  $\alpha'$  أكبر من الزاوية  $\alpha$  التي ترى ضمنها العين المجردة. فالمكبرة اذن عدسة مقربة شديدة التقريب.



وتتم عملية الإحكام أو الضبط بتحريك الجسم المدروس بين المركز البصري 0 و المحرق الجسمي F حتى تقع صورته في مجال الرؤية الواضحة. و من المستحسن أن يتم الإحكام على اللانهاية لتجنب المطابقة التي تسبب التعب للعين.

## 6 - 2 - 1 - استطاعة المكبرة:

تعرف استطاعة مكبرة بالقيمة المطلقة للنسبة  $\alpha$  على AB

$$P = \frac{\alpha}{AB} \quad (4-6)$$

حيث  $\alpha$  الزاوية التي ترى العين الجسم ضمنها من خلال المكبرة.

ومن هنا تتناسب الاستطاعة مع مكان العين الفاحصة ومكان الصورة بالنسبة للآلة . ونلاحظ أن الزاوية  $\alpha$  تتناسب مع طول الصورة المرتمسة على الشبكية. بحساب ظلال الزوايا والاستفادة من التكبير الخطي (m) يمكن حساب استطاعة المكبرة بدلالة (a) بعد العين عن المحرق الصوري و (d) بعد الصورة عن العين:

$$P = \frac{1}{f} \left(1 - \frac{a}{d}\right) \quad (5-6)$$

عندما تقع العين على المحرق الصوري ( a=0 ) أو عندما يكون الجسم موضوعا في المحرق الجسمي تكون صورة في اللانهاية (d = ∞) فنحصل على ما يسمى بالاستطاعة الذاتية للمكبرة.

$$P = \frac{1}{f} \quad (6-6)$$

وهي تساوي قوة المكبرة أو تقريبها وهذه الحالة تجنب أتعاب العين بالمطابقة أثناء استعمال المكبرة.

## 6 - 2 - 2 - التجسيم ( التضخيم ) :

– إذا كانت  $\alpha$  هي الزاوية التي نرى بها الجسم بالعين المجرة ( القطر الظاهري )  $\alpha'$  القطر الظاهري الذي نرى منه الجسم من خلال المكبرة نعرف التجسيم بالنسبة:

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad (7-6)$$

إذا كان الجسم قريبا فإن  $\alpha$  تمثل عندئذ القطر الظاهري للجسم وهو في نقطة الكتب للعين المجردة ( أي على مسافة  $\delta$  من العين ) فيكون:

$$\alpha = \frac{AB}{\delta}$$
$$G = P.AB \cdot \frac{\delta}{AB} \Rightarrow G = P \cdot \delta$$

وفي هذه الحالة يكون:

أي أن تجسيم الآلة التي نفحص بها أجساما قريبة يساوي جداء استطاعتها ( بالكسيرة ) بالبعد الأصغري للرؤية الواضحة بالعين المجردة ( بالمتر ) .  
ونعرف التجسيم الذاتي كالاستطاعة الذاتية

$$G = \frac{\delta}{f} \quad (8-6)$$

عند العين السليمة ( $\delta=25\text{cm}$ ) ومنه:

$$G = \frac{0,25}{f}$$

ويمكن تجاريا مقارنة المكبرات بقيمة تجسيمها و يدعى (التجسيم التجاري).  
 $G = \frac{P}{4}$  (9-6)

مثال:

استعمل شخص مكبرة ذات بعد محرقى ( $f=0,1\text{m}$ ) لمشاهدة تفاصيل طابع بريدي .  
ماهو التجسيم المعطى من طرف هذه المكبرة .

$$G = \frac{0,25}{f} = \frac{0,25}{0,1} = 2,5$$

تمكننا هذه المكبرة بمشاهدة التفاصيل 2,5 مرة أدق من العين المجردة.

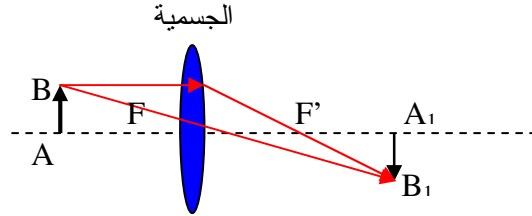


### 6 - 3 - المجهر :

المجهر آلة بصرية يستعمل لفحص الأجسام الصغيرة جدا ( من رتبة  $1\mu$  ). فهو لا يختلف عن المكبرة في مبدئه. يتشكل للجسم المنظور صورة وهمية تفحصها العين بحيث يكون القطر الظاهري كبيرا كفاية. لذا نستعمل جملتين مقربتين متمحورتين توضعان في طرفي أنبوب معدني وهما الجسمية و العينية.

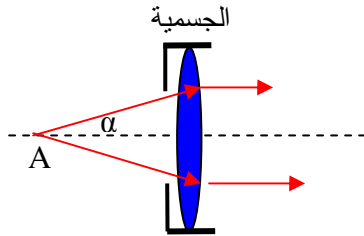
### 6 - 3 - 1 - الجسمية :

وهي عبارة عن عدسة مقربة ذات بعد محراقي صغير  $f$  ( يتراوح بين 13mm و 40mm ). يوضع الجسم الصغير (AB) على مسافة أبعد بقليل من محرقها الجسمي ( $f$ ) فتعطي له صورة حقيقية مقلوبة ومكبرة ( $A_1B_1$ ).



تعمل الجسمية بفتحة زاوية ( $\alpha$ ) ويطلق على الكمية ( $a$ ) اسم الفتحة العددية للجسمية.

$$a = n \sin \alpha \quad (10-6)$$

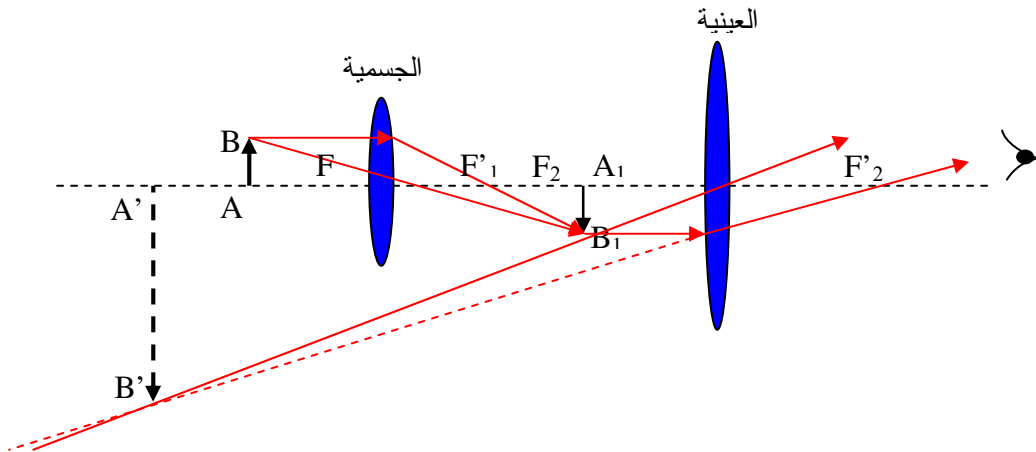


( حيث  $n$  قرينة انكسار الوسط الفاصل بين الجسمية و الجسم )

وهذه الكمية دورا كبيرا في مزايا المجهر .

### 6 - 3 - 2 - العينية :

وهي جملة مقربة أيضا ويتراوح بعدها المحراقي  $f_2$  ( بين 13mm و 42mm ) وتعمل كمكبرة للصورة ( $A_1B_1$ ) التي تلعب دور جسم بالنسبة لها، فتشكل له صورة وهمية ( $A'B'$ ) وهي الصورة النهائية للجسم (AB) في المجهر وتراها العين ضمن زاوية ( $\theta'$ ).



### 6 - 3 - 3 - استطاعة المجهر وتجسيمه:

يمكن أن توضع استطاعة المجهر على الشكل التالي:

$$P = \frac{\theta'}{AB} = \frac{\theta'}{A_1B_1} \times \frac{A_1B_1}{AB}$$

$$\boxed{P = m_1 \cdot P_2} \quad (11-6)$$

نلاحظ أن استطاعة المجهر تساوي حاصل جداء تكبير الجسمية ( $m_1$ ) باستطاعة العينة ( $P_2$ ). أما تجسيم المجهر:

$$G = P \cdot \delta = m_1 P_2 \cdot \delta$$

فإذا رمزنا بـ  $G_2$  لـ ( $P_2 \delta$ ) تجسيم العينية فإننا نحصل على تجسيم المجهر ( $G$ ):

$$\boxed{G = m_1 G_2} \quad (12-6)$$

و بهذا يكون تجسيم المجهر يساوي حاصل جداء تكبير الجسمية (عدسة مقربة) بتجسيم العينية (مكبرة).

### الإحكام (الضبط) على اللانهاية:

عمليا يستخدم المجهر لفحص الأجسام الصغيرة جدا (لمدة صغيرة) دون إلتعاب بالمطابقة، مما يقتضي أن تقع الصورة في اللانهاية، و لتحقيق ذلك يجب أن يقع ( $A_1B_1$ ) في المحرق الجسمي للعينية و تصبح الأشعة الخارجة من المجهر كلها متوازية و ترى العين الصورة ( $A'B'$ ) أيأ كان مكانها ضمن الزاوية:

$$\theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$$

عندئذ تعمل العينية باستطاعتها الذاتية و يرمز لها بالرمز ( $P_{i2}$ ).

$$P_{i2} = \frac{1}{f'_2}$$

و إذا رمزنا إلى المجال البصري بين الجسمية و العينية بـ  $\Delta = F'_1 F_2$  فإننا نجد:

$$\boxed{m_1 = \frac{\Delta}{f'_1}} \quad (13-6) \quad \text{و منه} \quad m_1 = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{\Delta}{f'_1}$$

و نجد في الأخير أن استطاعة المجهر في حالة الإحكام (الضبط) على اللانهاية تساوي:

$$\boxed{P_i = \frac{\Delta}{f'_1 f'_2}} \quad (14-6) \quad \text{و منه} \quad P_i = m_1 P_2$$

### ملاحظات:

1/ نلاحظ أن المقادير الهندسية التي تعين المجهر هي:

– من ناحية الجسمية تكبيرها ( $m$ ).

– و من ناحية العينية تجسيمها ( $G$ ).

لذا يلجأ صانعو المجاهر عادة إلى حفر القيمة ( $m_1$ ) على أنبوب الجسمية و إلى حفر قيمة التجسيم التجاري للعينية ( $G_{c2}$ ) على أنبوب العينية.

$$G_{c2} = \frac{P_2}{4} \quad (15-6)$$

2/ يمكن أن نستنتج أن المجهر بأكمله عبارة عن جملة مبعده بعدها المحرقي  $f$  محسوب من العلاقة:

$$f = -\frac{f_1 f_2}{\Delta} \quad (16-6)$$

و يقع المحرق الجسمي  $F$  قريب جدا من المحرق الجسمي  $F_1$  للجسمية، و المحرق الصوري  $F'$  قريب جدا من المحرق الصوري  $F'_2$  للعينية.

3/ يباع المجهر حسب الطلب مع عينتين مختلفتين أو أكثر أو جسميتين أو أكثر مما يسمح بالحصول على أربع قيم للتجسيم على الأقل.

مثال:

مجهر مجهز بجسمية بعدها المحرقي  $0,4\text{cm}$  و عينية بعدها المحرقي  $3,2\text{cm}$ .  
تبعد الصورة المشكلة من طرف الجسمية عنها بمسافة  $0,2\text{m}$ .  
أ/ أين يقع الجسم المفحوص؟  
ب/ أحسب التجسيم.  
ج/ ما هي أصغر مسافة بين نقطتين متجاورتين يمكن لهذا المجهر التمييز بينهما؟

الحل:

أ/ باستعمال علاقة العدسات الرقيقة نجد المسافة بين الجسم والجسمية:

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1} \Rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{0,2} \Rightarrow s_1 = 4,08\text{mm}$$

أي أن الجسم قريب جدا من المحرق الجسمي.

ب/ تجسيم هذا المجهر :

$$G = m_1 \cdot G_2 = \frac{-s'_1}{s_1} \times \frac{0,25}{f_2} = \frac{-s'_1}{f_1} \times \frac{0,25}{f_2} = \frac{-(0,2)(0,25)}{(4 \cdot 10^{-3})(3,2 \cdot 10^{-3})} \Rightarrow G = -391$$

الإشارة السالبة تدل على أن الصورة مقلوبة.

ج/ أصغر مسافة بين نقطتين يميزها المجهر :

رأينا سبقا أن أصغر مسافة تميزها العين المجردة هي ( $0.1 \text{ mm}$ ) وبما أن التجسيم يساوي تقريبا 400 فإن هذا المجهر يستطيع أن يميز بين نقطتين المسافة الفاصلة بينهما 400 مرة أصغر من المسافة الفاصلة بالعين المجردة وعليه فإن المسافة الفاصلة تكون

$$AB = \frac{10^{-4}}{400} = 250 \cdot 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow AB = 250 \text{ nm}$$

## تمارين على تطبيقات العدسات

### تمرين 1:

- توجد شبكية العين العادية على بعد 16cm من المركز البصري.  
1/ ما هي قوة العين في حالة الراحة؟  
2/ ما هي قوة هذه العين عندما تنهياً لرؤية جسم على بعد 25 cm ؟

### تمرين 2:

- شخص مصاب بالحسر لا يستطيع أن يرى الأشياء ما لم تكن في مدى 2m من عينيه.  
- ما هو البعد المحرقي التقريبي لعدسة تمكنه من رؤية الأجسام البعيدة؟

### تمرين 3:

- شخص قصير النظر لا يستطيع رؤية الأشياء عندما تكون على بعد أكبر من 80 cm من عينيه.  
- ما هي قوة العدسة التي تمكنه من رؤية الأجسام البعيدة بوضوح؟

### تمرين 4:

- يضع رجل نظارات قوتها 3 ديوبتر و لا يستطيع قراءة صحيفة ما لم تكن على بعد 25cm على الأقل من عينيه كي يرى الطباعة بوضوح.  
- على أية مسافة يجب أن تكون الصحيفة إذا رغب هذا الشخص مشاهدتها بوضوح و بدون استخدام النظارات؟

### تمرين 5:

- شخص بعيد النظر لا يستطيع رؤية الأجسام بوضوح عندما تكون على بعد اقل من 75cm من العين.  
- أحسب قوة عدسة النظارة التي تمكنه من القراءة على بعد 25cm.

### تمرين 6:

- أصبحت عين عادية تعاني قليلا من القمع فابتعدت نقطة كئبها من 25cm إلى 50cm.  
1/ ما هي العدسة التي تسمح بالرؤية على بعد 25cm بدون مطابقة؟  
2/ ما هو مجال الرؤية الواضحة للعين المجهزة بهذه العدسة؟

### تمرين 7:

- يمكن للعين القاصرة أن ترى بدون مطابقة أجساما واقعة على بعد 12cm تساوي قوتها عندئذ 62,5 ديوبتر.  
1/ احسب بعد الشبكية عن المركز البصري.  
2/ في حالة المطابقة تصبح قوتها 67.5 ديوبتر.  
احسب المسافة الصغرى للرؤية الواضحة.  
3/ عين البعد المحرقي للعدسة التي تصحح العين القاصرة .

### تمرين 8:

- ما هي قوة النظارات لشخص تساوي نقطة مداه 5m ؟  
– حدد الصورة الوهمية لجسم يقع على بعد 2m أمام النظارات.

### تمرين 9:

كم تبعد شجرة ارتفاعها 25m إذا كان طول صورتها على الشبكية 1cm؟

### تمرين 10:

ما هو التكبير الزاوي لمكبرة بعدها المحرقي 5cm و تنتج صورة تبعد 25cm عن العين؟

### تمرين 11:

- يستعمل مشاهد مكبرة بعدها المحرقي 5cm.يمتد مجال الرؤية الواضحة لهذا المشاهد من 15cm إلى اللانهاية ويقع المركز البصري لعينه على المحرق الصوري للعدسة.  
1– ما هو مجال الإحكام للجملّة المكلفة من العين و المكبرة؟  
2– ما هي استطاعة المكبرة؟ و ما هو تجسيما؟

### تمرين 12:

مجهر صغير له الخصائص التالية: البعد المحرقي للجسمية (10mm)، البعد المحرقي للعينية (30mm)، المجال البصري (15cm). ضبط على اللانهاية.  
احسب :

- 1– الاستطاعة الذاتية والتجسيم التجاري لهذا المجهر.
- 2– المسافة بين الجسم و الجسمية.
- 3– تكبير الجسمية.
- 4– استطاعة و تجسيم العينية.

### تمرين 13:

- البعد المحرقي لجسمية مجهر 0,3cm والبعد المحرقي للعينية 2cm.  
أ – أين يجب أن تقع الصورة التي تشكلها الجسمية حتى تستطيع العينية أن تنتج صورة وهمية أمامها على مسافة 25cm؟  
ب – إذا كانت المسافة بين العدستين 20cm، ما هي المسافة الفاصلة بين الجسمية و الجسم على الشريحة؟  
ج – ما هو التكبير الكلي للمجهر؟  
د – على أية مسافة يجب أن نضع الجسم من عدسة مفردة تعطي لنا نفس التكبير؟ احسب بعدها المحرقي.

### تمرين 14:

- يصمم مجهر تشريح بحيث يكون البعد  $s_1$  بين الجسم و الجسمية كبيرا. نفرض أن البعد المحرقي للجسمية 5cm وأن البعد المحرقي للعينية 4cm، و المسافة بين العدستين 17cm.  
– احسب  $s_1$  ثم التكبير الكلي للمجهر.