

الفصل الرابع

1. العدسة (The Lens)

العدسة جهاز بصري لها سطحي انكسار احدهما او كلاهما كروي الشكل ولسطحيهما المحور الذي يسمى **محور العدسة (axis)**. يكون محور العدسة الخط المستقيم الذي يصل بين مركزي السطحين الكرويين وعمودياً على كلاهما. وطبقاً لكيفية انكسار ومرور الضوء في العدسة ونوعية الصور الناتجة عنها، فهي توصف بأنها عدسة محدبة (لامعة) أو مقعرة (مفرقة) .

ان الوظيفة الأساسية للعدسة هي تكوين الصور (image formation) من خلال تغيير مسار الاشعة النافذة اليها عن طريق الانكسار في وجهي العدسة ، اما الاستخدامات الاخرى فتتضمن تركيز الاشعة الضوئية (ray concentration) ، وتسديد الاشعة (collimation) وتنظيم الاستضاءة للمصادر الضوئية (illumination) . هناك أنواع أخرى من العدسات غير كروية لها استخدامات خاصة مثل العدسات الاسطوانية التي تركز الاشعة على محور معين أو عدسة القطع المكافئ .

تقسم العدسات حسب شكلها الى نوعين رئيسيين : **العدسات الرقيقة (thin lenses)** التي تمتلك سمك صغير نسبياً بالمقارنة مع الابعاد البصرية الاخرى (مثل البعد البؤري ونصف قطر التكور) ، **والعدسات السميكة (thick lenses)** التي تمتلك سمك كبير نسبياً بالمقارنة مع الابعاد البصرية الاخرى .

2. العدسات الرقيقة (Thin Lenses)

هي العدسات ذات السمك الصغير بالمقارنة مع الابعاد البصرية الاخرى ، وهي العدسات الأكثر استخداماً في كثير من المجالات الطبية والعلمية والصناعية والعسكرية ، حيث تستخدم في صناعة النظارات الطبية والمجهر الضوئي والتلسكوب . هناك مجموعتين من العدسات الرقيقة تصنف حسب شكلها ووظيفتها هي :

A. مجموعة العدسات اللامعة (Converging Lenses Group)

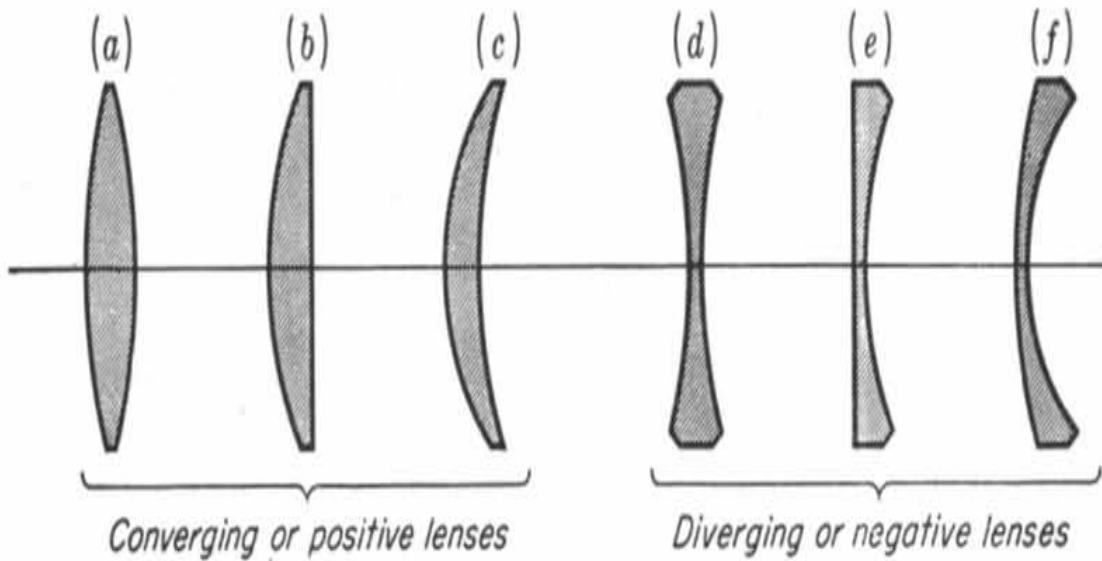
هي مجموعة العدسات التي تجمع الضوء الساقط عليها في نقطة معينة بسبب احتوائها على سطح أو سطحين محدبين (الشكل (1)) تتميز بان وسطها أكثر سمكاً من اطرافها ، وهي ثلاثة انواع

- (a) عدسة محدبة الوجهين (equi-convex lens) لها سطحين محدبين .
- (b) عدسة محدبة مستوية (plano-convex lens) لها سطح محدب واخر مستوي
- (c) عدسة هلالية موجبة (positive meniscus) لها سطح محدب واخر مقعر

B. مجموعة العدسات المفرفة (Diverging Lenses Group)

هي مجموعة العدسات التي تفرق الضوء الساقط عليها بسبب احتوائها على سطح أو سطحين مقعرين (الشكل (1)) تتميز بان وسطها اقل سمكا من اطرافها ، وهي ثلاثة انواع :

- (d) عدسة مقعرة الوجهين (equi-concave lens) لها سطحين مقعرين .
- (e) عدسة مقعرة مستوية (plano-concave lens) لها سطح مقعر واخر مستوي
- (f) عدسة هلالية سالبة (negative meniscus) لها سطح مقعر واخر محدب

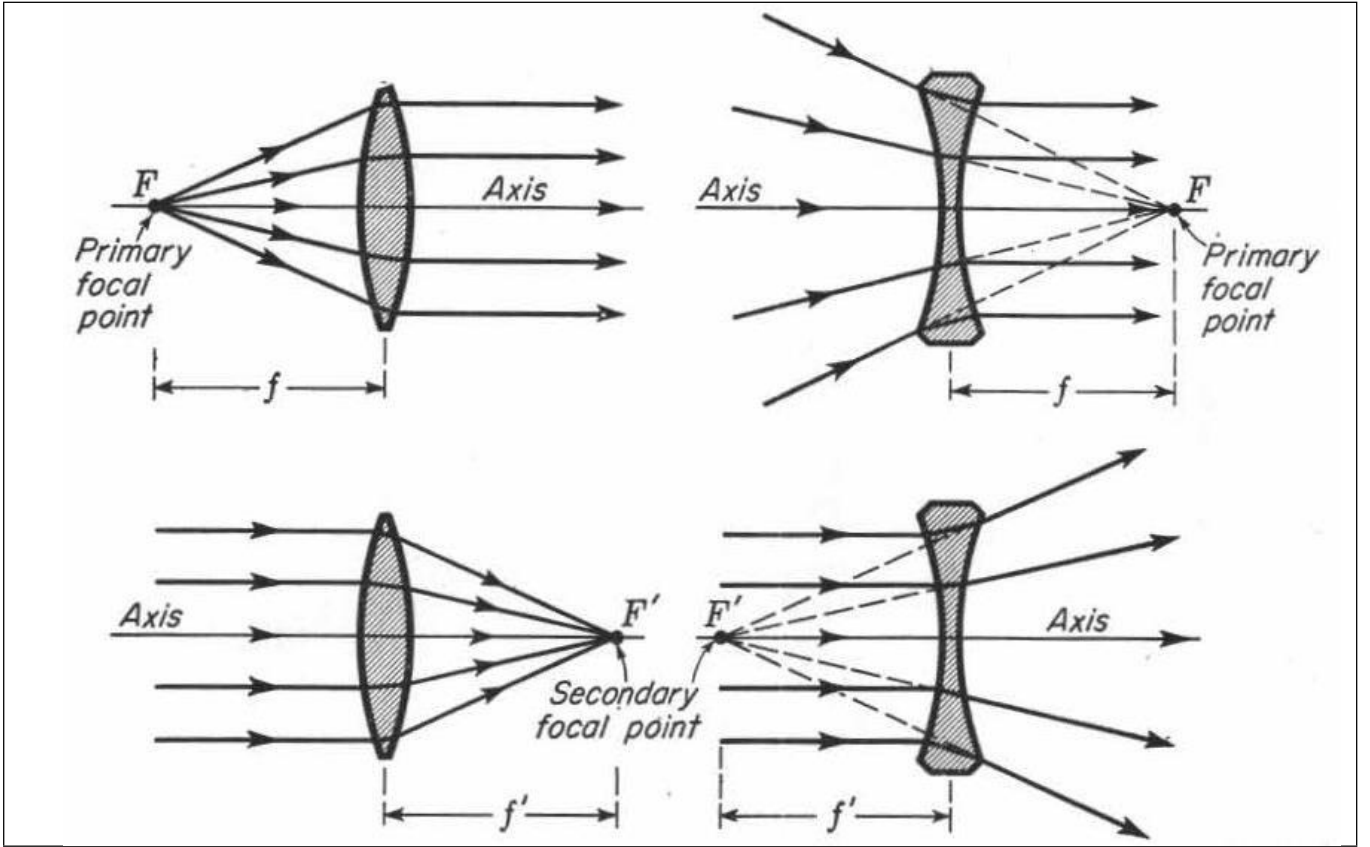


الشكل (1) مجموعة العدسات اللامة والمفرفة

3. هندسة العدسات (Geometry of Lenses)

تتكون العدسة من سطحين كاسرين للضوء يمر من خلالها الضوء تباعا حتى يخرج الشعاع الى الطرف الاخر، جدير بالذكر ان العدسة تصنع من مادة شفافة (غالبا الزجاج أو البلاستيك) فيمر الضوء من الوسط الذي فيه الجسم مرورا الى وسط العدسة وانتهاءً في الوسط الذي فيه الصورة ، لذا هناك ثلاثة اوساط فعالة في عملية انتقال الضوء خلال العدسة وبالتالي تكوين الصورة.

يسمى المستقيم العمودي على وجهي العدسة والذي يمر في مركزي تكور وجهي العدسة **المحور البصري** أو **محور العدسة (axis)** كما في الشكل (2) ، اذا كانت العدسة محاطة بنفس الوسط من الجانبين فيتساوى البعد البؤري الاول لها مع البعد البؤري الثانوي ($f=f'$) ، العدسة لها بؤرتين اولية وثانوية (نفس تعريف البؤرة في الفصل الثالث) احدهما على اليمين والاخرى على اليسار ، النقطة المرجعية الخاصة بحساب الأبعاد البصرية للعدسة هي نقطة مركز العدسة (A).



الشكل (2) : النقاط البؤرية الأولية والثانوية للعدسات

4. تكوين الصور (Image Formation)

كما نوهنا سابقا في الفصل السابق على اهمية وظيفة تكوين الصور في السطح الكروي ، وهذا الكلام ممهدا لدور العدسة في هذا الامر لكونها تتألف من سطح كروي واحد او سطحين ، فمن خلال انتقال الضوء الصادر من الجسم ومروره خلال العدسة وانكساره (اي تغيير اتجاهه الاصلي) الى الوسط في الطرف الثاني يحدث تقاطع للاشعة المنكسرة وبالتالي تتكون صورة للجسم لها صفات معينة تحدد من خلال طريقتين : طريقة الرسم (graphical method) التي اشرنا اليها في الفصل السابق ولا داعي لتكرارها هنا ، والطريقة الرياضية (mathematical method) التي من خلالها اشتقت العلاقة الرياضية الخاصة بتكوين الصور في العدسات التي تسمى **صيغة كائوس للعدسات**.

5. صيغة كاوس للعدسات (Gauss Lenses Formula)

يمكن إيجاد صفات الصورة المتكونة في العدسات رياضيا من خلال صيغة رياضية تسمى **صيغة كاوس للعدسات (Gauss lenses Formula)** وهي معادلة مشتقة من قانون سنيل وتطبيقه على السطح الكروي ومعالجته هندسيا من خلال حساب زاوية السقوط والانكسار ومعاملات الانكسار للوسطين ، تتمثل صيغة كاوس بالمعادلة التالية:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad \dots \dots (1)$$

حيث يمثل (s) بعد الجسم عن مركز العدسة ، (s') بعد الصورة عن مركز العدسة . نلاحظ هنا ان معاملات الانكسار للوسطين المحيطين بالعدسة غير موجودة في المعادلة (1) على اعتبار انهما فراغ (أو هواء) في أغلب الأحيان فلذا استعاض عن معاملات الانكسار لهما بالعدد واحد .
يمكن استخدام صورة اخرى للمعادلة (1) لتعيين بعد الصورة لكونه المطلوب غالبا وكما يلي:

$$s' = \frac{s * f}{s - f} \quad \dots \dots (2)$$

6. التكبير الجانبي (Lateral Magnification)

يعرف التكبير الجانبي للعدسة (m) بأنه النسبة بين البعد المستعرض للصورة (y') الى البعد المستعرض للجسم (y) ، حسب المعادلة :

$$m = \frac{y'}{y} = - \frac{s'}{s} \quad \dots \dots (3)$$

7. قدرة العدسة (Power of Lens)

تتمثل قدرة العدسة (P) في قابلية العدسة على تجميع (converging) او تفريق (diverging) الاشعة الضوئية الساقطة عليها ، وتحسب القدرة من خلال صيغة كاوس ايضا مع مراعاة استخدام الابعاد بالامtar (meter) لتظهر قيمة القدرة بوحدات خاصة تسمى **الديوبتر (Diopeter)** ، وكما موضح في المعادلة :

$$P = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad \dots \dots (4)$$

8. صيغة صانعي العدسات (Lens Makers Formula)

هناك صيغة خاصة للعدسات تربط معامل انكسار العدسة مع أنصاف أقطار التكور لسطحيها مع البعد البؤري تعرف بصيغة صانعي العدسات ، وهي صيغة مهمة جدا لعملية التصميم البصري لكونها تتعلق بنوع مادة العدسة من خلال معامل انكسارها ، وشكل العدسة من خلال أنصاف أقطار تكور سطحيها ، وبالتالي معرفة هوية العدسة من خلال البعد البؤري . الشكل الرياضي لصيغة صانعي العدسات هو :

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots \dots (5)$$

حيث تمثل (r_2 , r_1) أنصاف أقطار تكور وجهي العدسة الاول والثاني على الترتيب .

9. اصطلاح الإشارات (convention of signs)

ان الطريقة الهندسية المتبعة لمعرفة صفات الصورة في العدسة يجب فيها مراعاة اتجاه انتشار الاشعة الضوئية وموقع الجسم والصورة ونوع العدسة (الامة او مفرقة) ، لكي تتحقق النتائج الحسابية الصحيحة من خلال تطبيقها في صيغة كاوس ، فلذلك يجب الاتفاق على مجموعة فقرات تخص الاشارات الخاصة بالصيغة وكما يلي :

- 6) يرسم مسار الأشعة الضوئية من اليسار الى اليمين دائما .
- 7) اذا كان الجسم يقع على يسار العدسة يعتبر الجسم حقيقي وبعده موجب ($s +$) ، واذا كان الجسم على يمين العدسة يعتبر الجسم خيالي وبعده سالب ($s -$) .
- 8) اذا كانت الصورة تقع على يمين العدسة تعتبر الصورة حقيقية وبعدها موجب ($s' +$) ، واذا كانت الصورة على يسار العدسة تعتبر الصورة خيالية وبعدها سالب ($s' -$) .
- 9) يعتبر البعد البؤري كمية موجبة ($f +$) للعدسة الامة (converging lens) ، ويعتبر البعد البؤري كمية سالبة ($f -$) للعدسة المفرقة (diverging lens) .
- 10) إشارة أنصاف أقطار التكور لوجهي العدسة (r_2 , r_1) توضع حسب شكلها عند مواجهة الأشعة الساقطة عليها (من اليسار الى اليمين) .

تختلف صفات الصورة المتكونة في العدسة حسب نوع العدسة ونوع الوسط المحيط بها ، وكذلك حسب بعد الجسم عن العدسة . وكما ذكرنا في الفصل السابق يعتبر في صفات الصورة المتكونة أربعة أمور هي:

- موقع الصورة (image position)، ويحسب من خلال قيمة (s')
- هل الصورة حقيقية ام خيالية (real or virtual) ، ويحسب من خلال إشارة (s')
- هل الصورة مكبرة ام مصغرة (magnified or minified) ، ويحسب من خلال قيمة (m)
- هل الصورة معتدلة ام مقلوبة (erect or inversed) ، ويحسب من خلال إشارة (m)

لكن هناك بعض النقاط المهمة تتعلق بنوع الصورة المتكونة يجب مراعاتها هي:

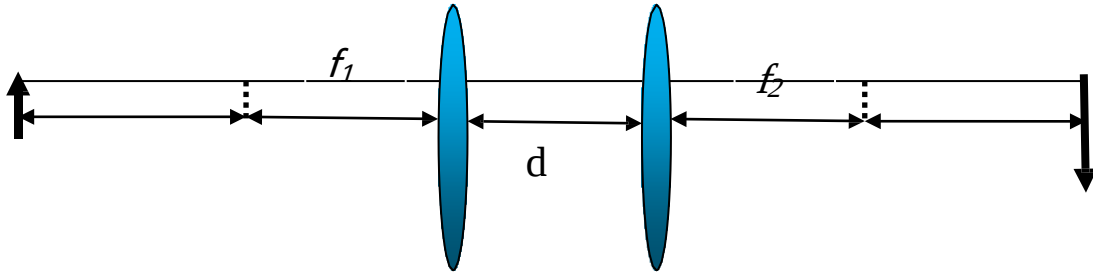
- ❖ الصورة الحقيقية دائما مقلوبة والصورة الخيالية دائما معتدلة .
- ❖ العدسة المفرقة دائما تكون صورة خيالية بغض النظر عن موقع الجسم .
- ❖ العدسة اللامة تعطي صورة خيالية اذا كان الجسم واقع بين البؤرة والعدسة اي (s < f) ، وتعطي صورة حقيقية اذا كان الجسم ابعد من البؤرة (s > f) ، ولا تتكون صورة اذا كان الجسم واقع في البؤرة اي (s = f) ويمكن التعبير عن الحالة الثالثة بان الصورة واقعة في المالا نهاية .

10. العدسة المركبة (Compound Lens)

ان اكثر الاجهزة البصرية تستخدم اكثر من عدسة للحصول على وظيفة مثلى للجهاز مثل المقراب (التلسكوب) والمجهر ، فلذلك تكوين الصور عند استخدام عدستين او اكثر لها نفس المحور في الجهاز البصري يتطلب تطبيق رياضي خاص يتمثل بصيغة كاوس للعدسة المركبة (في حالة استخدام عدستين فقط) كما في الشكل (3) :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad \dots \dots (6)$$

حيث (f₁ , f₂) يمثل البعد البؤري للعدسة الاولى والثانية على الترتيب ، (f) يمثل البعد البؤري المكافئ للعدسة المركبة ، (d) تمثل المسافة بين العدستين . بينما تجري نفس إجراءات تكوين الصورة بطريقة الرسم على العدسة المركبة مع مراعاة الانكسار في اكثر من عدسة .



الشكل (3) : العدسة المركبة

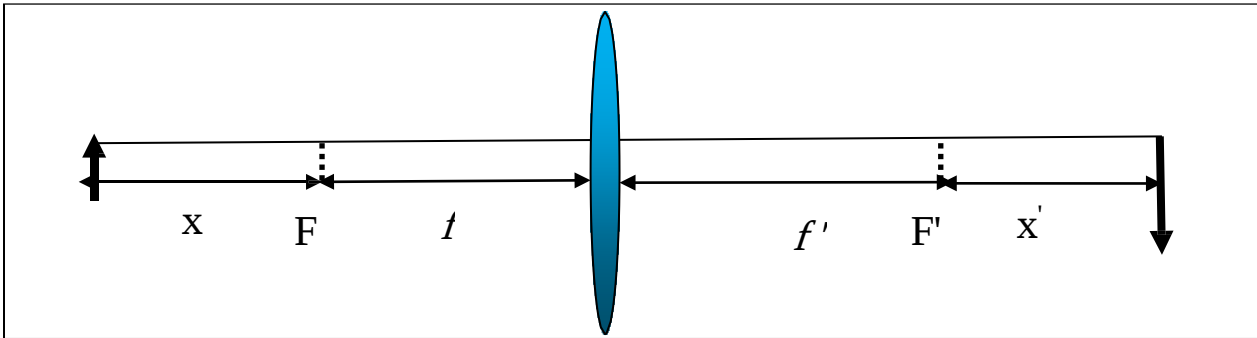
11. صيغة نيوتن للعدسات (Newton's Formula for Lenses)

هناك صيغة خاصة تربط البعد البؤري للعدسة مع ابعادها البصرية التي تحسب من نقطتي البؤرة الاولى والثانوية ، بينما صيغة كاوس تحسب الابعاد البصرية من مركز العدسة . على اعتبار تساوي البعد البؤري في جانبي العدسة فيكون التمثيل الرياضي لصيغة نيوتن هو :

$$f = \sqrt{x * x'} \quad \dots \dots (7)$$

$$m = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f} \quad \dots \dots (8)$$

حيث يمثل (x) المسافة من الجسم الى البؤرة الاولى ، (x') المسافة من الصورة الى البؤرة الثانوية كما في الشكل (4) .



الشكل (4) : الابعاد البصرية لصيغة نيوتن للعدسات

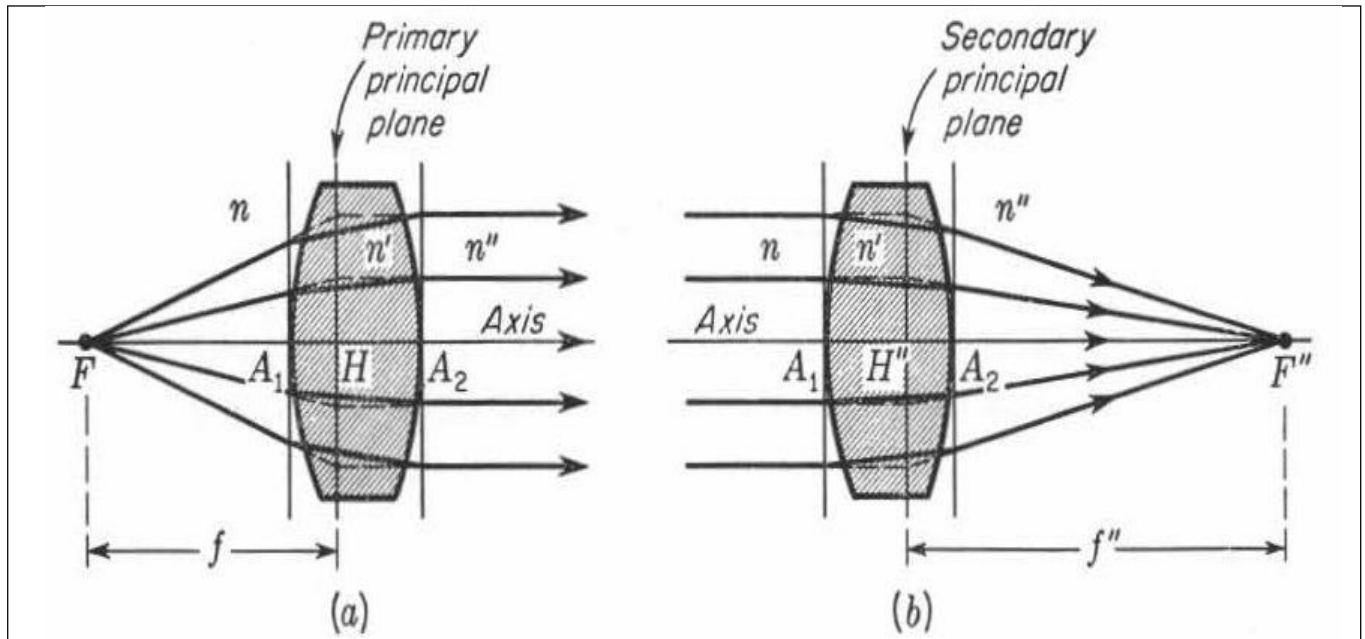
العدسات السميكة (Thick Lenses)

عندما يكون سمك العدسة (d) كبير نسبيا بالقياس الى بعدها البؤري تسمى حينئذ بالعدسة

السميكة ، ويجب عندها الأخذ بنظر الاعتبار سمكها في كل العلاقات الرياضية الخاصة بالعدسة .

يمكن معاملة العدسة المركبة كعدسة سميكة يكون سمكها المسافة بين العدسات المكونة لها. نعتبر معامل انكسار الوسط على يسار العدسة السميكة (n) ومعامل انكسار وسط العدسة (n') ومعامل انكسار الوسط على يمين العدسة (n'') ، فيكون كل الرموز الاخرى تحمل دلالات تشير الى موقعها في هذه الاوساط الثلاثة وكما يلي.

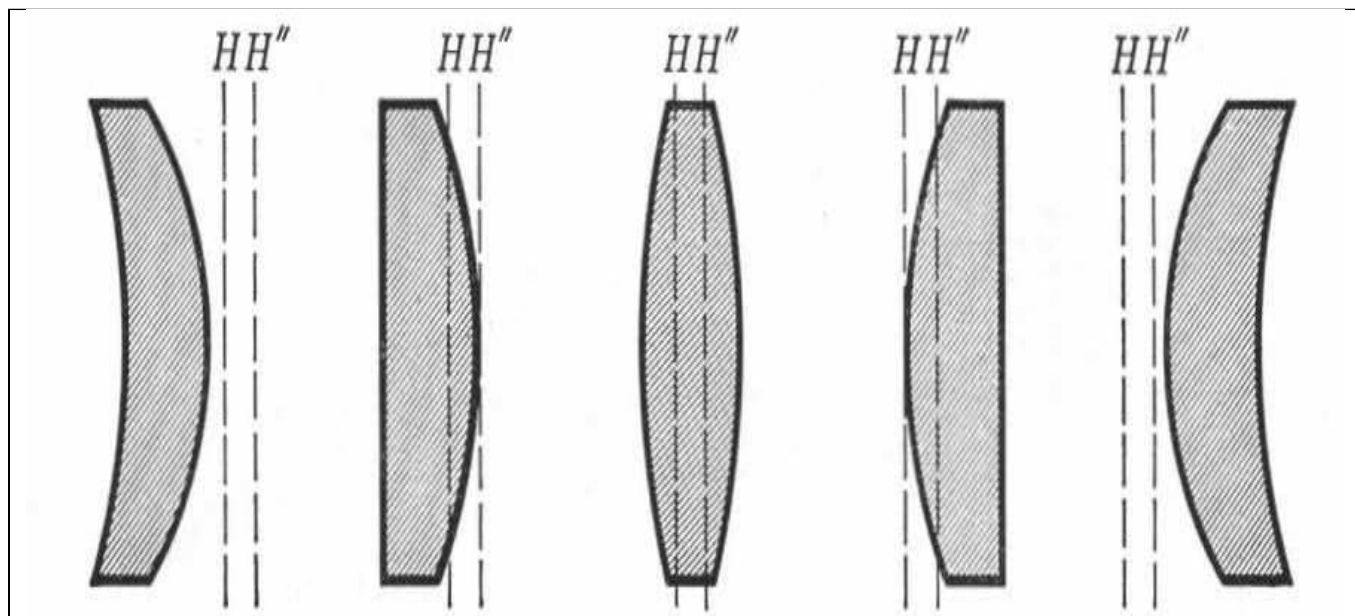
هناك نقطتان مرجعيتان في العدسة السميكة تسمى **النقطة الاساسية الاولى (H) والثانوية (H'')** (**primary and secondary principal points**) ، تحسب من خلالها ابعاد الجسم والصورة والبعد البؤري كما في الشكل (5) . لايجاد موقع النقطة الاساسية نستخدم تعريف نقطة البؤرة ، فاذا سقطت اشعة موازية للمحور (جسم في المالا نهاية) على العدسة فستتجمع في نقطة البؤرة الثانوية (F'') (الشكل (5-b)) فيكون نقطة تلاقي الشعاع الساقط مع الشعاع المنكسر في المستوي الاساسي الثانوي (secondary principal plane) ، ونقطة تقاطع هذا المستوي مع المحور البصري تمثل النقطة الاساسية الثانوية (H'') ، وبنفس الطريقة يمكن ايجاد موقع النقطة الاساسية الاولى (H) عن طريق استخدام اشعة صادرة من البؤرة الاولى فتفسير بعد الانكسار موازية للمحور البصري (الشكل (5-a)) ، فيكون نقطة تلاقي الشعاع الساقط مع الشعاع المنكسر في المستوي الاساسي الاول (primary principal plane) ، ونقطة تقاطع هذا المستوي مع المحور البصري تمثل النقطة الاساسية الاولى (H) .



الشكل (5) العدسة السميكة

يحسب البعد البؤري الاول للعدسة السميكة (f) من نقطة البؤرة الاولى (F) الى النقطة الاساسية الاولى (H) ، وكذلك يحسب بعد الجسم عن طريق موقعه من النقطة الاساسية الاولى (H) . ويحسب البعد البؤري الثانوي للعدسة السميكة (f'') من نقطة البؤرة الثانوية (F'') الى النقطة الاساسية الثانوية (H'') ، وكذلك يحسب بعد الصورة عن طريق موقعه من النقطة الاساسية الثانوية (H'') .

تمتلك العدسة السمكية نقطتان أساسيتان وبالتالي مستويان أساسيان يختلف موقعهما حسب نوع العدسة ، فيمكن ان تكون النقطتان داخل العدسة (العدسة محدبة الوجهين) ، أو احدهما على حافة العدسة (العدسة نوع مستوية - محدبة) ، أو كلا النقطتين خارج العدسة (العدسة الهلالية) كما موضح في الشكل (6).



الشكل (6) : موقع النقاط الأساسية بالنسبة لأنواع العدسات السمكية

Gauss Formula for Thick

13. صيغة كاوس للعدسات السمكية)

(Lenses

هناك مجموعة من العلاقات الرياضية خاصة بالعدسات السميكة وضعها العالم كاوس ، تربط الابعاد البصرية المتعلقة بالعدسة مع بعضها ، مع الاخذ بنظر الاعتبار استخدام ثلاثة اوساط مختلفة (يسار وداخل ويمين العدسة) ، وهذه العلاقات هي :

$$\frac{n}{f} = \frac{n'}{f_1'} + \frac{n''}{f_2''} - \frac{dn''}{f_1' f_2''} = \frac{n''}{f''} \quad \dots \dots (9)$$

$$A_1 F = -f \left(1 - \frac{d}{f_2'}\right) \quad \dots \dots (10)$$

$$A_2 F'' = +f'' \left(1 - \frac{d}{f_1'}\right) \quad \dots \dots (11)$$

$$A_1 H = +f \frac{d}{f_2'} \quad \dots \dots (12)$$

$$A_2 H'' = -f'' \frac{d}{f_1'} \quad \dots \dots (13)$$

حيث يشير الرقم السفلي للرموز في المعادلات اعلاه (كمثال f_1, f_2) الى السطح الاول والثاني للعدسة على الترتيب ، بينما الرمز العلوي (" ' dash ") الى موقعه بالنسبة للأوساط الثلاثة . فيمثل (f_1') البعد البؤري الثانوي للسطح الاول للعدسة ، (f_2'') يمثل البعد البؤري الثانوي للسطح الثاني للعدسة ، (f , f'') البعد البؤري الاول والثانوي للعدسة على الترتيب .

تمثل المعادلة (9) معادلة البعد البؤري للعدسة السميكة ، والمعادلتين (10, 11) تحسب موقع البؤرة الاولى والثانوية على الترتيب ، والمعادلتين (12,13) تحسب موقع النقطة الاساسية الاولى والثانوية على الترتيب .

14. مسائل الفصل الرابع (Problems)

1) جسم ارتفاعه (5 cm) موضوع على بعد (20 cm) امام عدسة مفرقة لها بعد بؤري (5 cm) . احسب : (a). قدرة العدسة ، (b). صفات الصورة المتكونة ، (c) ارتفاع الصورة.

$$a) P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-5 * 10^{-2}} = -20 D$$

$$b) s' = \frac{sf}{s - f} = \frac{20 * (-5)}{20 + 5} = -4 cm$$

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{-4}{20} = 0.2$$

الصورة خيالية واقعة على يسار العدسة بمسافة (4 cm) ، والصورة مصغرة معتدلة.

$$c) m = \frac{y'}{y} \Rightarrow y' = my = 0.2 * 5 = 1 cm$$

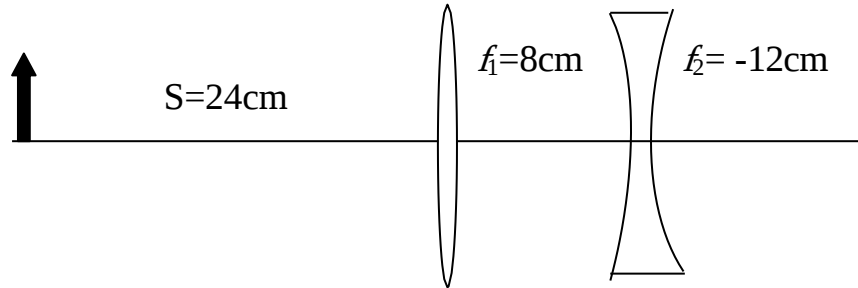
2) عدسة (محدبة مستوية) مصنوعة من زجاج معامل انكساره (1.7) . احسب انصاف اقطار التكور للعدسة التي تعطي قدرة للعدسة مقدارها (+5 D) .

بما ان العدسة (محدبة مسوية) فيكون نصف قطر تكور احد سطحيها ($r_1 = \infty$)

$$P = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$5 = (1.7 - 1) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{r_2} \right) \Rightarrow r_2 = 14.2 cm$$

3) عدستان البؤري لهما ($f_1 = +8 \text{ cm}$) ، ($f_2 = -12 \text{ cm}$) وضعتا على محور واحد بمسافة (6 cm) . جسم ارتفاعه (3 cm) موضوع على مسافة (24 cm) امام العدسة الاولى . جد : (a). صفات الصورة النهائية ، (b). ارتفاع الصورة النهائية.



$$a) \quad \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$s'_1 = \frac{s_1 f_1}{s_1 - f_1} = \frac{24 * 8}{24 - 8} = \frac{192}{16} = 12 \text{ cm}$$

نفرض ان الصورة المتكونة في العدسة الاولى هي جسم بالنسبة للعدسة الثانية موقعها يحسب من العلاقة :

$$s_2 = d - s'_1 = 6 - 12 = -6 \text{ cm}$$

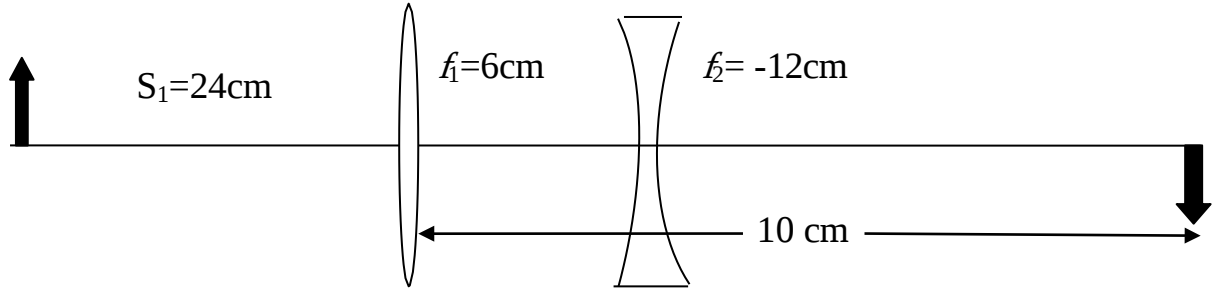
$$s'_2 = \frac{s_2 f_2}{s_2 - f_2} = \frac{(-6) * (-12)}{-6 + 12} = \frac{72}{6} = 12 \text{ cm}$$

$$m = m_1 * m_2 = \left(-\frac{s'_1}{s_1}\right) * \left(-\frac{s'_2}{s_2}\right) = \left(-\frac{12}{24}\right) * \left(-\frac{12}{-6}\right) = -1$$

اذن الصورة النهائية حقيقية تقع على يمين العدسة الثانية بمسافة (12 cm) ، والصورة مقلوبة وبنفس حجم الجسم .

$$b) \quad m = \frac{y'}{y} \Rightarrow -1 = \frac{y'}{3} \Rightarrow y' = |-3| = 3 \text{ cm}$$

4) وضعت عدسة لامة بعدها البؤري (6 cm) بحيث كانت على بعد (10 cm) من الصورة النهائية
 اين يجب وضع عدسة مفرقة مقدار بعدها البؤري (12 cm) من العدسة اللامة عندما يكون
 الجسم على بعد (24 cm) على يسار العدسة اللامة ؟



$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{24} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{6} \Rightarrow s'_1 = 8 \text{ cm}$$

$$s_2 = d - s'_1 = d - 8$$

$$s'_2 = 10 - d$$

$$\frac{1}{s_2} + \frac{1}{s'_2} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{d-8} + \frac{1}{10-d} = \frac{1}{-12}$$

$$\frac{(10-d) + (d-8)}{(d-8)(10-d)} = \frac{1}{-12}$$

$$\frac{2}{(d-8)(10-d)} = \frac{1}{-12}$$

$$\frac{1}{d^2 - 18d + 80} = \frac{1}{24}$$

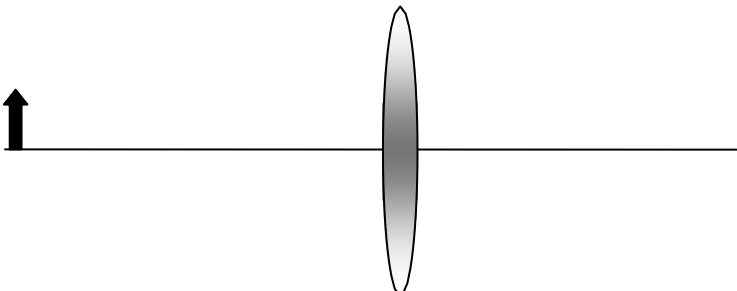
$$d^2 - 18d + 80 = 24$$

$$d^2 - 18d + 56 = 0$$

$$(d-14)(10-4) = 0$$

$$\therefore d = 14 \text{ cm} \text{ or } d = 4 \text{ cm}$$

(5) جسم موضوع على مسافة (1.4 m) من شاشة . ما هو البعد البؤري المناسب لعدسة يجب وضعها بين الجسم والشاشة لتكوين صورة حقيقية له مقلوبة ومكبرة بمقدار ست مرات ؟



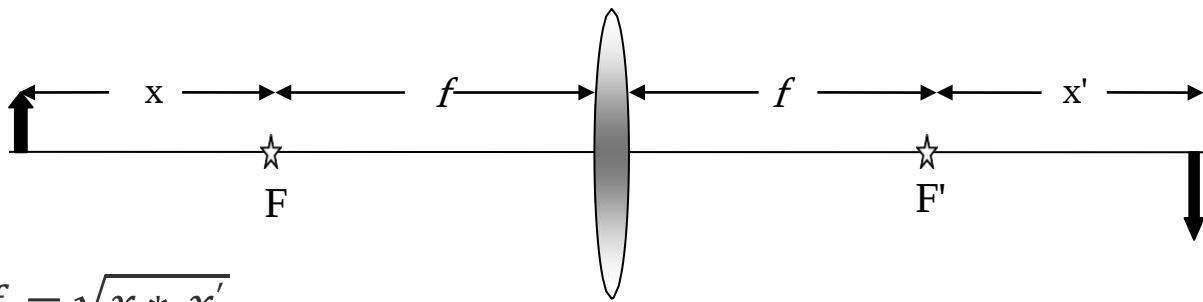
$$m = -\frac{s'}{s}$$

$$-6 = -\frac{1.4 - s}{s} \Rightarrow -6s = -1.4 + s \Rightarrow s = \frac{1.4}{7} = 0.2 \text{ m}$$

$$s' = 1.4 - s = 1.4 - 0.2 = 1.2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{0.2} + \frac{1}{1.2} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 0.17 \text{ m}$$

(6) وضع جسم على يسار عدسة لامة بمسافة (30 cm) ، فإذا كان البعد البؤري للعدسة (20 cm) . اوجد صفات الصورة المتكونة لهذا الجسم باستخدام صيغة نيوتن .



$$f = \sqrt{x * x'}$$

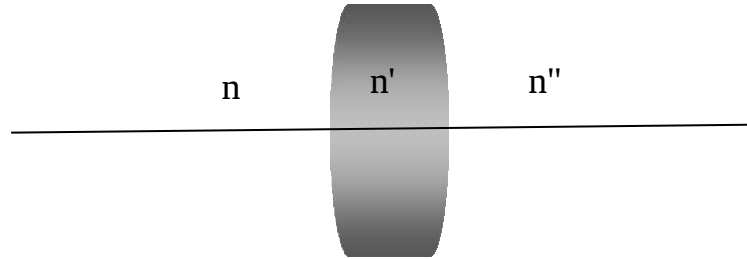
$$20 = \sqrt{10 * x'} \Rightarrow x' = 40 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{image distance from lens} = f + x' = 20 + 40 = 60 \text{ cm}$$

$$m = -\frac{f}{x} = -\frac{20}{10} = -2$$

اذن الصورة حقيقية تقع على يمين العدسة بمسافة (60 cm) ، كذلك الصورة مقلوبة ومكبرة مرتين .

- 7) عدسة محدبة الوجهين ومتساوية التحدب (4 cm) ، معامل انكسار الزجاج لها (1.8) وسمكها (3.6 cm) .
 احسب: (a). البعد البؤري الاولي والثانوي للعدسة ، (b). موقع نقاط البؤرة الاولية والثانوية ، (c). موقع النقاط الاساسية الاولية والثانوية.



$$a) \frac{n'}{f'} = \frac{n}{f} = \frac{n' - n}{r} = \frac{1.8 - 1}{4} = 0.2$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ cm}^{-1}, \quad \frac{1}{f'} = \frac{1.8}{0.2} = 9 \text{ cm}^{-1}$$

$$\frac{n''}{f''} = \frac{n'}{f'} = \frac{n'' - n'}{r} = \frac{1 - 1.8}{-4} = 0.2$$

$$\frac{1}{f'} = \frac{1.8}{0.2} = 9 \text{ cm}^{-1}, \quad \frac{1}{f''} = \frac{1}{0.2} = 5 \text{ cm}^{-1}$$

$$\frac{n''}{f''} = \frac{n}{f} = \frac{n'}{f'} + \frac{n''}{f''} - \frac{dn''}{f'f''} = \frac{1.8}{9} + \frac{1}{5} - \frac{3.6}{9 \times 5} = 0.2 + 0.2 - \frac{0.8}{25} = \frac{25}{25}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f''} = \frac{25}{8} = 3.125 \text{ cm}^{-1}$$

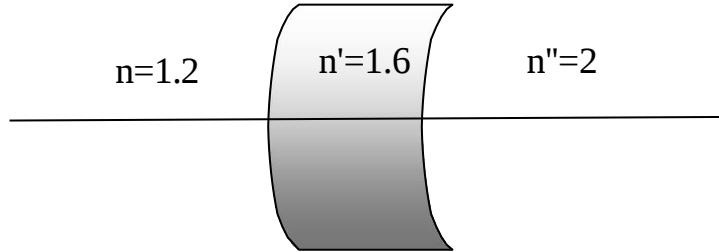
$$b) A_1F = -f \left(1 - \frac{d}{f_2'}\right) = -3.125 \left(1 - \frac{3.6}{9}\right) = -1.875 \text{ cm}$$

$$A_2F'' = f'' \left(1 - \frac{d}{f_1'}\right) = 3.125 \left(1 - \frac{3.6}{9}\right) = 1.875 \text{ cm}$$

$$c) A_1H = f \left(\frac{d}{f_2} \right) = 3.125 \left(\frac{3.6}{9} \right) = 1.25 \text{ cm}$$

$$A_2H'' = -f'' \left(\frac{d}{f_1'} \right) = -3.125 \left(\frac{3.6}{9} \right) = -1.25 \text{ cm}$$

8) عدسة هلالية سالبة سمكها (4.8 cm) ومعامل انكسارها (1.6) لها انصاف اقطار تكرر (cm) $r_1 = +6$ ، $r_2 = +5$ cm). اذا كان هناك سائل معامل انكساره (1.2) بتماس مع السطح الاول للعدسة ، وسائل اخر معامل انكساره (2) بتماس مع السطح الثاني للعدسة . احسب:
 (a). البعد البؤري الاول والثانوي للعدسة ، (b). موقع نقاط البؤرة الاولى والثانوية ، (c). موقع النقاط الاساسية الاولى والثانوية.



$$\begin{aligned}
 \frac{n'}{f'} &= \frac{n}{f} = \frac{n' - n}{r} = \frac{1.6 - 1.2}{6} = 0.067 \\
 \frac{1}{f'} &= \frac{1}{1.2} = 18 \text{ cm}^{-1}, \quad f' = \frac{1.6}{0.067} = 24 \text{ cm} \\
 \frac{n''}{f''} &= \frac{n'}{f'} = \frac{n'' - n'}{r} = \frac{2 - 1.6}{5} = 0.08 \\
 \frac{1}{f''} &= \frac{1}{1.6} = 20 \text{ cm}^{-1}, \quad f'' = \frac{2}{0.08} = 25 \text{ cm} \\
 \frac{1}{f} &= \frac{1}{f'} + \frac{1}{f''} - \frac{d}{f' f''} = \frac{1}{24} + \frac{1}{25} - \frac{4.8}{24 * 25} = 0.131 \\
 \frac{1}{f} &= \frac{1.2}{9.16} = 0.131 \text{ cm}^{-1}, \quad f = \frac{9.16}{0.131} = 9.16 \text{ cm} \\
 \frac{1}{f''} &= \frac{2}{15.27} = 0.131 \text{ cm}^{-1}, \quad f'' = \frac{15.27}{2} = 7.635 \text{ cm} \\
 b) \quad A_1 F &= -f \left(1 - \frac{d}{f_2'}\right) = -9.16 \left(1 - \frac{4.8}{20}\right) = -6.96 \text{ cm} \\
 A_2 F'' &= f'' \left(1 - \frac{d}{f_1'}\right) = 15.3 \left(1 - \frac{4.8}{24}\right) = 12.24 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

