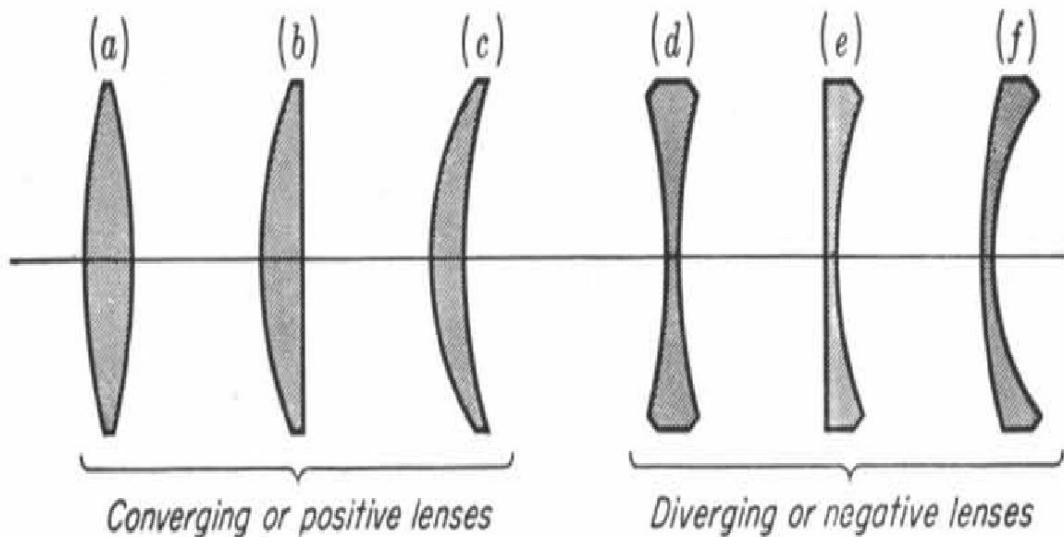


هي مجموعة العدسات التي تفرق الضوء الساقط عليها بسبب احتوائها على سطح أو سطحين م-curvés (الشكل 1) تتميز بان وسطها اقل سمكا من اطرافها ، وهي ثلاثة انواع :

- (d) عدسة مقرعة الوجهين (equi-concave lens) لها سطحين م-curvés .
- (e) عدسة مقرعة مستوية (plano-concave lens) لها سطح مقرع واخر مستوي
- (f) عدسة هلالية سالبة (negative meniscus) لها سطح مقرع واخر محدب

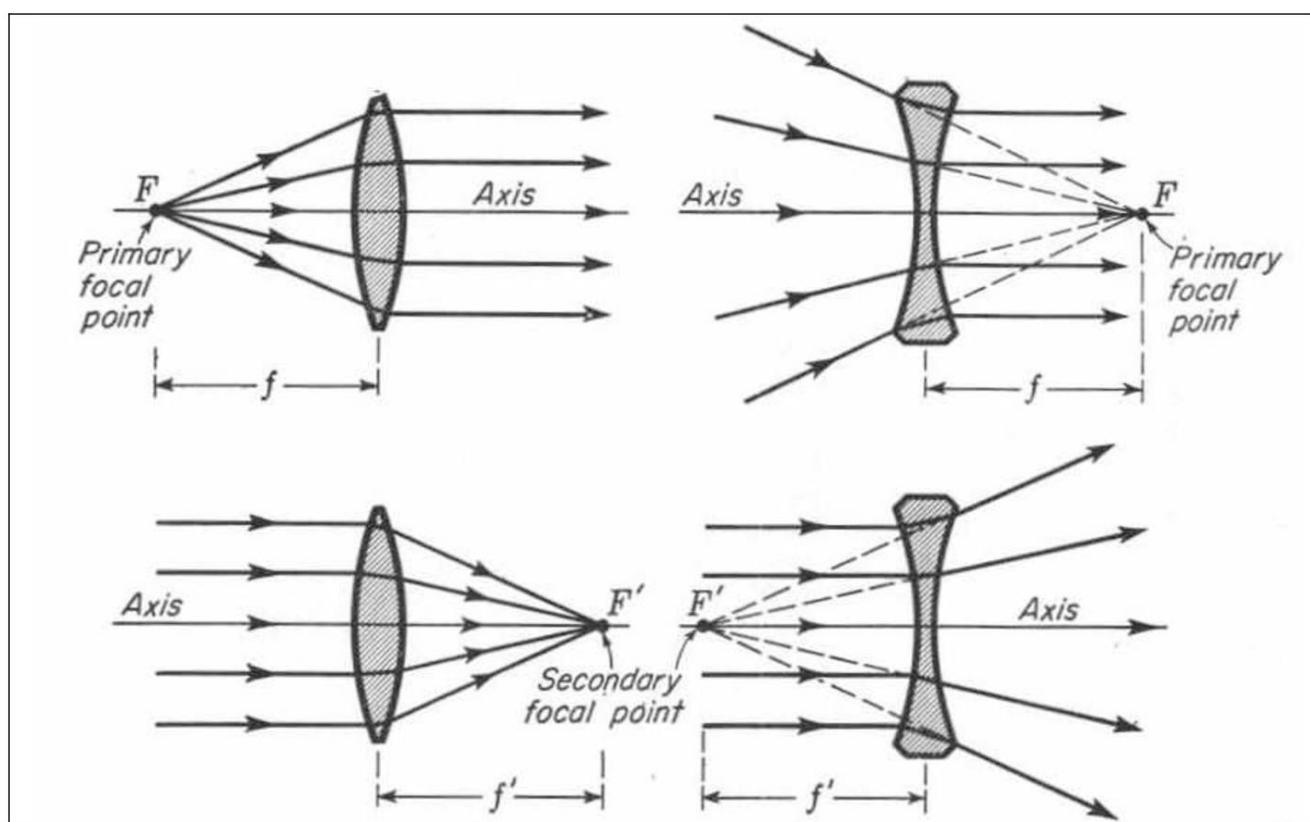


الشكل (1) مجموعة العدسات اللامة والمفرقة

### 3. هندسة العدسات (Geometry of Lenses)

ت تكون 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 وجها العدسة والذي يمر في مركزى تكور وجهي العدسة المحور البصري او محور العدسة (axis) كما في الشكل (2) ، اذا كانت العدسة محاطة بنفس الوسط من الجانبيين فيتساوى البعد البؤري الاولى لها مع البعد البؤري الثانوى ( $f'=f$ ) ، العدسة لها بؤرتين اولية وثانوية (نفس تعريف البؤرة في الفصل الثالث) احدهما على اليمين والآخر على اليسار ، النقطة المرجعية الخاصة بحساب الأبعاد البصرية للعدسة هي نقطة مركز العدسة (A).



الشكل (2) : النقاط البؤرية الاولية والثانوية للعدسات

#### 4. تكوين الصور (Image Formation)

كما نوهنا سابقا في الفصل السابق على اهمية وظيفة تكوين الصور في السطح الكروي ، وهذا الكلام مهمدا 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 الاولي) الى الوسط في الطرف الثاني يحدث تقاطع للاشعة المنكسرة وبالتالي تتكون صورة للجسم لها صفات معينة تحدد من خلال طرفيتين : 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 كاوس للعدسات.

## 5. صيغة كاوس للعدسات (Gauss Lenses Formula)

يمكن إيجاد صفات الصورة المتكونة في العدسات رياضياً من خلال صيغة رياضية تسمى **صيغة كاوس للعدسات (Gauss lenses Formula)** وهي معادلة مشتقة من قانون سنيل وتطبيقه على السطح الكروي ومعالجته هندسياً 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 انها فراغ (أو هواء) في أغلب الأحيان فلذا استعاض عن معاملات الانكسار لهما بالعدد واحد .

ممكن استخدام صورة اخرى للمعادلة (1) لتعيين بعد الصورة لكونه المطلوب غالباً 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 بعد المستعرض للصورة ( $y'$ ) إلى بعد 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 ايضاً مع مراعاة استخدام الابعاد بالامتر (meter) لظهور قيمة القدرة بوحدات خاصة تسمى **الديوبيتر (Diopeter)** ، وكما موضح في المعادلة :

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

#### 8. صيغة صانعى العدسات (Lens Makers Formula)

هناك صيغة خاصة للعدسات تربط معامل انكسار العدسة مع انصاف اقطار التكور لسطحها مع بعد 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 انصاف اقطار تكور سطحها ، وبالتالي معرفة هوية العدسة من خلال بعد البؤري . الشكل الرياضي لصيغة صانعي العدسات هو :

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

حيث تمثل  $(r_1, r_2)$  انصاف اقطار تكور وجهي العدسة الاول والثاني على الترتيب .

### ٩. 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 (لامة او مفرقة) ، لكي تتحقق النتائج الحسابية الصحيحة من خلال تطبيقها في صيغة كاوس ، فلذلك يجب الاتفاق على مجموعة فقرات تخص الاشارات الخاصة بالصيغة وكما يلى :

- (1) يرسم مسار الأشعة الضوئية من اليسار الى اليمين دائماً .
  - (2) اذا كان الجسم يقع على يسار العدسة يعتبر الجسم حقيقي وبعده موجب (+ s) ، و اذا كان الجسم على يمين العدسة يعتبر الجسم خيالي وبعده سالب (- s) .
  - (3) اذا كانت الصورة تقع على يمين العدسة تعتبر الصورة حقيقة وبعدها موجب (+ s') ، و اذا كانت الصورة على يسار العدسة تعتبر الصورة خيالية وبعدها سالب (- s') .
  - (4) يعتبر البعد البؤري كمية موجبة (+ f) للعدسة اللامة (converging lens)، ويعتبر البعد البؤري كمية سالبة (- f) للعدسة المفرقة (diverging lens) .
  - (5) إشارة أنصاف قطرات التكبير لوجهي العدسة ( $r_1, r_2$ ) توضع حسب شكلها عند مواجهة الأشعة الساقطة عليها (من اليسار الى اليمين) .

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

- موقع الصورة (image position) ، ويحسب من خلال قيمة ( $s'$ )
- هل الصورة حقيقة ام خالية (real or virtual) ، ويحسب من خلال إشارة ( $s'$ )
- هل الصورة مكبرة ام مصغرة (magnified or minified) ، ويحسب من خلال قيمة (m)
- هل الصورة معكورة ام مقلوبة (erect or inverted) ، ويحسب من خلال إشارة (m)

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

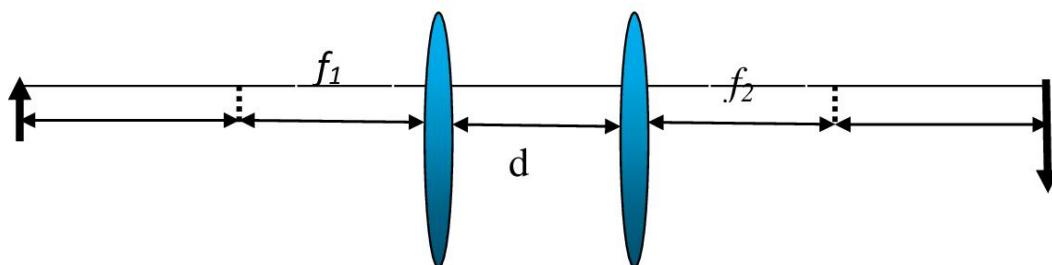
- ❖ الصورة الحقيقة دائماً مقلوبة والصورة الخالية دائماً معكورة .
- ❖ العدسة المفرقة دائماً تكون صورة خالية بغض النظر عن موقع الجسم .
- ❖ العدسة اللامبة تعطي صورة خالية اذا كان الجسم واقع بين البؤرة والعدسة اي ( $s < f$ ) ، وتعطي صورة حقيقة اذا كان الجسم ابعد من البؤرة ( $s > f$ ) ، ولا تكون صورة اذا كان الجسم واقع في البؤرة اي ( $s = f$ ) ويمكن التعبير عن الحالة الثالثة بان الصورة واقعة في الملانهابه .

## 10. العدسة المركبة (Compound Lens)

ان اكثر الاجهزه البصرية تستخدم اكثر من عدسه للحصول على وظيفه مثل للاجهزه مثل المقرب (التلسكوب) والمجهر ، فلذلك تكون الصور عند استخدام عدستين او اكثر لها نفس المحور في الجهاز البصري يتطلب تطبيق رياضي خاص يتمثل بصيغه كاوس للعدسه المركبه (في حالة استخدام عدستين فقط) كما في الشكل (3) :

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

حيث ( $f_1 , f_2$ ) يمثل البعد البؤري للعدسه الاولى والثانوي على الترتيب ، ( $f$ ) يمثل البعد البؤري المكافئ للعدسه المركبه ، ( $d$ ) تمثل المسافة بين العدستين . بينما تجري نفس إجراءات تكوين الصورة بطريقة الرسم على العدسه المركبه مع مراعاة الانكسار في اكثر من عدسه .



الشكل (3) : العدسة المركبة

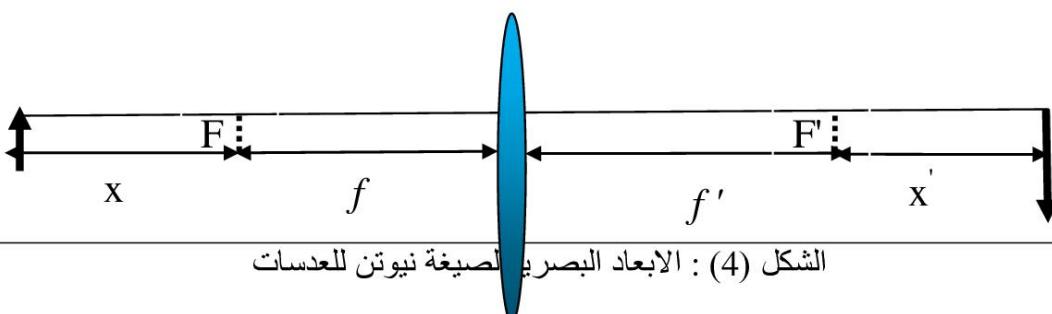
## 11. صيغة نيوتن للعدسات (Newton's Formula for Lenses)

هناك صيغة خاصة تربط بعد البؤري للعدسة مع ابعادها البصرية التي تحسب من نقطتي البؤرة الاولية والثانوية ، بينما صيغة كالوس تحسب الابعاد البصرية من مركز العدسة . على اعتبار تساوي بعد 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 الاولية ، (x') المسافة من الصورة الى البؤرة الثانوية كما في الشكل (4) .



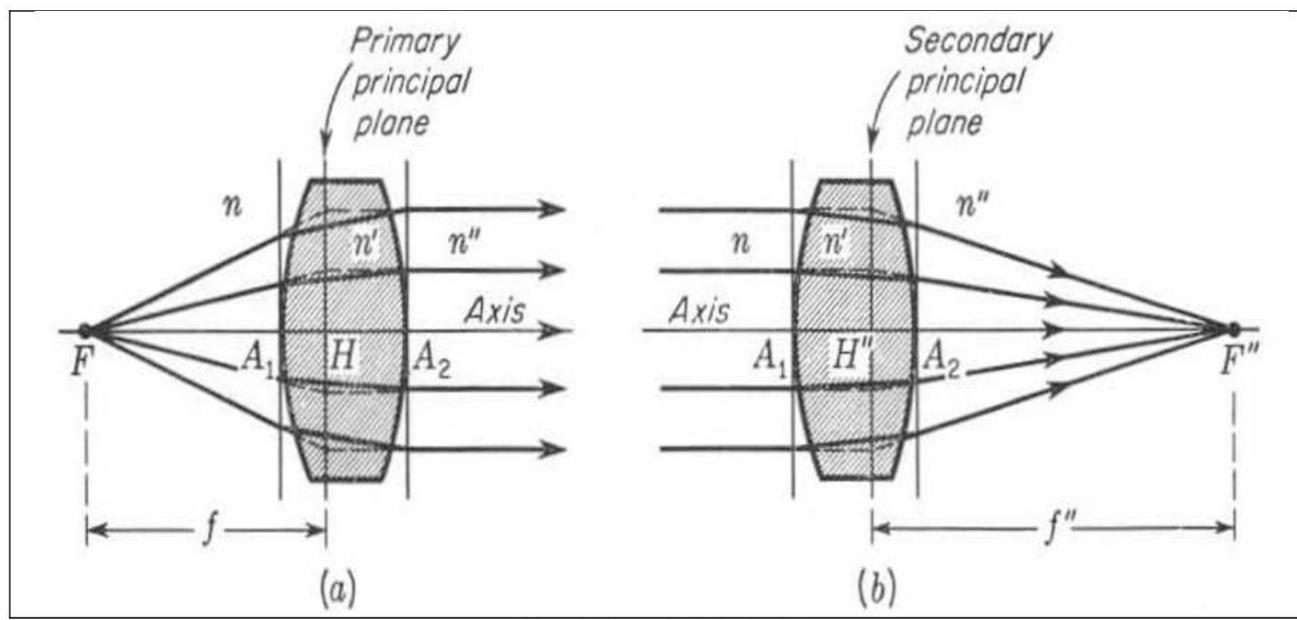
الشكل (4) : الابعاد البصرية لصيغة نيوتن للعدسات

## 12. العدسات السميكة (Thick Lenses)

عندما يكون سمك العدسة (d) كبيرا نسبيا بالقياس الى بعدها البؤري تسمى حينئذ بالعدسة السميكة ، ويجب عندها الاخذ بنظر الاعتبار سماكتها في كل العلاقات الرياضية الخاصة بالعدسة . ممكن 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.

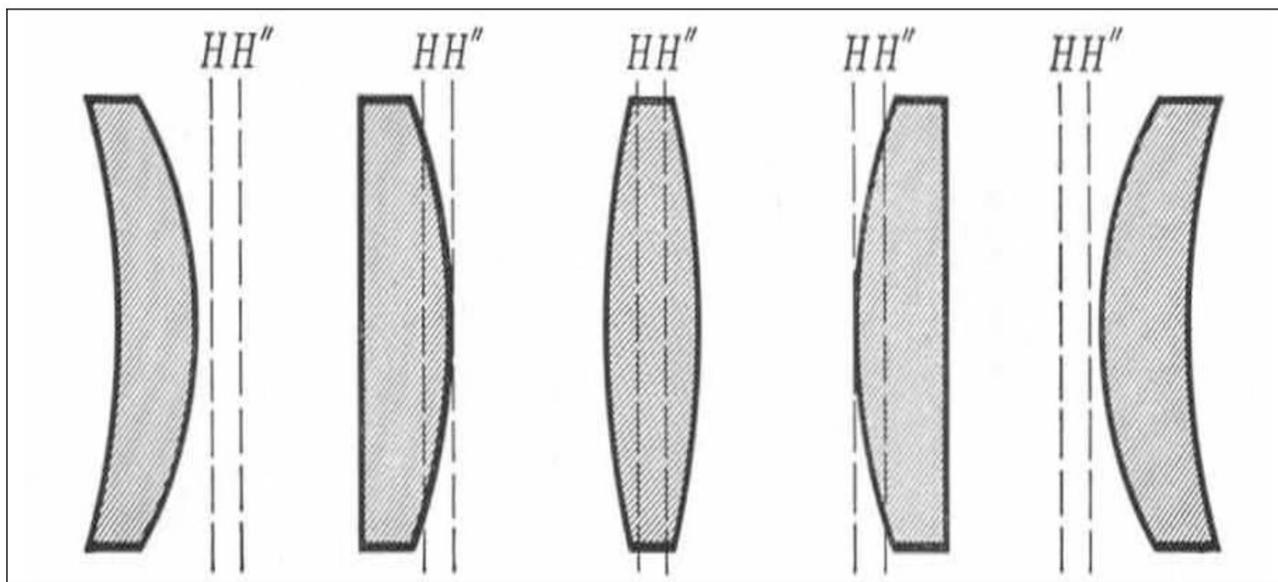
هناك نقطتان مرجعيتان في العدسة السميكة تسمى **النقطة الاساسية الاولية (H) والثانوية (H'')** (**primary and secondary principal points**) ، تحسب من خلالها ابعد الجسم والصورة والبعد البؤري كما في الشكل (5) . لايجاد موقع النقطة الاساسية نستخدم تعريف نقطة البؤرة ، فإذا سقطت اشعة موازية للمحور (جسم في الملانهياة)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



الشكل (5) العدسة السميكة

يحسب البعد البؤري الاولى للعدسة السميكة ( $f$ ) من نقطة البؤرة الاولية ( $F$ ) الى النقطة الاساسية الاولية ( $H$ ) ، وكذلك يحسب بعد الجسم عن طريق موقعه من النقطة الاساسية الاولية ( $H$ ) . 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 السميكة نقطتان أساسيتان وبالتالي مستوىان 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 السميكة

### 13. صيغة كاوس للعدسات السميكة (Gauss Formula for Thick Lenses)