

الصور الحقيقية للعناصر البصرية السالبة

أكرم نوري محمد المشهداني	قسم العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية
عبد الرحمن رشيد	قسم العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية
أسعد أحمد كامل	قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة ديالى

ABSTRACT الخلاصة

لم يسبق التطرق إلى دور العناصر البصرية السالبة إطلاقاً في موضوع تكوين الصور الحقيقية ، ولكن الصور التي تكونها كعناصر مفردة هي صور خيالية مساوية لحجم الجسم في المرايا المستوية ، أو صور خيالية مصغرة في المرايا المحدبة والعدسات المقعرة (المفرقة). وعمليا ليست هناك حاجة إلى مثل هذه الصور ، فقد أهمل الحديث عن العناصر البصرية السالبة بصورة شبة كاملة في المراجع والكتب (65،4،3،2،1)

أن هذا البحث يثبت أن لهذه العناصر دورا مهما وعظيما في تكوين صور حقيقية وخيالية ذات خصائص لايمكن الحصول عليها باستخدام العناصر البصرية الموجبة لوحدها.

INTRODUCTION المقدمة

يتشعب علم البصريات إلى شعبتين:

- 1- البصريات الهندسية Geometrical Optics .
- 2- البصريات الفيزيائية Physical Optics .

حيث تعنى الشعبة الأولى بدراسة ظاهرتي الانكسار والانعكاس الضوئي عن العناصر البصرية كالعدسات والمناشير وما ينتج عنهما كظاهرة الزيغ بأنواعه في العدسات والمرايا. كذلك تعنى هذه الشعبة بدراسة بناء المنظومات البصرية التي تستغل الظاهرتين السابقتين في عملها . أما الشعبة الثانية فأنها تعنى بالظواهر الطبيعية للضوء كظواهر التداخل والحيود والاستقطاب الناتجة عن الحركة الموجية لمستعرضة Transfer Wave Motion للضوء.

وما يعيننا هنا هو ما يتعلق بالشعبة الأولى أو بالاحرى ما ادعوه الهندسة البصرية.

أن تفاعل الضوء مع المواد المختلفة ينتج عنه ظاهرتي الانكسار (Refraction) بعد نفوذ الضوء إلى الوسط الجديد) وهو عادة مواد عازلة (Dielectric materials) ، والانعكاس عند ارتداد الضوء إلى أسطح المواد(وهي أغلبها مواد موصلة (Conducting materials). وما ينتج عن تلكما الظاهرتين يعتمد في الأساس على الخواص الهندسية للعنصر البصري. وقد أدت هذه الخواص إلى تقسيم تلك العناصر إلى:

1- عناصر بصرية موجبة (Positive optical elements) كالعناصر المحدبة(اللامعة) والمرابا المقعرة.

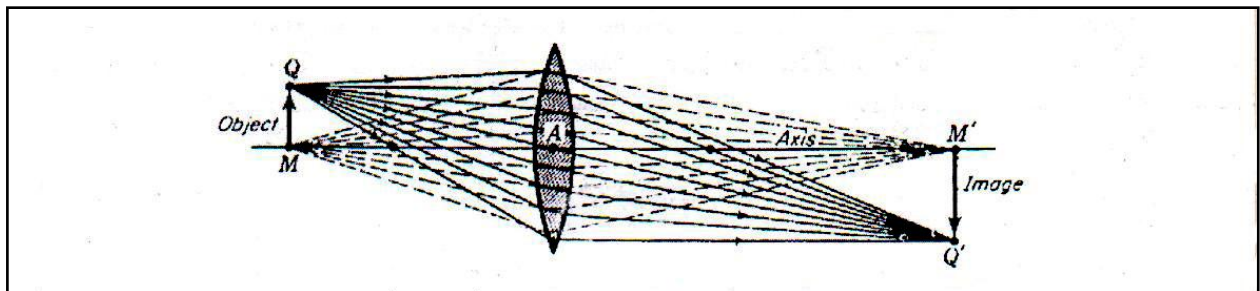
2- عناصر بصرية سالبة (Negative optical elements) كالعناصر المقعرة والمرابا المستوية.

إن الأشعة المنبعثة من نقطة جسمية واحدة هي عادة أشعة متفرقة (Diverge rays) تحمل صورة تلك النقطة. ولكنها لا تكون صورة واضحة لتلك النقطة مالم تكن ذات شدة كافية بحيث تتحسسها الكواشف المستخدمة (كعين الإنسان) ، ويتم ذلك بتجميع Converge تلك الأشعة في نقطة واحدة لتكوين صورة للنقطة الجسمية باستخدام العناصر البصرية الموجبة(كعدسة عين الإنسان). أما العناصر البصرية السالبة فإن الصور التي تكونها تنتج عن التقاء امتدادات تلك الأشعة بعد انكسارها أو انعكاسها وتدعى تلك الصور بالصور الخيالية حيث لا يمكن إسقاطها على الشاشة.

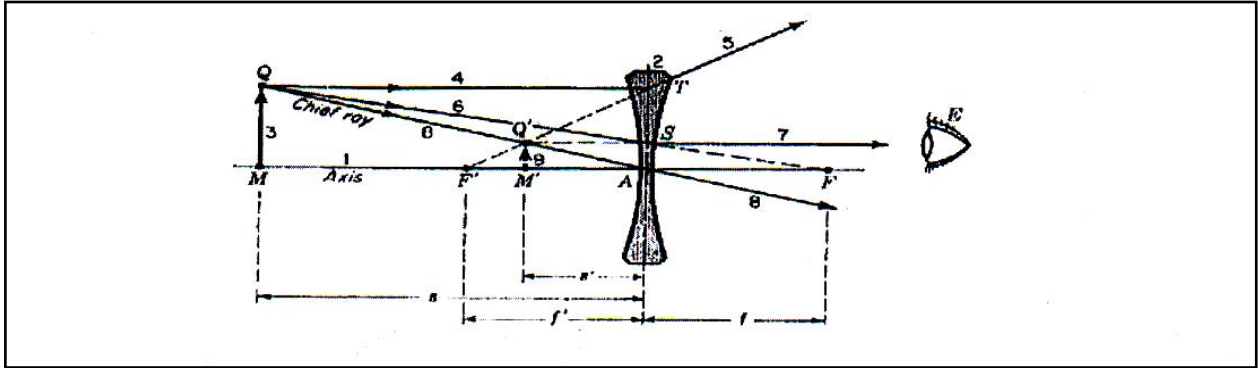
كما أن العناصر البصرية الموجبة تُكون صوراً خيالية لمواقع معينة للجسم (عندما $S < f$) حيث S بعد الجسم عن بعد الجسم عن المستوى الأساسي (Principle Plan) للعنصر البصري و f بعد بؤرته عن ذلك المستوي.

أما العناصر البصرية السالبة فإنها لا تكون لوحدها صورة حقيقية أيا كان بعد الجسم عنها.

(لاحظ الشكل 1- أ)



الشكل (1-أ) نموذج للصور الحقيقية التي يكونها العنصر البصري الموجب عندما $S > f$



الشكل (1-ب) نموذج للصور الخيالية التي يكونها العنصر البصري السالب لكافة قيم S .

إذن فإن العناصر البصرية السالبة تزيد الأشعة المنفرجة انفرجاً لكافة إبعاد الجسم (S) لذا فإننا نتوقع حصول العكس عند سقوط أشعة متجمعة عليها ، ويتحقق ذلك فقط بالاستعانة بعنصر بصري موجب يوضع بين الجسم والعنصر البصري السالب وفي مواقع محددة .

إن التجارب العملية التي أجريناها بينت صحة التوقع أعلاه والذي سنثبتته لاحقاً رياضياً وبيانياً . وأحب أن أشير هنا إلى ما ذكرته بعض المصادر العلمية عن استخدام العدسة المحدبة لقياس البعد البؤري للعدسة المقعرة شرط أن تكون قوة العدسة المحدبة أكبر من قوة العدسة المقعرة وسنثبت لاحقاً خطأ هذا الشرط. كما إن تلك المصادر لم تتحدث إطلاقاً عن تكوين صورة حقيقية في مثل هذه المنظومات ولا مديات عملها ولا شروط التكوين.

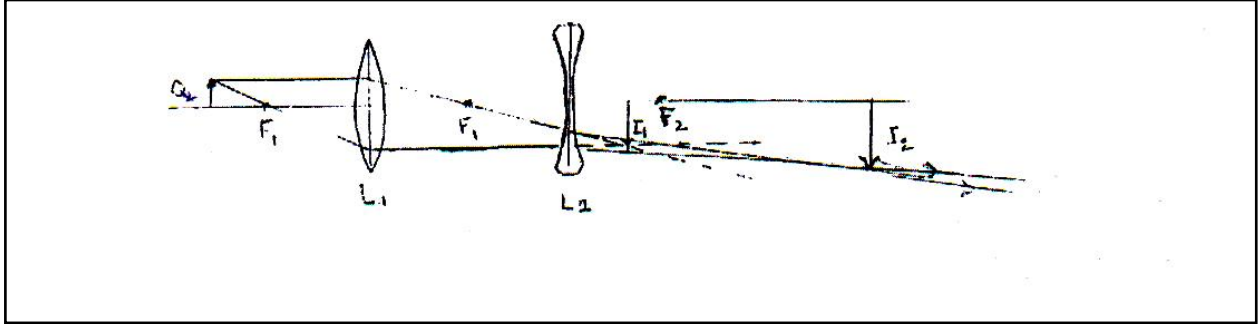
النظرية THEOREY :-

لقد تم استخدام نظام المصفوفات في البصرييات أواخر الستينيات ^(7:3) وهو نظام يعتمد في تحديد مواقع الصور وخواصها النهائية عند أي عدد من العناصر البصرية موضوعة على محور بصري (Optical axis) واحد على عاملين أساسيين:

1- زاوية ميل الشعاع الساقط مع المحور البصري .

2- ارتفاع الشعاع الساقط على المحور البصري.

ولقد استخدمنا هذا النظام لمعرفة شروط تكوين صور حقيقية وباستخدام العناصر البصرية السالبة واستحصال صيغ رياضية ثابتة لمديات التكوين وشروطه، لاحظ الشكل (2)



الشكل (2) نموذج للصور الحقيقية التي يكونها العنصر البصري السالب بمساعدة العنصر البصري

الموجب عندما $|S_2| < |f_2|$

$$\begin{bmatrix} h_2 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ 0 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} h_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & S' \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -P_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -P & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & S \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

حيث أن d تمثل المسافة بين عنصر بصري وآخر.

D تمثل مقلوب التكبير العرضي أو التكبير الزاوي.

$$= \begin{bmatrix} 1 & S' \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & d \\ -P & (1 - P_2 d) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & S \\ -P_1 & (1 - P_1 S) \end{bmatrix}$$

وان P هي قوة العنصر البصري.

$$= \begin{bmatrix} 1 & S' \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - P_1 d & S + d - P_1 S d \\ -(P_1 + P_2 - P_1 P_2 d) & (1 - P_2 d)(1 - P_1 S) - P_2 S \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (1 - P_1 d) - S'(P_1 + P_2 - P_1 P_2 d) & S + d - P_1 S d + P_2 S S' + S'(1 - P_2 d)(1 - P_1 S) \\ -(P_1 + P_2 - P_1 P_2 d) & (1 - P_2 d)(1 - P_1 S) - P_2 S \end{bmatrix}$$

ولتحديد موقع الصورة في المصفوفة يصفر العنصر B وفيه ينتج

$$S' = \frac{S + d(1 - P_1 S)}{(1 - P_2 d)(1 - P_1 S) - P_2 S} \dots\dots\dots(1)$$

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \dots\dots\dots$$

حيث أن

$$S' = \frac{f_2 [f_1 (S + d) - S d]}{[f_1 (S + d) - S d] + f_2 (S - f_1)} \dots\dots\dots(2)$$

إن العلاقة (2) تعطي موقع الصورة النهائية S_2 وهي بعد الصورة عن العنصر السالب في النظام الكاوسي والتي حملت الرمز S هنا .

بينما يمثل S هنا المتغير S_1 في النظام الكاوسي وهو بعد الجسم عن العنصر البصري الموجب. S_1 وهو بعد الصورة التي يكونها العنصر البصري الموجب عن ذلك العنصر. علماً بأن النظام الكاوسي هو الذي يحدد على أساسه مسار الشعاع الضوئي قبل دخوله المنظومة وبعد خروجه منها.

شروط تكوين الصورة وخصائصها:-

عودة إلى النظام الكاوسي في البصريات نجد أن

$$S'_1 = \frac{S_1 f_1}{S_1 - f_1} \dots\dots\dots(3)$$

$$S'_2 = \frac{S_2 f_2}{S_2 - f_2} \dots\dots\dots(4)$$

$$S_2 = d - S'_1 = -(S'_1 - d) \dots\dots\dots(5)$$

من (3) و (5) نحصل على

$$S'_2 = - \left[\frac{f_1(S_1 + d) - S_1 d}{(S_1 - f_1)} \right] \dots\dots\dots(6)$$

لذا يمكن إعادة صياغة العلاقة (2) كما يلي:-

$$S' = \frac{-f_2 \left[\frac{f_1(S + d) - Sd}{(S - f_1)} \right]}{- \left[\frac{f_1(s + d) - Sd}{(S - f_1)} \right] - f_2} \dots\dots\dots(7)$$

وحيث أن f_2 سالبة والقيمة الموجبة ل S_2 تلغي تأثير العنصر البصري الموجب ، إذا فان القيم المفيدة هي القيم السالبة ل S_2 وهذا يجعل البسط موجب القيمة ، وكذلك المقام أي إن $S \square \square$ ذات قيمة موجبة والصورة المتكونة صورة حقيقية وبالعكس.
لتحقيق صور حقيقية إذا يجب أن يتحقق الشرط التالي:-

$$-\left[\frac{f_1 (S + d) - Sd}{(S - f_1)} \right] - f_2 \geq 0 \dots\dots\dots(8)$$

وحل هذه المتباينة يؤدي إلى:-

$$S \geq \frac{f_1(d - f_2)}{(d - f_2) - f_1}$$

or

$$\dots\dots\dots(9)$$

$$d \geq f_2 + \frac{Sf_1}{(S - f_1)}$$

وباستخدام العلاقة (3) يكون شرط تكوين الصورة الحقيقية هي

$$d \geq f_2 + S'_1 \geq 0 \dots\dots\dots(10)$$

$$S'_1 > d - f_2 \dots\dots\dots(11)$$

لتكوين صورة سالبة

ولغرض معرفة التكبير العرضي m الناتج نعود إلى العنصر D في المصفوفة .

$$m = \frac{1}{D}$$

$$\therefore m = \frac{1}{(1 - P_2d)(1 - P_1S) - P_2S} \dots\dots\dots(12)$$

وحل هذه المعادلة وبالإستعانة بالمعادلة (2) يؤدي إلى:-

$$m = \frac{f_1 S'}{f_1(S + d) - Sd} \dots\dots\dots(13)$$

m تمثل التكبير العرضي .

-:PLANE MIRROR المرابيا المستوية

أن المعادلة (2) تحدد موقع الصورة النهائية المتولدة باستخدام أي عنصر بصري سالب بوجود العنصر البصري الموجب (عدسة محدبة أو مرآة مقعرة) . ولكن في حالة المرآة المستوية حيث تصبح العلاقة

: (1)

$$S' = + \left[\frac{f_1(S + d) - Sd}{(S - f_1)} \right]$$

وحيث أن $S \square$ في المعادلة (2) هي حقيقة $S_2 \square$ ، والحد الأيمن من المعادلة (6) هو $-S_2$

$$\therefore S'_2 = -S_2$$

أي إن المرآة المستخدمة مع العنصر البصري الموجب ستكون صور حقيقية لكنها لا تغير من موقعها النهائي ولا حجمها ولكن تغير من اتجاه سقوط الصورة النهائية.

النتائج والحسابات RESULTS AND CALCULATION

لقد تم مختبرياً بناء منظومة بصرية كما في الشكل (2) للتأكد عملياً من النتيجة في العلاقة (2) ببعدين بؤرتين للعدسة اللامة $f_1 = +10 \text{ cm}$ للعدسة المفرقة $f_2 = -10 \text{ cm}$ وكانت النتائج كما في الجدول (1) والتي استخدمت لرسم العلاقة البيانية بين S و S' للعنصر البصري الموجب لوحدته ثم للعنصرين معا الشكل (3) :-

الجدول (1)

Curves 3.4		Curves 1.2	
S_2	\acute{S}_2	S_1 cm	\acute{S}_2 cm
0	0	0	0
-2	2.5	2	-2.5
-3	4.28	4	-6.67
-4	6.666	6	-15
-5	10	8	-40
-6	15	8.5	-43.33
-7	23.333	10	∞
-8	40	12	60
-9	90	13	43.333
-10	∞	14	35
-12	-60	16	26.667
-13	-43.33	18	22.5
-14	-35	20	20
-16	-26.666	22	18.33
-18	-22.5	24	17.14
-20	-20	26	16.25
-22	-18.33	28	15.55
-24	-17.1		
-26	-16.25		
-28	-15.55		
-30	-15		

يمثل المنحني (1) العلاقة بين S و $S \square$ للعنصر البصري الموجب لوحدته عندما $S \geq f$ والصور الناتجة حقيقية مقلوبة تتراوح بين تكبير وتصغير لصورة الجسم اعتماداً على قيمة S . بينما يمثل المنحني (2) العلاقة بين S و $S \square$ عندما $S < f$ وهي عادة صورة خيالية معتدلة ومكبرة دائماً. بين المنحني (3) خصائص الصور الحقيقية المكونة بواسطة العنصر البصري السالب وبمساعدة العنصر البصري الموجب والتي تحقق المعادلة (10) وهي صورة حقيقية مكبرة دائماً ومعتدلة بالنسبة للجسم الخيالي المستخدم (الصورة الأولى للجسم الأصلي التي كونها العنصر البصري الموجب) أي إنها صورة مقلوبة بالنسبة للجسم وهي بذلك تقابل حالة تكون الصورة الخيالية لجسم حقيقي في العناصر البصرية الموجبة عن عدم $S < f_1$ (المنحني 2).

أما الصور الخيالية المتكونة في العناصر البصرية السالبة والتي تحققها العلاقة (11) فيوضحها المنحني (4) ، وهي صورة مقلوبة بالنسبة للجسم الخيالي المستخدم (الصورة التي كونها العنصر البصري السالب للجسم) وهي تعتمد في حجمها على موقع الجسم الخيالي بالنسبة للعنصر البصري السالب وهي تعطي الحالات الأربع لتكوين الصور في العناصر البصرية الموجبة عندما $S > f$ (المنحني 1).

المناقشة Discussion:-

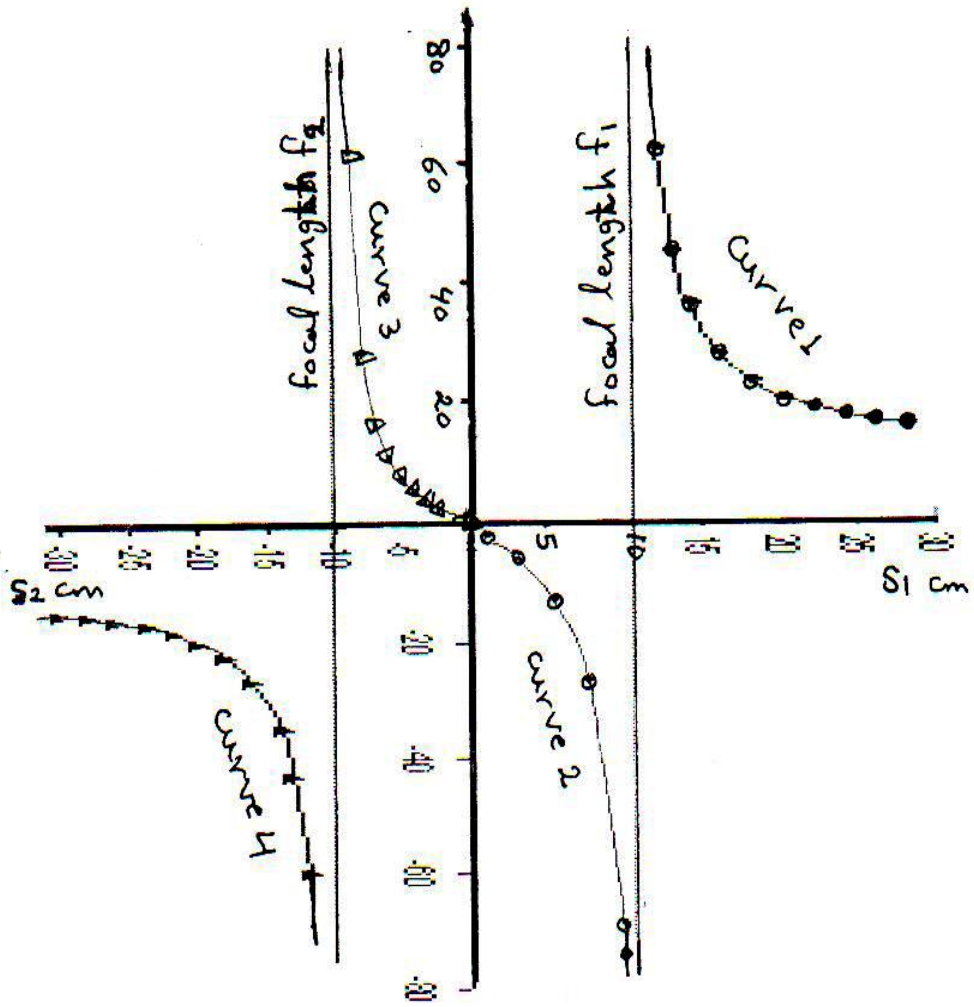
إن استخدام العناصر البصرية السالبة في منظومات تكوين الصور الحقيقية أو الخيالية بمساعدة العناصر البصرية الموجبة يعطينا ميزات جديدة لا يمكن الحصول عليها باستخدام عنصرين بصريين موجبين فهي تحقق :

- 1- تكبيراً إضافياً لتكبير العنصر البصري الموجب .
- 2- إمكانية تكوين صور خيالية مكبرة ومعتدلة بالنسبة للجسم الأصلي وفق الشروط المذكورة آنفاً مما يجعلها حالة متميزة للاستخدام في التلسكوبات الفلكية بدلاً من استخدام عدستين موجبتين تكونان صورة نهائية خيالية مقلوبة تحتاج إلى تعديل .
- 3- إمكانية عكس الصورة النهائية المكبرة بالعنصر البصري الموجب مع المرآة المستوية أو المكبرة مرتين باستخدام العنصر البصري الموجب مع المرآة المحدبة.
- 4- أما بالنسبة لمنظومات الليزر فإن شعاع الليزر ذو انفرجاجة قليلة تعتمد على خصائص المرنان البصري المستخدم بالدرجة الأساس ، ولا يخلو أي نوع من الليزر من ظاهرة الانفرجاجة ولكن بمقادير مختلفة للسبب سالف الذكر. وتتطلب التطبيقات المختلفة لليزر الحصول على أشعة مبرورة

Focused في مكان معين كما في عملية التثقيب أو اللحام وعند تعدد الطبقات المتوازية الراد تثقيبها مثلاً يجب تغير التنبير Focusing بصورة مستمرة ويمكن تحقيق ذلك باستخدام منظومة من عدستين موجبة وسالبة على التوالي بحيث يكون تركيز أشعة الليزر على السطح الأول باستخدام العدسة اللامة وحدها ثم إدخال العدسة المفرقة وبتغيير المسافة (d) بينهما يمكن تغيير موضع التنبير وحسب الحاجة دون تحريك المصدر (الليزر) أو الألواح. أمل إذا كان المطلوب جبهة مستوية فيمكن تحقيقها باستخدام العلاقة :

$$S_1 \square = d - f_2$$

أما إذا أريد الحصول على منظومة إشعاع توسيع الليزر (Beam expander) ويجب تطبيق العلاقة (8). كذلك يمكن استخدام المنظومة في كافة النواظير.



الشكل (3) منحنيات العلاقة \bar{S}, S

1. \bigcirc للعدسة اللامة.
2. \triangle للعدسة المركبة لامة - مفرقة.

Reference:

- 1. Optic , Francis Weston Sears , Addison – Wesley publishing company Inc. 1949.**
- 2. Fundamentals of optics , Francis A. Jenkins and Harvey E.White. 1967.**
- 3. Introduction to Classical and Modern optics , Jurgen R. Meyer and Arendt M.D Prentice – Hall , Inc , Englewood Cliffs , New Jersey 0.7632 , 1984.**
- 4. Optics , Ajoy Ghatak , Tata Mcghraw – Hill Publishing Company Limited. New Delhi 1992.**
- 5. A Textbook of optics , N. Subrahmanyam , Brijlal and Ram Nagar , New Delhi 110058 , 1998.**
- 6. Introductory University optics , john Beynon , Prentics – Hall of India , New Delhi 110001 , 1998.**
- 7. Introduction to Matrix Methods in optics , Garrard and J.M.Burch , A. Wiley – Interscience Publication John Wiley &Sons , 1975.**

Real images of negative optical elements

AKRAM NOORI MOHAMMAD

ABDUL RAHMAN RASHED

ASAAD AHMED KAMIL

Abstract:-

It was never talking about real images that negative optical elements made since all images formed by these optical elements alone are virtual equal in their sizes to the object size in plane mirrors or virtual images with smaller size than the object in concave lenses and convex mirrors, and since there is no need to these images so spoke about these elements ignored nearly in all reference .^(1,2,3,4,5,6)

This search give the proof that these optical elements have an important and great position in real and virtual image formation with special properties that can't obtained by positive optical elements alone.