

$$c = \frac{d}{n} \quad \dots \dots (9)$$

حيث تمثل (r_2, r_1) انصاف اقطار تكور سطحي العدسة الرقيقة اللامة ، (r_3) نصف قطر تكور المرأة المقررة ، (d) المسافة من العدسة اللامة الى المرأة المقررة ، (n) معامل انكسار الوسط بين العدسة الرقيقة والمرأة ، (n') معامل انكسار العدسة الرقيقة .

لابجاد موقع النقطة الاساسية للمرأة السميكة نستخدم العلاقة :

$$H_1 H = \frac{c}{1 - c P_1} \quad \dots \dots (10)$$

ولابجاد موقع البؤرة للمرأة السميكة نستخدم العلاقة :

$$FH = f - H_1 H \quad \dots \dots (11)$$

B. صيغة النوع الثاني (Type 2 formula)

ان الصيغة العامة للمرأة السميكة لنوع الثاني هي :

$$P = \frac{1}{f} = (1 - c P_1)(2P_1 + P_2 - c P_1 P_2)$$

تمثل (P_1) تمثل قدرة السطح الاول للعدسة السميكة ، (P_2) قدرة المرأة المقررة وكما يلي:

$$P_1 = \frac{1}{f_1} = (n' - n) \left(\frac{1}{r_1} \right) \quad \dots \dots (12)$$

$$P_2 = -\frac{2n'}{r_2} \quad \dots \dots (13)$$

$$c = \frac{d}{n'} \quad \dots \dots (14)$$

حيث تمثل (r_1) نصف قطر تكور السطح الاول للعدسة السميكة ، (r_2) نصف قطر تكور المرأة المقررة ، (d) سمك العدسة السميكة ، (n) معامل انكسار الوسط المحيط بالمرأة السميكة (غالبا هواء) ، (n') معامل انكسار المرأة السميكة . اما موقع النقطة الاساسية والبؤرة للمرأة السميكة نستخدم العلاقتين (10 , 11).

C. صيغة النوع الثالث (Type 3 formula)

ان استخدام عدسة رقيقة في النوع الثالث من المرايا السميكة يجعل قيمة سماكتها صفر ($d=0$) ، وبالتالي قيمة ($c=0$) ، لذلك تختزل الصيغة العامة للمرآة السميكة للنوع الثالث كالتالي :

$$P = 2P_1 + P_2 \quad \dots \dots \quad (15)$$

تمثل (P_1, P_2) قدرة السطح الاول والثاني للعدسة الرقيقة على الترتيب، وكما يلي:

$$P_1 = \frac{1}{f_1} = (n' - n) \left(\frac{1}{r_1} \right)$$

$$P_2 = -\frac{2n'}{r_2}$$

حيث تمثل (r_1, r_2) انصاف اقطار تكور سطحي العدسة الرقيقة الاول والثاني على الترتيب ، (n) معامل انكسار الوسط المحيط بالعدسة الرقيقة (غالبا هواء) ، (n') معامل انكسار العدسة الرقيقة جدير بالذكر انه لا توجد نقطة اساسية في النوع الثالث من المرايا السميكة بسبب اهمال السمك ($d=0$) ، بينما البؤرة تحسب بطريقة الرسم .

10. مسائل الفصل الخامس (Problems)

1) مرآة مقعرة نصف قطر تكورها (30 cm) . وضع جسم ارتفاعه (4 cm) على مسافة (60 cm) أمام المرآة . جد (a). صفات الصورة المتكونة ، (b). ارتفاع الصورة .

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

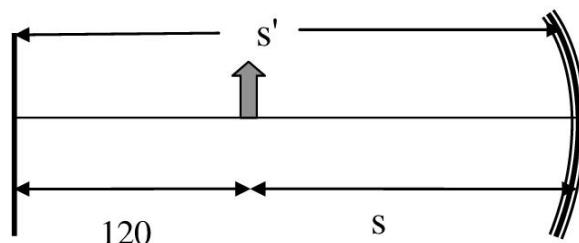
$$\frac{1}{60} + \frac{1}{s'} = -\frac{2}{-30} \Rightarrow s' = 20 \text{ cm}$$

$$m = -\frac{s'}{s} = -\frac{20}{60} = -0.33$$

اذن الصورة حقيقة تقع امام المرآة بمسافة (20 cm) ، كذلك الصورة مصغرة ومقلوبة

$$b) m = \frac{y'}{y} \Rightarrow -0.33 = \frac{y'}{4} \Rightarrow y' = |-1.33| = 1.33$$

2) مرآة مقعرة استخدمت لتكوين صورة لجسم يبعد عن شاشة بمقدار (120 cm) . فإذا كان المطلوب تكوين صورة حقيقة مقلوبة ومكثرة بمقدار (16) مرة على الشاشة . ما هو نصف قطر التكبير المناسب لهذه المرآة ؟



$$s' = 120 + s$$

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

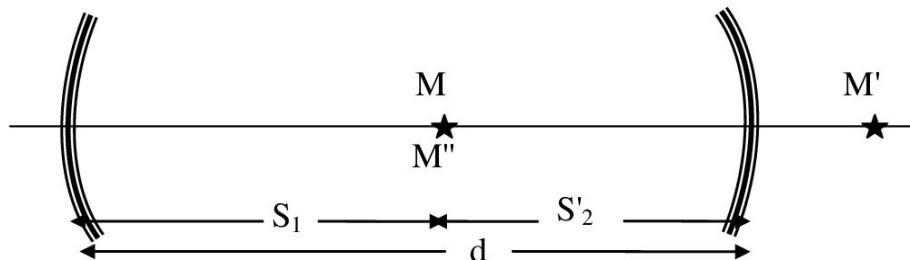
$$-16 = -\frac{120 + s}{s}$$

$$16s = 120 + s \Rightarrow s = \frac{120}{15} = 8\text{cm}$$

$$s' = 120 + 8 = 128 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = -\frac{2}{r} \Rightarrow \frac{1}{8} + \frac{1}{128} = -\frac{2}{r} \Rightarrow r = -15 \text{ cm}$$

(3) مرآتين مقرعتين أقصاً فـأقطارهما (24 cm) ، (28 cm) ، وضعاً بحيث كان سطحيهما العاكسين متقابلين ، ثم وضع جسم على بعد (15 cm) عن المرأة الأولى بحيث انتطبق موقع الصورة النهائية على موقع الجسم . جد مقدار المسافة بين المرآتين .



$$d = s_1 + s'_2 = 15 + s'_2 \quad \Rightarrow \quad s'_2 = d - 15$$

$$(mirror\ 1) \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s'_1} = -\frac{2}{r_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{15} + \frac{1}{s'_1} = -\frac{2}{-24} \quad \Rightarrow \quad s'_1 = 60\ cm$$

نفرض ان الصورة المتكونة في المرأة الاولى هي بمثابة جسم بالنسبة للمرأة الثانية :

$$s_2 = d - s'_1 = d - 60$$

$$(mirror \ 1) \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s'_2} = -\frac{2}{r_2} \Rightarrow \frac{1}{(d-60)} + \frac{1}{(d-15)} = -\frac{2}{-28}$$

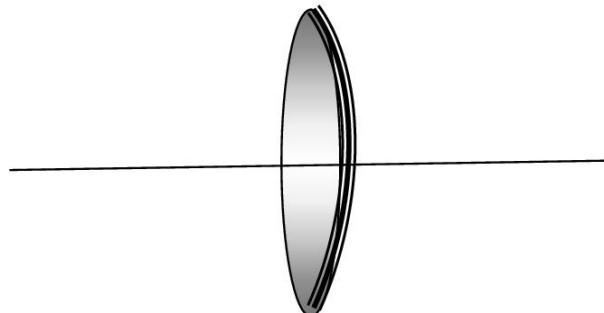
$$\frac{(d-15) + (d-60)}{(d-60)(d-15)} = \frac{1}{14}$$

$$d^2 - 103d + 1950 = 0$$

$$(d-78)(d-25) = 0$$

$$\therefore d = 78 \text{ cm} \quad or \quad d = 25 \text{ cm}$$

4) عدسة رقيقة لامة (متساوية التكور) معامل انكسارها (1.6) وانصاف اقطار تكور سطحها (12 cm) . فرض احد سطحها بحيث اصبح مرآة مقعرة . جد قدرة هذا النظام

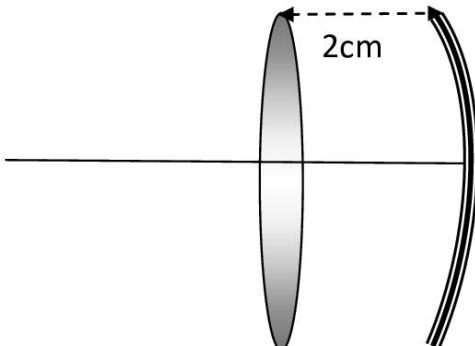


$$P_1 = \frac{n' - n}{r_1} = \frac{1.6 - 1}{12 * 10^{-2}} = 5 \text{ D}$$

$$P_2 = -\frac{2n'}{r_2} = -\frac{2 * 1.6}{-12 * 10^{-2}} = 26.6 \text{ D}$$

$$P = 2P_1 + P_2 = 2 * 5 + 26.6 = 36.6 \text{ D}$$

5) عدسة رقيقة لامة بعدها البؤري (12 cm) موضع امامها بمسافة (2cm) مرآة م-curved نصف قطر تكورها (20 cm) . جد : (a) . قدرة المرايا السميكة ، (b) . البعد البؤري للمرأة السميكة ، (c) . موقع النقطة الاساسية وموقع البؤرة .



$$a) P_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{12 * 10^{-2}} = 8.33 D$$

$$P_2 = -\frac{2n}{r} = -\frac{2 * 1}{-20 * 10^{-2}} = 10 D$$

$$c = \frac{d}{n} = \frac{2}{1} = 2 * 10^{-2} = 0.02 m$$

$$P = (1 - cP_1)(2P_1 + P_2 - cP_1P_2)$$

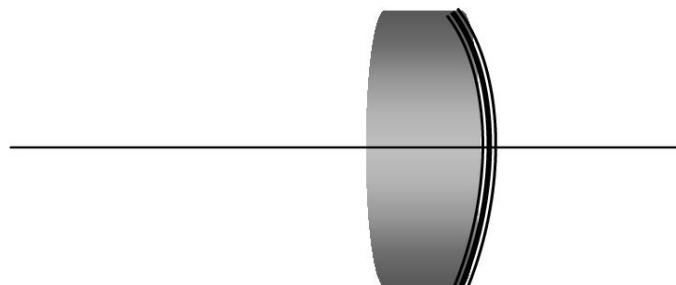
$$P = (1 - 0.02 * 8.33)(2 * 8.33 + 10 - 0.02 * 8.33 * 10) = 20.8 D$$

$$b) f = \frac{1}{P} = \frac{1}{20.8} = 0.048 m$$

$$c) H_1 H = \frac{c}{1 - cP_1} = \frac{0.02}{1 - 0.02 * 8.33} = 0.024 m$$

$$FH_1 = f - H_1 H = 0.048 - 0.024 = 0.024 m$$

6) عدسة لامة محدبة الوجهين سماكتها (3 cm) ومعامل انكسار زجاجها (1.6) وانضاف اقطار تكور سطحيفها ($r_1=12\text{ cm}$ ، $r_2=32\text{ cm}$) ، فضلاً احد سطحيفها بحيث أصبح مرآة مفورة . جد : (a) . قدرة المرأة السميكة ، (b) . البعد البؤري للمرأة السميكة ، (c) . موقع النقطة الأساسية وموقع البؤرة .



$$a) P_1 = \frac{n' - n}{r_1} = \frac{1.6 - 1}{12 * 10^{-2}} = 5 D$$

$$P_2 = -\frac{2n'}{r_2} = -\frac{2 * 1.6}{-32 * 10^{-2}} = 10 D$$

$$c = \frac{d}{n'} = \frac{3}{1.6} = 1.8 * 10^{-2} = 0.018 m$$

$$P = (1 - cP_1)(2P_1 + P_2 - cP_1P_2)$$

$$P = (1 - 0.018 * 5)(2 * 5 + 10 - 0.018 * 5 * 10) = 17 D$$

$$b) f = \frac{1}{P} = \frac{1}{17} = 0.06 m$$

$$c) H_1H = \frac{c}{1 - cP_1} = \frac{0.018}{1 - 0.018 * 5} = 0.02 m$$

$$FH_1 = f - H_1H = 0.06 - 0.02 = 0.04 m$$

1. مقدمة (Introduction)

جميع العلاقات السابقة التي تربط بين بعد الجسم وبعد الصورة وانصاف اقطار التكorum والبعد البؤري ... الخ مشتقة على اساس ان جميع الاشعة الصادرة من الاجسام هي اشعة شبه محورية (paraxial rays) (تصنع زاوية صغيرة مع المحور) ، لذلك استخدم التقرير الذي يجعل جيب زاوية السقوط يساوي الزاوية نفسها ($\sin\theta \approx \theta$) . على هذا الاساس افترض ان جميع الاشعة تتقطع بعد الانعكاس والانكسار في نفس النقطة ، وبذلك نحصل على صورة مثالية نظريا.

اما بشكل عام فان الاشعة الصادرة من الجسم لا تكون جميعها اشعة شبه محورية ، بل تصدر من نفس النقطة من الجسم بجميع الاتجاهات فتكون اشعة شبه محوري (قريبة من المحور) وأشعة غير محورية (marginal rays) (بعيدة عن المحور) تصنع زوايا كبيرة مع المحور ، فلا يمكن استخدام تقرير جيب الزاوية لكونه لا يصلح رياضيا في تعين موقع تقاطع الاشعة . لذلك يستخدم مفوكوك دالة الجيب للتعبير عن قيمة هذه الدالة بصورة دقيقة كما في المعادلة ادناه

$$\sin\theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots \dots \dots \quad (1)$$

ان الاشعة الصادرة من نقطة واحدة لا تتقطع بعد الانعكاس او الانكسار في نقطة واحدة عمليا بل في اكثر من نقطة . نتيجة لذلك تظهر الصورة مشوشة وغير واضحة المعالم وهذه الظاهرة تدعى بالزيغ (aberration) .

ان سبب حدوث الزيغ ليس نتيجة عيب صناعي في العدسات والمرآيا ، بل نتيجة تطبيق قوانين الانكسار والانعكاس على السطوح الكروية بالنسبة لجميع الاشعة الساقطة (شبه المحورية وغير المحورية) .

2. أنواع الزيغ (Types of Aberration)

يتالف الزيغ من نوعين اساسيين حسب نوع الضوء الساقط . فاذا كان الضوء الساقط هو احادي الطول الموجي (monochromatic light) يسمى الزيغ الناتج بالزيغ اللالوني (monochromatic aberration) ينتج من عدم تقاطع الاشعة شبه المحورية و غير المحورية في نقطة واحدة ويحدث في العدسات والمرآيا . اما اذا كان الضوء الساقط هو متعدد الطول الموجي (chromatic light) مثل الضوء الابيض فيسمى الزيغ الناتج بالزيغ اللوني (chromatic aberration) الذي ينتج من ظاهرة التفرير (dispersion) الذي تنتج اشعة غير متقاطعة في نقطة واحدة حتى لو كانت الاشعة شبه محورية ويحدث في العدسات فقط .

3. الزيغ اللالوني (Monochromatic Aberration)

عند استخدام ضوء احادي الطول الموجي وسقوط الاشعة شبه المحورية وغير المحورية على السطح الكروي ينتج عدم تقاطع الاشعة في نقطة واحدة بعد الانعكاس او الانكسار ، تسمى هذه الظاهرة بالزيغ الاللوني . يتالف الزيغ الاللوني من ستة انواع رئيسية تعتمد على شكل الزيغ الناتج وموقع الجسم بالنسبة للمحور البصري ، هذه الانواع هي :

- الغيش البصري (defocus aberration)
- الزيغ الكروي (spherical aberration)
- زيج المذنب (coma aberration)
- الزيغ الابؤري (Astigmatism)
- زيج تكور المجال (field curvature)
- زيج التشوه (distortion)

A. الغيش البصري (Defocus Aberration)

هو نوع من انواع الزيغ الذي يحدث عندما لا تلتقي كل الاشعة القادمة من نقطة واحدة في جسم ما عند نفس النقطة على مستوى الصورة . فت تكون نتيجة لذلك صورة ضبابية متداخلة مع بعضها، ان سبب هذا الزيغ هو عدم وضع حاجز استلام الصورة في المكان المناسب حيث تتكون ، فتتبادر الاشعة القادمة من الجسم على الحاجز مما يؤدي الى نقصان قيمة التباين والحدة للصورة أي تقل جودة الصورة .

ان هذا الزيغ يحدث في الاجهزه البصرية كالمجهر والمقراب والعين البشرية ، حيث يعزى سبب حدوثه في العين البشرية لتشوه كروية العين (نفطاح) ، وفي حالة تفلطحها افقيا لا تتكون الصورة على شبکية العين (retina) بل امامها مسببة قصر البصر (myopia) . اما في حالة تفلطحها عموديا فت تكون الصورة خلف الشبکية مسببة بعد البصر (hypermetropia) .

ممكن ازالة الغيش البصري بالأنظمة البصرية عن طريق تغيير موقع حاجز الصورة لت تكون في المكان المناسب . بينما في العين لا يمكن ذلك الا عن طريق تصحيح مسار مسار الاشعة القادمة الى العدسة بوضع عدسة لامة (بعد البصر) او عدسة مفرقة (القصر البصر) لجعل الصورة تتكون في المكان المناسب (في الشبکية) .

B. الزيغ الكروي (Spherical Aberration)

ينتج الزيغ الكروي من عدم تقاطع الاشعة الصادرة من جسم محوري (واقع على المحور البصري) في نقطة واحدة بعد الانعكاس او الانكسار ، فتقاطع الاشعة غير المحورية (marginal)