



الشكل (8) : الزيغ اللوني

• طرائق تقليل الزيغ اللوني

هناك عدة طرائق لتقليل الزيغ اللوني يمكن من خلالها اختيار مجموعة مواصفات للعدسة المستخدمة يكون لها دور في تقليل الزيغ . ان اهم هذه الطرائق يمكن تلخيصها بالاتي :

(1) عدسة لاللونية مكونة من عدستين متلاصقتين (Contact Achromatic Lens) يمكن تقليل الزيغ اللوني باستخدام عدسة خاصة تسمى عدسة لاللونية (achromatic lens) تتكون غالبا من عدستين مختلفتين في معامل الانكسار تلتصقان معا ، أشهر هذه الانواع هي العدسة المركبة التي تتكون من الزجاج التاجي (crown glass) والزجاج الصواني (flint glass) . ان شرط العدسة الاللونية يحسب من خلال المعادلة :

$$\frac{w_1}{f_1} + \frac{w_2}{f_2} = 0 \quad \dots \dots (2)$$

حيث (f_1, f_2) تمثل البعد البؤري للعدسة الاولى والثانية على الترتيب، وتحسب قيمتهما من العلاقات الآتية :

$$f_1 = f \frac{(w_2 - w_1)}{w_2} \quad \dots \dots (3)$$

$$f_2 = f \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \quad \dots \dots (4)$$

حيث (f) يمثل البعد البؤري المكافئ للعدسة المركبة اللالونية ، (w_1, w_2) تمثل قدرة التفريق للعدسة الاولى والثانية على الترتيب . ان قدرة التفريق للعدسة تمثل قابلية العدسة على تفريق الاطوال الموجية المختلفة بعد الانكسار ، وتحسب من خلال معرفة معاملات معاملات الانكسار الخاصة لكل طول موجي لمادة العدسة كما يلي :

$$w = \frac{n_B - n_R}{(n - 1)} \quad \dots \dots (5)$$

حيث (n_B, n_R) تمثل معاملات انكسار العدسة للونين الاحمر والازرق على الترتيب ، بينما (n) يمثل معامل الانكسار الوسطي للعدسة (او اللون الاصفر) .

(2) عدسة لالونية مكونة من عدستين منفصلتين (Separated Achromatic Lens)

يمكن استخدام عدستين مصنوعتين من نفس المادة لكن مفصولتين بمسافة للتغلب على الزيغ اللوني ، فتسمى العدسة المركبة المكونة عدسة لالونية . تخضع هذه العدسة لنفس شرط العدسة اللالونية ، مع الاخذ بنظر الاعتبار المسافة بين العدستين يجب ان تخضع للشرط الاتي :

$$d = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad \dots \dots (6)$$

(3) عدد آبي (Abbe Number)

ان اهم المعاملات الخاصة بقياس نسبة التفريق اللوني في المواد الشفافة هو عدد آبي (Abbe Number V) ، فكلما زاد عدد آبي قل التفريق اللوني في العدسة . ان قيمة عدد آبي ثابتة لكل مادة ، ويعتمد على معاملات الانكسار الخاصة بنوع المادة للطول الموجي للون الاحمر والازرق والاصفر . فمثلا للزجاج الصواني قليل التفريق يكون عدد آبي ($V > 55$) ، وللزجاج التاجي ($V < 25$) ، وللبلاستيك ($V < 35$) . لذلك فان الاختيار المناسب لنوع مادة العدسة من خلال قيمة عدد آبي توفر لنا عدسة ذات زيج لوني قليل نسبيا .

هناك طرائق اخرى لتقليل الزيغ اللوني منها استخدام عدسات هجينية (مزيج من مادتين او اكثر) ، لكنها مكلفة وتنطلب دقة صناعية عالية . أشهر هذه العدسات هي العدسة المكونة من الزجاج والفلور .

5. مسائل الفصل السادس

1) المطلوب صناعة عدسة لالونية لها بعد بوري (20 cm) تتكون من عدستين متلاصقتين احدهما متساوية التكور من الزجاج التاجي والثانية من الزجاج الصوانى ، معاملات الانكسار لهما تحسب من الجدول ادناه ما مقدار انصاف اقطار التكور المناسبة لكل عدسة

	n_B	n	n_R
Crown glass	1.515	1.509	1.507
Flint glass	1.638	1.625	1.620

$$\text{crown glass} \quad w_1 = \frac{n_B - n_R}{(n - 1)} = \frac{1.515 - 1.507}{1.509 - 1} = 0.015$$

$$\text{flint glass} \quad w_2 = \frac{n_B - n_R}{(n - 1)} = \frac{1.638 - 1.620}{1.625 - 1} = 0.027$$

$$f_1 = f \frac{(w_2 - w_1)}{w_2} = 20 * \frac{(0.027 - 0.015)}{0.027} = 8.91 \text{ cm}$$

$$f_2 = f \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} = 20 * \frac{(0.015 - 0.027)}{0.015} = -16.1 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_1} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (\text{note: } r_1 = -r_2)$$

$$\frac{1}{8.91} = (1.509 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{-r_1} \right)$$

$$r_1 = 9.08 \text{ cm} , \quad r_2 = -9.08 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_2} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (\text{note: } r_2 = r_3)$$

$$\frac{1}{-16.1} = (1.625 - 1) \left(\frac{1}{-9.08} - \frac{1}{r_4} \right)$$

$$r_3 = -9.08 \text{ cm} , \quad r_4 = -93.45 \text{ cm}$$

2) عدستان رقيقتان مصنوعتان من نفس المادة ، البعد البؤري للعدسة الاولى ($f_1=100\text{ cm}$) وضعتا على محور واحد بمسافة معينة بحيث كونتا عدسة لالونية بعدها البؤري ($f=50\text{ cm}$) . جد البعد البؤري للعدسة الثانية والمسافة بين العدستين .

$$d = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{f_1 + f_2}{2 f_1 f_2}$$

$$\frac{1}{50} = \frac{1}{100} + \frac{1}{f_2} - \frac{100 + f_2}{2 * 100 f_2}$$

$$f_2 = 33\text{ cm}$$

$$d = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{100 + 33}{2} = 66.5\text{ cm}$$

(3) عدسة لالونية بعدها البؤري (50 cm) مكونة من عدستين متلاصقتين . نصف قطر تكور سطحها المشترك (r = -30 cm) ، فإذا كانت قدرة التفريق للعدستين ($w_1=0.22$ ، $w_2=0.46$) ، ومعامل الانكسار الوسطي لهما ($n_1=1.52$ ، $n_2=1.63$) . ما مقدار انصاف اقطار التكور لكل عدسة ؟

$$\frac{w_1}{f_1} + \frac{w_2}{f_2} = 0$$

$$\frac{0.22}{f_1} + \frac{0.46}{f_2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f_1} = -\left(\frac{0.46}{0.22}\right) \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (d = 0)$$

$$\frac{1}{50} = -\left(\frac{0.46}{0.22}\right) \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 = -54.5 \text{ cm} , \quad f_1 = 26.1 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_1} = (n_1 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\frac{1}{26.1} = (1.52 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{-30} \right)$$

$$r_1 = 24.8 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_2} = (n_2 - 1) \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)$$

$$\frac{1}{-54.5} = (1.63 - 1) \left(\frac{1}{-30} - \frac{1}{r_4} \right)$$

$$r_4 = -23.9 \text{ cm}$$