25

Planokonvex lins med $r = 50\,mm$ för krökta ytan har fokallängden $81.30\,mm$ för rött ljus, $80.64\,mm$ för grönt ljus, $79.10\,mm$ för blått ljus. Vilket abbetal har linsmaterialet?

Lösning: Låt F_c vara styrkan för rött ljus
F_e —— " —— grönt ljus
F_F —— " —— blått ljus

Abbetalet V ger förhållandet mellan dessa styrkor genom formeln:

$$F_F - F_c = \frac{F_e}{V}$$

Om man löser ut V ur denna formel fås att

$$V = \frac{F_e}{F_F - F_c} \qquad (*)$$

Nu återstår bara att bestämma styrkorna genom $F = \frac{1}{f}$:

$$F_c = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{0.0813\,m} = 12.300\,D$$

$$F_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{0.08064\,m} = 12.401\,D$$

$$F_F = \frac{1}{f_F} = \frac{1}{0.0791\,m} = 12.642\,D$$

Stoppa in dessa värden i (*) ger abbetalet!

$$V = \frac{12.401\,D}{12.642\,D - 12.3\,D} = \frac{12.401\,D}{0.342\,D} = \underline{36.26}$$

Svar: Abbetalet för linsen är $\underline{\underline{V = 36.26}}$

26

Reducerad ögonmodell: $r = 5.574\,mm$, $l' = 22.24\,mm$, brytningsindex som för vatten och beroende av våglängd. Beräkna objektavståndet L så att bilden hamnar på näthinnan för rött, grönt & blått ljus. (I dioptrier!)

Lösning: Använd avbildningsformeln $L' = L + F \Leftrightarrow \underline{L = L' - F}$. för varje färg för sig.

i) **Grönt ljus (e):** $n_e = 1.334466$ detta ger styrkan

$$F_e = \frac{n_e - 1}{r} = \frac{1.334466 - 1}{0.005574\,m} = 60.004665\,D$$

och bildavståndet i dioptrier

$$L'_e = \frac{n_e}{l} = \frac{1.334466}{0.02224\,m} = 60.002968\,D$$

Till sist blir objektavståndet för grönt ljus då,

$$L_e = L'_e - F_e = 60.004665\,D - 60.002968\,D = \underline{0.00\,D}$$

ii) **Rött ljus (C):** $n_c = 1.331151$

$$\left.\begin{aligned} F_c &= \frac{1.331151 - 1}{0.005574\,m} = 59.4099\,D \\ L'_c &= \frac{1.331151}{0.02224\,m} = 59.8539\,D \end{aligned}\right\} \Rightarrow L_c = L'_c - F_c = \underline{0.44\,D}$$

iii) **Blått ljus (F):** $n_F = 1.337123$

$$\left.\begin{aligned} F_F &= \frac{1.337123 - 1}{0.005574\,m} = 60.4813\,D \\ L'_F &= \frac{1.337123}{0.02224\,m} = 60.1224\,D \end{aligned}\right\} \Rightarrow L_F = L'_F - F_F = \underline{-0.36\,D}$$

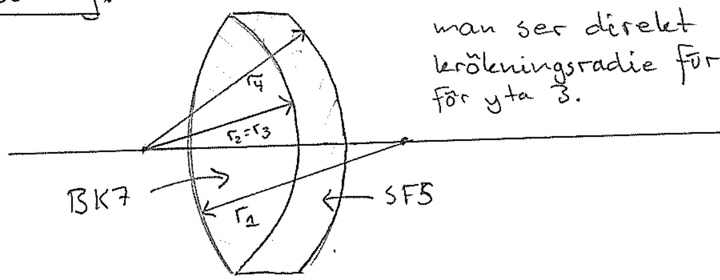
Svar: Rött: $L_c = 0{,}44\,D$, Blått: $L_F = -0.36\,D$

Grönt: $L_e = 0.00\,D$ endast för grönt ljus hamna objektet i ∞!

27|| Två glas för att konstruera cementerad akromatisk lins med $f = 100mm$.
Först ekvikonvex lins med BK7 glas: $n_d = 1.51679$, $V_d = 64.17$
Sedan lins av SF5 glas: $n_d = 1.67269$, $V_d = 32.22$.
Vilka krökningsradier ska de 4 ytorna ha? (Anta tunn lins)

Lösning:

Cementerad lins ser ut som i figuren och man ser direkt att $r_2 = r_3$, dvs krökningsradie för yta 2 är samma som för yta 3.



Styrkan för en tunn lins ges av (i luft) $F = \frac{n'-1}{r_1} - \frac{n'-1}{r_2} = (n'-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$
Vidare för en akromat ges styrkorna för de två limmade linserna av:

$$F_1 = \left(\frac{V_1}{V_1 - V_2}\right) F \quad (BK7) \quad , \quad F_2 = \left(\frac{V_2}{V_2 - V_1}\right) F \quad (SF5)$$

där F är akromatens styrka, dvs $F = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.1m} = \underline{10\,D}$.
De båda linsernas styrkor blir då:

$$F_1 = \left(\frac{64.17}{64.17 - 32.22}\right) \cdot 10D = 20.08D \quad , \quad F_2 = \left(\frac{32.22}{32.22 - 64.17}\right) \cdot 10D = -10.8D$$

Lins 1 är <u>ekvikonvex</u> så att $r_2 = -r_1$, då fås m.h.a formeln för linsens styrka att:

$$F_1 = (n_1 - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = (n_1 - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{(-r_1)}\right) = 2\frac{(n_1 - 1)}{r_1} \Leftrightarrow$$

$$\underline{\underline{r_1}} = \frac{2(n_1 - 1)}{F_1} = \frac{2(1.51679 - 1)}{20.08D} = 0.051m = \underline{\underline{51\,mm = -r_2 = -r_3}}$$

Nu återstår bara att bestämma r_4! Det görs på samma sätt:

$$F_2 = (n_2 - 1)\left(\overset{=R_3}{\frac{1}{r_3}} - \overset{=R_4}{\frac{1}{r_4}}\right) = (n_2 - 1)(R_3 - R_4)$$

skriv om på detta sätt för det är lättare för mig att räkna :)

27 || forts. [Har från föregående sida att
$r_1 = 51\,mm$, $r_2 = r_3 = -51\,mm$, $F_2 = -10.08\,D$]

Ekvation att lösa:

$$F_2 = (n_2 - 1)(R_3 - R_4)$$

löser jag ut R_4 ur denna så kan jag bestämma $r_4 = \frac{1}{R_4}$ för allt annat är ju redan givet och uträknat!

$$F_2 = (n_2 - 1)(R_3 - R_4) \iff$$

$$R_3 - R_4 = \frac{F_2}{n_2 - 1} \iff$$

$$R_4 = R_3 - \frac{F_2}{n_2 - 1} = \frac{1}{r_3} - \frac{F_2}{n_2 - 1}$$ stoppa in siffervärden $\Rightarrow$

$$R_4 = \frac{1}{(-0.051\,m)} - \frac{(-10,08\,D)}{1.67269 - 1} = -4.44\,D \Rightarrow$$

$$r_4 = \frac{1}{R_4} = \frac{1}{-4.44\,D} = -0.225\,m = -225\,mm$$

Svar:

Krökningradierna är:

$r_1 = 51\,mm$, $r_2 = r_3 = -51\,mm$, $r_4 = -225\,mm$

28) Välj glassorter och beräkna krökningsradier för negativ akromat med styrkan $F = -4D$.
En av linserna skall vara ekvikonvex.

Lösning: Här finns det säkert massor med glassorter att välja på så jag löser uppgiften algebraiskt och sen är det bara att välja två glassorter med olika dispersion och abbetal och plugga in relavanta siffervärden i svaret!

Låt n_1, V_1 och n_2, V_2 vara brytningsindex och abbetal för lins 1 resp. lins 2. Vidare är $F = -4D$ givet.

$$\left.\begin{array}{l} \text{Styrka för lins 1: } F_1 = \left(\dfrac{V_1}{V_1 - V_2}\right) F = -4\left(\dfrac{V_1}{V_1 - V_2}\right) \\ \text{Styrka för lins 2: } F_2 = \left(\dfrac{V_2}{V_2 - V_1}\right) F = -4\left(\dfrac{V_2}{V_2 - V_1}\right) \end{array}\right\} \quad (*)$$

Linsernas kurvaturer/krökningar ges av:

$$\left.\begin{array}{l} F_1 = (n_1 - 1)(R_1 - R_2) \\ F_2 = (n_2 - 1)(R_3 - R_4) \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{Cementerade linser ger att} \\ R_2 = R_3. \\ \text{Låt lins 1 vara ekvikonvex:} \\ R_2 = -R_1 \end{array} \Bigg\} \Rightarrow$$

$$\left.\begin{array}{l} F_1 = 2(n_1 - 1)R_1 \\ F_2 = (n_2 - 1)(-R_1 - R_4) \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} R_1 = \dfrac{F_1}{2(n_1 - 1)} \\ R_4 = -\dfrac{F_2}{n_2 - 1} - R_1 \end{array}$$

stoppa in uttrycken i (*) för F_1 och F_2 ger då

$$\boxed{\begin{array}{l} R_1 = \dfrac{-4\left(\dfrac{V_1}{V_1 - V_2}\right)}{2(n_1 - 1)} \\ R_4 = \dfrac{4\left(\dfrac{V_2}{V_2 - V_1}\right)}{n_2 - 1} - R_1 \end{array}}$$

Nu är det bara att välja två sorters glas med olika n_1, V_1 och n_2, V_2 och stoppa in i dessa formler och sen räkna ut R_1, R_4.

Svaret ges av $r_1 = \dfrac{1}{R_1}$, $r_2 = r_3 = -r_1$, $r_4 = \dfrac{1}{R_4}$

29) Hur stor blir bästa möjliga bild på näthinnan av vit avlägsen punktkälla pga kromatisk aberration?
Antag reducerad ögonmodell och pupilldiameter $D = 4\,mm$.

Lösning: Diametern, d, för Minsta SpridningsCirkeln (MSC) fås av formeln:

$$d = D\,\frac{f_c' - f_F'}{f_c' + f_F'} = ?$$

Så det gäller att bestämma f_c' och f_F'!
Antag samma ögonmodell som i uppg. 26: $r = 5.574\,mm$ och brytningsindex samma som vatten.

i) Rött ljus (c): $n_c = 1.331151$. Fokallängden ges av $F_c = \frac{n_c}{f_c'} \Leftrightarrow f_c' = \frac{n_c}{F_c}$
där F_c är ögats styrka för rött ljus. Den beräknas som vanligt men formeln: $F_c = \frac{n_c - 1}{r} = \frac{1.331151 - 1}{0.005574\,m} = 59.41\,D$

Så att fokallängden blir: $f_c' = \frac{n_c}{F_c} = \frac{1.331151}{59.41\,D} = 0.02241\,m = \underline{22.41\,mm}$

ii) Blått ljus (F): $n_F = 1.337123$. På samma sätt som för rött ljus fås fokallängden för blått ljus genom att räkna ut ögats styrka för blått ljus:

$$F_F = \frac{n_F - 1}{r} = \frac{1.337123 - 1}{0.005574\,m} = 60.48\,D.$$

Fokallängden $f_F' = \frac{n_F}{F_F} = \frac{1.337123}{60.48\,D} = 0.02211\,m = \underline{22.11\,mm}$

Slutligen; stoppa in värden för f_c', f_F' och D i formeln för MSC diameter

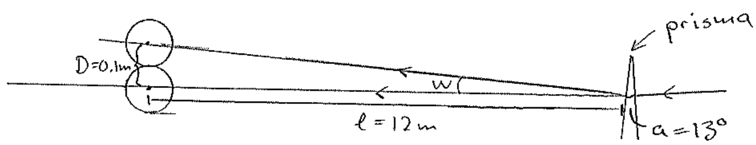
$$d = D\,\frac{f_c' - f_F'}{f_c' + f_F'} = 0.004\,m \cdot \frac{0.02241\,m - 0.02211\,m}{0.02241\,m + 0.02211\,m} = 27 \times 10^{-6}\,m = 27\,\mu m$$

Svar: Bästa möjliga pga aberration, av vit avlägsen punktkälla har diametern: $\underline{d = 27\,\mu m}$

30

Prisma med toppvinkeln $a = 13°$, $n = 1.9$
(eg. glasöga med $F = -10D$ och $D_g = 4cm$)
Gatlampa med diametern $D = 0.1m$ på avståndet $\ell = 12$ ser ut som 4 lampor, 1 röd, 1 gul, 1 grön, 1 blå.
Röd lampa och blå lampa ligger kant i kant.
Vilket abbetal har glaset ?

Lösning: Abbetalet ges av formeln $V = \frac{n-1}{n_F - n_c}$
där $n = 1.9$ (givet i uppgiften). Alltså måste $n_F - n_c$ bestämmas dvs skillnaden i brytningsindex för blått resp. rött ljus.



I figuren så är vinkeln w skillnaden i brytningsvinkel för blått resp. rött ljus, dvs $w = v_F - v_c$. För ett prisma så kan denna vinkel bestämmas m.h.a formeln

$$w = v_F - v_c = (n_F - n_c)a \iff \boxed{n_F - n_c = \frac{w}{a}}$$

Detta är ju toppen för det är ju just $n_F - n_c$ som måste beräknas för att räkna ut abbetalet 😁 !

Vinkeln w fås genom enkel trigonometri:

$$w = \frac{D}{\ell} = \frac{0.1m}{12m} = 0.0083 \text{ rad} \Rightarrow w = \frac{0.0083 \cdot 180°}{\pi} = \underline{0.48°}$$

Så att skillnaden i brytnings index blir $n_F - n_c = \frac{0.48°}{13°} = 0.0367$
Stoppa in detta i formeln för abbetalet ! →

$$V = \frac{n-1}{n_F - n_c} = \frac{1.9-1}{0.0367} = 24.5$$

Svar: abbetalet är $\underline{\underline{V = 24.5}}$

32 Hur ser bilden ut av avlägsen vit punktkälla när man tittar genom prisma med toppvinkeln $a = 5.5°$, $n_d = 1.51680$ $V_d = 64.17$? Hur stor synvinkel upptar bilden?

Lösning: Pga dispession så kommer olika färger att bryta olika mycket. Störst vinkelskillnad blir det mellan rött och blått ljus.

Vinkeln för blått ljus blir

$$\nu_F = (n_F - 1)a$$

och rött ljus:

$$\nu_C = (n_C - 1)a$$

sätt ihop dessa två formler så får man

$$\nu_F - \nu_C = (n_F - 1)a - (n_C - 1)a = (n_F - n_C)a = \frac{(n_F - n_C)}{(n_d - 1)}(n_d - 1)a$$

här ser man att $\frac{n_F - n_C}{n_d - 1} = \frac{1}{V_d}$ villket ju är givet!

Alltså blir vinkelskillnaden mellan blått och rött ljus

$$\nu_F - \nu_C = \frac{(n_d - 1)}{V}a = \frac{(1.5168 - 1)}{64.17} \cdot 5.5° = \underline{\underline{0.044°}}$$

Detta blir även synvinkeln som blilden upptar!

Svar: bilden ser ut som ett streck i regnbågens färger och den upptar synvinkeln $\underline{\underline{0.044°}}$

33) Vill ha akromatisk lins med styrkan $F = +5D$.
Vilken lins ska väljas ur tabell?

Lösning: För en akromatisk lins ges styrkorna av de två olika linserna av

$$F_1 = \frac{V_1}{V_1 - V_2} F \quad , \quad F_2 = \frac{V_2}{V_2 - V_1} F \; .$$

Räkna därför först ut totala styrkan för de olika linserna i tabellen m.h.a $F = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = (n-1)(R_1 - R_2)$.

Gör ny tabell:

Lins	$F_1 = (n_1-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$	$F_2 = (n_2-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$	$F = F_1 + F_2$	$F_1 = \frac{V_1}{V_1-V_2}F$	$F_2 = \frac{V_2}{V_2-V_1}F$
1	8.095 D	-3.095 D	5.0 D	10.58 D	-5.58 D
2	8.284 D	-3.284 D	5.0 D	8.284 D	-3.284 D
3	21.958 D	-11.958 D	10.0 D	21.958 D	-11.958 D

Som ses i tabellen har endast lins 1 och 2 styrkan +5D men utav dessa två är det endast för lins 2 som de akromatiska styrkorna stämmer överens med linsernas styrkor. Alltså bör lins 2 väljas.

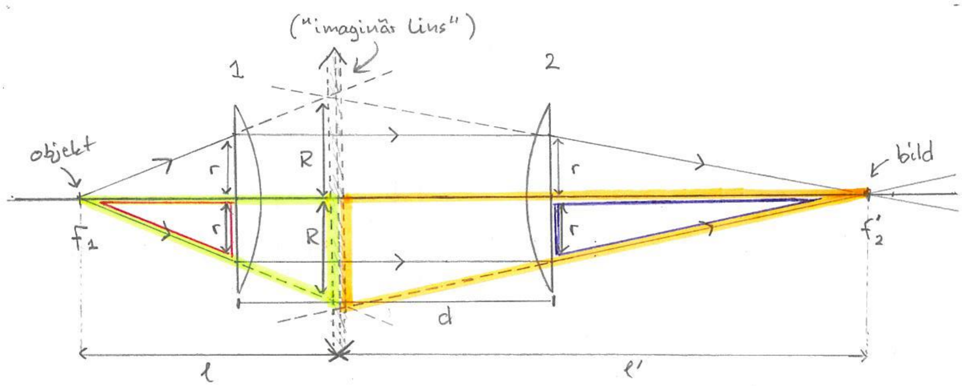
Obs: Lins 3 verkar dock vara en bra akromat med styrkan +10.0D.

Svar: Välj lins 2.

34 ||

2 standard akromater med styrkor +5D & +10D och diameter D = 30mm skall avbilda reellt litet objekt och ger reell bild. Förstoringen ska vara $m = -2$ och bildkvalitet så bra som möjligt. Hur ska linserna placeras?

Lösning: För att bildkvaliten ska bli så bra som möjligt ska den mest buktiga ytan på varje lins vändas mot planaste vågfronten (avlägstet konjugat).
Detta görs enklast genom att placera objektet i främre fokalpunkten(f_1) för lins 1 och vända planaste ytan på lins 1 mot objektet. Bilden hamnar då i ∞ (plan vågfront, avlägset konjugat), därför vänds lins 2 med buktiga ytan mot lins 1 och bilden hamnar i bakre fokalplanet (f_2') för lins 2 enl. figur.



Nu räkna ut vilket avstånd (d) linserna ska placeras från varandra och i vilken ordning så att förstoringen blir $m = -2$.
Om strålarna från objektet streckas ut som i figuren och strålarna till bilden streckas också som i figuren ser man att samma avbildning kan åstadkommas med 1 lins! ("imaginär lins" i figuren). Objektavståndet blir då ℓ och bildavstånd ℓ', enligt figur. Och förstoringen $m = \frac{\ell'}{\ell}$.
Röd och gul triangel är likformiga och blå och orange triangel likaså!
Genom att använda beteckningar i figuren fås då:

$$\frac{r}{f_1} = \frac{R}{\ell} \quad \text{och} \quad \frac{r}{f_2'} = \frac{R}{\ell'} \Rightarrow r = \frac{Rf_1}{\ell} \quad \text{och} \quad r = \frac{Rf_2'}{\ell'}$$

$$r = r \Rightarrow \frac{Rf_1}{\ell} = \frac{Rf_2'}{\ell'} \Longleftrightarrow \boxed{\frac{\ell'}{\ell} = \frac{f_2'}{f_1} = \frac{(-)F_1}{F_2} = m}$$

Alltså om lins 1 har $F_1 = 10D$ och lins 2 har $F_2 = 5D$ fås förstoringen $\underline{\underline{m}} = \frac{(-)F_1}{F_2} = \frac{(-)10}{5} = \underline{\underline{(-)2}}$ <u>oberoende av d!</u>

Svar: Linserna vänds som i figur med lins 1 10D och lins 2 5D avstånd mellan linser saknar betydelse!

35 2 planokonvexa linser, $F_1 = 1.0\,D$, $F_2 = 2.0\,D$
Diameter $D = 20\,mm$ för båda linser och $n = 1.52$ för båda linser. Parallellt grönt laserljus fokuseras med varje lins för sig. Vilken lins ger minst ljusfläck?

Lösning: Enfärgat ljus (monokromatiskt) betyder att kromatiska aberrationer har ingen betydelse!

Parallellt infallande ljus innebär att sfärisk aberation och diffraktion är de aberrationer som påverkar bildkvaliten mest.

Bländartalen för de båda linserna ges av $f_{\#} = \frac{f}{D}$ (tunn lins)
så att för lins 1:

$$f_{\#1} = \frac{f_1}{D} = \frac{1/F_1}{D} = \frac{1/1D}{0.02m} = 50$$

och för lins 2:

$$f_{\#2} = \frac{f_2}{D} = \frac{1/F_2}{D} = \frac{1/2D}{0.02m} = 25$$

Båda bländartalen är större än 2,8 och alltså är diffraktion den avgörande faktorn för bildkvaliten!

Storleken på airydisken avgör hur bra bildkvaliteten blir, mindre airydisk ger bättre bildkvalitet.

För parallellt infallande ljus är storleken på airy-disken (ungefär) proportionell mot bländartalet (el. fokallängden) dvs större bländartal ger större airy-disk och därmed sämre bildkvalitet (i detta fall).

Lins 2 har lägst bländartal och är den som alltså ger minst ljusfläck! (airy-disk)

Svar: Lins 2 ger minst ljusfläck

36|| Hur stor blir minsta möjliga diameter (d) på bild om planokonvex lins med $F = 60D$, $f_\# = 2.8$, $n = 1.5$ används för att avbilda avlägsen grön ljuskälla?

<u>Lösning:</u> monokromatiskt ljus (enfärgat) ger att det blir inga kromatiska aberrationer!

Avlägsen ljuskälla betyder parallella infallande ljusstrålar och därmed är det sfärisk aberration och diffraktion som har betydelse för hur stor d blir.

Bländartalet är 2.8 som ger diffraktions begränsad lins och alltså är det sfärisk aberration som gäller!

Minsta möjliga diametern ges av den transversiella aberrationen (TA) vilket betyder att $d = 2 \cdot TA$.

Alltså måste $TA = \frac{1}{2} y^3 \ell' F^3 (\alpha X^2 + \beta XY + \gamma Y^2 + \delta)$ räknas ut.

Avlägset objekt betyder att bilden hamnar i fokalplanet så att $\ell' = f' = \frac{1}{60D} = 0.0167\,m$.

y är linsens halva diameter som fås av bländartalet:

$$f_\# = \frac{f'}{d} \Leftrightarrow d = \frac{f'}{f_\#} = \frac{0.0167m}{2.8} = 0.00595m$$

Som då ger $y = \frac{d}{2} = \frac{0.00595m}{2} = 0.00298m$

Styrkan är ju $F = 60D$.

För rättvänd planokonvex lins (buktiga ytan mot objektet) är $X = 1$ och $Y = -1$ (se uppgift 9,13 och 15)

Grekiska bokstäver fås ur tabell (ty $n = 1.5$):

$\alpha = 2.33$, $\beta = 3.33$, $\gamma = 1.08$, $\delta = 2.25$

Detta ger att:

$$D = 2TA = 2 \cdot \frac{1}{2} 0.00298^3 \cdot 0.0167 \cdot 60^3 (2.33 - 3.33 + 1.08 + 2.25) = 56 \times 10^{-6}\,m$$

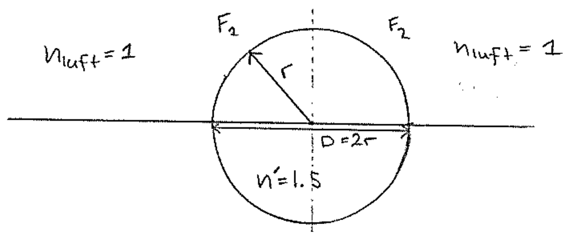
$$= 56\,\mu m$$

<u>Svar:</u> Minsta möjliga diameter är $\underline{\underline{d = 56\,\mu m}}$

37 Vilket bländartal $f_{\#}$ har en glaskula med $n = 1.5$?

Lösning: Bländartalet ges av $f_{\#} = \frac{f_E}{D}$ där D är kulans diameter och f_E är kulans effektiva fokallängd. OBS. en kula är inte en tunn lins!

Antag att kulan har radien r. Då blir diametern $\boxed{D = 2r}$.



Nu måste f_E bestämmas! Eftersom kulan inte är en tunn lins måste beräkningar för tjocka linser användas (huvudplan osv...)

Kulans effektiva styrka ges av formeln:

$$F_E = F_1 + F_2 - \frac{D}{n} F_1 F_2 \quad \text{och effektiva fokallängd } f_E = \frac{1}{F_E} \text{ (i luft).}$$

F_1 är styrkan för kulans vänstra halva.
F_2 är styrkan för kulans högra halva.

Styrkan beräknas som vanligt för sfärisk yta:

$$F_1 = \frac{n - n_{luft}}{r} = \frac{1.5 - 1}{r} = \frac{0.5}{r}$$

$$F_2 = \frac{n_{luft} - n'}{-r} = \frac{1 - 1.5}{-r} = \frac{-0.5}{-r} = \frac{0.5}{r} \quad \text{(minustecken pga höger halva)}$$

Alltså blir effektiva styrkan

$$F_E = F_1 + F_2 - \frac{D}{n} F_1 F_2 = \frac{0.5}{r} + \frac{0.5}{r} - \frac{2r}{1.5} \cdot \frac{0.5}{r} \cdot \frac{0.5}{r} = \frac{0.5 + 0.5}{r} - \frac{0.5}{1.5 r} =$$

$$= \frac{1}{r} - \frac{1/3}{r} = \frac{1 - 1/3}{r} = \frac{2/3}{r} = \frac{2}{3r}$$

Effektiva fokallängden $\boxed{f_E = \frac{1}{F_E} = \frac{1}{2/3r} = \frac{3r}{2}}$

I slutändan kan de inrutade uttrycken för D och f_E stoppas in i formeln för bländartalet: $f_{\#} = \frac{f_E}{D} = \frac{3r/2}{2r} = \frac{3}{4} = \underline{0.75}$

Svar: Bländartalet för kula med $n = 1.5$ är $\underline{f_{\#} = 0.75}$ (eller ännu bättre $f_{\#} = \frac{3}{4}$)

38|| 3 planokonvexa linser med $F = +20D$, $n = 1.6$ och diametrar

$D_1 = 30mm$, $D_2 = 5mm$, $D_3 = 1mm$.

Vilken lins ger minst fokus för parallell laserstråle?

Lösning: Laser brukar vara monokromatisk (enfärgad) så inga kromatiska aberrationer.

Parallellt ljus: Endast sfärisk aberration och diffraktion påverkar storlek på fokus. (Påverkar mest iallafall).

Kolla bländartal för varje lins:

$$f_{\#_1} = \frac{f_1}{D_1} = \frac{1}{F\,D_1} = \frac{1}{20D \cdot 0.03m} = 1.67$$

$$f_{\#_2} = \frac{f_2}{D_2} = \frac{1}{F\,D_2} = \frac{1}{20D \cdot 0.005m} = 10$$

$$f_{\#_3} = \frac{f_3}{D_3} = \frac{1}{F\,D_3} = \frac{1}{20D \cdot 0.001m} = 50$$

Stort bländartal ger stor diffraktion (och vice versa)

Litet bländartal ger stor sfärisk aberration (och vice versa)

Lins 1 har $f_{\#_1} = 1,67 < 2,8$ och bör därför ha stor sfärisk aberration → stort fokus.
(liten diffraktion)

Lins 3 har stort bländartal och därmed mest diffraktion (minst sfärisk aberration).
→ stort fokus.

Lins 2 bländartal ligger mellan lins 1 & lins 2
både sfärisk abecration och diffraktion påverkar fokusets storlek men mindre än för lins 1 & lins 3.
Därför bör lins 2 ge minst fokus.

Svar. Lins 2 ger troligen minst fokus.

3911 Lins $f' = 50$ mm avbildar liten grön lysdiod (monokromatiskt ljus dvs ingen kromatisk aberration) på $\ell' = -1$ m avstånd.
Irisbländare intill linsen (kan variera aperturen).
Liten öppning ger bäst bild på bildavståndet $\ell' = 53$ mm dvs skarpast bild på detektor 53 mm bakom lins.
Aperturen ökar till 25 mm. Åt vilket håll måste detektor flyttas?

Lösning: När aperturen är liten så påverkas bildkvaliten mest av diffraktion!
Liten apertur innebär också att strålarna ligger nära optiska axeln (dvs litet y i formeln för sfärisk aberration) och bilden ligger nära det man förväntar sig för geometrisk optik, dvs $\ell' \approx f$!

När aperturen ökar till $D = 25$ mm blir bländartalet

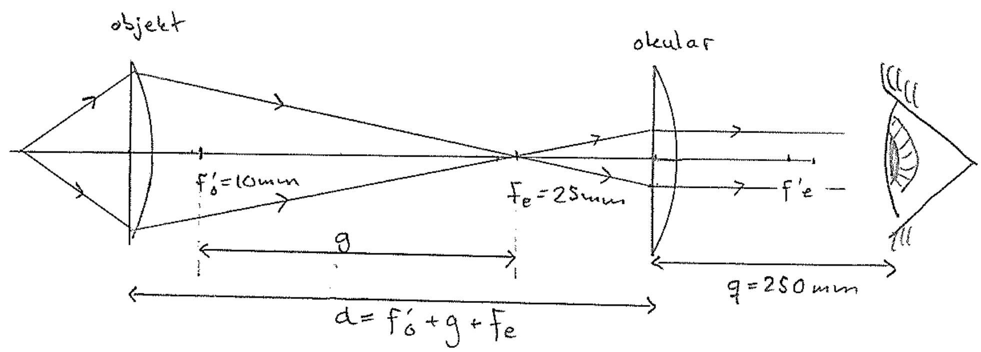
$$f_{\#} = \frac{f'}{D} = \frac{0.05\,\text{m}}{0.025\,\text{m}} = 2$$ som är mindre än 2.8

Det betyder att nu tar sfäriska aberrationen över!
För positiv lins (vilket detta ju är) så bryts randstrålarna för mycket och bästa möjliga bild hamnar närmare linsen.
Alltså måste detektorn flyttas närmare linsen för att få en skarpare bild när aperturen ökar.

Svar: Detektorn måste flyttas närmare linsen.

40 Två akromater används till att bygga mikroskop.
Objektiv: $f_o' = 10\,mm$, Okular: $f_e' = 25\,mm$.
Vilket avstånd (d) mellan linserna och hur ska de vändas för att få förstoring $M = 150$ och bästa bildkvalitet?

Lösning: För att minimera aberrationer vänds linserna så att den mest buktiga sidan är vänd mot den planaste vågfronten, enl. figur.



Förstoringen för ett mikroskop ges av formeln:

$$M = -\frac{g}{f_o'} \cdot \frac{q}{f_e'}$$ där g är avståndet mellan f_o' & f_e

så att avståndet mellan linserna blir $d = f_o' + g + f_e$:

Om g löses ut ur formeln för M fås

$$g = \frac{M f_o' f_e'}{q} = \frac{150 \cdot 0.01m \cdot 0.025m}{0.25m} = 0.15m = 150mm$$

Så att avståndet mellan linserna blir $d = 10mm + 150mm + 25mm = \underline{185mm}$

Svar: Linserna ska placeras $\underline{185mm}$ från varandra för att få $M = 150$.
För bästa bildkvalite ska akromater vändas som i figur!