

Övningstal i Avbildningskvalitet för optikerstuderande

Rita figurer och motivera ordentligt!

Repetition av geometrisk optik

1.

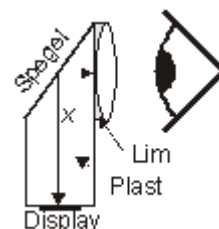
Ett objekt i luft ligger 400 mm innan en sfärisk gränsyta med krökningsradien +100 mm (konvex mot objektet). Efter gränsytan är det vatten. Var hamnar bilden?

2.

Ett objekt i vatten ligger 200 mm innan en sfärisk gränsyta med krökningsradien -200 mm (konkav mot objektet). Efter gränsytan är det luft. Var hamnar bilden?

3.

En prototyp till en minidisply att sätta framför ögat ses i figuren. Prototypen är tillverkad av en tunn, ekvikonvex lins ($f=10$ mm, $n=1.62$) som limmats mot en plastprofil. Vilket avstånd x skall man ha mellan display och lins för att bilden av displayen efter linsen skall hamna i oändligheten? Limmet och plasten kan båda antas ha brytningsindex 1,49.



4.

Innan det sammansatta mikroskopet med objektiv och okular uppfanns på 1600-talet användes små glaskulor som förstörande hjälpmedel. Vilken vinkelförstoring (konventionell definition) ger en glaskula med radien 2 mm och brytningsindex 1.5 om den används som lupp? Hur långt från glaskulan skall objektet placeras?

5.

Ett sätt att öka förstoringen när man använder en lupp är att hålla ett teleskop efter luppen. Förstoringen ökar då med en faktor motsvarande vinkelförstoringen i teleskopet. Här används en lupp med förstoring 5 ggr och ett teleskop med förstoring 7 ggr. Vilken fokallängd har luppen? Vilken fokallängd får systemet lupp-teleskop? (Ledning: Använd strålkonstruktion och tag fram *främre* huvudplan och fokallängd)

6.

Objektivet till en spionkamera (som filmar dolt bakom ett litet hål) har fokallängden 4,0 mm och diametern 2,0 mm (får betraktas som tunn lins). Hur stort blir synfältet om man filmar en person på 1,0 m avstånd och gömmer objektivet 3,0 mm bakom ett hål med 1,0 mm diameter?

7.

Ett kikarsikte består av ett objektiv ($f_0=100$ mm, diameter 30 mm), en mellanlins ($f_m=20$ mm, diameter 20 mm) samt ett okular ($f_e=20$ mm, diameter 10 mm). Avståndet mellan objektiv och mellanlins är 140 mm och mellan mellanlins och okular 60 mm. Hur långt från okularet bör ögat placeras?

8.

En dörrkikare består av två linser med fokallängderna $f_1=-15$ mm (utsidan) och $f_2=+45$ mm (insidan) placerade 30 mm från varandra. Linsernas diametrar är $D_1=20$ mm resp $D_2=5$ mm. Bestäm synfältsvinkeln när man tittar på ett avlägset objekt genom dörrkikaren. (Du behöver inte ta med ögats pupill. Bortse ifrån alla avbildningsfel.)

8½

Två tunna linser med fokallängderna -30 mm (lins 1) respektive +30 mm (lins 2), sitter 25 mm från varandra. Ett 30 mm stort, reellt objekt på avståndet 60 mm före lins 1 avbildas genom båda linserna.

(a) Använd noggrann strålkonstruktion för att ta fram både var mellanbilden och den slutliga bilden hamnar och hur stora de blir.

(b) Använd beräkningar med mellanbild för att kontrollera resultaten i (a).

Monokromatiska aberrationer

9.

En planokonvex lins med brytningsindex $n=1,5$, diametern 80 mm och fokallängden 120 mm används för att avbilda en liten, avlägsen ljuskälla. Den centrala delen av linsen täcks för så att ljuset endast passerar genom linsens ytterkanter. Hur långt från linsen hamnar bilden? Linsen får betraktas som tunn och vänds med den krökta sidan mot objektet.

10.

Ett normalt öga har ca 0,9 D positiv sfärisk aberration (SA) vid 6,0 mm pupill. Hur stor blir minsta spridningscirkeln på näthinnan på grund av SA i det fallet? Antag reducerad ögonmodell och avlägset objekt.

11.

Antag att vi har en menisklins med krökningsradier $r_1=-33.16$ och $r_2=-20.00$ mm, $n=1.520$ samt diametern 20.00 mm. Linsen kan betraktas som tunn. Visa med beräkningar att avbildningen blir (nästan) helt fri från sfärisk aberration och koma när linsen används för att avbilda ett objekt på avståndet $l=-33.16$ mm. (Var noga när du räknar, avrunda inte!)

12.

Vilket objektavstånd skall man ha för att avbildningen i en +10 D, ekvikonvex, tunn lins skall vara fri från koma?

13.

Om man experimentellt mäter ögats brytkraft för strålar i kanten på pupillen för ett oackommoderat öga med 6 mm pupill, finner man att styrkan är ca. 1 D högre för perifera strålar än för centrala strålar. Beräkna motsvarande skillnad i brytkraft om vi som modell för ögat använder en plano-konvex tunn lins ($n = 1,5$) i luft med styrkan +60 D och avbildar ett avlägset objekt på axeln.

14.

Vid avståndsmätning med laser belyser man en punkt med en laserstråle ($\lambda=633$ nm). Ett optiskt system avbildar den lysande punkten på en detektor. Bildpunktens läge på detektorn ger sedan avståndet till den belysta objektpunkten och det är därför viktigt att avbildningen är av god kvalitet. En viss allmän suddighet kan tillåtas, men bildpunktens form får inte ändra sig med läget i bildplanet. Eftersom objektpunkten hela tiden ligger nära optiska axeln kan man åstadkomma tillräcklig bildkvalitet med en enda tunn lins, men linsens form bör anpassas för ändamålet. Antag att objektavståndet är en meter och att linsen är gjord av kronglas ($n=1.52$) med brytkraften +10D. Vilken formfaktor bör linsen ha? (Ledning: Vilka aberrationer är av betydelse i detta fall?)

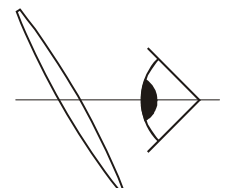
15.

Parallellt laserljus faller in mot en planokonvex lins med en liten apertur placerad framför linsen (se fig. intill). En skärm placeras i linsens fokalplan. Om aperturen flyttas över linsens yta finner man att ljuspunkten på skärmen flyttas. Förklara varför och beräkna hur stor förflyttningen blir när aperturen flyttas från den ena kanten av linsen till den andra om fokallängden är 100 mm, diametern är 40 mm samt brytningsindex 1,5. (Man ser samma fenomen när man flyttar ett litet hål framför ögat och betraktar exempelvis en avlägsen lampa)



15½

Ett sfäriskt glasöga med styrkan +5,00 D vinklas 30° framåt (figuren visar ögat och glasögat sett från sidan). (a) I vilket huvudsnitt blir den vinklade linsen starkast brytande på grund av sned astigmatism? (b) Beräkna styrkorna i de två huvudsnitten för det vinklade glaset. (c) Vilket recept skulle det vinklade glaset motsvara?



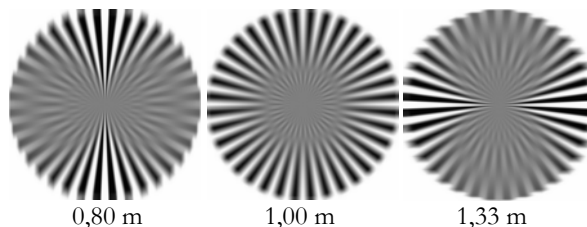
Astigmatisk avbildning

16.

Två toriska linser med styrkorna ($S_f +5,00D/Cyl -2,25D Ax 180$) och ($S_f +5,00D/Cyl -2,25D Ax 90$) är placerade på avståndet 200 mm från varandra. Ett cirkulärt objekt med diametern 10 mm placeras 250 mm framför den första linsen. Var hamnar bilden och hur stor blir den?

17.

En astigmatisk lins används för att göra en reell bild av en sektorstjärna på en skärm. Objektavståndet är -1 m och när avståndet till skärmen varierar får man bilderna i figurerna intill. Vilken styrka har linsen uttryckt i sfär cylinder och axel?



18.

Ett okänt glasöga placeras tätt ihop med en lins med styrkan +5,00 D. Ett punktobjekt på 50 cm avstånd framför linskombinationen avbildas till ett vertikalt streck på 40 cm avstånd och ett horisontellt streck på 50 cm avstånd efter linserna. Vilken styrka har det okända glasögat uttryckt som sfär, cylinder och axel?

19.

Ville ser horisontella linjer skarpt på 25 cm avstånd och vertikala på 20 cm. Vilken kontaktlinstyrka, uttryckt som sfär och cylinder och axel, skall han ha för att se bra på stort avstånd? (Ögat är hela tiden avslappnat. Om du vill kan du anta en enkel ögonmodell med normal längd.)

20.

Vilka vinkelförstoringar får man när man tittar på ett avlägset objekt genom ett glasögonglas märkt $S_f -2,0 D Cyl -2,0 ax 180^\circ$? Glaset hålls på 50 cm från ögat.

21.

Hur stor astigmatism i dioptrier kan man ha i ögat om minsta möjliga suddigheten på näthinnan inte får bli större än $10 \mu m$ i diameter vid 3,0 mm pupilldiameter? (Bortse ifrån diffraktion och aberrationer).

22.

Man vill tillverka ett glasögonglas enligt receptet, $s_f -3.0 cyl -1.25 ax 180^\circ$ (dvs sfärisk styrka -3.0 D och cylinderstyrka -1.25 D med horisontell axel). Hur skall glasets bakre yta se ut om den främre är sfärisk med krökningsradien 500 mm. Glaset har brytningsindex $n=1.52$ och centrumtjockleken 1 mm, men får betraktas som tunt.

23.

Hur stor blir bästa möjliga bild av ett avlägset punktobjekt i ett öga med 2D astigmatism? Välj en ögonmodell och gör rimliga antaganden på de data om ögat som du saknar.

24.

Gullan sitter och tittar på en avlägsen tegelvägg och upptäcker att hon inte är riktig nöjd med sina nya glasögon (-8 D). När hon slappnar av (ingen ackommodation) kan hon nämligen bara se de horisontella linjerna (ljusa fogar) skarpt, de vertikala suddas ut. Om hon däremot skjuter ned glasögonen 15 mm från ögat ser hon de vertikala linjerna skarpt men inte de horisontella. Vilket glasöga skulle göra henne helt nöjd?

Kromatisk aberration

	n_d	$n_F - n_C$	V_d	n_h	n_g	n_F	n_e	n_C
Vatten	1.33304	0.00597	55.77	1.34274	1.34021	1.33712	1.33446	1.33115
	1	2		2	0	3	6	1

25.

Vid en mätning finner man att en viss plankonvex lins, med 50 mm krökningsradie på den krökta ytan, har fokallängden 81,30 mm för rött ljus, 80,64 mm för grönt ljus och 79,10 mm för blått ljus. Vilket ämne har materialet som linsen är gjord av?

26.

Antag en reducerad ögonmodell med krökningsradien 5,574 mm och längd 22,24 mm samt brytningsindex enligt tabell för vatten. Beräkna objektavståndet i dioptrier för att bilden skall hamna på näthinnan (brytningsfelet) för rött, grönt respektive blått ljus.

27.

Du har glaset BK7 ($n_d=1,51679$, $V_d=64,17$) och SF5 ($n_d=1,67269$, $V_d=32,22$). Använd dessa glas till att konstruera en cementerad akromatisk lins med fokallängd 100 mm. Linsen av BK7 ska sitta först och vara positiv och bikonvex. Du kan anta att linserna är tunna. (Hjälp: "Cementerad" betyder att linserna är hoplimmade, och alltså att de två limmade ytor ska ha samma krökningsradie. "Konstruera" betyder att du ska ta fram krökningsradierna på alla fyra ytor.)

28.

De standardakromater som finns att köpa har oftast positiv brytkraft. Välj glassorter och krökningsradier för att konstruera en *negativ* akromat med styrkan -4 D som skall kunna limmas ihop till en enhet. Gör en av linserna ekvikonvex. Rita en tydlig figur som visar hur din lins ser ut i genomskärning.

29.

Det är lite av ett mysterium att ögats relativt stora kromatiska aberration påverkar synskärpan så lite. Beräkna hur stor den bästa möjliga bilden i ögat av en avlägsen vit punktkälla blir på grund av den kromatiska aberrationen. Låt pupilldiametern vara 4 mm. Använd en reducerad ögonmodell med en enda sfärisk gränsyta och med vatten inuti ögat.

(Som jämförelse kan nämnas att tapparna i gula fläcken har diametern $2 \mu\text{m}$)

30.

På väg hem en kväll upptäcker en optiklärare att när han tittar genom kanten på sina nya högbrytande glasögon ($n=1.9$, $F=-10$ D, diameter 4 cm) på en gatulampa (diameter 1 dm, avstånd 12m) så ser han fyra lampor: en röd, en gul, en grön och en blå. De färgade lamporna överlappar varandra, men den blå lampan ligger uppskattningsvis precis kant i kant med den röda. Vilket ungefärligt ämne har det högbrytande glaset? Det aktuella glasögat kan i kanten betraktas som ett prisma med toppvinkeln 13° .

31.

I ett examensarbete på Optikerutbildningen beskrivs hur en speciell lampa med blått ljus kan underlätta vid läsning jämfört med en vanlig glödlampa när man har förlorat en del av förmågan att ackommodera (presbyopi). Förklara varför. Antag att personen med glödlampa ($\lambda=590$ nm) kan läsa på avståndet 1 m. På vilket avstånd kan samma person läsa med blått ljus ($\lambda=430$ nm)? Använd en enkel ögonmodell med vatten. (Du får anta en normal längd på ögat)

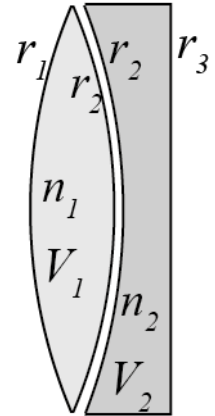
32.

Hur ser bilden av en avlägsen vit punktkälla ut när man tittar genom ett prisma med basen nedåt? Hur stor synvinkel upptar denna bild om vi antar ett prisma med toppvinkeln $5,5^\circ$ (motsvarande 5 prisma-dioptrier), tillverkat av ett glasmaterial med $n_d=1,51680$ och $V_d=64,17$ (BK7 i tabell 14.2 i *Optics*)?

33.

Du vill ha en akromatisk dublettlins med styrka 5 D. Vilken av de cementerade tunna dublettlinserna nedan ska du välja? Motivera ditt svar.

Lins	r_1 [mm]	r_2 [mm]	r_3 [mm]	n_1	V_1	n_2	V_2
1	110,12	-151,92	-554,32	1,51679	64,17	1,64768	33,85
2	104,69	-154,40	-416,93	1,51679	64,17	1,80516	25,44
3	49,08	-47,69	-399,03	1,53112	62,16	1,64768	33,85



Linsdesign

34.

Två standardakromater med styrkorna +5,0 D respektive +10 D, båda med diametern 30 mm, skall användas för att ge en reell bild av ett litet reellt objekt. Den laterala förstoringen skall vara $m=-2$ och bildkvaliteten så bra som möjligt. Hur skall linserna placeras och orienteras i förhållande till objektet?

35.

Två planokonvexa linser med styrkorna 1,0 D respektive 2,0 D, båda med diametern 20 mm och $n=1,52$, används var för sig, för att fokusera parallellt, grönt ljus. Vilken lins ger minst ljusfläck i fokus?

36.

Hur stor blir minsta möjliga diameter på bilden när man använder en +60 D planokonvex lins ($n=1,5$) med bländartal 2,8 för att avbilda en avlägsen, grön ljuspunkt? Linsen får betraktas som tunn.

37.

Vilket bländartal har en glaskula med brytningsindex $n=1,5$? (Anta en diameter om du vill).

38.

Tre planokonvexa linser med styrkan +20 D, brytningsindex 1.5 och diametrarna 30 mm, 5 mm och 1 mm jämförs. Vilken lins ger minst suddig fläck om man vill fokusera en parallell laserstråle.

39.

Vid en mättillämpning använder man sig av en vanlig lins ($f'=50\text{mm}$) för att avbilda en liten grön lysdiod på 1m avstånd på ett ccd-detektor. Intill linsen sitter en liten irisbländare så att man kan variera ljusmängden på detektorn. När öppningen är liten finner man att man får skarpast möjliga bild med detektorn ca 53 mm efter linsen, men när diametern ökar till 25mm måste detektorn flyttas. Åt vilket håll och varför?

40.

Antag att vi vill bygga ett enkelt mikroskop med hjälp av två vanliga akromatiska dubblettlinser. Den ena linsen ($f'_o=10\text{ mm}$) används som objektiv och den andra ($f'_e=25\text{ mm}$) som okular. Vilket avstånd skall det vara mellan linserna och hur skall linserna vändas för att vi skall få ett mikroskop med förstoringen 150x och så bra bildkvalitet som möjligt? Rita en figur där akromaternas *orientering* relativt objektets och ögats placering framgår tydligt.



MTF

41.

I en labb har några studenter fått i uppgift att mäta den optiska kvaliteten på ett enkelt kameraobjektiv med en fokallängd på 50 mm. De fotograferar då svart-vita randmönster som sitter på en vägg 2 m bort. Sedan mäter de kontrasten i bilden.

Resultaten blev som i tabellen nedan. Skissa hur MTF-kurvan för bildplanet ser ut.

Bredden på ett randpar (svart+vit) i objektet	2 cm	1 cm	0,5 cm	0,25 cm	0,1 cm
Kontrasten i bilden	90 %	70 %	30 %	15 %	syns ej

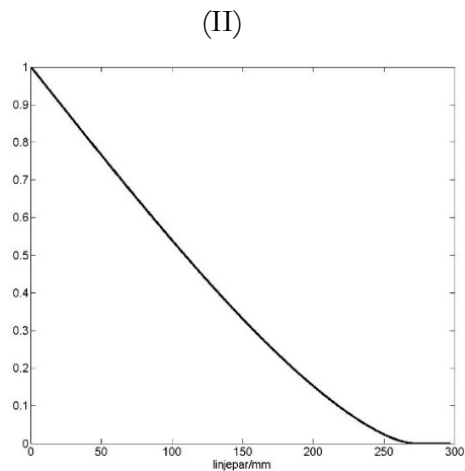
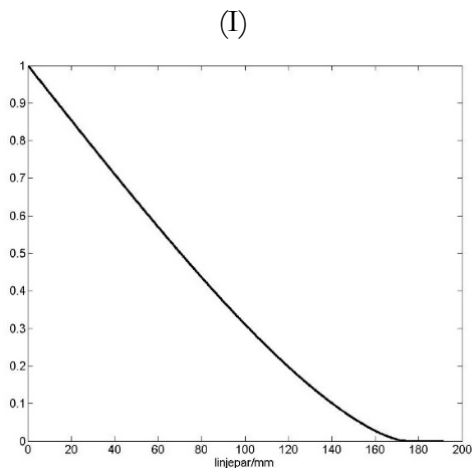
42.

Nedan visas MTF-kurvor i bildplanet för två olika optiska system I och II.

a) Vilka storheter plottas på axlarna? Förklara deras innebörd!

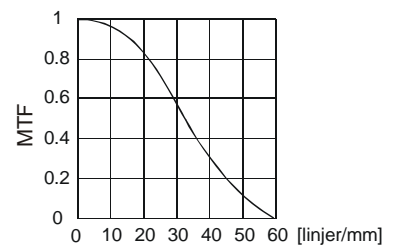
b) Vilket system har bäst upplösning?

c) Med hjälp av graferna, ta reda på kontrasten för ett svartvitt linjemönster med 100 linjepar/mm i bilden, för båda systemen.



43.

En person med svart- och vitrandig skjorta (varje randpar är 4 mm brett) filmas med en videokamera. Kameran har ett objektiv med fokallängden 22 mm och en MTF-kurva enligt figuren intill. På vilket avstånd kommer skjortan att se jämngrå ut på TV-bilden?

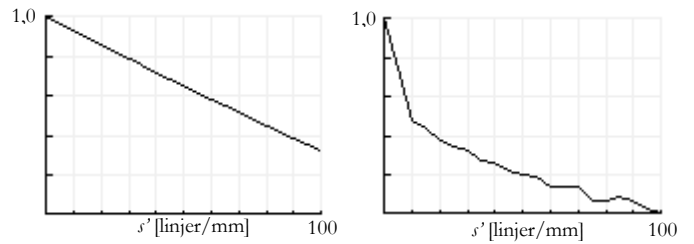


44.

Antag att MTF-kurvan för ett kameraobjektiv med 100 mm fokallängd visar att gräns-frekvensen för objektivet är 200 linjer/mm för avlägsna objekt. Kan man särskilja två punktkällor på 1000 m avstånd som ligger 1,0 dm från varandra om man fotograferar dem med kameran?

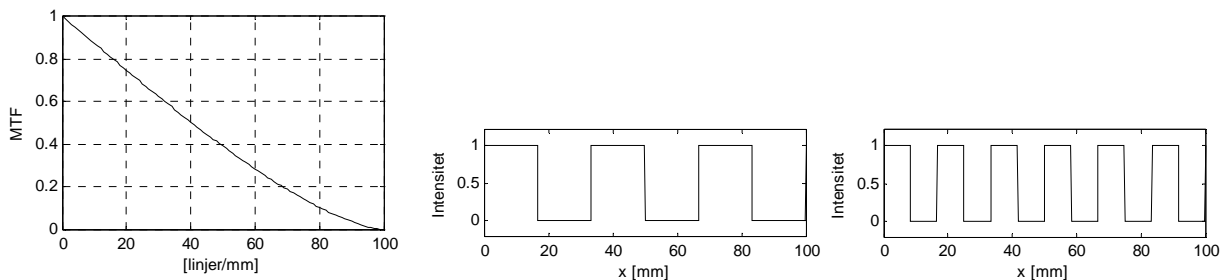
45.

T.h. visas MTF-kurvor för ett normalt öga med 2,0 mm respektive 4,0 mm pupill. Antag att ögat tittar på ett svartvitt randmönster (staket) på 50 m avstånd med 7 svarta linjer per meter. Hur förändras kontrasten i bilden på näthinnan om ögats pupill ändras från 2 mm till 4 mm? Antag enkel ögonmodell.



46.

Ett kameraobjektiv med fokallängden 100 mm har en MTF-kurva enligt figuren nedan till vänster. Två svart-vita linjemönster med olika linjetäthet (intensiteten som funktion av läget i objekten visas nedan i mitten och till höger) fotograferas på 200 m avstånd. Hur ser bilderna av de två mönstren ut? Rita tydliga figurer över intensiteten som funktion av läget i bildplanet med skalor på axlarna.



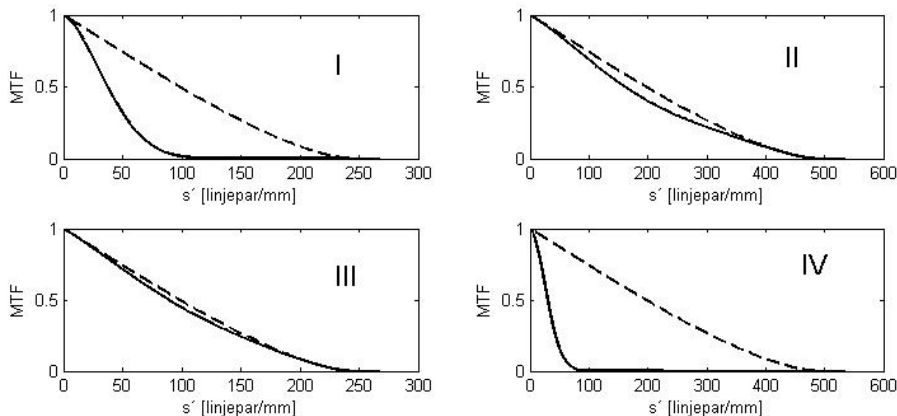
47.

Figuren intill visar punktspridningsfunktionen för ett optiskt system förstora 500x. Skissa systemets MTF-kurva och uppskatta gränshfrekvensen där MTF-värdet blir noll.



48.

Nedan visas MTF-kurvor för vitt ljus i bildplanet för fyra olika linser I, II, III och IV. Alla linserna avbildar ett objekt som ligger på optiska axeln 300 mm framför linsen. Para ihop linserna A, B, C, och D med rätt MTF-kurva! Streckade linjer motsvarar MTF för det diffraktionsbegränsade systemet, medan heldragna linjer motsvarar verklig MTF. Systemen är:
 A: rättvänd planokonvex lins med fokallängd 100 mm och diameter 4 cm
 B: rättvänd planokonvex lins med fokallängd 150 mm och diameter 4 cm
 C: rättvänd akromat med fokallängd 100 mm och diameter 4 cm
 D: rättvänd akromat med fokallängd 150 mm och diameter 4 cm



Huvudplan och nodplan

49.

Som modell för ett fisköga kan man tänka sig en liten, sfärisk kula med radie 3,0 mm och brytningsindex 1,7 med vatten på båda sidor. Bestäm samtliga kardinalpunkters ($P P' N N' F F'$) läge för fiskögat.

50.

Beräkna *linsens* styrka och fokallängd i Emsleys ögonmodell i kap. 6. Bestäm också läget för *linsens* huvudplan.

51.

Använd huvudplan och uppgifterna i figur 6.7 och 6.8 i *Optics* (Emsleys ögonmodell) för att beräkna hur långt bakom näthinnan bilden av ett objekt på 50 mm avstånd från hornhinnan, hamnar i ett öga som inte ackommoderar.

52.

I de mer detaljerade ögonmodellerna har hornhinnan en viss tjocklek och ett annat brytningsindex än kammarvätskan. Bestäm F_E, f'_E och läget för P' för en modell av hornhinnan där främre ytan har krökningsradien 7,80 mm, den bakre krökningsradien 6,50 mm och tjockleken är 0,550 mm. Brytningsindex hos hornhinnan är 1,3771 och kammarvätskan bakom hornhinnan har brytningsindex 1,3374.

53.

Ett närsynt öga med styrkan 60,0 D (men för långt) skall korrigeras med antingen en kontaktlins med styrkan -10 D tätt intill ögat, eller ett glasöga med styrkan -12 D placerat 16,7 mm från ögat. Vilken effektiv styrka får ögat tillsammans med korrektionen och hur stor blir bilden av ett avlägset objekt med synvinkeln $0,17^\circ$ (bokstav på visus 0,5 raden) i de två fallen?

54.

Beräkna de 6 kardinalpunkternas läge för ett närsynt öga med glasögonkorrektion. Glasögat har styrkan -10D och sitter på 15mm avstånd från ögat som får betraktas som en enda brytande yta (eller tunn lins) med styrkan +68.7D och med vatten bakom. Använd kardinalpunkternas lägen för att ta fram hur stor bilden på näthinnan blir av ett avlägset föremål som upptar synvinkeln 5° .

55.

En viss engångskamera kan användas under vattnet. Dess frontglas (dvs. det som vetter mot vattnet) är plant med brytningsindex 1,6. När man tar en bild av ett avlägset föremål på land som upptar synvinkeln 5° blir bildstorleken 2,6 mm på filmen. Hur stor blir bilden av ett objekt med samma synvinkel när man fotograferar under vattnet? (Du kan få anta att objektivet endast består av en tunn planokonvex lins)

Fotometri

56.

För att undvika bländning är modern kontorsbelysning utformad så att belysningen på näthinnan inte skall överstiga 50 lux vid en pupilldiameter på 4,0 mm, även om man tittar rakt mot armaturen (lampan). Vilken maximal luminans får armaturen ha för att uppfylla detta?

57.

Man vill fotografera ett stort, avlägset objekt med luminansen 500 cd/m^2 med en kamera med 50 mm fokallängd på objektivet. Hur förändras belysningen i bildplanet när man ändrar bländartalet från 8 till 11?

58.

Ett öga med 6,0 mm pupill tittar på en bildskärm med luminansen 200 cd/m^2 via ett optiskt system med adaptiv optik. Det optiska systemet består av fyra akromater, alla med fokallängden 100 mm, som placeras på avstånden 100 mm, 300 mm, 500 mm respektive 700 mm från ögat. Linsernas diametrar är valda så att ögat blir aperturstopp. Bildskärmen placeras på långt avstånd från ögat och ögat ser skärmen skarpt utan aberrationer. Vilken belysning blir det på näthinnan?

59.

Solen har diametern $1,4 \cdot 10^9 \text{ m}$ och väger $2,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Temperaturen på solytan är 5500°C och solens luminans är $1,6 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$. Hur stor blir belysningen på näthinnan om man tittar på solen (farligt!) med en pupilldiameter på 2,0 mm? Hur förändras belysningen på näthinnan om halva solens yta täcks över av månen vid en solförmörkelse? Använd en enkel ögonmodell.

60.

Vilken luminans måste en bildskärm ha för att ge samma belysning på näthinnan (med oförändrad pupillstorlek) som när man tittar på ett vanligt vitt, A4-papper belyst med 600 lux? Pappret har en reflektans på ca 90%.

61.

De nya högintensiva trafikljusen består av tätt packade lysdioder inom en cirkel med diametern 15 cm som tillsammans ger 17 lm i en kon med toppvinkeln 14° . Hur stort blir flödet in i ögat och hur stor blir belysningen i bilden på näthinnan om man betraktar trafikljuset från 100 m avstånd och pupillen är 3 mm i diameter? Du kan bortse från ögats aberrationer och diffraktion.

62.

Gränsvärdet för långtidsskador på näthinnan motsvarar ca 2500 lux mot näthinnan. Räkna om detta till ett gränsvärde för lämpligt vald fotometrisk storhet som beskriver hur starkt lysande en utbredd ljuskälla maximalt får vara utan att det är farligt att titta på den. Antag en enkel ögonmodell.

63.

Två runda lysdioder sitter monterade bredvid varandra. Lysdiod 1: Diameter 10 mm, flöde 0.1 lm, konvinkel 8° . Lysdiod 2: Diameter 5 mm, flöde 0.26 lm, konvinkel 20° . Vilken av dioderna ser ut att lysa starkast (dvs ger störst belysning på näthinnan) när man tittar på dem från 0,5 m avstånd? (Ljuset sprids i en kon med de givna konvinklarna)

64.

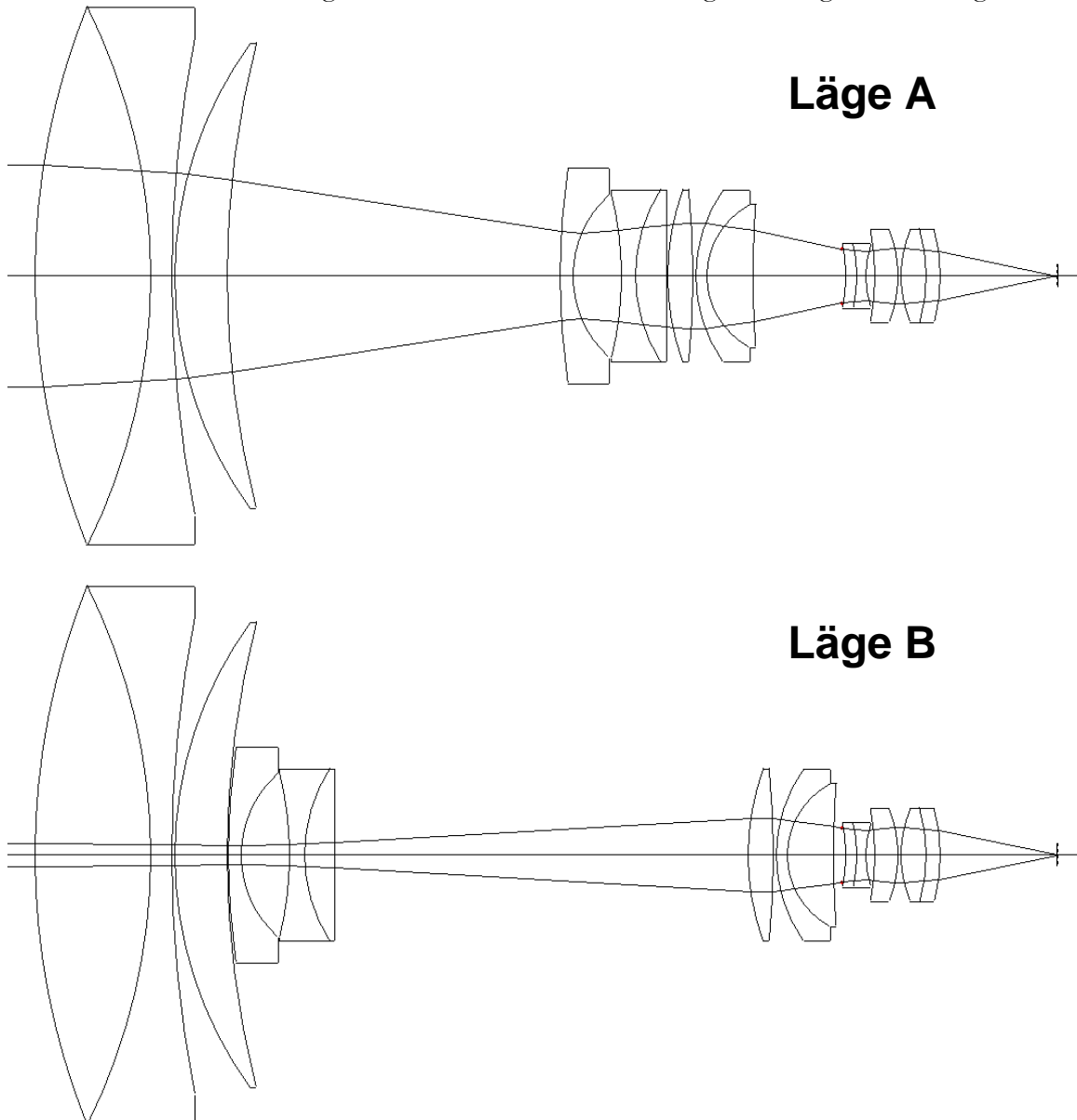
En 60W glödlampa skruvas i en vanlig skrivbordslampa med en vit lampskärm (reflektor). Glödlampan kan betraktas som en punktkälla och ger ca 600 lm. Skärmen samlar upp allt ljus som sprids i en halvsfär bakom glödlampan och reflekterar 80% av detta ljus i en kon med vinkeln 70° . Vilken total ljusstyrka får skrivbordslampan?

65.

Ögat har en fantastisk förmåga att anpassa sig till olika ljusnivåer. Jämför följande situationer: (1) Fullt solljus (10^5 lux) vinkelrätt mot snötäckt mark (lambertspridare, 100% reflektans), pupilldiameter 1mm. (2) Månljus (0.1 lux) vinkelrätt mot barmark (lambertspridare, 20% reflektans), pupilldiameter 6mm. Hur många gånger högre blir belysningen på näthinnan i solljusfallet? I båda fallen tittar ögat på marken. (Om du vill får du använda enklast möjliga ögonmodell)

66.

Nedan visas strålgången i skala 1:2 genom ett kameraobjektivs två extremlägen. Bländartalet är 2.4 i båda lägena. Hur förändras belysningen i bildplanet, när ett stort avlägset objekt med luminansen 200 cd/m^2 fotograferas, och man zoomar från läge A till läge B? Mät i figuren.



Diffraktion och diffraktiv optik

67.

En diffraktiv lins får olika fokallängd för olika ordningar. Det kan vara användbart för det presbyopa ögat som inte kan ackommodera längre. Antag att man vill göra en sådan diffraktiv, multifokal kontaktlinn med styrkorna 0 D, +1,5 D och +3,0 D. Hur tätt är linjemönstret i kanten på linsen om vi antar att diametern är 7,0 mm?

68.

Hur stor blir minsta möjliga bildstorlek när man avbildar en avlägsen vit punktkälla med en akromat med fokallängden 100 mm och diametern 20 mm?

69.

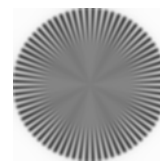
Ljuset från polstjärnan ger en belysning motsvarande $7 \cdot 10^{-6}$ lux när det når jordytan. Vilken belysning får man i bilden av stjärnan när man fotograferar polstjärnan med ett diffraktionsbegränsat kameraobjektiv med fokallängden 50 mm och diametern 20 mm?

70.

Hur stor blir minsta möjliga bildstorleken på grund av longitudinell kromatisk aberration när man avbildar en vit punktkälla med en diffraktiv lins med fokallängden 100 mm och diametern 10 mm?

71.

Ett diffraktionsbegränsat objektivet till en projektor används för att avbilda ett testmönster (sektorstjärna) på en skärm på 6,0 m avstånd. Figuren intill visar hur bilden ser ut i skala 4:1, dvs förstoraad fyra gånger. Vilken diameter har objektivet?



72.

En viss maskin som tillverkar diffraktiva linser klarar bara av att pressa mönster med en täthet på maximalt 100 linjer/mm. Vilket är det lägsta bländartal en lins kan få om man tillverkar den med denna maskin? (Du kan få anta en fokallängd **eller** diameter på linsen om du vill.)

73.

En diffraktiv lins med styrkan +3D (första ordningen) kombineras med en vanlig, tunn, planokonvex lins gjord av polycarbonat (tab 14.2 i Freeman) i ett försök att göra en multifokal intraokulärlins (IOL). Vilken styrka skall polycarbonatlinsen ha för att kombinationen skall få samma styrka för blått och rött ljus?

74.

Diffraktiv optik har alltid ett kraftigt våglängdsberoende. Antag att vi har en diffraktiv lins med fokallängden $f_d=1$ m för grönt ljus (första ordningen), med diametern 1 cm. Vilka fokallängder, f_F och f_C , har linsen för blått respektive rött ljus (första ordningen)?

75.

Fresnellinser och diffraktiva linser består vid en första anblick av likartade ringformade mönster. Beskriv minst tre skillnader mellan de två linstyperna gällande uppbyggnad, funktion eller avbildningskvalitet.

Instuderingsuppgifter för räknestugorna efter föreläsning 2-4

1. Linsen här intill har en diameter på 50 mm och är gjord i glas med brytningsindex 1,65 och har krökningsradierna 100 mm respektive 200 mm. Linsen är omgiven av luft och kan betraktas som tunn. Den används för att avbilda ett punktobjekt som är placerat 50 cm framför linsen på optiska axeln. Beräkna hur stor suddigheten blir i det paraxiala bildplanet p.g.a. sfärisk aberration i följande steg:
 - a. Beräkna linsens formfaktor (X)
 - b. Beräkna den tunna linsens styrka (F)
 - c. Beräkna det paraxiala bildavståndet (l')
 - d. Beräkna avbildningens konjugatfaktor (Y)
 - e. Beräkna materialkonstanterna α , β , γ och δ
 - f. Beräkna den longitudinella sfäriska aberrationen (LA)
 - g. Beräkna radien på suddigheten i bilden p.g.a. sfäriska aberration, d.v.s. den transversella sfäriska aberrationen (TA) i det paraxiala bildplanet



2. Har linsen i uppgiften ovan positiv eller negativ sfärisk aberration? Beräkna hur långt ifrån linsen randstrålarna korsar den optiska axeln! Rita sedan en figur som visar hur strålar nära den optiska axeln och randstrålar avbildas genom linsen från objekt till bild!

3. Hur stor skulle suddigheten i uppgift 1 bli p.g.a. sfäriska aberration om man vänder på linsen (dvs krökningsradierna är nu istället 200 mm respektive 100 mm, se figuren här brevid, allt annat oförändrat)?



4. Hur långt ifrån det paraxiala bildplanet finns den minst suddiga bilden i uppgift 3? Hur stor är suddigheten här?

5. Linsen här intill har en diameter på 100 mm och är gjord i glas med brytningsindex 1,65 och krökningsradierna 170 mm respektive 200 mm. Linsen är omgiven av luft och kan betraktas som tunn. Den används för att avbilda ett punktobjekt som är placerat 50 cm framför linsen på optiska axeln. Beräkna hur stor suddigheten blir i det paraxiala bildplanet p.g.a. sfärisk aberration.



6. Har linsen i uppgiften ovan positiv eller negativ sfärisk aberration? Beräkna hur långt ifrån linsen randstrålarna korsar den optiska axeln och rita samma typ av figur med paraxiala strålar och randstrålar som i uppgift 2.

7. Beräkna hur stor suddigheten blir i det paraxiala bildplanet p.g.a. sfärisk aberration om diametern på linsen i uppgift 5 halveras (d.v.s 50 mm istället för 100 mm, allt annat oförändrat).

Mini-facit:

- 1a) $X=3$ 1b) $F=+3,25$ D 1c) $l'=0,8$ m 1d) $Y=0,2308$
 1e) $\alpha=1,309$, $\beta=2,471$, $\gamma=1,053$ och $\delta=1,611$ 1f) $LA=0,006866 \cdot 15,158=0,104$ m
 1g) $TA=0,00325$ m = 3,25 mm 2) Positiv, $l'_m=0,696$ m
 3) X blir nu $=-3$, vilket ger mindre sfärisk aberration: $LA=0,0806$ m och $TA=2,52$ mm
 4) Bästa bild finns på $(\frac{3}{4}) \cdot LA = 6,0$ cm framför det paraxiala bildplanet (d.v.s. närmare linsen), här blir radien på suddigheten $TA/4=0,63$ mm
 5) $X=0,081$ $F=-7,07$ D $l'=-0,1102$ m $Y=-1,565$ $LA=-0,0209$ m och $TA=9,48$ mm
 6) Negativ, $l'_m=-0,0893$ m
 7) $TA=1,18$ mm ($2^3=8$ ggr mindre)