



LABORATION 6

Astigmatism och Distorsion

Personnummer	Namn
--------------	------

Laborationen godkänd

Datum	Assistent
-------	-----------

LABORATION 6: Astigmatism och Distorsion

Att läsa i kursboken: sid. 248-257, 261-266, 298-299

Förberedelseuppgifter 3 st, se nedan. Skall vara gjorda före labtillfället.

Vad labben går ut på: Uppmätning av axiell astigmatism samt cylinderaxel i torisk lins. Undersökning av sned astigmatism och distorsion i enkel sfärisk lins. Mätning av fokallängd samt karakterisering av distorsion och astigmatism i progressiv lins.

Utrustning: Halogenlampsälla.
Planokonvexa linser +5 D, +10 D
Toriskt glasögonblank
Progressiv lins
Apertur (platta med ett hål)
Retikel med fingraderad skala
Aluminiumplatta med hålmönster
Skärm med millimeterskala, skena, ryttare, hållare etc.
Tumstock, papper, diffusor tej, dubbelhäftande tej, sax

Teori

I de flesta linser uppträder linsfelen astigmatism och distorsion. I den här laborationen skall du få mäta dessa aberrationer i både en enkel sfärisk lins och i en progressiv lins. Dessutom ska du karakterisera den axiella astigmatismen i en torisk lins. I det inledande teoriavsnittet nedan beskriver vi först axiell astigmatism och de två aberrationerna. Sedan behandlas progressiva linser och svårigheterna med att få dessa aberrationsfria.

Axiell astigmatism

Axiell astigmatism uppkommer när linsytan inte är cirkulärsymmetrisk. Denna typ av ytor kallas för toriska och är tillverkade med olika krökningsradie, och därigenom olika brytkraft, i de två huvudsnitten. Ett strålnippe som faller in mot en torisk lins bryts inte ihop i en enda punkt utan i två olika linjer som ligger på olika ställen, enligt Fig. 1.

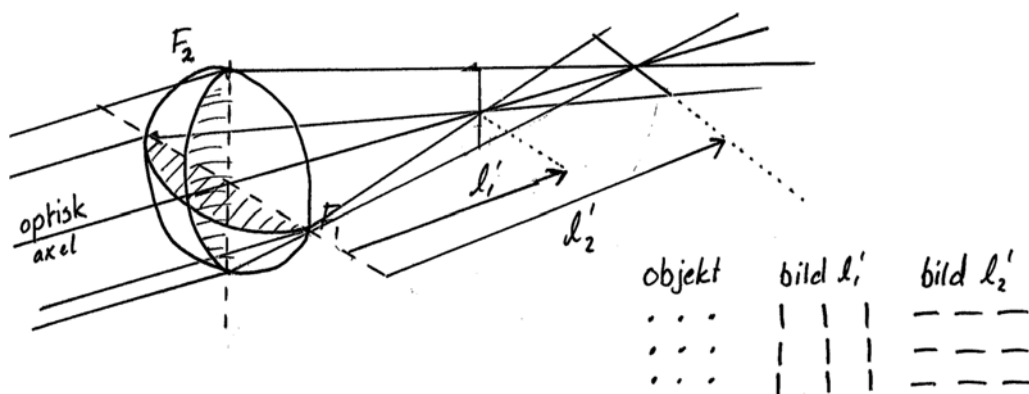


Fig. 1. Avbildning i torisk lins.

FÖRBEREDELSEUPPGIFT 1: Hur ser bilderna ut och var hamnar de om ett avlägset punktoobjekt avbildas genom en torisk lins med receptet +3 D sfär, -2D cylinder, axel 180°?

Aberrationerna astigmatism och distorsion

Bilden av ett punktformigt objekt i ett linssystem blir aldrig helt punktformig. Avbildningsfel, s.k. aberrationer, förorsakar en utsmetning av bilden. Det förekommer en rad olika aberrationer, och en del av dem har redan behandlats i laboration 5. Vi skall här koncentrera oss på fältaberrationerna *astigmatism* och *distorsion*.

Astigmatism i en vanlig sfärisk lins beror på asymmetrin i uppställningen då strålar faller in i vinkel mot optiska axeln (s.k. sned/radiell astigmatism). Antag att ett objekt vid sidan av optiska axeln skall avbildas. Infallsplanet, det vill säga det plan som innehåller bildpunkten för centrala strålar och den optiska axeln, kallas för *meridionalplanet* eller *tangentialplanet*. Linsens s.k. *sagittalplan* innehåller huvudstrålen och ligger vinkelrätt mot tangentialplanet. Strålar som utgår från objektet och som ligger i tangentialplanet ser en annan krökning än motsvarande strålar som ligger i linsens sagittalplan, och får därför en något annan fokallängd. Vid fokusering av strålar utgående från ett punktformigt objekt får man två foki i form av linjer. I det sagittala fokus har de tangentiala strålarna inte fokuseras, och man får därför en linje utdragen i tangentialplanet riktning istället för en punkt. På motsvarande sätt utgörs det tangentiala fokus av en linje i sagittalplanet.

FÖRBEREDELSEUPPGIFT 2: Hur kommer bilden av en punkt från en sfärisk lins med radiell astigmatism förändras när bildplanet förskjuts mellan det sagittala och det tangentiala fokus? Fig. 7.17 i läroboken kan vara till hjälp.

Distorsion yttrar sig i att bilden av ett kvadratisk objekt blir deformerat. Kantlinjerna i bilden buktar antingen lite inåt eller lite utåt. I tunna linser förekommer ingen distorsion, men om en bländare placeras i ett annat plan än linsen själv uppträder effekten. Fig. 2 visar strålgången för en tunn lins med bländare. Vid avbildning utan bländare går den centrala strålen genom linsens mitt och träffar bildplanet i P' . Bildplanet är det plan som innehåller bildpunkten vid paraxial avbildning av axiala punktformiga objekt. På grund av sfärisk aberration ligger den egentliga konvergenspunkten för ett strålknippe från ett utomaxialt objekt en bit framför bildplanet. Den centrala strålen genom bländaren går inte längre genom linsens mitt och träffar därför bildplanet i punkten P'_a istället för P' . Den något breddade bildpunkten kommer därför få sitt centrum lite förskjutet, och förstoringen ändras därmed för utomaxiala objekt. Om förstoringen ökar med avståndet från linsens mitt får man utdragna hörn och inåtbuktande kantlinjer på bilden av ett kvadratisk objekt, s.k. *kuddformig distorsion* (eng. *pincushion distortion*), om förstoringen minskar får man utåtbuktande kantlinjer, s. k. *tunnformig distorsion* (eng. *barrel distortion*).

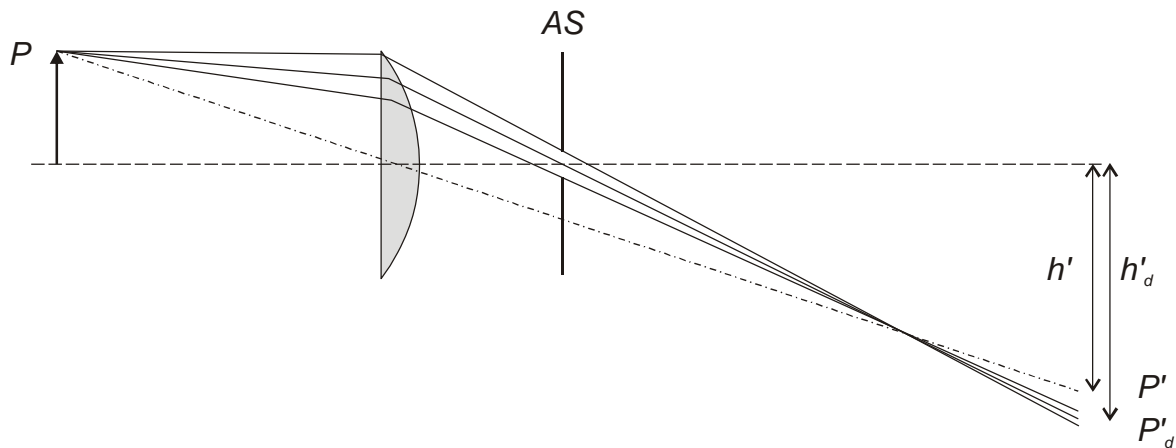


Fig. 2. Distorsion i tunn lins med bländare.

FÖRBEREDELSEUPPGIFT 3: Distorsionen kan definieras som $h'_d - h'$, där h' är det förväntade avståndet från optiska axeln för en punkt och h'_d det verkliga avståndet. Storheten brukar anges för den maximalt tillåtna infallsvinkeln. Föreslå hur man skall mäta h' och h'_d .

Progressiva linser

Progressiva linser är linser med en successiv förändring av brytkraften över linsens yta. Dessa linser har kommit till användning i glasögon för att kompensera för ögats oförmåga att adaptera ögonlinsen till nära objekt (ackommodation). Problemet kallas presbyopi och uppträder hos alla människor vid hög ålder. Normalt görs progressiva linser så att övre delen avpassas för fjärrseende, och man har sedan en mjuk övergång till den mer positiva nedre delen som utnyttjas för närseendet (vid negativ avståndskorrektion görs nederdelen med svagare negativ brytkraft), se Fig. 8.26 i läroboken. Ett problem med progressiva linser är att linsytan inte är sfärisk, och man kan därför aldrig göra linserna helt fria från astigmatism och distorsion.

INSTRUKTIONER

1. Gör en förstörande avbildning (ca 2 ggr) av aluminiumplattan med hålmönster med hjälp av den sfäriska +5 D linsen (vänd linsen rätt). Objektet (hålmönstret) belyses lämpligen diffust med lampan genom att sätta tejp på objektet. Se till att den mittersta punkten i mönstret verkligen ligger på optiska axeln i systemet. Placera den toriska glasögonlinsen direkt bakom den sfäriska +5 D linsen och hitta de två bildplanen. Mät upp bildplanens lägen och räkna ut cylinderstyrkan för den toriska linsen. Roter den toriska linsen så att dess cylinderaxel ligger horisontellt (180). Tips: Titta på hur de linjeformade bilderna vrider sig när du roterar linsen eller titta på kanten på den toriska linsen för att hitta cylinderaxeln.
2. Ta bort den toriska linsen och hitta den skarpa bilden för den sfäriska +5 D linsen. Vrid linsen ca 30 grader och studera aberrationen sned astigmatism som då uppkommer. Mät upp sagittal och tangential styrka. Jämför med teoretiskt beräknade värden.
3. Sätt nu ett litet hål med diffusor (tejp) framför lampan. Använd den sfäriska +10 D linsen felvänd för att göra en avbildning av retikelskalan (rutnät) med ca. fem ggr förstoring. Rita en figur motsvarande Fig. 2 ovan och förklara varför och vilken typ

av distorsion man får. Mät upp distorsionen och ange i mm och för maximalt bildfält. Hur förändras distorsionen om du vänder linsen? Varför?

4. Gör en förstörande avbildning (ca 2 ggr) av aluminiumplattan med hålmönster med hjälp av den progressiva linsen. Mät upp linsens addition (d.v.s. skillnaden i brytkraft mellan fjärr- och närdel) genom att sätta ett hål framför den del av linsen som ska mätas. Undersök även den axiella astigmatismen och distorsionen i de olika delarna av linsen (delen för fjärrseende, närdelen, samt vid sidan av närdelen i linsen).