



LABORATION 1

AVBILDNING OCH FÖRSTORING

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

Laborationen godkänd

Datum	Labhandledare
-------	---------------

LABORATION 1: AVBILDNING OCH FÖRSTORING

Att läsa före lab:	Vad är en bild och hur uppstår den? Se föreläsning 1. Reella och virtuella bilder. Se föreläsning 1 och 8. Fokallängd hos tunn lins. Se föreläsning 7. Avbildning i tunna linser. Se föreläsning 7. Beräkna objekts- eller bildavstånd. Se föreläsning 7. Förstoring i tunn lins. Se föreläsning 7. Bildstorlek vid avlägset objekt. Se föreläsning 7. Huvudplan, fokalpunkter, snittvidd. Se föreläsning 9-10.
Förberedelseuppgifter:	2 st, se nedan. Skall vara gjorda före labtillfället.
Vad labben går ut på:	Mäta förstoring och bildavstånd i tunn lins. Se skillnaden mellan reella och virtuella bilder. Se skillnaden mellan tunna linser och sammansatta system. Bestämning av fokallängd för en tunn lins. Uppskattning av fokallängd i sammansatt linssystem.
Utrustning:	Halogenlampa med kalljusspegel Planokonvexa tunna linser, $f = 50$ mm, 100 mm, 200 mm Kameraobjektiv med okänd fokallängd Aluminiumplattor med punktmönster Skärm med millimeterskala Skena, ryttare, hållare, etc.

TEORI

Du kan repetera den nödvändiga teorin med hjälp av anteckningarna. Relevanta kapitel finns angivna ovan. Du kan också läsa i boken på sida 85-100 och 117-131. Nedan följer ytterligare en variant som är mer fullständig än anteckningarna, och förhoppningsvis mer lättläst än boken. Missa inte förberedelseuppgifterna!

Ett avbildande system kan bestå av en lins eller en kombination av flera linser. Ibland är enkla linser hopklistrade, och kallas då dubbletter eller tripletter. Systemet avbildar ett visst objekt, och bildens läge och storlek kan tas fram med hjälp av strålkonstruktion. För att kunna genomföra en strålkonstruktion måste man veta hur strålarna bryts av det avbildande systemet. Det visar sig att för en enstaka tunn lins behöver man bara veta fokallängden, eller brytkraften, för att kunna konstruera strålgången. För ett system sammansatt av flera tunna eller tjocka linser måste man också veta var de s.k. huvudplanen för systemet ligger. Huvudplanen talar om för oss var strålarna bryts. I den här laborationen skall du få bekanta dig med fokallängder, huvudplan och avbildningar. Teoriavsnitten nedan ger en kort bakgrund. Först beskrivs strålkonstruktion i tunna linser. Därefter tittar vi på sammansatta linssystem, mätning av fokallängden hos okänd lins, och slutligen bildstorleken för avlägset objekt.

Avbildning i en tunn lins

En krökt yta, en lins eller ett mer komplicerat linssystem kan alla användas för att avbilda föremål. Strålar som utgår från en punkt i objektet samlas ihop av det avbildande systemet och fokuseras på en annan punkt i bilden. Alla strålar som kommer från en punkt på objektet skall hamna på samma ställe i bilden, oberoende av vilken riktning strålarna hade från början. Genom att välja linsens eller linsernas styrka och läge på ett lämpligt sätt kan man få bilden att bli större respektive mindre än det ursprungliga objektet.

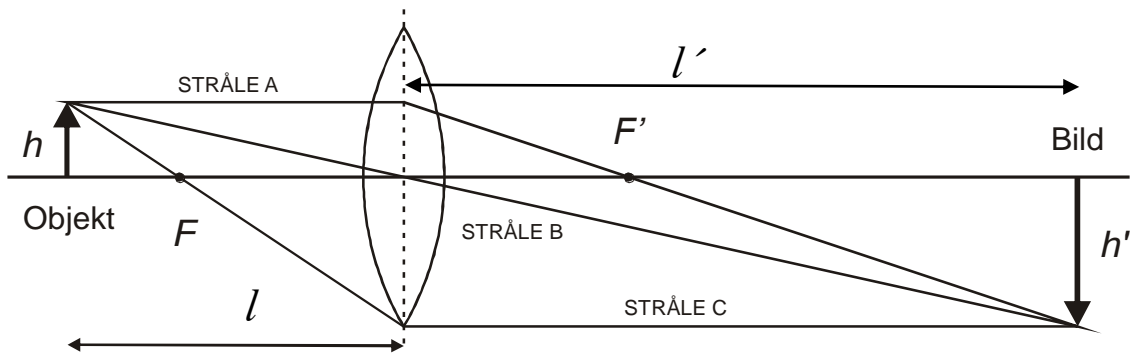


Fig. 1. Avbildning i tunn positiv lins

Ett enkelt exempel på avbildning ges i Fig. 1, där en tunn bikonvex (positiv) lins utnyttjas för att ge en reell förstörd bild av objektet. Objektet ligger strax framför linsens främre fokuspunkt (F). Man kan bestämma bildens läge och storlek genom en strålkonstruktion. Vid en sådan konstruktion tittar man på hur vissa speciella strålar från en given punkt på objektet bryts av linsen. Man brukar ofta använda en pil som objekt. Pilen ritas från optiska axeln och man studerar lämpligen strålgången från den punkt som ligger på pilens spets. Stråle A i Fig. 1 går parallellt med den optiska axeln i systemet. Alla strålar som faller in parallellt med axeln mot en lins bryts ihop i linsens bakre fokuspunkt (F'). Stråle A måste därför gå genom linsens bakre fokuspunkt. Nästa stråle av intresse är stråle B, som går från den givna punkten på objektet genom linsens mitt. Alla strålar som går genom mittpunkten på en tunn lins passerar linsen utan att brytas, eftersom främre ytan och bakre ytan är parallella vid mitten. Linsen har då samma funktion som en glasruta. Vi kan därför dra en rak stråle från objektpilens spets och vidare genom linsens mitt. Redan de två hittills inritade strålarna räcker för att ta reda på förstoringen och bildens läge. Man brukar dock normalt rita ytterligare en stråle för att kontrollera resultatet: stråle C. Den går från objektpunkten genom linsens främre fokuspunkt. Alla strålar som går genom främre fokuspunkten till en lins måste komma ut parallellt med den optiska axeln. Bildens läge ges nu direkt av skärningspunkten mellan de tre inritade strålarna. Förstoringen ges av förhållandet mellan bildpilens och objektpilens längd, $m = h'/h$. För tunna linser ser man, med hjälp av likformiga trianglar, att förstoringen blir $m = l'/l$.

FÖRBEREDELSEUPPGIFT 1: Beräkna bildavstånd och förstoring för avbildningen med tunn lins i figur 1, om fokallängden är $f' = 100$ mm och avståndet mellan lins och objekt är $l = -400$ mm. Gör samma beräkning även för $l = -200$ mm, -150 mm, -100 mm och -90 mm. För in värdena i tabellen på sista sidan!

Sammanstatta linssystem

Vid strålkonstruktioner i tunna linser, som i exemplet ovan, behöver man känna fokalpunkternas respektive linsens läge för att entydigt kunna bestämma avbildningen. I ett sammansatt linssystem eller i linser där linsens egen tjocklek inte längre kan försummas visar det sig att avbildningssystemet kan ersättas av fyra s. k. kardinalpunkter. (Vi antar då att brytningsindex i objektrymd och bildrymd är lika, annars behöver man ytterligare två punkter som kallas nodpunkter.) Vet du var de fyra kardinalpunkterna ligger, räcker det för att kunna bestämma avbildningar genom strålkonstruktion. Kardinalpunkterna utgörs av systemets två fokalpunkter och två s.k. huvudplan. För en vanlig tunn lins sammanfaller de båda huvudplanen med linsen. I fig. 2 visas hur strålkonstruktion vid positiv reell avbildning genomförs för ett sammansatt system. Stråle A som går från objektpunkten parallellt med optiska axeln i systemet bryts i huvudplanet P' , och går sedan genom den bakre fokuspunkten F' . Den stråle som passerar linssystemet utan att brytas, stråle B, skall dras från objektpunkt till optiska axeln vid huvudplan P . Där translateras strålen längs med optiska axeln till

huvudplan P' , och fortsätter sedan parallellt med ursprungsstrålen. Stråle C, som går genom den främre fokuspunkten F , bryts i huvudplan P och går sedan parallellt med den optiska axeln. Strålgången i konstruktionen behöver inte motsvara den verkliga strålgången inuti linssystemet. Före inträdet i linssystemet och efter utträdet går strålarna dock som om de brutits enligt konstruktionen, och det är det enda som är av betydelse för själva avbildningen.

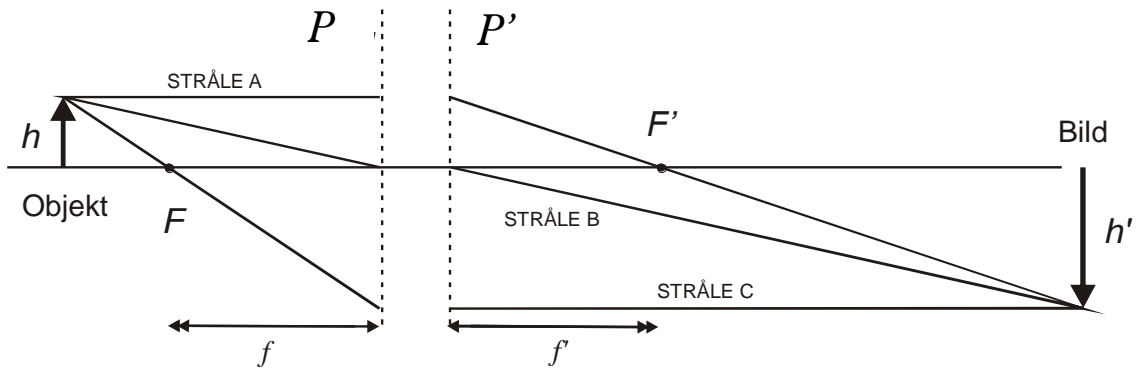


Fig. 2. Avbildning i sammansatt linssystem

Bestämning av fokallängd

En enkel metod att bestämma fokallängden på en okänd tunn lins är att låta ett strålknippe med parallella strålar falla in vinkelrätt mot linsen. Ett sådant strålknippe kan åstadkommas genom att placera en punktljuskälla i främre fokuspunkten till en positiv lins. Detta kallas för att kollimera strålarna. Man får sedan fokallängden genom att mäta avståndet från den okända tunna linsen till det ställe där det kollimerade ljuset fokuserats ihop till en punkt. I ett sammansatt linssystem definieras fokallängden som avståndet mellan huvudplan och fokuspunkt. De två fokalavstånden f_E och f_E' är lika stora förutsatt att brytningsindex är lika stort i bildrymd och objektrymd.

FÖRBEREDELSEUPPGIFT 2: Antag att du skall bestämma fokallängden på ett okänt objektiv sammansatt av flera olika linser. Kan man använda samma metod som ovan angivits för tunna linser?

Bildstorlek vid avlägset objekt

Om objektsavståndet är oändligt, eller stort nog att kallas oändligt, skapas en bild i linsens fokalplan såsom visas i figur 3. Bildens storlek ges av $h' = f_E \tan w$, där w är synvinkeln. För ett givet objekt är w konstant, och då bestäms bildens storlek enbart av fokallängden. Detta gäller både för tunna linser och för sammansatta linssystem i luft. (Om du zoomar in eller ut med en kamera, är det just bildstorleken du ändrar. Det sker genom att objektivet fokallängd ändras, oftast genom att en av linserna i objektivet flyttas. Ett teleobjektiv ger stora bilder, och har alltså lång fokallängd. Ett vidvinkelobjektiv ger små bilder och har kort fokallängd.)

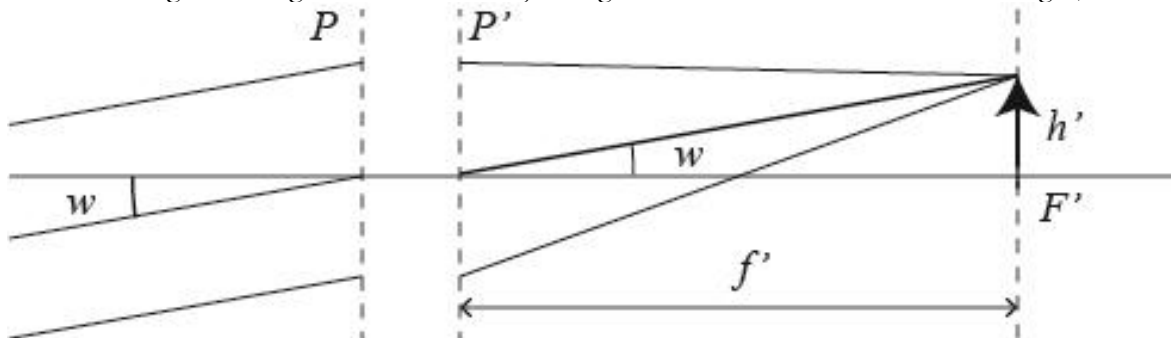


Fig. 3. Bildstorlek vid avlägset objekt.

INSTRUKTIONER

- 1) Linser och andra optiska komponenter är ömtåliga. Undvik att repa eller sätta fingeravtryck på dom, eftersom det försämrar avbildningen. Rör bara linsernas hållare.
- 2) De tre linserna är omärkta. Avgör vilken som har 50 mm, 100 mm och 200 mm fokallängd!
- 3) Använd aluminiumplatta med hålmönster som objekt och belys den med halogenlampan. Ställ upp den tunna lins som har 100 mm fokallängd.
 - a) Mät upp bildavstånd och förstoring för objektsavstånden -400 mm, -200 mm och -150 mm och fyll i tabellen nedan. Stämmer det med dina resultat i förebereelseuppgift 1?
 - b) Är bilden rätt- eller felvänd (d.v.s. är förstoringen positiv eller negativ)? Hur kan du testa detta i din labupställning?
 - c) Är bilden reell eller virtuell?
- 4) Ställ in objektsavståndet $l = -100$ mm. Var hamnar bilden nu?
- 5) Ställ in objektsavståndet $l = -90$ mm. Var hamnar bilden nu? Är bilden reell eller virtuell? Rätt- eller felvänd? OBS! Sänk halogenlampans ljusstyrka innan du tittar in genom linsen!
- 6) Nu ska du skapa parallella strålar, dvs ett kollimerat strålknippe. Använd aluminiumskivan med ett enda hål som objekt, och använd linsen med fokallängd 100 mm till att skapa en avlägsen bild (stort bildavstånd ger nästintill parallella strålar). Kolla med labhandledare.
 - a) Sätt linsen med fokallängd 200 mm i den kollimerade strålen. Mät bakre snittvidden, dvs hur långt från linsen fokus hamnar. Vänd sedan på linsen så att du mäter främre snittvidden istället. Skiljer de sig åt? Stämmer värdena med fokallängden på 200 mm?
 - b) Byt ut linsen (200 mm) mot kameraobjektivet. Mät främre respektive bakre snittvidden. Skiljer de sig åt? Varför? Rita upp objektivet i skala 1:2 och sätt ut fokalpunkterna! Kan du bestämma objektivets fokallängd utifrån dessa mätningar?
- 7) Objektivet har samma fokallängd som en av de tre linserna.
 - a) Ta reda på vilken genom att jämföra bildstorleken för avlägset objekt. Gå ut i korridoren och skapa en reell bild av t.ex. utsikten genom fönstret (tips: $h' = f_E \tan(w)$).
 - b) Markera lägena för huvudplanen i den figur du ritade i 6b. Visa för labhandledare och rita sedan strålarna för avbildning av ett objekt genom objektivet.
- 8) Fundera ut en metod att mäta fokallängden på det omärkta objektivet ifall du inte har en lämplig lins att jämföra med. Bestäm fokallängden enligt föreslagen metod. (Kör du fast, be labhandledaren om tips.)

Avbildning i lins med 100 mm fokallängd.

Objektsavstånd l	Beräkningar enligt förberedelseuppgift 1		Uppmätta värden			
	l'	m	l'	h	h'	m
-400 mm						
-200 mm						
-150 mm						
-100 mm						
-90 mm						