

ÄMNESDIDAKTIK I PRAKTIKEN –
NYA VÄGAR FÖR UNDERVISNING I NATURVETENSKAP
NR 6, MAJ 2004 (REVIDERAD ANDRA UPPLAGA)

ATT UNDERVISA
OM GEOMETRISK OPTIK
KUNSKAPSBAS OCH UNDERVISNINGSFÖRSLAG

Björn Andersson och Frank Bach

Enheten för ämnesdidaktik,
Institutionen för pedagogik och didaktik
Göteborgs universitet, Box 300, SE-40530 GÖTEBORG
ISSN 1651-9531, Redaktör: Björn Andersson

© Enheten för ämnesdidaktik, IPD, Göteborgs universitet. Elevuppgifter och -texter får kopieras av läraren och användas i hans/hennes undervisning.

Reviderad andra upplaga.

INNEHÅLL

FÖRORD	7
--------	---

Inledning

LÄRANDE, UNDERVISNING OCH INNEHÅLL I SKOLANS NATURVETENSKAP

1. OM LÄRANDE OCH UNDERVISNING	9
Hur får vi kunskap om världen?	9
Utifrån-och-in-modellen	10
Utifrån-och-in-modellen ifrågasatt	11
En socialkonstruktivistisk modell	12
Iakttagelse och förståelse beror av våra föreställningar	16
Elevens utgångsläge	18
Ökad medvetenhet om lärande och undervisning genom formativ utvärdering	20
Begränsningar i den socialkonstruktivistiska modellen	20
En allmän teori för undervisning och lärande	21
2. OM INNEHÅLLET I SKOLANS NATURVETENSKAP	23
Vardag och vetenskap	23
Naturvetenskapen historia och skolans undervisning	24
Vilka naturvetenskapliga teorier i grundskolan?	25
Naturvetenskapliga begrepp och teorier i samhället	26
Erfarenhetsmässigt och begreppsligt lärande	27
En teori för undervisning och lärande i naturvetenskap	27

Del 1

DEN ÄMNESDIDAKTISKA KUNSKAPSBASEN

3 KURSPLANEMÅL OCH FRÅGOR	29
4 VARFÖR OPTIK I GRUNDSKOLANS UNDERVISNING?	31
Läroplanens övergripande perspektiv	31
Kopplingar till kursplaner	32
5 IDÉER OM LJUSET FRÅN ANTIKEN TILL NEWTON OCH FRAMÅT	33
Länken mellan föremål och öga - tre modeller från antiken	33
Euklides optik: Begreppet synstråle	33
Atomisternas eidola-begrepp	35
Den arabiska skolan – Alhazen och problemet med punktförmig avbildning	36
Europeisk medeltid och början på nya tiden	37
Kepler - den moderna optikens grundare	38
Vad är färg? Newtons prismaexperiment	39
Fortsatt utveckling	40
Ett didaktiskt val – Keplers strålbegrepp kan med fördel användas i grundskolans optikundervisning	41
6 DEN GEOMETRISKA OPTIKENS MODELL AV LJUSET	43
7 ELEVERS BEGREPP OM LJUS OCH SEENDE	47
Några språkliga iakttagelser	47
Jämförelser mellan 'vardagliga' och vetenskapliga sätt att resonera	47

	Avbildning med positiv lins	58
	Avbildning med plana speglar	65
	En domänspecifik teori för undervisning och lärande av geometrisk optik	67
8	FÖRSLAG TILL MÅL OCH BETYGSKRITERIER FÖR GRUNDSKOLANS GEOMETRISKA OPTIK	69
	Aspekter av begrepp om ljus	69
	Mål för den geometriska optiken	71
	Betygskriterier	72
9	EN ÄMNESDIDAKTISK TEORI FÖR UNDERVISNING OCH LÄRANDE AV GEOMETRISK OPTIK	73

Del 2

**UNDERVISNINGSFÖRSLAG –
LJUSET GÅR RAKT OCH KAN REFLEKTERAS**

10	OM LJUS OCH STRÅLAR	75
11	HUR RESONERAR ELEVERNA OM LÄNKEN MELLAN LJUSKÄLLA OCH EFFEKT?	77
12	TEORIN ATT LJUS UTBREDER SIG LÄNGS RÄTA LINJER INTRODUCERAS	80
13	TEORIN ANVÄNDS – SKUGGOR	83
14	TEORIN OM LJUSET UTVECKLAS – REFLEXION	86
15	FICKLAMPAN	90
16	REFLEXION I EN MATT YTA	93
17	LJUS OCH SEENDE	97
18	ÄR DET LJUSET MAN SER DÅ MAN SYNLIKGÖR DESS UTBREDNING?	99
19	KORSANDE LJUS	101
20	LJUSETS HASTIGHET	102
21	INSTRÅLNING MOT EN YTA – ÅRSTIDER OCH TEMPERATURZONER	105

Del 3

**UNDERVISNINGSFÖRSLAG –
LJUS BRYTS OCH HAR FÄRG**

22	TEORIN I GUNGNING – GÅR LJUSET RAKT?	113
23	HUR KAN MAN BESKRIVA BRYTNING?	116
24	TEORIN I GUNGNING IGEN! VAR KOMMER ALLA VACKRA FÄRGER IFRÅN?	118
25	FILTER OCH FÄRGER	120

Del 4
UNDERVISNINGSFÖRSLAG –
PUNKTFORMIG AVBILDNING

26	VERKLIGA BILDER MED POSITIV LINS	127
27	AVBILDNING MED PLANA SPEGLAR	136
28	FÖRSTORINGSGLASET	138

Del 5
NÅGRA FORSKNINGSRISULTAT

29	GLIMTAR FRÅN ETT AVHANDLINGSARBETE	141
	NOTER	145
	REFERENSER	148
	BILAGA 1: SEX FRÅGOR OM LJUS, SKUGGA OCH ATT SE	151
	BILAGA 2: ETT EXPERIMENT OM LJUS OCH SEENDE	155
	BILAGA 3: LUDVIG, LISA OCH LJUSET	157
	BILAGA 4: PROBLEMSAMLING	177

FÖRORD

Ärade läsare!

Du har nu framför dig ett nummer av skriftserien 'Ämnesdidaktik i praktiken – nya vägar för undervisning i naturvetenskap'. Dess hemvist är Enheten för ämnesdidaktik vid Institutionen för pedagogik och didaktik. Närmare bestämt är det lärare och forskare vid avdelningen för naturvetenskap som står bakom den nya serien, som är en fortsättning på de tidigare 'Elevperspektiv' och 'Naspektrum'. Huvudambitionen är att lämna bidrag till utveckling av naturvetenskaplig undervisning och lärarutbildning i Sverige. Vi vill förbättra lärarnas möjligheter att bedriva en undervisning som är intresseväckande, intellektuellt utmanande men begriplig och som leder till varaktiga kunskaper. Vi bedömer att den ämnesdidaktiska forskningen har goda möjligheter att göra detta under förutsättning att dess resultat på olika sätt omsätts i praktiken. Det har hittills varit lite så och så med den saken, och därför hoppas vi att 'Ämnesdidaktik i praktiken' skall göra forskningsresultat både intressanta och användbara för praktiserande lärare och lärarutbildare.

Men titeln 'Ämnesdidaktik i praktiken' uttrycker inte bara att forskningsresultat omsätts i undervisning. Ämnesdidaktiskt kunnande skapas också av läraren i hans/hennes praktik. Vi menar att de båda sammanhangen för kunskapsbildning kompletterar varandra. Yrkespraktik och vetenskap kan med andra ord stödja varandra, och vi strävar därför efter utbyte och samverkan.

Detta nummer i serien är ett exempel på vår 'filosofi' angående hur en lärarhandledning kan vara utformad för att stimulera till utveckling av undervisning. Först kommer ett avsnitt om grundläggande frågor angående lärande, undervisning och skolans naturvetenskap. Härefter redovisas den ämnesdidaktiska kunskapsbasen för det aktuella området. Viktiga inslag i denna bas är forskningsresultat angående elevers föreställningar om geometrisk optik, liksom motiv för att undervisa området ifråga. Sedan följer förslag till lektioner, som visar hur kunskapsbasen kan omsättas i praktiken. Förslagen skall uppfattas som exempel, inte som recept som skall följas. Ambitionen med handledningen är att den skall vara en rik grund för reflexion och fortsatt kunskapsbygge på den egna skolan.

Handledningen riktar sig till NO-lärare i grundskolan, och naturligtvis också till andra intresserade.

Ett särskilt tack riktas till Bengt-Erik Friberg, Nationellt resurscentrum för fysik, Lunds Universitet, för tillstånd att använda bilderna 26.2 t.o.m 26.5 och 28.1.

Möln dal i maj 2004

Björn Andersson
redaktör

INLEDNING

*LÄRANDE, UNDERVISNING OCH
INNEHÅLL I SKOLANS NATURVETENSKAP*

I denna inledande del ställs frågan: Hur får vi kunskap om världen? Två modeller presenteras och diskuteras. Den ena är en vardagsmodell, som i litteraturen brukar benämnas 'the common sense conception of knowledge'. Den andra modellen kallas socialkonstruktivistisk och har sina rötter i Piagets och Vygotskys arbeten. Diskussionen mynnar ut i att vi formulerar ett utkast till en allmän teori som beskriver undervisningsbetingelser vilka är gynnsamma för lärande med förståelse. Efter detta tar vi upp innehållet i grundskolans naturvetenskap. Vi argumenterar för att undervisning om grundläggande begrepp är viktigt och hävdar att eleverna med fördel kan få möta teoretiskt tänkande inom lämpliga områden, t.ex. geometrisk optik och den biologiska evolutionsteorin. Det är inte fråga om en orientering om dessa teorier utan aktiv användning. Teorier är tankeverktyg och vi bedömer det som möjligt att undervisa så att eleverna får pröva på att använda dem som sådana. Slutligen formulerar vi en teori, specifik för naturvetenskap, som beskriver undervisningsbetingelser vilka är gynnsamma för lärande med förståelse.

1

OM LÄRANDE OCH UNDERVISNING

Hur får vi kunskap om världen?

Rubrikens fråga är nog den mest grundläggande som en lärare kan ställa om sin yrkesverksamhet. Frågan har sysselsatt filosofer, kunskapsteoretiker, pedagogiska forskare och andra i årtusenden. Som nyfödda vet inte så mycket om världen. Men efter några decennier är kunskapen om natur, teknik och samhälle betydande. Hur uppstår och utvecklas denna kunskap? Vad betyder individens kreativitet och ansträngningar i sammanhanget? Vad betyder det sociala samspelet? Vilken roll spelar naturen? Frågorna är många och det finns olika modeller av kunskapsrelationen 'individ-omvärld'. Vi börjar med att beskriva en sådan, av vetenskapsteoretikern Karl Popper kallad 'the common sense conception of knowledge'. Modellen brukar även betecknas 'empiristisk'. Vår term blir 'utifrån-och-in-modellen'.

Utifrån-och-in-modellen

I det dagliga livet läser vi tidningar, tittar på TV, pratar med folk och iakttar föremål och händelser. Vi upplever att detta *ger* oss mycket, att vi *får* kunskaper. Det ligger därför nära till hands att tänka sig, att källan till kunskaper är text, bild, människor och omvärld. Därifrån överförs kunskaperna till oss, bara vi öppnar våra sinnen för att ta emot dem. Det finns en del ord och uttryck som kommunicerar den nu beskrivna föreställningen om kunskapsöverföring. Vi säger t. ex. om ett anförande att det gav många nya idéer eller att ett budskap gick hem. Idéerna och budskapet framstår här nästan som objekt, vilka överförs från sändare till mottagare. Ett annat exempel är ordet 'inläring', som pekar på att då vi lär oss så hämtas något utifrån och placeras inuti oss. 'Utbildning' ger ett intryck av att det är något som skickas ut (och förhoppningsvis 'går hem').

En mer utvecklad version av 'utifrån-och-in-modellen' kan beskrivas så här: Grunden för vår kunskap är erfarenheter via våra sinnen, som fungerar som objektiva registreringsorgan, ungefär som en kamera som tar fotografier eller en bandspelare som spelar in ljud. På dessa sanna kunskaper kan man med hjälp av tänkande bygga tillförlitliga generaliseringar. Sinnena observerar t. ex. att solen går upp under en rad skiftande betingelser. Någon form av inre sinne kan då, från många minnesbilder, göra generaliseringen att solen alltid går upp. På ett likartat sätt bildas begrepp. Synsinnet registrerar t.ex. ett antal björkar, som lagras som mentala bilder. Det inre sinnet ser likheten och kan bilda begreppet björk. Den ursprungliga kunskapskällan är i den utvecklade modellen fortfarande omvärlden. Eftersom sinnena fungerar objektivt så vilar kunskapen på sanna fakta. Erfarenhet enligt detta sätt att se är något som man har eller inte har. För dem som har erfarenheten är den i princip likadan.

Det nu beskrivna synsättet har konsekvenser för naturvetenskaplig undervisning. Det blir viktigt att eleven gör konkreta erfarenheter. Genom att på egen hand observera, undersöka och pröva får han eller hon sann kunskap som grund för begreppsbildning. Det finns positiva erfarenheter av denna undervisningsmetod. Elever lär sig onekligen en del då de exempelvis undersöker permanentmagneter, försöker koppla lampor och batterier och studerar livet i ett akvarium. De tycker också att detta är både spännande och intressant. Om tiden är knapp kanske läraren låter eleven själv söka kunskap som är tillrättalagd i läroböcker, uppslagsverk och på internet. Läraren kan också låta eleverna laborera enligt noggrant utformade instruktioner, som relativt snabbt leder till att vissa observationer kan göras.

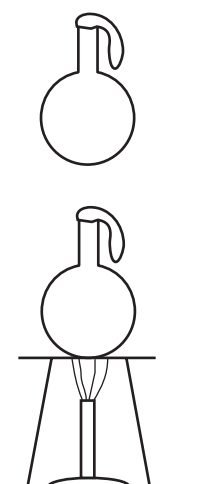
Det finns ett passivt drag i den nu beskrivna synen på hur människan får kunskap. Kunskapen har sitt ursprung i omvärlden. Första steget i lärandet är att egenskaper och förlopp registreras av sinnesorganen. Det finns med andra ord kunskap i de studerade systemen, i demonstrationsexperimenten, i figurerna på tavlan, i lärobokens text. Om eleverna är öppna kan de ta den till sig.

Kommentar

Utifrån- och in-modellen av lärande är en vardagsföreställning. Vår erfarenhet är att den är vanligt förekommande och i viss utsträckning omedveten. Vi tror att denna omständighet delvis förklarar att idén om att eleverna skall söka kunskap själva länge åtnjutit en viss popularitet. Vi ifrågasätter om utifrån-och-in-modellen verkligen är ett lämpligt verktyg för att förstå lärande och styra hur undervisning läggs upp, och presenterar i fortsättningen ett alternativ som vi bedömer stämmer med verkligheten.

Utifrån-och-in-modellen ifrågasatt

I en klass genomför eleverna ett experiment i utifrån-och-in-modellens anda. Se figur 1.1!



Gasers utvidgning

Materiel: Kolv, ballong, trefot med nät, brännare.

Utförande: Trä ballongen över kolvens mynning så som figuren visar. Var försiktig så ballongen inte skadas.

Vad finns inuti kolven? _____

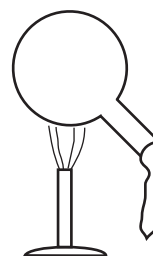
Luft är exempel på en _____

Placera kolven med ballong på trefoten med nät och värm försiktigt. Vad observerar du? _____

Slutsats: _____

Figur 1.1. Ett experiment om gasers utvidgning.

Lärarens tanke är att eleverna, genom att arbeta enligt instruktionen, med egna ögon skall se att luft utvidgar sig vid uppvärmning. När arbetet är klart frågar hon: Varför reser sig ballongen? En elev säger: Det beror på att när luften i kolven blir varm så stigen den uppåt och fyller ballongen. Många nickar instämmande. Läraren blir ställd. Hon trodde att experimentet på ett övertygande sätt visar att luft utvidgar sig vid uppvärmning. Men nu får denna tro en törn. Efter en stund samlar hon sig dock och frågar: Vad skulle ha hänt om ni i stället hade värmt så här? (Hon ritar figur 1.2 för eleverna.) Detta leder till en del diskuterande. Några hävdar bestämt att i detta fall så händer ingenting med ballongen. Den varma luften stiger rakt upp och stannar i det som nu är kolvens översta del. Andra tänker sig att luften visserligen stiger rakt upp, men eftersom den har fart och kolven är rund så åker den av farten ned i ballongen, som då blåses upp. Det ringar ut.



Figur 1. 2. Vad händer med ballongen om man värmer kolven?

Under dagen funderar läraren vidare på detta och en

tanke börjar ta form: Det är nog många lärare med mig som tror att ballong-experimentet övertygar eleverna om att luft utvidgar sig vid uppvärmning. Men nu börjar jag misstänka att det som egentligen sker är att de tycker sig få bekräftelse på något som de redan vet, nämligen att varm luft stiger uppåt. Det verkar vara denna lilla teori – deras förkunskaper – som bestämmer hur de tolkar vad de ser, inte experimentet som sådant.

Denna reflexion öppnar dörren till en annan modell av kunskapsrelationen mellan individ och omvärld, nämligen den så kallade konstruktivismen, på senare år utvecklad till socialkonstruktivism. En beskrivning av denna ges i nästa avsnitt. Ett viktigt drag i modellen är att det vi observerar och förstår av vår omvärld beror av våra kunskaper.

En socialkonstruktivistisk modell

En socialkonstruktivistisk modell av kunskapsrelationen mellan individ och omvärld innebär i korthet att kunnande ses som individuellt uppbyggt men att detta i stor utsträckning sker i ett socialt samspel. Modellens individuella aspekt baseras på Piagets arbeten, dess sociala på Vygotskys¹. Vi ger här vår egen tolkning genom att behandla följande:

- idén om jämvikt genom självreglering
- tanken att människan till sin natur är nyfiken och vetgirig
- föreställningen om tankestruktur
- insikten att samspelet med den sociala omgivningen – familj, kamratkrets, skola, närsamhälle, kultur, stat, världssamfund – har avgörande betydelse för individens kunskapsutveckling

Jämvikt genom självreglering

Antag att en person skall cykla till affären. Han har i sitt huvud en ungefärlig plan över vägen, med vars hjälp han förutser sitt cyklande: 'Snart kommer en uppförsbacke – öka farten. Korsväg – sakta in.' Men under cyklandet gör han iakttagelser, som leder till att han modifierar planen: 'Småbarn på vägen – sakta in. Ingen på korsvägen – kör på.' Planering, handling, iakttagelse och modifiering är för cyklisten delar av en anpassningsprocess, som håller honom i jämvikt med sin omgivning. På analogt sätt förlöper mer komplexa skeenden, t.ex. en lektion, som börjar med en plan, vilken successivt modifieras efter omständigheterna.

De här exemplen lämnar ledtrådar till intelligensens natur. Det gemensamma är att intelligensen hjälper individen att anpassa sig. Bristande överensstämmelse mellan t.ex. förväntan och iakttagelse utgör en störning av anpassningen eller jämvikten, som individen genom tänkande och handlande försöker reglera. Intelligensen har en inbyggd känslighet för störningar, dvs. bristande överensstämmelser av olika slag, kombinerad med en tendens att genom självreglering återställa jämvikten. Jämvikt kan rubbas inte bara i förhållande till omvärlden utan också inom individen. Med logikens hjälp kan man exempelvis upptäcka en motsägelse i ett resonemang man fört med sig själv.

Kommentar

Intelligensens inbyggda känslighet för störningar kan utnyttjas för att skapa intresse och motivation. Eleverna kan exempelvis lockas att göra en förutsägelse. Om denna inte stämmer med experimentresultatet antas en s.k. kognitiv konflikt uppstå, dvs. jämvikten blir störd. Man skall dock inte tro att eleverna automatiskt blir engagerade i att lösa upp konflikten genom tänkande och resonemang. Erfarenheten får visa vad som fungerar. Om det blir för många olösta kognitiva konflikter torde eleverna tappa intresset.

Strävan att återställa störd jämvikt är en möjlig förklaring till kunskapsutveckling, men denna idé har ett passivt drag. I förhållande till omgivningen är det visserligen vi själva som reglerar jämvikten, men bara när yttre omständigheter tvingar oss. Detta kan inte vara en fullständig bild av den dynamik som ger upphov till vårt kunnandes rikedom och mångfald. Vår omvärld stör visserligen ofta vår jämvikt, men vi är också aktiva utforskare av vår miljö. Om den senare aspekten handlar nästa avsnitt.

Nyfikenhet och vetgirighet

Den andra idén i modellen är, att evolutionen inte bara gett oss en tendens att upprätthålla jämvikt, utan också en allmän nyfikenhet och vetgirighet. Denna försätter oss i situationer som vi inte förstår. Jämvikten störs. Vi försöker genom tänkande och skapande återställa den. Vi lär oss. Evolutionen antas alltså ha gjort oss sådana, att vi intresserar oss för sådant som vi i och för sig inte behöver begripa för att klara den omedelbara anpassningen. Men det finns ändå en adaptiv poäng med detta. Den allmänna nyfikenheten och vetgirigheten gör att vi bygger upp kunnande som kan vara bra att ha för kommande anpassning.

Det här resonemanget kan verka rimligt, men det finns komplikationer. Det förefaller lite långsökt att tänka sig, att vi förbereder kommande anpassning då vi lyssnar på symfonier, målar tavlor, dansar folkdans och samlar frimärken. Människan tar också hand om svaga och hjälplösa. Detta är väl uttryck för något specifikt mänskligt, som går utöver det biologiska synsättets gränser?

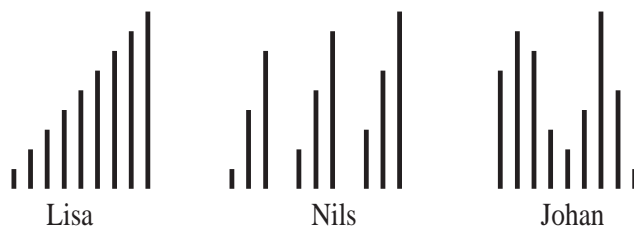
Kommentar

Den som umgås med småbarn kan dagligen se hur nyfikenheten och vetgirigheten kommer till uttryck i ett mycket aktivt utforskande av omvärlden. I skolan, inte minst i tidigare åldrar, är fria undersökningar av experimentmateriel något som eleverna uppskattar och som sätter deras fantasi i rörelse.

Tankestrukturer

Så här långt har vi uppehållit oss vid intelligensens funktion. Vi har talat om att återställa bristande jämvikt genom självreglering och om en tendens till nyfikenhet och vetgirighet. Men funktion förutsätter struktur. Ingenting fungerar ju i tomma intet. Leendet och Monalisa är oupplösligt förenade! Låt oss illustrera begreppet struktur med ett exempel!

Johan, Nils och Lisa, fyra, fem och sex år, tittar på när dagisfröken lägger pinnar i serie efter längd. Barnen vill pröva detta själva. Resultatet ser vi i figur 1.3.



Figur 1.3. Olika försök till serieordning.

Lisa antas ha en tankestruktur, som vi kallar serieordning. Denna strukturerar den givna händelsen och styr Lisas ordnande med pinnarna. Strukturens aktivitet är detsamma som Lisas förståelse av serieordningen. Serieordning är en struktur av viss allmängiltighet hos Lisa. Hon kan t.ex. också ordna skor i serie efter storlek och stenar efter skrovlighet. Då strukturen används i en specifik situation ställer den in sig på den givna händelsen. Varje gång Lisa använder serieordnings-tänkande i en ny situation, så utvecklas strukturen något. Nils tycks också ha en serieordningsstruktur som dock inte är lika välutvecklad som hos Lisa. Han åstadkommer tre delserier. Johan verkar att ännu inte ha en struktur för serieordning. Han tycks inte förstå att pinnarna han ser är ordnade i serie. Det är som att sakna ett mottagningsorgan för denna aspekt av omvärlden. Men det kan också vara så att han tänker på annat och inte aktiverar sin serieordningsstruktur.

Tankestrukturer är ett samlande namn för olika kognitiva organisationer hos individen. Då strukturerna är i funktion, eller konstruerar, så tänker vi, löser problem, kan, förstår, minns, varseblir m.m. Begrepp, uppfattningar och minnesbilder är aspekter av strukturernas aktivitet. Vi har alltså enligt detta synsätt varken begrepp eller bilder lagrade i vår hjärna. Vi har stukturer. Det är då dessa är aktiva och konstruerar som vi har begrepp och minnesbilder. Begrepp är med andra ord processer. De finns i situationer, t.ex. då man samtalar, skriver, ser på TV, reparerar gräsklipparen osv.

I praktiken blir det omständligt att med språkliga uttryck hålla isär struktur och funktion. I stället för att säga att eleven har strukturer som kan konstruera begreppet proportionalitet, så säger vi kort och gott att han har begreppet proportionalitet. Men det gäller då att komma ihåg att vår hjärna inte är en lagerlokal för minnen, begrepp, fakta och annat, utan ett system som skapar och återskapar. Vetande kan varken tas ut från, eller föras in i, vår hjärna som om det vore ett objekt.

Då individen i det dagliga livet försöker förstå, planera, lösa problem etc. är många olika strukturer aktiva. Att förstå ett fysikexperiment tar i anspråk rums- och tidsbegrepp, matematiska tankemönster, idéer om det aktuella innehållet etc. Jämviktsprocessen blir då också mer omfattande och komplex än i vårt exempel nyss. Det kan gälla att göra synteser, bilda analogier, generalisera eller differentiera strukturer osv. Hela tiden är det fråga om aktiviteter eller konstruktioner som individen själv utför. Framgångsrik anpassning till en ny problemsituation kan innebära strukturella förändringar. Individen har lärt sig

något nytt. Ju aktivare konstruerandet varit, t.ex. genom att bygga många länkar mellan olika strukturer, dra ut konsekvenser av det nya m.m., desto troligare är det att det nya blir bestående. Sålunda konstruerar individen under sin levnad många olika strukturer, som blir alltmer integrerade och flexibla när det gäller att förstå och utforska omvärlden.

Kommentar

Om vi har förstått Piaget rätt, så är intelligensens natur att transformera snarare än att memorera. Transformera innebär att bearbeta information, att sätta samma den till mönster för att förstå, planera och förutsäga. Man kan lätt föreställa sig att detta är en evolutionär fördel för arten människa. Från detta resonemang är steget inte långt till begreppet 'djuplärande', som vi använder som en samlande beteckning för olika aktiviteter som innebär att kunnande bearbetas i stället för att memoreras, t.ex.:

- att i tanken 'vrida och vända' på det nya kunnandet, dvs. göra olika tanke-experiment
- att ställa frågor och framkasta idéer
- att koppla ihop nytt kunnande med befintligt
- att använda nytt kunnande som verktyg för att se omvärlden med nya ögon
- att diskutera det nya med kamrater och andra
- att anta utmaningar, t.ex. problem

'Mind in society'

Under åttiotalet fick diskussionen om naturvetenskaplig undervisning en vitamininjektion genom att Lev Vygotskys arbeten uppmärksammades. Vygotsky, som var ryss, dog 1934 i tuberkulos, 38 år gammal. Han räknas idag som en av världens mest inflytelserika psykologer. Det individuella perspektivet på mental utveckling kompletterades och vidgades. Exempelvis hade Piaget ställt den enskilde individen i fokus då han studerade tänkandets utveckling. Han framhöll i och för sig att social interaktion är viktig för kognitiv tillväxt, men gick inte närmare in på karaktären av detta samspel eftersom det låg utanför hans forskningsprogram. Vygotsky lyfter däremot fram den sociala dimensionen av tänkandets utveckling genom att göra 'mind in society' till sitt huvudsakliga studieobjekt. Individens mentala utveckling, menade han, påverkas på ett avgörande sätt av samspelet med den sociala omgivningen – familj, kamrater, skola, närsamhälle, stat, kultur och världssamhälle. Med andra ord kan man säga att Piaget koncentrerade sig på individuell, och Vygotsky på social, konstruktion av kunnande.

En vygotkskyinspirerad observation är att naturvetenskapliga begrepp och teorier visserligen från början skapats av individer, men under påverkan av andra. Newton framhöll t.ex. att han stod på giganter skuldror. Avgörande för om begrepp och teorier blir etablerade är utfallet av professionell kritik och vidareutveckling, till vilket hör att testa förutsägelser med experiment. Naturvetenskapliga begrepp och teorier kan alltså sägas vara socialt konstruerade enligt vissa spelregler. De uppstår inte genom observationer av naturen utan skapas och utvecklas av människor i ett växelspel där också naturen ingår som en part.

Kommentar

Eftersom naturvetenskapens huvudsakliga kunskapsobjekt är socialt konstruerade begrepp och teorier (t. ex. atom, molekyl, gen, evolution) kan eleverna inte upptäcka dessa på samma sätt som de upptäcker att magneter drar till sig järnföremål. De är därför hänvisade till olika media, sina lärare och andra insatta personer för att lära sig fysik, kemi och biologi. Vi ser läraren som viktigast. Det är han/hon som bär det naturvetenskapliga kunnandet. Utan lärarens begreppsintroduktioner och systematiska planering av situationer för begrepps användning är chansen liten att det blir en bestående behållning. Vi ifrågasätter föreställningen om eleven som kunskapssökare och läraren som en tillbakadragen handledare. Vi ser istället läraren som en aktiv bärare av den naturvetenskapliga kulturen.

Den konstruktivistiske läraren hjälper alltså eleverna att ta steget mot nytt kunnande genom att aktivt undervisa. Läraren tänker dock inte att han 'lärt ut' eller 'överfört' det nya till eleven, utan att eleven stimuleras att själv konstruera förståelse. Detta synsätt har två konsekvenser. För det första uppmanas eleven att aktivt bearbeta det nya, t.ex. genom att själv sätta det i samband med annan kunskap och genom att tänka ut konsekvenser av det nya. Läraren uppmanar tecken på att eleverna konstruerar, såsom frågor, uppslag och invändningar. Utan elevens mycket aktiva egna konstruerande blir det ingen varaktig kunskapsbehållning.

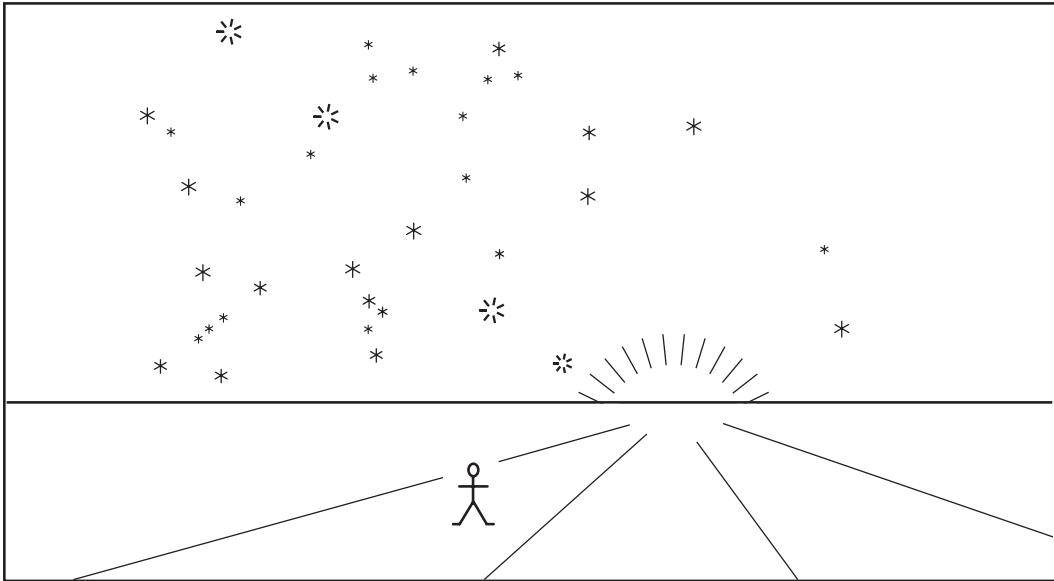
För det andra skapar läraren systematiskt situationer som stimulerar fortsatt konstruerande, t.ex. problem att lösa och frågor att diskutera. Det gäller att ge eleverna olika möjligheter att 'tala naturvetenskap' och att 'skriva naturvetenskap': monologer, dialoger, diskussioner, problemlösning i grupp, rapporter från individer och grupper, dagböcker, experimentredogörelser.

Som en sammanfattning kan man säga att skolans naturvetenskap förmedlas socialt och konstrueras individuellt.

Iakttagelse och förståelse beror av våra föreställningar

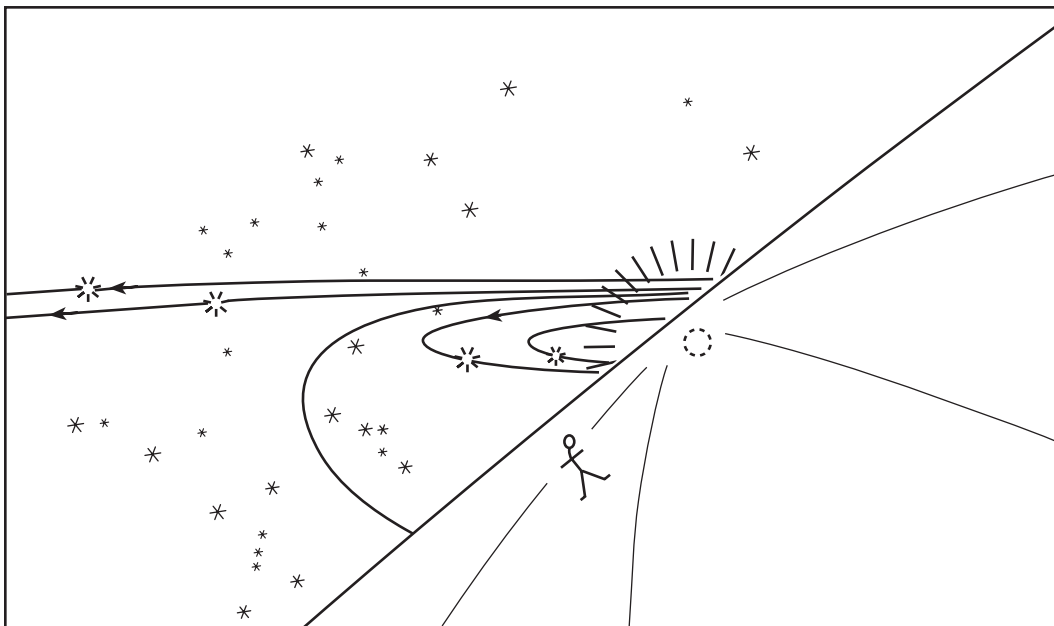
En konsekvens av idén om tankestrukturer är insikten att vi alla förstår vår omvärld med hjälp av de erfarenheter vi gjort och det kunnande vi har. Mycket har vi gemensamt med andra, vilket underlättar kommunikation. Men det finns också stora skillnader. Detta insåg t.ex. missionärerna, som ganska snart märkte att 'hedningarna' förstod kristendomen på sitt hedniska vis. Och många lärare märker att eleverna förstår skolans naturvetenskap på sitt vardagsvis, t.ex. som i exemplet med ballongen som reser sig då man värmer på glaskolven. Allt detta illustrerar att vi förstår vår omvärld med de tankestrukturer som vi har.

Här är ett annat exempel – studera figur 1.4². Den visar en person som betraktar himlen. Solen har just gått ned. De fyra mest framträdande stjärnobjekten är, räknade i ordning från horisonten, Merkurius, Venus, Jupiter och Saturnus. Vi tänker oss att personen njuter av att se den framväxande natthimlen, men att han inte fäster sig vid olika detaljer, som t.ex. att de fyra planeterna på ett ungefär ligger i linje med varandra och med solen.



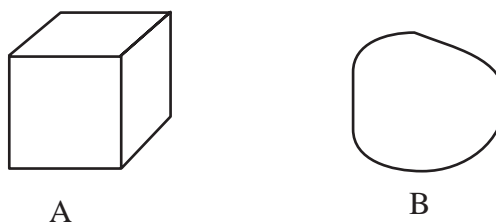
Figur 1.4. En person betraktar himlen strax efter solnedgången.

En annan person betraktar samma himmel vid samma tidpunkt. Men hon gör det inte bara med allmänna kunskaper, som t.ex. att det är mycket stora avstånd till planeter och stjärnor, utan också med mer detaljerade insikter i planetsystemets byggnad och var planeten Jordan finns i denna struktur. Hon lutar huvudet åt höger så att planeternas banplan blir nästan horisontella i synfältet. Hon själv och den planet hon står på blir för henne en integrerad del av planetsystemet, och hennes upplevelse av natthimlen kan illustreras med figur 1.5.



Figur 1.5. Ett annorlunda sätt att se himlen strax efter solnedgången.

Låt oss ta ännu ett exempel, denna gång från skolans värld. Läraren uppmanar en elev att titta på ett saltkorn i ett mikroskop och sedan rita det hon ser. Eleven ritat figur 1.6 B. Läraren blir förvånad över detta och tittar själv i mikroskopet. Som han misstänkte är saltkornets form kubisk, som i figur 1.6 A. Konstigt, tänker han. Den här eleven kan ju rita en kub. Varför ser vi så olika saker? Det är ju samma bild som faller på näthinnan...



Figur 1.6. Två teckningar av ett saltkorn.

Förklaringen är att vi observerar inte bara med våra ögon, utan med hela vårt 'kognitiva system', dvs. allt vårt kunnande. Vår upplevelse av det som finns 'därute' beror inte bara av detta, utan också av det vi har 'inne i vårt huvud'. Läraren vet att NaCl har en kubisk kristallstruktur. Han noterar därför kubiska drag, t.ex. plana sidor och räta vinklar mellan sidorna. Han ignorerar de något runda kanterna och hörnen. Eleven, som vet att hon tittar på ett saltkorn, tänker sig korn som något runt, t. ex. sandkorn och sädeskorn. Hennes 'teori' säger alltså att hon tittar på något runt, och uppmärksammar därför runda kanter och hörn, som finns på saltkorn ur en ströare, men som läraren bortser ifrån.

Förhoppningsvis är nu läsaren någorlunda övertygad om att observationer är kunskapsberoende. Vår perception beror av 'det som finns därute' och 'det som finns i huvudet', dvs. strukturer för teorier och begrepp. Hans Furth uttrycker saken på följande sätt: 'Knowledge is neither solely in the subject, nor in a supposedly independent object, but is constructed as an indissociable subject-object relation.'³ Till detta kan läggas att också attityder, behov och känslor har betydelse.

Ibland kan det vara så att man helt enkelt inte har vissa kunskaper och därför inte kan se på ett visst sätt. Exempelvis var det omöjligt för människor under antiken att se kvällshimlen så som figur 1.5 visar, eftersom den nutida modellen av vårt planetsystem inte var formulerad vid denna tid. Men det kan också vara så att man har kunskaper utan att för tillfället använda dem. Exempelvis kanske personen i figur 1.4 föredrar att helt enkelt njuta av kvällshimlen utan att ha sina kunskaper om planetsystemet 'påkopplade'. Och eleven som tittar på saltkornet kan med lite hjälp lätt se det som en kub.

Elevens utgångsläge

Den numera allmänt accepterade uppfattningen att iakttagelser och förståelse beror av individens föreställningar har gett upphov till många undersökningar av hur elever uppfattar naturvetenskapliga företeelser. Dessa har redovisats i flera tusen artiklar och rapporter⁴. Ett huvudresultat är att elever före undervisningen ofta har vardagsföreställningar om naturvetenskapliga fenomen, och att dessa föreställningar skiljer sig från de vetenskapliga. Några exempel ges i tabell 1.1.

Tabell 1.1 Exempel på vardagliga och vetenskapliga föreställningar

Vardagsföreställning	Vetenskaplig föreställning
Seende beror på att ögat sänder ut synstrålar	Seende beror på att ljus reflekteras in i ögat
Ljus färgas när det passerar ett filter	Ljus absorberas selektivt av filtret. Ljuset som passerat saknar därför en del färger.
Skuggor är något som tillhör ett objekt	Skuggor uppstår då ljus hindras att komma fram.

I bland kan eleverna vara säkra på sina vardagsföreställningar och därför starkt benägna att använda dem. Ett exempel är idén om att den biologiska evolutionen drivs av individens behov av att ändra sina egenskaper. Då kan det vara motiverat att göra dem medvetna om detta och om att skolans vetenskapliga alternativ är ett annat sätt att tänka som skall provas. Ibland är eleverna mera osäkra på sina vardagsföreställningar och ersätter dem utan större problem med de vetenskapliga om dessa utgör ett begripligt och plausibelt alternativ. Ett exempel skulle kunna vara föreställningen om synstrålar.

I andra sammanhang kan det vara så att det fattas bitar i elevens föreställningsvärld, som läraren inte är medveten om. Kanske eleven inte förstår att det raka streck som läraren ritar på tavlan är en spegel sedd från sidan. Kanske har han/hon oklara föreställningar om vad som menas med en vinkel och tror att en stor vinkel har långa vinkelben, en liten korta ben. Ännu en möjlighet är att eleven har olika kunskapsbitar som är orelaterade men inte strider mot naturvetenskapen. Då kan det vara lätt att med lärarens hjälp sätta samman dessa och bilda ett nytt begrepp. Ett exempel är att fjärilar flyger omkring i källandet, att larver äter på kål och att det finns puppor. Att sätta samman detta till sekvensen ägg-larv-puppa-fjäril och införa begreppet livscykel innebär då inte någon större svårighet.

Man har också kommit till insikt om att det finns systemegenskaper hos vardagstänkandet. Några sådana anges i tabell 1.2 i kontrast mot karaktäristiska drag i det vetenskapliga tänkandet.

Tabell 1.2. Systemskillnader mellan vardagligt och vetenskapligt tänkande

Vardagstänkande	Vetenskapligt tänkande
omedvetet	medvetet
situationsbundet	generellt
mindre krav på inre sammanhang och logik	logiskt invändningsfritt, systematiskt organiserat
formas omedvetet i olika situationer, kunskapsbit läggs till kunskapsbit	artikuleras medvetet och har tillväxtförmåga

Vi kan vänta oss att eleven försöker förstå ett nytt naturvetenskapligt innehåll med hjälp av sina innehållsspecifika föreställningar och sitt allmänna vardagstänkande. Men också uppfattningar om lärandets natur, om sig själv, om skolsituationen osv. utövar ett inflytande. Om t.ex. eleven tänker sig att läraren är den som vet sanningen, och tycker att lärarens uppgift är att tala om denna, så är det föga meningsfullt att formulera egna teorier och diskutera dessa med klasskamraterna. En dålig självbild påverkar också lärandet.

Kommentar

Eftersom eleverna, liksom alla människor, försöker förstå något nytt med de begrepp han/hon redan har, så är det en fördel för läraren att ha reda på så mycket som möjligt om elevens utgångsläge. Det är fråga om att undervisa så att det nya så att säga ligger på ett lagom avstånd från befintliga strukturer. Det alltför välbekanta är inte intressant. Det stör inte jämvikten. Man har tråkigt. Det alltför obekanta stimulerar heller inte. Om t.ex. kunskapskraven är för höga tillgriper eleven andra metoder än att lära med förståelse, såsom att plugga in utan att begripa. Det torde vara det måttligt nya som kan sporra eleven att lära sig något nytt.

Det finns två möjligheter för läraren att få kunskap om elevens utgångsläge. Den ena är att ta del av de forskningsresultat som finns inom ganska många naturvetenskapliga områden. Den andra är att skapa ett tillåtande klassrumsklimat där eleverna på ett positivt sätt kan dela med sig av, och debattera, sina idéer och funderingar. Frågor om rätt och fel behöver träda i bakgrunden till förmån för öppna diskussioner i vilka deltagarna vågar visa sitt tänkande utan att känna sig bedömda eller hotade. Detta betyder dock inte att en allmän relativism skall råda. Ett viktigt inslag i diskussionen måste vara att komma underfund med vilka idéer och resonemang som har bäst kvalitet.

Ökad medvetenhet om lärande och undervisning genom formativ utvärdering

Till ett konstruktivistiskt synsätt hör inte bara ett intresse för individens lärande som sådant utan också för hans eller hennes medvetenhet om sitt lärande. Ett verktyg i detta sammanhang är formativ utvärdering. Denna ger information till läraren och eleven, som används till att försöka förbättra undervisning och lärande när det pågår. Det finns många möjligheter att få sådan information. En relativt omfattande vetenskaplig dokumentation visar att om formativ utvärdering sker medvetet och systematiskt, så kan också undervisning och lärande förbättras (Black & Wiliam, 1998). Det finns därför goda skäl att använda sig av formativ utvärdering i undervisningen.

Begränsningar i den socialkonstruktivistiska modellen

Den socialkonstruktivistiska modellen anvisar ingen lätt och självklar väg till förbättrad undervisning. Modellen ger en viss riktning åt tänkandet, men den förutsäger inte detaljer. Den poängterar t.ex. att elevens utgångsläge är väsentligt att veta, men den talar inte om vilket det är. Vill man ha reda på det krävs särskilda ansträngningar. Vidare uttalar modellen att människan till sin natur är

vetgirig och nyfiken. Den säger också att det måttligt nya – i förhållande till individens tankestrukturer – är det som intresserar. Men modellen förklarar inte varför Lisa är fångad av fåglar och trädgårdsodling, men likgiltig inför mopeder och kemiexperiment, fastän allt detta ligger inom räckhåll för hennes fattningsförmåga. För att besvara en sådan fråga behövs kompletterande teorier med större detaljskärpa än den konstruktivistiska.

Modellen betonar vidare det sociala samspelet som avgörande för kunskapsutveckling. Men hur detta samspel kan arrangeras då det gäller att skapa förståelse för ett givet område, t.ex. cellens energiförsörjning, får vi ingen kunskap om. Också här krävs särskilda ansträngningar

Likväl bedömer vi den socialkonstruktivistiska modellen som fruktbar när det gäller att rikta in tänkandet om undervisning och lärande på en fruktbar kurs. Ett tilltalande drag i modellen är dess optimistiska syn på människan och det sociala sammanhangets betydelse. Genom självregleringsprocessen utvecklas successivt nya tankestrukturer. Individen får därmed nya verktyg för att förstå omgivningen, och därmed ökad medvetenhet. Genom social interaktion kan stimulerande miljöer för problemlösning och tankeutveckling skapas.

En allmän teori för undervisning och lärande

Vi sammanfattar det som sagts i detta kapitel i form av en allmän teori för undervisning och lärande. Den torde vara giltig också för andra områden än naturvetenskap.

Om följande aspekter beaktas i undervisningen gynnas lärande med förståelse:

1. Läraren ser sig som en aktiv bärare av den naturvetenskapliga kulturen, som introducerar begrepp, ger naturvetenskapliga förklaringar, arrangerar situationer för begreppsanvändning m.m.
2. Läraren är väl insatt i vanliga alternativa idéer (vardagsföreställningar) inom ett givet område och vad dessa betyder för undervisningen. Dessa idéer görs på lämpligt sätt till undervisningsinnehåll.
3. Läraren skapar ett tillåtande klassrumsklimat där eleverna på ett positivt sätt kan dela med sig av sina idéer och funderingar. Det är dessa snarare än elever eller elever och lärare som möts i diskussionerna.
4. Djuplärande uppmuntras. Tecken på djuplärande kan t.ex. vara att eleven
 - 'vrider och vänder' på det nya kunnandet (transformation i stället för memorering)
 - ställer frågor och framkastar idéer
 - kopplar ihop nytt kunnande med befintligt
 - använder kunnande som verktyg för att se sin omvärld med nya ögon
 - diskuterar det nya med kamrater och andra
 - antar utmaningar (t.ex. problem)
5. Eleverna ges olika möjligheter att 'tala naturvetenskap' och att 'skriva naturvetenskap': monologer, dialoger, diskussioner, problemlösning i grupp, rapporter från individer och grupper, dagböcker, experimentredogörelser.

6. Läraren utgår inte från att eleven är motiverad utan arbetar för att skapa intresse och motivation.
7. Formativ utvärdering används på ett varierat sätt av både lärare och elever i syfte att förbättra undervisning och lärande

OM INNEHÅLLET I SKOLANS NATURVETENSKAP

Vardag och vetenskap

Om vi nu till skolans naturvetenskap överför resonemanget om att det vi iakttar och förstår av det som finns 'därute' beror av våra föreställningar så öppnar sig ett intressant perspektiv. Eleverna som kommer till vår undervisning har många erfarenheter av världen som de fått under sitt dagliga liv. Men de kan ingen naturvetenskap. Framför sig har de därför den både spännande och mödosamma uppgiften att lära sig nya sätt att se på världen. I förhållande till vardagliga föreställningar är det fråga om en synvändor. Låt oss illustrera detta genom att ta en skogspromenad.

En vardagstur i skogen

Vad finns att se för den vardaglige betraktaren som vandrar i skogen? Träd, buskar, mossor och gräs torde dominera bilden. Har man tur syns ett och annat djur – råbock, hare, ekorre, hackspett. Myror är vanliga, men man tänker på dem mera som kryp, inte som djur. Har man lite tur kan man få se djuren äta. Ätandet upplevs som en avgränsad händelse, en aktivitet riktad mot födan.

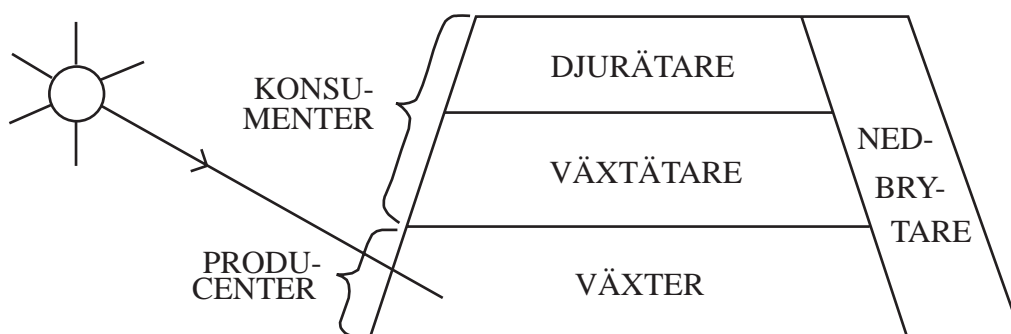
Djur liknar oss själva på många sätt. De förflyttar sig och de äter. Naturligtvis uppfattas de som levande. Men hur är det med träd och andra växter? De står på samma plats, år ut och år in. Äter gör de inte. Men de växer, och det är ett tecken på att de lever. Men den som lever måste väl ha mat? Kanske kan växterna suga upp föda från marken? En annan sak att lägga märke till är att träd faller sina löv och att örter vissnar på hösten. Men mattan av dött material blir inte påtagligt tjockare och tjockare år från år, den liksom bara försvinner.

Från myllrande liv till ordnande strukturer

Med hjälp av begrepp från skolans naturvetenskap kan skogens myller av organismer och händelser sättas in i ett sammanhang. Populationer av organismer inom ett område utgör ett samhälle. Detta består av producenter, konsumenter och nedbrytare. Producenter är växter som med hjälp av solenergi omvandlar oorganisk materia till organisk, vilken utgör växtens föda. Konsumenter är organismer som utnyttjar andra organismer som föda. En del äter bara växter, andra enbart djur, andra äter både växter och djur. Nedbrytare är svampar och bakterier som till föda utnyttjar döda organismer. Se figur 2.1 för en sammanfattande bild!

Den vardaglige betraktarens undran över hur växterna får mat ges av biologin ett svar som tycks strida mot sunda förnuftet. De gör själva sin mat genom en process som kallas fotosyntes. Av koldioxid från luften och vatten från marken samt strålningsenergi från solen bygger växterna upp socker. En biprodukt är syre. Växten kan förbränna sockret med hjälp av syre och får på så sätt energi till sina livsprocesser. Vid förbränningen bildas koldioxid och vatten. Med utgångspunkt från sockret och näringsämnen kan växten också bygga upp andra ämnen som den

behöver för tillväxt och reparation. Biomassan kommer alltså från omgivningen och är till stor del kol- och syreatomer hämtade från luftens koldioxid.



Figur 2.1. Modell av ett samhälle

Det vi nu berättat är en del av en världsbild som inte omedelbart är tillgänglig för vardagsmänniskan. Den kommer förvisso inte in i huvudet hur mycket man än promenerar i skogen. Det handlar om att växterna inte bara är objekt i sinnevärlden utan också kemiska system som kan förstås på olika nivåer, såsom atom, molekyl och cell. De är rotade inte bara i jorden utan också i luften. Luft är i den vetenskapliga världen materia i gasform, lika verklig som den jord i vilken växterna har sina rötter. Ljus däremot är energi, som inte bidrar växternas massökning.

Kommentar

Läsaren noterar att då vi resonerar om fotosyntesen så rör vi oss i ett system av vetenskapliga begrepp som på olika sätt hänger samman. Analyserar man andra vetenskapliga beskrivningar av processer i naturen får man analoga resultat. För att vara begripliga, och för att inte bli bortglömda efter kort tid, behöver de assimileras till ett system av naturvetenskapliga begrepp som är relaterade till varandra. Det betyder att undervisningen inte bara handlar om den ena eller den andra typen av processer, utan i hög grad också om att hjälpa eleverna att bygga upp ett elementärt och bestående vetenskapligt tankesystem.

Naturvetenskapens historia och skolans undervisning

Av ovanstående framgår att steget från vardagligt till vetenskapligt tänkande innebär en betydligt större mental transformation än att bara lära sig vetenskapliga fakta om naturen. Det är fråga om att tillägna sig teorier och tankesätt som det tagit många hundra år att utveckla. Det började i antikens Grekland med att man introducerade ett nytt sätt att se på naturen. Man föreställde sig att den var ett system som följde vissa naturlagar, och att det var möjligt för människan att komma underfund med dessa. Den dominerande attityden vid denna tid var dock

att naturen och dess händelser kontrollerades av gudar, vars handlingar var oförutsägbara.

Grekerna skapade också ett sätt att tänka, som innebär att man från ett antal grundantaganden härleder logiska konsekvenser. Denna metod blev en del av det s.k. hypotetiskt-deduktiva sättet att arbeta som utvecklades från renässansen och framåt. Utgående från grundantaganden eller postulat härleds konsekvenser, vilka testas med experiment. Erhållna resultat kan leda till revision av uppställda grundantaganden.

Kommentar

Det är ingen överdrift att säga att det hypotetiskt-deduktiva sättet att tänka i hög grad har bidragit till att förändra vår värld. Det är därför motiverat att eleverna får pröva på det. Det är fråga om att klargöra karaktären av en naturvetenskaplig teori. Till karaktärsdragen hör att en teori

- är hypotetisk till sin natur
- kan förklara och förutsäga
- prövas med experiment och iakttagelser
- ej kan verifieras så till den grad att den kan betraktas som en absolut sanning
- ger en sammanhållande förståelse av många fenomen

Skillnader mellan tro och naturvetenskap kan också behöva diskuteras. Särskilt när det gäller evolutionsteorin är det av vikt att framhålla att naturvetenskapen inte har något att säga om Guds existens och handlande och att evolutionsteorin därför inte behöver utgöra något hot mot gudstro.

Vilka naturvetenskapliga teorier i grundskolan?

Om man accepterar ståndpunkten att eleverna bör få pröva på hypotetiskt-deduktivt tänkande inställer sig frågan om detta är möjligt i grundskolan och vilka teorier som i så fall är aktuella.

Vi bedömer att åtminstone tre teorier är lämpliga för en undervisning med denna inriktning, nämligen

- geometrisk optik
- den biologiska evolutionsteorin
- en partikelmodell för fast, flytande och gasformigt tillstånd

I alla tre fallen är det fråga om kvalitativa beskrivningar. Kvantifiering får komma senare.

Nyckelidén i den geometriska optiken är ljustes rätlinjiga utbredning mellan källor och effekter. Redan denna idé gör det möjligt att förklara och förutsäga skuggors och belysta ytors storlek och form. Genom att bygga ut teorin med satser om bl.a. reflektion och brytning utvidgas dess förklaringsområde.

Evolutionsteorin utgår från att det i en population finns en variation i ärftliga egenskaper. På denna variation verkar det naturliga urvalet på så sätt att de individer som har egenskaper som är fördelaktiga i en given miljö har större möjligheter att få avkomma än dem som saknar dessa egenskaper eller har dem i mindre grad. Om det t.ex. är en fördel för geparder att springa snabbt, så tenderar denna egenskap att bli mer och mer företrädd i populationen. Evolutionsteorin gör det möjligt att förstå biologiska förändringar, t.ex. vad som kan hända om man överanvänder penicillin.

En partikelmodell för fast, flytande och gasformigt tillstånd kan förklara en hel del egenskaper hos ämnen i respektive fas samt fasövergångar, t.ex. varför en vätska tar form efter sitt förvaringskärl och varför gaser går att pressa ihop, men att deras tryck då ökar. Partikelmodellen är också en grund för att förstå kemi.

Det är inte känt vid vilken ålder det är lämpligt att börja med dessa teorier. Vi anser att det är värt att pröva redan i skolår 5-6. I yngre åldrar går det att undervisa på ett sådant sätt att man förbereder en senare introduktion.

Kommentar

Vi anser att möjligheterna att undervisa om naturvetenskapliga teorier i grundskolans senare del är underskattade. Teorier har dåligt rykte. Att vara teoretisk förknippas med ord som svår, tråkig och abstrakt. 'Grey is all theory, green grows the golden tree of life' är ett välkänt ordspråk som nog de flesta är benägna att skriva under på. Vår inställning är den motsatta. Grått är tillvarons ostrukturerade myller av detaljer. Grönskande är naturvetenskapens teorier. Det är ju dessa som gör världen begriplig.

När vi hävdar att teorier skall ingå i grundskolans undervisning menar vi inte en orientering om dessa, utan aktiv användning. Teorier är tankeverktyg och vi tror det är möjligt att undervisa så att eleverna upplever dem som sådana. Den röda tråden i undervisningen blir därför successiv uppbyggnad och användning av teorierna. Det är hela tiden fråga om att med teoriernas hjälp förklara och förutsäga.

Naturvetenskapliga begrepp och teorier i samhället

Naturvetenskapernas och den moderna teknikens utveckling har i grunden förändrat vårt samhälle. Processen började med den s.k. naturvetenskapliga revolutionen under 1600-talet och sköt fart tack vare den industriella revolutionen under förrförra seklet. Nu har vi ett högteknologiskt samhälle som kräver många personer med lämpligt naturvetenskapligt kunnande för att fungera. Det är t.ex. fråga om att sköta infrastrukturer som elnätet och internet och att bedriva modern sjukvård och miljövård. Ett annat sätt att belysa betydelsen av naturvetenskapligt kunnande är att fundera över vad som skulle hända om all naturvetenskap som finns 'i huvudet' på olika yrkesutövare och är beskriven i böcker och andra media genom att trollslag skulle försvinna. Vårt svar är att det moderna samhälle som vi känner obevekligt skulle vittra sönder.

Det nu sagda pekar på att naturvetenskaplig undervisning är något som ett land måste ta på stort allvar. Det handlar både om demokratisk styrning och kontroll av samhällets framtida väg och om att vidmakthålla och utveckla den naturvetenskapliga kulturen.

Erfarenhetsmässigt och begreppsligt lärande

Var och en som sett det intresse och engagemang som elever visar då de undersöker t.ex. lampor och batterier eller magneter vill gärna ha mer av detta i undervisningen. Många elever blir också djupt engagerade då de odlar fröer i krukor i klassrummet. De visar en äkta omsorg om sina plantor och månar om att de skall trivas. Detsamma gäller larver i terrarier och fiskar och växter i akvarier. Den här sortens konkreta erfarenheter engagerar långt upp i åldrarna, och den lärare som kan konsten att skapa lämpliga aktiviteter på ett varierat och uthålligt sätt har anledning att känna sig nöjd.

Men med hänvisning till vad som sagts tidigare om att naturvetenskapens huvudsakliga kunskapsobjekt är begrepp och teorier och vad dessa betyder för samhället inser man att erfarenhetsmässigt lärande måste kompletteras med begreppsligt. Robert Karplus, professor i teoretisk fysik vid Berkelyuniversitetet, uttryckte detta på följande sätt för cirka 30 år sedan¹:

...de tidiga skolåren skall erbjuda ett tillräckligt omväxlande program som är fyllt av konkreta erfarenheter. Det svåra, och det som ofta förbises, är att de konkreta erfarenheterna måste presenteras i ett sammanhang som hjälper eleverna att bygga upp en begreppsstruktur. Då, och endast då, kommer det tidiga lärandet att utgöra en grund för assimilering av erfarenheter som kommer senare, erfarenheter som innefattar antingen direkt observation eller rapporter om observationer som är gjorda av andra. Med andra ord – för att kunna använda information som andra har erhållit, för att ha utbyte av att läsa böcker och andra källor, så måste individen ha en begreppsstruktur och ett medel att kommunicera, som gör det möjligt att tolka information som om han hade skaffat sig den själv. Jag kommer att kalla denna funktionella förståelse av naturvetenskap för 'naturvetenskaplig bildning' (scientific literacy).

En teori för undervisning och lärande i naturvetenskap

I slutet av förra kapitlet presenterade vi en allmän teori angående undervisningsbetingelser som är gynnsamma för lärande med förståelse. Denna teori inkluderar naturvetenskap men är giltig utanför detta område. Här följer en teori som är begränsad till naturvetenskap. Den kan ses som en sammanfattning av resonemangen som förts i detta kapitel.

Om följande aspekter beaktas i den naturvetenskapliga undervisningen gynnas lärande med förståelse:

1. Tid och omsorg ägnas åt ett områdes grundbegrepp.
2. Då undervisningsinnehållet är en naturvetenskaplig teori klargörs karaktären av en sådan. Den är hypotetisk till sin natur, kan förklara och förutsäga, prövas med experiment och iakttagelser, kan ej verifieras så till den grad att den kan betraktas som en absolut sanning, ger en sammanhållande förståelse av många fenomen.

3. Skillnaden mellan en vetenskaplig teori och tro behandlas
4. Eleverna bjuds in till att pröva naturvetenskapens sätt att förklara fenomen i världen. Deras eget sätt att förstå världen bemöts med respekt.
5. Eleverna erbjuds många tillfällen att själva använda en given teorin som ett tankeverktyg.
6. Undervisningen planeras och genomförs så att teorin som en integrerande 'röd tråd' framträder.

Vi har nu till vårt förfogande två teorier som anger undervisningsbetingelser, vilka gynnar lärande med förståelse:

- En allmän teori som är giltig också för andra områden än naturvetenskap
- En teori som är begränsad till naturvetenskap.

Ytterligare en typ av teori behövs. Den är domänspecifik, dvs. begränsad till ett visst område inom naturvetenskapen, t.ex. evolutionsteorin. En sådan domänspecifik teori för geometrisk optik presenteras i kapitel 7.

DEL 1

*DEN ÄMNESDIDAKTISKA
KUNSKAPSBASEN*

I denna första del presenteras en ämnesdidaktisk kunskapsbas för undervisning om grundskolans geometriska optik. De följande delarna är exempel på hur denna bas kan komma till uttryck i undervisningen. Den första delen innehåller följande:

- Analys av motiv för att undervisa om ljuset och dess egenskaper.
- Genomgång av 'ljusets idéhistoria' i syfte att förstå äldre tiders försök att skapa begrepp för att förklara optiska fenomen.
- Analys av den geometriska optikens begreppsstruktur och formulering av en grundskoleanpassad teori för ljuset och dess egenskaper.
- Genomgång och analys av forskningsresultat angående hur elever tänker om optiska fenomen i olika åldrar och vilka svårigheter de har att förstå skolans undervisning.
- Formulering av lämpliga mål för undervisningen på basis av ovanstående punkter.

3

KURSPLANEMÅL OCH FRÅGOR

Optik ingår i grundskolans undervisning. Ett mål att uppnå i skolår 5 är att 'eleven skall ha insikt i grunderna för ... ljusets egenskaper och ögats funktion'.

För skolår 9 är motsvarande mål att uppnå att 'eleven skall ha insikt i hur ljus utbreder sig, reflekteras och bryts samt hur ögat kan uppfatta ljus'.

För hela grundskolan gäller bland annat att undervisningen skall att sträva mot att eleven utvecklar kunskap om 'grundläggande fysikaliska begrepp inom områdena ... optik...' och 'om olika slag av strålning och dess växelverkan med materia och levande organismer'.

Frågan är naturligtvis vilken den närmare innebörden i dessa mål är, och hur man kan uppnå dem på ett bra sätt. Olika frågor inställer sig, t. ex.:

Vad kan man undervisa om i skolår 1-5, och vad kan eleverna i detta skede lära sig

som går att bygga vidare på i år 6-9?

Hur kan man planera så att en röd tråd genom grundskolan framträder på ett lockande sätt för eleverna?

Vilken betydelse för undervisningen har alla de forskningsresultat om hur elever uppfattar och förstår ljuset och dess egenskaper, som kommit fram under senare år?

Vi hoppas att dessa och andra frågor, som kommer att dyka upp i texten, engagerar läsaren – både lärare i skolår 1-5, som har den viktiga uppgiften att introducera kunskapsområdet för eleverna, och dem som i år 6-9 bygger vidare på denna grund.

VARFÖR OPTIK I GRUNDSKOLANS UNDERVISNING?

Läroplanens övergripande perspektiv

I läroplanen för grundskolan framhålls, under rubriken 'skolans uppdrag', att det är angeläget att i undervisningen anlägga fyra övergripande perspektiv:

Genom ett historiskt perspektiv kan eleverna utveckla en beredskap inför framtiden och utveckla sin förmåga till dynamiskt tänkande.

Genom ett miljöperspektiv får de möjligheter att ta ansvar för den miljö de själva direkt kan påverka och att skaffa sig ett personligt förhållningssätt till övergripande och globala miljöfrågor.

Ett internationellt perspektiv är viktigt för att kunna se den egna verkligheten i ett globalt sammanhang och för att skapa internationell solidaritet samt för att förbereda för ett samhälle med täta kontakter över kultur- och nationsgränser.

Det etiska perspektivet är av betydelse för många av de frågor som tas upp i skolan. Perspektivet skall prägla skolans verksamhet för att ge grund för och främja elevernas förmåga att göra personliga ställningstaganden.

Om vi anlägger dessa perspektiv på grundskolans optikundervisning ser vi följande möjligheter:

Historiskt perspektiv

Människan har i årtusenden varit, och är fortfarande, intresserad av hur seendet går till. Den idéhistoriska utvecklingen är troligen inte alltför svår att förstå, och kanske också fascinerande, för eleverna. De kan t.ex. jämföra sina egna vardagsföreställningar med idéer formulerade av grekiska filosofer och finna vissa likheter. Idéhistoriskt kunnande kan bidra till förståelse av naturvetenskapens utveckling.

Miljöperspektivet: Livets betingelser

Att skapa förståelse för livets betingelser är ett grundläggande och självklart inslag i skolans undervisning. I detta sammanhang är rådande strålningsförhållanden av stor vikt. Jordens varierande orientering i förhållande till solen ger upphov till årstider. Skillnader i instrålning på olika breddgrader skapar olika förutsättningar för livet – från tropikernas hetta till polarregionernas köld. Ett annat exempel är jordens strålningsbalans, för vilken växthuseffekten spelar en viktig roll. Leder människans verksamhet till förskjutning av denna effekt? Vilka blir i så fall konsekvenserna? Då det gäller att förstå och delta i debatten om dessa frågor kan begrepp från optiken vara till god hjälp.

Det internationella perspektivet

De grundläggande villkoren för livet är, som redan nämnts, dramatiskt olika på olika delar av vår jord, men kan delvis beskrivas och förklaras med samma naturvetenskapliga verktyg var man än befinner sig på vårt klot. På detta sätt kan begrepp från naturvetenskap i allmänhet och optik i synnerhet bidra till en för alla

människor gemensam förståelse av grundläggande villkor för livet och därigenom befrämja internationell förståelse.

Det etiska perspektivet

Med hjälp av begrepp från optiken kan eleverna bearbeta frågor om jordens strålningsbalans och eventuella förändring av växthuseffekten och därvid utveckla sin förmåga att göra personliga ställningstaganden.

Kopplingar till kursplaner

Det finns också en hel del skäl att undervisa optik, som har sin tydligaste koppling till kursplanerna:

Fenomen och föremål

Kännedom om geometrisk optik är en hjälp att förstå olika fenomen i omvärlden, t. ex. skuggors form och storlek, spegling i blanka ytor och månens faser. Optiskt kunnande kan också bidra till att man begriper hur vanligt förekommande teknisk utrustning fungerar, t. ex. kameran, förstoringsglasat, bilstrålkastaren och ljusledaren.

Naturvetenskapligt arbetssätt och sätt att resonera

Avsnittet optik är också lämpligt när det gäller att ge eleverna insikter i naturvetenskapligt arbetssätt. Det är fråga om att elever och lärare tillsammans formulerar enkla teoretiska påståenden för att sedan pröva dessa med experiment och på så sätt bygga upp en liten teori om ljusets egenskaper och utbredning. Härigenom kan eleverna få möjlighet att både utveckla sitt eget tänkande och bli delaktiga i den naturvetenskapliga kulturen.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Finns andra motiv än dessa för att undervisa optik i grundskolan?

Vilka av de föreslagna motiven är realistiska och relevanta
för skolår 1-5?
för skolår 6-9?

Bedömer du några motiv som mindre viktiga eller för mycket 'uppe i det blå?'

IDÉER OM LJUSET FRÅN ANTIKEN OCH FRAMÅT¹

Länken mellan föremål och ögat - tre modeller från antiken

Den del av ljusets historia som går att dokumentera, börjar i antikens Grekland. Grekerna var djupt intresserade av att förstå människan, och eftersom seendet är en viktig mänsklig förmåga försökte man besvara frågan: 'Hur går det till då vi ser ett föremål?' Det faktum att man ser var alltså inte något naturligt som togs för givet, utan något som krävde en förklaring. Speciellt under det femte och fjärde århundradet före Kristus pågick en intensiv diskussion bland annat för att klarlägga länken mellan ögat och det sedda föremålet.

Empedokles (500-430 f Kr) tänkte sig, att föremål utsände en 'yttre elementareld', som nådde fram till ögat, i analogi med till exempel rök, som når fram till näsan eller ljud, som når till örat. Denna elementareld bar med sig föremåls form och färg. Men detta flöde utifrån var inte tillräckligt för att förklara seendet. Inifrån ögat och utåt kom en inre elementareld, ett slags synflöde, och mötte det yttre flödet, vilket gav upphov till seende. Hos djur med bra mörkerseende kunde synflödet gå utanför ögat. Det ligger vid sidan av vårt arbete att gå in på betydelsen av uttryck som 'elementareld'. Vad vi vill ha fram är Empedokles grundidé – att kombinera två flöden med motsatt riktning för att förklara länken mellan föremålet och ögat.

En annan idé är att som atomisterna tänka sig ett flöde enbart utifrån och in. Så till exempel ansåg Leukippos, som var samtida med Empedokles, att eftersom själen inte kunde komma ut och vidröra föremålen, så måste föremålen komma ända in till själen genom att passera sinnesorganen. Men föremålen som sådana förflyttar sig inte. Därför måste de sända något till själen som representerar dem. Leukippos tänkte sig att ett slags bild, kallad eidola, lösgjorde sig från föremålets yta och förde egenskaper såsom form och färg till själen.

Ytterligare en ansats för att förklara länken mellan föremålet och ögat företräds av pytagoréerna, vilka tänkte sig att seendet kunde förklaras uteslutande av en osynlig eld, som ögat sände ut och som avslöjade föremåls färg och form. Det är alltså primärt fråga om ett flöde inifrån och ut.

Euklides optik: Begreppet synstråle

Den fortsatta idéhistoriska utvecklingen visar, att pytagoréernas och atomisternas teorier kom att leva vidare, under det att mer komplexa tankemodeller förlorade i intresse. Euklides (300-talet f Kr) anslöt sig till pytagoréernas idé att seendet förklaras enbart med att något går från ögat och ut. Han avvisade atomisternas tanke att föremål sänder ut bilder genom att notera, att man exempelvis kan titta på ett litet område av marken, där en nål ligger, utan att se nålen. Om nålen utsänder bilder, borde dessa komma in i ögat och ge upphov till ett synintryck.

Euklides tänkte sig även att örat, som har inåtbuktad form, är ett mottagande organ. Ögat, som är utåtbuktat, måste då vara ett utsändande organ.

Euklides hade också till sitt förfogande en abstrakt matematisk begreppsapparat som han använde för att förklara seendet. Det var sannolikt en växelverkan mellan matematiska och naturvetenskapliga föreställningar som födde begreppet stråle – Euklides kanske främsta bidrag till optikens utveckling. Hans första optiska arbete börjar med fjorton postulater, bland andra:

1. Strålarna, som utsänds av ögat, färdas rätlinjigt.
2. Den figur, som synstrålarna omsluter, är en kon med spetsen vid ögat och basen vid kanten på det föremål man betraktar.
3. Föremål, på vilka synstrålarna faller, ses.
4. Föremål, på vilka synstrålarna inte faller, ses ej.

13. Alla strålar har samma hastighet.

Det första postulater omfattar idén om något som färdas utefter räta linjer. Detta är en idé som fortfarande används i den geometriska optiken. Men riktningen är från ögat och ut i motsats till dagens modell, enligt vilken ljuset färdas rätlinjigt från föremål och in i ögat.

Intuitivt kan Euklides synstrålar verka tilltalande. Då vi ser vanliga föremål upplever vi oss själva som aktiva. 'Blicken' riktas mot föremål, vi anstränger ögonen för att 'genomtränga' skogens dunkel osv. Det ligger nära till hands att tänka sig, att något utgår från ögonen istället för tvärt om. Kanske är detta vardagliga sätt att tänka en bidragande orsak till att Euklides optiska arbeten rönste stor framgång. En nyutgåva publicerades till exempel 700 år senare för att användas som lärobok.

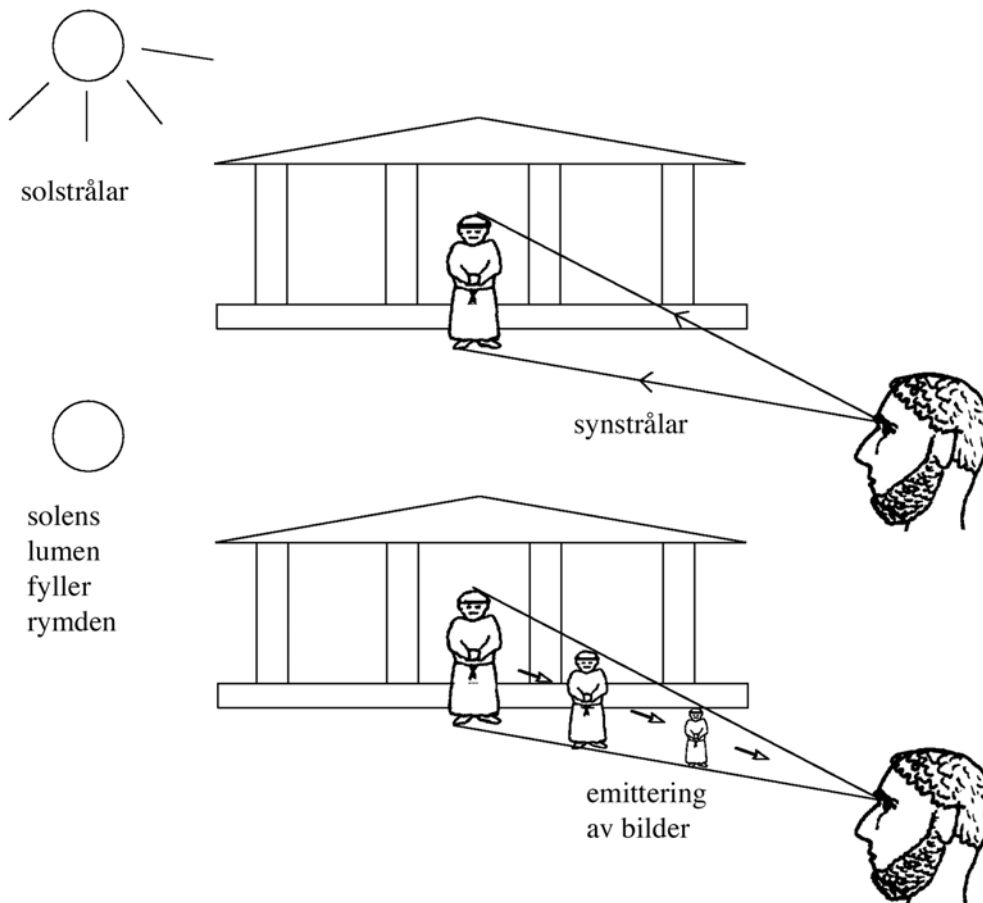
Euklides hade åtskilliga idéer om seendet, vilka var av såväl geometrisk-fysikalisk som fysiologisk och psykologisk art. Hans många efterföljare utvecklade speciellt den geometriska optiken. Men begreppet synstråle var från början den nyckelidé, på vilken Euklides optik vilade, och detta faktum är den troliga förklaringen till att man inom den euklidiska skolan aldrig tycks ha övervägt att kasta om riktningen på synstrålarna och använda begreppet ljusstråle istället. Det är ju välkänt att en grundidé endast med svårighet överges, speciellt av den som skapat idén ifråga.

Emellertid kan vi efteråt konstatera, att i Euklides optik fanns fröet till av nutiden accepterade föreställningar. Man vet till exempel att Euklides fick idén om synstrålarnas rätlinjiga utbredning från observation av bland annat solljus genom fönster och springor. Han rapporterade också, i ett senare arbete, att det går att tända en eld med hjälp av en konkav spegel riktad mot solen. I beviset härför diskuteras hur strålarna som utsänds av solen reflekteras av spegeln. Tidigare i samma arbete diskuteras att strålar, som emitteras av ögat, reflekteras innan de når fram till ett föremål. Men det verkar som Euklides ej ens tänkt på att jämföra dessa strålar. Solens ljus är i hans föreställningsvärld ett separat fenomen vid sidan av synstråleoptiken.

Atomisternas eidola-begrepp

Utvecklingen av synstråleteorin tycks inte ha övertygat atomisterna, vilkas grundidé var att ett slags bild, eidola, gick från föremål till öga. Bland annat påpekade Epikuros av Samos att synstrålarna inte förklarade hur vi kunde uppfatta till exempel ett föremåls struktur och färg. Detta, menade Epikuros, förklarades mycket bättre genom att anta, att föremålet sände iväg en bild till ögat.

Lucretius, som också stödde eidola-teorin, funderade bland annat över hur man kunde veta, att ett föremål var längre bort än ett annat. Han antog, att de bilder som lösgjorde sig från föremålet, sköt en luftpelare framför sig. Luftpelaren passerade in i ögat. Visserligen skedde detta oerhört hastigt, men ögat kunde ändå känna skillnad på olika luftpelares längd, och härigenom avgöra, om ett föremål var långt borta eller nära.



Figur 5.1 Olika uppfattningar av seendet under antiken.

Lucretius funderade även över, varför föremål inte utsänder bilder på natten, och antydde att det krävdes något från solen för att emission skulle komma till stånd. Detta något kallades lumen, och tänktes bestå av extremt små partiklar, som utslungades i rummen och snabbt fyllde den helt och hållet. Lucretius skilde detta

lumen från de bilder som solen utsände, och som var så intensiva att de kunde skada ögat.

Det ställdes kritiska frågor till eidola-teorins anhängare. Hur kunde det till exempel komma sig, att vi såg framsidan på vårt eget ansikte i en spegel? Om en bild lämnade ansiktet och studsade mot spegeln borde baksidan komma tillbaka först, ungefär som baksidan på en tomtemask. Och hur kunde bilden från mycket stora föremål, till exempel ett berg, komma in i ögat? Kritiken till trots var eidola-teorin levande långt in på 1500-talet.

Den arabiska skolan – Alhazen och problemet med punktformig avbildning

Under den grekisk-romerska perioden av ljusets idéhistoria fokuserades som nämnts intresset på att förklara seendet. Många idéer skapades. Observationer och experiment utfördes. Men de teorier som framlades var långt ifrån invändningsfria. En vidareutveckling var nödvändig, och den kom att äga rum inom den arabiska kultursfären.

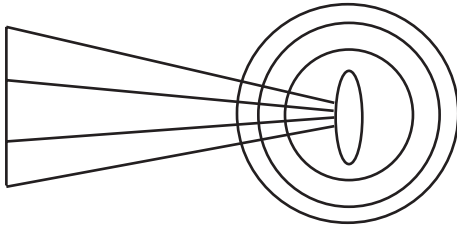
Konkreta kunskaper om ögats anatomi ledde till frågan var seendet uppstod. En som funderade över detta spörsmål var Alkindi (813-873), känd och inflytelserik både som filosof och vetenskapsman. Han tänkte sig att seendet måste orsakas av en fysiologisk påverkan på ögat av något utifrån och avvisade föreställningen om synstrålar. Han tänkte sig i stället att något materiellt kom in i ögat utifrån. Det är alltså ökat kunnande om ögats struktur, som anses vara orsaken till denna nya idé om något av fysikalisk natur, som går in i ögat.

Alkindis idéer utvecklades vidare av Alhazen (965-1039). Han noterade, att om vi tittar på solen, både direkt och i en spegel, så gör det ont i ögonen. Han observerade vidare, att om man tittar på ett hål i taket i ett mörkt rum och sedan vänder bort blicken, så kvarstår ett synintryck av hålet, även om man sluter ögonen. Han iakttog också att ögat blir bländat om man tittar på ljusa, vita föremål.

Allt detta, menade Alhazen, kunde inte förklaras av synstrålar. Det måste i stället vara fråga om fysikaliska strålar som går utifrån och in i ögat. Efter att ha tagit detta steg är det kanske inte så avlägset att tänka sig, att det utgår strålar även från vanliga föremål. Mot atomisternas alternativa modell att ett föremål utsänder bilder i dagsljus fanns ju många invändningar. Alhazen fastslår därför uppfattningen, att seendet orsakas av strålar som emitteras av föremålen mot ögat. Då vanliga föremål träffas av till exempel solljus, återkastar de detta ljus åt alla håll.

Jämfört med den grekiska epoken innebar Alkindis och Alhazens arbeten ett väsentligt steg framåt. Begreppet synstråle förlorade från och med nu i betydelse. Men ett problem återstod att lösa. Hur kunde ljusstrålarna, som gick in i ögat, överföra föremålets struktur och form? Alhazen kom med en ny idé. Han antog, att till varje punkt på föremålet fanns en motsvarighet inuti ögat i form av en

stimulerad punkt. Beviset härför hänger samman med Alhazens uppfattning om ögats anatomi. Ögats hinnor tänktes bilda koncentriska lager, och linsen befann sig mitt i ögat. En ljusstråle som träffade hornhinnan vinkelrätt gick därför in i ögat utan att brytas, övriga strålar böjdes undan. Av alla de strålar, som alltså utgick från en punkt på ett föremål och träffade ögat var det bara en som gick in i ögat och stimulerade en bestämd punkt. Övriga bröts undan och bidrog inte till seendet. Vi noterar att i eidola-teorin behandlas bilden som en helhet, vilken förflyttar sig. I Alhazens modell däremot blir bilden en samling punkter som var och en överförs med hjälp av en stråle.



Figur 5.2 Hur kan ljusstrålarna som går in i ögat överföra föremålets struktur och form? Alhazens svar schematiskt.

Alhazen ansåg, att den ljuskänsliga delen av ögat utgjordes av framsidan på linsen, som han alltså förlade till ögats centrum.

Europeisk medeltid och början på nya tiden

Alhazen var långt före sin tid. Betydligt mer inflytelserik var Avicenna (980-1037), som ansåg, att de psykologiska aspekterna av seendet var de mest betydelsefulla. Han drev denna idé till att förneka att länken mellan föremål och öga hade någon betydelse för att förstå seendet.

Avicennas idéer mottogs mycket väl i västerlandet, som höll på att vakna upp kulturellt efter en lång nedgångsperiod. Man studerade klassikerna från den grekisk-romerska perioden i en anda av överdriven vördnad och aktning. Detta i förening med stark politisk och religiös kontroll ledde till en dogmatisk tidsanda. Kunskap om de gamla mästarna sattes högre än idéskapande. Under 1200-talet utkom en rad skrifter om seendet, baserade på klassikerna, vilka huvudsakligen behandlade seendets psykologiska aspekter. I den mån man tog upp länken mellan föremål och öga anslöt man sig till någon variant av eidola-teorin.

Efter hand blev tidsandan öppnare och idévänligare, men eidola-teorin levde kvar långt in på 1500-talet. Samtida vetenskapsmän tänkte sig att ljus från solen träffade föremål och stimulerade emission av eidola. Dessa bilder leddes sedan av solens reflekterade strålar till ögat. Ljusstrålarna tjänstgjorde alltså som en slags räls för bilden. Denna modell var otillräcklig för att förklara brytning. Man visste att strålen ändrade riktning vid övergång från ett medium till ett annat, och därmed kom bilden in i ögat i en ny riktning. Hur skulle man då förklara, varför bilden verkade komma från en viss bestämd plats, och inte någon annan? Optiken saknade fortfarande en modell av ljus som kunde förklara detta.

Frågan fick en avgörande puff framåt under andra hälften av 1500-talet genom ett arbete av G B Della Porta – *Magia Naturalis*. Det var fråga om en samling trick och magi utan seriösa vetenskapliga aspirationer, men som fick en betydande spridning och åtnjöt stor popularitet. Porta anklagar emellertid i *Magia Naturalis* dåtidens vetenskapsmän för att inte ha förklarat hur linser fungerar, bland annat varför de korrigerar långsynthet. Detta skall ses mot bakgrund av att linser funnits som hantverksprodukt i 300 år, men ignorerats av vetenskapen, trots att många lärda troligen använde dem vid läsning. Anledningen var en föreställning om att linser visserligen förstörde men också förvrängde och därmed hindrade en korrekt återgivning av verkligheten. Emellertid förbättrades tillverkningstekniken, och Portas anklagelse fick genom sin spridning så stor genomslagskraft, att den inte kunde ignoreras.

Det blev Johannes Kepler som tog de avgörande stegen och förde fram den geometriska optikens grundsatser till en enkelhet och klarhet, som i långa stycken är giltig än i dag.

Kepler - den moderna optikens grundare

Kepler återvände till Alhazens idéer, som han vidareutvecklade på sitt eget sätt, utan sidoblickar på klassikerna, som fortfarande stod högt i kurs. Han utgav två optiska arbeten, vilka tillsammans lade grunden för den moderna optiken. År 1604 utkom *Ad Vitellionem Paralipomena*, som behandlade ljusets natur, reflexion, brytning, bilders läge och seendet. År 1610 publicerades *Dioptrice*, innehållande teorin för linser i dess moderna form, en förutsägelse av teleskopet, en förklaring av Galileis kikare och principen för ett teleobjektiv.

Keplers grunduppfattning av ljuset ges i de fyra första satserna i *Paralipomena* (vår översättning från engelskan).

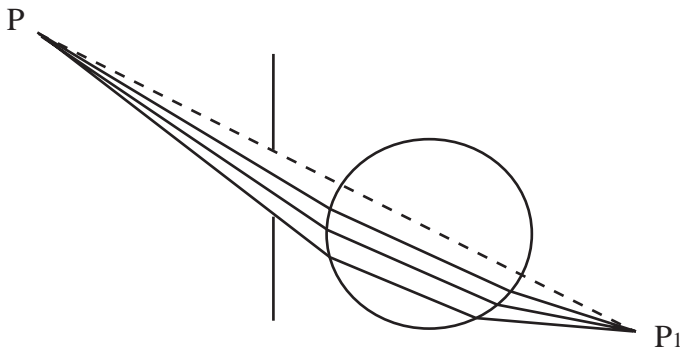
- Sats 1. Ljus har egenskapen att flöda eller att utsändas av sin källa mot en avlägsen plats.
- Sats 2. Från en godtycklig punkt sker flödet efter ett oändligt antal räta linjer.
- Sats 3. Ljuset själv har förmåga att utbreda sig till oändligheten.
- Sats 4. Linjerna längs vilka denna emission sker är räta och kallas strålar.

Vi noterar att 'ljusstråle' i Keplers optik är ett matematiskt begrepp – en linje med riktning som anger hur det fysikaliska ljuset går.

Kepler kände till fenomenen reflexion och brytning, vilka beskrivits långt tidigare i historien. Han försökte finna en generell matematisk beskrivning av brytning utan att lyckas. Han kom fram till, att infallsvinkeln är direkt proportionell mot brytningsvinkeln, om vinklarna är mindre än 30° .

Med den nu angivna ljusuppfattningen förklarade Kepler seendet. Grundproblemet hade formulerats av Alhazen: Hur kunde det ljus, som gick in i

ögat, överföra föremålets struktur och form? Kepler visade, med sin kunskap om brytning, att en smal kon av ljus som utgick från en punkt P bröts ihop i en annan punkt P_1 genom växelverkan med en vattensfär. Genialiteten i detta resonemang, som är nyckeln till att förstå seendet, ligger bland annat i att betrakta en smal kon av ljus, åstadkommen av en bländare. Jämför figur 5.3! Tidigare hade man endast kommit på att studera hur ett brett ljusflöde, beskrivet med parallella strålar, bröts i hela och halva sfärer.



Figur 5.3 Illustration efter Kepler.

Kepler demonstrerade sedan, att en divergerande ljuskon med spetsen i en punkt på ett föremål, och basen lika stor som pupillöppningen, av hornhinnan och linsen ändrades till en annan, konvergerande kon med spetsen på näthinnan. En närliggande punkt på föremålet motsvarades på samma sätt av en närliggande punkt på näthinnan osv. Att bilden härigenom kom upp och ner bekymrade inte Kepler. Han tänkte sig, att hjärnan hade ett regelsystem för tolkning, som gjorde att vi upplevde bilden som rättvänd.

Denna förklaring av seendet var revolutionerande. För första gången i historien förklaras seendet genom att en bild skapas på näthinnan. Och det är ljuset och dess egenskaper som förklarar bildens uppkomst och egenskaper. Borta är föreställningen om bilder, som lösgör sig från föremålet och svävar in i ögat.

Vad är färg? Newtons prismaexperiment

Keplers arbete hade stor betydelse för att etablera föreställningen att ljuset existerar som fysikalisk företeelse, mellan ljuskälla och effekter (effekter är t. ex. ljusfläckar och skuggor). Den fortsatta utvecklingen kunde nu koncentreras på frågan vad detta ljus egentligen är. Man formulerade problemet ungefär så här: Utanför oss själva finns det något som utbreder sig rätlinjigt, reflekteras, bryts och ger upphov till bilder vid passage av en lens. Detta 'något' kallar vi ljus, men vad är det egentligen? Det gällde med andra ord att skapa en modell av ljuset som förklarade dess egenskaper.

I sökandet efter denna modell kom färgfenomen att spela en viktig roll. Den då dominerande föreställningen var, att ljus och färg är två skilda saker. Färg ansågs vara en egenskap hos föremål, och ljus någonting färglöst. Detta hävdades till

exempel av Kepler, som menade, att då ljus passerar genom färgade glasskivor eller reflekterades mot ytor, så extraherar det färg. Rött glas gör till exempel att ljuset blir rött. Samtida filosofer tänkte sig att en slags färgessens lösgjordes från föremål och transporterades med hjälp av ljuset till ögat.

René Descartes var en av de första som framlade idéer om att upplevelsen av färg kunde förklaras med egenskaper hos ljuset. I analogi med att vi kan känna ett föremål med hjälp av en käpp tänkte sig Descartes att ljuset var vibrationer som fortplantades i ett medium, till exempel luft. Olika vibrationer antogs ge upphov till olika färgupplevelser.

Isaac Newton (1642-1726) lade ned ett stort arbete på att förstå färgers natur och egenskaper. Han hävdade att en stråle vitt ljus i själva verket består av ett antal strålar av olika färger och använde denna idé för att förklara varför det blir ett spektrum då vitt ljus passerar ett prisma. De olika strålarna bryts helt enkelt olika mycket. I ett brev till sekreteraren för Royal Society, i vilket Newton redogör för de experiment som ledde honom till denna slutsats, skriver han:

... And so the true cause of the length of that image (dvs. det spektrum han såg på väggen i sitt laboratorium) was detected to be no other than that light consists of rays differently refrangible Light itself is a heterogeneous mixture of differently refrangible rays ...

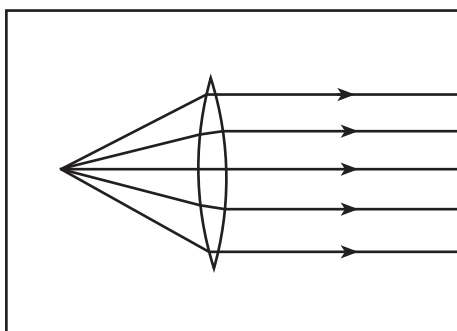
Vi observerar att Newton, i detta brev, till skillnad från Kepler behandlar en ljusstråle som något fysikaliskt.

Fortsatt utveckling

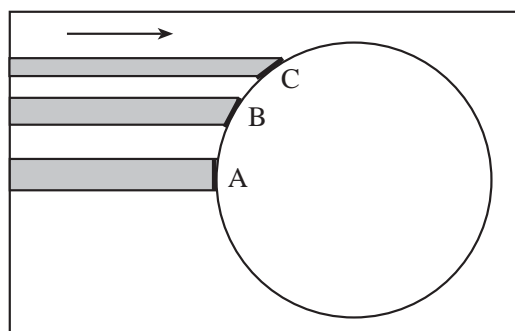
Huygens (1629-1695), som var samtida med Newton, ansåg att ljuset var en vågrörelse, inte strålar som Newton sagt. Han kunde med sin vågmodell förklara exempelvis reflexion och brytning. Trots detta kom ljuset att under 16- och 1700-talet att uppfattas som strålar, dvs. Keplers ursprungliga geometriska modell för ljusets utbredning kom att övergå till att vara en modell av det fysikaliska ljuset som sådant. Men i och med att Young m. fl. under 1800-talet producerade många experimentella bevis för att ljuset var en vågrörelse övergavs strålmодellen till förmån för en vågmodell. Ytterligare drygt hundra år senare påvisades den fotoelektriska effekten, som förklarades av Einstein med utgångspunkt från att ljus uppfattas som en ström av partiklar, s. k. fotoner. Detta ledde till funderingar om att man skulle återgå till att betrakta ljus som strålar, utgörande en ström av fotoner. Niels Bohr lanserade komplementaritetsprincipen, som innebär att man ibland, när detta är den bästa modellen, betraktar ljus som ett flöde av fotoner och vid andra tillfällen bäst angriper problemet med vågbeskrivningen².

Ett didaktiskt val –Keplers strålbegrepp kan med fördel användas i grundskolans optikundervisning

I de flesta grundskolesammanhang torde ljusstrålar behandlas som något fysikaliskt. De tillskrivs egenskaper som utbredningshastighet, reflexion och brytning och kan användas för att förklara optiska fenomen såsom speglars och linsers egenskaper. Detta strålbegrepp kan dock vara problematiskt när det gäller belysning/energiöverföring³. Betrakta figur 5.4. Vi tänker oss att från en punktförmig ljuskälla divergerar ett knippe strålar (i fysikalisk mening) mot en lins. De bryts i denna till parallella strålar. På en skärm uppstår en rund, homogen ljusfläck. Hur många ljusstrålar är det som åstadkommer denna fläck kan man undra? Kanske ett oändligt antal. Anta vidare att ljuskällans intensitet ökar. Blir det då fler ljusstrålar som träffar linsen? Hur många fler? Det lär inte gå att svara på dessa frågor, eftersom någon enhetsstråle inte har definierats. I detta fall är det bättre att tala om ett ljusflöde, strålningsflöde eller energiflöde. Ökad intensitet hos ljuskällan leder till ökat flöde, dvs. mer energi till ljusfläcken per sekund. Det sagda betyder inte att ett fysikaliska ljusstrålebegrepp saknar betydelse i den givna situationen. Med kunskap om ljusstrålars egenskaper kan man bestämma flödets form och utbredning i rummet.



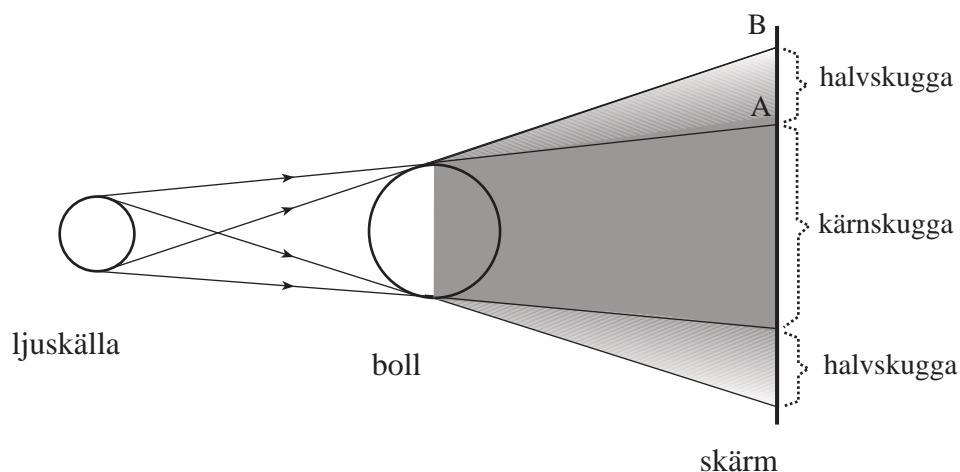
Figur 5.4. Strålgång i lins.



Figur 5.5. Energiflöde mot en yta.

Ett annat exempel är instrålning mot en yta av given storlek på olika ställen på jordytan – se figur 5.5. Också här förefaller det bättre att tänka sig att jorden befinner sig i ett homogent energiflöde/strålningsflöde från solen jämfört med att den befinner sig i ett parallellt knippe av oändligt (?) många strålar. De delar av flödet som träffar respektive yta har ritats ut i figuren. Pilen betecknar flödesriktningen. Man ser tydligt att inflödet på den givna ytan varierar med dess lutning i flödet.

Ännu ett exempel gäller halvskugga, Betrakta figur 5.6. En boll är placerad mellan en ljuskälla och en skärm. Hur skall man med hjälp av ett resonemang om ljusstrålar klargöra att det blir ljusare och ljusare på skärmen då man går från A mot B, dvs. genom det område som kallas halvskugga? Här förefaller det enklare att tänka på ett ljusflöde som är svagt i A men som ökar mer och mer på grund av att fler och fler områden av ljuskällan lämnar bidrag.



Figur 5.6. Kärnskugga och halvskugga.

Efter dessa exempel noterar vi att Keplers geometriska strålbegrepp inte leder till svårbesvarade frågor om hur många strålar som ger en viss belysning, eftersom 'keplerstrålarna' inte är själva ljuset utan bara en beskrivning av hur det fysikaliska ljuset går. Detta är ett argument för att använda Keplers strålbegrepp i undervisningen. En annan fördel med ett sådant beslut är att man inte behöver överge detta strålbegrepp då man kommer in på vågoptik (vilket man måste göra om man har börjat med en fysikalisk stråluppfattning). Keplerstrålar visar fortfarande hur ljuset går, närmare bestämt hur vågfronter utbreder sig. Keplerstrålar kan också användas för att beskriva flöden av fotoner, t. ex. hur en ström av fotoner med samma riktning i luft växelverkar med en yta av glas.

Vi använder i fortsättningen Keplers strålbegrepp.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Kan något av det idéhistoriska innehåll som presenterats också vara ett innehåll i undervisningen

i skolår 1-5?

i skolår 6-9?

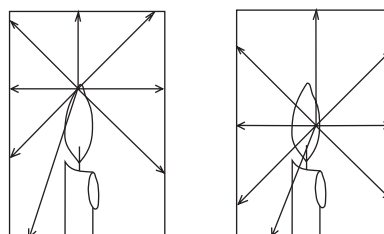
I så fall vilket?

Ger vår skildring av ljusets idéhistoria uppslag till några undervisnings-idéer?

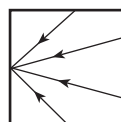
DEN GEOMETRISKA OPTIKENS MODELL AV LJUSET

Från den nyss gjorda idéhistoriska översikten är steget inte långt till en sammanfattning av den geometriska optikens modell av ljuset¹. Det är fråga om att i ett antal korta satser formulera grundläggande egenskaper hos ljuset, vilka sedan används i olika sammanhang för att förklara och förutsäga.

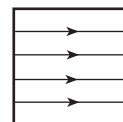
1. Varje punkt av en primär ljuskälla sänder ut ljus, vars färd kan illustreras med strålar, vilka divergerar åt alla håll från punkten ifråga.
(Primära ljuskällor är t. ex. solen, tända lampor och eldar.)



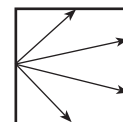
2. Ljus utbreder sig linjärt. Ljuset kan färdas konvergent, parallellt, eller divergent.



konvergent
utbredning



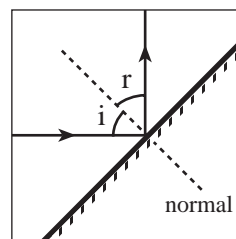
parallell
utbredning



divergent
utbredning

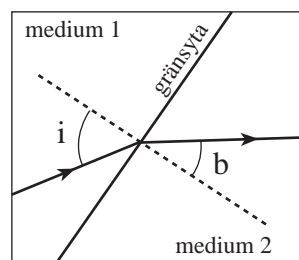
3. Varje punkt av ett föremål kan släppa igenom, absorbera eller reflektera infallande ljus.

4. Ljus reflekteras, med infallsvinkeln lika med reflexionsvinkeln, $i = r$

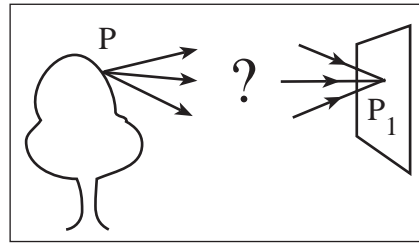


speglande yta,
sedd från sidan

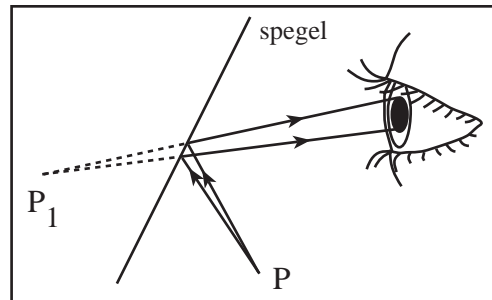
5. Ljus bryts vid passage från ett medium till ett annat. Vid exempelvis övergång från luft till glas eller vatten sker brytningen mot normalen (i = infallsvinkel, b = brytningsvinkel)



6. Om ljus som sprids från en punkt P på ett föremål, p.g.a. reflexion eller brytning, åter samlas i en annan punkt P_1 uppstår en bild av punkten P i P_1 .

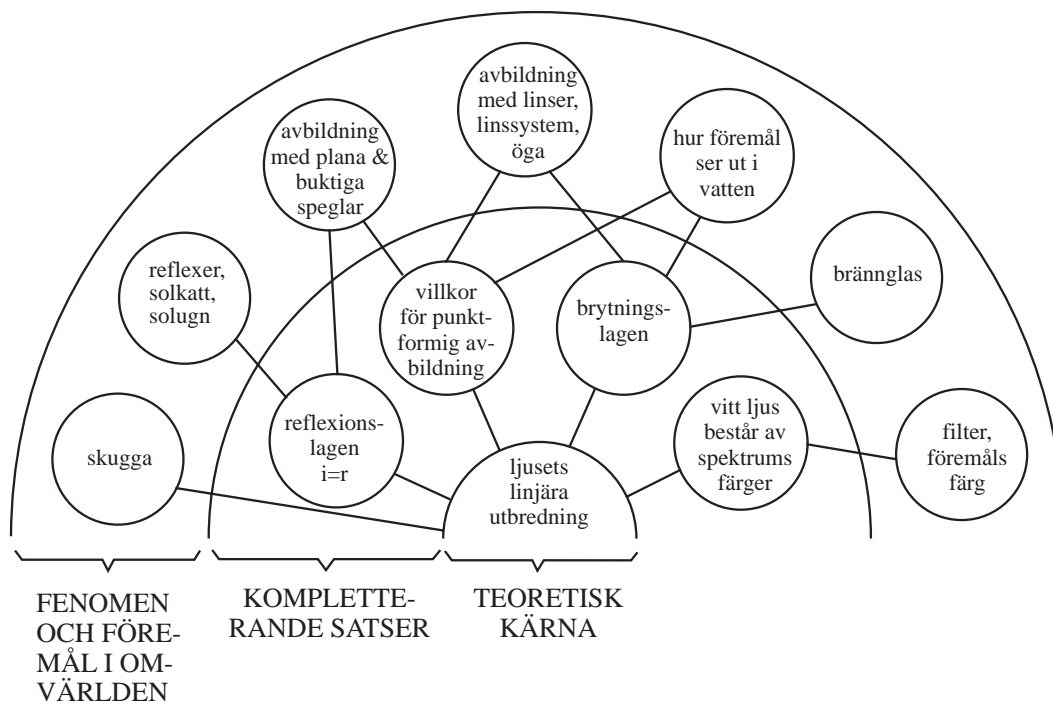


7. En punkt P på ett föremål som ses genom reflexion eller brytning tycks befinna sig i den punkt P_1 från vilken det reflekterade eller brutna ljusflödet verkar komma (beskrivs genom de streckade linjerna i figuren).



8. Vitt ljus kan delas upp i regnbågens färger. Det motsatta gäller också, d.v.s. om man blandar ljus av regnbågens färger uppstår vitt ljus.

I figur 6.1 nedan ges en alternativ framställning av den geometriska optikens begreppsstruktur.



Figur 6.1 En framställning av den geometriska optikens begreppsstruktur².

Kunskapsområdet kan sägas ha en teoretisk kärna, nämligen idén om ljuset som går rakt. Denna idé finns som ett inslag i allt som har med geometrisk optik att göra.

Nästa skikt i kunskapsstrukturen är några teoretiska satser, som alla bygger på att ljus går rakt i ett givet medium, nämligen reflexions- och brytningslagarna, villkoren för punktformig avbildning samt ljusets uppdelning i färger. Dessa satser berikar teorin och gör det möjligt att förstå och förklara fenomen i omvärlden såsom spegelbilder, avbildning med linser, föremåls färg m.m.

Det yttersta skiktet är den upplevda världens föremål och fenomen. Här har vi bara angett några områden som exempel. Andra finns, t. ex. ljusledare, hägring och regnbågen.

I figuren kan man se att villkoren för punktformig avbildning är viktiga. Om eleverna inte förstår dessa villkor är man i undervisningen hänvisad till att enbart beskriva olika former av avbildning.

Vi anser det vara av vikt att den som undervisar gör sig en egen artikulerad föreställning om ett givet kunskapsområdes struktur. Figur 6.1 är ett exempel på detta. Strukturen är ett verktyg för didaktiska reflexioner och beslut. Läraren kanske gör erfarenheten att eleverna har svårt att förstå punktformig avbildning, och att det därför inte går att öva teoretiskt tänkande inom detta område. Han/hon

söker då efter andra exempel och väljer kanske att följa linjen 'linjär utbredning, reflexionslagen, solugn' eller 'linjär utbredning, brytningslagen, brännglas'.

På ett mera allmänt plan ger figur 6.1 en helhetsbild, som knyter ihop teori och fenomen. Om bilden är tydlig i lärarens medvetande tappar han/hon inte bort den viktiga relationen 'modell-observation' i sitt didaktiska tänkande och handlande.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Då vi utvecklade figur 6.1 tänkte vi oss den i första hand som ett hjälpmedel för lärarens planering och reflexion angående sin undervisning. Diskutera om figuren också skulle kunna tänkas hjälpa eleverna att förstå den geometriska optiken

ELEVERS BEGREPP OM LJUS OCH SEENDE

Några språkliga iakttagelser

Den idéhistoriska översikten i förra avsnittet har visat hur den geometriska optikens modell av ljuset vuxit fram. Det tog lång tid innan man var på det klara med att ljus är något som existerar och färdas i rummet, mellan källor och effekter, och att egenskaper hos detta ljus förklarar optiska fenomen. Man kan därför knappast vänta sig, att eleverna genom sina vardagliga erfarenheter lyckas uppnå denna grundförståelse, innan de tar del av skolans undervisning om optik.

Några exempel från vardagsspråket stöder detta påstående. Ordet ljus används vanligtvis inte för att beteckna det fysikaliska ljuset, som varken syns eller känns som beröring. Det vi i dagligt tal kallar ljus är i stället mestadels vår upplevelse av ljus, det vill säga ett tecken på växelverkan mellan det fysikaliska ljuset och vårt synsystem, inklusive hjärnan. 'Det är dåligt ljus härinne, det ljusnar, det är ljusst' är några exempel på användning av ordet i denna betydelse. Ordet ljus kan också beteckna ljuskälla, som i uttrycket: 'Tänd ljuset'

Språkbruket tyder alltså på, att vi i det dagliga livet inte har några större behov av att prata om det ljus, som till exempel just nu går mellan textsidan och läsarens öga (från det vita papperet, snarare än den svarta texten!). Och om vi inte talar med våra barn om det fysikaliska ljuset är det knappast troligt att de bildar sig några föreställningar om detta.

Språkliga iakttagelser ger oss också mer specifika idéer om elevernas optiska föreställningar än den allmänna utsagan att de före undervisning troligen saknar begrepp om att ljus är något som existerar i rummet, mellan källor och effekter. Sålunda finns det, när det gäller seendet, många språkliga uttryck för att ögonen är aktiva och sänder ut något. Vi kastar blickar. Blickar känns, värmer oss, får oss nästan att smälta. Ögon kan skjuta blixtar. Med vår blick försöker vi genomtränga diset. Detta språkbruk i förening med att en modell av det fysikaliska ljuset saknas, kan skapa en benägenhet att förklara länken mellan föremål och öga med synstrålar, blickar och dylikt. Fysikens förklaring av seende däremot bygger på att det går ljus från föremål in i ögonen.

Jämförelser mellan 'vardagliga' och vetenskapliga sätt att resonera

Nedan följer en beskrivning av ett antal områden där det utförts undersökningar av hur barn och ungdomar resonerar när det gäller fenomen med ljus inblandat. Dessa beskrivningar jämförs med en naturvetenskaplig förklaring av samma fenomen.

VAR FINNS DET LJUS?

Elever som är 10-11 respektive 13-14 år gamla har fått frågan 'Var finns det ljus i det här rummet?' De uttrycker olika idéer¹:

- Ljus är detsamma som ljuskällor (t. ex. en lampa)
- Ljus är detsamma som ljusets effekter (t. ex. en ljusfläck)
- Ljus är ett tillstånd (t. ex. det är ljust)
- Ljus är ett fysikaliskt fenomen mellan källa och effekt.

Olika situationer kan utlösa olika idéer hos samma elev, som även kan byta från det ena synsättet till det andra under sin förklaring av ett och samma fenomen. En ålderstrend kan konstateras. De yngre eleverna (10-11 år) uttrycker oftast att ljus är källor och effekter, under det att de äldre har övergått till att åtminstone ibland tala om ljus som ett fenomen i rummet.

I en holländsk undersökning med äldre elever (14-18 år gamla) redovisas liknande elevuppfattningar som de tre första punkterna ovan². Det är också relativt vanligt att elever föreställer sig ljus som statiskt, d.v.s. att det inte rör sig³. I analogi med hur luft fyller rummet är det ljust, annars mörkt. Ett mindre antal elever ger uttryck för att ljus är något som färdas från källor och ger upphov till olika effekter.

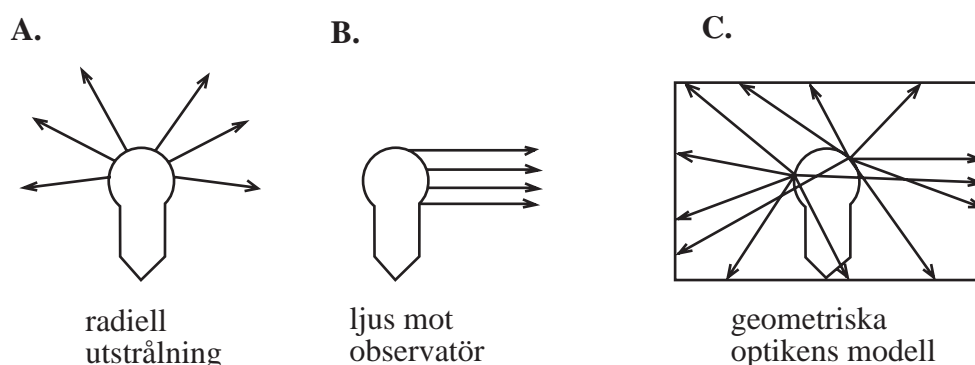
Dessa rapporter om hur barn och ungdomar resonerar om ljusets existens skiljer sig på några punkter från en naturvetenskaplig beskrivning och det är intressant att göra en jämförelse. Från naturvetenskaplig utgångspunkt är ljus inte statiskt (stillastående) utan något som rör sig med den oerhörda hastigheten av 300 000 km/s. Detta ljus som utbreder sig i rummet syns inte. Då vi exempelvis tänder taklampan i ett rum så kan vi inte se ljuset mellan lampan och olika föremål i rummet. Det vi kan se är lampan och föremålen. Trots detta är det rimligt att tänka sig att det finns ljus överallt mellan lampan och bordet. Man kan ju placera ett föremål var som helst mellan lampan och bordet och se föremålet, vilket betyder att ljus reflekteras mot föremålet och vidare in i våra ögon. Att ljuset dessutom rör sig är inte möjligt för våra sinnen att uppfatta. Ibland uppstår dock skuggor. Dessa är svåra att förklara om det inte vore så att ljus faktiskt rör sig och att olika föremål stoppar en del av ljuset och resten passerar. Genom skillnaden mellan det som stoppas och det som kommer fram uppstår en skugga. Detta för över till nästa avsnitt.

LJUSETS UTBREDNING

Många 13-14-åringar använder uttryck som att ljuset kommer ifrån, går igenom, studsar tillbaka, korsar och så vidare. Sådana uttryck indikerar åtminstone att eleverna tänker sig att ljuset finns i rummet. Men kan man också ta dessa uttryck som tecken på att de tänker sig att ljuset färdas genom rummet? Som svar på det kan sägas att det är sällsynt att eleverna explicit uttrycker idén om att ljuset rör sig. När de gör det är det nästan alltid i samband med mycket stora avstånd, som till exempel att det tar en viss tid för ljuset att färdas från solen till jorden. När det gäller företeelser i vår närmaste omgivning, som till exempel en lampa som lyser, är idén att ljuset färdas ganska främmande för eleverna. De kan istället föreställa sig att ljuset fyller upp rummet och går runt föremål, ibland kompletterat med rätlinjiga ljusstrålar⁴. Strålarna kan 'brytas' när de 'passerar' ett fönster eller en

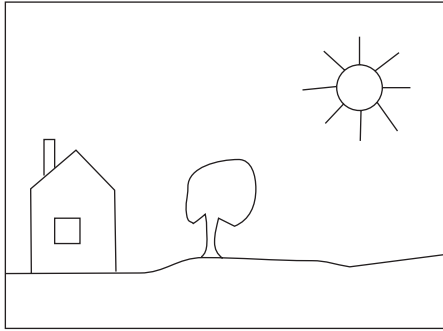
öppning så att hela utrymmet innanför fylls av ljus. I denna modell går ljus mellan ljuskälla och föremål på samma sätt som en väg går mellan två orter, det vill säga 'går' utan förflyttning (Vägen går från A till B, vägen löper runt sjön, vägen ändrar riktning, två vägar korsar varandra...)

För att representera ljus använder eleverna räta, streckade eller kurviga linjer, men också fyllda områden förekommer. Det är sällsynt att eleverna spontant markerar någon riktning för ljusets utbredning^{5,6}. Många ritar ljus som strålar runt en lampa eller solen. Ofta slutar strålarna en liten bit utanför lampan eller solen och det kan innebära att eleverna menar att ljuset är källan, eller finns vid denna, inte att det förflyttar sig i rummet. Eventuella linjer ritade runt en ljuskälla kan representera själva lysandet⁷. Ritar eleverna däremot strålar mellan en ljuskälla och exempelvis ett belyst föremål har de troligen en uppfattning om att ljuset finns i rummet, men det behöver inte betyda att de menar att ljuset utbreder sig utefter strålar. Det kan, som nämnts ovan, vara ett uttryck för att det finns ljus mellan källa och föremål, i analogi med att det finns en väg mellan två orter eller en lina mellan två punkter⁸. Efter undervisning skapar eleverna ofta en modell som är en hybrid mellan vetenskapliga och egna föreställningar⁹. En variant är att ljuset lämnar en lampa radiellt med en stråle från varje punkt (figur 7.1A). Om ljuskällan kopplas samman med en observatör förekommer föreställningen att ljuset från alla punkter på ljuskällan är riktat mot observatören (figur 7.1B). Den naturvetenskapliga modellen innebär i kontrast till dessa en föreställning om att varje punkt på ljuskällan sänder ut ljus i alla riktningar (figur 7.1C).



Figur 7.1. Olika modeller för hur ljuset sprids från en ljuskälla (ramen runt den geometriska optikens modell är till för att markera att strålarna inte tar slut utan fortsätter även utanför ramen, men att figuren inte är större).

Man kan konstatera att alla tre bilderna, på sätt och vis, beskriver ljusets utbredning på ett korrekt sätt, men att olika aspekter fokuseras och det kan vara värt att fundera över vad de olika sätten att rita kan stå för. I bilden längst till vänster utgår en och endast en stråle från vardera sex olika punkter på en lampglob. Detta sätt att rita är relativt vanligt bland barn och ungdomar. Ytterligare ett exempel är hur barn brukar rita en sol.



Figur 7.2. Barn ritar ofta en sol med strålar som utgår en och en från enskilda punkter.

Både barnteckningen av solen (figur 7.2) och figur 7.1A är riktigt ritade i den meningen att det går ljus från dessa punkter i just de riktningar som strålarna visar. Däremot saknas, i bilderna, att det går ljus i (oändligt) många andra riktningar från dessa punkter och att det går ljus från alla andra punkter också. Ej heller uttrycks att ljuset fortsätter tills det stoppas.

Figur 7.1B är rätt i den meningen att det går ljus från de fyra punkterna i strålarnas riktning, men det går ljus i (oändligt) många andra riktningar också. Inte desto mindre finns det en tendens hos barn och ungdomar (och troligen hos många vuxna också) att, om det finns någon observatör i sammanhanget för frågandet, representera ljus som något som utbreder sig i en bestämd riktning. Trots detta är det ovanligt att barn och ungdomar spontant tolkar seende med hjälp av ljusstrålar¹⁰.

Figur 7.1C redovisar att det går ljus i flera riktningar från två punkter på lampan. För att komplettera bilden måste man föreställa sig att ljuset färdas utefter räta linjer i alla riktningar (tills det stöter på ett hinder) från alla punkter på lampans glob (åtminstone om ytan på lampgloben är matt).

Bland de elever som tänker sig att ljuset färdas i rummet är det en hel del som menar att den sträcka som ljuset går beror av storleken på ljuskällan. De flesta eleverna i en undersökning från Nya Zeeland¹¹ ansåg att ljus förflyttar sig från solen till jorden medan betydligt färre tänkte sig att ljus färdas från ett brinnande stearinljus. Sträckan ljus färdas kan också (enligt eleverna) påverkas av om det finns annat ljus närvarande¹² En del elever menar att svagt ljus helt kan hindras i sin utbredning av att starkare ljus finns närvarande.

En naturvetenskaplig beskrivning av ljusets utbredning kan lyda så här: Ljus breder ut sig med en hastighet av 300 000 km/s utefter raka (räta) linjer. För att underlätta tänkandet har man skapat tankeverktyget ljusstråle. Vi har diskuterat detta begrepp i kapitel 3 och valt den innebörd som Kepler lade i ordet, dvs. en ljusstråle är en rät linje utefter vilken man tänker sig att ljuset färdas. Ljusstrålen är alltså inte ljuset självt utan den väg som ljuset färdas¹³. Vi har motiverat varför vi gjort detta val. Vi noterar att Keplers strålbegrepp skiljer sig från språkbruket både i läroböcker och annars. Man talar ju ofta om ljusstrålar som om de finns i naturen: 'Ljusstrålarna från solen värmer gott' och 'Jag blev bländad av

Ljusstrålarna från den mötande bilen' är exempel på uttryck som antyder att ljuset och ljusstrålarna är samma sak. Att övergå till Keplers bruk av begreppet stråle innebär med andra ord att man som lärare måste vara noggrann i sitt språkbruk, i syfte att hjälpa eleverna att hålla isär det fysikaliska ljuset och det geometriska begreppet stråle.

LJUS OCH SKUGGOR

Elever i 13-14 års ålder har ombetts förklara vad en skugga är och hur den uppkommer¹⁴. Vanliga svar är att skugga är 'en återkastning' (reflexion), 'ett mörkare ljus' och att skuggan beror på att föremål 'skymmer ljuset' (hide the light). Dessa föreställningar är otillräckliga när det gäller att konstruera en naturvetenskaplig förklaring till hur skuggor uppstår. Ej heller räcker det med att inse att ljuset finns i rummet. Man måste dessutom tänka sig att det utbreder sig från en källa och att denna utbredning sker utefter räta linjer. Då kan man förstå att skugga uppstår då ljuset stoppas av ett hinder. En del av de äldre eleverna (13-14 år) uttrycker denna föreställning, men ej de yngre (10-11 år). De senare förstår att ljuskällan på något sätt orsakar att det blir skugga, men de kan ej förklara dess storlek och form, bara beskriva hur den ser ut.

LINS SOM BRÄNNGLAS

Många elever vet att det går att använda ett förstoringsglas för att med hjälp av solljus sätta eld på exempelvis ett papper. Men hur förklarar de hur detta går till? Två huvudidéer utkristalliserar sig i åldersgruppen 13-14 år¹⁵: Den ena är att förstoringsglaset 'koncentrerar' ljuset och den andra att ljuset 'förstoras'. Bland de elever som tänker sig att ljuset förstoras föreställer sig en del att det är mer ljus bakom förstoringsglaset och andra att det är lika många strålar, men att de är starkare. Eleverna som säger att ljuset 'koncentreras' har gemensamt att de tänker sig att det är samma mängd ljus efter förstoringsglaset som före.

ENERGINS BEVARANDE – LJUS

För en naturvetare är energins bevarande en nyckelprincip. När det gäller ljus får denna princip sitt uttryck genom att ljus kan upphöra eller bildas endast genom energiomvandlingar. Ej så för många ungdomar i 13-14 årsåldern¹⁶. De kan som nämndes nyss hävda att ljus förstärks då det passerar genom ett förstoringsglas. De tänker sig också att ljus försvagas över avstånd – ljuset når en viss sträcka och sen tar det slut. Den vetenskapliga modellen tar hänsyn till avståndet genom att beakta att intensiteten avtar med kvadraten på avståndet pga. att ljus utbreder sig i alla riktningar.

LJUSETS REFLEXION

I åldern 10-11 år har de flesta elever inte någon föreställning om att ljus reflekteras av en spegel¹⁷. Detta är i linje med att eleverna i denna åldersgrupp sällan uppfattar ljus som något som finns och färdas i rummet, mellan källor och effekter.

I åldern 13-14 år är däremot idén om reflexion av ljus i en spegel vanlig, men när det gäller ett annat objekt, t. ex ett papper, så är den dominerande uppfattningen att ljuset lämnar ljuskällan, men stannar på pappret:

(Ljuset)... studsar på spegelns glas [barnet gör en gest från ficklampan via spegeln till henne själv]. När ljuset faller på pappret, blir det en fläck...det stannar där... medan spegeln skickar tillbaka ljuset (Christine, 14 år).

Kunskap om ljusets reflexion mot vanliga föremål är nödvändig för att småningom förstå hur bilder av föremål kan uppstå, t. ex. på filmen i en kamera och på ögats näthinna.

När det gäller att blända någon med en spegel (solkatter) ritar de flesta strålar från ljuskällan via spegeln till den som bländas. Teckningarna innehåller oftast bara en linje för att visa hur det går till. I de fall flera strålar förekommer ändras ofta utbredningen i spegelns yta så att ett knippe parallella strålar före reflexion övergår till att vara divergent efter reflexion och vice versa. Det är ovanligt att eleverna tar hänsyn till reflexionslagen (se avsnitt 4) då de förklarar solkatter och bländning¹⁸.

OLIKA KATEGORIER AV LJUS?

I en fransk undersökning¹⁹ har man funnit att elever i åldern 13-14 år betraktar 'elektriskt ljus', 'solljus' och 'dagsljus' som olika kategorier. Det är inte helt lätt att på basis av intervjuutdrag förstå vari skillnaden mellan kategorierna består. Likväl framstår det som välmotiverat att i undervisningen framhålla att elektrisk ljus, solljus och dagsljus tillhör samma fysikaliska kategori, nämligen 'ljus'.

LJUS OCH SEENDE

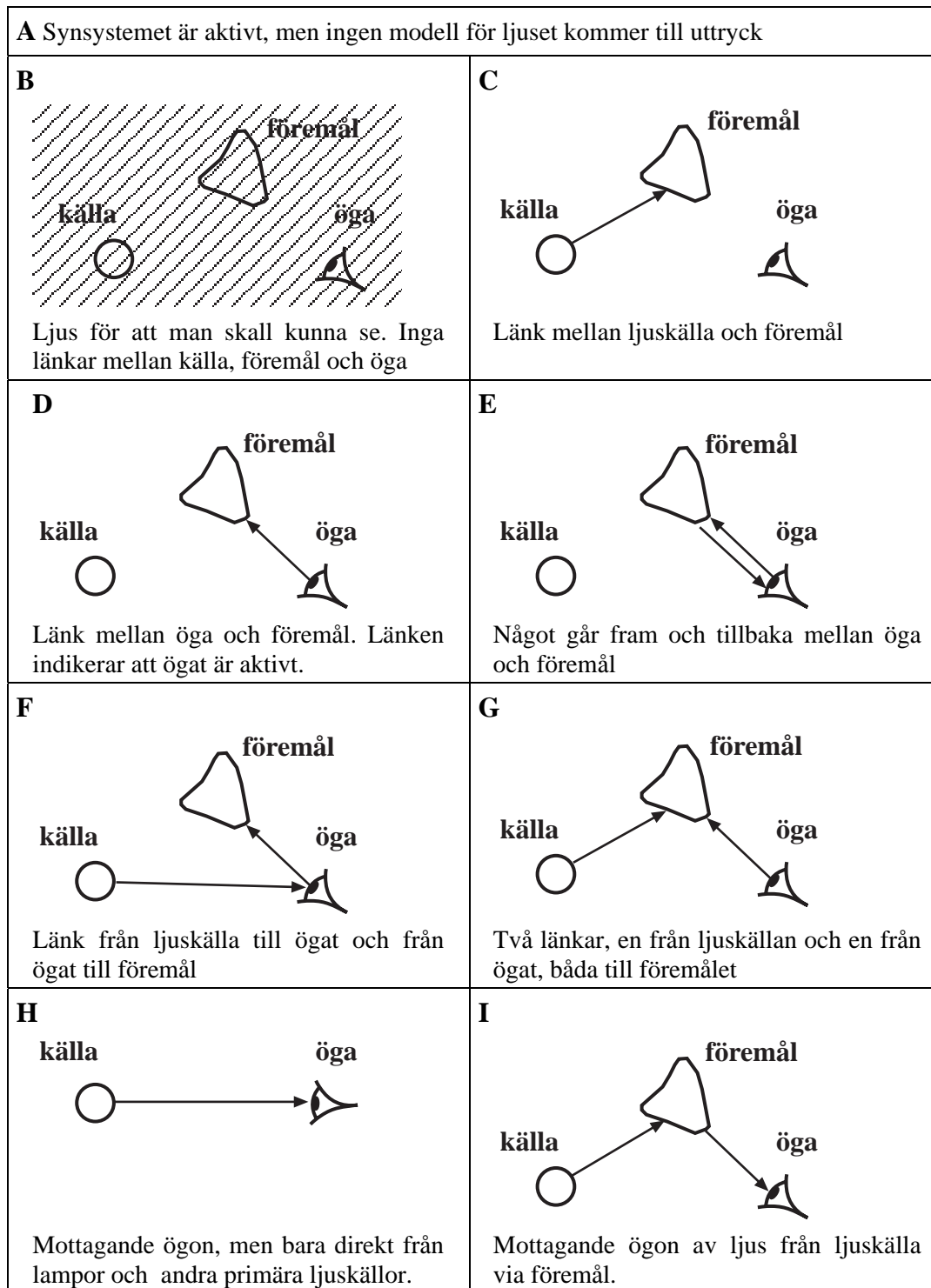
Våra barn växer upp i en språklig miljö som innehåller uttryck liknande dem som nämnts i avsnittet 'Några språkliga iakttagelser' ovan. Det påverkar dem säkert att skapa föreställningar som delvis överensstämmer med hur vi talar om seende. En av de första (åtminstone av oss kända) som funderade över hur barn föreställer sig seendet var Stanley Hall, som redan i början av 1900-talet rapporterade om en spontan fråga från en femåring: 'Papa, why don't our looks mix when they meet?' Hall återger också en vuxens hågkomst från barndomen: 'I used also to wonder why it was one did not feel someone else's look, on the cheek for instance if they were looking at one's cheek.'²⁰

Piaget²¹ själv redovisar i tre intervjuutdrag besläktade föreställningar, till exempel:

– *Are to see and give light the same thing?* – Yes. – *Tell me the things which give light?* – The sun, the moon, the stars, the clouds and God. – *Can you give light?* – Noyes. – *How?* – With the eyes. – *Why?* – Because if you hadn't eyes you wouldn't see properly. (Den intervjuade eleven är 10 år).

Piaget drar slutsatsen (av fem fall) att seendet, av en del barn, uppfattas som delvis placerat utanför ögat. Seendet kommer från ögat och lyser upp. Barnen är förvånade över att det inte känns när någon tittar på en.

Genom att sammanfatta tre undersökningar²² av elevers föreställningar av seendet har figur 7.3 skapats.



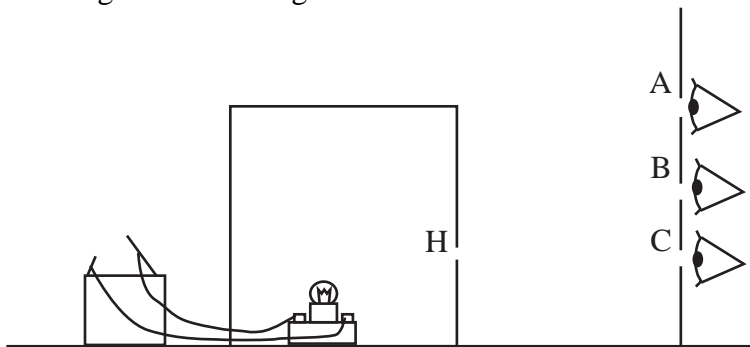
Figur 7.3. Olika uppfattningar av hur seendet går till.

Modellerna A, B och C har gemensamt att det inte finns någon länk mellan föremål och öga. A uttrycker att synsystemet är aktivt, B att seende möjliggörs av att omgivningen badar i ljus. Villkoren för seende är öppna ögon, fri sikt och någon slags belysning. Modell C innebär att eleverna beskriver hur ljuskällan belyser föremålet, men de redovisar ingen länk mellan föremålet och ögat.

Från och med modell D förekommer det en länk mellan föremål och öga. Modellerna D, E, F och G har gemensamt att något (impuls, stråle, blick m.m.) går från ögat till föremålet. I D och E länkas bara föremål och öga. I F tillkommer en länk mellan källa och öga. I G finns också en länk mellan källa och föremål.

Modellerna H och F har gemensamt att det går något från källa till öga. Detta något är ofta ljus eller strålar, men det kan också vara bilder. Modell H uttrycker att om man ser en primär ljuskälla mottar ögonen ljus, men också att detta inte gäller för sekundära ljuskällor. Den sista modellen (I) är den som stämmer i sina grunddrag med den vetenskapliga och går att bygga vidare på.

Elevers förståelse av att ljus måste komma in i ögonen för att ett objekt skall ses prövades i en fransk²³ undersökning med utgångspunkt från den experimentuppställning som visas i figur 7.4.



Figur 7.4. Experimentuppställning: Inuti en låda med svarta innerväggar finns en glödlampa som lyser starkt. I lådans ena vägg har ett hål H gjorts. En bit från hålet befinner sig en skiva med tre små och runda öppningar – A, B och C.

Inledningsvis ställde man frågor om vilka delar av skärmen (då utan hålen A, B och C) som skulle bli belyst av ljuset som kom från hålet H. De flesta förutsåg att det skulle bli en ljusfläck ungefär där hålet B senare kom att befinna sig. Detta visar att många av eleverna använder ljusets rätlinjiga utbredning för att lösa detta problem.

Därefter tillfrågades eleverna om vad de skulle komma att se genom de tre hålen A, B, och C om de placerade ett öga som i figur 7.4. Ungefär hälften av dem förutsade att de skulle se ett ljus hål H i lådan även från hålen A och C. Detta betyder att eleverna troligen använder modell G i figur 7.3 för att lösa denna uppgift och inte omedelbart kopplar ljusets rätlinjiga utbredning till seendet. Detta hänger förmodligen intimt samman med hur vi i vardagen föreställer oss seende

som en aktiv viljestyrd process och inte som ett passivt mottagande av ljus, dvs. vi fäster oss vid seendets psykologiska aspekter, ej dess fysikaliska.

Det franska experimentet understryker vikten av att förstå att det måste komma ljus till ögat från alla punkter på det föremål man ser. Vidare gäller att om man kan se ett föremål från många olika platser så måste ljuset färdas i många²⁴ olika riktningar från varje punkt på föremålet. Det är inte möjligt att rita en bild som fullständigt beskriver hur ljus utbreder sig från ett föremål, utan man måste skapa sig en fantasibild som inkluderar aspekter från många bilder.

Idén om att ljus måste komma in i ögat för att vi skall kunna se motarbetas till viss del av vår strävan att rita ljusets utbredning med hjälp av strålar. Det är lätt att förväxla dessa med ljuset självt. Strålar som ritas bör dock endast betraktas som en beskrivning av ljusets färd, inget annat. När vi ser en kraftig strålkastares ljus i natten är det dock lätt att tänka sig att vi ser ljusstrålar skära genom mörkret. Men för att vi överhuvudtaget skall kunna se något måste det, utan undantag, komma ljus in i ögat från det vi ser. Ser vi då inte ljuset från strålkastaren som passerar genom natten? Nej, vi ser det ljus som reflekteras mot någon slags partiklar i luften och därefter färdats vidare mot våra ögon. Det mesta av ljuset passerar dock vidare och en del reflekteras senare mot andra partiklar i luften och ändrar riktning så att en del av ljuset hamnar i våra ögon. På detta sätt får vi intrycket att vi ser ljusstrålar passera genom natten. Paradoxalt nog är det endast det ljus som inte passerar förbi oss genom luften utan istället reflekteras in i våra ögon som vi ser. Det som passerar förbi ser vi inte, eftersom det inte hamnar i våra ögon.

Ljusstrålar ritas från 'sidan' vilket kan ge intryck av att de också är möjliga att se från sidan. Det man då inte får glömma är att det vi ritat inte är en modell av ljuset utan av ljusets utbredning, dvs. den väg som ljuset går. Ljusstrålen är alltså endast en geometrisk konstruktion för att underlätta resonemangen om ljusets utbredning.

FÄRG

För att förstå färgfenomen är det nödvändigt att inse att första ledet i upplevelse av färger i omvärlden är att ljus går in i ögat. Detta ljus växelverkar sedan med systemet 'öga-hjärna' vilket leder till upplevelse av färger.

Färg är alltså inte en inneboende egenskap hos objekt som vi kan se när det är ljus, utan snarare en relationsegenskap, som beror av det ljus som belyser objektet och egenskaper hos systemet 'öga-hjärna'. I skenet av gatans natriumlampor framträder exempelvis alla objekt som kan reflektera gult ljus som gula. Övriga är svarta.

Ljusstrålar färgas inte då de reflekteras mot färgade föremål eller passerar genom färgfilter, vilket var den dominerande vetenskapliga uppfattningen före Newton. Han tänkte sig att en ljusstråle från exempelvis solen består av olika strålar som framkallade varseblivning av färgerna rött, orange, gult, grönt, blått, indigo

respektive violett. Strålarna som sådana har alltså inte färg, men väl förmågan att utlösa upplevelse av färg. Likväl talar vi på fysiklektionerna om vitt ljus, grönt ljus etc. Det kan ge intryck av att ljusstrålarna är färgade för den som tolkar uttrycken med vardagsbegrepp.

Några studier har gjorts angående hur elever förutsäger och förklarar färgfenomen. En amerikansk intervjuundersökning²⁵ av 32 elever i åldern 8-13 år startade med att eleven höll ett gult, ett grönt och ett rött föremål under en lampa för vitt ljus. Sedan fick han/hon i uppgift att förutsäga hur föremålen skulle se ut under lampor för gult, grönt respektive rött ljus. Fyra svarkategorier erhöles:

Tabell 7.1. Föremåls färg i färgat ljus. Procentuell fördelning av elevsvar på olika kategorier. (8-13 år, 16% av svaren ligger utanför dessa kategorier)

KATEGORI	EXEMPEL	ANDEL n=32
1 Det färgade ljuset har ingen effekt på föremålet	<i>Föremålen kommer att se likadana ut. Det spelar ingen roll under vilken lampa de är.</i>	6
2 Det färgade ljuset är mörkt och gör så att föremålet blir mörkare	<i>Det (röda föremålet) kommer att se mörkare ut därför att det gröna ljuset är mörkt och det träffar det ljusare röda och gör det mörkare.</i>	19
3 Färgen på ljuset blandas med föremålets färg (ungefär som vattenfärger blandas)	<i>Färgerna på föremålen kommer att blandas med det gula ljuset och ge en annan färg.</i>	47
4 Det färgade ljuset ger sin färg till föremålet	<i>De kommer alla att bli röda därför att det är rött ljus och rött ljus visar bara en färg.</i>	12

Eleverna fick sedan se vad som faktiskt hände med föremålets färg i olika ljus. De fick så bl. a. frågan under vilken ljuskälla man såg flest färger och vad det berodde på. En förklaring gick ut på att vitt ljus är ljust, dvs. det finns inget mörker i detta ljus som kan blandas in i föremålets färger och göra dem mörkare. En annan förklaring var att vitt ljus inte har någon färg alls, dvs. det finns ingen färg att blanda med. Cirka 75% av svaren hörde till dessa två typer.

Det sägs inget i studien om den eventuella undervisning som eleverna fått om ljus och färger. Troligen är denna av ringa omfattning. I så fall kan man förvisso tycka att eleverna är kreativa då de utifrån sina erfarenheter skapar förklaringar av ganska svårförklarade fenomen.

En uppgift om hur vitt ljus påverkas av ett filter ingick i den svenska nationella utvärderingen 1995²⁶.

En ficklampa riktas mot en pappskiva. På pappskivan syns då en vit ljusfläck. Framför lampan sätts sedan en röd glasskiva. På pappskivan syns då en röd ljusfläck. Förklara hur glasskivan förändrar ljusfläckens färg från vit till röd!
(Två teckningar visade de olika situationerna)

Resultatet framgår av tabell 7.2

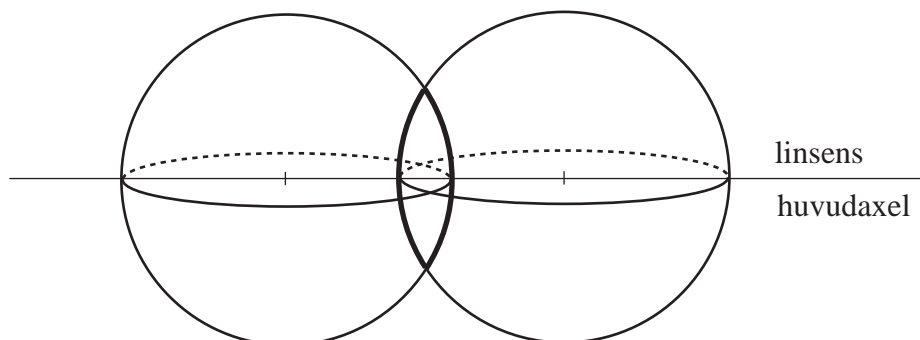
Tabell 7.2. Varför blir ljusfläcken röd? Procentuell fördelning av elevsvar på kategorier. Skolår 9.

KATEGORI	EXEMPEL PÅ SVAR	ANDEL n=699
1 Röd glasskiva gör att färgen ändras	<i>Glasskivan är röd då blir fläcken röd.</i>	24
2 Ljuset färgas rött i skivan	<i>När ljuset går genom den röda glasskivan fångar ljuset upp den röda färgen och det blir rött.</i>	17
3 Reflexion	<i>Ljuset reflekteras genom glasskivan och när det når pappret reflekterar ljusfläcken inte rött ljus.</i>	9
4 Brytning	<i>Ljusstrålarna bryts och det blir rött ljus i stället för vitt.</i>	9
5 Selektiv transmission	<i>Glasskivan filtrerar ut allt ljus utom det röda spektrumet. Därför ser den röd ut.</i>	10
Övrigt		11
Ej besvarat		20

Vi påminner om att Kepler ansåg att då ljus passerar genom färgade glasskivor eller reflekterades mot ytor, så extraherar det färg. Rött glas gör till exempel att ljuset blir rött. Se kapitel 5.

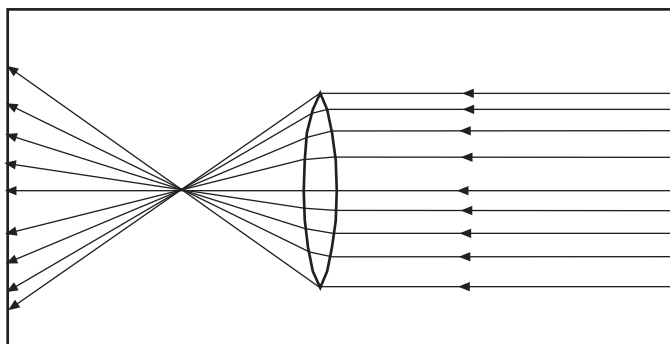
Avbildning med positiv lins

Om man låter två sfäriska skal gå in i varandra så som figur 7.5 visar, och fyller det gemensamma området med en glasmassa, så får man en positiv lins, dvs. en lins som är tjockast på mitten. Den linje som går genom de båda sfärernas medelpunkter kallas linsens huvudaxel eller optiska axel.



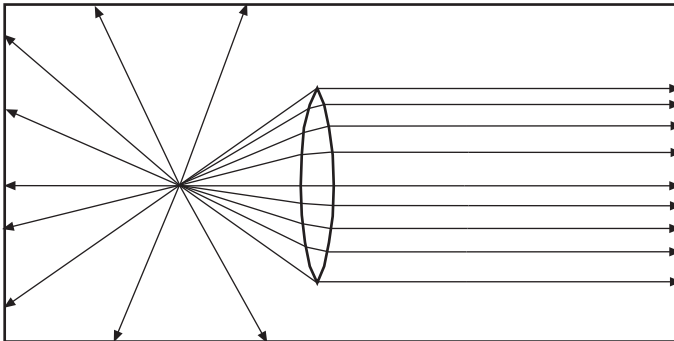
Figur 7.5. Det gemensamma området för de två sfärerna definierar en positiv lins.

Många torde ha provat att använda en positiv lins ('förstoringsglas') för att exempelvis, med hjälp av solen, bränna in sitt namn i en träbit. Den som gjort detta har fått erfarenhet av vad en brännpunkt är, och kanske också noterat att man får den intensiva ljuspunkten på ett visst avstånd mellan lins och träbit. Detta avstånd kallas brännvidd. Med hjälp av ljusstrålar kan man förklara vad som händer. Ljuset kommer in mot linsen längs parallella strålar. Det bryts sedan av linsen så att det går ihop i brännpunkten, för att därefter spridas. Se figur 7.6, i vilken vi ritat ut ett antal strålar som visar ljuset väg. Resultatet blir precis detsamma om ljuset träffar linsen från andra hållet. En lins har med andra ord två brännpunkter, en på varje sida, och på samma avstånd från linsen.



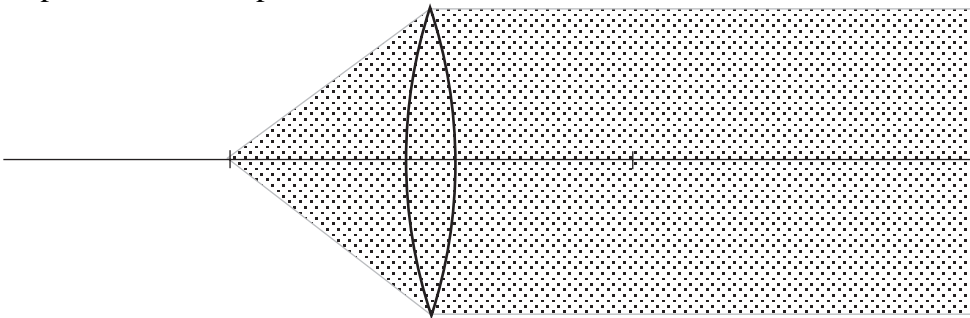
Figur 7.6. Ljus som går längs parallella strålar och träffar en positiv lins bryts av denna ihop i en brännpunkt. (Ramen runt figuren är till för att markera att figuren tar slut, men att ljuset fortsätter.)

Intressant att notera är att omvändningen till figur 7.6 också gäller – om man placerar en mycket liten ljuskälla i brännpunkten så färdas allt ljus som passerar genom linsen utefter parallella räta linjer. Se figur 7.7



Figur 7.7. En beskrivning av ljusets färd från brännpunkten ut i omgivningen.

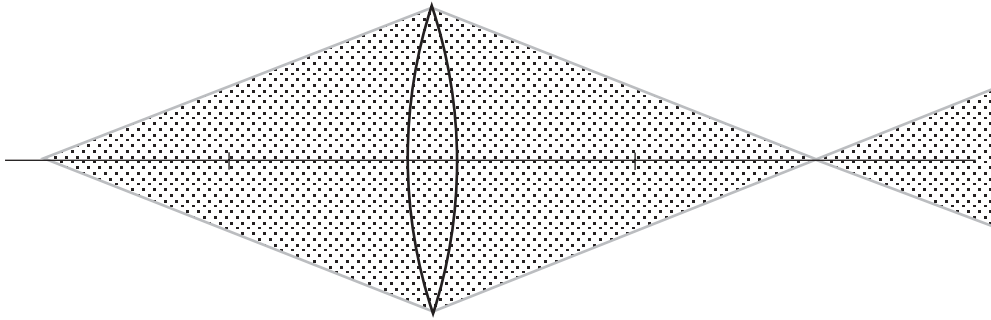
Ett annat sätt att illustrera samma sak är att rensa bort det ljus som inte passerar genom linsen och ersätta strålarna med ett område som visar det ljus som kommer att passera eller har passerat linsen.



Figur 7.8. Beskrivning av ljuset som färdas från brännpunkten till, igenom och bortom en positiv lins.

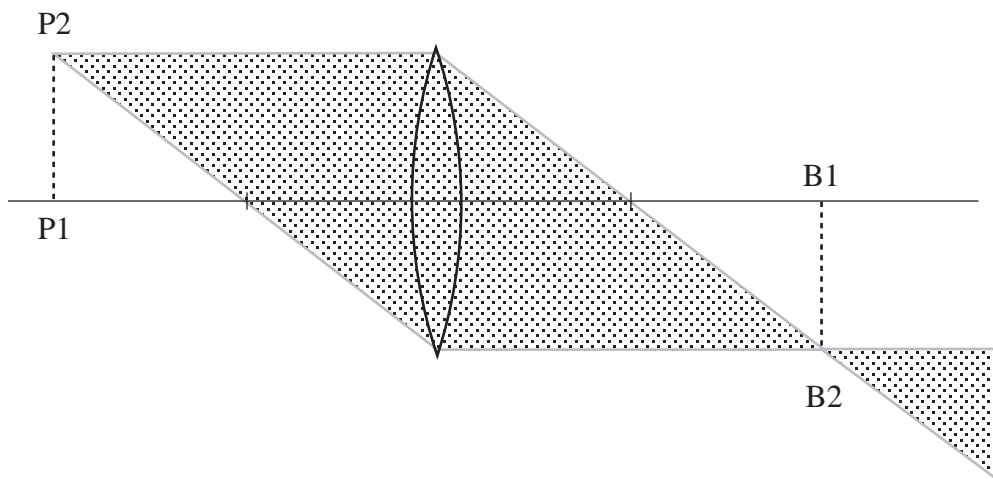
Framställningen har fördelen att det blir tydligt att det finns ljus överallt i ett viss område och inte enbart där man ritar ut strålar. Både figur 7.7 och figur 7.8 har nackdelen att de ger intryck av att ljus går att se från sidan.

Om man nu föreställer sig att ljuskällan i brännpunkten (se figur 7.8) förflyttas långsamt åt vänster kommer ljuset till höger om linsen att återsamlas i en punkt långt bort från linsen, för att sedan spridas till höger om denna punkt. Allteftersom ljuskällan flyttas längre åt vänster kommer återsamlingspunkten att förflyttas allt närmare linsen. När ljuskällan är på ett avstånd av dubbla brännvidden kommer ljuset som passerat linsen att samlas på samma avstånd fast på andra sidan linsen – se figur 7.9. Under ljuskällans fortsatta färd åt vänster kommer den punkt där ljuset möts igen att förflyttas allt närmare den högra brännpunkten.



Figur 7.9. Ljus som startar i en punkt till vänster om linsen och som ligger på ett avstånd av dubbla brännvidden kommer att återsamlas i en punkt som ligger på samma avstånd på andra sidan om linsen.

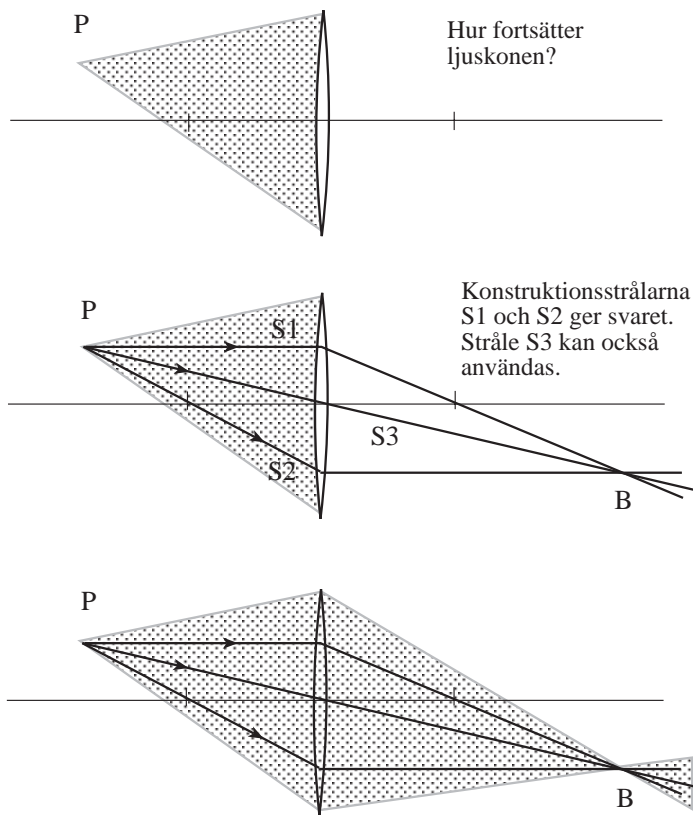
Om man i stället för att flytta den nästan punktformiga ljuskällan längs linsens huvudaxel gör förflyttningen vinkelrätt mot denna axel, så finner man att det ljus som utgår från källan och träffar linsen också i detta fall bryts ihop i en punkt. Om ljuskällan förflyttas från P1 till P2, så flyttar sig återsamlingspunkten från B1 till B2. Se figur 7.10.



Figur 7.10. Ljusets utbredning från en ljuskälla som ligger vid sidan av linsens huvudaxel.

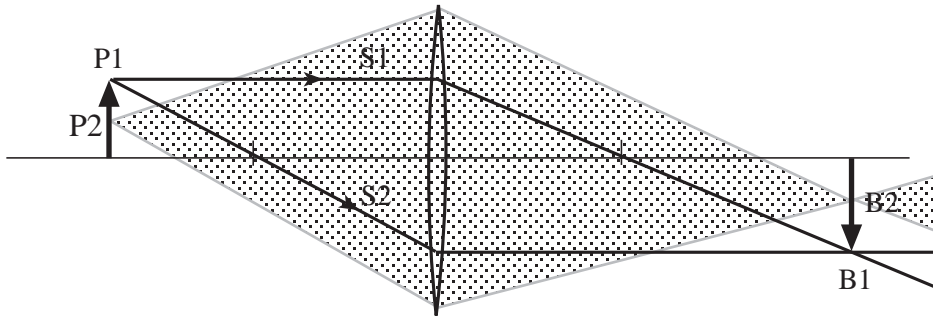
Det hittills sagda illustrerar en viktig egenskap hos en lins, nämligen att en ljuskon som utgår från en punkt P och träffar linsen, av denna bryts ihop till (eller verkar efter brytning att komma från) en annan punkt B (vi bortser här ifrån olika så kallade avbildningsfel). Det är lätt att med en geometrisk konstruktion bestämma var B befinner sig. Eftersom man vet att allt ljus från P som träffar linsen bryts ihop av denna i en punkt B räcker det nämligen med två strålar för att hitta den sistnämnda punkten. En av dessa strålar är den från P parallellt med huvudaxeln (stråle S1 i figur 7.11). Ljuset som går längs denna stråle passerar brännpunkten på andra sidan linsen. Den andra strålen utgår från P och är riktad mot den närmaste brännpunkten (stråle S2 i figur 7.11). Då ljus som följer denna stråle passerat linsen fortsätter det parallellt med huvudaxeln. Se figur 7.11. Ytterligare

en stråle som kan användas för konstruktion av punkten B är S3. Ljus längs denna går obrutet genom linsens mittpunkt (se figur 7.11).



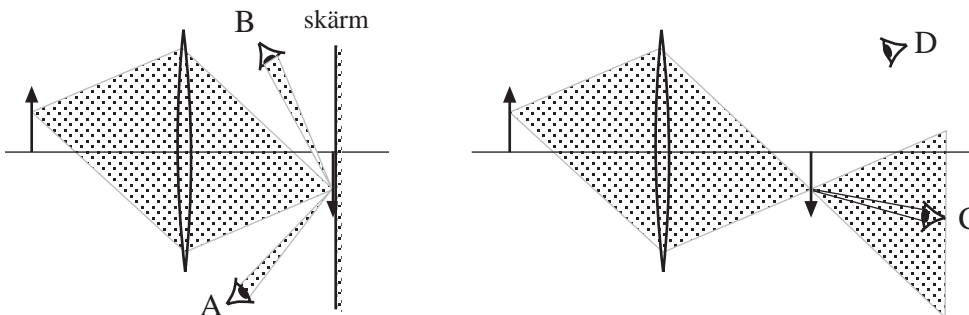
Figur 7.11. En ljuskon träffar en lins. Med hjälp av strålarna S_1 och S_2 konstrueras den punkt mot vilken ljuset konvergerar efter passage av linsen. Stråle S_3 kan också användas för konstruktion av punkten.

Anta nu att ett föremål i form av en liten pil befinner sig framför en lins – se figur 7.12! Från alla punkter på denna utgår det ljus åt olika håll. Vi följer ljuset från pilspetsen P_1 längs de två konstruktionsstrålarna S_1 och S_2 . De går ihop i punkten B_1 . Det betyder att den ljuskon som utgår från P_1 och träffar linsen, efter passage av denna går ihop i punkten B_1 . Om vi tar en punkt P_2 lite längre ned på pilen så får vi på liknande sätt fram att en ljuskon från denna bryts ihop i punkten B_2 osv. Genom att ljuskoner från olika punkter på föremålet (P_1 , P_2 ...) efter passage av linsen konvergerar till olika punkter (B_1 , B_2 ...) ger linsen upphov till en bild av pilen. Denna bild kan göras synlig med hjälp av en skärm. Ett praktiskt exempel är en diabildsprojektion.



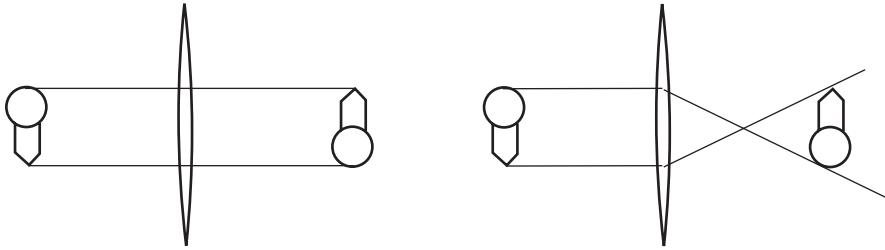
Figur 7.12. Illustration av punktförmig avbildning.

Det finns två olika möjligheter att se bilder av den typ som förekommit i detta avsnitt om linser. I båda fallen gäller att ett ljusflöde från varje punkt på bilden måste gå in i ögat. Den ena möjligheten är att placera en skärm på bildens plats. Från varje bildpunkt går då ljus åt alla håll till vänster om skärmen. De två ögonen A och B nås av delar av detta flöde så som vänstra delen av fig 7.13 visar. Den andra möjligheten är att placera ögat i det ljusflöde som fortsätter till höger om bilden (C). Man kan då se den upp och nedvända bild som 'svävar' i luften. Högra delen av figur 7.13 illustrerar. Öga C nås t. ex. av en del av det ljus som utgår från en viss punkt på bilden, och ser den därför – i motsats till öga D som ligger helt utanför ljusflödet från den aktuella punkten.



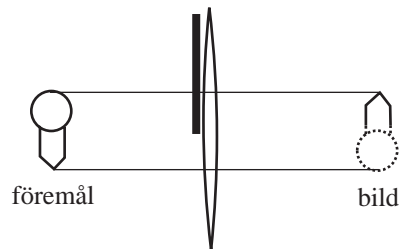
Figur 7.13. Två olika sätt att se en bild.

Låt oss nu övergå från fysikens till elevernas förklaringar av hur en lins avbildar föremål. Två huvudalternativ är beskrivna i litteraturen²⁷. Det första är att den bild som syns på en skärm antas ha transporterats i sin helhet till denna från föremålet. Linsens roll är att vända bilden. Figur 7.14 illustrerar. Kanske är detta ett naturligt sätt att tänka för den som för första gången iakttar fenomenet avbildning. Han eller hon förstår att det finns ett samband mellan föremål, lins och bild och får då kanske en idé om en hel bild som flyttar sig. Det är troligt att denna vardagsföreställning förstärks av språkbruket på fysiklektionerna. Vi säger ju att bilden fångas upp (som en fågel i flykten!) på en skärm och att linsen vänder bilden rätt. Fysikaliskt sett är dessa uttryckssätt ej korrekta, efter som inga hela bilder förflyttar sig mellan lins och skärm.



Figur 7.14. Illustration av idén om en hel bild som flyttar sig.

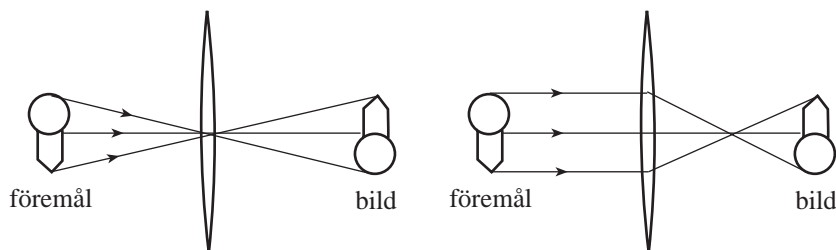
Elever med hela-bilden-flyttas-uppfattning av avbildning förutsäger att om halva linsen skärmas av, så kommer halva bilden på skärmen att försvinna. Se figur 7.15!²⁸



Figur 7.15. Avskärmning av halva linsen tar bort halva bilden.

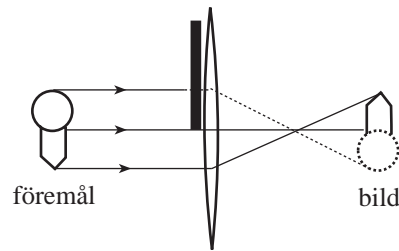
Idén om en bild som förflyttar sig från föremål fanns under antiken – se avsnittet 'atomisternas eidola-begrepp' i kapitel 5.

Den andra idén om avbildning kan uppfattas som en hybrid mellan en vardagsföreställning om en bild som flyttar sig och skolans undervisning om strålar. Idén är att det från varje punkt på föremålet utgår en ljusstråle som bär med sig en bild av denna punkt. Då strålarna från olika punkter på föremålet efter växelverkan med linsen träffar en skärm byggs en bild upp av föremålet. Detta tycks vara en nutida motsvarighet till Alhazens idéer om avbildning – se kapitel 5! Vi illustrerar med figur 7.16.



Figur 7.16. Illustration av att en bild av en punkt på ett föremål överförs med en stråle.

Också denna föreställning om avbildning leder till förutsägelsen att om halva linsen skärmas av, så försvinner halva bilden – se figur 7.17!²⁹



Figur 7.17. Avskärmning av halva linsen gör att halva bilden försvinner.

Det framgår inte av litteraturen om eleverna explicit tänker sig att en stråle transporterar en bildpunkt eller om detta är en tolkning av elevteckningar och verbala utsagor. En alternativ tolkning skulle kunna vara att eleverna vet att en lins ger upphov till en upp och nedvänd bild av ett objekt, och att detta skall förklaras med strålar. Vilka kommer de inte riktigt ihåg, men försöker få till något som påminner om det som läraren ritat på tavlan eller de figurer som finns i läroboken.

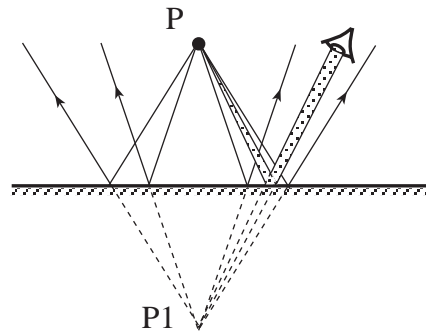
För att lösa problemet med vad som händer om halva linsen skärmas av måste man beakta att det från varje punkt på föremålet flödar ljus åt alla håll. En del av flödet träffar linsen. Det betyder att även om halva linsen skärmas av, så är det ändå ett ljusflöde från varje föremåls punkt som bryts i linsen och går ihop i en bildpunkt. Se figur 7.18!



Figur 7.18. Om halva linsen skärmas av blir bilden ljussvagare.

Avbildning med plana speglar

Tänk dig att ett litet föremål P placeras framför en plan spegel. Ett ljusflöde från föremålet träffar spegeln. Ljuset reflekteras enligt reflexionslagen. Vi har i figur 7.19 ritat ut fyra strålar före och efter reflexion. Om man följer de reflekterade strålarna bakåt finner man att de går ihop i en punkt P1. Detsamma gäller alla andra strålar som visar hur ljus reflekteras, dvs. allt ljus som utgår från föremålet reflekteras som om det kom från P1! P och P1 ligger lika långt från den speglade ytan.



Figur 7.19. Avbildning i en plan spegel.

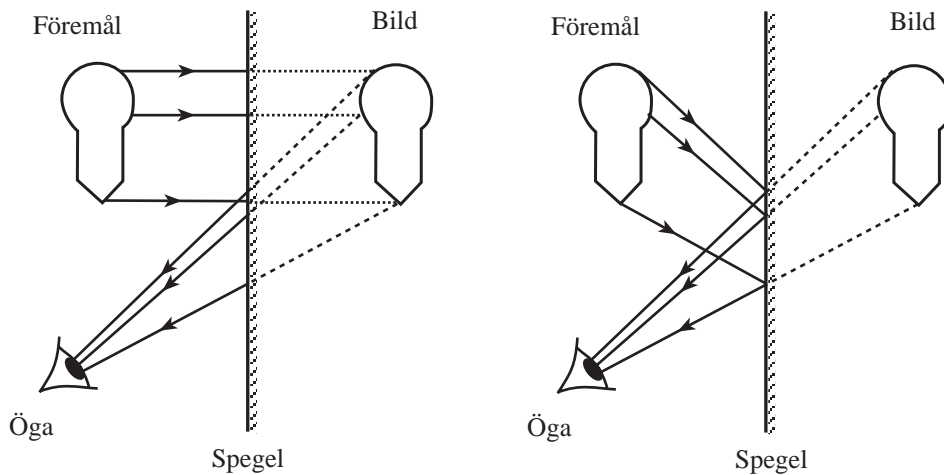
Om ett öga placeras i det reflekterade ljuset så ser ögat en bild av föremålet P i spegeln. Oavsett var ögat placeras framför spegeln verkar bilden P1 att ligga på samma plats bakom spegeln. Eftersom det inte finns någon verklig bild bakom spegeln så kan man säga att det reflekterade ljuset 'lurar' ögat att se en bild. Den tekniska termen för denna är 'virtuell bild'. Vi har med andra ord haft 'virtual reality' så länge som levande varelser har sett sin spegelbild i en reflekterande yta.

En intressant aspekt av spegelbilder är att de inte existerar om det inte finns någon betraktare. När spegeln bara hänger där i tamburen så finns det alltså ingen spegelbild i den! Bilden finns bara i betraktarens hjärna.

Låt oss nu övergå från fysikens till elevernas förklaringar av hur spegelbilder uppstår³⁰. Två huvudalternativ är beskrivna i litteraturen och de är i princip desamma som de två föreställningar som nyligen beskrivits för linser.

Den ena är hela-bilden-flyttas-idén. En bild av föremålet flyttas till spegeln, där den stannar. Observatören har inget med bildens uppkomst att göra. Bilden finns alltid i spegeln, oberoende av om någon ser den eller ej. En variant är att bilden studsar mot spegeln

Den andra idén om hur spegelbilder uppstår är att det från varje punkt på föremålet utgår en ljusstråle som bär med sig en bild av denna punkt. En uppsättning strålar formar sedan en spegelbild. Också här gäller att bilden alltid finns i spegeln, oberoende av om någon ser den eller ej. Man fann två varianter – en som strider mot, och en som följer, reflexionslagen. Se figur 7.20!

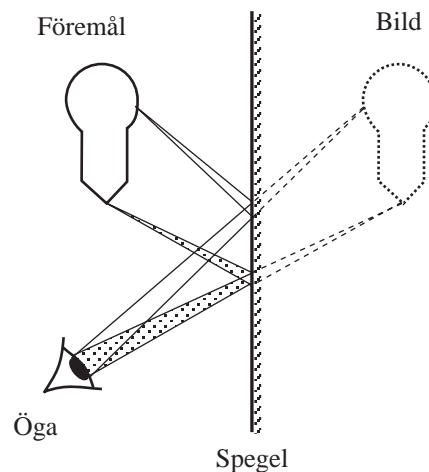


Figur 7.20. Elevförsök att förklara hur en spegelbild uppstår.

Liksom för linser framgår det inte av litteraturen om eleverna explicit tänker sig att en stråle transporterar en bildpunkt eller om detta är en tolkning av elevteckningar och verbala utsagor. Ej heller redovisas detaljerna i hur eleverna resonerar när det gäller den vänstra varianten av figur 7.20.

En alternativ tolkning skulle kunna vara att eleverna vet att en spegel ger upphov till en bild som ligger lika långt från den speglade ytan som föremålet, och detta skall förklaras med strålar. Vilka kommer de inte riktigt ihåg, men försöker få till något som påminner om det som läraren ritade på tavlan eller de figurer som fanns i läroboken.

Den geometriska optikens förklaring bygger på det som sagts i anslutning till figur 7.19. Ett öga träffas av smala ljuskoner, som har sitt ursprung i olika punkter på lampan och som når ögat efter reflexion i spegeln. Konerna verkar komma från de punkter som bygger upp den virtuella spegelbilden. Figur 7.21 illustrerar detta för två punkter på lampan.



Figur 7.21. Den geometriska optikens förklaring av varför man ser en bild i en spegel.

*En domänspecifik teori för
undervisning och lärande av geometrisk optik*

Av den idéhistoriska genomgången i kapitel 5, analysen av den geometriska optikens begreppsstruktur i kapitel 6 och översikten av elevers föreställningar om ljus och seende i kapitel 7 drar vi följande slutsatser för undervisningen:

En huvudsvårighet som gångna tiders vetenskapsmän haft, och som nutida elever har, är att föreställa sig ljus som något som utbreder sig linjärt mellan källor och effekter. Detta är en nyckelidé när det gäller att förstå optik, som dock är så självklar för den fysikkunnige att han/hon tar den mer eller mindre för given. Detta föranleder oss att formulera följande villkor för lärande med förståelse av geometrisk optik:

- Från första början skapas behov av optikens nyckelidé, nämligen att ljus existerar och utbreder sig mellan källor och effekter
- Eleverna ges från början möjligheter att använda optikens nyckelidé som ett verktyg för att förklara fenomen i omvärlden, såsom skuggors och belysta ytors storlek och form.

Både i idéhistorien och hos nutida elever finns förklaringar av seende som bygger på att ögat skickar ut någonting – synstrålar, blickar och annat – under det att man använder ljusstrålar i andra sammanhang. Seende och det fysikaliska ljuset är med andra ord inte begreppsligt integrerade. Detta ger oss ytterligare några villkor för lärande med förståelse av geometrisk optik:

- Undervisningen klargör att ljus som går mellan källa och effekt inte kan ses.
- Först efter att optikens nyckelidé har etablerats förklaras seende med att ljus går från det sedda föremålet och in i ögonen.
- Först efter att optikens nyckelidé har etablerats och seende förklarats introduceras tekniker för att visa ljusets väg, t.ex. att blåsa ut rök eller att låta ljus släpa längs ett papper. Det man då ser är inte ljus som går mellan källa och effekt, utan ljus som reflekteras in i ögonen från rökpartiklar och papper. Om dessa tekniker introduceras från början får eleverna lätt intrycket att det går att se ljus som utbreder sig i rummet, dvs. att seende är en separat förmåga som inte beror på att ljus går in i ögonen utan snarare på att ögat tittar, skickar ut blickar mm.

Under ljusets idéhistoria frågade man sig hur ljuset som gick in i ögonen kunde överföra ett föremåls struktur och form. Det blev Kepler som löste problemet. Han visade att en smal kon av ljus, som utgår från en punkt P, av en vattensfär bryts ihop i en annan punkt P1, dvs. han beskrev en mekanism för punktformig avbildning. Ett antal studier visar att elever ända upp på högskolenivå inte har denna förståelse. De förutsäger t.ex. att om en lins som avbildar ett föremål täcks över till hälften så halveras bilden, när den i själva verket blir ljussvagare. Skälet är att de koner av ljus som utgår från punkter på föremålet och träffar linsen blir blockerade till hälften, dvs. bara den andra halvan av ljuset går igenom linsen och bidrar till bilden. Detta ger oss ännu ett villkor för lärande med förståelse av geometrisk optik:

- Undervisning om olika former av avbildning tar sin utgångspunkt i villkoren för punktformig avbildning, dvs. att om ljus som divergerar från en punkt P_1 efter växelverkan med ett optiskt system konvergerar i en punkt P_2 , så är P_2 en bild av P_1 , och motsvarande sats för virtuella bilder. Först efter detta introduceras geometriska tekniker för bildkonstruktion.

Vi betraktar de sex punkterna som en domänspecifik teori som anger betingelser vilka gynnar lärande med förståelse av geometrisk optik.

FÖRSLAG TILL MÅL OCH BETYGSKRITERIER FÖR GRUNDSKOLANS GEOMETRISKA OPTIK

Aspekter av begrepp om ljus

Av tidigare avsnitt har framgått att det råder en betydande skillnad mellan vardaglig och vetenskaplig begreppsvärld när det gäller ljuset och dess egenskaper. I tabell 8.1 föreslås hur vardagens begrepp om ljus kan vidareutvecklas i grundskola och gymnasium. Innehållet i spalten 'skolans naturvetenskap' kan utvidgas ytterligare, vilket kan vara aktuellt för vissa program på gymnasiet. Det kan också reduceras något, t. ex. då man väljer innehåll för grundskolans undervisning.

Tabell 8.1 Aspekter av begrepp om ljus i vardagstänkandet och i skolans naturvetenskap.

Aspekt	Vardagstänkande	Skolans naturvetenskap
Ljusets existens och egenskaper	Ljus förknippas med dess källa och/eller effekter.	Ljuset finns i rummet, mellan källor och effekter.
Ljusets utbredning	Ljus kan uppfattas som något statiskt och kopplas inte till rörelse, ljus kan vara ett tillstånd.	Ljus <u>utbreder</u> sig med $3 \cdot 10^8$ m/s från en källa utefter oändligt många räta linjer.
Konservation av ljus	Ljus kan förstärkas eller försvagas av en lins. Ljus kan försvagas och försvinna då det är tillräckligt långt från ljuskällan.	Ljus konserveras om det inte absorberas av ett materiellt medium. Intensiteten avtar med kvadraten på avståndet från ljuskällan.
Ljusets energiaspekt	Ljus kan förstärkas eller försvagas när det passerar genom eller reflekteras mot föremål. Ljus kan värma föremål.	Ljus absorberas, transmitteras eller reflekteras, olika mycket i olika media. En del av ljuset kan övergå i inre energi hos olika system.
Ljus och seende	Ögat är aktivt vid seende; ögat skickar ut något för att kunna se. Det är dock nödvändigt att ett föremål är belyst för att man skall kunna se. Länken mellan föremål och öga är inte nödvändigtvis fysikens ljus (seende och ljus är inte begreppsligt integrerade).	För att man skall kunna se en punkt, vilken som helst, måste ljus från punkten träffa ögat. Bilden på näthinnan kan förklaras med punktformig avbildning med lins och glaskropp.

Tabell 8.1 (forts.)

Aspekt	Vardagstänkande	Skolans naturvetenskap
Ljus och skuggor	Skuggor kan uppfattas som en bild, som något som tillhör ett objekt.	Skugga uppstår då ljus hindras att komma fram. Dit ljuset inte når blir det skugga.
Avbildning	En spegel speglar, ett förstoringsglas förstorar, en kamera tar bilder. Bilder transporteras från föremål och förändras på olika sätt av optiska system.	Punktformig avbildning, t.ex. När ljus som divergerar från en punkt P på ett föremål och på grund av brytning eller reflexion möts igen i en annan punkt P ₁ , uppstår en bild av punkten P i P ₁ .
Föremåls färg	Föremåls färg är en absolut egenskap (färg och ljus är ej begreppslikt integrerade).	Hur ett föremål uppfattas av människan beror dels på vilket ljus som träffar föremålet och vilka delar av det som reflekteras, dels på det biologiska synsystemets egenskaper.
Färgfilter	Ljus färgas om det passerar ett färgat filter.	Ljus absorberas selektivt av filtret. Ljuset som passerat filtret saknar en del våglängder (eller 'färger') som absorberats.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Vilka aspekter av ljusbegreppet, och vad av dessa aspekter, anser du kan ingå i undervisningen

för skolår 1-5?

för skolår 6-9?

Mål för den geometriska optiken

Precis som inom många andra områden är optiken sammanvävd av begrepp. Detta gör att det är svårt att formulera exakta mål i punktform som inte griper in i varandra. Sådana formuleringar kan inte heller täcka in allt, men här följer ändå ett förslag, i huvudsak tänkt för grundskolans optikundervisning.

1. Eleven skall kunna använda modellen 'ljus existerar och utbreder sig linjärt i rummet' för att förklara enklare optiska fenomen, t. ex. skuggor.
2. Eleven skall veta att, och hur fort, ljuset färdas genom vakuum och en del material och känna till längdenheten ljusår.
3. Eleven skall förstå att för att vi skall kunna se måste ljus flöda från föremål till och in i ögat.
4. Eleven skall veta hur ljus reflekteras i blanka och matta ytor och använda en geometrisk strålmödel för att beskriva detta.
5. Eleven skall veta hur ljus bryts när det passerar från ett optiskt tunnare till ett optiskt tätare medium och tvärtom och känna till fenomenet totalreflexion.
6. Eleven skall veta att vitt ljus består av olika färger och ha kunskap om hur man kan få ett spektrum med hjälp av ett prisma.
7. Eleven skall förstå att när ljus träffar ett filter kan bara en del av det passera igenom. (Innebörden i selektiv transmission.)
8. Eleven skall förstå och kunna använda begreppen absorption och reflexion för att förklara hur olika föremål antar olika färger. (Innebörden i selektiv absorption och reflexion.)
9. Eleven skall förstå att ljus som kommer från en punkt på ett föremål och som sammanstrålar i en punkt någon annanstans orsakar en bild av punkten på föremålet.
10. Eleven skall kunna använda en geometrisk strålmödel för att förklara hur en positiv lins kan ge upphov till en bild.
11. Eleven skall kunna använda en geometrisk strålmödel för att förklara hur en bild uppstår i en spegel.
12. Eleven skall kunna förklara olika astronomiska observationer som rör solen, månen och jorden med hjälp av en geometrisk strålmödel för ljuset (t. ex. årstider, klimatzoner, månens faser).
13. Eleven skall kunna ge exempel från optikens historia som illustrerar att naturvetenskapen utvecklas över tid.
14. Eleven skall få insikt i växelspelet mellan teori och observation.

REFLEKTERA OCH DISKUTERA!

Vilket eller vilka av dessa mål kan undervisningen i skolår 1-5 bidra till?

Vilka mål anser du skall gälla för skolår 6-9?

Betygskriterier

Med utgångspunkt i figur 6.1 (se avsnitt 6) kan man formulera fyra förståelsenivåer när det gäller geometrisk optik. Dessa förståelsenivåer kan utgöra ett stöd vid utveckling av lokala betygskriterier och vid betygssättning.

A. En beskrivande nivå, som innebär att känna till och kunna beskriva optiska fenomen, t.ex. att en lins kan användas som brännglas, att en konvex spegel ger förminskade bilder av föremål etc.

B. En första förklaringsnivå, som innebär att kunna använda idén om att ljusstrålar går rakt för att förklara skuggors och belysta ytors storlek och form. Till denna nivå kan också höra att förklara föremåls färg med selektiv absorption/reflexion och filtrering med selektiv absorption/transmission.

C. En andra förklaringsnivå, som utöver B innefattar kunskaper om reflexionslagen och brytningslagen (kvalitativt). Till nivån hör att kunna förklara t.ex. hur brännglas, solugnar och ljusledare fungerar.

D. En tredje nivå, som innebär att villkor för punktformig avbildning läggs till nivå C och tillämpas på positiva linser och speglar.

Exempelvis skulle man kunna ansätta följande betygskriterier:

Godkänd: Nivå A och B

Väl godkänd: Nivå A, B och C

Mycket väl godkänd: Nivå A, B C och D

EN ÄMNESDIDAKTISK TEORI FÖR OCH LÄRANDE AV GEOMETRISK OPTIK

Vi sammanfattar det som sagts i inledningen och i del 1 i form av en ämnesdidaktisk teori för undervisning och lärande av geometrisk optik. Den består av allmänna aspekter, aspekter som gäller naturvetenskap och domänspecifika aspekter.

Om följande beaktas i undervisningen gynnas lärande med förståelse:

Allmänna aspekter

1. Läraren ser sig som en aktiv bärare av den naturvetenskapliga kulturen, som introducerar begrepp, ger naturvetenskapliga förklaringar, arrangerar situationer för begreppsanvändning m.m.
2. Läraren är väl insatt i vanliga alternativa idéer (vardagsföreställningar) inom ett givet område och vad dessa betyder för undervisningen. Dessa idéer görs på lämpligt sätt till undervisningsinnehåll.
3. Läraren skapar ett tillåtande klassrumsklimat där eleverna på ett positivt sätt kan dela med sig av sina idéer och funderingar. Det är dessa snarare än elever eller elever och lärare som möts i diskussionerna.
4. Djuplärande uppmuntras. Tecken på djuplärande kan t.ex. vara att eleven
 - 'vrider och vänder' på det nya kunnandet (transformation i stället för memorering)
 - ställer frågor och framkastar idéer
 - kopplar ihop nytt kunnande med befintligt
 - använder kunnande som verktyg för att se sin omvärld med nya ögon
 - diskuterar det nya med kamrater och andra
 - antar utmaningar (t.ex. problem)
5. Eleverna ges olika möjligheter att 'tala naturvetenskap' och att 'skriva naturvetenskap': monologer, dialoger, diskussioner, problemlösning i grupp, rapporter från individer och grupper, dagböcker, experimentredogörelser.
6. Läraren utgår inte från att eleven är motiverad utan arbetar för att skapa intresse och motivation.
7. Formativ utvärdering används på ett varierat sätt av både lärare och elever i syfte att förbättra undervisning och lärande

Aspekter som gäller naturvetenskap

1. Tid och omsorg ägnas åt ett områdes grundbegrepp.
2. Då undervisningsinnehållet är en naturvetenskaplig teori klargörs karaktären av en sådan. Den är hypotetisk till sin natur, kan förklara och förutsäga, prövas med experiment och iakttagelser, kan ej verifieras så till den grad att den kan betraktas som en absolut sanning, ger en sammanhållande förståelse av många fenomen.
3. Skillnaden mellan en vetenskaplig teori och tro behandlas
4. Eleverna bjuds in till att pröva naturvetenskapens sätt att förklara fenomen i världen. Deras eget sätt att förstå världen bemöts med respekt.

5. Elevena erbjuds många tillfällen att själva använda en given teorin som ett tankeverktyg.
6. Undervisningen planeras och genomförs så att teorin som en integrerande 'röd tråd' framträder.

Domänspecifika aspekter

1. Från första början skapas behov av optikens nyckelidé, nämligen att ljus existerar och utbreder sig mellan källor och effekter
2. Elevena ges från början möjligheter att använda optikens nyckelidé som ett verktyg för att förklara fenomen i omvärlden, såsom skuggors och belysta ytors storlek och form.
3. Undervisningen klargör att ljus som går mellan källa och effekt inte kan ses.
4. Först efter att optikens nyckelidé har etablerats förklaras seende med att ljus går från det sedda föremålet och in i ögonen.
5. Först efter att optikens nyckelidé har etablerats och seende förklarats introduceras tekniker för att visa ljusets väg, t.ex. att blåsa ut rök eller att låta ljus släpa längs ett papper. Det man då ser är inte ljus som går mellan källa och effekt, utan ljus som reflekteras in i ögonen från rökpartiklar och papper. Om dessa tekniker introduceras från början får eleven lätt intrycket att det går att se ljus som utbreder sig i rummet, dvs. att seende är en separat förmåga som inte beror på att ljus går in i ögonen utan snarare på att ögat tittar, skickar ut blickar mm.
6. Undervisning om olika former av avbildning tar sin utgångspunkt i villkoren för punktformig avbildning, dvs. att om ljus som divergerar från en punkt P1 efter växelverkan med ett optiskt system konvergerar i en punkt P2, så är P2 en bild av P1, och motsvarande sats för virtuella bilder. Först efter detta introduceras geometriska tekniker för bildkonstruktion.

De f undervisningsförslag som nu följer i del 2 t.o.m 4 är exempel på hur denna ämnesdidaktiska teori kan tillämpas. Vi hoppas att förslagen stimulerar läsarens fantasi och leder till praktisk prövning. Detta kan i sin tur ge upphov både till revidering av teorin och till nya idéer om lektioner, elevuppgifter och annat. Vi ser alltså både teorin och våra tillämpningsförslag som verktyg för fortsatt kunskapsbygge, inte som 'recept' för undervisning.

DEL 2

*UNDERVISNINGSFÖRSLAG –
LJUSET GÅR RAKT OCH KAN
REFLEKTERAS*

Undervisningsförslagen i del 2 innehåller följande komponenter:

- utkast till lektioner
- ett diagnostiskt test
- en problemsamling
- elevtexten 'Ludvig, Lisa och Ljuset'

De inledande lektionerna går ut på att skapa behov av idén att ljuskällor sänder ut ljus längs räta linjer. När denna idé har introducerats används den för att förstå bl.a. skuggors uppkomst och form. Härfter behandlas ljusets reflexion och ett viktigt villkor för seende, nämligen att ljus från det sedda föremålet går in i ögonen. Vi bedömer att en stor del av innehållet i del 2 kan undervisas i skolår 5. Del 2 kan också vara en lämplig introduktion till geometrisk optik i grundskolans senare del.

10

OM LJUS OCH STRÅLAR

I kapitel 4 har vi argumenterat för att den geometriska optikens teoretiska kärna är föreställningen om ljusets linjära utbredning. I kapitel 5 har vi redogjort för undersökningar som visar att denna föreställning i många situationer inte används av elever i åldern 10-15 år för att svara på frågor och lösa problem. Detta gäller såväl före som efter undervisning. Vår slutsats är att den första optikundervisningen bör inriktas på att omsorgsfullt hjälpa eleverna att bygga upp och börja använda idén om att ljuset utbreder sig längs räta linjer.

Vissa vardagliga iakttagelser kan ge intrycket att det går att se ljus som utbreder sig i rummet från en källa. Exempel är ljuskägglan från strålkastaren i en rökig lokal, belysta stråk på himlen då solen skiner genom en glugg i molnen och ljusstrimman som utgår från ett kvisthål i en vägg. Men om ljus går från A till B och man står bredvid förbindelselinjen mellan dessa punkter så kan man inte se detta ljus. För att ljus skall registreras av oss måste det komma in till näthinnan. Det som syns i de tre exemplen är partiklar i luften, mot vilka ljus reflekteras in i våra ögon.

Ljusets utbredning beskrivs med hjälp av strålar. Till skillnad från ljuset är dessa strålar inga fysiska objekt. De är tankeverktyg som vi använder för att förstå och förklara optiska fenomen.

Det kan vara frestande att tidigt i undervisningen åskådliggöra ljusets väg med traditionella metoder, t. ex. kritdamm för att visa ljuskäglan från en ficklampa eller släpljus över ett vitt papper från en belyst spalt. Men som framgått av kapitel 4 kan man inte vänta sig att eleverna förstår att vad de ser är partiklar respektive papper som reflekterar ljus in i våra ögon. Eleverna är snarare benägna att tänka sig att de faktiskt ser det ljus som utbreder sig från den aktuella källan. Vi har därför valt att introducera idén om ljus som färdas längs räta linjer som en tankemodell för att förklara effekter såsom skuggors och belysta ytors storlek och form. Eleverna får använda sin fantasi för att föreställa sig strålar som visar hur ljuset går, och de får uttrycka sina tankar genom att rita dessa strålar. Inget kritdamm och inget släpljus – ännu. Så följer lektioner om ljusets reflexion i samma anda och sedan behandlas ett nödvändigt villkor för seende, nämligen att för att ses måste ljus från ett givet objekt komma in till näthinnan.

Först efter allt detta åskådliggörs ljusets utbredning med traditionella metoder, såsom damm och släpljus. Förhoppningsvis har eleverna nu förutsättningar att förstå vad de ser och av detta dra slutsatser om det ljus som de inte ser.

11

HUR RESONERAR ELEVERNA OM LÄNKEN MELLAN LJUSKÄLLA OCH EFFEKT?

Diagnos

Någon eller några dagar före undervisningen i optik kan det vara lämpligt att genomföra en diagnos som handlar om ljus, skuggor och seende. En sådan finns som bilaga 1 till denna rapport. Den är också tillgänglig på webbadressen

<http://na-serv.did.gu.se/diagnos/diagnos.html>

Diagnosen är exempel på en metod att ta reda på vilket utgångsläge en viss klass har innan undervisningen, eller vilken kunskapsstatus klassen har vid ett visst tillfälle under pågående undervisning. Det är med andra ord fråga om ett instrument för formativ utvärdering, dvs. en utvärdering som används för att forma undervisningen när den pågår.¹

De följande lektionsförslagen utgår från en på basis av forskningsresultat förväntad svarsbild avseende nämnda diagnos. Denna bild varierar förmodligen mellan olika grupper och det behövs naturligtvis en lärare som reflekterar och gör aktiva val tillsammans med sina elever i förhållande till förslagen för att dessa skall kunna fungera bra. De skall alltså inte tolkas som recept som måste följas utan snarare som något att reflektera över och göra val utifrån.

Två problem att lösa i mindre grupp

Undervisningen inleds med två problem, som kan lösas med hjälp av idén att en ljuskälla sänder ut ljus längs raka linjer. Förhoppningen är att tänkande och diskussion angående de två problemen skapar behov av denna idé och att eleverna är mogna för att med lärarens hjälp börja bygga upp den.

Eleverna kan delas in i grupper om fyra. Varje grupp får i uppgift att lösa de två problemen. Gruppen skall formulera ett gemensamt skriftligt svar. Form för redovisning kan lärare och elever välja tillsammans.

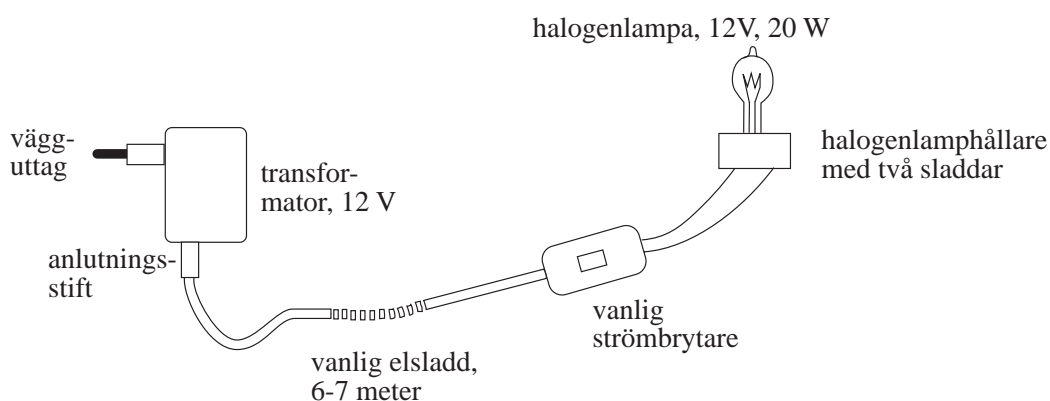
Problem 1

Mörklägg klassrummet och placera en liten lampa utan skärm centralt i klassrummet. (Ett alternativ är att ha ett stearinljus som ljuskälla. I så fall måste rummet vara väl mörklagt.) Förse eleverna med några olika föremål som de kan skapa skuggor med mot rummets olika väggar (man kan också använda händer och andra delar på kroppen). Eventuellt kan man be eleverna att för en kort stund stå helt stilla och sedan förflytta ljuskällan under det att skuggorna studeras.

Eleverna ombeds därefter förklara hur skuggorna uppstår. Beroende på hur bra arbetet går kan de också fundera på följande frågeställningar:

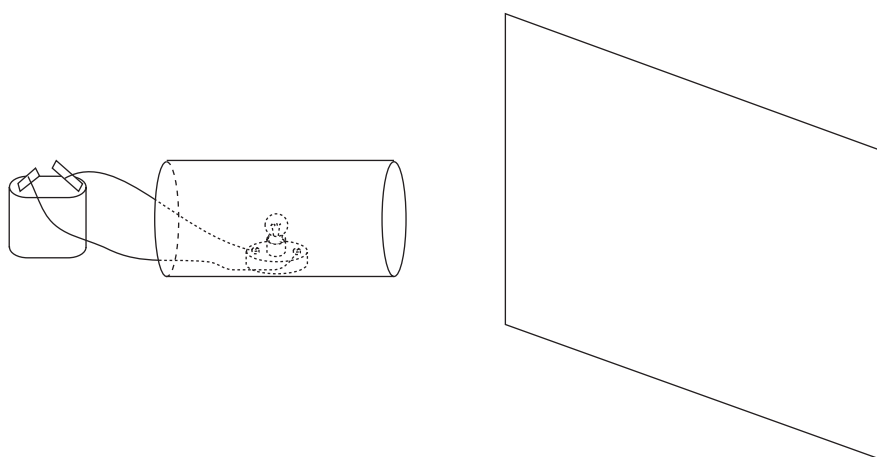
- Varför varierar storleken på skuggan om man flyttar sig närmare eller längre ifrån lampan?
- Finns det någon metod för att förklara form och storlek på skuggan?
- Kan man förutsäga form och storlek på skuggan före det att man skapar en skugga?

Förutom stearinljus har vi som ljuskälla prövat en halogenlampa enligt figur 11.1. Lampan lyser starkt och ger ganska skarpa skuggor. Materielen i figuren kan köpas i en välsorterad el-affär. Sladdarna som ingår i lamphållaren är tämligen stela. Man kan tejpa fast dem vid t.ex. en liten trästav (såsom en gammaldags blyertspenna), vilket underlättar att hålla och placera lampan i önskade lägen.



Figur 11.1. Materiel för att driva en halogenlampa.

Problem 2



Figur 11.2. Vad kommer man att se på väggen då glödlampan tänds?

En liten glödlampa placeras så som figur 11.2 visar inuti en pappcylinder. Lampglaset är klart (som fönsterglas). Glödtråden är liten och lyser starkt då strömmen är på. Anordningen hålls framför en ljus vägg eller en vit pappskiva.

- A. Vad kommer du att se på väggen/pappskivan om du tänder lampan?
Förklaring?
- B. Vad kommer du att se på väggen/pappskivan om du drar den tända lampan
åt vänster inuti cylindern? Om du skjuter den åt höger? Förklaring?

Det gäller att tänka efter först, och att diskutera olika förutsägelser. Härefter gör eleverna sina experiment. Viss mörkläggningsförhöjning i salen förhöjer som sagt det visuella utbytet – här, liksom när det gäller övriga experiment i denna handledning. Experimentresultaten kan ge upphov till ytterligare diskussioner och kanske nya förklaringar.

Anmärkning

Den materiel som beskrivs i uppgift 2 består av ett vanligt 4,5-voltsbatteri och en glödlampa dimensionerad för 4 volt. Dessa komponenter, samt lamphållare och kablar kan köpas hos Clas Ohlson (<http://www.clasohlson.se/>). Artikelnumren är följande (november 2003):

4,5V batterier	3R12, 4,5 V	nr 32-7037
4V glödlampor		nr 22-2077
lamphållare		nr 22-2093
plastisolerad enkelledare		nr 49-126-35

Pappcylindern kan vara en toapappersrulle. Mörkläggningsförhöjning förhöjer utbytet av experimentet.

Om skolan har tillgång till optiska bänkar med punktformig ljuskälla, som kan flyttas ut och in i en metallcylinder, kan denna utrustning med fördel komma till användning för att ställa problem 2 och i ett senare skede göra experiment.

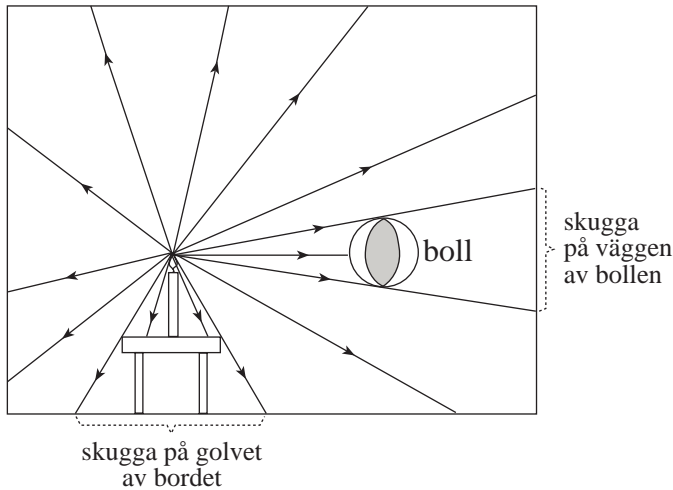
12

TEORIN ATT LJUS UTBREDER SIG LÄNGS RÄTA LINJER INTRODUCERAS

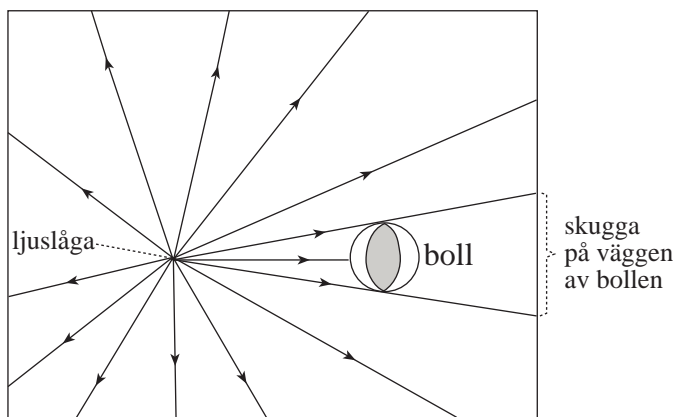
Efter det att eleverna gjort sina redovisningar poängteras att den idé som används i fysiken för att lösa problemen de arbetat med är att ljus är något som går längs raka linjer. Dessa linjer kallas strålar. Man kan varken se ljuset eller strålarna som visar hur de går, utan får använda fantasin för att föreställa sig detta.

Idén om ljus som går rakt är en första teori om ljuset. Den skall nu användas i olika sammanhang för att förstå det som iakttas, liksom för att göra förutsägelser.

Det är viktigt för förståelsen att man använder lämpliga sätt att rita olika experimentsituationer och de strålar längs vilka ljuset går. När det gäller halogenlampan, alternativt stearinljuset, kan man se rummet från sidan som i figur 12.1, eller uppifrån, som i figur 12.2.

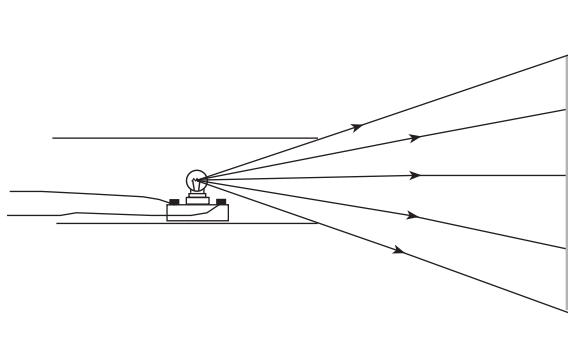


Figur 12.1. Förklaring av hur ett stearinljus ger upphov till en skugga av en boll på väggen i ett rum, som ses från sidan.

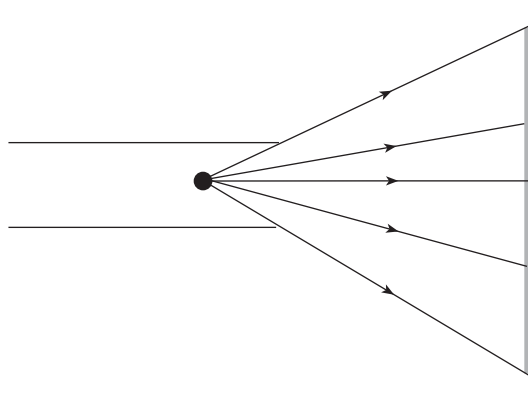


Figur 12.2. Förklaring av hur ett stearinljus ger upphov till en skugga av en boll på väggen i ett rum, som ses rakt uppifrån.

Angående lampan i cylindern kan det kanske förenkla om man övergår till en tvådimensionell bild. Ytterligare en förenkling kan vara att bara markera lampans glödtråd med en punkt.



Figur 12.3. Förklaring av varför det blir en rund ljusfläck på skärmen/väggen.



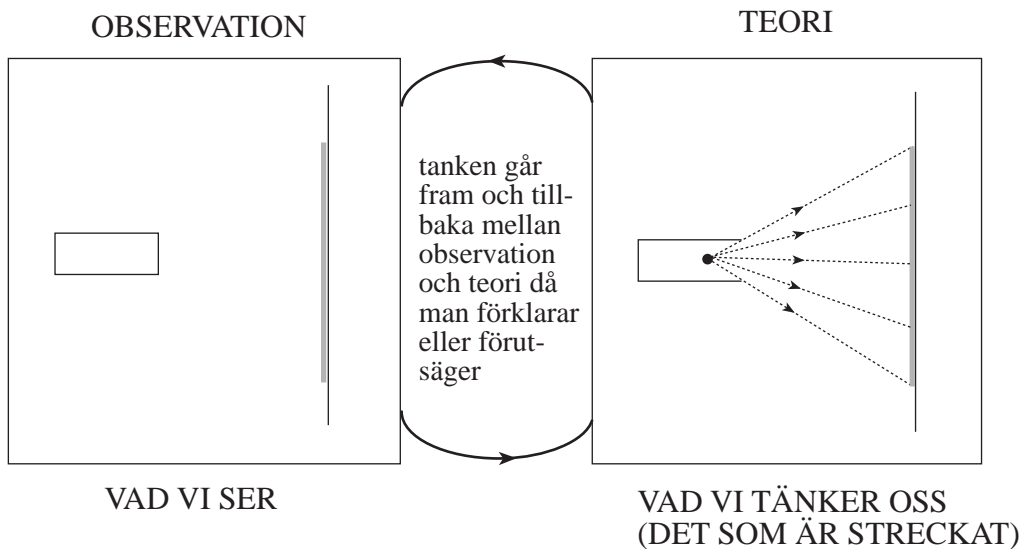
Figur 12.4. Förklaring av varför ljusfläcken blir större då lampan flyttas närmare cylinderns ena öppning.

Det är inte självklart hur eleverna uppfattar teckningar liknande 12.1 t.o.m. 12.4. Ta figur 12.3 som exempel. Kan de relatera den till den tredimensionella världen? Förstår de att man på den verkliga skärmen/väggen kommer att se en belyst cirkulär yta? Läraren kan behöva diskutera hur bilden förhåller sig till den tredimensionella världen och kanske med en kniv antyda hur tvärsnittet är lagt genom den verkliga papprollen.

På <http://na-serv.did.gu.se/optik/utbredning/> kan man se en kort film om ljusets utbredning från en låga.

Teori och observation

Det kan vara på sin plats att poängtera skillnaden mellan VAD VI SER och VAD VI FÖRESTÄLLER OSS. Se figur 12.5! Men teori och observation hänger också ihop. Det man ser beror av tidigare erfarenheter och den föreställningsvärld man byggt upp. Det är därför inte självklart att elever och lärare ser samma saker. Av det skälet är det önskvärt att diskutera med eleverna om vad de ser och försöka nå konsensus om vilka iakttagelser det är som skall förklaras.



Figur 12.5. Teori och observation.

Det sätt på vilket teorin om ljusets utbredning nu introducerats är ett första steg mot att förstå ljuset och dess egenskaper. Det finns en hel del frågor som inte behandlats: Hur uppstår ljuset i källan? Finns det ett förråd av ljus i lampan, eller skapas det ljus hela tiden? Vad händer med ljuset när det har träffat skärmen/väggen respektive insidan av cylindern? Den sista av dessa frågor kommer att delvis behandlas senare i denna handledning, de två andra ligger utanför ramen för geometrisk optik.

13 TEORIN ANVÄNDS – SKUGGOR

Tanken med detta avsnitt är att eleverna skall tillämpa idén om att ljus utbreder sig längs räta linjer för att förklara skuggors storlek och form. För att få tydliga skuggor och en relativt enkel tillämpning används en punktformig ljuskälla. Materialet som visas i figur 11.2 kan användas. Optiska bänkar med punktformig ljuskälla som kan flyttas ut och in i en metallcylinder går också bra.

Avsnittet innebär även en övning i rumsligt tänkande (projektioner, snitt lagda genom objekt m.m.).

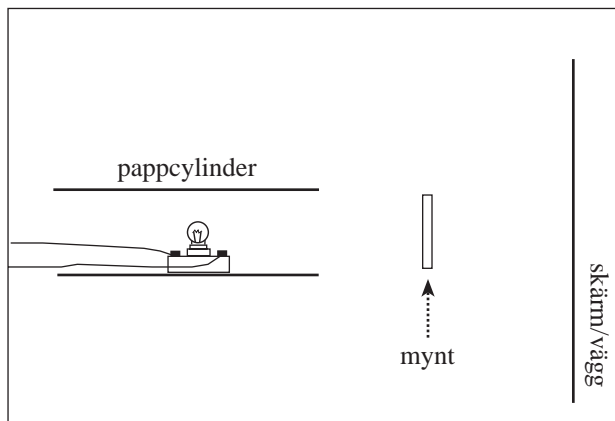
Följande instruktioner kan ges till eleverna:

TÄNK FÖRST UT VAD SOM KOMMER ATT HÄNDA MED HJÄLP AV TEORIN OM LJUSET SOM GÅR RAKT. RITA STRÅLAR SOM VISAR HUR LJUSET GÅR !

UTFÖR SEDAN EXPERIMENTET

Uppgift 1

Ett mynt placeras framför cylindern med lampa i som figuren visar. Vad kommer man att se på skärmen/väggen då lampan slås på? (Kanske du behöver titta på ett mynt från sidan för att bli övertygad om att myntet då ser ut som en smal rektangel.)



Figur 13.1. Vad ser man på skärmen/väggen då lampan slås på?

Blir det någon förändring på skärmen/väggen om man flyttar myntet närmare lampan? I så fall vilken? (Avståndet mellan lampa och skärm ändras inte.)

Blir det någon förändring på skärmen/väggen om man flyttar myntet längre från lampan, dvs. närmare skärmen/väggen? I så fall vilken? (Avståndet mellan lampa och skärm/vägg ändras inte.)

Var skall man placera myntet så att skuggan får

- a) dubbla diametern
 - b) tredubbla diametern
- jämfört med myntet?

Rita bilder som förklarar myntets placering och skuggans storlek!

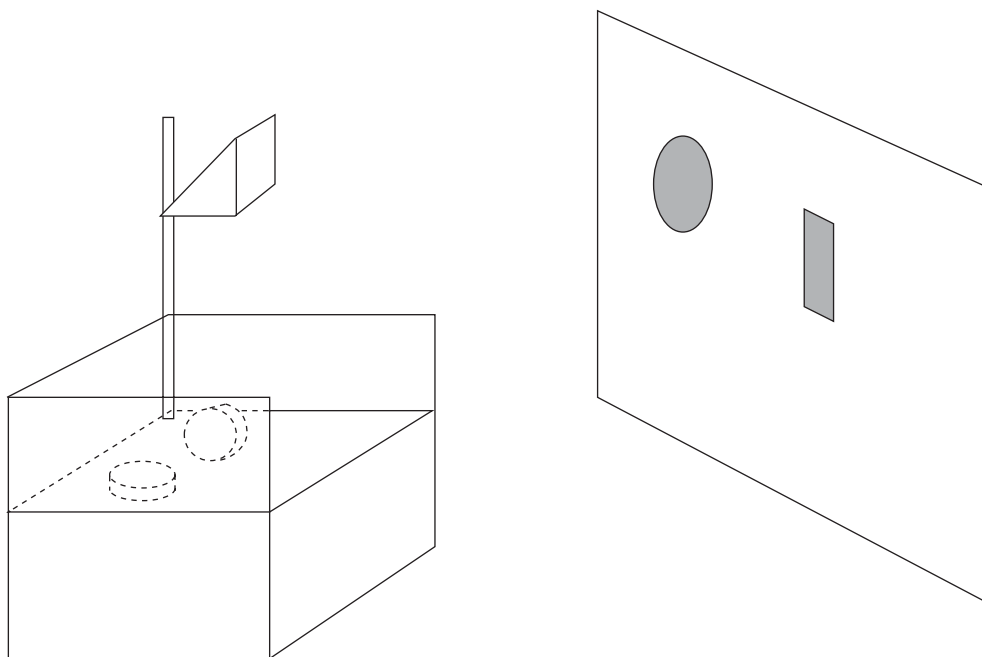
Uppgift 2

Kanske du tycker det är intressant att göra skuggfigurer med hjälp av händerna. Pröva gärna detta. Lös sedan följande problem:

- a) Håll en hockey puck framför lampan så att man ser en rektangel på skärmen/väggen.
- b) Håll en rund pinne framför lampan så att man ser en cirkel på skärmen/väggen.
- c) Håll en kub framför lampan så att man ser en sexhörning på skärmen/väggen.
- d) Håll en strut (kon) framför lampan så att man ser en triangel respektive en cirkel på skärmen/väggen.
- e) Håll en ring så att man ser en rektangel.
- f) Håll ett mynt så att man ser en ellips.

Man kan t.ex. hålla föremålen med en pincett eller liknande. Då skymms de inte så mycket som av handen.

En annan övning är att skärma av en overheadprojektor så som figuren 13.2 visar. Det ger möjlighet att placera föremål på projektorn utan att dessa syns för åskådarna. Den som står vid projektorn placerar ett föremål så att två olika projektioner visas på duken. Åskådarna skall räkna ut vilket föremål som döljer sig bakom avskärmningen. Man kan göra två visningar efter varandra. Har man dubbel upplaga av föremålet kan man visa två projektioner samtidigt - se figur 13.2.



Figur 13.2. Två olika projektioner av en hockey puck.

Kunskapsbasen

Man kan läsa om ljusets utbredning och elevernas förståelse av detta i kapitel 7.

Problemsamlingen

Om problemsamlingen ännu inte har använts finns det en hel del uppgifter att lösa, närmare bestämt 1 t.o.m. 10. Läraren kan välja att använda några uppgifter som diagnos på förståelse, t. ex. 1 eller 2. Andra kan diskuteras av eleverna i smågrupper eller bearbetas enskilt.

Ludvig, Lisa och Ljuset

Eleverna kan läsa avsnitt 1, kallat 'Hur kan man lära sig bättre', liksom avsnitt 2 med rubriken 'Ljuset och den suddiga skuggan'. Båda texterna ger förhoppningsvis upphov till intressanta diskussioner.

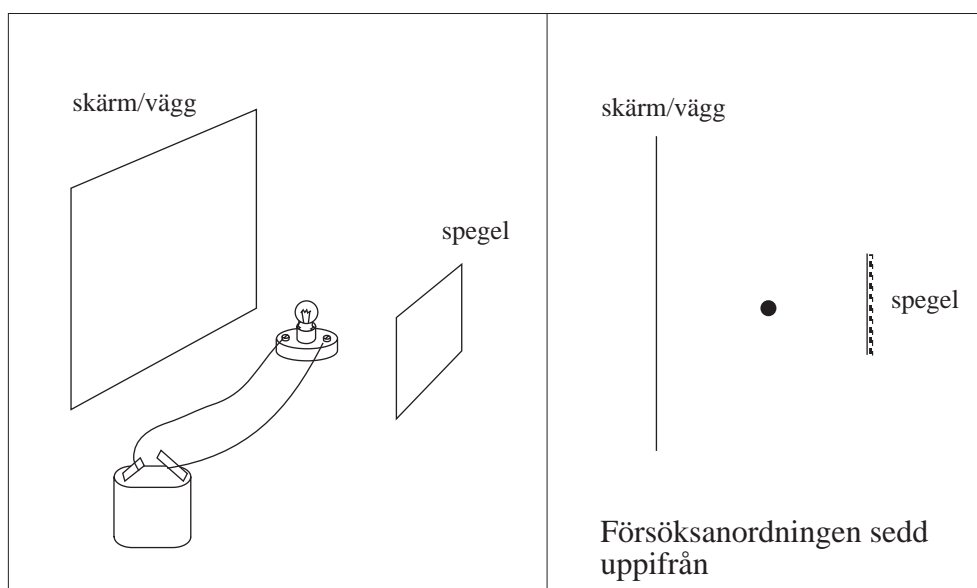
Månens faser

I problemsamlingen finns 8 uppgifter om månens faser. Dessa kan användas som en astronomisk tillämpning av ljusets rätlinjiga utbredning. Men för att uppgifterna skall vara meningsfulla för eleverna behöver de undervisning om jorden och månen och kanske också en orientering om planetsystemet.

TEORIN OM LJUSET UTVECKLAS – REFLEXION

Arrangera en lampa och en spegel i förhållande till en vägg eller en ljus skärm så som figur 14.1, vänstra delen, visar. Lampan och spegeln hålls en bit ovanför golvet. Gå igenom med eleverna hur man kan rita denna försöksanordning sedd från sidan (eller uppifrån) – se figur 14.1, högra delen.

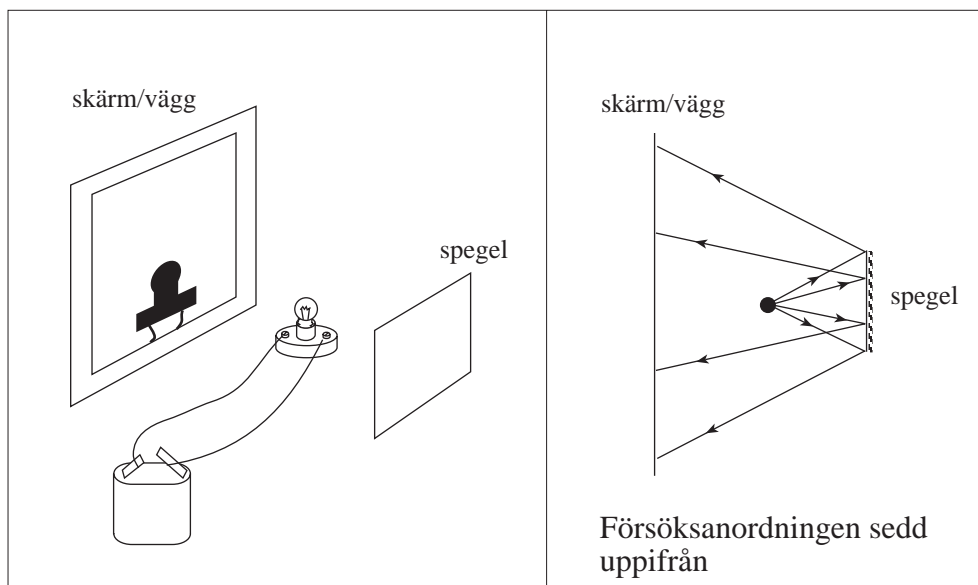
Be eleverna tänka ut vad man kommer att se på väggen/skärmen då lampan slås på. Efter att ha formulerat några hypoteser får de de materiell för att testa sina idéer. Använd gärna fickspeglar av olika form (rektangulära och runda)



Figur 14.1. Vad ser man på skärmen/väggen om lampan tänds?

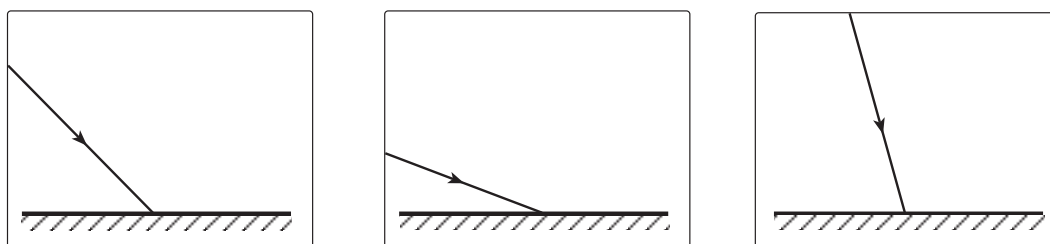
Experimenten kommer att visa, att en rektangulär spegel resulterar i att man ser ett ljust, rektangulärt fält på väggen. En rund spegel ger ett runt, ljust fält. I båda fallen är de ljusa fälten större än motsvarande spegel. Man ser också en skugga av lampan.

Förhoppningsvis leder diskussionerna och experimenten till att eleverna börjar tala om att ljus återkastas eller 'reflekteras' av spegeln. Den högra delen av figur 14.2 antyder en förklaringen till hur det ljusa fältet uppstår och varför det blir större än spegeln. Skuggan av lampan på väggen orsakas av att en del av det reflekterade ljuset stoppas av lampan.



Figur 14.2. Experiment med spegel och lampa.

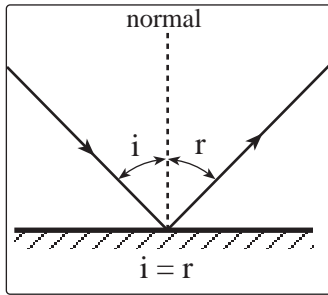
Fråga eleverna vad de tänker om hur ett smalt flöde av ljus, som representeras av en enda stråle, påverkas av en spegel. Fortsätter det? Hur i så fall? Hur fortsätter det t. ex. ljuset i de tre fall som visas i figur 14.3?



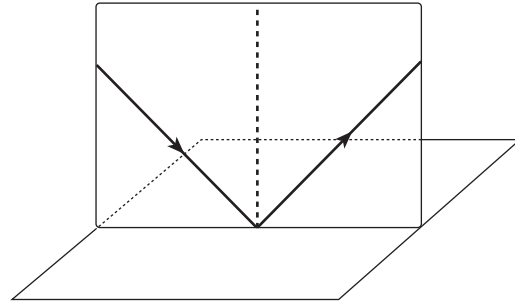
Figur 14.3. Hur fortsätter ljuset efter reflexion i spegeln?

Eleverna har troligen en intuitiv känsla för 'reflexionslagen'. Därför vinner man nog inte så mycket genom att låta dem mäta sig till denna lag. Låt dem först försöka formulera den med egna ord och inför sedan begreppen normal samt infallsvinkel (i) och reflexionsvinkel (r). Det gäller att $i=r$. Se figur 14.4!

Det kan framhållas att den infallande strålen, normalen och den reflekterade strålen ligger i samma plan – se figur 14.5.



Figur 14.4. Illustration av att $i=r$.



Figur 14.5. De båda strålarna som visar ljusets reflexion, ligger i samma plan.

Till slut kan det vara dags att hjälpa eleverna med en sammanfattning. Teorin om ljuset innehåller nu följande:

VÅR TEORI OM LJUSET

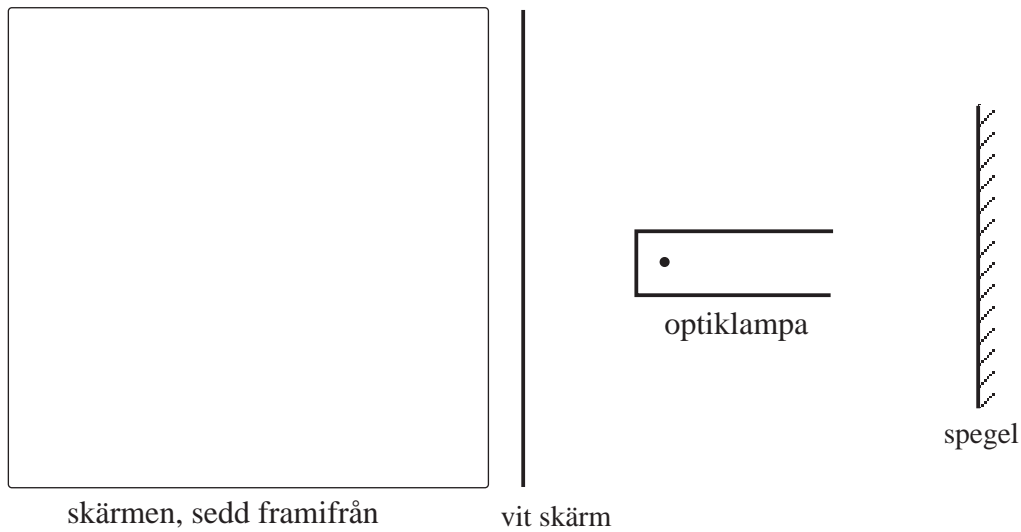
1. Från varje punkt på en ljuskälla går det ljus åt alla håll
2. Ljuset går längs räta linjer, som kallas strålar
3. Ljus kan reflekteras. Infallsvinkeln är lika med reflexionsvinkeln.

Ett alternativ med optiklampa

För den som har tillgång till en optiklampa med en god punktformighet kan följande problem vara av intresse, kanske som en för eleverna utmanande tillämpning av reflexionslagen.

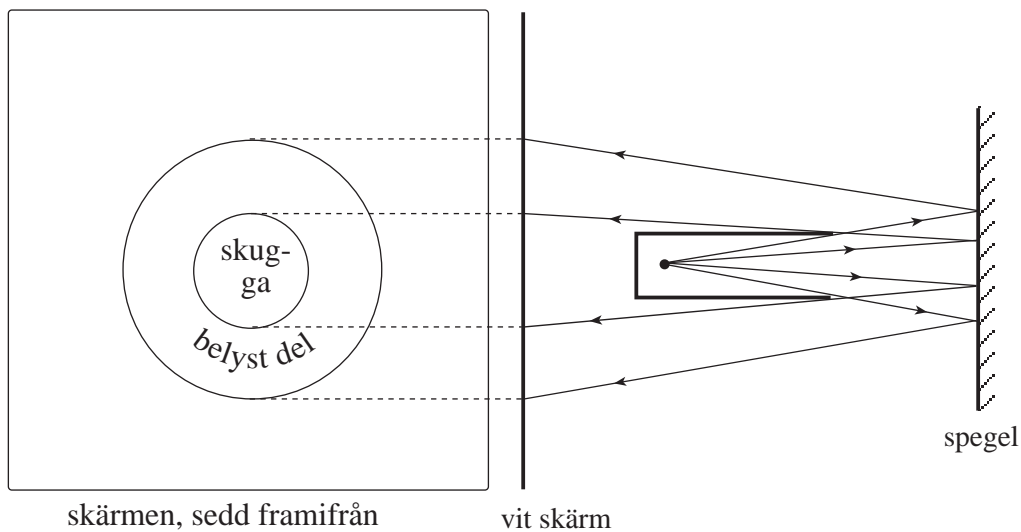
Arrangera en optiklampa (som är släckt), en spegel och en vit skärm så som figur 14.6 visar. Lampan är ganska långt indragen i cylindern. Rita figur 14.6 på tavlan och ge också eleverna var sin kopia. Gå igenom hur figuren är sedd (från sidan) och kommentera hur man markerat vilken yta på spegeln som speglar.

Be eleverna tänka ut om man kommer att se något på skärmen då lampan slås på. I så fall vad. De diskuterar en stund, exempelvis i grupper om fyra, och lämnar in ett svar, som de ritat och skrivit.



Figur 14.6. Experiment med spegel och optiklampa.

Låt eleverna redovisa sina tankar grupp för grupp. Kanske kan de tillsammans komma fram till att det som kommer att synas på skärmen är en belyst ring. Se figur 14.7. Det är relativt vanligt att eleverna tänker sig skuggan som en förlängning av cylindern. (De styrs av lampans geometri snarare än av ljusets egenskaper, dvs. dess linjära utbredning och reflexion enligt $i=r$.) Då man genomför experimentet kan man konstatera att detta inte stämmer med verkligheten. Skuggan visar sig nämligen vara större än lampcylinderns öppning. Den högra delen av figur 14.7 förklarar förhoppningsvis detta.



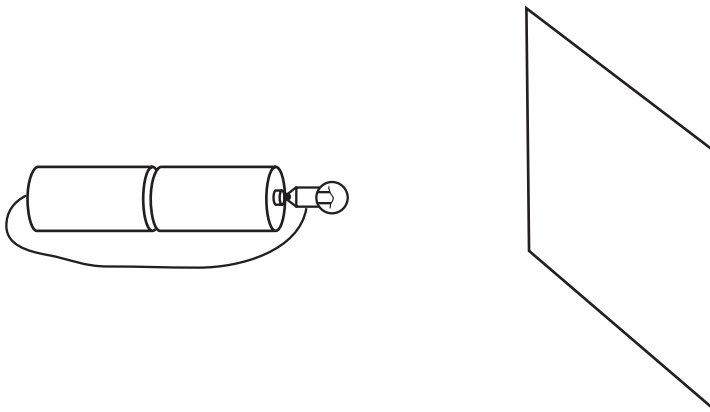
Figur 14.7. Förklaring av ljusfläckens storlek och form.

15 *FICKLAMPAN*

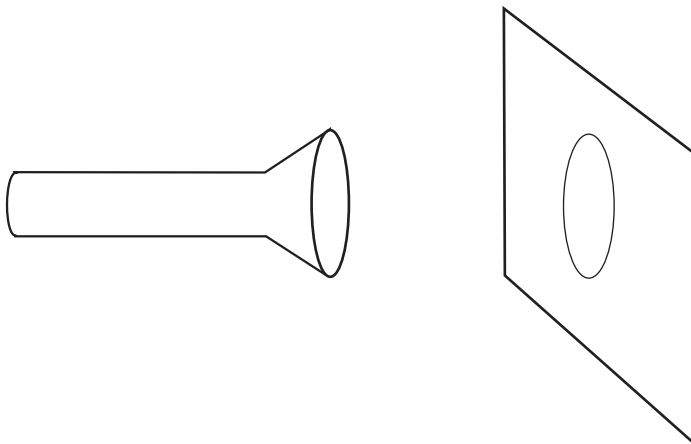
Introducera följande problem för klassen:

Då man 'riktar' systemet 'batterier-lampa' mot en vägg i klassrummet syns inget speciellt. Se figur 15.1. Kanske blir väggen lite ljusare.

Men om man sätter in de två batterierna samt glödlampen i en ficklampa så ser man en tydlig och begränsad ljusfläck på väggen – se figur 15.2. Hur kan detta komma sig?



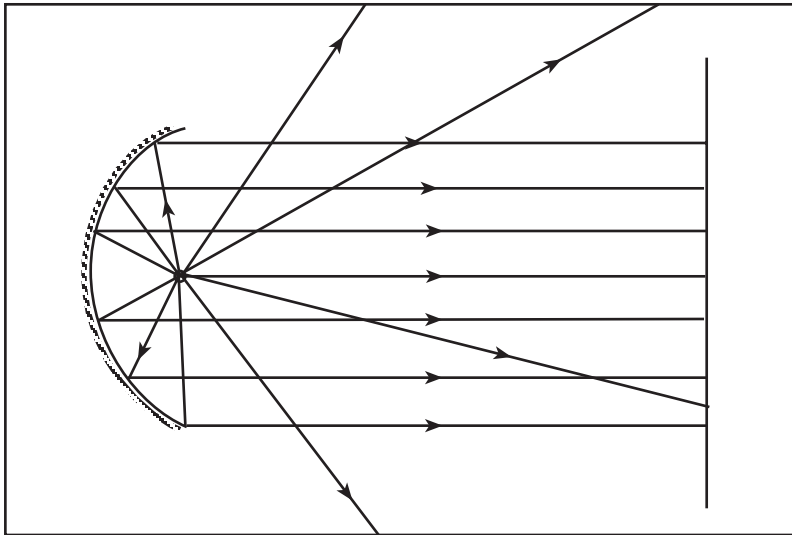
Figur 15.1. En glödlampa belyser en skärm/vägg.



Figur 15.2. En ficklampa belyser en skärm/vägg.

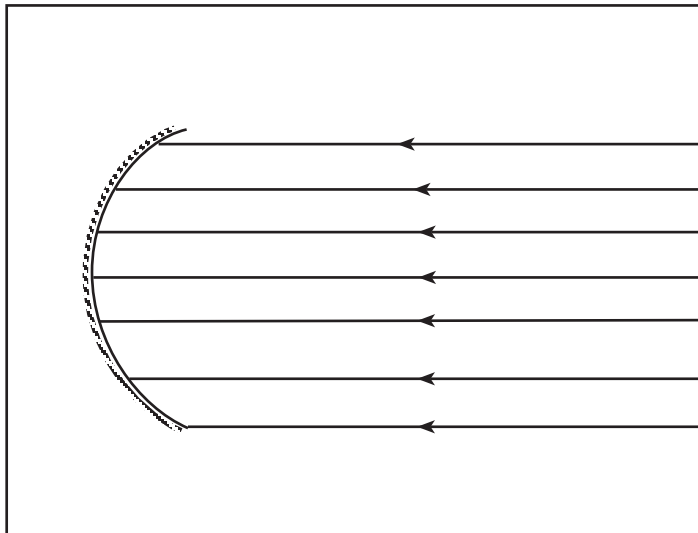
Eleverna diskuterar i grupp för att komma fram till en förklaring. De har då tillgång till en ficklampa liknade den i figuren. De skall redovisa förklaringen med hjälp av bild och text så att andra förstår vad de menar.

Förhoppningsvis kommer eleverna fram till att 'reflektorn', dvs. den buktiga spegeln i ficklampan, gör att ljus som annars skulle spridas ut reflekteras så att det blir en koncentrerad ljusfläck på skärmen/väggen. De parallella strålarna i figur 15.3 visar det reflekterade ljusets väg



Figur 15.3. Ljusets väg före och efter reflexion i en buktig speglade yta.

Kanske är eleverna roade av att spekulera över hur ljus fortsätter om det kommer in mot den buktiga spegeln, så som strålarna i figur 15.4 visar.



Figur 15.4. Hur fortsätter ljuset?

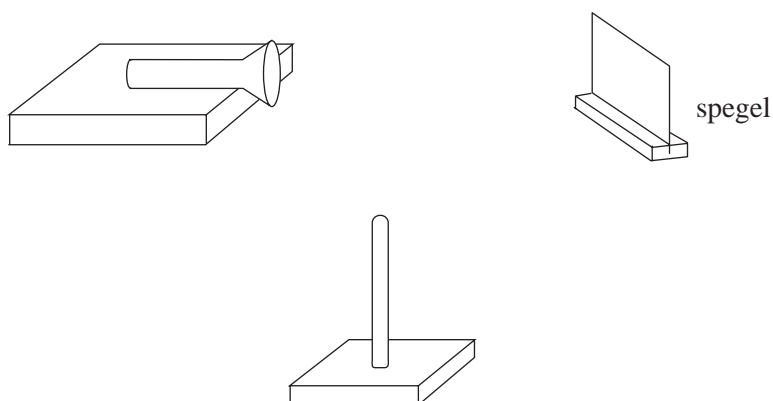
Ljusbiljard

I syfte att ge eleverna övning i att använda idén om att ljusstrålar reflekteras på ett lagbundet sätt och att ljus utbreder sig rätlinjigt kan följande spel prövas.

Man fixerar läget för en ficklampa och en vertikalt placerad pinne. Spelet går ut på att placera en plan, vertikal spegel på ett sådant sätt att det koncentrerade ljuset från ficklampan träffar pinnen. Då spegeln är placerad slås ficklampan på. Blir det bom eller träff? Den som i förväg tillämpar reflexionslagen ($i=r$) för ljusflödet från ficklampan har god chans att träffa. Svårigheten kan ökas genom att man kräver reflexion i två speglar, tre speglar osv. innan träff. Se figur 15.5.

En kollega berättade följande apropå reflexion av ljus i plana speglar:

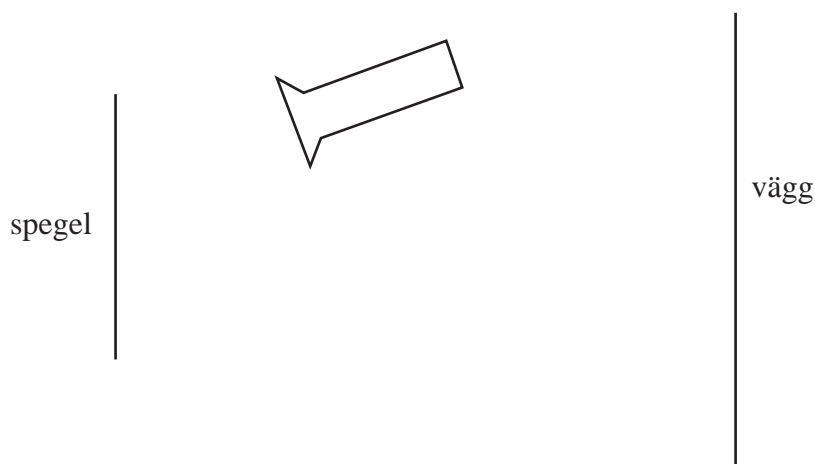
Ett minne från tioårsåldern dyker upp. Vi gjorde solkatter på skolhusets faluröda vägg, vilket var förbjudet. Det jag minns är att jag inte hade något system för att placera solkatten på ett visst ställe. Om jag vred och vände på spegeln blev det till slut en solkatt som jag kunde flytta hit och dit. Men min fantasi frammanade inte ett ljusflöde som gick från solen och reflekterades i spegeln till väggen på ett lagbundet sätt. Detta minne gör att jag anar hur det kan vara att inte ha begrepp om att ljus utbreder sig rätlinjigt och reflekteras enligt $i=r$. Jag ser inte detta som en brist, men väl som en betydande skillnad i omvärldsuppfattning jämfört med nu, då jag vid behov kan tänka med hjälp av denna teori om ljuset.



Figur 15.5. Hur skall spegeln placeras så att pinne blir belyst?

16
REFLEXION I EN MATT YTA

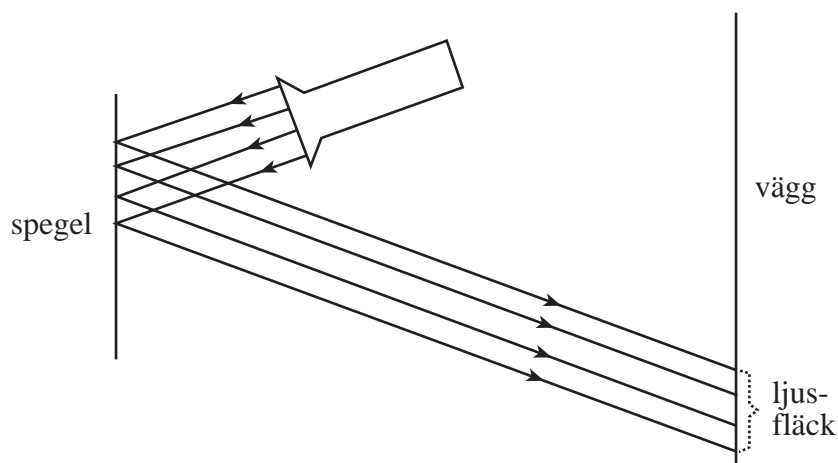
Håll en ficklampa och en spegel så som figur 16.1 visar (Figuren är sedd uppifrån.). Fråga eleverna om man kommer att se något på väggen då ficklampan tänds. I så fall vad, och hur förklarar de sina eventuella förutsägelser? (Se till att vinkla lampan och spegeln så att det inte kommer att bli någon skugga av lampan eller handen på väggen.)



Figur 16.1. Vad ser man på väggen då ficklampan tänds?

Efter diskussion tänds lampan. Man ser då en ljusfläck, under förutsättning att ficklampan inte är i vägen för det reflekterade ljuset.

Figur 16.2 antyder hur man kan förklara detta med hjälp av teorin om ljuset.

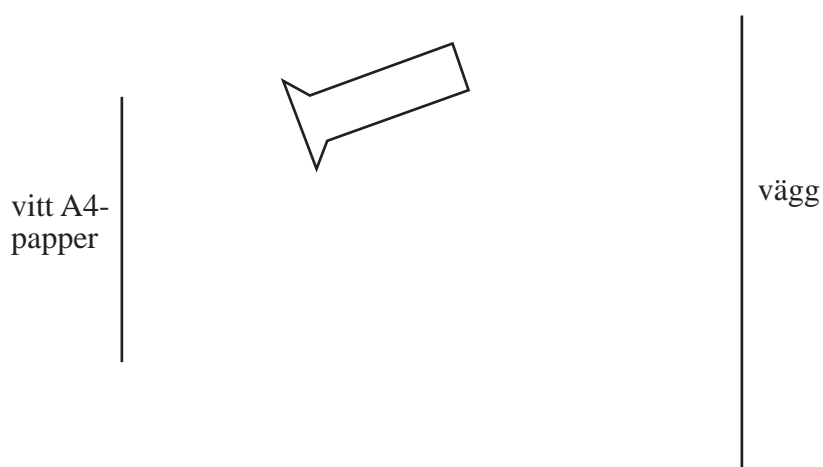


Figur 16.2. Ljusets väg från ficklampa till vägg.

Efter dat att klassen diskuterat denna förklaring ersätts spegeln med ett vitt A4-ark. Se figur 16.3. Arket hålls så att det inte är buktigt. Fråga eleverna om man nu kommer att se något på väggen då ficklampan slås på. I så fall vad? Hur förklarar de sina eventuella förutsägelser?

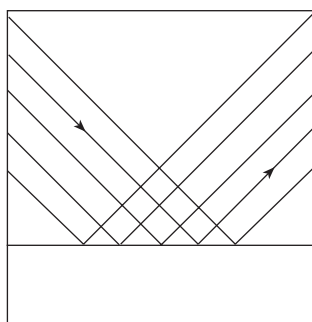
Dessa frågor kan diskuteras i klassen eller i mindre grupper, varefter eleverna själva utför experimentet. A4-pappret prövas i olika lägen i förhållande till väggen. Gjorda iakttagelser kan leda till modifierade förklaringar.

Det man ser då lampan i figur 16.3 tänds, under förutsättning att visst mörker råder i lokalen, är att väggen belyses förhållandevis jämt. Det blir ingen tydlig ljusfläck som i fallet med spegeln. Om man tar bort A4-arket blir väggen påtagligt mörkare. Det är väsentligt att ha lampan riktad så att inget ljus går direkt från lampa till vägg.

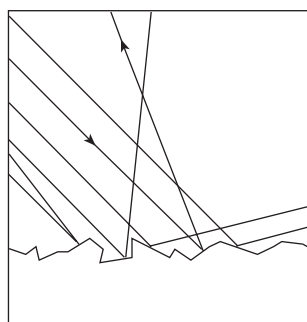


Figur 16.3. Vad ser man på väggen då ficklampan tänds?

En förklaring är att papprets yta är skrovlig vilket framgår vid förstoring. Ljuset som kommer in mot ett mycket litet område reflekteras därför åt alla håll. Man kan säga att från ett mycket litet område (en punkt) på pappret går det ljus åt alla håll.



uppförstorad spegelyta

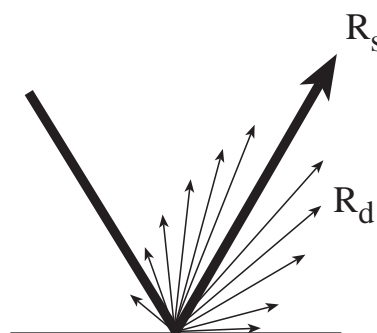


uppförstorad pappersyta

Figur 16.4. Reflexion i spegelyta respektive pappersyta.

I figur 16.4 reflekteras varje stråle med infallsvinkel lika med reflexionsvinkel, men ytan är skrovlig, varför de reflekterade strålarna lämnar ytan i många olika riktningar. Denna förklaring är vanlig i läroböcker och kan användas för att göra troligt att ljuset sprids åt alla håll efter reflexion i en skrovlig yta. Däremot tar denna förklaring inte upp aspekten att ljus går i alla riktning från alla punkter på en skrovlig yta. Nationalencyklopedin beskriver diffus reflexion så här¹:

Diffus reflexion uppkommer då ljus infaller mot en (skrovlig) yta. En andel, R_s reflekteras spekulärt, dvs. med en reflexionsvinkel = infallsvinkeln. Andelen R_d sprids i resten av en halvfär. Dess storlek bestäms av materialets reflexionsförmåga och ytans ojämnhet.

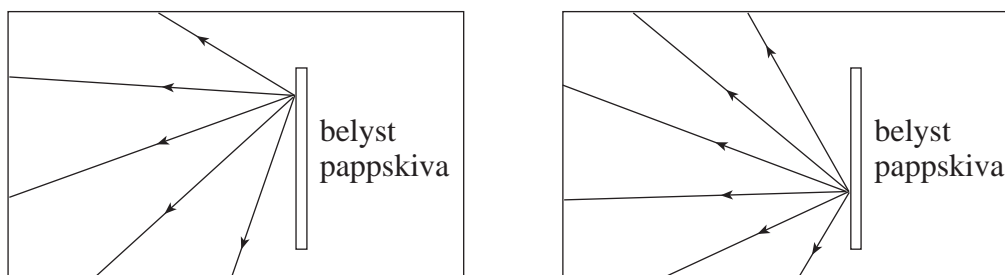


Figur 16.5. Modell av diffus reflexion.

Tidigare har vi haft den lilla glödtråden på en lampa som ljuskälla. Från en punkt på denna utgår ljusstrålar åt alla håll. Något liknande gäller för ett papper, d.v.s. att från en punkt, vilken som helst, på pappret så utgår ljus åt alla håll.

En glödtråd i en lampa är en s.k. primär ljuskälla, dvs. den utsänder eget ljus. Andra exempel på primära ljuskällor är en ljuslåga, solen, en stjärna. Vitt papper är exempel på en sekundär ljuskälla, dvs. den utsänder reflekterat ljus. Alla föremål i ett rum är sekundära ljuskällor.

Det gemensamma för primära och sekundära ljuskällor är att från en punkt, vilken som helst, på dessa utgår ljus åt alla håll. Denna idé är en förutsättning för att förstå att man kan se en given punkt på föremål från alla möjliga håll. Ett nödvändigt villkor för detta är nämligen att ljus från punkten går in i ögat och träffar näthinnan. Idén är också en nödvändig förutsättning för att förstå avbildning, t. ex. med linser. Se t.ex. avsnittet 'Avbildning med positiv lins' i kapitel 7.



Figur 16.6. Från varje punkt på ett belyst vanligt föremål utgår ljus åt alla håll (utom in i föremålet!).

Kunskapsbasen

Det går att läsa om reflexion i kapitel 7.

Problemsamlingen

Uppgifterna 19 t. o. m. 25 handlar om ljusets reflexion i speglar och vanliga ytor.

Ludvig, Lisa och ljuset

Eleverna kan läsa avsnitt 3, kallat 'Mysteriet med spegeln och reflexbrickan'.

17 *LJUS OCH SEENDE*

I vår skildring av ljusets idéhistoria i kapitel 5 har vi poängterat att ljus och seende under lång tid inte var begreppsligt integrerade. Seende betraktades som en särskild förmåga, som inte krävde att ljus kom in i ögat. I kapitel 7 har vi redovisat undersökningar som pekar på att elever i åldern 10-15 år uppfattar seende på samma sätt. Av exempelvis figur 7.3 framgår att ljus enligt eleverna visserligen träffar det föremål som ses, men inte går vidare till ögat, som 'bara ser' eller skickar ut någon slags synstråle.

Vi känner inte till några bra experiment som på ett enkelt och övertygande sätt visar att ett nödvändigt villkor för att se ett föremål är att ljus från detta går in i ögonen. Men kanske detta kan göras troligt med följande resonemang:

1. Om man tittar på solen blir man bländad och det gör ont i ögonen. Detta kan förklaras med att ljus från solen går in i ögonen och påverkar dessa rent fysiskt.
2. Om man tittar på en ljus vägg i starkt solljus blir man bländad. Detta kan förklaras med att solens ljus reflekteras i väggen och går in i ögonen.
3. I förra kapitlet visade vi att ljus från en ficklampa reflekterades i ett vitt papper och efter detta lyste upp en vägg.
4. En fortsättning på 1, 2 och 3 är att tänka sig att alla föremål reflekterar ljus från primära ljuskällor såsom solen och lampor, och att det faktum att vi ser dessa föremål beror på att detta reflekterade ljus går in i våra ögon.

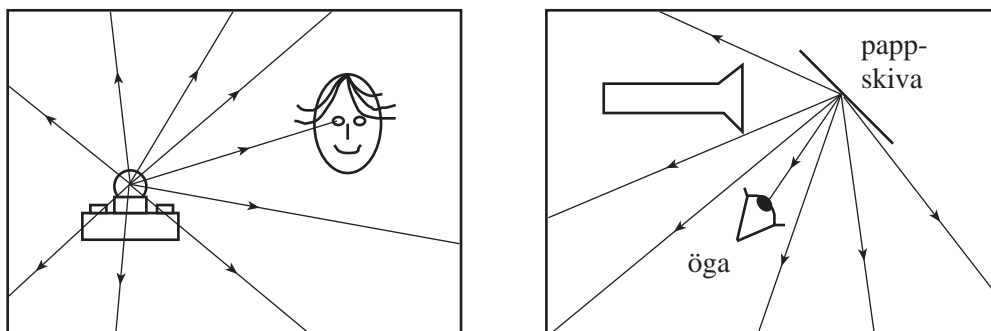
En annan fråga som kan diskuteras är varför vi inte ser föremål i t. ex. en kolmörk skrubbe eller ett skyddsrum. Om ögonen har förmåga att skicka ut blickar eller synstrålar borde de väl kunna se så fort de är öppna? Optikens förklaring är att inget ljus från föremålen kommer in i ögonen.

Ett möjligt experiment

I bilaga 2 ges uppslag till vissa experiment som leder till diskussion om att ljus måste komma in i ögonen för att man skall kunna se ett föremål.

Som en sammanfattning av olika resonemang som förts kan läraren framhålla att varje liten punkt på ett föremål som ses, och som inte är en ljuskälla, utsänder reflekterat ljus åt alla håll. En del av detta reflekterade ljus går in i våra ögon. Vi gör följande tillägg till vår teori om ljuset:

FÖR ATT MAN SKALL SE ETT FÖREMÅL MÅSTE LJUS FRÅN DETTA KOMMA IN I ÖGONEN.



Figur 17.1. För att man skall se ett föremål måste ljus från detta komma in i ögonen.

Kunskapsbasen

Det finns ett relativt omfattande avsnitt om seende i kapitel 7.

Problemsamlingen

Uppgifterna 26 t. o. m. 29 handlar om ljus och seende.

Ludvig, Lisa och Ljuset

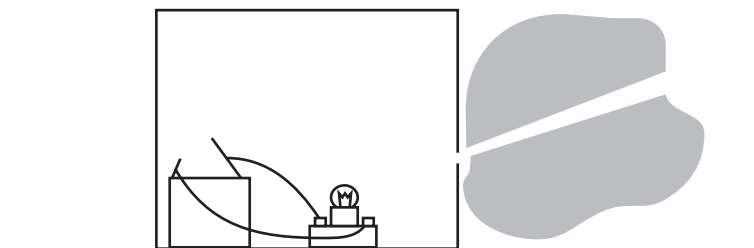
Eleverna kan läsa avsnitt 4, kallat 'Blickar ut eller ljus in?'

18
**ÄR DET LJUSET MAN SER
 DÅ MAN SYNLIGGÖR DESS UTBREDNING?**

Hittills har inga gängse metoder använts för att 'synliggöra' ljusets utbredning. Ett skäl är som nämnts att vi från början vill stimulera eleverna att föreställa sig något som de inte kan se, och att arbeta med idén om strålar som ett tankeverktyg, vars bärkraft provas i ett växelspel med iakttagelser. Ett annat skäl är att vi velat behandla reflexion och en fysikalisk förklaring av seendet innan de nämnda metoderna införs. Detta ger eleverna möjlighet att förstå vad de egentligen ser då de tycker sig iaktta att ljus passerar förbi dem från en punkt till en annan.

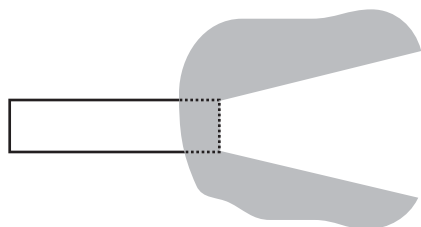
Placera en glödlampa i en papplåda med ett litet hål i ena väggen. Se figur 18.1. Blås rök, rör upp kritdamm eller liknande i ett området utanför hålet. (Rök kan framställas genom att använda rökelse.) Be eleverna beskriva och förklara vad de ser. Fråga om det de ser är ljus som går från lampan och vidare rakt ut genom hålet.

Det man ser i experimentet är ljus som reflekteras mot partiklar i luften och därefter färdas vidare mot våra ögon. Det ger intrycket att man ser en ljusstråle. Men det är endast det ljus som inte passerar förbi ögonen genom luften utan istället reflekteras in i dessa som man ser. Det som passerar förbi ser man inte, eftersom det inte hamnar våra ögon.



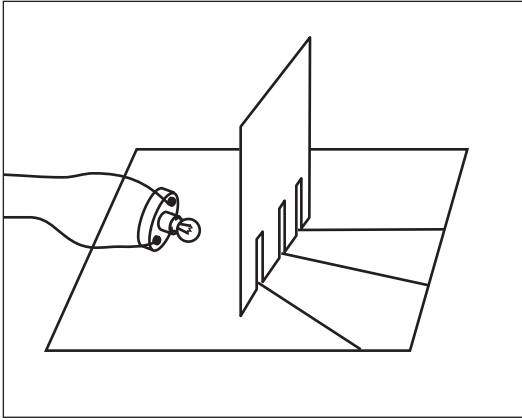
Figur 18.1. Tecken på växelverkan mellan ljus och rökpartiklar i luften.

Om man har tillgång till en optiklampa kan man alstra rök framför den och då se vad som framgår av figur 18.2. Liknande frågor som de nyss nämnda ställs till eleverna och blir föremål för diskussion.



Figur 18.2. Ljus från en optiklampa växelverkar med partiklar i luften

En annan teknik är att låta ljus bestryka en vit yta, t.ex. som i figur 18.3. I stället för en pappskiva med spalter kan man använda en kam.



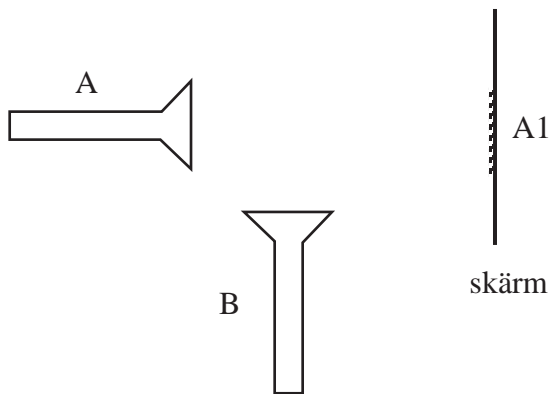
Figur 18.3. Anordning för undersökning av ljusets rätlinjiga utbredning

19 KORSANDE LJUS

En av ljusets märkliga egenskaper är att det kan passera igenom annat ljus utan att det märks något efter mötet. Detta är onekligen bra för vårt seende. Det ljus som går in i våra ögon korsas ju av mycket annat ljus på väg någon annanstans än till våra ögon. Om ljusflödena störde varandra skulle också vårt seende störas.

Ett inslag om den nu nämnda egenskapen hos ljus kan vara motiverat och vi föreslår därför följande (se figur 19.1):

Sätt fast en ficklampa (A) i ett stativ och placera detta så att man ser en tydlig ljusfläck A1 på en vägg eller skärm då lampan är tänd. Håll en ficklampa B (släckt) så som figur 19.1 visar. Fråga t.ex.: 'Om man tänds lampa B, kommer man då att iaktta någon förändring av ljusfläcken på skärm A? (Inget ljus från lampa B får träffa skärmen.)



Figur 19.1. Uppställning för studier av korsande ljus

Man kan variera frågeställningen och t.ex. fråga om det händer något med ljusfläcken om lampa A är svag och lampa B mycket stark.

Ett annat uppslag är följande berättelse:

Lisa och Ludvig har varit på ett föredrag om akvariefiskar som de båda tycker mycket om. Föredragshållaren använde sig av två diaprojektorer för att visa ett bildspel. När hon skulle placera diaprojektorerna visade sig att sladdarna inte räckte till riktigt så hon fick placera projektorerna så att ljuset från dem skulle komma att korsas innan de två projektorerna träffades. Några i publiken blev lite oroliga för att bilderna skulle störas av att ljuset korsades. Ludvig och Lisa funderade på detta ett tag. Vad tror ni de kom fram till? (Denna historia är baserad på en verklig händelse, som en av oss har varit med om.)

20 *LJUSETS HASTIGHET*

Galileis försök att mäta ljusets hastighet

I en av Galileis dialoger säger Simplicio: 'Vanlig erfarenhet säger oss att ljuset utbreder sig omedelbart från en plats till en annan. Om man betraktar en kanon på mycket långt håll så ser man blixten på nolltid, men ljudet dröjer en märkbar stund.'

Sagredo svarar: 'Nåväl, Simplicio, den enda slutsats jag kan dra av denna välkända erfarenhet är att ljudet går långsammare än ljuset. Jag får inte reda på om ljuset går oändligt fort eller om det, ehuru synnerligen snabbt, tar en viss tid på sig.'

Galilei gjorde ett försök att mäta ljusets hastighet. Han och hans assistent gick på natten upp på var sitt berg på några kilometers avstånd. Med sig hade de var sin lykta som de täckte över. Galilei tog bort övertäckningen och startade en tidtagning. När assistenten såg ljuset från Galileis lykta tog även han bort sin övertäckning. Då Galilei i sin tur såg ljuset från assistentens lykta slutade tidtagningen. Vi vet nu varför detta experiment inte gav något entydigt resultat – reaktionstiden är betydligt längre än den tid det tar för ljuset att gå fram och tillbaka.

Kanske kan man börja undervisningen om ljusets hastighet med några ord om Galilei och sedan läsa Simplicios replik. Vad anser eleverna om hans slutsats – var den riktig eller ej? Måhända är eleverna också roade av Galileis försök att mäta ljushastigheten, och intresserade av att fundera över varför det inte blev något entydigt resultat.

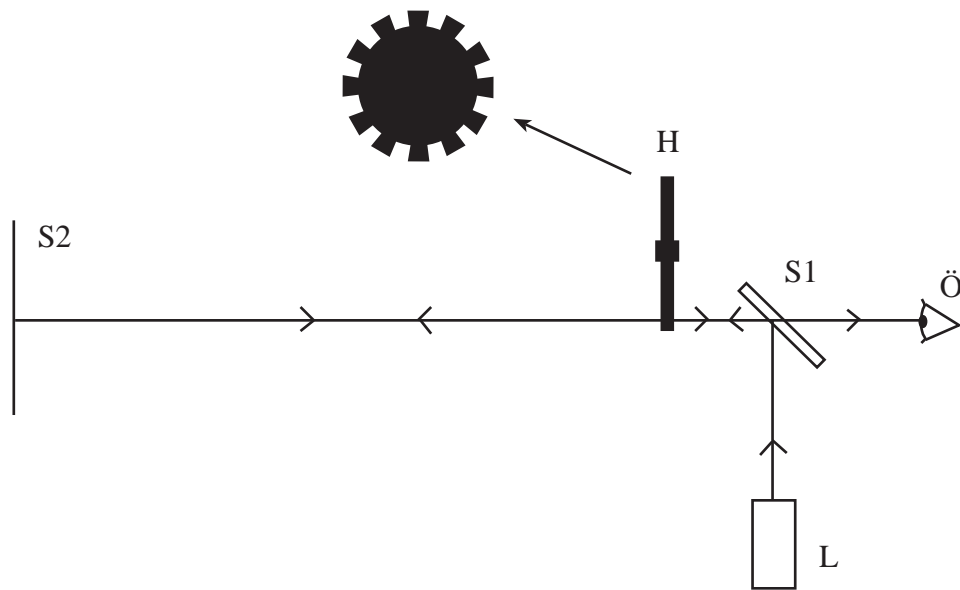
Vanligtvis brukar man väl inte i grundskolan gå igenom metoder att mäta ljushastigheten. I så fall är man hänvisad till att enbart meddela resultatet – 300 000 km/s. Eftersom argumentation och bevis är att föredra framför ren faktaundervisning kan det vara värt ett försök att berätta om ett experiment för att mäta ljushastigheten som utfördes av den franske fysikern Fizeau år 1849. Apparaturen visas i figur 20.1!

Ett smalt ljusflöde från en kraftig ljuskälla L reflekteras mot en halvgenomskinlig spegel S1 och träffar så ytterkanten på ett roterande tandat hjul H. Om ljuset passerar mellan två tänder går det vidare till en spegel 8,6 km längre bort och reflekteras tillbaka. Om det då ånyo passerar mellan två tänder går en del av ljuset igenom den halvgenomskinliga spegeln och når ögat Ö.

Eftersom det roterande hjulet är tandat kommer ljuset från lampan att passera detta stötvis. Vid en viss rotationshastighet har hjulet vridit sig så att närmaste tand fyllt i det tidigare hålet, just då en viss ljusstöt kommer tillbaka till hjulet.

Ljusstötarna kommer då inte igenom hjulet och ögat ser inget ljus. Om man vet rotationshastigheten och dimensionen på tänder och hål så kan man räkna ut den tid det tar för ljuset att gå fram och tillbaka mellan spegel S2 och det tandade hjulet, och därmed ljusets hastighet. Fizeau fick resultatet $3,13 \cdot 10^8$ m/s.

Anmärkning: Figur 20.1 är förenklad. Fizeau använde linssystem för att fokusera ljuset från den punktformiga ljuskällan till hjulet, liksom för att erhålla parallellt ljus mellan hjul och spegel S2 och för att samla ljuset till ögat. Denna förenkling föreslås vara tillåten, eftersom den hjälper till att rikta uppmärksamheten på experimentets grundidé.



Figur 20.1 Fizeaus anordning för att mäta ljushastigheten

Också andra aspekter av ljusets hastighet behöver uppmärksammas, bl. a.:

- ljushastigheten beror ej av hur långt ljuset gått (ljuset 'tröttnar' inte)
- ljuset färdas hur långt som helst om det inte absorberas
- ljushastigheten beror ej av ljuskällans styrka
- ljushastigheten beror av mediet (ljuset går t. ex. långsammare, men med konstant hastighet, i vatten jämfört med luft)

De tre första strecksatserna behöver uppmärksammas eftersom elever har uttryckt alternativa föreställningar i testsituationer och under lektioner. Dessa är ej systematiskt undersökta. En trolig delförklaring är att man helt enkelt överför vanliga mänskliga erfarenheter på ljuset. Har man gått länge så blir man tröttare och tröttare. Till slut stannar man upp. Ju mer man anstränger sig (starkare och starkare ljuskälla) desto större blir ofta effekten (hastigheten på det utsända ljuset).

Förslagsvis tar läraren upp nämnda egenskaper hos ljuset i en klassdiskussion.

Problemsamlingen

Uppgifterna 30 t.o.m 32 handlar om olika aspekter av ljusets hastighet.

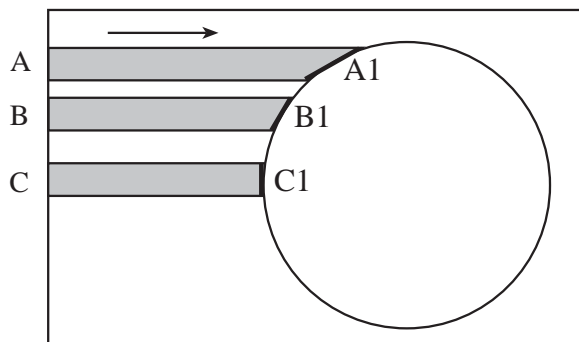
21 INSTRÅLNING MOT EN YTA – ÅRSTIDER OCH TEMPERATURZONER

Alla elever har erfarenhet av olika årstider. De vet att det är kallt på vintern och varmt på sommaren. Måhända har de också noterat att solen står högre upp på himlen under den varmare årstiden. Några har besökt andra länder och då kunnat lägga märke till att det blir varmare och varmare ju längre söder ut mot ekvatorn man kommer.

Med hjälp av lite optiskt och astronomiskt kunnande är det möjligt att ge en sammanhängande tolkning av dessa erfarenheter. Ljus är energi. Ljuset från solen, som inte bara består av 'synligt' ljus, utan också ultraviolett (mycket) och infrarött (lite) ljus, utgör ett energiflöde. Jorden befinner sig med andra ord i ett energiflöde eller strålningsflöde från solen. På grund av det mycket stora avståndet till solen och jordens litenhet i förhållande till detta kan man beskriva flödet med i stort sett parallella strålar. Inflödet innan inträde i atmosfären är $1,4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$, den s.k. solarkonstanten.* Totalt är den mot jorden instrålade energin per sekund cirka $2 \cdot 10^5 \text{ TW}$.** Denna energi värmer vårt klot och håller igång den globala vattencykeln, vindar och fotosyntesen.

På grund av jordens form är den energi som når en kvadratmeter av jordytan olika beroende på var man befinner sig. Infallande energi per kvadratmeter ökar då man går från högre till lägre breddgrader.

Man kan förstå detta på två sätt. En möjlighet är att tänka på exempelvis tre lika stora cylindrar (A, B och C) som visar hur ljuset flödar in mot jorden på tre olika breddgrader - se figur 21.1! Eftersom cylindrarna är lika stora så är energiflödet i dem också lika. Men ljuset i A förser ett mycket större område av jorden än det i B med energi, dvs. inflödet per kvadratmeter blir mindre i område A1 än i B1. Därför blir det i princip kallare i region A1 än i B1 (vi bortser från meteorologiska förlopp). Samma resonemang kan föras vid jämförelse av områdena B1 och C1.

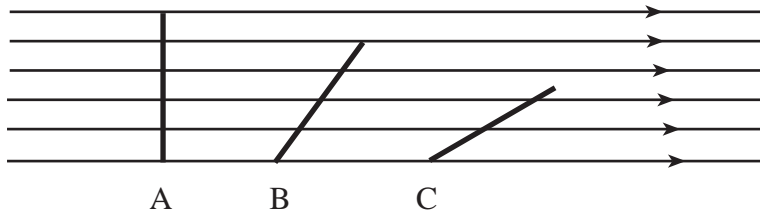


Figur 21.1. Lika stora energiflöden men på olika breddgrader

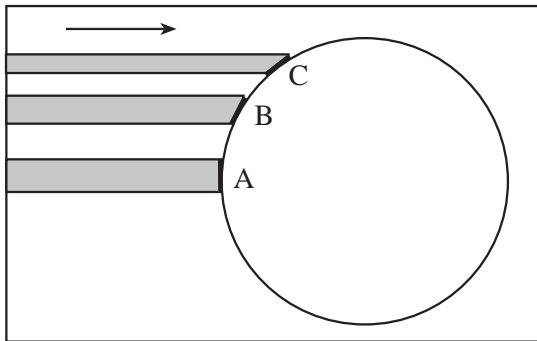
* W utläses watt och betecknar effekt, dvs. energi per tidsenhet. Enheten för effekt är 1J/s (joule per sekund) eller 1W (watt). W/m^2 utläses 'watt per kvadratmeter'.

** TW utläses 'terawatt'. $1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$

En annan utgångspunkt för att komma fram till samma insikt är att betrakta en given yta (tänk t.ex. på en fotocell) som är vinkelrät mot ett flöde av ljus vars färd beskrivs med parallella strålar. Ju mer ytan lutar, desto mindre energi mottar den, under förutsättning att flödet är homogent – se figur 21.2. I figur 21.3 har detta överförts till vårt jordklot. Ytorna A, B och C är lika stora, men eftersom yta B lutar mer än A, så mottar B mindre energi per tidsenhet än A osv.



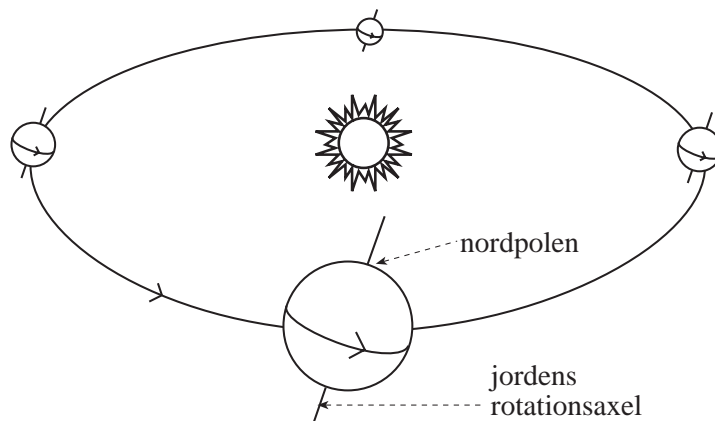
Figur 21.2. Lika stora ytor, som lutar olika i ett homogent strålningsflöde.



Figur 21.3. Resonemanget från figur 21.2 överfört till instrålning mot jorden

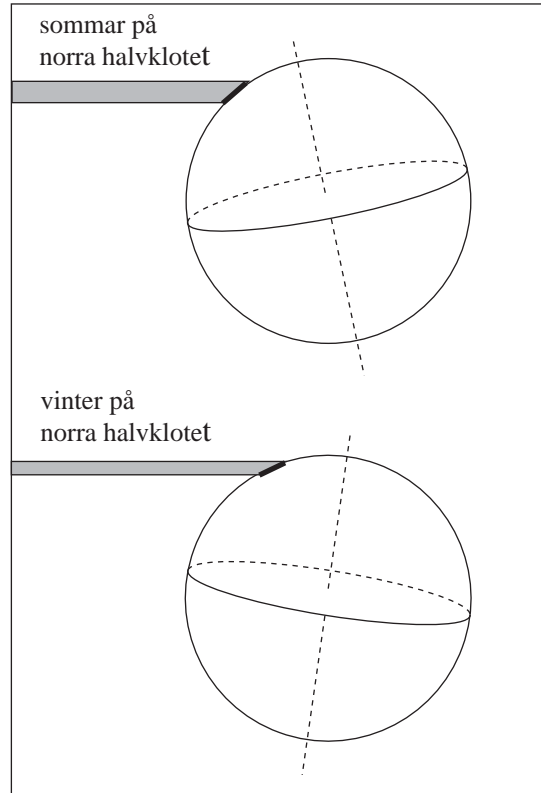
Det finns alltså en fysikalisk förklaring till varför det tenderar att vara varmare ju längre söderut på norra halvklotet man kommer!

Om eleverna förstår detta, så ligger också en förklaring av årstiderna nära till hands. Det som behövs ytterligare är kunskap om att jorden går i en nästan cirkelrund bana runt solen, och på ett avsevärt avstånd från denna, samt att jordens rotationsaxel lutar ($66,5^\circ$) i förhållande till banplanet, oavsett var i sin bana jorden befinner sig (lutningen är konstant). Se figur 21.4 och bortse från de felaktiga proportionerna.



Figur 21.4. Jorden vid fyra olika årstider i sin bana runt solen

Om man nu betraktar flödet på en given yta, dels i sommarläge, dels i vinterläge, så inser man med hjälp av figur 21.5 att inflödet är större på sommaren jämfört med vintern. Detta beror på att jordaxelns norra del lutar mot solen på sommaren och från solen på vintern, vilket gör att vinkeln mellan solljuset och jordytan förändras (den blir mindre och mindre ju mer norra halvklotet går mot vinter). Ett annat sätt att uttrycka detta är att solen står högre på himlen under sommaren.



Figur 21.5. Ljusinstrålning på samma plats och yta på jorden under sommar och vinter.

Några vanliga elevförklaringar av hur årstider uppkommer

Vår erfarenhet är att mycket få elever i övre tonåren kan ge en sammanhängande förklaring av hur det kan komma sig att vi har årstider. En vanlig uppfattning är att jorden är långt bort från solen på vintern och närmare på sommaren, beroende på att jordbanan runt solen är elliptisk. Som nämnts är jordens bana nästan cirkulär, varför effekten av den lilla excentriciteten är liten.

En annan idé som framförs är att jordaxelns lutning gör att en plats på t.ex. norra halvklotet är närmare solen på sommaren än på vintern. Då jorden lutar sig mot solen blir det varmare, resonerar eleverna, kanske i analogi med erfarenheter av elden i en öppen spis. På grund av det enorma avståndet till solen är en eventuell avståndsändring av nämnda skäl försumbar.

En annan typ av svar karaktäriseras av vaghet, t. ex. 'Det beror på att jorden lutar'. Eleven tycks komma ihåg ett element av en förklaring han eller hon en gång hört, men lyckas inte sätta in detta i sitt sammanhang.

Sammantaget konstateras, att det är en stor utmaning att handleda eleverna till förståelse av hur årstiderna uppkommer. Kanske kan följande vara till hjälp härvidlag.

Anmärkning

En övning som tar upp olika elevuppfattningar om varför det blir årstider finns på:
<http://na-serv.did.gu.se/astro/astro.html> (kontaktad 10/5 2004)

Den kan med fördel användas av elever på grundskolans senare del.

Du kan läsa mer om hur årstider uppkommer och elevernas förklaringar av detta genom att ladda ner en pdf-fil:

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/pdf/Fy2.pdf> (kontaktad 10/5 2004)

Undervisningsförslag

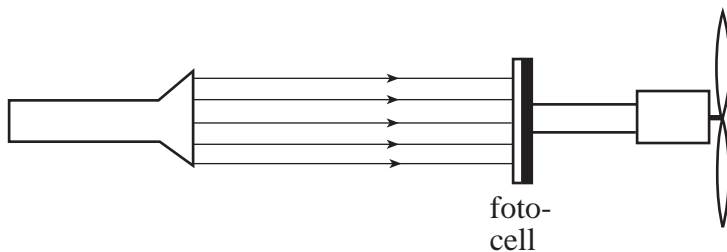
Ett sätt att börja kan vara att med en ficklampa belysa en fotocell kopplad till en liten lättgående motor och visa att man på detta sätt kan driva en propeller.



Figur 21.6 Experiment för funderingar om energiöverföring mellan ficklampa och fotocell.

Eleverna har troligtvis en intuitiv känsla för att ficklampan är energigivare och systemet fotocell-motor energimottagare. Men hur överförs energin från lampa till fotocell-motor? Det är ju ett avstånd mellan lampa och fotocell. Låt eleverna fundera över denna fråga och kanske rita till sina svar.

Förhoppningsvis använder de sig av strålbegreppet:



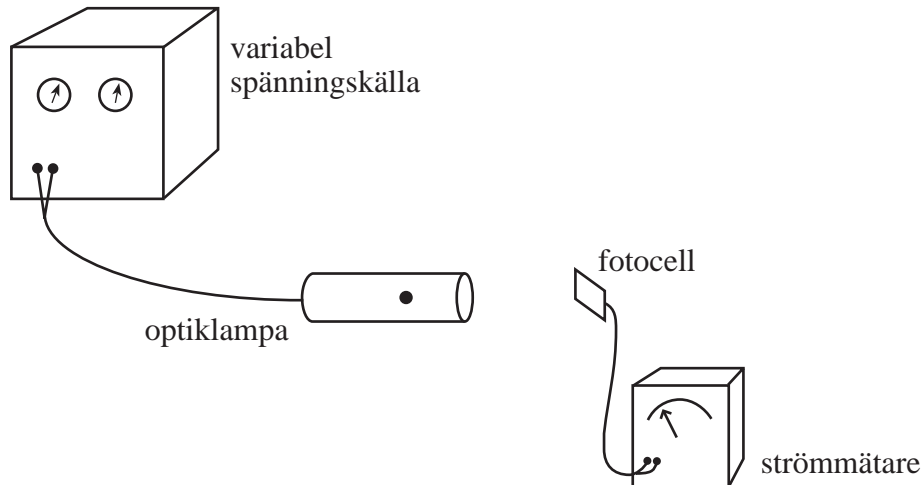
Figur 21.7. Modell för energins överföring mellan ficklampa, fotocell och elmotor med propeller.

Ljus är energi som färdas från lampa till fotocell. Energin flödar från givare till mottagare.

Efter detta kan man gå in lite mera i detalj på hur strålning växelverkar med en fotocell.

Arrangera en optiklampa och en fotocell så som figur 21.8 visar. Slå på ljuset och demonstrera att mätaren gör ett utslag. Visa vidare, med fotocellen i samma läge, att om man ökar respektive minskar ljusstyrkan, så ökar respektive minskar utslaget på instrumentet. Ge sedan eleverna följande problem:

Vad kommer att hända med utslaget på mätaren om man flyttar fotocellen längre och längre bort från ljuskällan? Fotocellen hålls hela tiden vertikalt och rakt mot lampans öppning. Svar med förklaring!

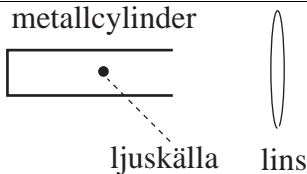
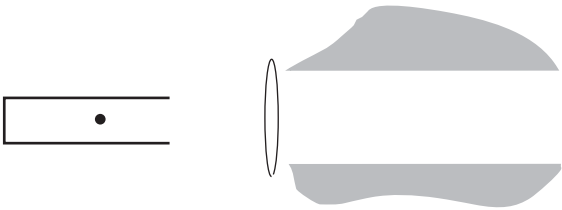
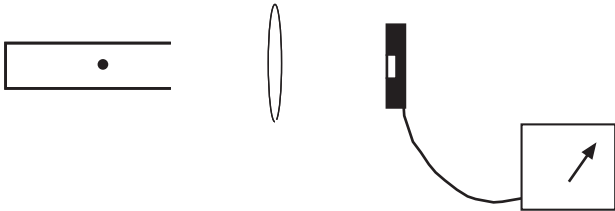
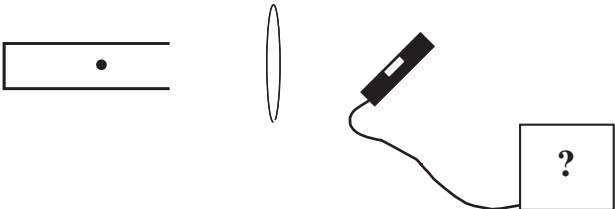
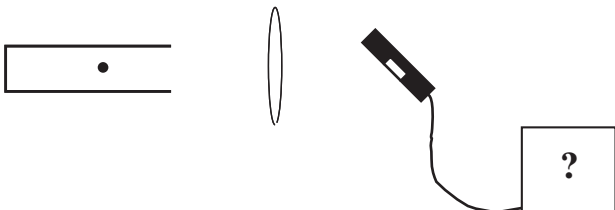


Figur 21.8 Utrustning avsedd för studier av hur fotocellens lutning påverkar strömmätarens utslag.

Nästa steg är att visa hur fotocellens lutning inverkar på strömmätarens utslag. För detta ändamål behöver man homogent och parallellt ljus. En ficklampa är olämplig för ändamålet. Man använder i stället en avskärmd punktförmig ljuskälla (optiklampa) och en samlingslins. Den typ av fotocell vi själva har tillgång till är för stor (3 cm · 4 cm) i förhållande till det parallella ljusknippe vi kunnat åstadkomma med tillgänglig materiel. Därför har vi minskat den ljuskänsliga ytan till cirka 1 cm² med hjälp av eltejp.

Utför som demonstration moment A, B och C nedan. Släck sedan lampan och ställ frågorna D och E. Be eleverna fundera och komma med förslag och motiveringar. Demonstrera sedan hur fotocellens lutning inverkar på utslagets storlek.

--	--

<p>A. En ljuskälla och en lins ordnas som på bilden invid.</p>	
<p>B. Om man blåser ut rök till höger om linsen ser man ett jämntjockt band av ljus. Man kan också hålla ett vitt papper på lämpligt sätt till höger om linsen och visa att den cirkulära och jämnt belysta ljusfläck man då får på pappret inte ändrar storlek då pappret flyttas längre bort från linsen.</p>	
<p>C. En fotocell placeras så som bilden visar. (Cellen är sedd från sidan och den ljuskänsliga delen är vänd mot lampan.) Mätaren gör ett visst utslag.</p>	
<p>D. Fotocellen lutar så som bilden visar. Avståndet till lampan ändras ej. Händer det då något med mätarens utslag, jämfört med C? Förklara hur du tänker!</p>	
<p>E. Nu lutar fotocellen framåt i stället. Avståndet till lampan ändras ej. Händer det då något med mätarens utslag, jämfört med C? Förklara hur du tänker!</p>	

Överför dessa experimentresultat till jorden i strålningen från solen. Förklara skillnader i instrålning på olika breddgrader, samt årstider. Kanske kan figurerna 21.1 t.o.m. 21.5 vara till hjälp för eleverna. Se också gärna

<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/astro/sunburn.html> (kontaktad 30/9 2003)

Här beskrivs en trevlig variant av experimentet med fotocellen.

Problemsamlingen

Problemen 33 t.o.m. 37 ger eleverna möjligheter till ytterligare bearbetning av hur ljus växelverkar med en fotocell, samt hur årstider uppkommer.

Ludvig, Lisa och Ljuset

Eleverna kan läsa avsnitt 5, kallat 'Bakelsekalas med teoretiska förhinder'. Ludvig, Lisa och deras lärare Carolina diskuterar vad en teori är.

DEL 3

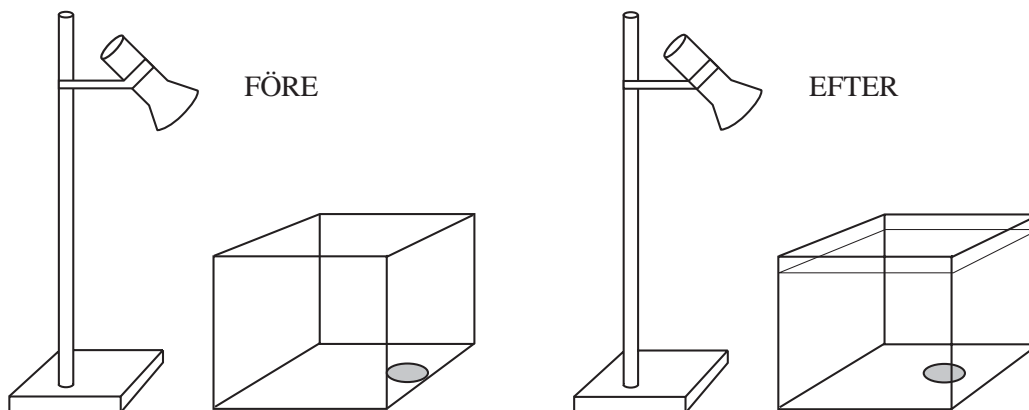
***UNDERVISNINGSFÖRSLAG –
LJUS BRYTS OCH HAR FÄRG***

Del 3 innehåller utkast till lektioner angående ljusets brytning samt ett antal problem i problemsamlingen. Lektionerna är tänkta för grundskolans senare del. Vi förutsätter att traditionell experimentmateriel är tillgänglig, såsom punktformig ljuskälla (optiklampa), linser, spalter, bländare, prisma, vita skärmar och annat, och att läraren har viss erfarenhet av att använda denna materiel. Lektionerna går ut på att utmana teorin om att ljuset går rakt genom att introducera brytningsfenomen. Ett närmare studium av ljusets brytning i ett prisma leder sedan vidare till insikten att vanligt vitt ljus består av spektrums alla färger och sedan till undersökning av färgfilter. Slutligen tas additiv och subtraktiv färgblandning upp.

22

TEORIN I GUNGNING – GÅR LJUS ALLTID RAKT?

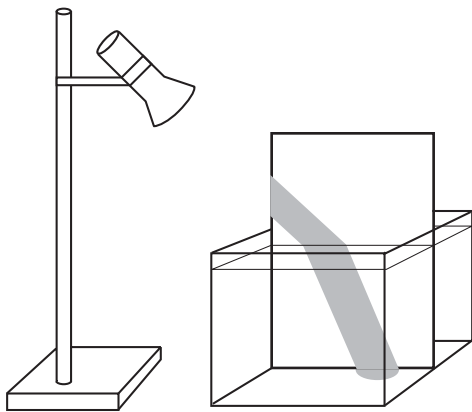
Arrangera en ficklampa och en tom vanna eller ett litet akvarium så som vänstra delen av figur 22.1 visar. Ljusfläcken i botten vidrör kanten. Ett utmärkt alternativ till ficklampan är en laserpenna. Be eleverna förklara ljusfläckens läge i förhållande till lampan.



Figur 22.1. Varför flyttas ljusfläcken då man fyller vannan med vatten?

Fyll så vannan med vatten utan att rubba försöksuppställningen. När det är klart har fläcken ändrat läge. Den är tydligt skild från kanten. Lämna denna iakttagelse som ett problem till eleverna att diskutera i mindre grupper. Be dem att särskilt fundera över hur iakttagelsen förhåller sig till teorin att ljuset går rakt. Varje grupp kan t.ex. lämna ett lösningsförslag i skrift till läraren, samt göra en muntlig redovisning för klassen.

Vilka idéer har eleverna att komma med då de försöker lösa problemet? Kommer de själva att säga att ljuset ändrar riktning, bryts och liknande? Kommer de att ge uttryck för att ljuset går rakt i respektive medium?

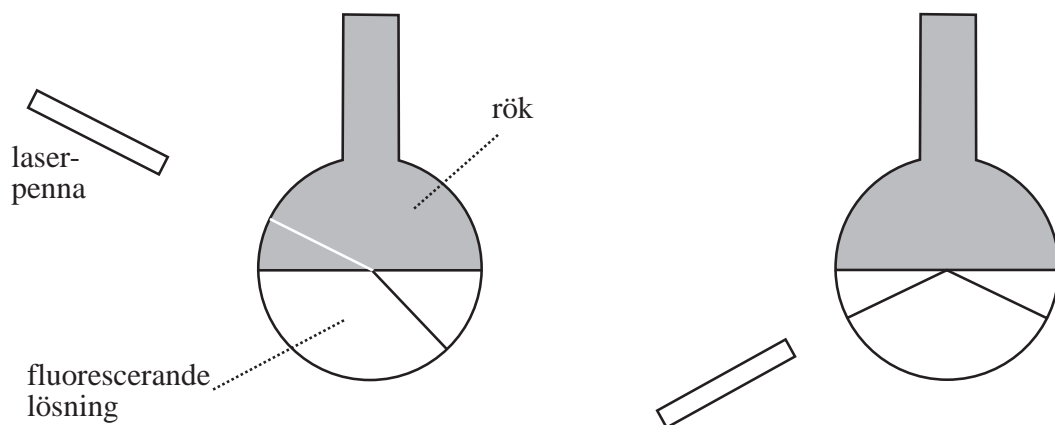


Genom att föra ned en ljus skiva av något lämpligt materiel så som figur 22.2 visar kan man visa att ljusflödet ändrar riktning i vattenytan.

Vad finns nu att säga om teorin att ljuset går rakt? Kanske att den fortfarande håller, men med tillägget att ljuset kan ändra riktning då det går från ett ämne till ett annat.

Figur 22.2. Släpljus på en plastskiva

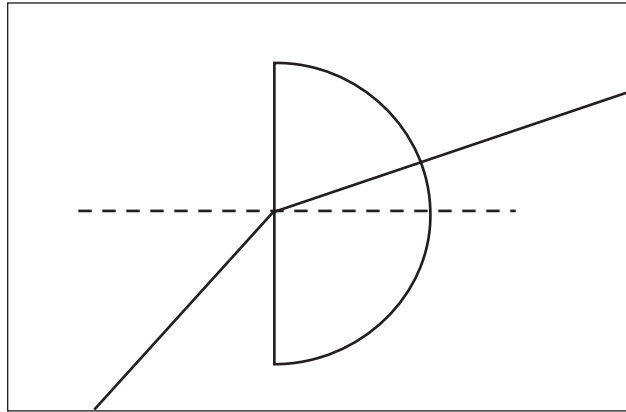
Ett annat sätt att för fallet vatten-luft visa brytning och totalreflexion är följande: Man fyller en stor rundkolv till hälften med vatten. Till vattnet sätts några droppar koncentrerad fluoresceinlösning. Ovanför vattnet blåses rök in. Ett smalt ljusflöde riktas mot kolvens centrum så som figur 22.3 visar! Om flödet är lämpligt koncentrerat är dess väg genom röken och lösningen synlig.



Figur 22.3. Demonstration av ljusets brytning och totalreflexion mellan olika media

Laserpenna är att föredra som ljuskälla, men man kan också förse en optiklampa med en lins och bländare och på så sätt åstadkomma ett smalt och jämnt ljusflöde. Om man inte har tillgång till fluoresceinlösning går det relativt bra med mjölkpulver eller en liten skvätt mjölk.

Experimentet med rundkollen ovan är en motsvarighet till det som brukar göras för fallet luft-glas med en halvcirkelformad glasbit. När det gäller detta experiment rekommenderar vi att det utförs med glasbiten fixerad på en ljus yta, och med en normal tydligt utritad. Ljuskällans placering varierar.



Figur 22.4. Ljusets brytning i en halvcirkelformad glasbit

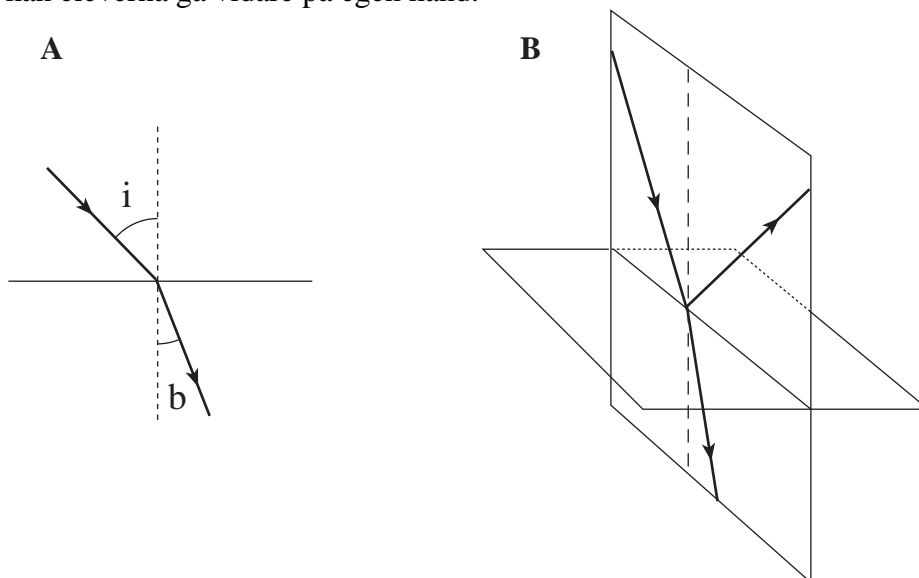
HUR KAN MAN BESKRIVA BRYTNING?

Geometrisk optik är inte bara intressant som ett verktyg för att förstå fenomen i omvärlden, utan också som exempel på hur en teori kan utvecklas i växelspel med experiment. En intressant fråga är hur långt man kan gå när det gäller att använda geometriska begrepp för att formulera teoretiska satser och beskrivningar av experimentresultat. Önskemål om precision och skärpa får avvägas mot elevernas förmåga och intresse. Beträffande brytning föreslår vi att följande provas:

Läraren inför en beskrivningsmöjlighet, nämligen den gängse när det gäller brytning. Det handlar med andra ord om infallsvinkel och brytningsvinkel. För att definiera dessa vinklar behöver man begreppen stråle och normal. Förknippat med fenomenet brytning är också reflexion, både partiell och total. Vanligtvis brukar man rita som figur 23.1A nedan. Vill man vara noga kan man komplettera med figur 23.1B, som visar att infallande, bruten (och reflekterad) stråle ligger i samma plan, som är vinkelrätt mot den yta som skiljer de två medierna från varandra.

Med införda begrepp är det nu möjligt att säga t.ex. att 'ljus bryts mot normalen då det går från luft till vatten' eller att 'brytningsvinkeln är mindre än infallsvinkeln då ljus går från luft till vatten'. Man kan sedan kontrollera om detta gäller också för andra infallsvinklar än dem som undersökts.

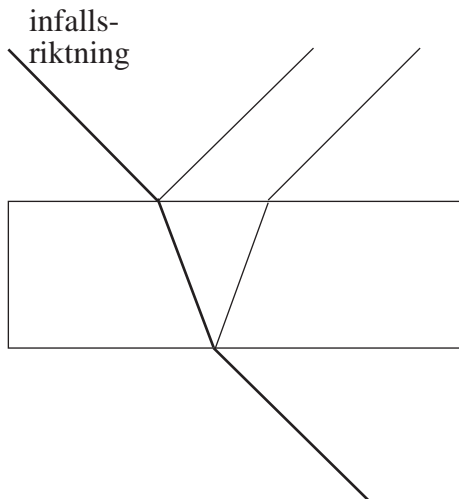
Kanske läraren finner det rimligt att först visa brytning som fenomen, för att sedan införa konventionen för hur den beskrivs. Därefter kan man göra om de inledande iakttagelserna, men nu med användning av det nya beskrivningsspråket. Härfter kan eleverna gå vidare på egen hand.



Figur 23.1. Två alternativa sätt att beskriva ljusets brytning

Efter detta får eleverna en 'klassisk' optikuppgift, men på ett kanske nytt sätt. Det gäller att gruppvis (parvis) undersöka vad som händer med ljus som faller in mot en rektangulär glasbit. Det eventuellt nya är att gruppen på egen hand skall formulera resultaten av sina undersökningar och därvid använda sig av begreppen 'infallsvinkel' och 'brytningsvinkel'. Om de iakttar reflexion, så kommer även 'reflexionsvinkel' till användning. Redovisning skriftligt och i klassen.

Det bör vara möjligt att iaktta följande:



Figur 23.2. Iakttagelse av hur ljus växelverkar med ett rätblock av glas.

Kommentar

Det finns inte så många tillämpningar att dra fram omedelbart efter det att brytning introducerats. Dessa får komma efter hand, t.ex. ljusets brytning i ett prisma och vad det leder till, liksom avbildning med linser och avbildning då ljus från föremål i vatten bryts vid övergång till luft.

Några tillämpningar av fenomenet 'totalreflexion' kan dock vara på sin plats, t.ex. fiberoptik och hårstrån i isbjörnens päls som ljusledare.

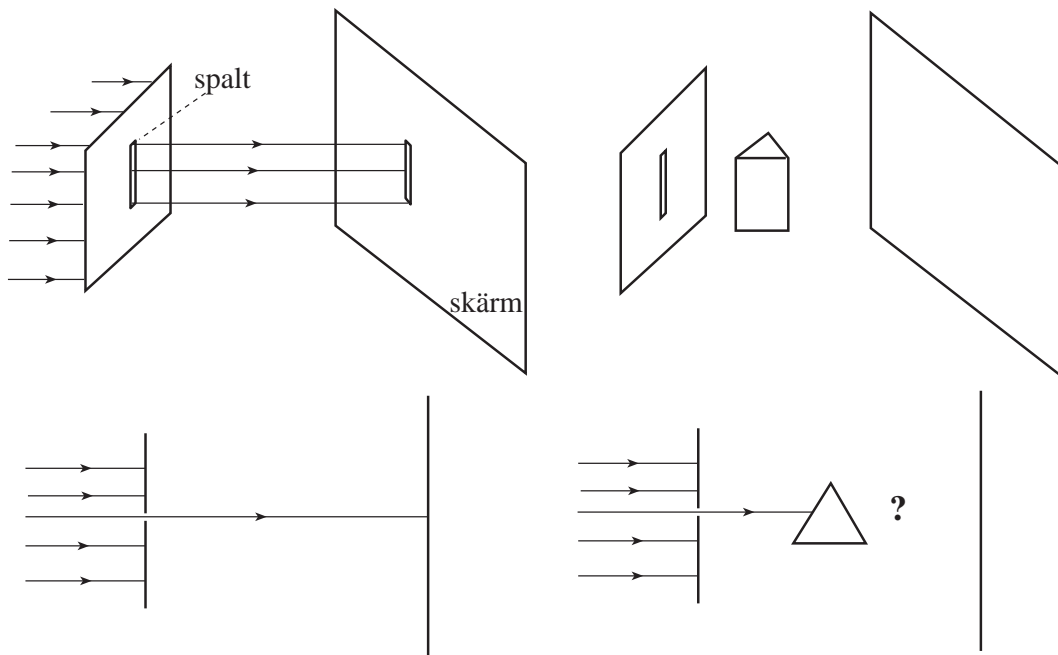
Problemsamlingen

Uppgifterna 38 t.o.m. 41 handlar om ljusets brytning.

24

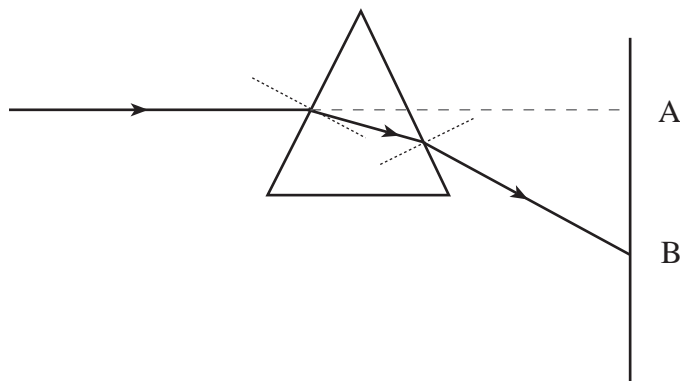
*TEORIN I GUNGNING IGEN! VAR KOMMER ALLA VACKRA
FÄRGER IFRÅN?*

Visa eleverna att om man belyser en vertikal spalt med parallellt ljus, så kan man få ett ljus område av samma form och storlek som spalten på en skärm. Be dem förklara detta. Fråga sedan: Vad händer om vi sätter in ett glasprisma i stråflödet mellan spalt och skärm? Kommer vi att se någon förändring på skärmen? Hjälpt eleverna igång genom att rita som gjorts nedtill och till höger i figur 24.1.



Figur 24.1. Hur ljuset kommer att färdas genom prismet.

Förslagsvis diskuterar eleverna detta i smågrupper. I princip har de kunskaper för att åstadkomma följande:



Figur 24.2. Ljusbrytning i ett prisma

Kanske de förutsäger att det ljusa strecket i läge A på skärmen flyttar sig till läge B. Om eleverna inte vet att det blir ett spektrum, så kan de få uppleva att teorin förutsäger fel! Teori som den hittills är formulerad säger nämligen att ljuset går rakt och att det bryts vid övergång från ett medium till ett annat, men inte att det blir ett band av färger i stället för ett ljust streck!.

Om man lägger en vit skärm horisontellt mellan prisma och den vertikala skärmen kan man följa ljusets väg och se hur färgbandet breder ut sig mer och mer.

Följande tillägg görs till teorin:

VITT LJUS BESTÅR AV OLIKA FÄRGER (rött, orange, gult, grönt, blått, indigo, violett).

Kommentar

Det finns en svårighet här. Färg är inte självklart en egenskap hos ljuset, utan något som uppstår då ljuset växelverkar med centrala nervsystemet. Egentligen borde man säga så här: 'Ljus som ger upphov till färgen vit består i själva verket av ljus som ger upphov till färgerna röd, orange, gul osv. Newton talade om 'redmaking light etc'. Man kanske inte behöver vara så strikt här, men en del elever kan nog uppskatta ett resonemang liknande detta.

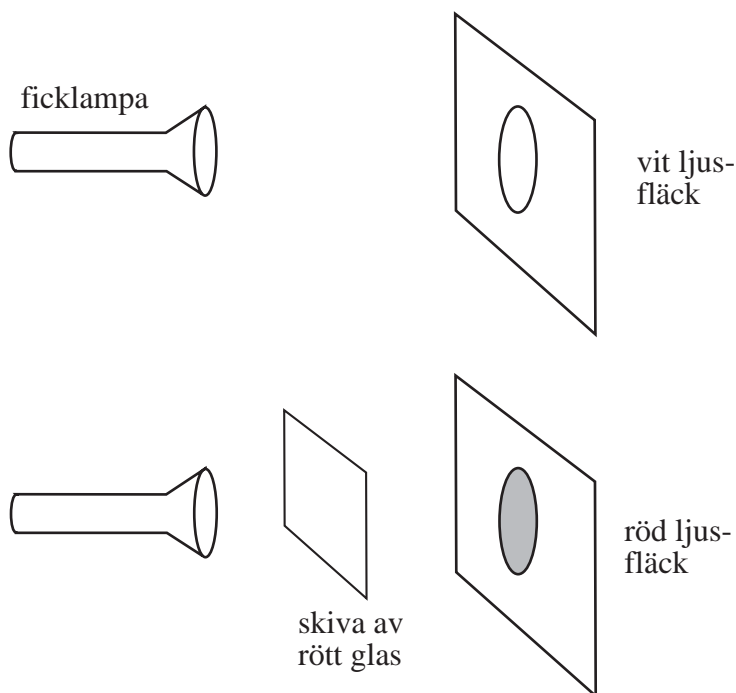
25 FILTER OCH FÄRGER

Selektiv transmission i filter

Ge eleverna följande problem:

En ficklampa riktas mot en vit pappskiva. På denna syns då en vit ljusfläck. Framför lampan sätts sedan en röd glasskiva. På pappskivan syns då en röd ljusfläck. Förklara hur ljusfläcken ändrar sin färg från vit till röd!

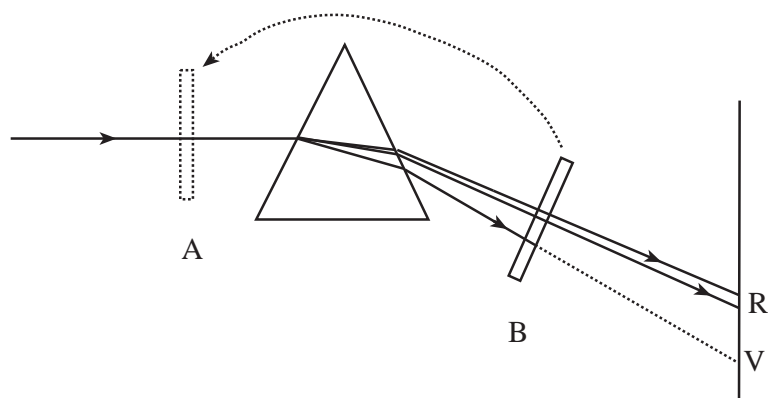
Problemlösning kan ske i små grupper, följt av lämplig redovisning.



Figur 25.1. Hur uppstår den röda ljusfläcken?

Vi kan vänta oss att eleverna framkastar olika lösningsförslag – se avsnittet 'FÄRG' i kap. 7. Ganska få förväntas ge skolfysikens förklaring, dvs. att glasskivan bara släpper igenom rött ljus. Som en ledtråd kan läraren göra följande demonstration:

Arrangera en ljuskälla och ett prisma så att ett spektrum syns på en vit skärm. För in en röd glasskiva vid B och visa att allt utom den röda delen av spektrumet försvinner. Hur kan detta förklaras? Vad händer om glasskivan flyttas från B till A?



Figur 25.2. Två alternativa placeringar av ett filter i förhållande till ett prisma.

Kanske kan detta experiment locka fram förslaget att glasskivan bara släpper igenom rött ljus och absorberar övriga färger i spektrum, dvs. den fungerar som ett filter som bara släpper igenom rött ljus. Man säger att i ett filter sker selektiv transmission av ljus.

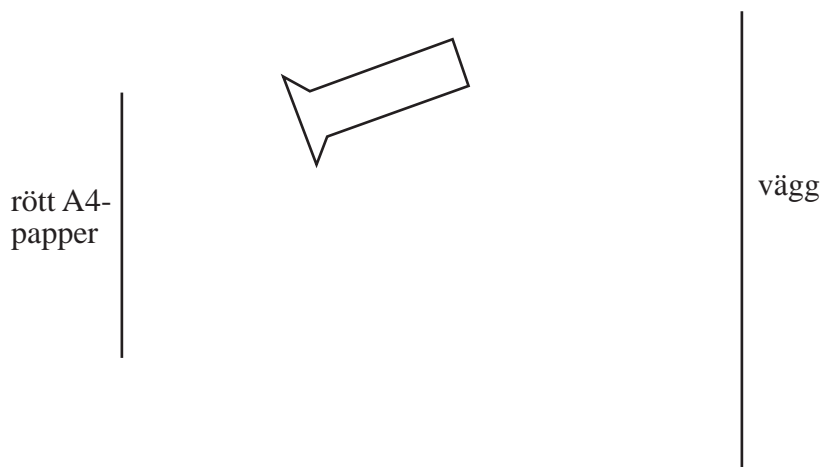
Om det finns tillgång till en laserpenna (en sådan avger monokromatiskt rött ljus) kan det vara av intresse att notera att ett rödfilter släpper igenom laserljuset, men inte ett gröntfilter eller blåfilter.

Selektiv reflexion i föremål

Den färg som vanliga föremål har i dagsljus är ett resultat av selektiv reflexion. Ett rött föremål reflekterar i princip rött ljus och absorberar övriga färger i spektrum.

Ett resonemang om selektiv reflexion som förklaring till föremåls färg kan inledas med följande experiment:

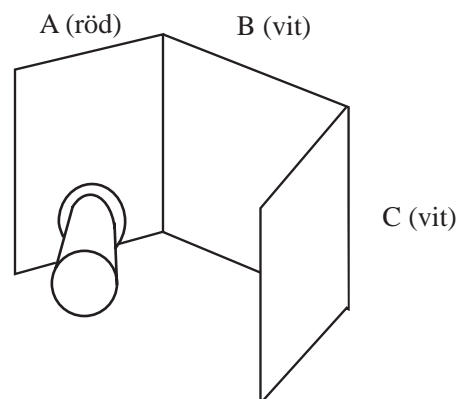
Håll en ficklampa och ett rött A4-ark så som figur 25.3 visar (figuren är sedd uppifrån.). Väggen antas vara ljus, gärna vit. Fråga eleverna om man kommer att se något på väggen då ficklampan tänds. I så fall vad, och hur förklarar de sina eventuella förutsägelser? (Viss mörkläggning förhöjer utbytet av experimentet.)



Figur 25.3. Vad ser man på väggen då ficklampan tänds?

Efter diskussion tänds lampan. Då noteras att den ljusa väggen får en svagt röd färg. Prova med andra färger på A4-pappret. Förklaring?

Ett alternativt sätt att experimentera visas i figur 25.4. Den röda skärmen A belyses. Då noteras att de vita skärmarna B och C får en svagt röd färg. Andra färger än röd kan också testas.

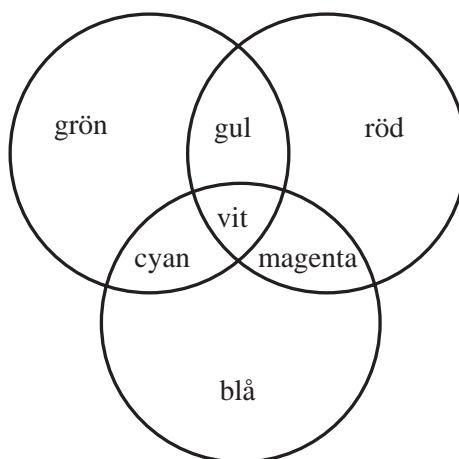


Figur 25.4. Experimentuppställning för studium av selektiv reflektion och absorption.

Additiv färgblandning

Färgblandning är ett stort och spännande kunskapsområde, och vi ger här några exempel på aktiviteter som kanske kan intressera eleverna.

En typ av färgblandning kallas 'additiv'. Betrakta figur 25.5. Vi tänker oss att tre projektorer har försetts med filter så att de på en vit duk ger upphov till en röd, en grön och en blå cirkulär yta som överlappar vandra som figuren visar. Från överlappet mellan grön och röd nås ögat både av grönt och rött ljus, vilket ger upphov till perception av gult. Man säger att färgerna röd och grön adderas till gult. På liknande sätt uppstår perception av cyan (blå-grön) och magenta. Från överlappet mellan grön, röd och blå cirkel nås ögat av grönt, rött och blått ljus, vilket ger upphov till perception av vitt.



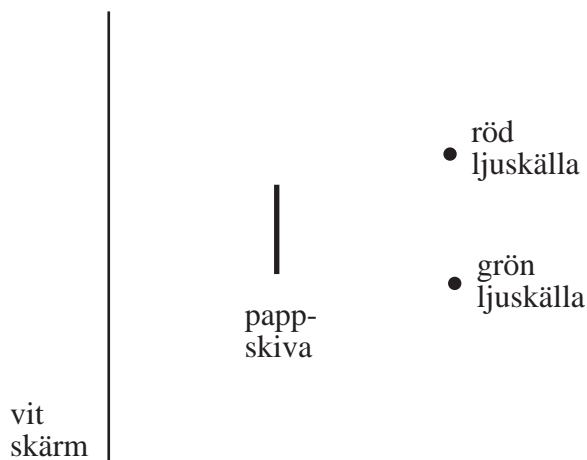
Figur 25.5. Additiv färgblandning.

Du och dina elever kan undersöka, och leka med, additiv färgblandning genom att gå till:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/shadow/shadow.html> (kontaktad 10/5 2004)

Där finns en s.k. Java-applikation med många variationsmöjligheter. I figur 25.6 ger vi två exempel på problem som eleverna kan fundera över och därefter gå till nyss nämnda adress och ta reda på vad som faktiskt inträffar.

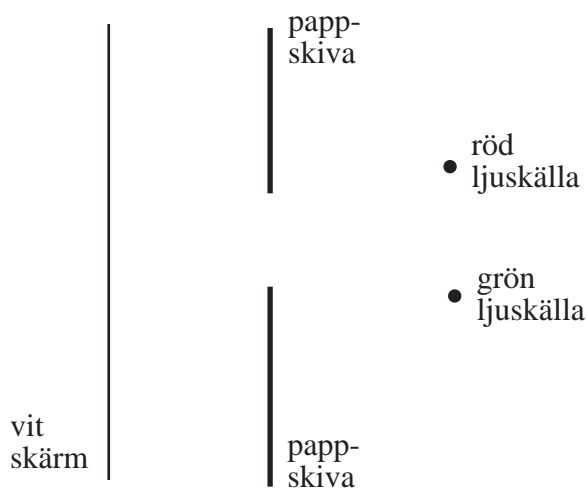
I ett kolmörkt rum befinner sig två ljuskällor som ger grönt respektive rött ljus. Se figur 25.6 som är sedd uppifrån. Vidare finns i rummet en pappskiva och en vit skärm. Vad kommer man att se på skärmen då ljuskällorna sätts på?



Figur 25.6. Vad kommer man att se på skärmen då ljuskällorna sätts på?

En variant av det nyss beskrivna problemet framgår av figur 25.7. Frågan är som nyss, dvs.: Vad kommer man att se på skärmen då ljuskällorna sätts på?

(För dig som just nu inte har möjlighet att ansluta till internet ger vi förslag till lösning – i svartvitt! – av de båda problemen som not 1 till kapitel 25.)



Figur 25.7. Vad kommer man att se på skärmen då ljuskällorna sätts på?

Subtraktiv färgblandning

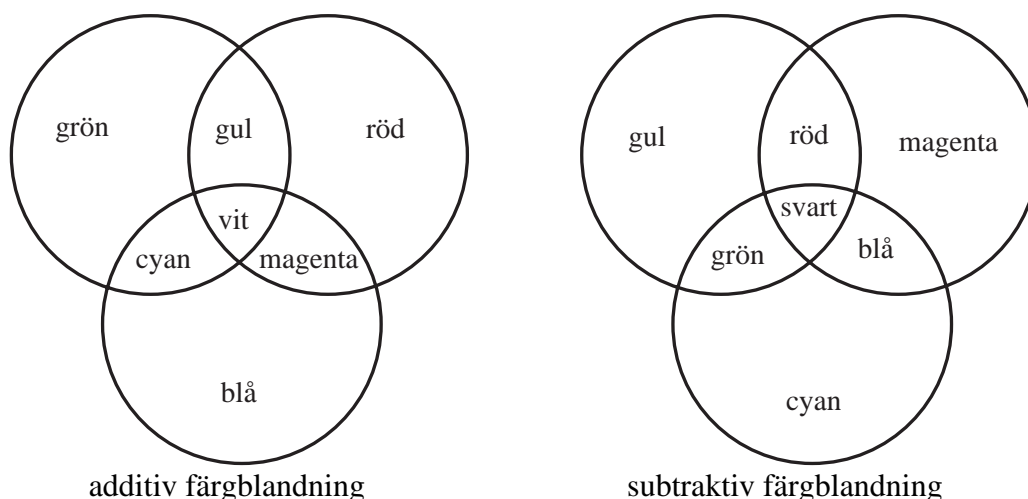
Anta att du målar med vattenfärger och blandar blått och gult. Blandningen blir grön. Hur kan det komma sig? Det gula pigmentet har egenskapen att absorbera i den blå delen av spektrum men reflekterar i grön-röda delen (reflekterat rött och grönt ljus blandas additivt och framstår för betraktaren som gult). Det blåa pigmentet absorberar i den gul-röda delen av spektrum och reflekterar i den grön-blåa. Se tabell 25.1. Man kan säga att gult pigment subtraherar blått, indigo och violett från spektrum och att blått subtraherar rött, orange och gult. Det som då återstår är grönt, dvs. färgblandningen framstår som grön för betraktaren, eftersom det är den enda del av spektrum som reflekteras av båda pigmenten. Om blandningen befinner sig i ett mörkt rum och belyses med rött ljus, så framstår den som svart. (Den filosofiskt lagde läsaren har här kanske lust att fundera över om grön målarfärg i en burk verkligen är grön då man har satt locket på...). Om man kunde åstadkomma monokromatiska färgpigment, dvs. sådan som bara reflekterar i en mycket smal del av synligt spektrum, så skulle alla blandningar av dessa pigment bli svarta.

Tabell 25.1. Egenskaper hos gult och blått färgpigment med avseende på reflexion (R) och absorption (A) i olika delar av synligt spektrum.

	röd	orange	gul	grön	blå	indigo	violett
gult pigment	R	R	R	R	A	A	A
blått pigment	A	A	A	R	R	R	R

Filter 'subtraherar' också färger från spektrum. Ett rödfilter tar i princip bort (absorberar) alla färger utom rött, ett grönt filter alla utom grönt. Om man kombinerar båda filtren blir resultatet att ingen del av spektrum kommer igenom.

Låt oss nu komplettera figur 25.5 med en motsvarande för subtraktiv färgblandning. Se figur 25.8



Figur 25.8. Additiv och subtraktiv färgblandning.

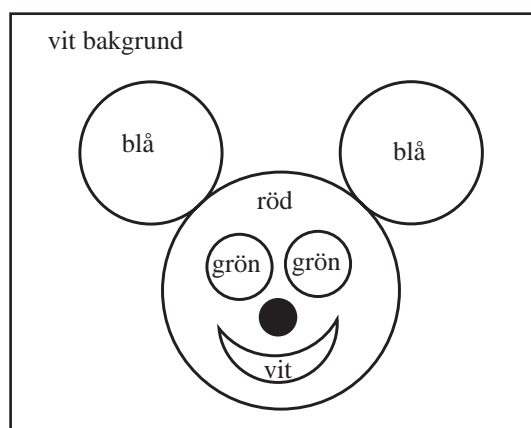
Om läsaren gärna vill ha en figur i färg så finns motsvarigheten till figur 25.8 på adressen

http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/color/color_e.html (kontaktad 10/5 2004)

De färgade cirkelytorna på denna adress är flyttbara, vilket ger möjlighet att leka med och undersöka additiv och subtraktiv färgblandning.

De båda delarna av figur 25.8 hör ihop. Varför blir det exempelvis röd färg då gul och magenta blandas subtraktivt? Man kan tänka så här: Gult reflekterar enligt vänstra delen av figuren grönt och rött, övrigt absorberas. Magenta reflekterar rött och blått, och absorberar övrigt. Den enda färg som reflekteras av båda är rött, alltså blir blandningen röd.

Olika arrangemang för att undersöka subtraktiv färgblandning finns på nyss nämnda internet-adress. Vi ger här ett exempel. Ett mussepiggliknande ansikte belyses av vitt ljus. Öronen är då blåa, ansiktet rött, ögonen gröna, munnen vit och näsan svart. Ett rödfilter sätts så in i det vita ljuset, så att det endast faller rött ljus på ansiktet. Hur kommer detta att då se ut?



Figur 25.9. Ansikte belyst av vitt ljus. Hur ser det ut om det belyses med rött ljus?

(För dig som just nu inte har möjlighet att ansluta till internet ger vi förslag till lösning – i svartvitt! – som not 2 till kapitel 25.)

Kunskapsbasen

I kapitel 7 redovisas några undersökningar av hur elever uppfattar föremåls färg och hur ett färgfilter fungerar.

Problemsamlingen

Uppgifterna 42 t.o.m. 47 handlar om färg, färgblandning och filter.

DEL 4

UNDERVISNINGSFÖRSLAG –

PUNKTFORMIG AVBILDNING

Del 4 börjar med att eleverna skaffar sig erfarenhet av hur man med hjälp av ett förstoringsglas kan avbilda en glödlampa eller en ljuslåga på en skärm. De undersöker också hur bilden påverkas av att delar av förstoringsglasets täcks över med maskeringstejp. Fortsatta undersökningar visar att smala ljusflöden utefter enstaka strålar från en punkt på visst avstånd från en lins bryts ihop i en punkt på andra sidan linsen. Detta är en nyckel till att förstå hur linsen kan avbilda ett föremåls struktur och form på en skärm. Efter undersökning och diskussion om brännpunkt ligger vägen öppen för den intresserade eleven att fördjupa sig i bildkonstruktion. Del 4 avslutas med undersökning och diskussion angående hur virtuella bilder uppstår i plana speglar och konvexa linser.

26

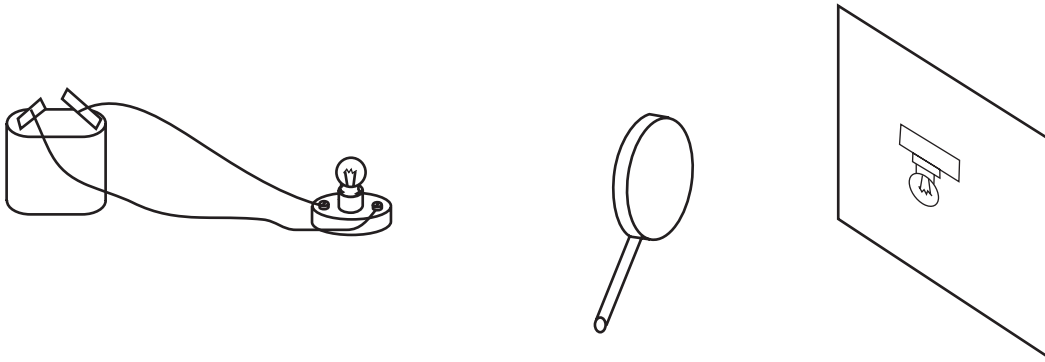
VERKLIGA BILDER MED POSITIV LINS

Undersökning av hur en lins avbildar

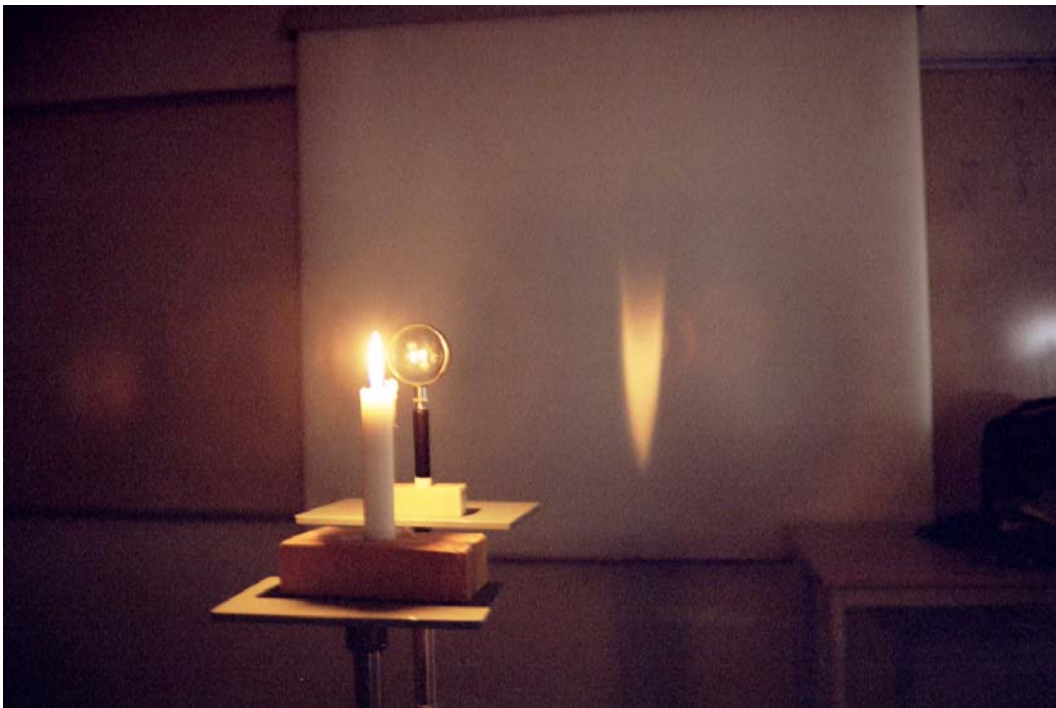
Ge eleverna, för arbete gruppvis, en ljuskälla (t.ex. en glödlampa kopplad till ett batteri/spänningskub eller varför inte ett levande ljus), ett förstoringsglas och ett vitt pappark. Fråga om de kan avbilda ljuskällan på papparket med hjälp av förstoringsglasets. Kanske de försöker titta genom glaset och rita av lampan... Avvakta utvecklingen. Om så behövs, precisera problemet till att gälla avbildning utan penna eller liknande.

När eleverna har lyckats så be dem att experimentera vidare. Kan de få fram en förstörd respektive förminskad bild? Kan de beskriva, så att en läsare förstår, hur man skall ordna lampa, förstoringsglas och pappark för att få

- a/ en förstörd bild av lampan?
- b/ en bild lika stor som föremålet?
- c/ en förminskad bild?



Figur 26.1. Avbildning av glödlampa med en konvex lins.



Figur 26.2. Experimentuppställning för att åstadkomma en verklig bild av en ljuslåga på en vägg eller skärm.

Måhända kan eleverna formulera generaliseringen att ju närmare förstoringsglasets föremålet är, desto större blir bilden. (Denna generalisering håller fram till det att föremålet är i brännpunkten.)

Man kan även avbilda sekundära ljuskällor med förstoringsglasets på liknande sätt, t.ex. det som finns utanför ett klassrumsfönster. Se figur 26.3!



Figur 26.3. Avbildning av miljön utanför några fönster.

Ett alternativ är att försöka avbilda världen utanför fönstret på ett smörpapper som man placerar mellan sig och förstoringsglasets (se figur 26.4). På det sättet är det möjligt att ställa in ögonen på det avstånd där bilden ”hängar fritt” i luften och därefter sakta föra bort smörpappret och se bilden i luften. Genom att alternerande föra in ett papper och ta bort det kan man se hur bilden kan fångas på pappret eller befinna sig i luften. Se figur 26.4.



Figur 26.4. Bilden på ett smörpapper och fritt ”hängande” i luften.

Notera att kameran som tagit fotot är inställd så att skärpan ligger där bilden hänger i luften och att förstoringsglasets, gardinerna och huset utanför är suddiga.

En liknande erfarenhet får man genom att arrangera ett förstoringsglas och två pennor så som figur 26.5 visar. Av figuren framgår att bilden av det uppochnedvända skåpet och pennorna båda är skarpa. Det betyder att skåpbilden och pennorna är på samma avstånd från kameran. Om man ställer in ögonen så att man ser pennorna skarpt, så ser man också bilden av skåpet tydligt.

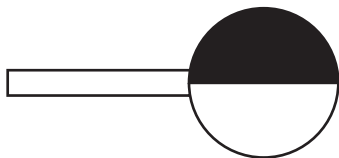


Figur 26.5. Pennorna och bilden av skåpen befinner sig på samma avstånd från kameran.

För ögonen kan det tyckas att skåpbilden befinner sig på förstoringsglasets. Men om man närmar ögonen till detta finner man att skåpbilden blir suddig innan förstoringsglasets upplevs som otydligt på grund av att ögat inte orkar ackommodera.

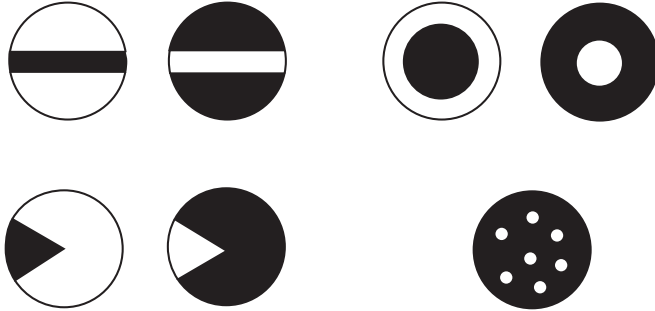
Du kan även be eleverna fundera över följande fråga: Om ni var de första i hela världen som upptäckt att man kan avbilda med en lins, vad skulle ni då göra?

Nästa uppgift för gruppen är att bestämma fixa lägen för lampa, förstoringsglas och skärm så att det syns en tydlig bild på skärmen. Lampa, lins och skärm bör rymmas på arbetsbänken. Sedan gäller det att diskutera vad som händer om man byter ut förstoringsglasets mot ett som är till hälften avskärmat med maskeringstejp.



Figur 26.6. Ett till hälften avskärmat förstoringsglas

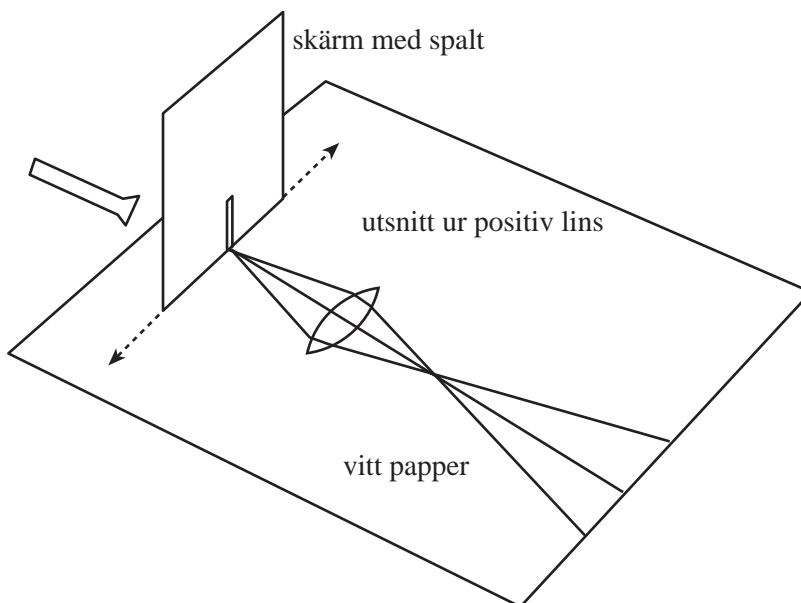
Då eleverna gruppvis har skrivit ned sina hypoteser får de maskeringstejp, papper och sax så att de kan pröva. De kan också undersöka andra sätt att maskera delar av linsen. Först förutsägelse, sedan hypotes!



Figur 26.7. Förslag till olika avskärmningar av förstoringsglaset

Undersökning av hur ljus går genom en positiv lins

Det som här följer är ett experiment, som går ut på att eleverna skall få erfarenhet av att ljus som utgår från en punkt mot en lins av denna bryts samman i en annan punkt. Detta gäller som vi vet bara för centrala ljuskoner, men sämre om man också tar med ljus som passerar nära kanten på linsen. Vi föreslår en lärardemonstration, eftersom tålmod, precision och känsla för geometriska konstruktioner krävs för att genomföra experimentet på bästa sätt. Så här kan man gå tillväga:



Figur 26.8. Demonstrationsuppställning för studier av ljusets färd från en punkt genom en positiv lins till en punkt på andra sidan linsen.

Med hjälp av en ljuskälla och en skärm med spalt kan man se ljusets väg på ett vitt papper. Om man lägger ett utsnitt ur en konvex lins (standardutrustning i optiksatser) i ljusets väg så ändrar det riktning. Genom att ändra lampans läge kan man ändra det inkommande ljusets riktning. För varje läge på lampan ritas ljusets väg på papperet ut. Man kan då på ett ungefär se att det ljus som växelverkar med linsen går ihop i en punkt.

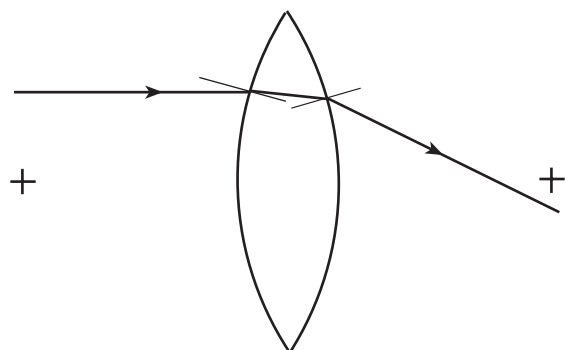
Hela proceduren med lampa, spalt och lins kan upprepas med ett nytt läge för spalten (skärmen förskjuts i sidled som figuren antyder, d.v.s. vinkelrätt mot linsens optiska axel). Också nu kan man konstatera att strålarna på ett ungefär går ihop i en punkt.

Anmärkning 1

Om skolan har en demonstrationssats med optiska komponenter som kan sättas fast på tavlan kan dessa komponenter med fördel användas.

Anmärkning 2

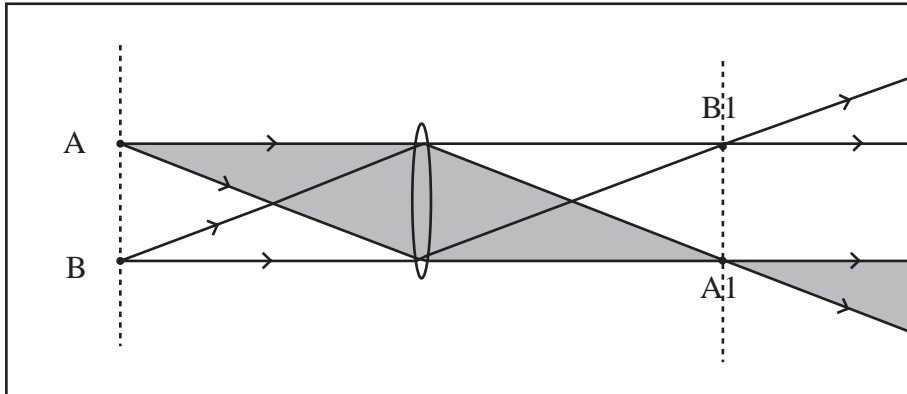
För intresserade elever kan man anknyta till tidigare experiment med ljusets brytning. Ljuset bryts mot normalen vid övergång luft-glas och från normalen då det går från glas till luft. Se figur 26.9, där de medelpunkter som tillhör respektive cirkelbåge är markerad med små kors.



Figur 26.9. Exempel på brytning av ljus som går genom en positiv lins

Lärarens demonstration och diskussion i gruppen bör leda fram till att det finns ett visst underlag för följande:

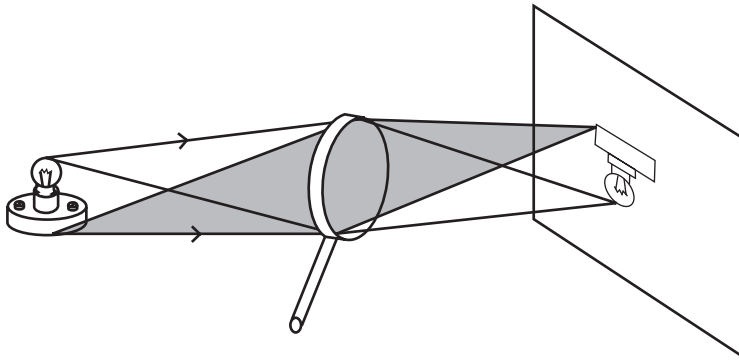
- Ljus från en punkt bryts av linsen ihop i en annan punkt
- Om två punkter, A och B, ligger på samma avstånd från linsen, så ligger 'brytpunkterna' också på ungefär samma avstånd från denna (fast på andra sidan).



Figur 26.10. Ljuskoner från två olika punkter. Respektive kon begränsas av strålen genom brännpunkten och strålen som går parallellt med den optiska axeln.

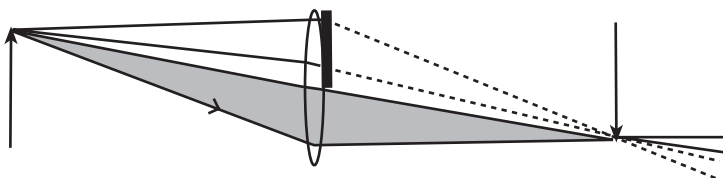
Vi gör nu en djärv gissning, nämligen att om ljus som utgår från en punkt A bryts ihop i en punkt A1, så blir A1 en bild av A.

Vi noterar också att om A ligger 'upptill' så blir bilden av A nedtill och tvärt om. Detta ger oss en idé om varför bilden av föremålet blir upp och ned.



Figur 26.11. Avbildning av två punkter på en lampa i hållare.

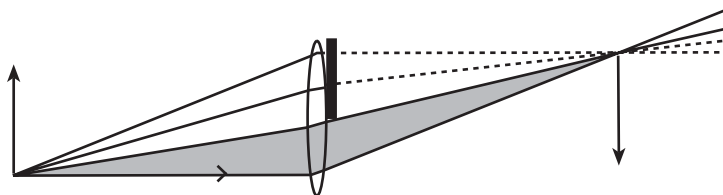
Om vi tänker oss att avbildning går till som nu sagts kan man förstå vad som händer då man maskerar delar av linsen. För enkelhetens skull ritar vi så här:



Figur 26.12. Avbildning av en punkt med en till hälften maskerad lins

Om man maskerar halva linsen gäller ändå att ljus från en punkt bryts ihop i en annan. Men den ljusmängd som går till bildpunkten är nu mindre. Cirka hälften stoppas av maskeringen.

Samma resonemang är giltigt för en annan punkt på föremålet, t. ex:



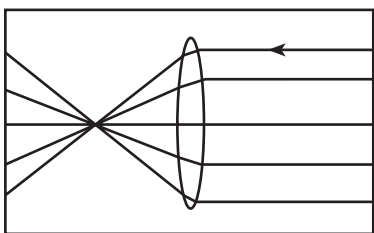
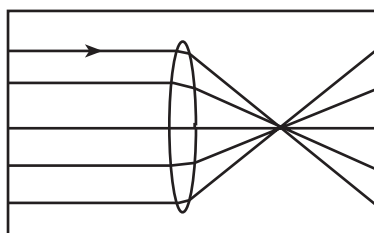
Figur 26.13. Avbildning av en annan punkt med en till hälften maskerad lens

Trots maskeringen blir det alltså ändå en bild, men den är ljussvagare.

Oavsett hur vi maskerar en del av linsen (se figur 26.7) går alltid ljus från en given punkt på föremålet igenom linsen, vilket betyder att det bryts till en punkt. Vi får en avbildning av hela föremålet, men ljussvagare.

Brännpunkt

Eleverna kan med standardutrustning studera hur ljus, vars färdväg beskrivs med ett knippe parallella strålar, växelverkar med en lens:



Figur 26.14. Illustration av brännpunkt

På basis av denna experimentella erfarenhet uppmanas de att med egna ord beskriva hur man kan använda ett förstoringsglas som brännglas.

Bildkonstruktion

Om eleverna är intresserade kan läraren nu gå vidare till bildkonstruktion. Vi föreslår att resonemanget om detta ämne läggs upp så som vi beskrivit i kapitel 5, avsnittet 'Avbildning med positiv lins'.

Om man har tillgång till dator och projektor kan man visa en java-applikation som finns på länken:

<http://na-serv.did.gu.se/optik/avbildning/> (kontaktad 10/5 2004)

Har man tillgång till många Internetuppkopplande datorer kan man låta eleverna pröva själva.

Kunskapsbasen

Kapitel 7, avsnittet 'Punktformig avbildning' utgör bakgrunden till undervisningsförslagen i kapitel 26.

Problemsamlingen

Uppgifterna 48 t.o.m. 52 handlar om avbildning med konvexa linser.

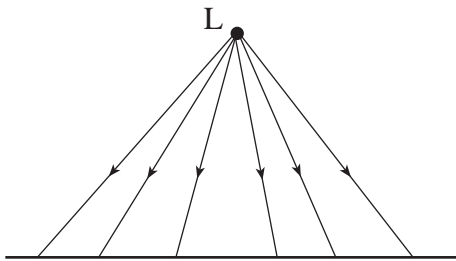
AVBILDNING MED PLANA SPEGLAR

Här följer en idé till hur man skulle kunna sätta igång elevernas tänkande om avbildning med speglar. Det är fråga om att formulera ett problem med två ingredienser – en tvist mellan elever och en ledtråd från läraren.

Twisten beror på att två elever, Annika och Anders, har råkat i dispyt om var spegelbilden i en vanlig (dvs. plan) spegel finns. Anders hävdar att den finns på spegeln. Det tycker han är självklart. Bakom spegeln är det ju en vägg. Annika håller med om att det är en vägg bakom, men att bilden ändå finns bakom spegeln. Hon påstår att man kan stå bara någon centimeter från spegeln och ändå tydligt se delar av rummet som man befinner sig i. Om bilden av rummet fanns på spegeln skulle detta inte vara möjligt. Då skulle bilden vara suddig. Ögat kan inte se tydligt på så nära håll.

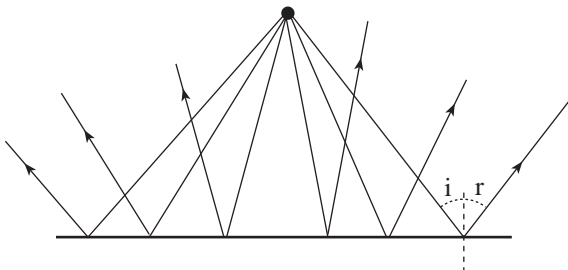
Anders funderar en stund och föreslår sedan ett experiment för att testa Annikas idé. Det går ut på att placera en text så nära ansiktet att den precis går att läsa utan att bokstäverna blir suddiga. Man mäter avståndet mellan ögonen och texten. Därefter ersätts texten med en spegel som placeras så nära ansiktet att det precis går att se någon liten detalj i ansiktet utan att den är suddig. Avståndet bör då bli detsamma om Anders har rätt och mindre om Annika har rätt. En ny mätning genomförs och resultatet ger upphov till en diskussion.

Ledtråden ges av läraren, som visar följande:



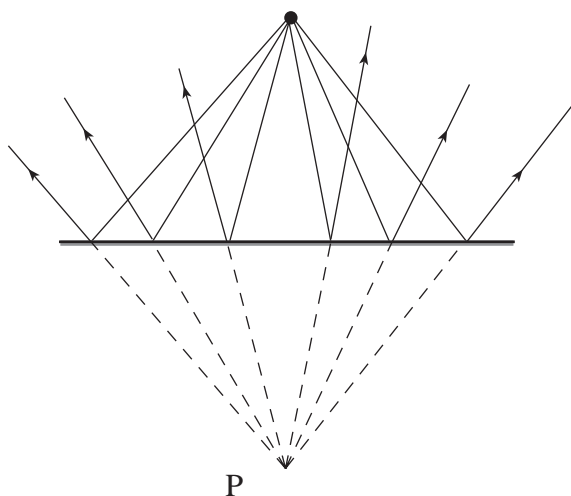
Figur 27.1. Hur fortsätter ljuset?

Om man placerar en liten punktformig ljuskälla (L) framför en spegel, så träffas denna av ljus vars färd kan beskrivas med strålar t.ex. som i figur 27.1.



Figur 27.2. Ljusets reflexion i en spegel.

Reflexionslagen ($i=r$) gör det möjligt att konstruera hur strålarna fortsätter. Se figur 27.2.



Om man förlänger de reflekterade strålarna bakåt finner man att alla verkar komma från en och samma punkt (P), som ligger lika långt bakom spegeln som ljuskällan är framför.

Figur 27.3. Förklaring av hur en punkt avbildas i en plan spegel.

Kan denna ledtråd hjälpa till att avgöra tvisten mellan Anders och Annika?

Förhoppningsvis leder detta till viss diskussion i smågrupper med åtföljande intressant redovisning.

Anmärkning

I princip skulle eleverna själva kunna genomföra den nu beskrivna geometriska konstruktionen och då upptäcka att alla reflekterade strålar verkar komma från en och samma punkt. Vi tror dock att konstruktionsarbetet i många fall inte kommer att bli tillräckligt noggrant, och då försvåras denna upptäckt. Därför föreslås att läraren, t.ex. genom att rita med linjal på tavlan, eller med hjälp av overheadblad, berättar om konstruerandet.

Kunskapsbasen

Avsnittet 'Punktformig avbildning' i kapitel 7 tar upp hur elever förstår avbildning med plana speglar.

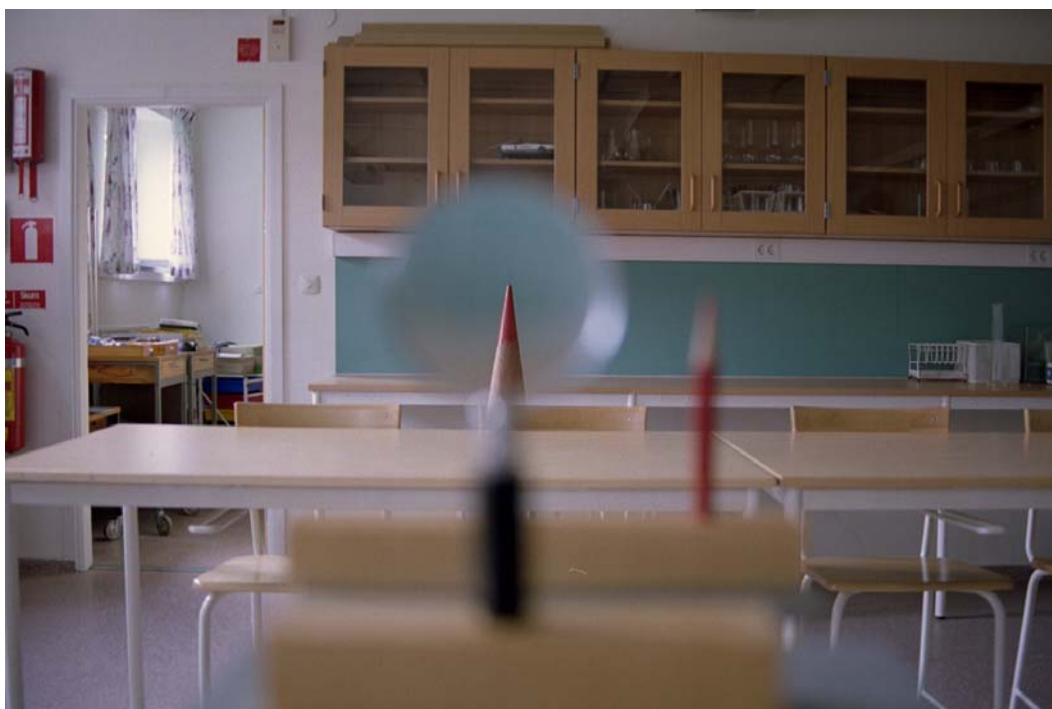
Problemsamlingen

Uppgifterna 53 t.o.m. 57 handlar om avbildning med plana speglar.

FÖRSTORINGSGLASET

Hittills har vi behandlat hur förstoringsglas ger verkliga bilder och plana speglar virtuella. Den förra bildtypen kan 'fångas' på en skärm, de senare inte. Nu är det dags att studera virtuella bilder som åstadkoms med hjälp av förstoringsglas.

Som bekant kan förstoringsglas användas för att titta på små saker som man vill få en större bild av på ett annat sätt än att avbilda dem på en skärm eller 'hänga en bild i luften.' Man placerar förstoringsglaset relativt nära det aktuella föremålet och tittar på det genom linsen. Den bild man då ser befinner sig inte mellan ögonen och förstoringsglaset och är heller inte verklig i den meningen att den går att fånga på en skärm.

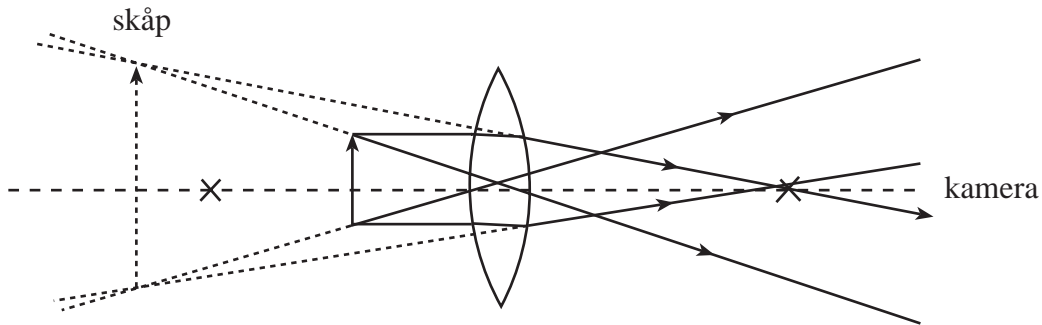


Figur 28.1. En virtuell bild av spetsen på pennan befinner sig på samma avstånd från kameran som skåpen .

Figur 28.1 visar en suddig penna på ett visst avstånd från kameran och en förstord bild av spetsen på denna penna. Kamerans skärpa är inställd på skåpen längst bort i klassrummet. Bilden av pennspetsen genom det suddiga förstoringsglaset är skarp och vi kan alltså dra slutsatsen att bilden ligger på samma avstånd som skåpen i borte delen av klassrummet. Man kan också se att bilden av pennspetsen är förstord jämfört med originalet, trots att det är längre avstånd till denna bild än till den verkliga pennan.

Med hjälp av kunskaper i geometrisk optik kan man konstruera en figur som förklarar var den virtuella bilden hamnar. Se figur 28.2.

Hur kommer det sig då att man upplever den virtuella bilden som större? Den ligger ju längre bort. Man kan tycka att storleksökningen borde 'ätas upp' av det ökade avståndet. Det ligger utanför ramen för detta arbete att reda ut detta i detalj. Det avgörande är att den synvinkel som den virtuella bilden upptar är större än den största synvinkel under vilken ett öga utan förstoringsglas kan se föremålet skarpt.



Figur 28.2. Konstruktion av virtuell bild

Genom denna konstruktion kan man också förklara hur glasögon för översynta fungerar. En översynt person kan inte fokusera exempelvis en text om den befinner sig för nära ögonen. Om man då placerar ett förstoringsglas eller positivt slipade glasögon mellan texten och ögonen uppstår en virtuell bild på ett avstånd där ögat kan fokusera. Den synvinkel som den virtuella bilden upptar är större än den största synvinkel under vilken det översynta ögat kan se föremålet skarpt utan glasögon.

DEL 5

NÅGRA FORSKNINGSRISULTAT

I denna del presenteras först några resultat från ett avhandlingsarbete. Resultaten gäller vad elever i skolår 8 och 9 har lärt sig efter att ha undervisats enligt lektionsförslagen i del 2 av detta arbete. Vissa av lektionerna i del 3 och 4 ingick också. På basis av avhandlingsarbetet och de många undersökningar som redovisats i del 1 föreslås sedan en teori om undervisning i geometrisk optik för elever i skolan. Eftersom teorin gäller ett bestämt område kallar vi den för en 'domänspecifik' teori.

29

GLIMTAR FRÅN ETT AVHANDLINGSARBETE

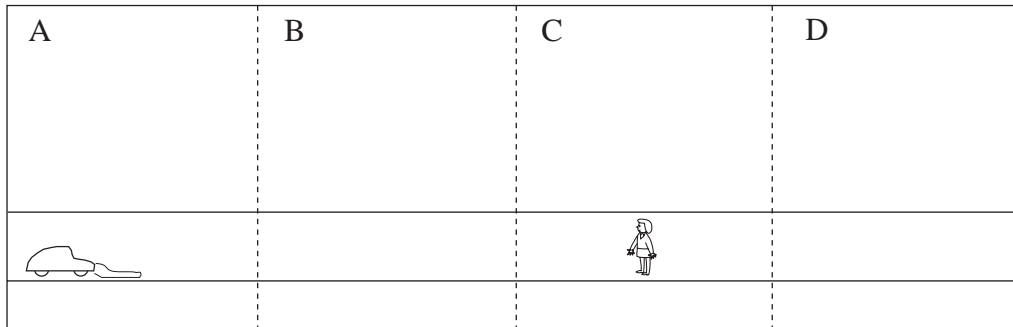
Skolåret 97-98 genomförde fem lärare undervisning i geometrisk optik i skolår 8 och 9 enligt lektionsförslagen i del 2 av detta arbete. Vissa avsett ur del 3 och 4 ingick också. Sammanlagt deltog cirka 240 elever i 13 undervisningsgrupper. Studien utgjorde en del av ett avhandlingsarbete.¹

Eftersom ekonomiska resurser alltid är begränsade är det nödvändigt att prioritera bland de många möjligheter att göra undersökningar som står till buds. Vi har gett högsta prioritet åt att ta reda på elevernas långsiktiga behållning, särskilt begreppsförståelse. Om denna är dålig eller uteblir så kan man inte påstå att den föreslagna lektionssekvensen bidrar till bättre undervisning.

En metod att mäta långsiktig behållning som vi använder är följande: Vi konstruerar två parallella test T1 och T2. Före undervisningen fördelas de två versionerna slumpmässigt på de elever som skall undervisas. Detta ger oss grupperna E1 och E2. Efter avslutad undervisning väntar vi cirka 6 månader och genomför så ett eftertest. De elever som fick T1 som förtest får nu T2 och vice versa. E1 och E2 blir på detta sätt varandras kontrollgrupper. Exempelvis jämförs E2:s eftertestresultat med E1:s förtestresultat. Den enda systematiska skillnaden mellan de två grupperna vid denna jämförelse är att medelåldern för E2 är cirka ett halvt år mer än den för E1, vilket vi bedömer inte har någon betydelse i sammanhanget. Förutom detta tillvägagångssätt ger vi också vissa uppgifter både som för- och eftertest till alla som deltar i undervisningen för att få en bild av hur varje elev utvecklas. Här följer två exempel på resultat.

Fotgängaren och billyktorna

Följande uppgift gavs enligt den modell med två parallella test som nysst beskrivits.



Det är dag och solen skiner. En bil står parkerad på en rak, plan bilväg. Bilen har halvljuset på. En fotgängare som står på vägen ser billyktorna. Det är cirka 200 meter mellan bil och fotgängare. Figuren är indelad i fyra områden: A, B, C och D. Fotgängaren står i område C. I vilka områden finns det ljus från billyktorna? Förklara ditt svar! Det finns ljus i:

- A
 A och B
 A och C
 A, B och C
 A, B, C och D

Resultatet framgår av tabell 26.1.

Tabell 29.1. Elevernas val av område/områden på uppgiften 'fotgängaren och bilen'. Fördelning (%) på olika alternativ.

	förtest (n=124)	eftertest (n=111)
Ej besvarat	4	5
A	52	33
A och B	15	9
A och C	2	1
A, B och C	9	20
A, B, C och D	18	32

Exempel på förklaring till att ljuset bara finns i A eller A och B är att billjuset slukas upp av, eller flyter ihop med, solljuset.

Exempel på förklaring till att ljuset finns i A, B och C eller i alla områdena är att solljuset visserligen är det starkaste ljuset, men att billjuset ändå finns där eller att ljus från en källa nästan går hur långt som helst.

Lisa och boken

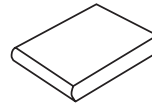
Följande uppgift har getts till alla elever i studien:

Lisa och hennes lärare pratar om att se.

Läraren: Förklara hur du kan se boken!

Lisa: Det går signaler i nervtrådar mellan ögonen och hjärnan.

Läraren: Ja, detta händer mellan ögonen och hjärnan. Men det är ju ett avstånd mellan boken och ögonen. Händer det något mellan dem?



Vad skulle Du svara? Rita och förklara!

Elevernas svar har delats in i följande kategorier:

- I. Ej besvarat (oftast) eller övriga svar
- II. Ingen länk mellan föremål och öga beskrivs
- III. Stråle, blick mm. från öga till bok, ibland också tillbaka till ögat
- IV. Stråle mellan öga och bok nämns eller ritas, men riktning framgår ej.
- V. Något (oftast stråle/ljus, men ibland bild) går från bok till öga
- VI. Boken reflekterar ljus/ljusstrålar som går in i ögat

Resultatet framgår av tabell 29.2.

Tabell 29.2. Fördelning av elever på kategorier, uppgiften 'Lisa och boken'. Skolår 8 och 9.

Elever på diagonalen (31%) har oförändrat resultat på eftertestet jämfört med förtestet. De som ligger till höger om diagonalen (60%) har förbättrat sina svar, de till vänster (9%) svarar sämre. Det är 19% av eleverna som ligger i kategori V och VI på förtestet. Motsvarande tal för eftertestet är 50%. Av de elever som från början uttrycker en modell för länken föremål öga (III tom. V) är det 46% som går upp i den högsta kategorin på eftertestet. Motsvarande för dem som inte uttrycker en modell (I och II) är något lägre, 35%

		E F T E R T E S T						
		I	II	III	IV	V	VI	
F Ö R T E S T	VI	0	0	0	1	1	20	22
	V	1	0	1	0	2	12	16
	IV	3	2	3	9	2	12	31
	III	2	0	4	4	3	7	20
	II	5	4	5	4	1	10	29
	I	25	7	13	9	2	31	87
		36	13	26	27	11	92	205

Översiktlig resultatbild

Sammanlagt användes 15 uppgifter som prövade begreppsförståelse. Av dessa behandlade 10 områdena 'ljusets existens och utbredning', 'seendet', 'ljusets reflexion' och 'filtrering av ljus'. Förbättringar för var och en av dessa uppgifter från för- till eftertest varierar mellan 20 och 50 procentenheter. Betydligt sämre resultat, ibland ingen förbättring alls, erhöles inom områdena 'brytning' och 'avbildning', undersökta med 5 uppgifter. Detta kan förklaras med att dessa moment på grund av tidsbrist fick behandlas översiktligt. Procentsatserna avser andelen acceptabla svar enligt kriterier som diskuterats fram. Exempelvis räknar vi svar enligt kategorierna V och VI i tabell 29.2 som acceptabla.

För 7 av det 10 först nämnda uppgifterna finns också resultat från en nationell utvärdering som genomfördes 1995. Det slumpmässiga nationella urvalet testades på våren i skolår 9 och utgjordes av 700 elever.² Skillnaden i procentenheter, avseende andelen acceptabla svar, mellan 'våra' elever och det nationella urvalets varierar mellan 19 och 40. Medelvärdet är 26 enheter. Vi hävdar därför att när det gäller områdena 'ljusets existens och utbredning', 'seendet', 'ljusets reflexion' och 'filtrering av ljus', så ger vår undervisningssekvens bättre resultat än gängse undervisningspraxis.

Om lärarens inverkan på elevernas resultat

Undervisningssekvensen genomfördes av fem lärare under reguljära skolförhållanden. Lärarna fick en introduktion till den nya undervisningen och några handledningsbesök, men var i övrigt hänvisade till lärarhandledningen.

De olika lärarna har som nämnts undervisat 13 grupper, och uppnådda resultat är mycket varierande. För att kunna jämföra olika undervisningsgrupper har vi tilldelat varje acceptabelt svar på en uppgift en poäng. För samtliga undervisningsgrupper kan vi då konstateras en ökning från för- till eftertest av antalet acceptabla svar per elev, som varierar mellan 0,71 och 6,47. Vi har inte på ett systematiskt sätt kopplat denna variation till enskilda lärare, men noterar att lärarhandledningen uppfattats olika. Den lärare som ser sig som en tillbakadragen handledare tenderar att få mindre bra resultat än den som intar en mer aktiv lärarroll, men vi tycker inte att tillgänglig data från lektionsbesök och intervjuer utgör något säkert underlag för detta påstående.

En intressant observation är att en lärare som undervisade sekvensen tre gånger i följd med olika grupper fick bättre och bättre resultat. Samtal under lektionsbesök pekade också på att han allt bättre förstod undervisningens intentioner och innehåll. Detta är en indikation så god som någon på lärarens betydelse för undervisningsresultatet, och en påminnelse om att man inte utan vidare skall göra drastiska revisioner av en undervisningssekvens, som kanske inte ger så bra resultat första gången som den prövas.

NOTER

KAPITEL 1

1. När det gäller individuella aspekter av den konstruktivistiska modellen har vi använt ett arbete av Furth (1969) som underlag. Den sociala aspekten av har inspirerats av Vygotsky, vars mest kända arbete är 'Thought and Language' (Vygotsky, 1962).
2. Figuren är hämtad från Churchland, 1979
3. Furth, 1969, s. 19.
4. Se Andersson, 2001.

KAPITEL 2

1. Se Karplus, 1965

KAPITEL 5

1. Detta avsnitt bygger på ett arbete av Ronchi (1970).
2. Jönsson & Hallstadius, (1987)
3. Denna synpunkt har utvecklats av Galili och Lavrik (1998).

KAPITEL 6

1. Karplus, 1969. Texten har översatts och bearbetats språkligt för att överensstämma med Keplers strålbegrepp.
2. Andersson, 2001.

KAPITEL 7

1. Guesne, 1985.
2. Bouwens, 1987.
3. Bouwens, 1987; Galili, 1996.
4. La Rosa, Mayer, Patrizi, & Vicentini-Missoni, 1984.
5. Langley, Ronen, & Eylon, 1997.
6. Guesne, 1985.
7. Galili, 1996.
8. Guesne, 1985.
9. Galili, 1996.
10. Langley m.fl., 1997.
11. Stead & Osborne, 1980.
12. Fetherstonhaugh och Happs, 1988; Stead och Osborne, 1980.
13. Se gärna <http://na-serv.did.gu.se/optik/utbredning/> som är ett försök att illustrera ljusets utbredning i form av en kort film
14. Guesne, 1985.
15. Ibid.

16. Ibid.
17. Ibid.
18. Langley m.fl., 1997.
19. Guesne, 1985.
20. Piaget, 1973, s 61.
21. Ibid. s 62.
22. Andersson och Kärrqvist, 1983; Guesne, 1985; Selley, 1996a och 1996b.
23. Viennot och Chauvet, 1997.
24. Alla riktningar om man bortser från de riktningar som går in i föremålet
25. Feher & Meyer, 1992.
26. Andersson, Bach & Zetterqvist, 1997b
27. Galili, 1996; Galili och Hazan, 2000.
28. Goldberg och McDermott, 1987.
29. Ibid.
30. Galili, 1996; Galili och Hazan, 2000.

KAPITEL 11

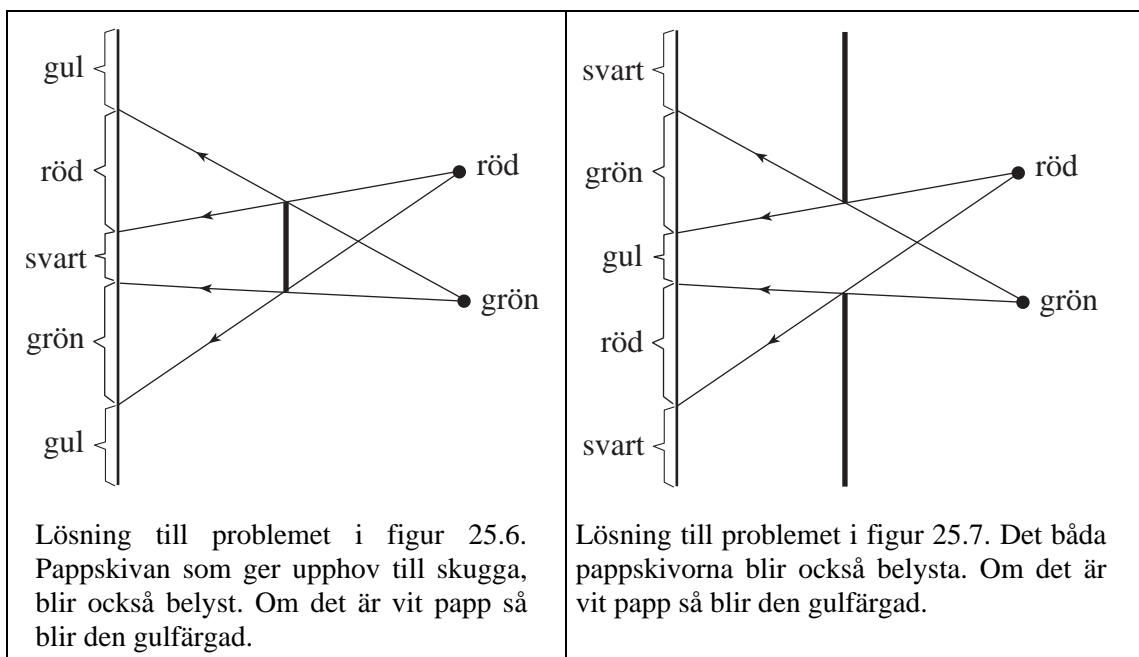
1. Black och William, 1998.

KAPITEL 16

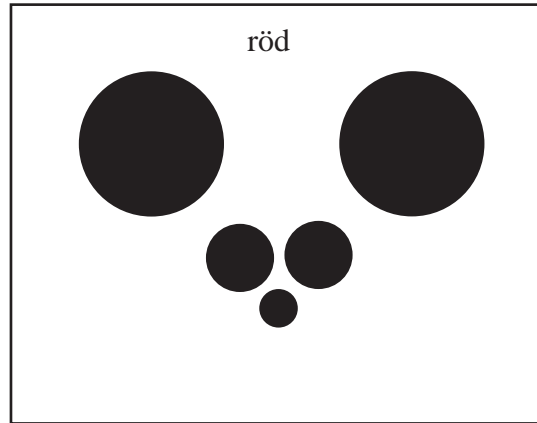
1. http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=153573 (kontaktad 30/9 2003)

KAPITEL 25

- 1.



2. Lösning till problemet i figur 25.9



KAPITEL 29

1. Bach, 2001.
2. Andersson, Bach & Zetterqvist, 1997.

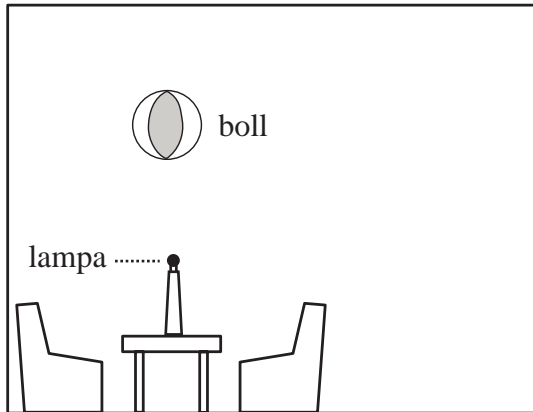
REFERENSER

- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm: Skolverket, Liber distribution.
- Andersson, B., & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5 (4), 387-402.
- Andersson, B., Bach, F., & Zetterqvist, A. (1997b). *Nationell utvärdering 95 – åk 9. Optik (NA-SPEKTRUM, nr 19)*. Mölndal: Göteborgs universitet, Inst. för ämnesdidaktik.
- Bach, F. (2001). Om ljuset i tillvaron. *Göteborg Studies in Educational Sciences*, 162. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Black, P., & William, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-48.
- Bouwens, R. (1987). Misconceptions among pupils regarding geometrical optics. In Novak, J.: *Proceedings of the 2. Int. Seminar "Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol.III. Ithaca: Cornell University.*, 23-38.
- Churchland, P. M. (1979). *Scientific realism and the plasticity of mind*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Feher, E., & Meyer, K. R. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Fetherstonhaugh, T., & Happs, J. (1988). Countering fundamental misconceptions about light: An analysis of specific teaching strategies with year 8 students. *Research in Science Education.*, 18, 211-219.
- Furth, H. (1969). *Piaget and knowledge*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice- Hall.
- Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.
- Galili, I., & Lavrik, V. (1998). Flux concept in learning about light: a critique of the present situation. *Science Education*, 82, 591-613.
- Galili, I., Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretations, structure and analysis. *International Journal of Science Education* 22(1) , 57-88
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1987). An investigation of student understanding of the real image, formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55 (2), 108-119.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 10-32). Milton Keynes: Open University Press.
- Jönsson, B., & Hallstadius, H. (1987). *Optik*. Lund: Studentlitteratur.
- Karplus, R. (1965). *Theoretical Background of the Science Curriculum Improvement Study*. Berkeley: Lawrence Hall of Science, University of California.
- Karplus, R. (1969). *Introductory physics*. New York: Benjamin
- La Rosa, C., Mayer, M., Patrizi, P., & Vicentini-Missoni, M. (1984). Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. *European Journal of Science Education*, 6(4), 387-397.

- Langley, D., Ronen, M., & Eylon, B.-S. (1997). Light Propagation and Visual Patterns: Preinstruction Learners' Conceptions. *Journal of Research in Science Teaching.*, 34(4), 399-424.
- Piaget, J. (1973). *The child's conception of the world*. London: Paladin. (Publicerades första gången i England av Routledge & Kegan Paul Ltd, 1929.)
- Ronchi, V. (1970). *The nature of light*. London: Heinemann
- Selley, N. (1996a). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Selley, N. (1996b). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(7), 837-846.
- Stead, B., & Osborne, R. (1980). Exploring Students' Concepts of Light. *Australian Science Teachers' Journal*, 26(3), 84-90.
- Viennot, L., & Chauvet, F. (1997). Two dimensions to analyse research-based teaching strategies. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1159-1168.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press.

BILAGA 1
SEX FRÅGOR OM LJUS, SKUGGA OCH ATT SE

1. Hur stor är skuggan?

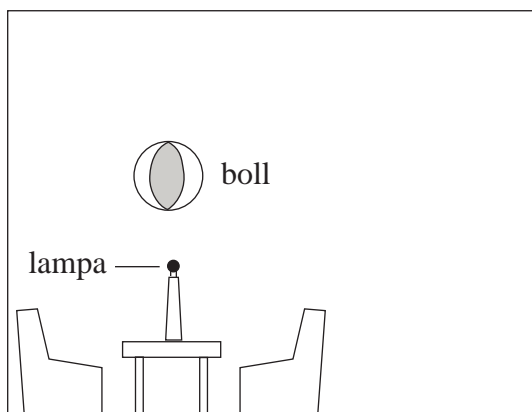


Bilden visar ett rum sett från sidan. På bordet står en mycket liten lampa. Den lyser starkt. Olle håller en boll rakt ovanför lampan som bilden visar. Det blir då en tydlig skugga i taket. Hur stor är den?

<input type="checkbox"/> skuggan är mindre än bollen	 boll	 skugga
<input type="checkbox"/> skuggan är ungefär lika stor som bollen	 boll	 skugga
<input type="checkbox"/> skuggan är något större än bollen	 boll	 skugga
<input type="checkbox"/> skuggan är betydligt större än bollen	 boll	 skugga

Förklara gärna ditt svar här:

2. Ändras skuggan?



Olle flyttar nu bollen närmare lampan. Hur ändras skuggan?

- Skuggan blir större
- Skuggan ändrar inte sin storlek
- Skuggan blir mindre

3. Varför blir det en skugga?

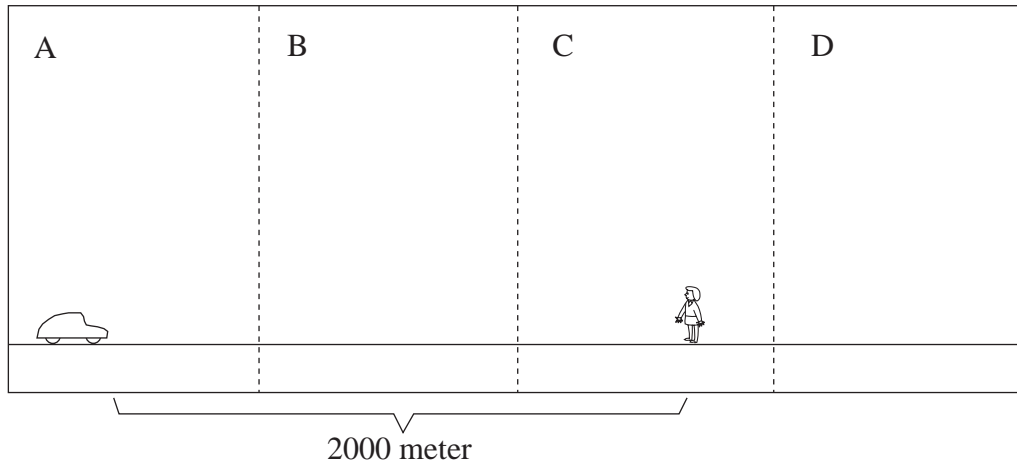
Hur kan det komma sig att det blir en skugga i taket? Sätt ett kryss för den förklaring som du tycker är bäst!

- Bollen stoppar ljuset från lampan
- Det blir skugga därför att bollen kastar sin skugga i taket
- Ljuset från lampan påverkar bollen så att den sänder iväg sin skugga till taket

4. Finns det skuggor i ett kolmörkt rum?

Nu släcker Olle lampan i rummet. Det blir kolmörkt. Han undrar: Jag kan inte se möblerna eftersom det är kolmörkt, men jag vet ändå att de finns i rummet. Jag undrar hur det är med bollens skugga? Finns den fortfarande i rummet?

Hur skulle du svara på Olles fråga?

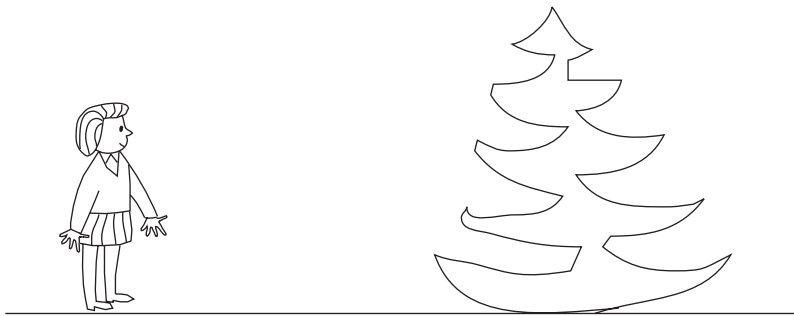
5. Bilen på vägen

Det är kolmörkt. Den enda ljuskällan är en bil som står på en rak väg. En flicka som står 2000 meter från bilen ser billyktorna. I vilka områden finns det ljus?

- Det finns ljus i område A, men inte i B, C och D
- Det finns ljus i område A och B, men inte i C och D
- Det finns ljus i område A, B och C men inte i D
- Det finns ljus i område A, B, C och D

Förklara ditt svar!

6. Carolina och granen



Carolina tittar på granen i trädgården. Hon vet att då man ser något, så går det signaler i nervtrådar mellan ögonen och hjärnan.

Hon tänker: Jag undrar om det händer något mellan granen och ögonen då jag ser granen?

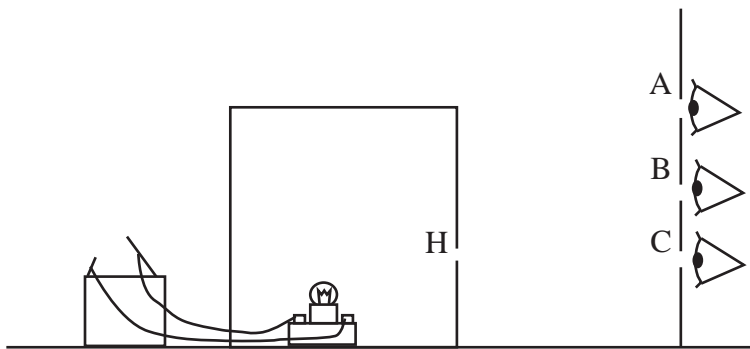
Vad skulle du svara på Carolinas fråga?

- Nej, det händer ingenting mellan granen och ögonen. När det är ljust så ser man.
- Ja, det som händer är att ögonen skickar ut blickar, som gör att man kan se granen.
- Ja det går en bild av granen från denna och in i ögonen.
- Ja, det går ljus från granen och in i ögonen.
- Ja, ögonen skickar ut blickar som studsar mot granen och tillbaka till ögonen.

BILAGA 2

ETT EXPERIMENT OM LJUS OCH SEENDE

Detta experiment förutsätter att man bygger den anordning som visas i figur A. I en låda finns en punktförmig ljuskälla i form av glödtråden i en liten lampa. Ljus från lampan kan passera genom hålet H. En bit från hålet befinner sig en skiva med tre små och runda öppningar – A, B och C. Glödtråden, hålet H och hålet B ligger på en rät linje. Om man själv vill bygga denna anordning är det bra att känna till att det krävs noggrannhet och tålamod för att få lådan bra. Alla delar som kan reflektera ljus i den bör målas med matt svart färg, dvs. lådans innerväggar, väggarna i hålet H och den del av lampglaset som är vänd från hålet H.



Figur A. Bild i genomsnitt av låda och skiva med tre hål för experiment angående seendet

Låt eleverna i smågrupper diskutera följande problem:

Inuti en låda med svarta innerväggar finns en glödlampa som lyser starkt. I lådans ena vägg har ett hål gjorts. En bit från hålet befinner sig en skiva med tre små och runda öppningar – A, B och C. Du observerar hålet H genom att sätta ditt öga intill respektive öppning. Vad ser du? Svar med förklaring!

Läraren kan med fördel visa experimentanordningen, men för eleverna gäller det att först fundera och sedan konfrontera sina hypoteser med verkligheten.

Variant 1

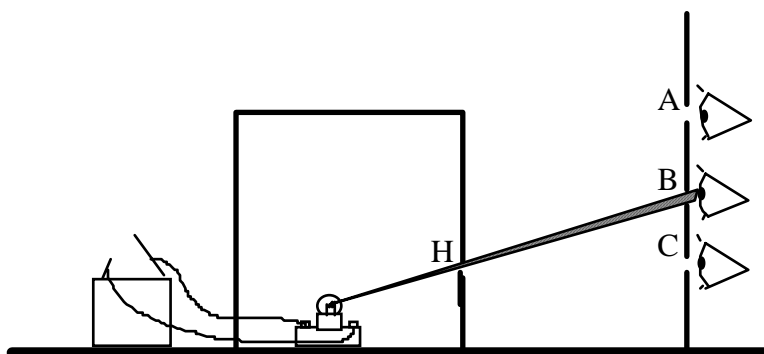
Man tejpar för hålen A och C med maskeringstejp och låter eleverna titta genom B. De ser en intensivt lysande fläck i hålets riktning. Förklaring? Vad kommer de att se då de tittar genom A respektive C. Svar med förklaring!

Grupperna diskuterar och skriver ner sina svar. Sedan redovisning och klassdiskussion.

Enligt litteraturen skall en hel del elever hävda att man ser ett lysande hål om man tittar genom A och C. (Kanske blir de mer benägna att svara så om de först tittat

genom B.) Detta stämmer inte med vad man faktiskt observerar. Det är bara genom B som man ser en starkt lysande fläck.

Förhoppningsvis har eleverna nu en sådan förståelse för ljusets utbredning att de är med på att ljus från lampan finns i den streckade smala konen. Se figur B. Till öppning A respektive C når inget lampljus. Kan detta ge en ledtråd till vad som krävs för att man skall se något?



Figur B. Förklaring av varför man ser ljus genom hål B och varför man inte ser ljus i något av de övriga hålen.

Variant 2

Börja med att sätta en pappskiva utan hål intill skivan med hål så att ljuset från lampan inte kan passera genom hålet. Be eleverna att förutsäga på vilket sätt pappskivan kommer att bli belyst av lampan inne i kuben. Ta därefter bort pappskivan och låt eleverna genomföra experimentet enligt ovan. Det är troligt att många elever kommer att kunna förutsäga att det kommer att bli en ljusfläck vid B och strax därefter kommer att förutsäga att de kommer att se ett lysande hål vid H, inte bara från B utan även från A och C. Om denna situation inträffar är det troligt att eleverna använder olika förklaringsmodeller för seendet och ljusets utbredning och detta kan skapa en spännande undervisningssituation där eleverna kan utmanas och förhoppningsvis utveckla sin förståelse av seende och ljusets utbredning.

För att se glödtråden på lampan måste ögat nås av ljus från denna (B). Det går inte att uppfatta ljus från lampan om ögat är bredvid detta ljus (A, C).

BILAGA 3

LUDVIG, LISA OCH LJUSET

1. Hur kan man lära sig bättre?

Ludvig och Lisa har känt varandra länge. De är goda vänner och kan prata med varandra om nästan allt – livet, kärleken, föräldrar, syskon... De är också intresserade av en hel del i skolan. Båda tycker att naturorientering är intressant. Lisa gillar bäst när eleverna får diskutera, Ludvig att göra experiment.

Vi träffar Ludvig och Lisa på en håltimme efter en lektion om ljuset. De är i en lite filosofisk sinnesstämning.

– Hur går det egentligen till när man lär sig? undrar Ludvig. Och hur skall man bära sig åt så att det man lärt sig sitter kvar?

– Det har jag funderat mycket på, säger Lisa. Tidigare trodde jag att man skulle repetera och repetera. Om vi tar ljuset som exempel, så tänkte jag det gällde att slå i sig att ljuset går rakt och att lära sig olika förklaringar utantill.

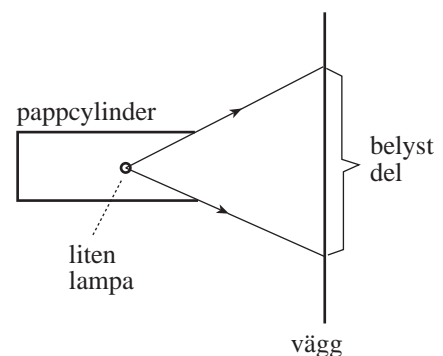
– Jag har väl varit inne på liknande tankar, säger Ludvig. Men det är ett ganska tråkigt sätt att lära sig. Man lägger in en kunskapsbit i huvudet som man inte kan göra så mycket med. Bara rabbla upp den. Har du kommit fram till något bättre och roligare sätt att lära?

– Ja, kanske det, säger Lisa. Om jag t. ex. läser om ett experiment så frågar jag mig själv vad som skulle hända om jag gjorde olika ändringar. Det tycker jag är kul, och kanske gör det att jag begriper bättre.

– Hm, mumlar Ludvig. Låt oss tänka på den här lampan som vi hade i en pappcylinder. Det blev en rund ljusfläck på väggen. Så här var det (Ludvig ritar figur 1 i sitt kollegieblock).

– Vår lärare Carolina förklarade att den lilla lampan sänder ut ljus åt alla håll. Ljuset går längs räta linjer som vi kallar strålar. Om man ritar de två strålarna i figuren så vet man vilken del av väggen som blir belyst.

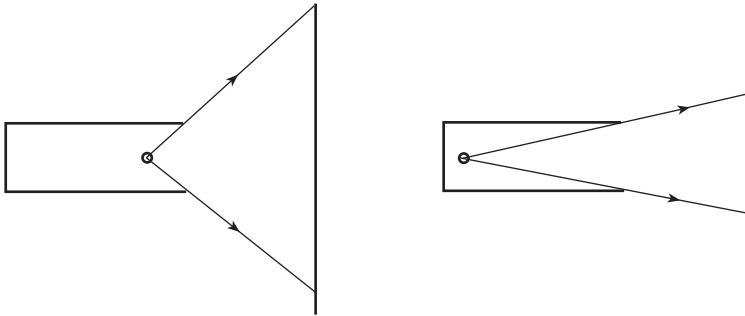
– Ja, det är ett bra exempel, säger Lisa. När jag har hört den förklaringen så ställer jag mig olika frågor, till exempel:



Figur 1

- Vad händer med ljusfläcken om man drar in lampan mer i cylindern?
- Vad händer om man ökar ljusstyrkan på lampan? Blir fläcken större då?
- Lampan måste ju sända ut ljus åt andra håll än genom öppningen på cylindern? Vad händer med detta ljus.

- Intressant, tycker Ludvig och ritar figur 2



Figur 2

- Jag undrar hur stor ljusfläcken skulle bli om cylindern är flera meter lång och man drar in lampan ända in? funderar han. Och hur stor blir fläcken om man flyttar ut lampan ända ut till öppningen. Oändligt stor? Men det finns ju ingen oändligt stor vägg att belysa. Och hur blir det med ljusstyrkan på fläcken då den blir större och större?

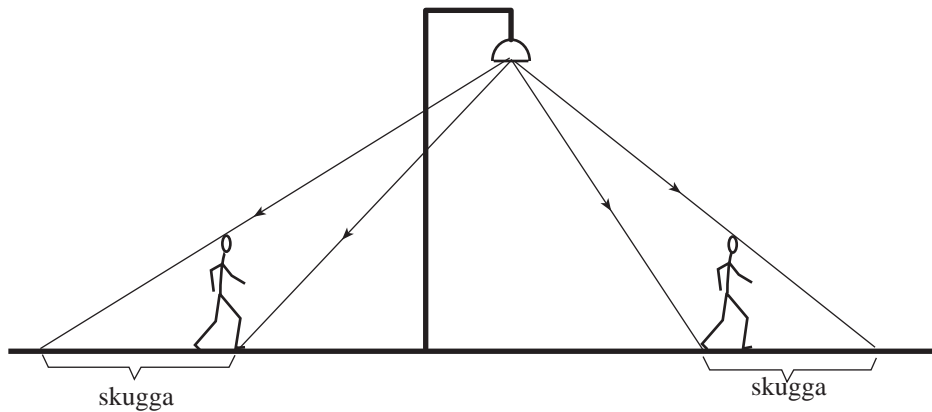
- Där ser du, säger Lisa. Om man börjar att ändra på saker så vet man inte var man hamnar. Det kan bli ganska spännande.

- Vi lämnar lampan och cylindern, säger Lisa. Här är en annan grej som jag använder för att lära mig bättre än när jag bara pluggar. Jag frågar mig om det jag fått reda på i skolan kan göra att jag lägger märke till något omkring mig som jag inte sett eller tänkt närmare på förut. Ibland ser jag saker med nya ögon, och då har jag liksom kopplat ihop lektionerna i skolan med min egen värld. Det tycker jag känns bra.

- När du säger det så kommer jag faktiskt ihåg att jag häromkvällen funderade över min skugga när jag går hem sent en natt, påpekar Ludvig. Ibland är den framför mig och ibland bakom.

- Det har du rätt i, säger Lisa. Det har jag sett också men inte tänkt närmare på. Låt oss fundera på detta. För att det skall bli en tydlig skugga måste det finnas en ljuskälla. Vad har vi för ljuskällor på natten.

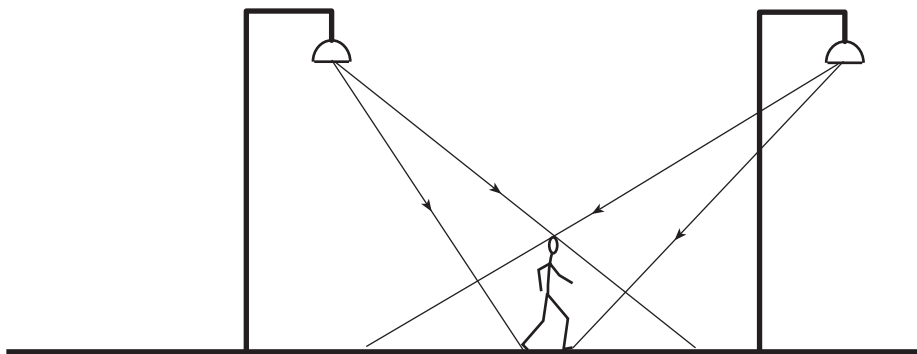
- Gatlyktorna förstås, säger Ludvig. Han ritar figur 3.



Figur 3

– Om man tänker på att ljuset går rakt, så förstår man att det ljus som flödar från lampan och mellan de två utritade strålarna stoppas av gubben. Innan han har kommit fram till lampan, så är skuggan bakom honom. När han har passerat lampan så blir skuggan framför honom.

– Men det är ju inte en lampa det handlar om, utan flera i rad, påminner sig Lisa. Nattvandrarerna borde alltid ha två skuggor från de två lampor som är närmast honom. Hon ritar figur 4.



Figur 4

– Har du varit på en kvällsmatch i fotboll någon gång, undrar Ludvig. Där är det inte bara två strålkastare som lyser upp utan många. Jag undrar hur det är med spelarnas skuggor? Jag får kolla in det noga nästa gång...

Både Ludvig och Lisa funderar ett tag över hur det ser ut med skuggorna under en kvällsmatch, men går inte vidare med detta. I stället säger Ludvig.

– Nu har vi pratat ganska länge om ljuset och hur det går och hur det blir skuggor. Att diskutera som vi gör är väl också ett bra sätt att lära sig? Vad säger du om det?

– Ja, det var faktiskt nästa sak som jag tänkte dra upp, säger Lisa. Man kan också berätta vad en lektion har handlat om för någon. Då lär man sig en hel del, och

man märker ibland vad man inte har fattat, för det kan man inte förklara. Att berätta för pappa och mamma känns för min del ganska hopplöst, men jag tycker det är trevligt att resonera med farfar. Han ställer också bra frågor som gör att jag får skärpa mig extra.

– Apropå frågor, säger Ludvig, så brukar Carolina tjata på oss att vi skall ställa sådana under lektionerna. Hon säger att det kan göra att vi lär oss mer och på ett bättre sätt.

– Nå, har du någon bra fråga på lager, undrar Lisa.

– Om den är bra vet jag inte, säger Ludvig, men jag funderar över det här med att katter ser i mörkret. Det har jag i alla fall hört att dom skall göra. Tänk dig att du och din katt är i ett fotografiskt mörkrum. Alla springor är tätade, så det kommer inte in en enda liten gnutta ljus in i rummet. Det är kolmörkt och du ser ingenting, hur länge du än väntar. Absolut ingenting. Men hur är det med katten? Ser han verkligen nånting i detta mörker?

– Bra fråga, skall Lisa just till att säga, men hon inser plötsligt att håltimman är slut, och påminner Ludvig om detta.

– Vilken håltimma, suckar Ludvig. I stället för att vila hjärnan har vi diskuterat hela tiden. Och vi har kommit fram till fyra sätt att lära sig bättre:

- i tanken ändra på saker i t. ex. ett experiment och fråga sig vad som händer då
- försöka koppla samman det som lektionerna handlar om med sin egen värld
- diskutera med andra och berätta för andra om undervisningens innehåll
- ställa frågor

– Man skall inte bara lära sig, man skall också lära sig att lära sig, säger Lisa med ett milt leende.

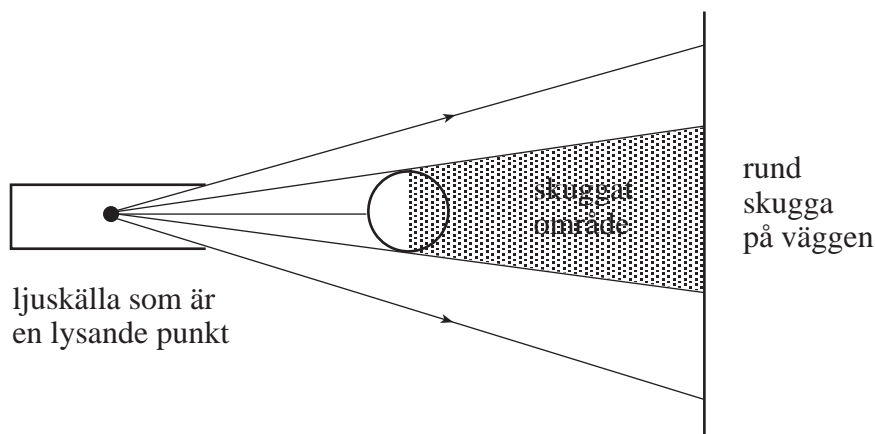
– Jobbigt, jobbigt, stönar Ludvig.

De rusar till nästa lektion.

2. Ljuset och den suddiga skuggan

Nästa gång vi träffar Ludvig och Lisa är en eftermiddag då de är på väg hem från skolan. Deras lärare Carolina har haft en ny lektion om ljuset.

- Den här idén om att ljuset utbreder sig längs räta linjer och att man ritat strålar för att visa den väg som ljuset går tål att tänka på, säger Ludvig.
- Man har ju ritat strålar från solen några gånger, men inte tänkt närmare på vad de där strecken betyder, påpekar Lisa. En sol skall ritas med streck åt alla håll. Det bara är så.
- Och man ser ju inget ljus som går längs räta linjer från solen eller från lampor, inskjuter Ludvig. När man tänder en lampa i ett rum så är det som rummet hastigt fylls med ljus, och då kan man se.
- Vad har man då egentligen för glädje av den här idén om strålar som visar hur ljuset går från en ljuskälla, undrar Lisa.
- Ja, det kan man fråga sig, tycker Ludvig och tänker en stund. Så säger han:
- Kanske jag förstår lite bättre vad skuggor är efter lektionerna i skolan. Tidigare har jag inte tänkt så mycket på hur det blir skuggor. Jag har nog trott att skuggorna kommer från föremålen, att föremålen gör skuggor på något sätt. Man säger ju t. ex. att träden kastar sina skuggor. Men Carolina påstod att det blir skuggor därför att ljuset stoppas.
- Ja, den saken tyckte jag att jag begrep, säger Lisa. Hon tar fram sin anteckningsbok och visar det hon ritade under lektionen:

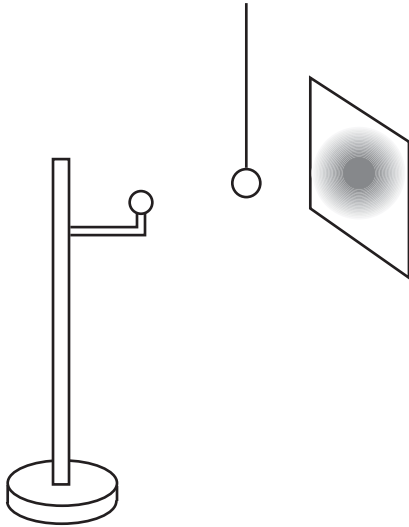


Figur 5

Glödtråden på lampan sänder ut ljus åt alla håll. Det som träffar bollen stoppas. Det kan inte fortsätta. Bakom bollen blir det skugga. Om man vet att ljuset går rakt kan man räkna ut hur stor skuggan blir. Se figuren!

- Har du tänkt på, säger Ludvig, att de skuggor som blir inomhus då man tänder lamporna inte alls är så skarpa och tydliga som de skuggor vi gjorde i skolan.
- Ja, det är sant, säger Lisa. Det skulle vi kanske undersöka lite närmare. Vi kan gå in till mig.

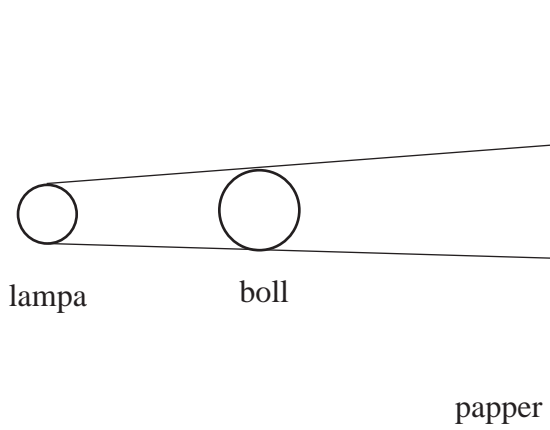
De har kommit fram till Lisas trappuppgång. Det luktar nybakade bullar. Ludvig tänker att det nog är Lisas mamma som håller på med att baka och går med på Lisa förslag. Och mycket riktigt. Lisas mamma bakar. Hon frågar om de är sugna på saft och bullar. Lisa säger att de är jättesugna, men att de först måste diskutera färdigt ett problem. De går in i vardagsrummet och tänder en golvlampa.



Figur 6

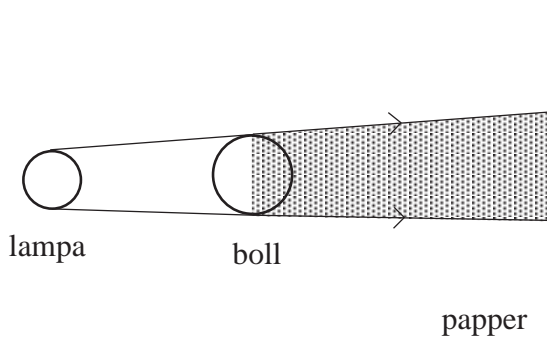
De vill göra ett experiment liknande det i skolan, så de tar av skärmen på golvlampan och håller en boll i en tråd så som figur 6 visar. De har tejpat fast tråden på bollen. På ett vitt papper ser de då en suddig skugga av bollen. Skuggan blir mindre och tydligare om man håller bollen nära pappret. Den blir större och otydligare om man håller bollen närmare lampan.

– Vi kanske kan använda Carolinas figur när vi funderar (figur 5 ovan), säger Lisa. Men vi måste ändra på ljuskällan. Nu är den inte en liten punkt utan större. Vi kan rita så här.



Figur 7

Ludvig märker att Lisa ser fundersam ut när hon ritat lampa, boll och papper. Så tar hon sin linjal och drar två linjer. Se figur 7.

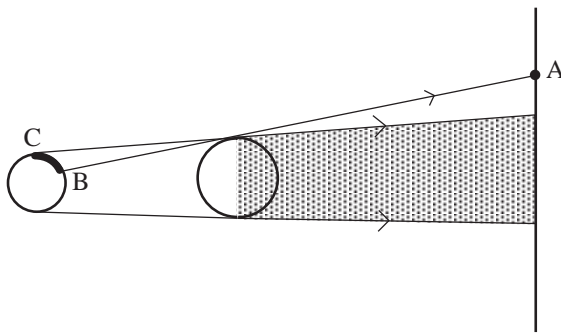


Figur 8

Därefter ritas hon området mellan bollen och papper mörkt (figur 8).

– Om jag inte tänker helt fel, så kan det inte komma något ljus från lampan till det här området bakom bollen, säger hon.

– Det har du rätt i, instämmer Ludvig. Ljuset går ju rakt, och var det än börjar på lampan så kan det ju inte komma in i det mörka området. Ljuset som går längs de två strålarna i figuren är det som går närmast det mörka området.

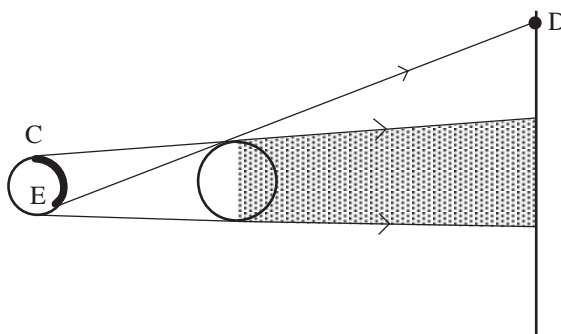


Figur 9

– Jag misstänker att det vi nu ritat har något att göra med att den sud-diga skugga som vi ser är mörkast i mitten, funderar Lisa. Låt oss nu tänka på en punkt på pappret som ligger en liten bit ifrån det mörka området. Hon markerar punkten (A) och ritat så linjen AB (figur 9).

– Aha, säger Ludvig. Till punkten A kommer det ljus från en liten del av lampan – den här! Han ritat strålen AB och bågen BC på lampan.

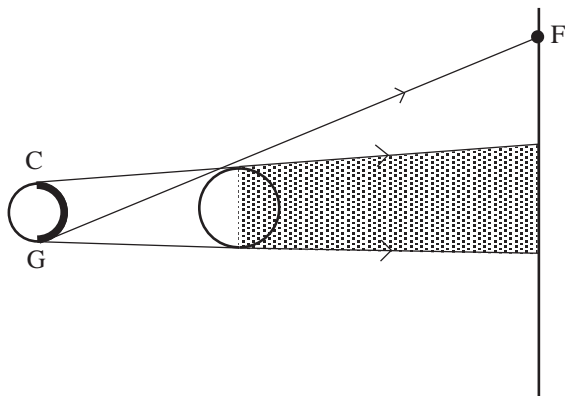
– Lite ljus till punkten alltså, säger Lisa, men bara från en mindre del av lampan.



Figur 10

– Vi tar en ny punkt, lite längre bort från den mörka delen, tycker Ludvig. Han sätter ut punkt D och drar linje DE (figur 10).

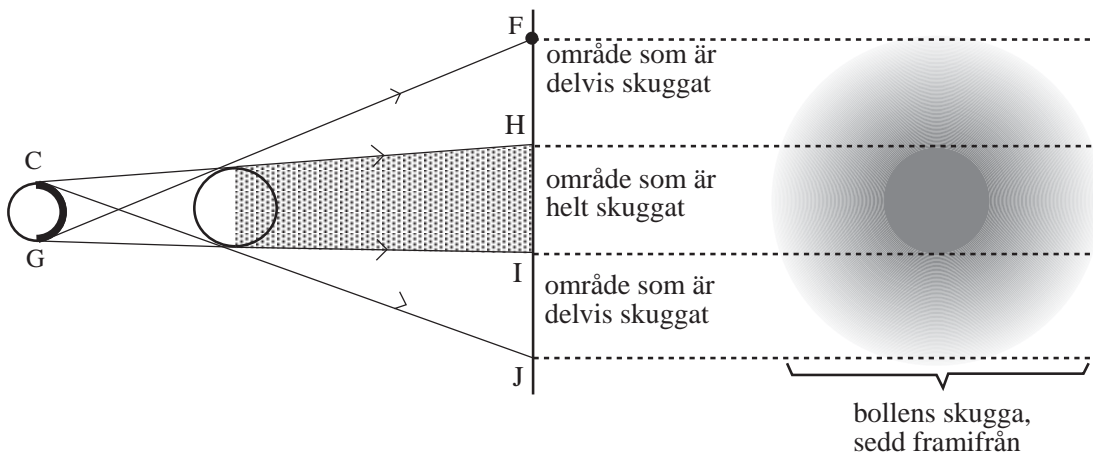
– Ja, nu är det en större del av lampan som kan belysa punkten D säger Lisa och ritat bågen CE. Det borde alltså vara lite ljusare i D jämfört med A.



Figur 11

– Då är det väl bara att ta sista steget till den punkt där man börjar se hela lampan, tycker Ludvig. Han ritar strålen FG och bågen CG (figur 11).

– Dags för en sammanfattning, anser Lisa. Hon ritar figur 12.



Figur 12

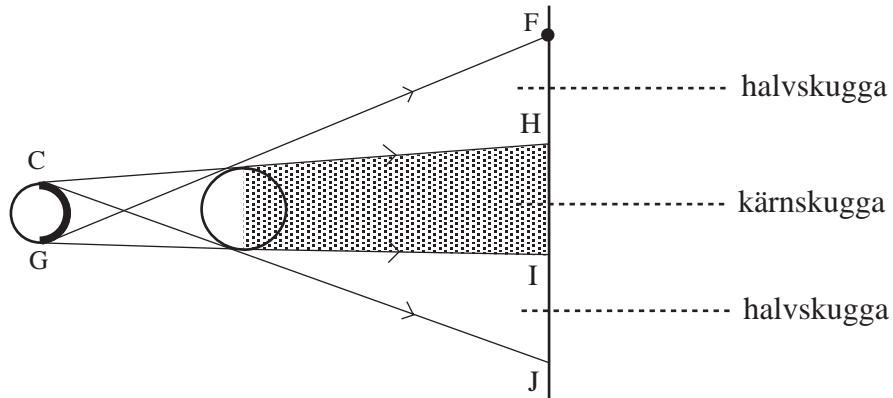
– Det här förklarar väl ganska bra det som vi har sett på det vita pappret, tycker Lisa. Vi ser en skugga som är mörkast i mitten (H-I) och som blir ljusare och ljusare ju längre ut man går från H till F och från I till J.

– Detta var ett rejält tankearbete, pustar Ludvig.

Just då tittar Lisas mamma in och undrar om de har glömt bort bullarna och saften. Hon hejdar sig då hon får syn på deras teckningar.

– Det här kommer jag faktiskt ihåg från skolan, säger hon. Det mörkaste området visar kärnskugga och områdena bredvid halvskugga.

– Lika bra att vi skriver upp det, säger Lisa (figur 13).

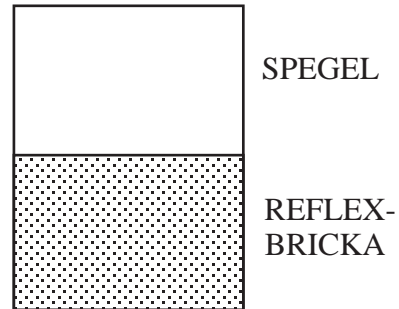


Figur 13

- Nu behöver vi verkligen bullar, tycker Ludvig. Man blir hungrig av att tänka.
- I så fall är det jag som ska ha mest bullar, hojtar Lisa, för jag har tänkt mest.
- Du får visst något slags storhetsvansinne så fort det rör sig lite däruppe, morrar Ludvig.
- Lisas mamma suckar... De går ut i köket.

3. Mysteriet med spegeln och reflexbrickan

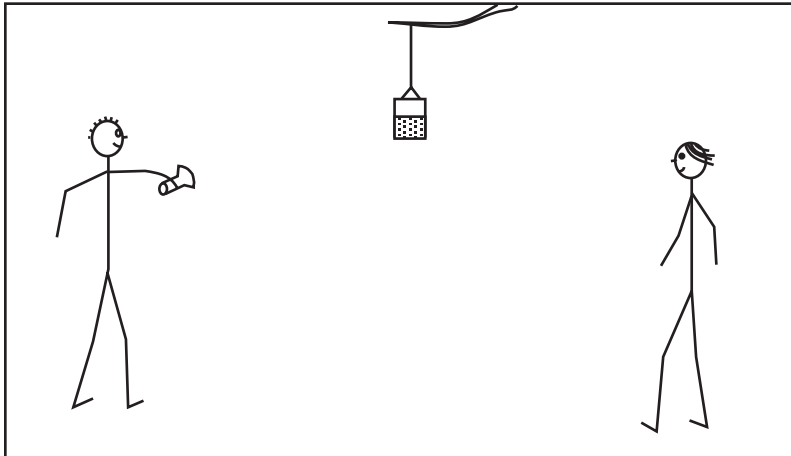
Den här gången träffar vi Ludvig och Lisa en mörk kväll, då de båda skall delta i en trafikövning. De skall stå vid sidan av en skogsväg en bit ifrån varandra. Ludvig skall bära reflexer, Lisa inte. Klasskamraterna skall få åka i bil på vägen för att se vilken skillnad det gör att ha reflexer på sig i mörkret.



Figur 14

Men Ludvig och Lisa har förberett ett eget experiment, som de tänker göra innan bilarna kommer. De har klistrat en spegel och en reflexbricka på en pappbit så som figur 14 visar.

I en trädgren vid väggkanten hänger de upp pappbiten med spegel och reflexbricka (figur 15). De behöver naturligtvis använda ficklampan för att klara detta. Det är verkligen mörkt i skogen. Tursamt nog är det vindstilla, så spegeln hänger som de vill att den ska hänga. Sedan går de bakåt några meter. Ludvig riktar ficklampan mot den upphängda pappbiten. Han ser då att det blir reflex i brickan men inte i spegeln. Lisa ser att det blir reflex både i brickan och i spegeln.



Figur 15

De byter plats med varandra. Då Lisa riktar in ficklampan kan Ludvig se det Lisa såg förut. Och Lisa ser bara mörker där hon väntar sig att spegeln skall vara.

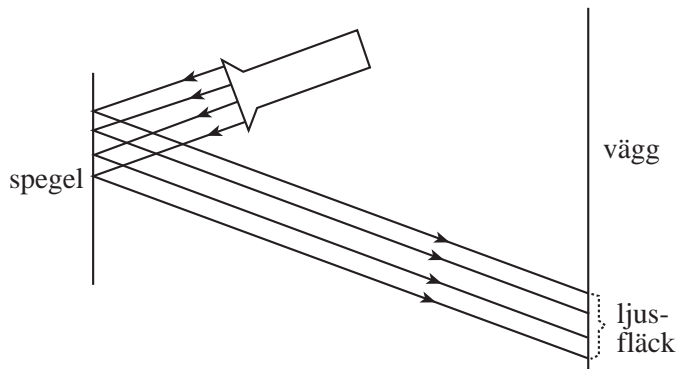
De börjar båda fundera över detta, då ljudet från en avlägsen bilmotor hörs. Det kan vara första bilen. Ner med spegeln, släcka lampan, snabbt på plats längs väggkanten! Den ena bilen efter den andra passerar. Som tur är har inte föraren i den sista glömt att Ludvig och Lisa skall åka med tillbaka till skolan. Där är det genomgång efter bilfärden.

Men både Ludvig och Lisa har tankarna på annat håll. Varför syns reflexer var man än står från brickan de hängt upp, men från spegeln bara i ett läge?

Reflex, reflektera.... Plötsligt kommer Ludvig ihåg en fysiklektion för några dagar sedan. De talade om att ljus reflekteras. Han säger:

– På fysiken i måndags pratade vi om att ljus reflekteras . Det måste ha något med reflexer att göra.

– Just det, instämmer Lisa. Carolina, vår lärare, lät oss göra ett experiment. Minns du.... Hon plockar fram sina anteckningar ur skolryggsäcken och slår upp figur 16.



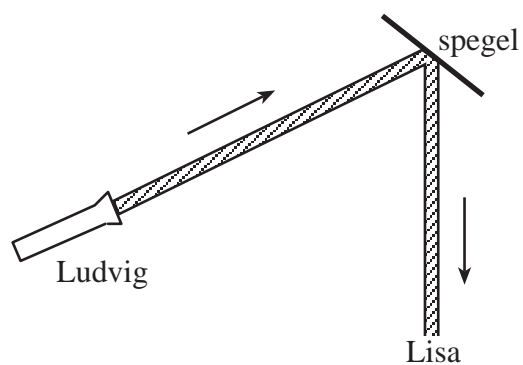
Figur 16

Hon säger: – Vi riktade en tänd ficklampa mot en spegel. Då såg vi en ljusfläck på väggen. Och det förklarade vi med att ljuset från ficklampan går längs parallella linjer och reflekteras i spegeln. Vi ritade figur 16.

– Då tror jag att jag förstår varför vi bara ibland såg reflexen från spegeln vi hängt upp, säger Ludvig. Han ritar figur 17.

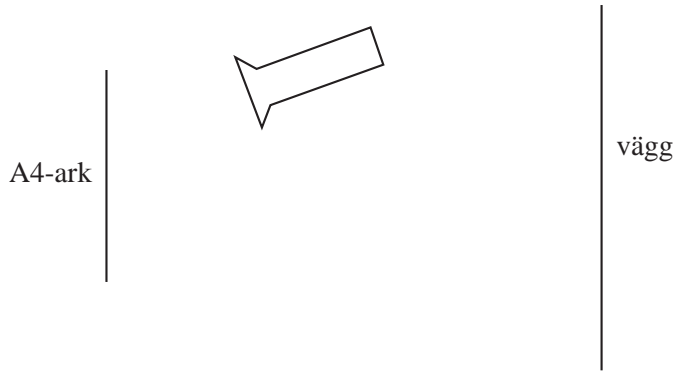
Ludvig säger: – Ljuset från ficklampan går i det streckade området. Om man står i det området kan man se ljuset från ficklampan. På alla andra ställen ser man inte ljuset, och ingen spegel heller för den delen, eftersom det är kolsvart ute i skogen.

Just det, instämmer Lisa. Skall man se ljuset måste det komma till ögonen. Det räcker inte med att bara titta.



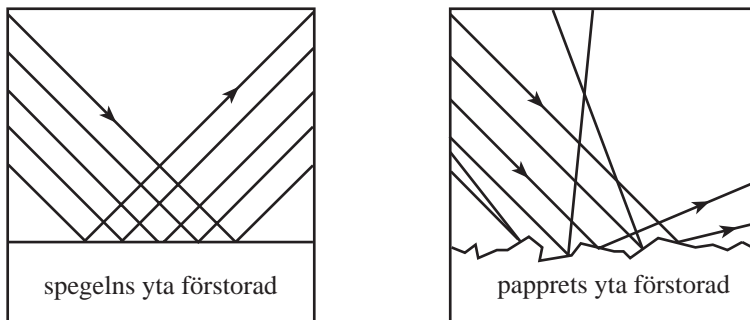
Figur 17

Ludvig och Lisa bläddrar vidare i sina anteckningar. Nästa experiment var att lysa med lampan på ett vitt A4-ark (figur 18). Då blev det ingen tydlig ljusfläck på väggen. Men väggen lystes ändå upp på ett diffust sätt. Tog man bort A4-arket blev väggen mörkare.



Figur 18

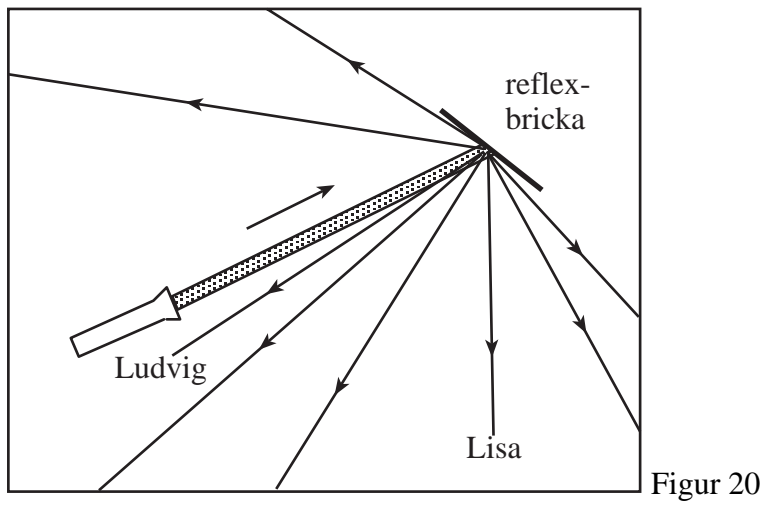
Förklaringen gick ut på att det släta vita papperet egentligen är skrovligt. Detta syns i förstoring. Därför reflekteras ljusstrålarna från ett mycket litet område av papperet åt olika håll – så här (figur 19).



Figur 19

– Då är saken klar, säger Lisa. Reflexbrickan består egentligen av en mängd pyttesmå speglar, som är vända åt olika håll. Därför reflekteras ljuset åt alla möjliga håll då vi belyser reflexen.

Lisa ritade figur 20.



Figur 20

- Jaha, då har vi löst problemet, säger Ludvig. Då kanske vi ska gå in och lyssna på genomgången av trafikövningen.
- Vi kan ju alltid ge det goda rådet att inte ersätta reflexbrickor med speglar, tycker Lisa.

4. Blickar ut eller ljus in?

Det är sen eftermiddag på hösten. Ludvig och Lisa gör sällskap hem. Ludvig har spelat innebandy, och Lisa pingis, efter skolans slut. Ludvig har hållit på med sin sport några år. Tack vare träning tål han nu en hel del smällar. Kompisarna tycker att han är en hård och bra back. Lisa har bara spelat pingis några månader, men snabbt kommit in i lret. I dag är hon extra belåten. Hon tog hem en viktig boll med en lurig skruv. Det berättar hon för Ludvig.

Men Ludvig har annat i tankarna. Han tittar på solnedgången och säger:

– Förr tänkte jag på att det är vackert att se solen gå ned. Men just nu funderar jag över hur jag kan se solen. Jag tänker på vad vi pratat om i skolan – att man ser föremål därför att det kommer ljus från dem.

– Ja, den förklaringen känns ganska naturlig när det gäller solen, tycker Lisa. Det gör ont i ögonen när man tittar rakt in i den. Solen gör något med ögonen, fast den är så långt bort. Den sänder ut ljus. En del av det går in i ögonen. Ljusflödet är så starkt att det kan skada.

– Jag tycker som du när det gäller solen, säger Ludvig. Och likadant med ficklampor. Men det är svårt att tänka sig att det kommer ljus från huset där. Huset liksom bara finns, och jag tittar på det. Jag kan tänka mig att ljus från solen träffar huset och lyser upp det. Men att det går något ljus från huset till mina ögon har jag svårt att förstå.

– Jag har också funderat på den saken, säger Lisa. Förut så tänkte jag mig att ögonen sänder ut blickar – en slags synflöde kan man säga. Då blickarna träffar huset ser man det.

– Ibland kan man nästan känna blickar i nacken, påpekar Ludvig. Och jämför ögon och öron! Öronen är som små skålar – de buktar inåt. Den formen gör det lättare att fånga upp ljud. Men ögonen buktar utåt. Det kanske är ett tecken på att de sänder ut något...

– Jag är väldigt osäker på det här, mumlar Lisa. Vi kan väl pröva Carolinas idéer. Vi tycker båda det är OK att ljus från solen går in i våra ögon. Tänk dig nu att man tittar på en vit vägg en solig sommardag. Då blir man så gott som bländad. Här känns det också naturligt att det är ljus från solen som reflekteras i väggen och därifrån in i våra ögon. Det kommer alltså ljus ifrån väggen, vilket förklarar att vi ser den. Sen tänker man att det som gäller för den vita väggen också gäller för vanliga föremål.

– Det du säger hänger ihop på något sätt, menar Ludvig. Men jag känner mig inte helt säker. Om ljuset från solen reflekteras i husväggen därborta, varför ser vi då väggen och inte solen?

– Det var en svår fråga, säger Lisa. Den tål verkligen att tänka på...

Lektioner, träning, en lång diskussion om att se... Det finns en gräns för vad man orkar med på en dag, tänker Lisa. Ludvig gäspar och ser trött ut. De säger hej och går var och en till sitt.

5. Bakelsekalas med teoretiska förhinder

En eftermiddag unnar sig Ludvig och Lisa att gå på kondis. Gräddbakelser och kaffe för båda.

– Eftersom gräddbakelser är så otroligt goda måste de vara nyttiga på något sätt, tycker Lisa.

Ludvig nickar och mumsar i sig. När de hunnit till påtåren kommer Carolina – deras fysikfröken – in för att köpa vetebullar.

– Jaså, här sitter ni och kopplar av, säger hon. Det kan behövas efter den långa skoldagen. Det finns en hel del skoltrötta elever. Många menar att det beror på att skolan är alltför teoretisk.

– Vad är egentligen en teori, undrar Lisa.

– Det är en bra fråga, tycker Carolina. Men den är inte så lätt att svara på. Vi kan resonera om en teori som ni båda arbetat med den sista tiden – den om ljuset.

– Ja, den har jag till och med skrivit ned i min anteckningsbok, säger Ludvig. Han tar upp den och läser:

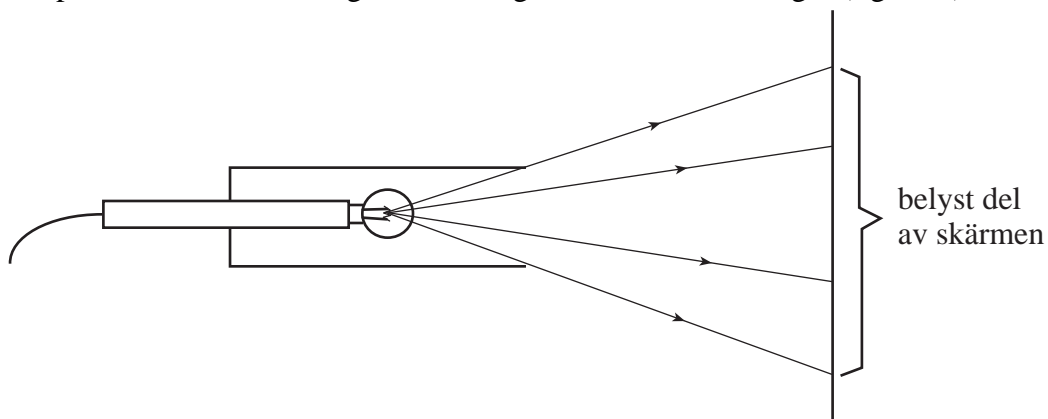
VÅR TEORI OM LJUSET

1. Från varje punkt på en ljuskälla går det ljus åt alla håll
2. Ljuset går längs räta linjer, som kallas strålar
3. Ljus kan reflekteras. Infallsvinkeln är lika med reflexionsvinkeln.

– Ja, där har vi teorin, säger Carolina. Då minns ni också att vi använt teorin till att förklara en hel del.

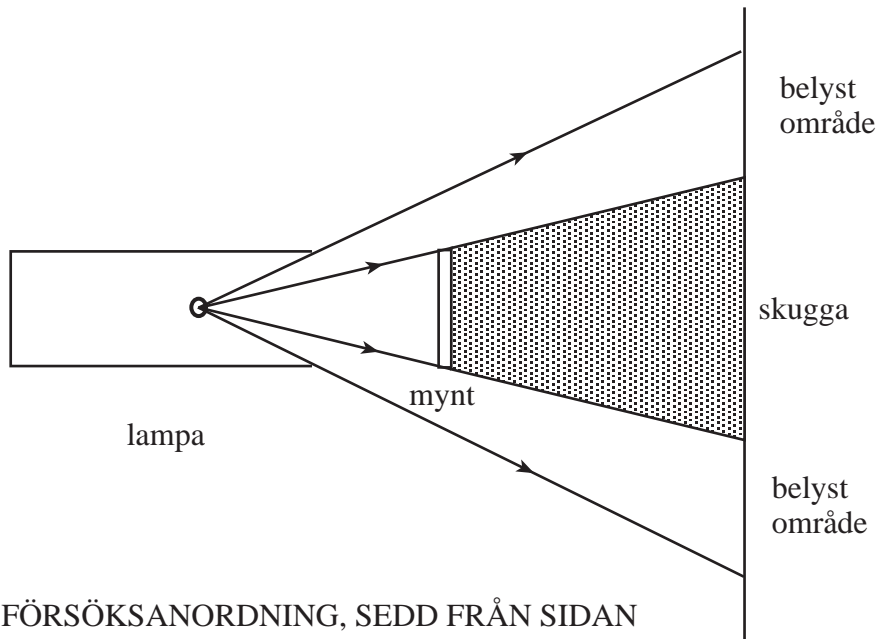
– Ja, säger Ludvig och Lisa samtidigt. De bläddrar i Ludvigs anteckningar.

– Vi förklarade varför det blev en rund cirkel av ljus på en skärm då vi satte på en lampa som var inuti ett slags rör. Ludvig visar sina anteckningar (figur 21).



Figur 21

Och så förklarade vi varför det blev en rund och stor skugga då vi höll ett litet mynt framför öppningen, säger Lisa. Hon pekar på en bild i Ludvigs anteckningsbok (figur 22).



Figur 22

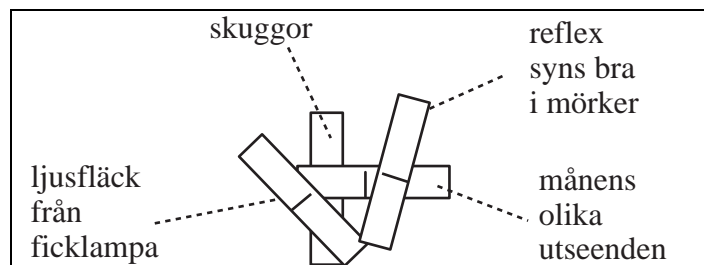
– Och när vi gjorde experiment med reflexen och spegeln i den mörka natten kunde vi förklara varför man såg reflexen från alla håll, men ljus från spegeln bara på ett ställe, påminner sig Ludvig. Och i skolan förklarade vi varför det blir en tydlig ljusfläck då man lyser med en ficklampa på en vägg.

– Ja, då har ni kanske upplevt att teorin om ljuset kan användas i en hel del olika sammanhang, säger Carolina. Tänk då på att teorin bara består av några meningar. Men dessa meningar uttrycker några verkligt väsentliga saker om ljuset. Det är med teorins hjälp som man förstår. Innan vi gick igenom teorin så visste ni

– att en ficklampa kan ge en ljusfläck
– att det finns skuggor

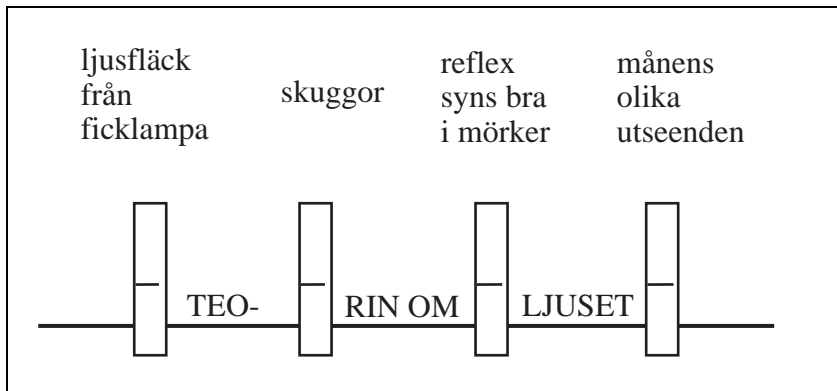
– att reflexer syns från olika håll i mörkret
– att månen har olika form

Vi kan likna dessa kunskapsbitar vid klädnypor som ligger huller om buller i en tvättkorg (figur 23)..



Figur 23

Men så införde vi teorin om ljuset. Den är som en tvättlina som gör att man kan ordna upp de olika kunskapsbitarna. Förut fanns de var för sig. Nu hänger de ihop tack vare teorin (figur 24).



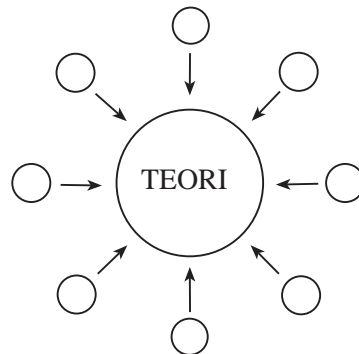
Figur 24

- Jag vill verkligen inte se ut som en hög med klädnypor i mitt huvud, säger Lisa.
- Nej. Fint spända linor och prydligt uppsatta nypor skall det vara, tycker Ludvig. I varje fall i mitt huvud.
- Ni har tydligen fattat galoppen, replikerar Carolina. Men så lätt går det nu inte. Man får räkna med en hel del oordnad kunskap. Men en teori hjälper till att ordna upp åtminstone delar av det man vet. Den är också ett verktyg som kan användas då man lär sig nya saker. Men detta går inte av sig själv. Man måste öva sig genom att använda teorin gång på gång – som vi försöker göra i skolan.
- Men om en teori fungerar på det här sättet, då kan väl skolan inte vara för teoretisk, framkastar Ludvig. Det måste ju vara bra om man får ordning i sitt huvud. Det kan man väl inte bli trött av?
- Det var en intressant tanke, tycker Carolina.

Lisa har nu fått en idé. Hon tar upp en kulspetspenna och ritar på servetten. Hon säger:

- Man skulle kunna tänka sig en teori som en stor kunskapsbit, och att den har dragningskraft på små kunskapsbitar. Så här:

Ludvig tycker det är lite konstigt att en så stor kunskapsbit kan uttryckas med så få ord, men det blir ingen diskussion om detta. Carolina måste skynda sig hem till sina kaffegäster. Det sista hon ser av Ludvig och Lisa genom fönstret är att de står vid bakelsedisen och pekar och tittar i sina plånböcker.



BILAGA 4

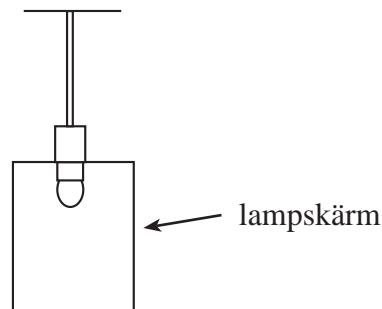
**LJUSET OCH DESS EGENSKAPER
PROBLEMSAMLING**

INNEHÅLL

1. LJUSETS UTBREDNING OCH SKUGGOR (uppgift 1-10)
2. MÅNENS FASER (uppgift 11-18)
3. LJUSETS REFLEXION (uppgift 19-25)
4. LJUS OCH SEENDE (uppgift 26-29)
5. LJUSETS HASTIGHET (uppgift 30-32)
6. FOTOCELLER OCH ÅRSTIDER (uppgift 33-37)
7. BRYTNING (uppgift 38-41)
8. FÄRGER (uppgift 42-47)
9. POSITIVA LINSER (uppgift 48-52)
10. PLANA SPEGLAR (uppgift 53-57)

1. LJUSETS UTBREDNING OCH SKUGGOR

1. Taklampan



golv

Bilden visar en lampa i genomskärning. Lampan är tänd. Visa så noga Du kan hur stor del av golvet som är belyst av lampan. Förklara hur Du tänkte!

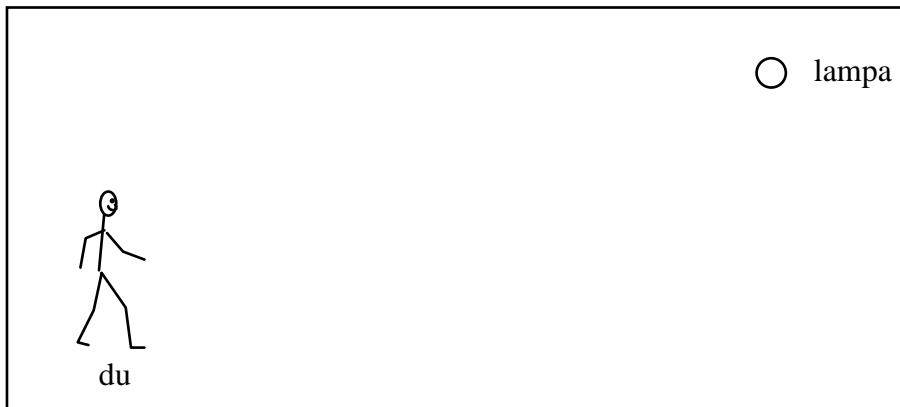
2. Huset

	<p>Bilden visar ett hus med tre lägenheter (A, B, C) i genomskärning. Några fönsteröppningar visas också i bilden. En natt blir det strömavbrott. Det blir kol svart i hela samhället. En man håller upp en lykta som lyser mycket starkt åt alla håll. (Se bilden!)</p> <p>A. Hur stor del av husväggen blir belyst?</p> <p>B. Hur stor del av varje lägenhet blir belyst?</p>
--	---

C. Från vilka fönster syns lyktan! Rita och förklara dina svar!

3. Lampan i natten

Du är ute i den kolmörka natten. Långt bort kan du se en liten lampa lysa.

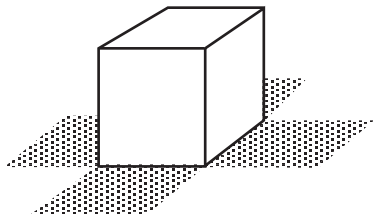


Visa i teckningen var det finns ljus! Förklara varför du tycker att det är ljus på de platser du har markerat!

4. Tecken på att ljuset går rakt

Har du gjort några iakttagelser som tyder på att ljuset går rakt?

5. Klossen

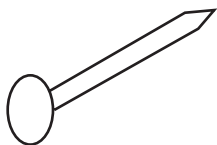


En kloss har fyra skuggor. Förklara hur detta kan komma sig?

6. Ett föremål och två skuggor

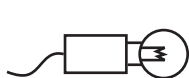
Hur kan man göra två skuggbilder av ett och samma föremål?

7. Spikhuvudet



I ett rum finns en ljuskälla. Den är som en starkt lysande punkt. Kan man placera en spik i rummet så att bara huvudet blir belyst. I så fall hur?

8. Myntet och solen



solen finns i denna riktning

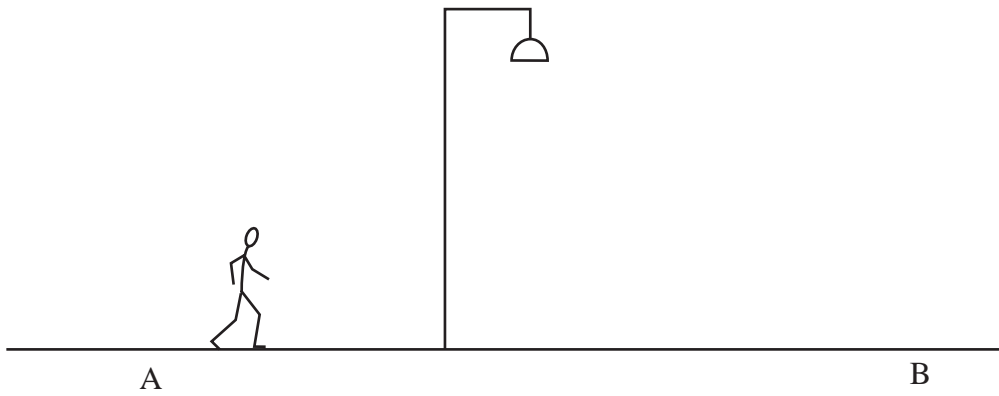


Om man håller ett mynt framför en lampa med en starkt lysande liten glödtråd ('optiklampa') så blir det en rund skugga på en skärm. Skuggan är större än myntet. Om myntet flyttas närmare skärmen blir skuggan mindre, om det flyttas längre ifrån, så blir skuggan större. Förklara detta och rita så noga du kan till din förklaring!

Om man håller myntet mellan solen och skärmen så blir skuggan lika stor som myntet. Om man flyttar myntet närmare eller längre bort från skärmen, så ändras inte skuggans storlek. Förklara detta och rita så noga du kan till din förklaring!

9. Skuggspelet

Under ett skuggspel sitter åskådarna i en mörk lokal. Framför sig har de på en scen en stor uppspänd tygduk. På duken kan man se tydliga skuggor, som t. ex. visar en 'kirurg' som håller på att operera en 'patient'. Det åskådarna ser är att kirurgen sticker en förskärare i magen på patienten och sprättar. Patienten skriker högt. Sedan plockar kirurgen ut allehanda intressanta saker ur magen på patienten – en klocka, en gaffel, en strumpsticka osv. Förklara hur detta skuggspel är arrangerat!

10. Nattvandrararen

Beskriv hur nattvandrararens skugga ändrar sig då han går från A till B! Förklara ditt svar och rita till din förklaring!

2. MÅNENS FASER

Här kommer nu åtta uppgifter som handlar om månens olika utseenden, eller 'faser' som man brukar säga i astronomiska sammanhang. Arbeta igenom uppgifterna i den ordning som de kommer.

11. Förklara halvmåne

Vår måne har olika utseenden. Ibland är den full. Ibland är den halv. Ibland ser den ut som en banan.

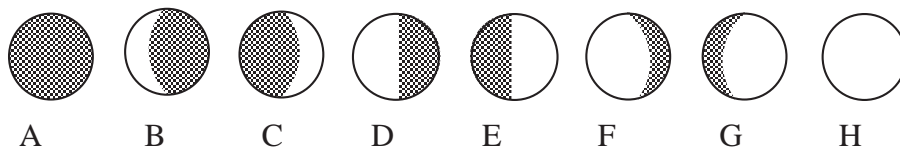
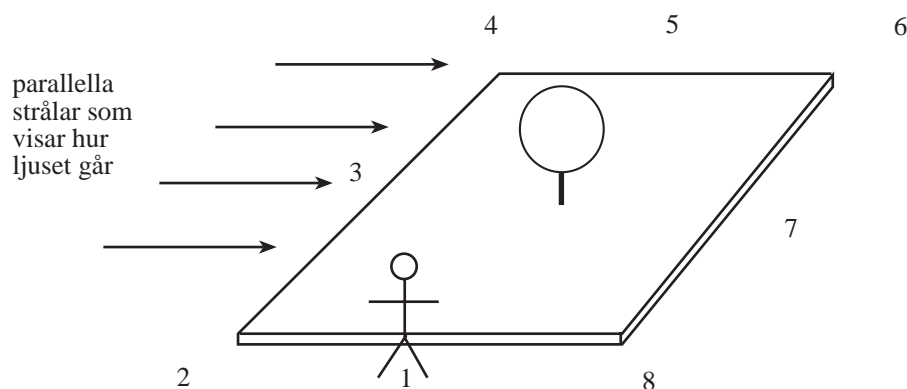
Förklara hur månen kan få följande utseende:



Rita gärna till Din förklaring!

12. Gubbe runt pingisboll

På en kvadratisk träskiva har man placerat en pingisboll på en pinne. Bollen belyses från vänster. De strålar som visar hur ljuset går är nästan parallella.

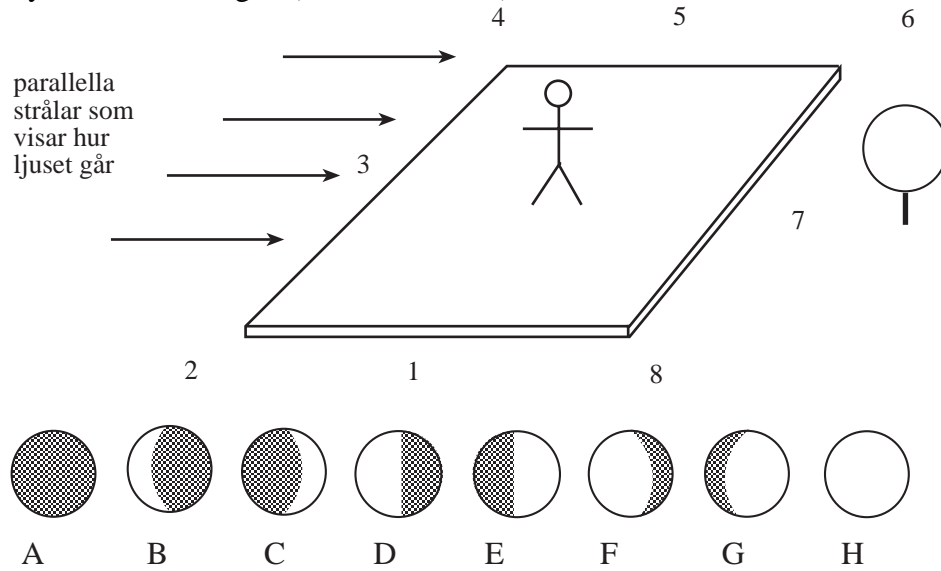


Tänk dig att en liten gubbe promenerar runt träskivan och betraktar den belysta bollen från olika ställen. Vilken av A till och med H ser han då han befinner sig i läge

1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____ 5: _____ 6: _____ 7: _____ 8: _____ ?

13. Pingisboll runt gubbe

I den här uppgiften byter gubben och pingisbollen plats. Gubben promenerar inte. Han står hela tiden i mitten, men han kan vrida sig och se åt alla håll. Pingisbollen flyttas till olika lägen (1 till och med 8).



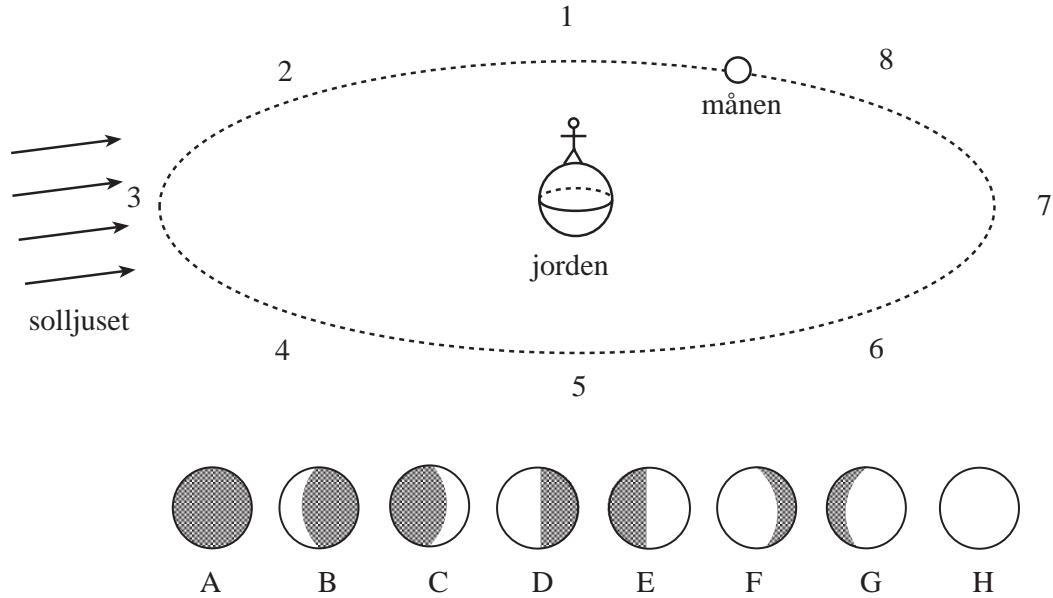
Hur ser pingisbollen ut för gubben då den befinner sig i läge

1: ___ 2: ___ 3: ___ 4: ___ 5: ___ 6: ___ 7: ___ 8: ___?

Välj bland A till och med H!

14. Månens faser

Månen går i en nästan cirkelrund bana runt jorden. Avståndet jord-måne är 384 000 km. Det är 30 gånger så mycket som jordens diameter.

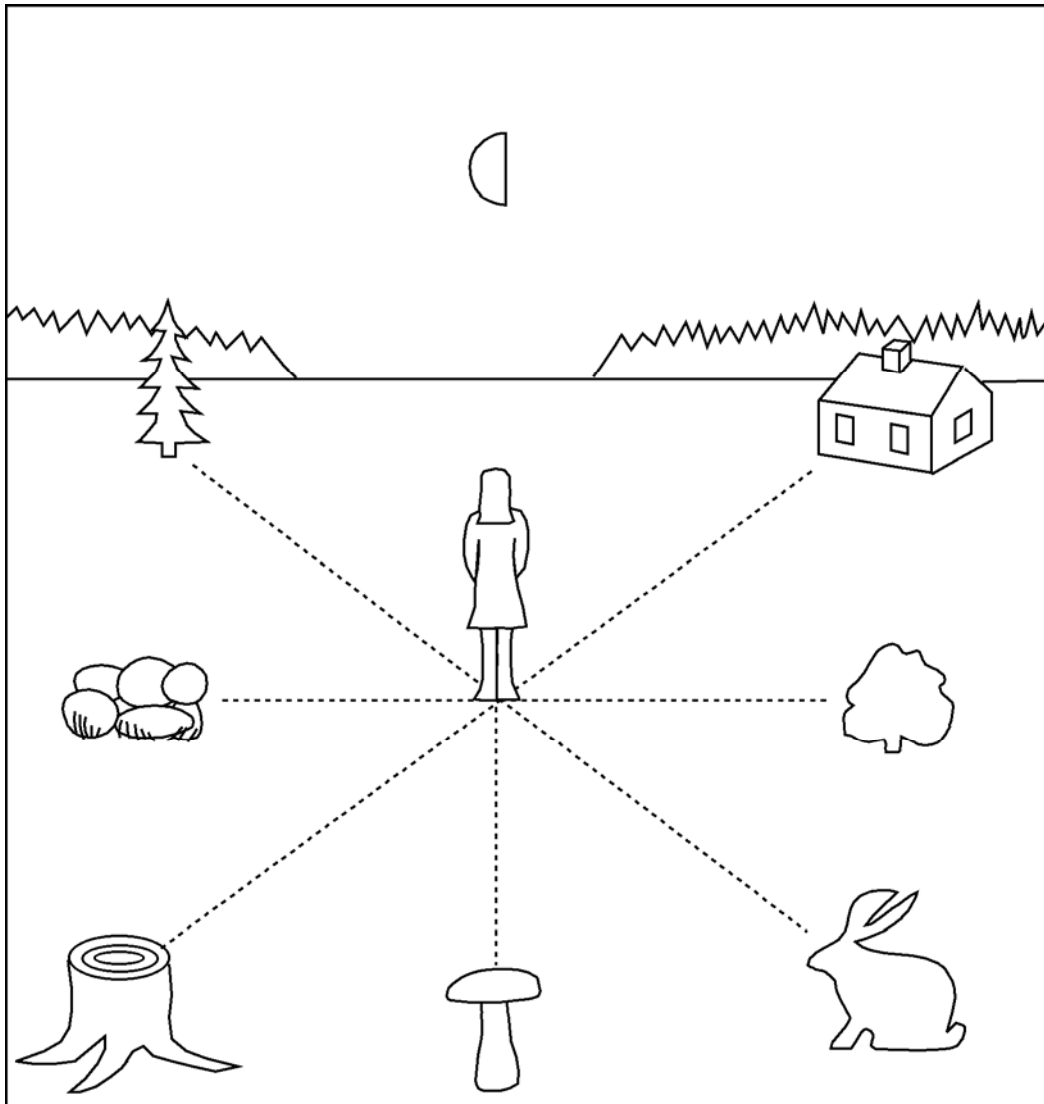


Tänk dig att du befinner dig på jorden och betraktar månen på olika ställen i dess omloppsbana (1 till och med 8). Hur ser månen ut för dig, då den befinner sig i läge

1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____ 5: _____ 6: _____ 7: _____ 8: _____?

Välj bland A till och med H! (Solen befinner sig så långt bort att de strålar som belyser systemet jord-måne nästan är parallella.)

15. Flickan och halvmånen

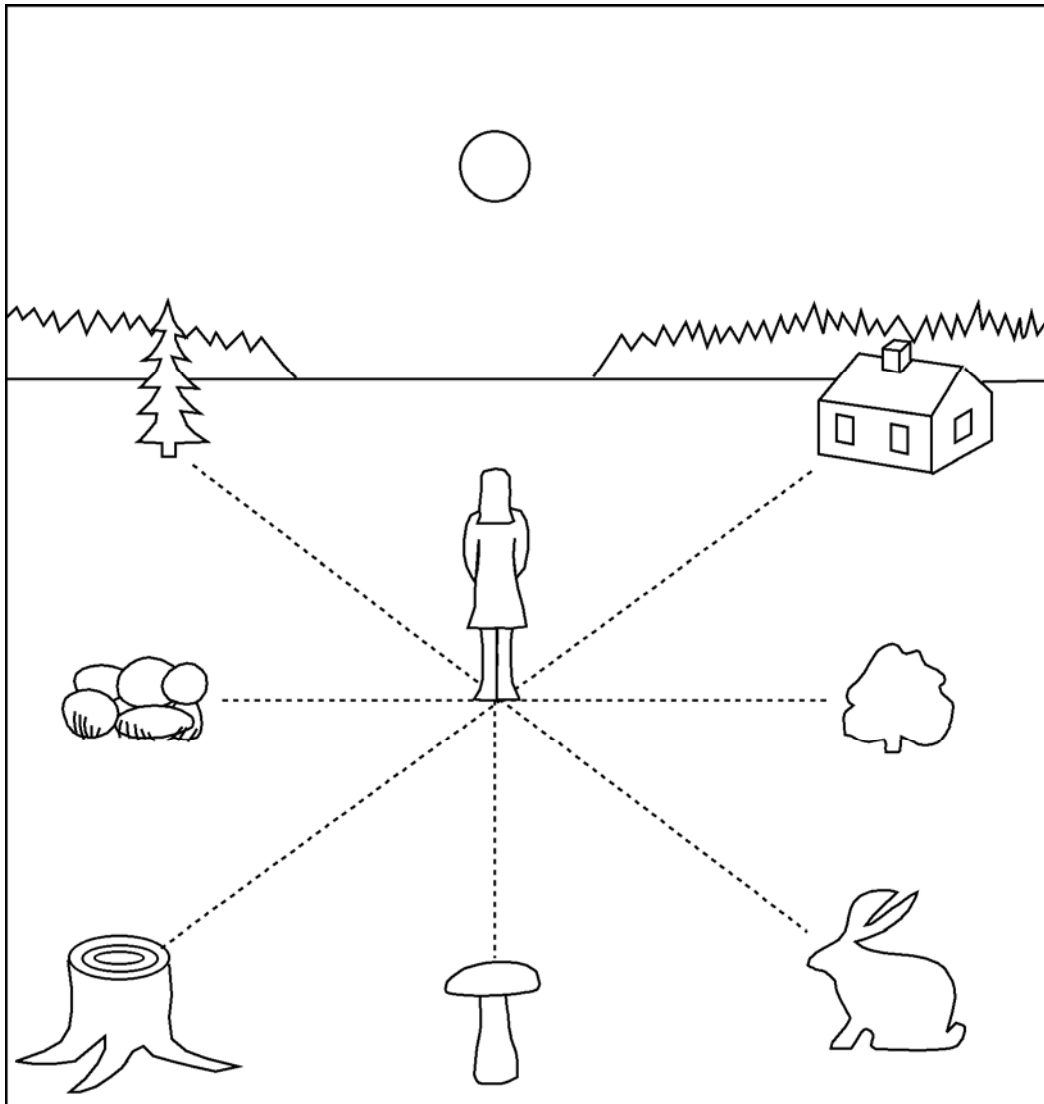


Ibland kan man se både solen och månen samtidigt på himlen. Susanne står på ett fält. Hon tittar på månen, som är rakt fram. Det är halvmåne. Åt vilket håll skall hon titta för att se solen? Sätt ett kryss!

Hon skall titta

- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> åt huset | <input type="checkbox"/> åt den lilla busken | <input type="checkbox"/> åt kaninen | <input type="checkbox"/> rakt bakåt |
| <input type="checkbox"/> åt stubben | <input type="checkbox"/> åt stenröset | <input type="checkbox"/> åt granen | |

16. Flickan och fullmånen

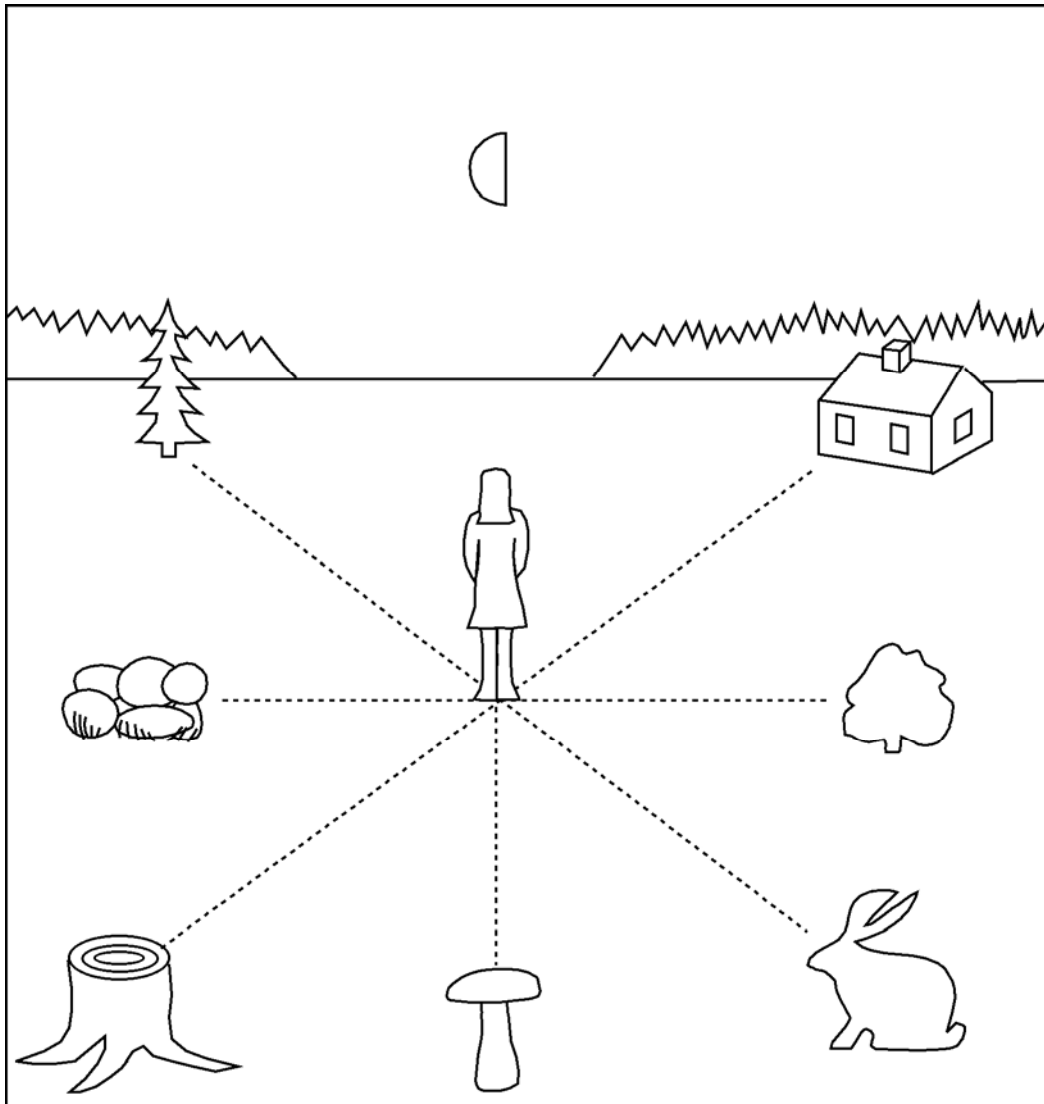


En annan gång på samma äng är månen full. Åt vilket håll skall Susanne titta för att se solen? Sätt ett kryss!

Hon skall titta

- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> åt huset | <input type="checkbox"/> åt den lilla busken | <input type="checkbox"/> åt kaninen | <input type="checkbox"/> åt svampen |
| <input type="checkbox"/> åt stubben | <input type="checkbox"/> åt stenröset | <input type="checkbox"/> åt granen | |

17. Flickan och månen mellan halv och full



Susanne besöker ängen en tredje gång! Nu ser hon att månen är någonstans emellan halv och full. Åt vilket håll skall hon titta för att se solen? Sätt ett kryss!

Hon skall titta

- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> åt huset | <input type="checkbox"/> åt den lilla busken | <input type="checkbox"/> åt kaninen | <input type="checkbox"/> rakt bakåt |
| <input type="checkbox"/> åt stubben | <input type="checkbox"/> åt stenröset | <input type="checkbox"/> åt granen | |

18. Förklara halvmåne än en gång

Här kommer uppgift 11 än en gång. Har ditt arbete med uppgifterna 12 till och med 17 gjort att du ändrat din förklaring? Lös uppgift 18 och jämför sedan med hur du löste uppgift 11!

Vår måne har olika utseenden. Ibland är den full. Ibland är den halv. Ibland ser den ut som en banan.

Förklara hur månen kan få följande utseende:



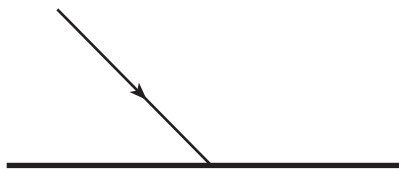
Rita gärna till Din förklaring!

3. LJUSETS REFLEXION

19. Tidningsläsaren

Lisa sitter på en servering och dricker kaffe. Det är en solig sommardag, men hon tycker inte att hon behöver ha sina solglasögonen. Men då hon börjar läsa en dagstidning måste hon ta dem på sig. Förklara detta! Var finns solen i förhållande till hur Lisa sitter?

20. Hur fortsätter ljuset?



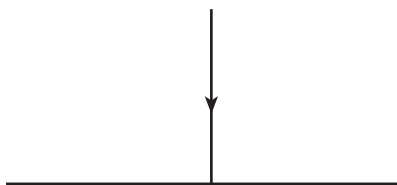
Ljus kommer in mot en plan spegel. En stråle visar ljusets väg. (Figuren till vänster är sedd från sidan.)

Rita ut normalen i den punkt där strålen träffar spegeln.

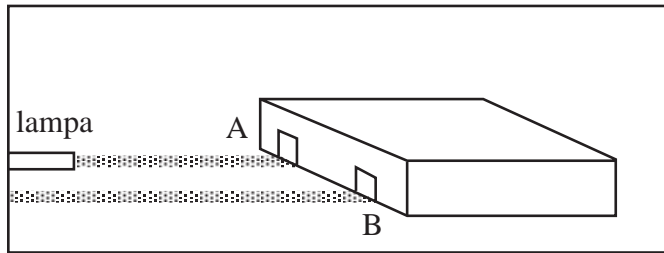
Rita sedan ut hur ljuset fortsätter!



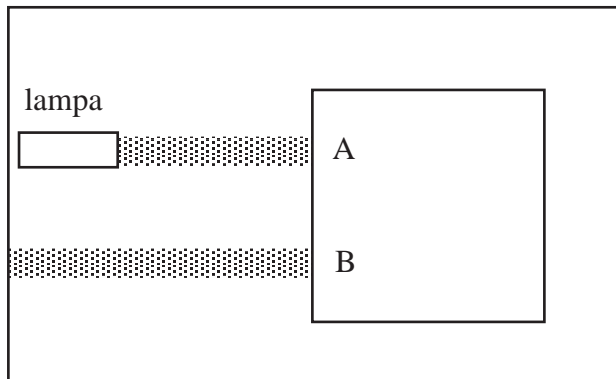
Upprepa detta i de följande två bilderna!



21. Mystiska lådan

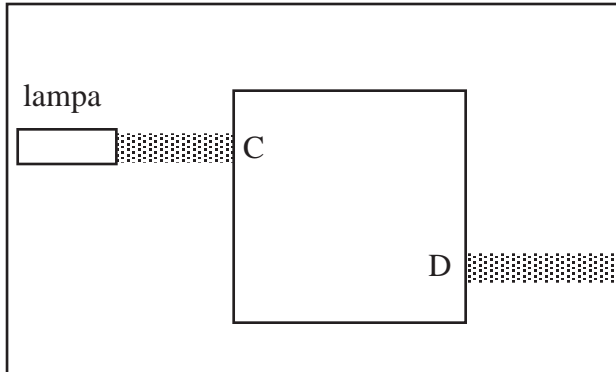


I en låda finns två öppningar, A och B. Då man lyser in genom A med en liten ficklampa som figuren visar kommer det ljus ut genom öppningen B.



Så här ser det ut uppifrån.

Tänk ut vad som skulle kunna finnas inuti lådan.
Rita och förklara!



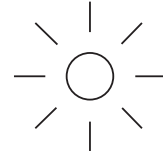
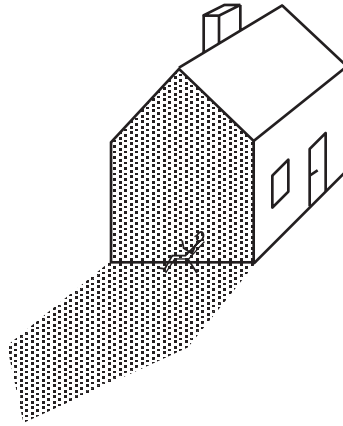
I en annan, liknande låda finns också två öppningar, C och D. Då man lyser in genom C blir det som figuren till vänster visar.

Tänk ut vad som finns inuti lådan!

22. Läsa i skuggan

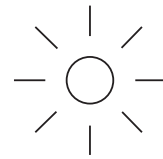
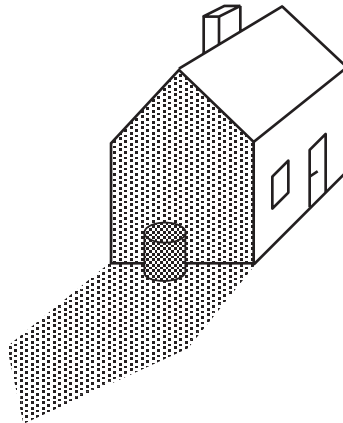
Olle sitter och läser i skuggan av ett hus. Han tänker: Om det var natt skulle jag inte se någonting i boken. Nu är det sol, men solen kan inte skina igenom huset. Ändå ser jag att läsa. Hur kan det komma sig?

Hur skulle du svara på Olles fråga?



23. Skugga i skuggan?

En tunna ställs invid husväggen så som bilden visar. Blir det någon skugga från den?



24. Skuggor när det är mulet

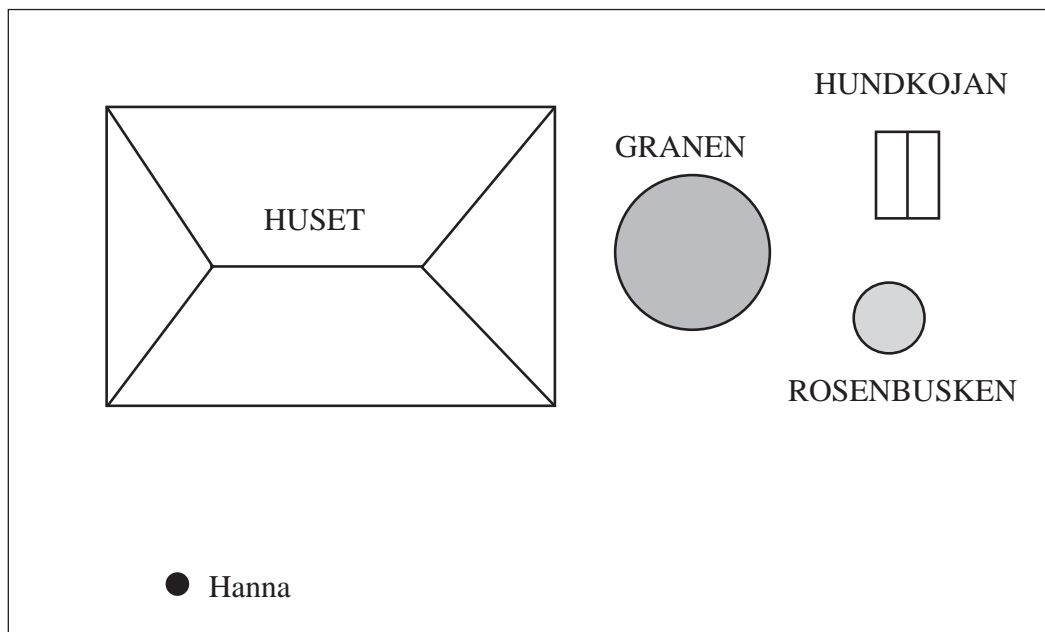
Varför blir det inga tydliga skuggor ute då det är mulet?

25. En ljuskälla och två skuggor

Du har ett föremål (t. ex. en blyertspenna), en ficklampa och en spegel. Gör så att föremålet får två skuggor!

4. LJUS OCH SEENDE

26. Vad kan Hanna se?



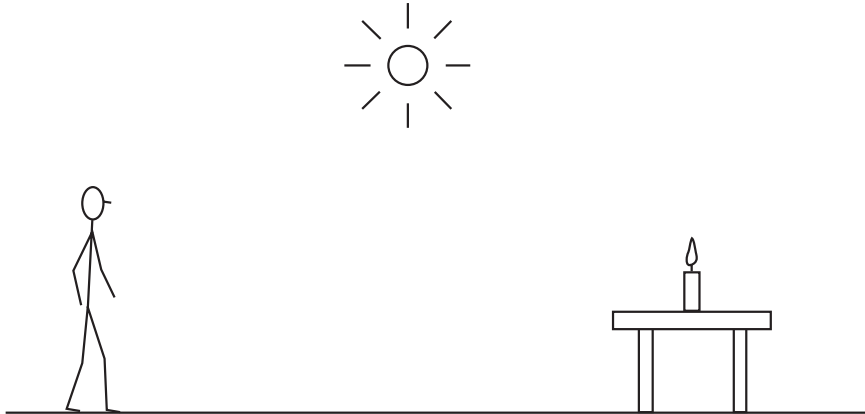
Bilden ovan visar Hannas hus och en del av tomten, sedda rakt uppifrån. Den svarta punkten visar var hon själv står. Kan Hanna se hundkojan? Rosenbusken? Granen? Förklara hur du kom fram till ditt svar!

27. Kan man se i totalt mörker?

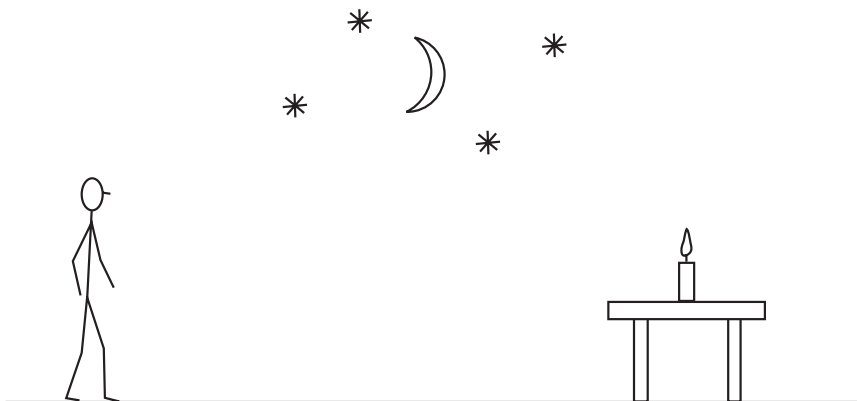
Det finns platser helt utan ljus, t. ex. en grotta långt under marken och ett fotografiskt mörkrum med alla springor ordentligt tätade. Olle anser att man trots detta kan se på sådana platser. Visserligen ser man ytterst svagt, men när ögonen väl har vant sig vid mörkret så får man en viss 'ledsyn'. Har Olle rätt eller fel? Vad skulle du svara?

28. Pojken och ljuset

A. Det är dagsljus. Pojken ser lågan på det brinnande ljuset. Kommer det fram något ljus från lågan till pojken? Förklara Ditt svar!



B. Nu är det natt. Pojken ser lågan på det brinnande ljuset. Kommer det fram något ljus från lågan till pojken? Förklara Ditt svar!



29. Lisa och boken

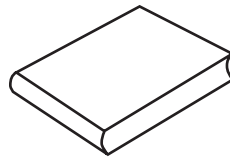
Lisa och hennes lärare pratar om att se.

Läraren: Förklara hur du kan se boken!

Lisa: Det går signaler i nervtrådar mellan ögonen och hjärnan.

Läraren: Ja, detta händer mellan ögonen och hjärnan. Men det är ju ett avstånd mellan boken och ögonen. Händer det något mellan dem?

Vad skulle Du svara? Rita och förklara!



5. LJUSETS HASTIGHET

30. Rätt eller fel om ljusets utbredning?

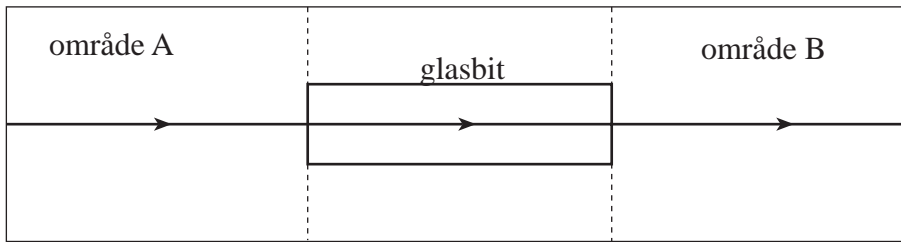
Ljus utsänds från en ljuskälla. Vi tänker oss att det inte finns något som helst hinder i ljusets väg. Vad är rätt och vad är fel? Skriv vad du anser för varje påstående!

	RÄTT	FEL
Ljuset går hur långt som helst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljuset går långt, men inte hur långt som helst. Efter ett tag dör det ut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljuset har hela tiden samma hastighet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljuset saktar efterhand farten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur långt ljuset går beror på om det är dag eller natt. Det går längre på natten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

31. Strålkastarens styrka och ljusets hastighet

Vad gäller om hastigheten på ljus som utsänds från en strålkastare? Kryssa för rätt alternativ!

- Ju starkare strålkastare, desto större hastighet på det utsända ljuset
- Styrkan på strålkastaren påverkar inte ljusets hastighet
- Ju starkare strålkastare, desto mindre hastighet på det utsända ljuset

32. Ljuset och glasbiten

En ljusstråle kommer från ett område A (luft), går in i en glasbit B, och kommer ut i område B (luft). Vad är rätt?

A. Ljusets hastighet i glasbiten är

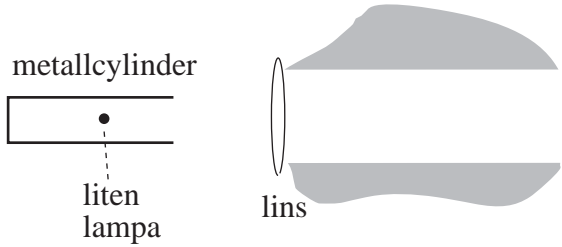

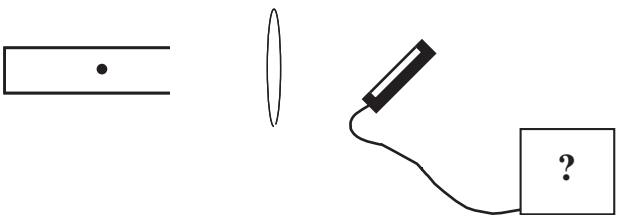
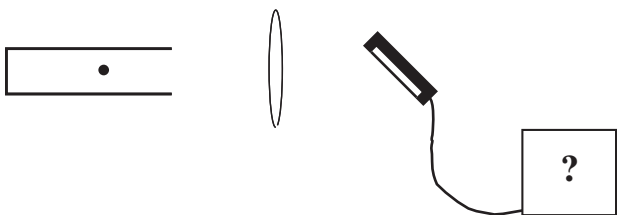
- större än i område A
- lika stor som i område A
- mindre än i område A

B. Ljusets hastighet i område B är

- större än i glasbiten
- lika stor som i glasbiten
- mindre än i glasbiten

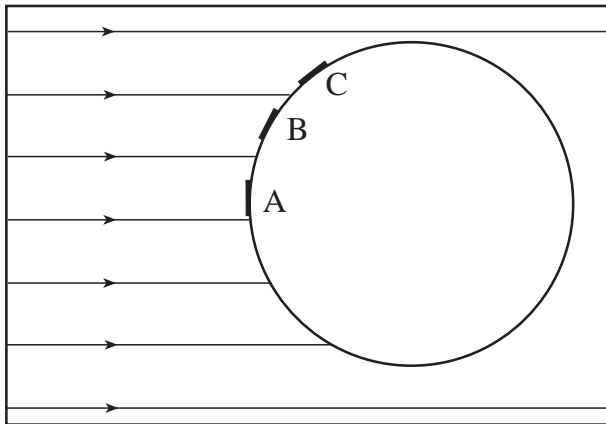
6. FOTOCELLER OCH ÅRSTIDER

33. Fotocellen och det parallella ljuset

<p>A. En ljuskälla och en lins ordnas som på bilden invid. Om man blåser ut rök till höger om linsen ser man ett ljus band som är jämntjockt.</p>	 <p>Diagram showing a metal cylinder with a small lamp inside. A lens is placed to the right of the lamp. Light rays from the lamp pass through the lens and form a uniform horizontal band of light on a screen to the right.</p>
<p>B. En fotocell placeras så som bilden visar. (Cellen är sedd från sidan och den ljuskänsliga delen är vänd mot lampan.) Då lampan sätts på gör mätaren ett visst utslag.</p>	 <p>Diagram showing the same setup as in A, but with a photocell placed to the right of the lens, facing the light band. The photocell is connected to a meter showing a deflection.</p>
<p>C. Fotocellen lutas så som bilden visar. Avståndet till lampan ändras ej. Händer det då något med mätarens utslag, jämfört med B? Förklara ditt svar!</p>	 <p>Diagram showing the same setup as in B, but with the photocell tilted upwards. The meter shows a question mark.</p>
<p>D. Nu lutas fotocellen framåt i stället. Avståndet till lampan ändras ej. Händer det då något med mätarens utslag, jämfört med B? Förklara ditt svar!</p>	 <p>Diagram showing the same setup as in C, but with the photocell tilted downwards. The meter shows a question mark.</p>

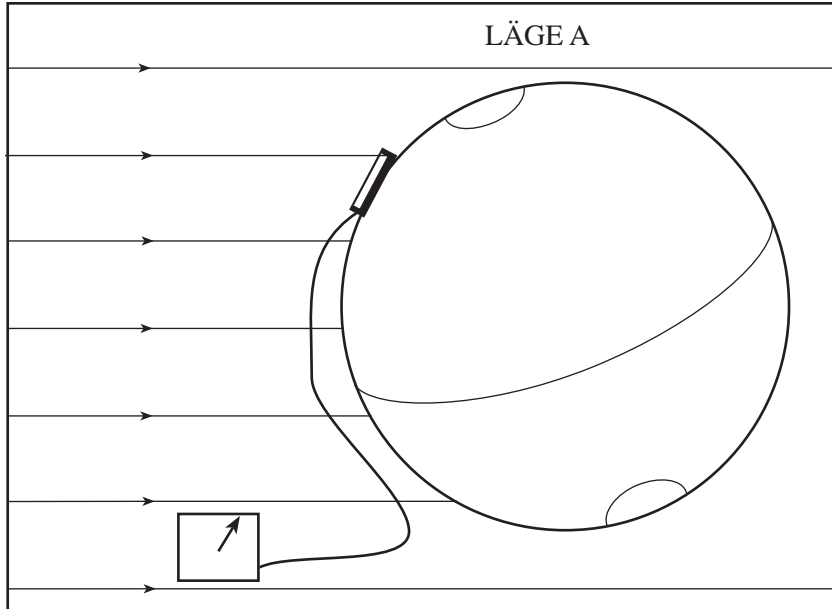
34. Fotocellen som flyttas och badbollen

En badboll befinner sig i ljusflödet från en stor strålkastare (några strålar som visar flödets riktning är utritade). En fotocell placeras i läge A, sedan i B och sist i C. Fotocellen är ansluten till ett mätinstrument (ej utritat i figuren). Ändras mätarens utslag då man går från A till B och sedan till C? I så fall hur? Skriv en förklaring till ditt svar.

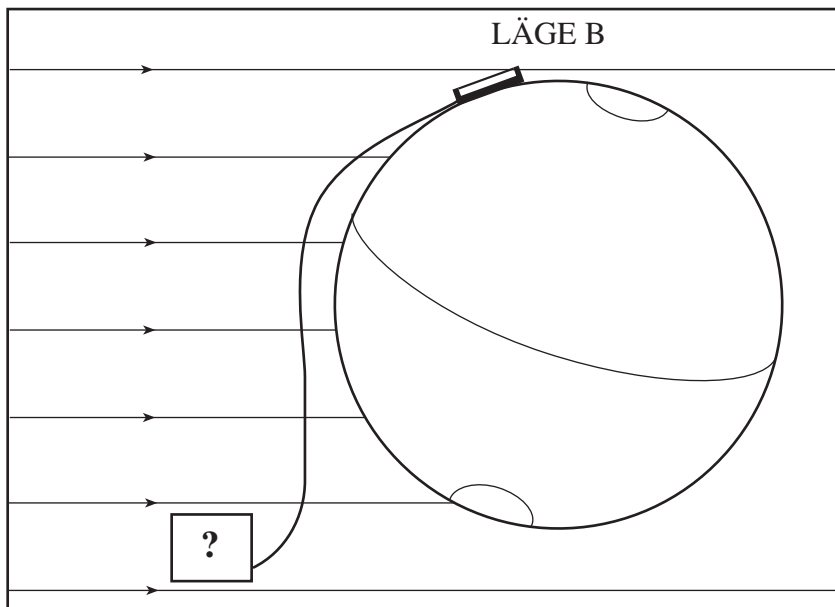


35. Fotocellen och badbollen som vickas

En badboll befinner sig i ljusflödet från en stor strålkastare (några strålar som visar flödets riktning är utritade). En fotocell har klistrats fast på bollen, som hålls i läge A. Då gör mätaren ett visst utslag.

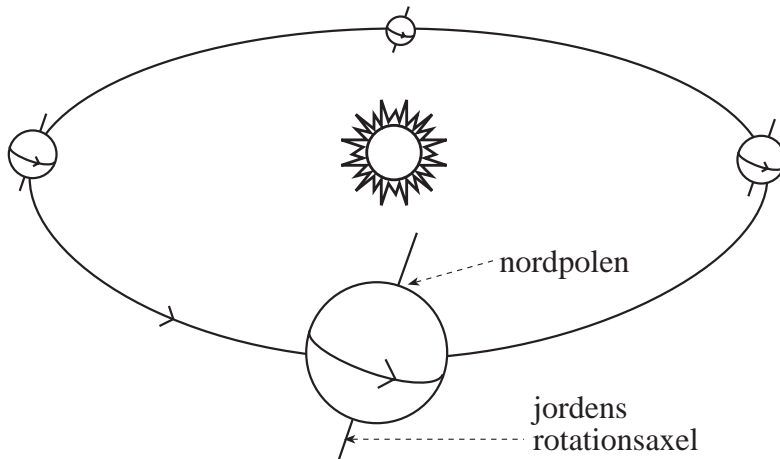


Sedan lutas bollen över till läge B. Ändras då utslaget på mätaren? I så fall hur? Förklara ditt svar!



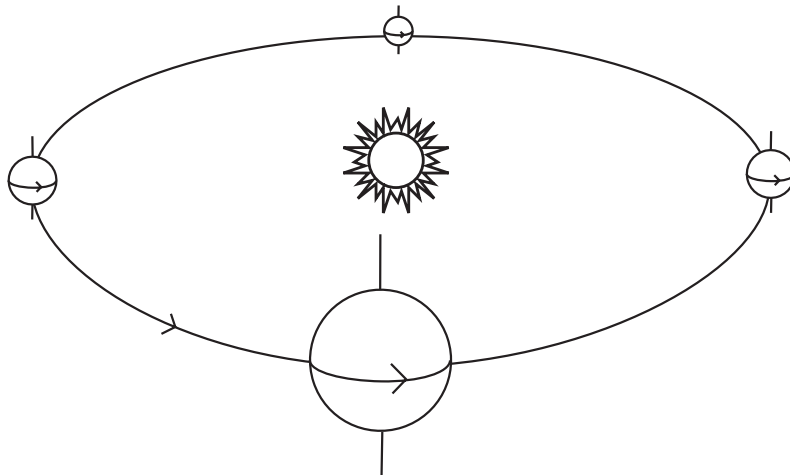
36. Årstiderna och jordaxelns lutning

Figuren visar jorden i sin bana runt solen. Avstånd och storlekar är helt felaktigt ritade. Men det går ändå att avgöra när det är vår, vinter, sommar och höst på jorden. Gör det och skriv ut årstiderna på rätt ställe i figuren. Förklara ditt svar!



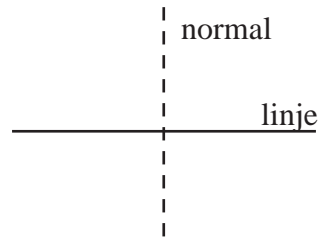
37. Årstiderna och jordaxeln som inte lutar

Tänk dig att jordens rotationsaxel ändrade läge så som figuren nedan visar. Skulle detta i så fall påverka våra årstider? Förklara hur du tänkte!



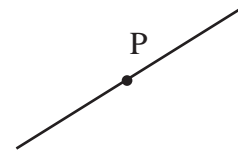
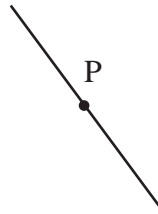
7. BRYTNING

En normal till en linje går vinkelrätt mot linjen. En normal till en yta går vinkelrätt mot ytan.



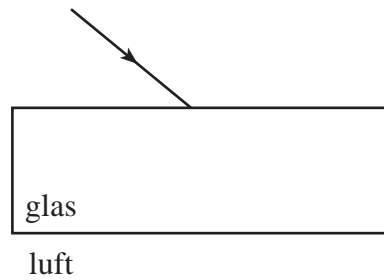
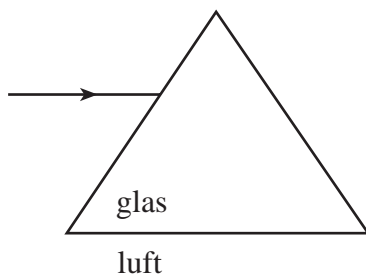
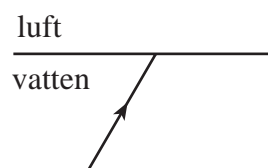
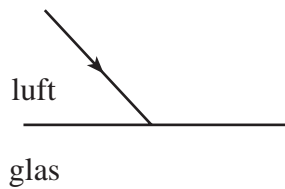
38. Rita normaler till räta linjer

Rita ut normalen genom punkten P till de tre linjerna nedan!



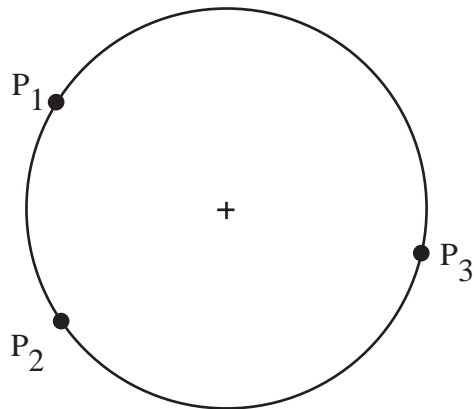
39. Hur fortsätter ljuset?

Rita ut hur ljuset fortsätter!



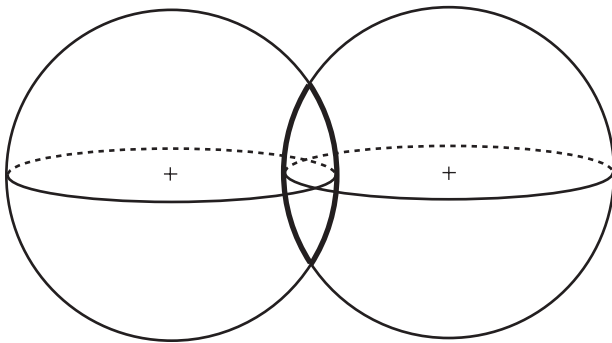
40. Rita normaler till en cirkel

Rita ut normaler i punkterna P_1 , P_2 och P_3 . Det lilla korset i figuren visar cirkelns medelpunkt.

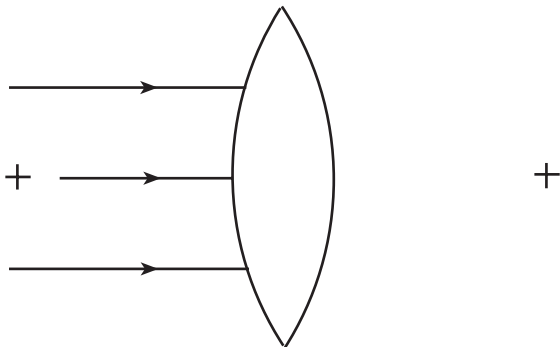


41. Hur går ljuset genom linsen?

Tänk dig två klotformiga skal som går in i varandra så som bilden visar. Om man fyller det gemensamma området med en glasmassa får man en konvex lins, dvs. en lins som är tjockast på mitten.



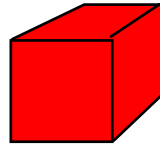
Om man ser linsen från sidan ser den ut som i figuren nedan. De två bågar som visar linsen är delar av var sin cirkel. Cirkelarnas medelpunkter är markerade med små kors. Rita ut hur ljuset som går längs de tre utritade strålarna fortsätter.



8. FÄRGER

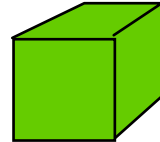
42. Vilken färg har klossarna i rött ljus?

Tre klossar, A, B och C, har i dagsljus färgerna röd, grön och blå. Vilken färg får respektive kloss om mörklägger i rummet och belyser dem med enbart rött ljus?



A

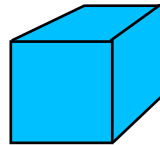
A får färgen _____



B

B får färgen _____

C får färgen _____



C

Förklara hur du tänkte!

43. Vilken färg har fönstren på huset?

Lisa iakttar fönstren på ett stort hus. Det är mitt på dagen. Det är mulet. Inga lampor är tända i någon lägenhet. Vilken färg är det på fönstren? Förklara hur du tänkte!

44. Rött och grönt ljus mot en pappskiva

I ett kolmörkt rum befinner sig två ljuskällor som ger grönt respektive rött ljus. Se figuren som är sedd uppifrån. Vidare finns i rummet en pappskiva och en vit skärm. Vad kommer man att se på skärmen då ljuskällorna sätts på?

vit
skärm

papp-
skiva

- röd ljuskälla
- grön ljuskälla

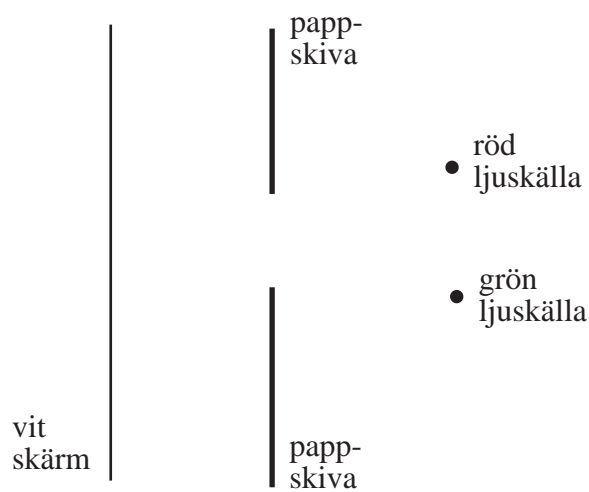
Du kan kontrollera ditt svar genom att gå in på

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/shadow/shadow.html>

Där kan du läsa och experimentera vidare.

45. Rött och grönt ljus mot en öppning

I ett kolmörkt rum befinner sig två ljuskällor som ger grönt respektive rött ljus. Se figuren som är sedd uppifrån. Vidare finns i rummet två pappskivor och en vit skärm. Vad kommer man att se på skärmen då ljuskällorna sätts på?



Du kan kontrollera ditt svar genom att gå in på

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/shadow/shadow.html>

Där kan du läsa och experimentera vidare.

46. Målarfärgen i burken

Olle öppnar en färgburk som han just köpt. 'Vilken härlig grön färg', tänker han då han tagit av locket på burken. Sedan frågar han sig: '

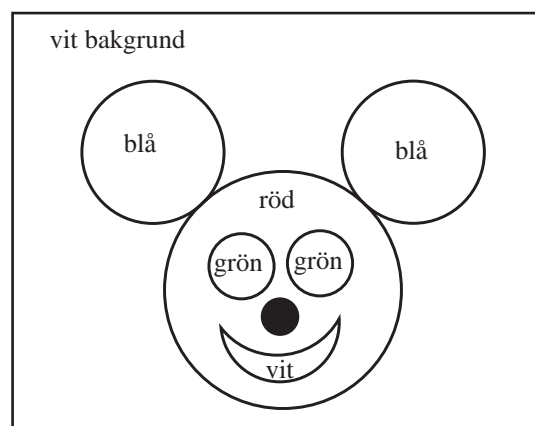
Vilken färg har målarfärgen om jag bara har en röd discolampa i rummet?

Vilken färg har målarfärgen då locket har lagts på?'

Vad skulle du svara och varför?

47. Ansiktet i det röda ljuset

Ett mussepiggliknande ansikte belyses av vitt ljus. Öronen är då blåa, ansiktet rött, ögonen gröna, munnen vit och näsan svart. Ett rödfilter sätts så in i det vita ljuset, så att det endast faller rött ljus på det. Hur kommer ansiktet då att se ut?



Du kan kontrollera ditt svar genom att gå in på:

http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/color/color_e.html

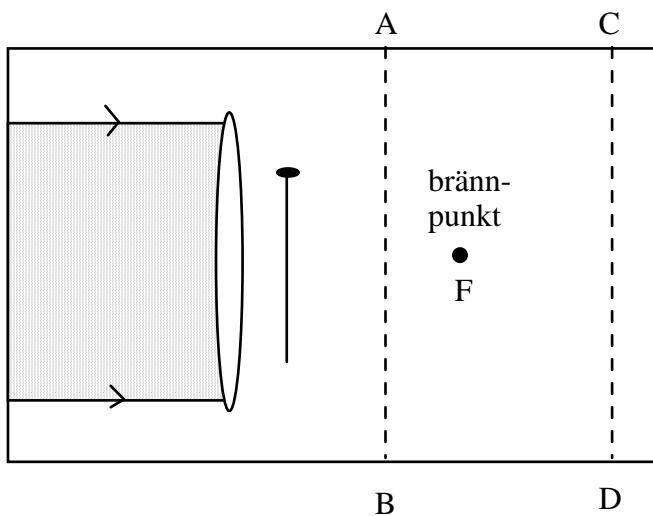
Gå längst ner på sidan. Där kan du läsa och experimentera med filter.

9. POSITIVA LINSER

48. Trolleri för familjen?

Om du lånar hem ett förstoringsglas och berättar för dina föräldrar eller vänner att du med hjälp av detta kan göra en bild på ett papper av t. ex. en tänd lampa i rummet eller av fönstret, så kommer antagligen ingen att tro dig. Du spelar då naturligtvis förolämpad och visar att du faktiskt talar sanning. De som inte trodde dig blir antagligen förvånade och undrar hur nu detta kan komma sig. Kan du förklara för dem hur linsen kan göra denna avbildning? Vad säger och ritar du i så fall? (Fråga om du kan få låna hem ett förstoringsglas från skolan för att vara dina föräldrars lärare i fysik...)

49. Linsen och skuggorna



Parallellt ljus infaller mot en lins så som bilden visar. En spik placeras nära linsen.

A. Rita ut spikens skugga på en vit skärm som placeras i läge A-B.

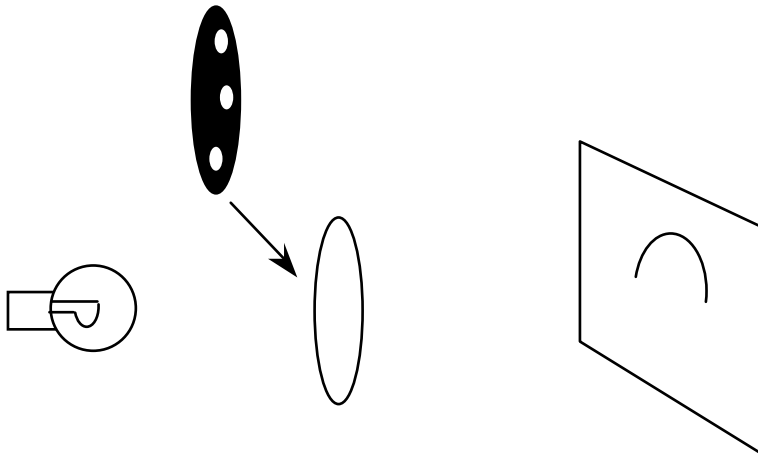
B. Rita ut spikens skugga på en vit skärm som placeras i läge C-D.

50. Hur fortsätter ljuset efter linsen?



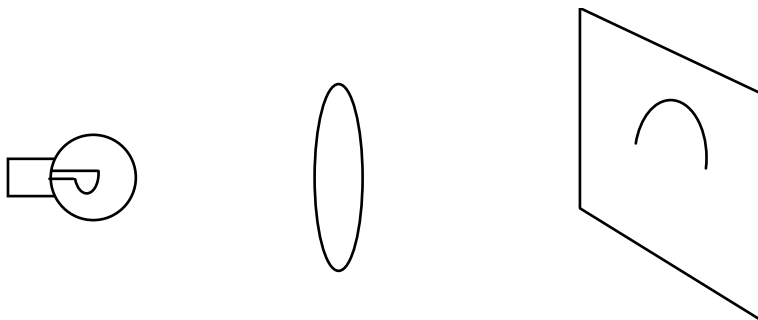
En lins avbildar ett föremål så som figuren ovan visar. Rita ut hur ljuset längs de tre påbörjade strålarna fortsätter!

51. Maskerade linsen



En lins avbildar glödtråden på en lampa så som figuren ovan visar. Vad händer om man på linsen sätter ett svart papper med tre hål i? Förklara ditt svar!


52. Svävar bilden i luften?





En lins avbildar lampans glödtråd på en skärm så som figuren visar. Är det möjligt att se denna bild om man tar bort skärmen? I så fall hur?

10. PLANA SPEGLAR

53. Hur skall man placera spegeln?

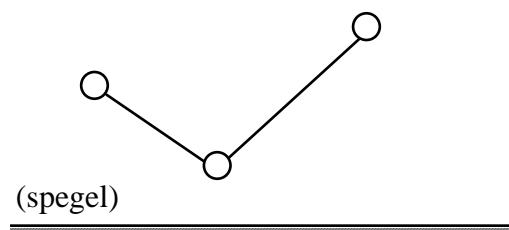
Placera en spegel i rutan invid, så att det ser ut som du fått en idé!	
--	--

Placera en spegel i rutan invid, så att det blir något ur djurriket!	
--	--

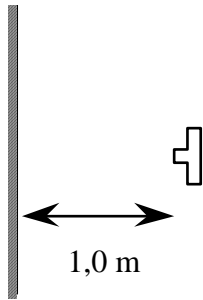
Placera en spegel i rutan invid, så att man kommer att tänka på en låda!	
--	---

54. Hur ser spegelbilden ut?

Rita ut spegelbilden till figuren här invid. Kontrollera ditt svar med en riktig spegel!



55. Kameran och spegelbilden



Stina experimenterar med en kamera. Hon tar bilder av kamerans egen spegelbild. Kameran är 1,0 m framför spegeln. Vilken avståndsinställning på kameran ger skarpast bild?

0,5 m 1,0 m 1,5 m 2,0 m 2,5 m
3,0 m

Förklara ditt svar!

56. Vilka ser spegelbilden?



A ×

Ett föremål A befinner sig framför en spegel (bilden är sedd ovanifrån).

Rita ut spegelbilden!



A ×

○ C

○ D

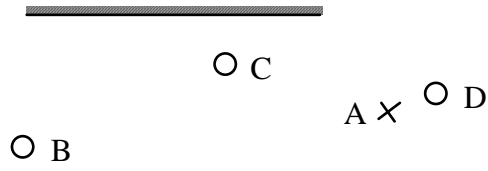
Vilken eller vilka av personerna B, C och D kan se spegelbilden?

○ B



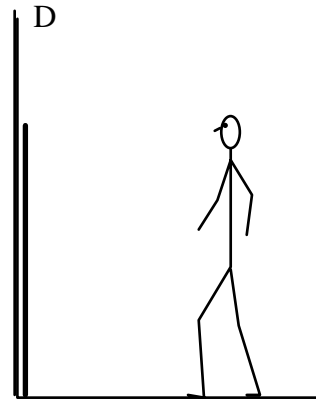
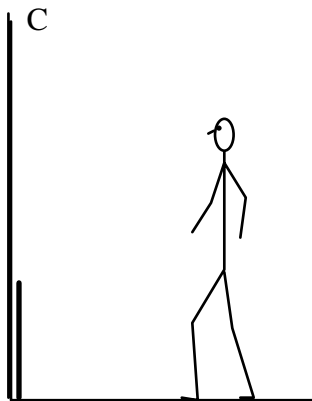
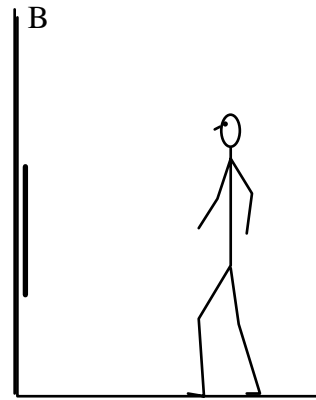
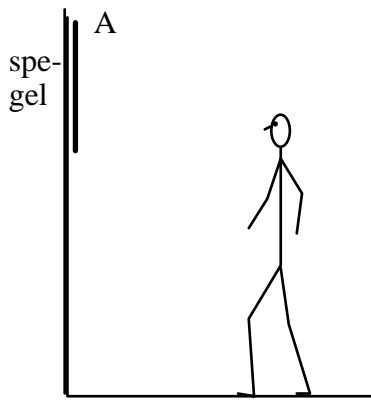
A ×

Föremålet A flyttas. Finns det nu en spegelbild? Rita ut den i så fall!



Kan någon eller några av personerna B, C och D se en spegelbild av A?

57. Foten och spegeln



En person prövar fyra olika speglar. I vilken eller vilka kan han se sin fot?