

Tentamen i Optik FFY091 - måndag 24 augusti 2020, kl. 14:00-19:00

Alla hjälpmedel är tillåtna. Fullständiga instruktioner finns på <https://chalmers.instructure.com/courses/11872>
Kontakta Jörgen (jorgen.bengtsson@chalmers.se tel: 031-772 1591) om du får problem eller undrar över något.



Kjempesuksess!

Vi upprepar framgången med
Dubbelt Norge
från junitentan.

2 uppgifter med norskt tema igen!



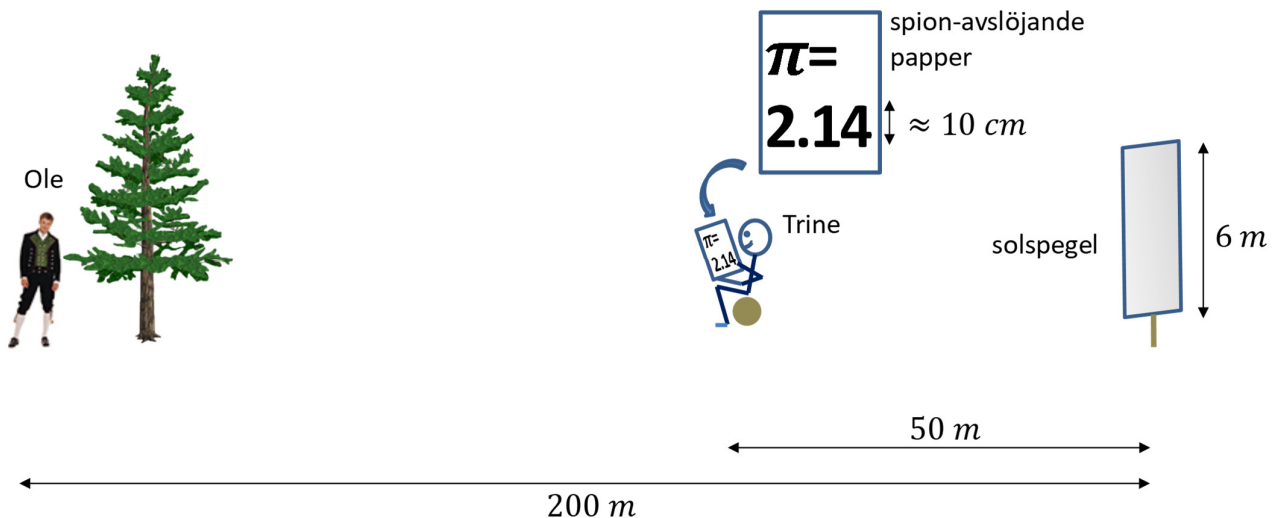
Norge #1

1. Tentaspionage i Rjukan

Byn Rjukan i Norge ligger i en dal dit solens strålar aldrig når ner under vintern. För att få solljus har man därför satt upp tre stora, plana, rörliga speglar på berget ovanför byn.

Trine har lånat en av solspeglarna och satt upp i närheten av sin stuga eftersom speglarna ändå inte används på sommaren. Nu sitter Trine utanför sin stuga och skriver hemtenta i Optikk. Hon har ryggen och skrivpapperet vända mot solspegeln. Eftersom hon vet att elake Ole gärna vill komma åt hennes tentalösning har hon skrivit ut ett papper, med jättestora tecken, som ska göra att kopierande spioner avslöjar sig själva.

Och mycket riktigt, Ole smyger i skogen och har hittat en plats där han själv, solspegeln och Trines skrivpapper befinner sig på nästan rät linje.



Antag först att spegeln är perfekt plan och att Ole har normal syn.

(a) Kan Ole läsa texten på det spionavslöjande papperet via reflektionen i spegeln? (7p)

Nu kommer det en vindpust så att spegeln får en buktig, konkav, form som gör att den funkar som en perfekt fokuserande spegel med fokallängden 50 meter.

(b) Kommer Ole nu att kunna läsa texten på papperet? (7p)

Antag att paraxiella förhållanden råder för alla beräkningar.

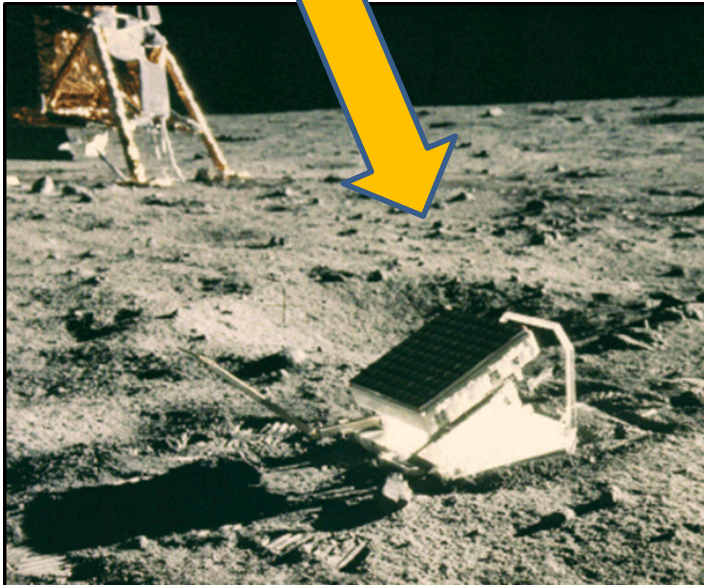
(Uppgift 2 börjar på nästa sida.)

2. Vad är det optikrelaterade sambandet mellan (i) och (ii)?

Flera svar är möjliga. Svara kortfattat, en till två meningar per deluppgift.

(a) Vad är sambandet mellan...

(i)



och

(ii)



? (2p)

Ledning: "Coming back to you" (sång av Leonard Cohen)

(b) Vad är sambandet mellan...

(i)



och

(ii)



? (2p)

Ledning: Edwin Land

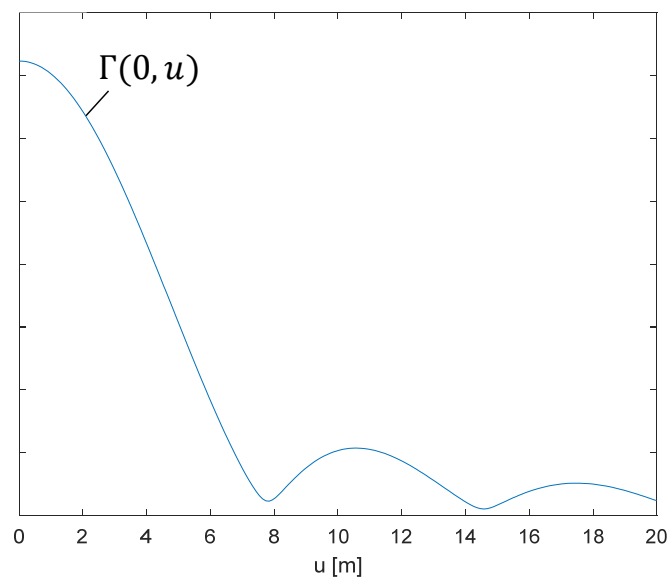
(c) Vad är sambandet mellan...

(i)



och

(ii)



? (2p)

Ledning: "Blinka stora stjärna där" (otraditionell barnvisa)

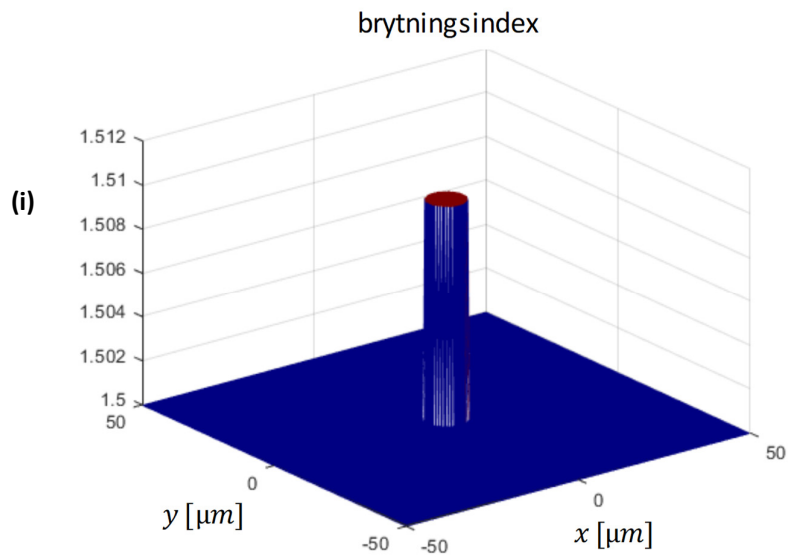
(d) Vad är det optikrelaterade sambandet mellan innehållet i ...

(i) kursen MVE030 Fourieranalys och

(ii) kursen FFY091 Optik?

som båda läses samtidigt i F2 läsperiod 3 (2p)

(e) Vad är sambandet mellan den optiska komponent som karakteriseras av



och

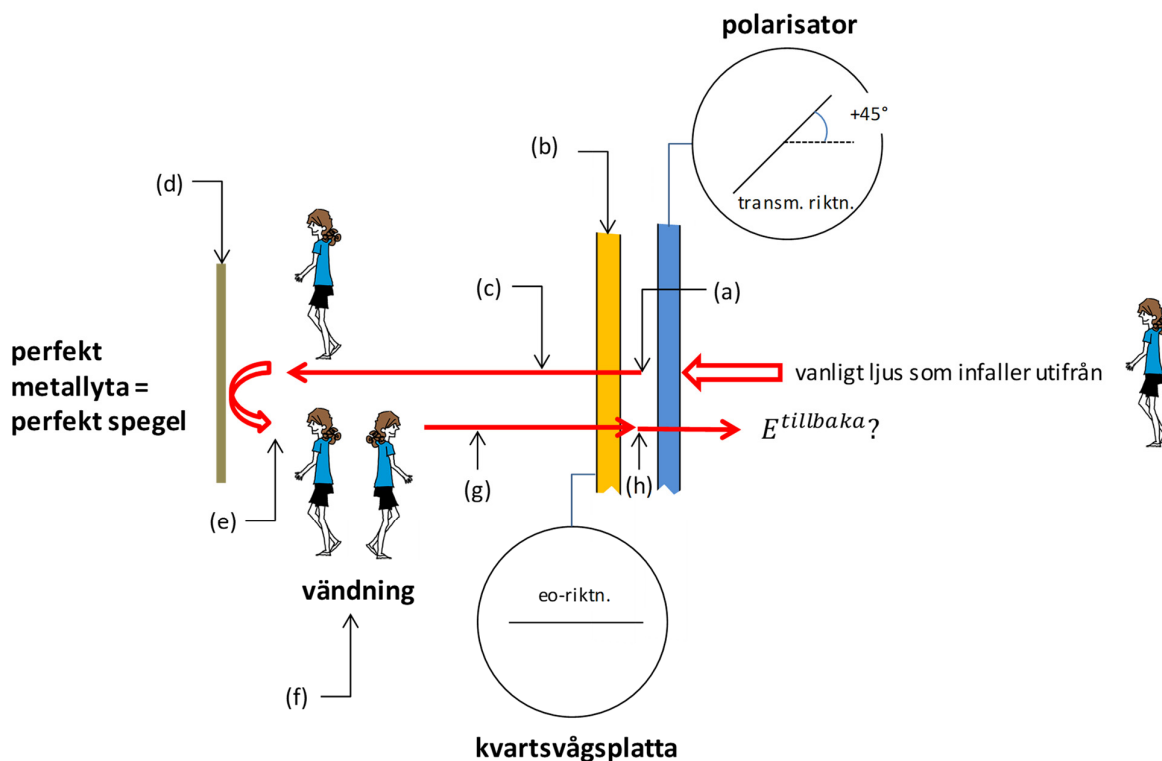


Facebooks serverhall (datacenter) i Luleå

3. Jones och alltings mening

Figuren nedan visar, från sidan, en perfekt spegel (perfekt metallisk yta) på vilken man lagt på två tunna polymerfilmer. Den första filmen (gul) fungerar som en kvartsvågspatta och den andra (blå) som en polarisator. Kvartsvågspattans eo-riktning och polarisatorns transmissionsriktning bildar vinkeln 45° med varandra, som indikerats i figuren. I figuren är spegeln och polymerfilmerna separerade för tydlighets skull, men i praktiken är de limmade på varandra.

Nu ska vi titta på vad som händer med vanligt ljus som infaller utifrån (från höger) och studsar i spegeln. Vi följer alltså ljusets väg så som de röda pilarna anger.



(a) Jonesvektorn för fältet i positionen markerad med (a) i figuren betecknar vi med $E^{(a)} \equiv \begin{bmatrix} E_x^{(a)} \\ E_y^{(a)} \end{bmatrix}$. Vi

sätter den till $\begin{bmatrix} E_x^{(a)} \\ E_y^{(a)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$. Motivera med några få ord varför vi sätter den till detta värde! (2p)

Ledning: Hur ser fältet ut när det gått genom polarisatorn!

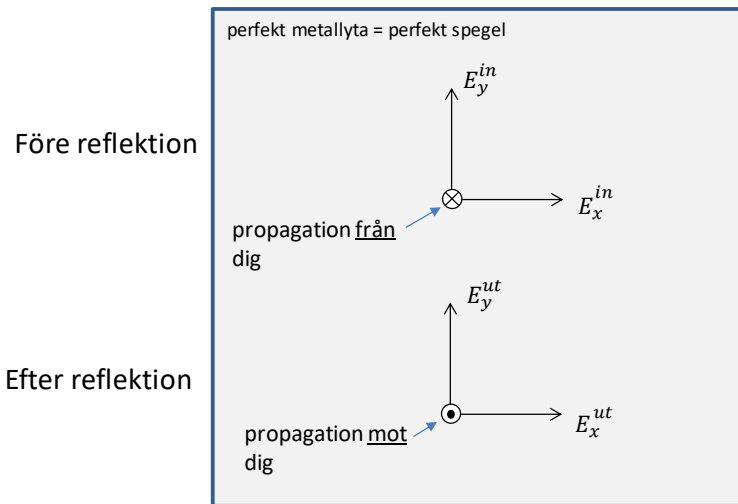
(b) Ange Jonesmatrisen för propagation genom den visade kvartsvågspattan! (2p)

(c) Beräkna med jonesformalism (d.v.s. multiplikation av Jonesmatrisen för kvartsvågspattan med Jonesvektorn för infallande fältet på kvartsvågspattan) Jonesvektorn för fältet i position (c)! (1p)

(d) Motivera varför Jonesmatrisen för fältets reflektion i den perfekta spegeln, J_{spegel} , helt enkelt kan sägas vara enhetsmatrisen, d.v.s. $J_{spegel} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$! (3p)

Ledning:

Jonesmatrisen fås genom att relatera fältet efter reflektion med fältet före reflektion i spegeln. Så här ser det ut om du är vänd mot spegeln:



Så vad blir E_x^{ut} och E_y^{ut} som funktion av E_x^{in} och E_y^{in} ? Om du glömt vad Andreas Fhager lärt dig om totala fältet vid ytan av en perfekt ledare går det bra att göra en analys baserat på "symmetri":

1. Spegeln är isotrop d.v.s. har samma egenskaper i y-led som x-led.
Som följd av detta fås villkoret
2. Vi har ingen koppling mellan x- och y-polariserat fält vid reflektionen.

När du fått sambanden mellan ut- och infält skriver du dessa som en matrisrelation

$$\begin{bmatrix} E_x^{ut} \\ E_y^{ut} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{spegel,11} & J_{spegel,12} \\ J_{spegel,21} & J_{spegel,22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_x^{in} \\ E_y^{in} \end{bmatrix}$$

där J_{spegel} är den sökta Jonesmatrisen för reflektion i spegeln. Om du eventuellt får en gemensam konstant vid din analys kan den brytas ut och kastas bort (har ingen betydelse för polarisationstillståndet).

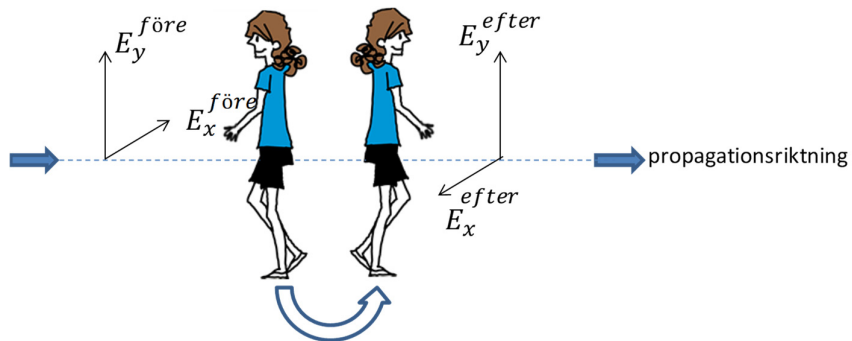
(e) Beräkna med jonesformalism Jonesvektorn för fältet i position (e), d.v.s. efter fältets reflektion i den perfekta spegeln! Ja, livet ska vara lätt ibland ☺ (1p)

Nu har vi dock ett problem! Efter reflektionen kommer fältet *mot* oss, medan vår vanliga Jonesanalys bygger på att vi "följer med fältet" i dess utbredningsriktning. Detta korrigerar vi genom att vända på oss så som visas vid punkt (f) i figuren ovan.

(f) Denna vändning kan uttryckas med en Jonesmatris! Vad blir Jonesmatrisen $J_{vänd}$ som relaterar fältet efter vändning med fältet före vändning? (3p)

Ledning:

Ja, inget händer ju fysiskt med fältet när man vänder sig om, det som händer är att koordinataxlarna eventuellt kan få ny riktning:



Så vad blir E_x^{efter} och E_y^{efter} som funktion av $E_x^{före}$ och $E_y^{före}$, där "före" och "efter" betecknar före respektive efter man vänt sig om? Skriv sambandet som

$$\begin{bmatrix} E_x^{efter} \\ E_y^{efter} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{vänd,11} & J_{vänd,12} \\ J_{vänd,21} & J_{vänd,22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_x^{före} \\ E_y^{före} \end{bmatrix}$$

som ger den sökta Jonesmatrisen $J_{vänd}$ för vändningen.

(g) Beräkna med jonesformalism Jonesvektorn för fältet i position (g), d.v.s. efter vändningen! (1p)

(h) Beräkna med jonesformalism Jonesvektorn för fältet i position (h)! (1p)

(i) Och slutligen – vad blir utgående fältet $E^{tillbaka}$? (2p)

Ledning: Hur ser polarisatorn ut när vi kommer från vänster?

(j) Och som rubriken till denna uppgift antyder ska vi också försöka svara på vad som är meningen med allt detta: Alltså, finns det någon praktisk tillämpning där man använder sig av det här arrangemanget med kvartsvågsplatta + polarisator ovanför en speglade yta? (2p)

Ledning: I en tillämpning som blivit viktig de senaste åren sänder den (partiellt) speglade ytan själv ut ljus, den består i själva verket av ett mycket stort antal små pixlar som var och en kan styras för att sända ut ljus med antingen röd, grön eller blå färg.

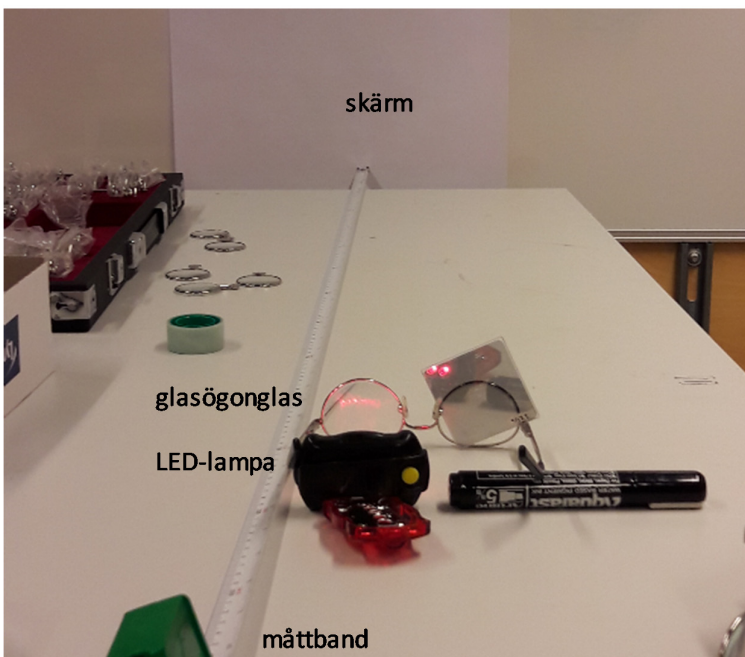
Norge #2

4. Har mina norska glasögon rätt fokallängd?

Jag har köpt ett par glasögon hos extraoptical.se, som är en internetbaserad försäljare av glasögon med huvudkontor i Trondheim. Men jag vill naturligtvis veta om de levererade glasögonen har den önskade styrkan (-7.5 dioptrier) så jag gör ett experiment för att försöka bestämma glasögonglasets fokallängd.

Jag tänker bestämma fokallängden genom att avbilda en LED-lampa med hjälp av glasögonen. LED-lampan är en cykel-baklykta med fem röda lysdioder ("LEDar"), där främre plastkåpan är borttagen. Men eftersom glasögonglasen är en negativ lens (jag är närsynt) kan jag inte direkt åstadkomma en avbildning med enbart glasögonlinsen. Detta framgår av nedanstående initiala försök där jag INTE åstadkommer en avbildning på skärmen:

Enbart glasögonlins (d.v.s. ingen positiv lins)



sett "bakifrån"



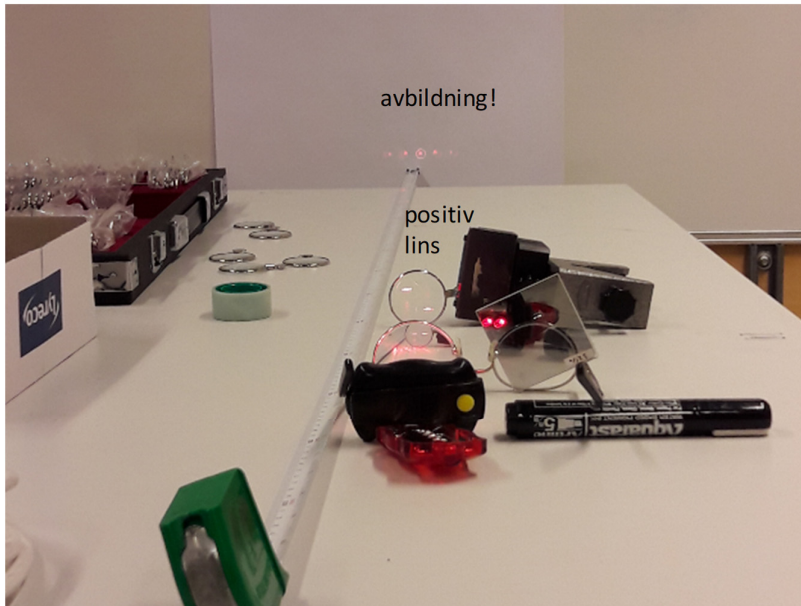
LEDar och glasögon sedda från ovan

Men från ovanstående bild kan man i alla fall utläsa avståndet från LEDarna och glasögonlinsen till skärmen – det är det som visas på måttbandets SVARTA skala. Det kan vara lite svårt att se skalan p.g.a. reflexer från taklampan, så därför har några siffror förtydligats i bilden.

(forts. på nästa sida)

För att få en *bild* av LEDarna på skärmen måste vi *inkludera en positiv lins* i vår uppställning. Jag tar en sådan lins, med än så länge okänd fokallängd, och justerar dess position tills det uppstår en bild på skärmen. Jag ändrar inte läget av LEDar och glasögon jämfört med bilden ovan. Vi ser de röda prickarna på skärmen som är bilden av de fem LEDarna i lampan (LED-lampan är så bred att de perifera LEDarna avbildas svagare eftersom deras ljus i högre grad går vid sidan om linserna i uppställningen). Och läget av den insatta positiva linsen framgår av den högra bilden.

Glasögonlins + positiv lins



sett "bakifrån"

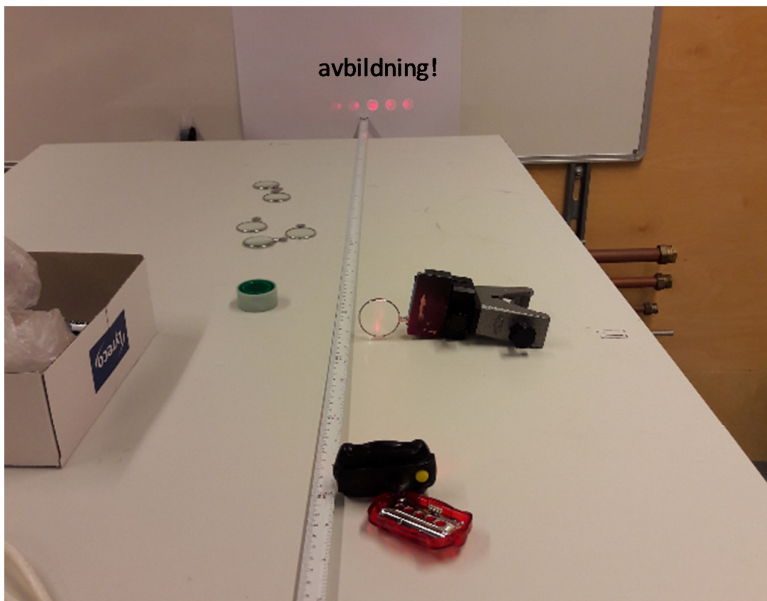


positiv lins sedd från ovan

(forts. på nästa sida)

Slutligen bestämmer jag fokallängden för den positiva linsen genom att ta bort glasögonen och avbilda LEDarna på skärmen med enbart den positiva linsen, vars läge jag justerar så att jag får en skarp bild på skärmen. Läget på LEDarna är oförändrat sedan tidigare. Läget av den positiva linsen framgår av bilden nedan till höger.

Enbart positiv lins



sett "bakifrån"



positiv lins sedd från ovan

(a) Bestäm den positiva linsens fokallängd! (3p)

(b) Bestäm glasögonlinsens fokallängd! Vad blir glasögonlinsens "styrka" uttryckt i dioptrier? Kan man lita på norsk optikk? (8p)

5. Är du bra på något mer språk förutom svenska och engelska (t.ex. persiska, arabiska, hebreiska, kurdiska, kroatiska, albanska, urdu, hindi, swahili, somaliska, vietnamesiska, koreanska, kinesiska, finska, romani, danska, tyska, polska, ryska, rumänska, franska, spanska, portugisiska)?



När vi i kursen (motvilligt) tar upp det här med *fotoner* så ställer vi oss den rimliga frågan: *Hur stor är denna ljuspartikel?* Svaret hittar vi förstas på Wikipedia, men informationen skiljer sig åt beroende på språket. På den svenskspråkiga sidan står bland annat

Wiki, svenska: "... fotonen fyller ut hela det rum den kan finnas i..."

medan den engelskspråkiga sidan ger en ganska annorlunda bild.

Ja!

Vad säger Wikipedia på "ditt" språk om fotonen när det gäller dess utbredning i rummet, alltså dess "storlek"? *Citera någon eller några meningar* där detta beskrivs som bäst, i ditt tycke. **OBS: Ta med citatet på originalspråket, men gör även en översättning till svenska!** (7p)

PS: Om det inte finns någon information om fotonens utbredning i rummet, eller andra försök till att beskriva fotonens storlek, så får du helt enkelt meddela att ingen sådan information finns (ange vilket språk det gäller). Även detta scenario ger full poäng.



Nej!

Vad säger **norskspråkiga** Wikipedia (bokmål är förmodligen lättare att förstå än nynorsk) om fotonen när det gäller dess utbredning i rummet, alltså dess "storlek"? *Citera någon eller några meningar* där detta beskrivs som bäst, i ditt tycke. **OBS: Ta med citatet på norska, men gör även en översättning till svenska 😊!** (7p)

PS 1: Samma PS som ovan gäller också här.

PS 2: Klaga inte! Hur ska du någonsin kunna få jobb i Rjukan om du inte förstår lite optik-norska?