



HUPP1A

PAS – och de fyra tumreglerna

I HUPP1A ska du undersöka hur ett optiskt fält (en ”laserstråle” med olika tvärsnitt) propagerar fram till fjärrfältet. Eftersom vi använder PAS kan vi inte propagera så långt. Istället använder vi en lins och erhåller på så sätt fjärrfältet av fältet före linsen på fokallängds avstånd efter linsen, se skissen längst ner till höger på denna sida.

1. Skriv en Matlab-funktion som implementerar PAS!

Testa den från huvudprogrammet. Utgå från PAS_skelett.m och HUPP1_skelett.m, se sista sidan i detta dokument. Bifoga din kod för de kompletterade PAS_skelett.m och HUPP1_skelett.m!

2. Gauss bleibt Gauss (gammalt tyskt ordspråk: Gauss förblir Gauss)

Kolla att en gaussisk stråle förblir gaussisk vid propagation (bara ω ändras) ända till fjärrfältet genom att kolla hur fältet ser ut på några olika avstånd fram till $L = f$ (lämplig fokallängd för linsen före Plan 1 kan vara $f = 10$ cm och $1/e^2$ -radien på infallande fält $\omega_{in} = 1$ mm, se längst ner till vänster på denna sida för ω -definition).

Behöver ej redovisas!

3. Gauss-strålens minsta spotsize

Kolla tumregeln om minsta spotsize, $D_{spot} = C \cdot \frac{\lambda}{D_{start}} \cdot L$, där $C \approx 1$. Gör det för specialfallet gaussisk stråle ($\omega_{in} = 1$ mm) som fokuseras med hjälp av lins med $f = 10$ cm respektive $f = 1$ m. För definition av stråldiametern D , använd i båda planen $D = 2\omega$, där ω är $1/e^2$ -radien för intensiteten i respektive plan. Vad blir det mer exakta värdet på C för den gaussiska strålen med den valda definitionen av D ?

4. Cirkulära strålens minsta spotsize

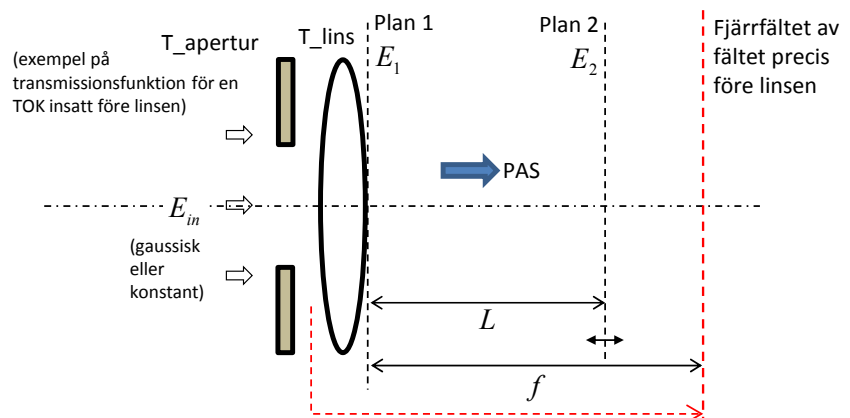
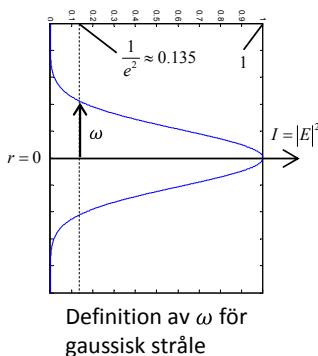
Gör samma sak som i uppgift 3 fast nu ska fältet i Plan 1 ha konstant intensitet i ett cirkulärt tvärsnitt (diameter D_{start}), och D_{spot} i Plan 2 definieras som ”innersta mörka ringens” diameter (vilket är en ganska generös definition av spotdiameter, så C bör bli klart större än 1). Vad blir det mer exakta värdet på C för den cirkulära strålen och de valda definitionerna av D ? Kan du i något av fallen $f = 10$ cm eller $f = 1$ m se svaga tecken på numeriska fel i simuleringen av intensitetsfördelningen i fjärrfältet?

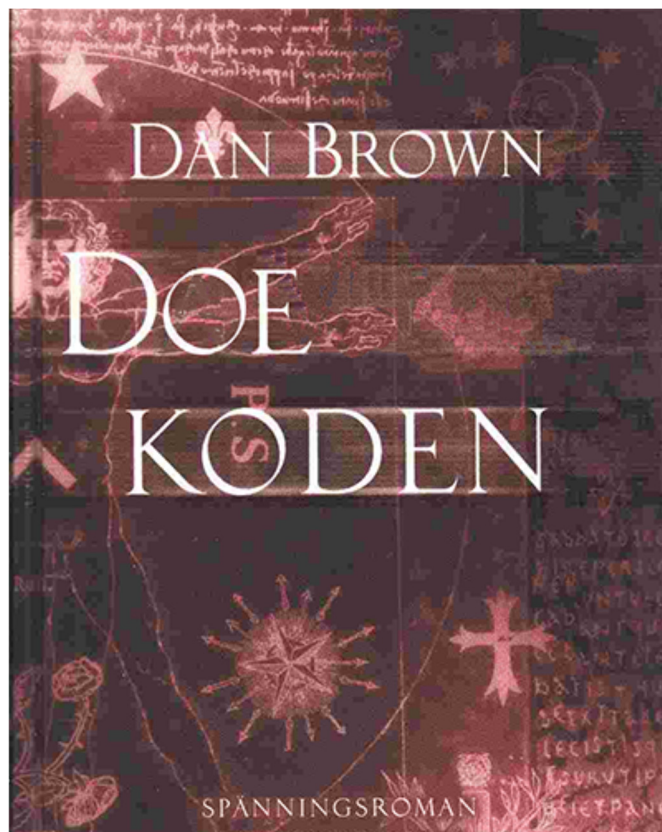
Anm: Det snygga (?) fjärrfältet från det cirkulära startfältet kallas [Airy-mönster](#).

5. Möt en annan medlem i gauss-strålens storfamilj!

Det finns en hel lycklig familj med fält som delar gaussstrålens egenskap att inte ändra form (förutom storlek) när de propagerar: så kallade *hermite-gaussiska strålar*. En av dessa strålar fås helt enkelt genom att multiplicera den (vanliga) gaussiska strålen i startplanet med x . Kolla att detta infält också håller formen vid propagation ända till fjärrfältet! **Behöver ej redovisas!**

Anm: Ditt infält i Matlab skapar du alltså genom `E_in_hermitegauss = E_in_gauss.*xmat;` välj t.ex. fallet $f = 10$ cm och kolla fältets tvärsnittsintensitet för några olika L fram till $L = f$.





Kapitel 0. Prolog

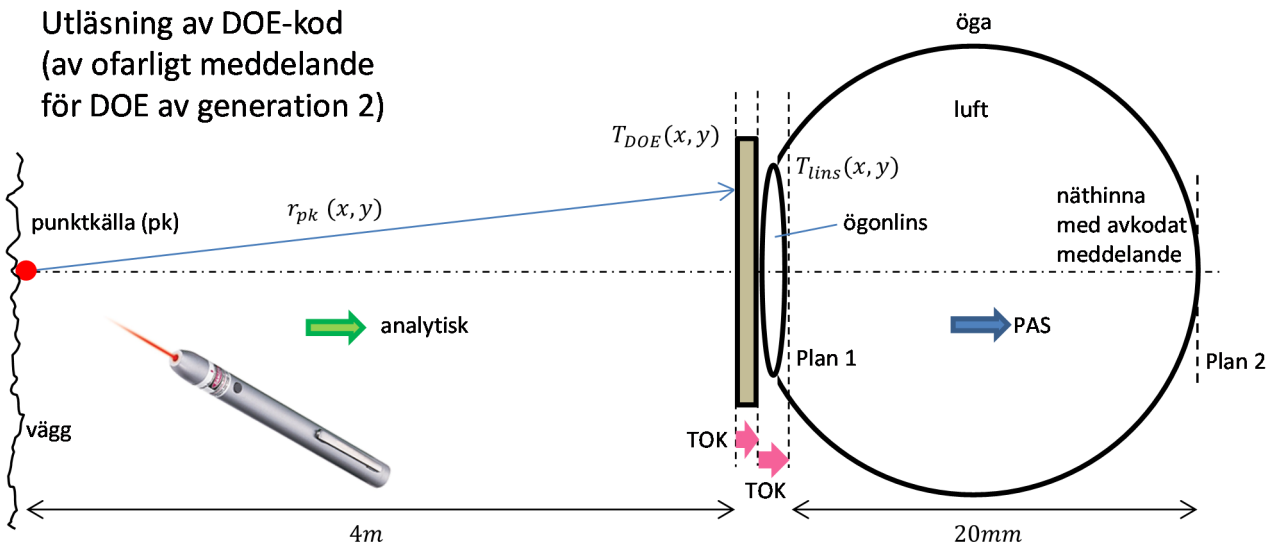
I flera hundra år stod en hetsig strid mellan dem som försvarade Newtons partikelmodell för ljus och dem som höll på vågteorin. En bit in på 1800-talet stod det klart att ljus var en våg, men partikelanhängarna, framförallt i Newtons hemland England, vägrade ge upp. De bildade den hemliga sammanslutningen Opus Corpusculare som i början på 1900-talet lyckades placera en infiltratör hos Kungliga Vetenskapsakademien i Stockholm. På så sätt lyckades man se till att Einstein fick nobelpriset för ”fel” arbete – inte för hans revolutionerande relativitetsteori, utan för den fotoelektriska effekten. Det vanligaste sättet att förklara denna effekt är att ljuset består av partiklar – fotoner. Detta var ett genidrag av Opus Corpusculare. Allt eftersom 1900-talet fortskred lyste Einsteins stjärna allt starkare i takt med att fler och fler experiment bevisade hans märkliga relativitetsteori. Han hade helt enkelt alltid rätt i sina teorier. Då måste ju även hans nobelprisade teori om ljuset som en ström av fotoner vara riktig. Att sedan Einstein grymtade lite missnöjt över hur hans teori om ljus tolkades var det ingen som brydde sig om – alla visste att Einstein alltid hade rätt, även när han själv tvivlade.

År 2029, på 150-årsdagen av Einsteins födelse och under starkt inflytande av Opus Corpusculare, som då blivit den mäktigaste forskningsorganisationen i västvärlden, blev det förbjudet att lära ut vågteorin om ljus (utom i kurser i vetenskapshistoria). Allt som kunde uppfattas som ”vågpropaganda” riktat till unga människor förbjöds också, vilket bland annat fick den något oväntade följden att NHL, och strax därefter också det svenska ishockeyförbundet, höjde straffet för ”interference” från två minuters utvisning till matchstraff.

Givetvis fanns det våganhängare som gjorde motstånd mot denna utveckling. De kommunicerade med varandra med hjälp av en kod i form av en DOE – ett diffraktivt optiskt element – utskrivet med en högupplösande skrivare på en genomskinlig plastfilm. Meddelandet avkodades genom att sätta DOEn precis framför ögat och titta på den röda pricken på väggen från en laserpekare (se figur nedan). DOEn designades så att meddelandet då syntes i klartext på näthinnan.

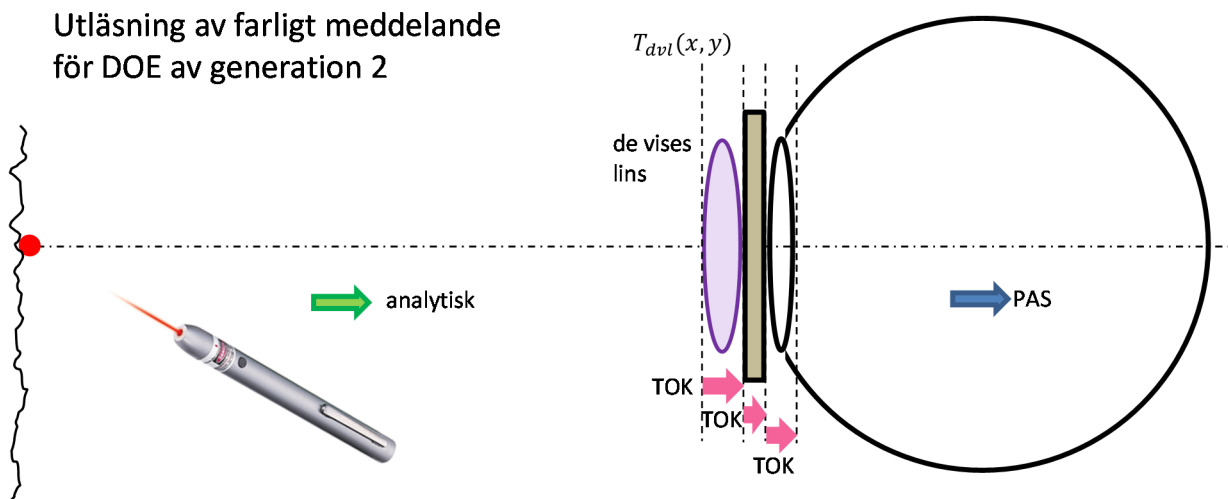
Tyvärr kom snart också myndigheterna på hur man skulle läsa av beslagtagna meddelanden, och det vågvänliga innehållet gjorde att deras ursprungliga innehavare svävade i fara.

Utläsning av DOE-kod
(av ofarligt meddelande
för DOE av generation 2)



Man införde därför en förbättrad DOE-kod – ”generation 2” – med en dubbel funktion: När DOEn avlästes som innan så visades ett ofarligt, partikelvänligt, budskap. Myndigheterna som läste beslagtagna meddelanden lugnades således, och inga påföljder blev aktuella. Men genom att sätta en lins med rätt styrka – ”de vises lins” – precis framför DOEn framträdde istället det egentliga, farliga, budskapet.

Utläsning av farligt meddelande för DOE av generation 2



Kapitel 1. Haga slott, kvällen den 12 oktober 2030

Handen på kronprinsessan Estelle darrade en aning. Så många gånger som den redan vinkat åt folket i hennes ännu blott 18-åriga liv. Men nu höll den en liten oansenlig plastbit framför hennes öga – den andra handen höll en lins. Slottet var mörkt och tyst; mamma Vic och pappa Daniel hade gått iväg för att klippa band vid invigningen av det nya Nobel4people-komplexet, givetvis sponsrat av Opus

Corpusculare. Ja, helt mörkt var inte slottet, en ilsket röd prick lyste med ett nästan sprakande sken mitt i porträttet av Oscar II i lilla bankettsalen. Estelle justerade laserpekarens läge en aning där den låg i Marie Antoinettes bonbonjär på matbordet, så att prickens letade sig ner i förfaderns vita skägg, med extra hög reflektans. Hon läste först det ofarliga meddelandet med ett visst missnöje; kanske hade det gått lite slentrian i dessa dummy-budskap, hur länge skulle övermakten låta sig luras? Men strunt i det, hon satte linsen framför plastbiten för att läsa det verkliga budskapet och drog lätt efter andan. Var det inte för tidigt, var hon verkligen redo?

Redan som mycket liten hade hon förstått att hennes namn betydde stjärna. Några få år senare hade hon frågat sin fysiklärare (en gammal maläten snubbe från Chalmers som tydligen fått sparken för att hemuppgifterna i hans kurser krävde ett vid det laget insomnat programmeringsspråk) vad en stjärna egentligen är. Läraren hade då svarat: ers höghet, det är en nästan perfekt punktkälla, sett från Jorden! Efter det hade Estelle varit som besatt och i smyg letat upp alla gamla optikböcker i det stora biblioteket på kungliga slottet, som undgått den utrensning som drabbat alla offentliga bibliotek. Det stod snart klart för henne att hon ville vara en stjärna som sänder iväg perfekta, graciösa, sfäriska vågor – inte en stjärna som sprider ljuspartiklar likt en vindögd revolverman i Vilda Väster. ”Fuck Sir Isaac”, brukade hon tänka när överklasslivet stod henne upp i halsen, ”den peruknissen skulle inte ha kunnat förklara en stående våg om han så fick ett ton äpplen i skallen!”

Men just nu stod hon alltså i mörkret och tystnaden på övervåningen på Haga slott, och det diffraktiva budskapet hade manat henne till handling – en sorts handling i alla fall, vilket var mycket nog för en kunglighet – och det var något helt annat än att bara tänka kaxiga, tonårsobstinata tankar. Plötsligt ryckte hon till när hon tyckte sig höra steg i det ständigt nykrattade gruset på gårdsplanen framför slottet...

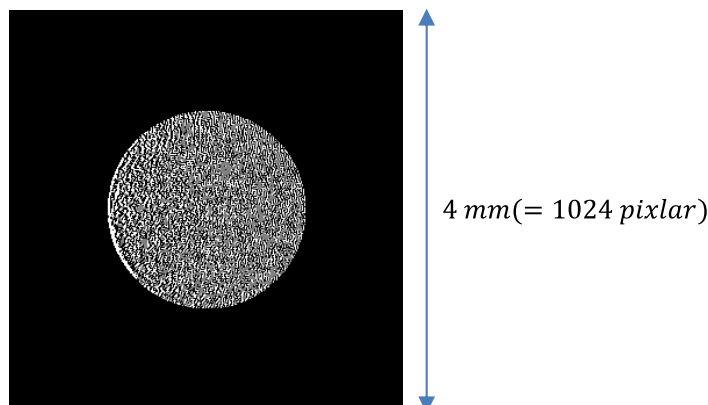
... du har nu läst allt gratismaterial. För att läsa vidare krävs ett Optify Premium-abonnemang. Men det har du inte råd med, så gör istället uppgift...

6. Dubbla budskap

Vilket är det ofarliga meddelandet i den bifogade DOE-koden av generation 2-typ? Och vilken styrka krävs på ”de vises lins” för att läsa det farliga budskapet i samma kod? Testa dig fram med olika värden på styrkan hos de vises lins tills du kan urskilja budskapet.

”Instruktioner”:

- Transmissionsfunktionen för DOEn laddas ned från kurshemsidan, och läses in i Matlab med kommandot **load T_DOE_gen2**.
- Utför propagationen från väggen till näthinnan så som skissas med pilarna i figurerna på föregående sida. Tycker du att det underlättar får du anta att väggen ligger oändligt långt bort, men egentligen vet du ju hur en sfärisk våg ser ut. Använd den enkla ögonmodellen som skissas i den övre figuren med ett 20 mm långt luftfyllt öga, där ögonlinsen är inställd för att se laserpricken på väggen tydligt.
- Du kan förmodligen behöva använda olika mättnadsfaktorer i plottarna av intensitetsfördelningen på näthinnan i olika fall.



DOEns transmissionsfunktion (svart=0="blockerande", vitt=1="transparent")

Några saker för att underlätta ditt Matlabbande

1. Ladda ner följande filer från kurshemsidan

- **PAS_skelett.m**: påbörjad kod för att implementera PAS som funktion.
- **HUPP1_skelett.m**: påbörjad kod som anropar PAS-funktionen.
- **T_DOE_gen2.mat**: innehåller transmissionsfunktionen T_DOE_gen2 för DOEn i uppgift 6.
- **fft2c.m**: FFT-rutinen ("2" står för tvådimensionell, bokstaven "c" står för centrerad, d.v.s. origo ligger i mitten av matrisen i stället för i övre vänstra hörnet som är default i Matlab)
- **ifft2c.m**: inversa FFT-rutinen

2. Eftersom N i allmänhet är ett jämnt tal (ofta väljs $N = 2^{\text{heltal}}$ vilket ger extra snabb FFT) är det inte uppenbart vilket matriselement i $N \times N$ -matrisen som är i mitten, d.v.s. vilket element som är i origo. Detta bestäms av Matlabs definition av fouriertransformen. Om du använder funktionerna `fft2c.m` och `ifft2c.m` så är origo i elementet $(N/2+1, N/2+1)$. Du kan själv kontrollera detta genom att fouriertransformera en konstant funktion, som ju ska ge en deltafunktion ("spik") i origo (mer om detta kommer snart i kursen Fourieranalys):

```
testmat=fft2c(ones(N,N)); % Fouriertransformen av en NxN-matris som innehåller ettor i alla  
                           sampelpositioner innehåller bara nollor utom i elementet (N/2+1,N/2+1)
```

3. Undvik alltid for-loopar som används för att löpa igenom positionerna i en matris! Det finns alltid bättre alternativ. Till exempel använder vi koordinatmatriserna `xmat` och `ymat`, vilka innehåller x- respektive y-koordinaterna i varje sampelposition i Plan 1 och 2. Då kan du t.ex. skapa matrisen med infallande fält i Plan 1, eller transmissionsfunktionen för en TOK, i "klartext", se exempel i `HUPP1_skelett.m`.

4. Ofta vill du visa intensitetsfördelningen i ett plan. Då kan du använda `image`-kommandot. Alla sampelpositioner som innehåller ett tal $> \text{full_white_value}$, är då helt vita ("mättade"). Värdet på **full_white_value** beror på Matlabversion. Här kommer exempel på en vanlig respektive mättad plot:

```
full_white_value =64; % i äldre Matlab-versioner  
% full_white_value =255; % i nyare Matlab-versioner  
I2=abs(E2).^2; % intensitetsfördelningen i Plan 2  
colormap(gray) % om du vill plotta i gråskala  
image(xvekt,yvekt,I2/max(max(I2))* full_white_value) % högsta värdet i I2 blir vit  
image(xvekt,yvekt,I2/max(max(I2))* full_white_value *10) % mättad plot (användbar för att se  
områden med låg intensitet. Mättnadsfaktorn "10" justeras  
så att man ser det man är intresserad av.)
```

Skicka in din HUPP1 senast

måndag 3 februari

Får du problem eller undrar något kan du
maila Jörgen

(jorgen.bengtsson@chalmers.se)

under perioden tisdag till och med söndag.