

Billygter og laservåben

– breddeopgave 34 og 35 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, NSM, RUC

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentar til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaverne i sidste nummer af KVANT var disse breddeopgaver fra RUC (nr. 34 og 35 i rækken her i KVANT):

34 og 35. Billygter og laservåben

I hvilken afstand ophører man med at kunne skelne de to lygter på en bil fra hinanden? Begrund svaret.

Pentagons planer for satellitbårne laservåben indeholder et linsearrangement med en diameter på 10 m for at opnå tilstrækkelig fokusering af laserenergien ved mål 1000 km borte. På hvor lille et område er energien fokuseret? Begrund svaret.

Løsninger

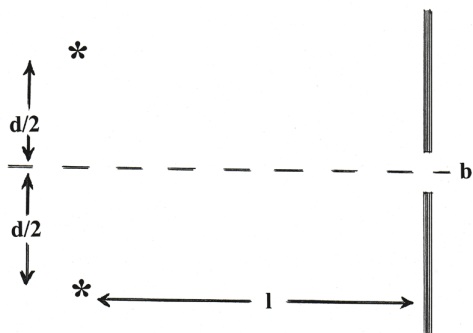
1. Løsningen til den første af opgaverne gives i form af en udfoldning af opgaven:

“Fra en lyskilde sendes lys med bølgelængden λ vinkelret mod en spalte. Afstanden fra lyskilden til spalten, l , er stor i forhold til spaltebredden, b .

1. Skitser vinkelfordelingen af lysintensiteten bag spalten. Vinklen mellem retningen, hvor der er maksimal lysintensitet, og retningen, hvor lysintensiteten er 0 første gang kaldes $\Delta\theta$. Hvor stor er $\Delta\theta$?

Lyskilden flyttes afstanden $d/2$ vinkelret på spaltenormalen, jvf. nedenstående figur.

2. Ændrer det $\Delta\theta$, forudsat at d er meget mindre end l og $\Delta\theta$ lille?



Herefter tænkes på to ens lyskilder anbragt som på figuren.

3. Find den værdi af l udtrykt ved b , d og λ , hvor maksimum i vinkelfordelingen af lysintensiteten bag spalten hidrørende fra den ene lyskilde falder sammen med første nulpunkt i vinkelfordelingen af lysintensiteten fra den anden lyskilde.

Hvis de to lyskilder er de to lygter på en bil og spalten er øjepupillen, er den fundne værdi af l ca. den afstand, hvori det bliver umuligt at skelne de to lygter fra hinanden med det blotte øje.

4. Udregn afstanden, idet $d = 2$ m, $b = 1$ mm og $\lambda = 500$ nm.”

Med svarene $\Delta\theta = \lambda/b$ på spørgsmål 1, nej på spørgsmål 2, og l givet ved $d/l = \Delta\theta$, dvs. $l = bd/\lambda$ som svaret på spørgsmål 3, bliver svaret på spørgsmål 4 og breddeopgaven, at man ophører med at kunne skelne de to lygter på en bil fra hinanden, når bilen er et sted mellem 1 km og 10 km borte (med de angivne størrelser 4 km borte, og 1,22·4 km borte, hvis der skal tages højde for, at pupillen er en cirkulær åbning og ikke en spalte).

2. Løsningen til den anden opgave (fra Reagans tid i 1983) er analog til løsningen til den første opgave på den måde, at det også her drejer sig om at sammenligne en geometrisk defineret vinkel med udtværvingsvinklen af en lysstråle som følge af bøjningen ved dens passage igennem en åbning. Figuren kan igen benyttes, idet lyset nu i modsætning til i billygteopgaven bevæger sig mod venstre fra højre. b er så linsearrangementets diameter, l afstanden til målet og d størrelsen af det mindst mulige område, som det er muligt at fokusere laservåbnets energi på. Igen er den bestemmende ligning:

$$\lambda/b = d/l \quad (1)$$

Med $\lambda = 500$ nm, $b = 10$ m og $l = 1000$ km fås heraf $d = 5$ cm. Laservåbnet vil altså ikke størrelsesordensmæssigt kunne fokusere skarpere end 10 cm.

Kommentar

1. I KVANT nr. 3, oktober 2000, i KVANT nr. 1, april 2001, og i KVANT nr.2, juli 2008 blev løsningerne til tre breddeopgaver, som i tilfældet med billygteopgaven her, givet i form af udfoldninger af opgaverne. De fire udfoldede og formaliserede opgaver tilhører et sæt på 12, der modsvarer 12 breddeopgaver. Som nævnt i tidligere KVANT artikler har jeg lavet sættet som et af midlerne til over for de studerende på RUC at tydeliggøre, hvad det er for en slags bolde, der gås efter i en undervisning byggende på de åbent formulerede breddeopgaver. Og som også tidligere nævnt ligger der selvfølgelig også en indirekte kritik af fremherskende opgavetyper i fysikundervisningstraditionen gemt i modstillingen imellem de åbne breddeopgaver og deres opdeltede og formaliserede udfoldninger, selvom de udfoldede opgaver i forhold til traditionelle fysikopgaver er på grænsen til at være karikaturer.

2. I den forrige artikel i rækken i KVANT nr. 4, december 2008 nævnte jeg risikoen for, at også breddeopgaverne i længden forfalder til at blive typeopgaver, som ikke udfordrer begrebsindlæring i dybden. Men derimod appellerer til at træne situationsbundne løsningsstrategier uden dybere forståelse af, hvad der foregår. Jeg nævnte også problemet, at der er en tendens til, at sværhedsgraden af breddeopgaverne stiger med årene i bestræbelsen på at undgå forfaldet til typeopgaver.

Men spørgsmålet om nogle foreliggende opgaver kan karakteriseres som typeopgaver eller ikke, er ikke til at afgøre i al abstrakthed. For det første kan opgaven, der for den ene studerende fungerer rutinepræget, for den anden udfordre begrebsindlæringen, alt afhængig af den enes og den andens forudsætninger. For det andet er kernen i al fysisk problemløsning identificering af, hvilken type problem der foreligger. I Thomas Kuhns

fysikinspirerede beskrivelse af videnskabelige paradigmer ved faglige matrixer er paradigmets sæt af bærende "eksemplarer" således en hjørnestein. Og sat på spidsen er en fysiker – i modsætning til f.eks. en ingeniør – i dette lys en person, der fungerer efter devisen: Løsninger (= eksemplarer = typer) haves, problemer søges. Eller sagt på en anden måde: Fysikeren undersøger, om foreliggende problemer kan studeres med en lup fra fysiker optiksettet, og lader problemet ligge, hvis det ikke er tilfældet.

Så spørgsmålet om nogle foreliggende opgaver kan karakteriseres som typeopgaver eller ikke bør konkretiseres til, om løsningen af opgaverne for de studerende fungerer som øvelser af situationsbundne færdigheder eller bidrag til tilegnelse af nye begreber og tænkemåder og – ikke mindst – udvidelse af anvendelsesrækkevidden af allerede delvis tilegnede begreber og tænkemåder. I forhold til undervisningen på breddekurset i fysik på RUC er laseropgaven og billygteopgaven efter min vurdering så tilpas forskellige, at løsningen af den ene ikke af de studerende umiddelbart opleves som afskrift af den anden. Og hvis de når til at forstå de to opgaver som variationer over det samme tema, er et hovedmål med undervisningen lykkedes.

Breddeopgave 36. Kaffeskvulp

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra sommereksamen 2008, nr. 36 i rækken her i KVANT):

Hvad er skvulpfrekvensen i en kaffekop? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.