

med modelberegninger, f.eks. [4], hvor det tager fra 8 til 17 milliarder år inden der finder et core collapse sted. Når vi observerer kuglehobenes forskellige udseende ser vi altså en igangværende proces, der tager så lang tid at Universet ikke har eksisteret længe nok til at den er forløbet til ende.



Figur 3. Messier 15 ses i stjernebilledet *Pegasus*. Den er et typisk eksempel på en hob, der har gennemgået et core collapse. Billedet er optaget med Hubble Rumteleskopet i april 2011. Foto: ESA, Hubble, NASA.

Litteratur

- [1] H. Nørgaard og J. Teuber (2012), Vores Kosmiske forbindelse, Gyldendal.
- [2] <http://www.spacetelescope.org/images/potw1107a>.
- [3] B.W. Murphy (1999), A Thousand Blazing Suns: The Inner Life of Globular Clusters, *Mercury*, **28:4**, 26.
- [4] B.W. Murphy og H.N. Cohn (1988), Realistic models for evolving globular clusters: core collapse with a mass spectrum, *MNRAS* **232** 835-852.
- [5] <http://apod.nasa.gov/apod/ap071115.html>.
- [6] <http://www.xephem.com>.
- [7] <http://www.spacetelescope.org/news/heic1205>.



Michael Quaade er formand for Astronomisk Selskab. Han er kandidat i fysik og astronomi fra Københavns Universitet. Har undervist i fysik, naturfag og astronomi på Rødovre Gymnasium og arbejdet som systemkonsulent hos TDC og Ericsson. Han er med i driften af Wieth-Knudsen Observatoriet i Tisvilde. Michael kan kontaktes på mq@astronomisk.dk.

Kapillarbølger – breddeopgave 49 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 to nye opgaver. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave (nr. 49 i rækken her i KVANT):

Breddeopgave 49. Kapillarbølger

For korte bølgelængder er det overfladespændingen mere end tyngdekraften, der er bestemmende for overfladebølgers opførsel. Hvordan afhænger udbredelseshastigheden af disse såkaldte kapillarbølger af deres bølgelængde? Begrund svaret.

Løsning

Overfladebølger er et bevægelsesfænomen, der grundlæggende er styret af Newtons anden lov. Opskrivning af masse gange acceleration må nødvendigvis inddrage

væskens massefylde ρ . Og i tilfældet kapillarbølger må kraftsiden af loven afhænge af væskens overfladespænding γ . Udover ρ og γ som inputvariable kan kapillarbølgerens udbredelseshastighed tænkes at afhænge af deres amplitude (en længde) og af deres bølgelængde λ . Grænsetilfældet, hvor amplituderne er små i forhold til bølgelængderne, kan derfor udregnes ved dimensionsanalyse med ρ , γ og λ som inputvariable. Idet $[\rho] = \text{M} \cdot \text{L}^{-3}$, $[\gamma] = \text{M} \cdot \text{T}^{-2}$ og $[\lambda] = \text{L}$ ses det, at

$$v = \text{tal} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\rho \lambda}} \quad (1)$$

er den eneste mulige kombination af ρ , γ og λ til en størrelse med dimensionen fart. Svaret på opgaven er altså, at udbredelseshastigheden af kapillarbølger er omvendt proportional med kvadratroden af deres bølgelængder.

Kommentar

Hvor kraftsiden af Newtons anden lov for kapillarbølger afhænger af γ , afhænger den for tyngdebølger af tyngdefeltstyrken g . Herudover skulle man umiddelbart for tyngdebølger på dybt vand på samme måde som for kapillarbølger forvente, at deres fart afhænger af ρ , λ og deres amplitude. For grænsetilfældet, hvor amplituderne er små i forhold til bølgelængderne, giver dimensionsanalysen så:

$$v = \text{tal} \cdot \sqrt{g\lambda}. \quad (2)$$

For tyngdebølger er farten således alligevel uafhængig af ρ . Denne uafhængighed er generel for fænomener styret af specielt tyngdekræfter på kraftsiden af Newtons anden lov, fordi indgående masser netop da forkortes væk på de to sider af loven.

Vi har kunnet stille eksamensopgaven om kapillarbølger, fordi vi som noget nyt har indlagt en kursusgang i den forudgående undervisning om overfladespænding. Da overfladespænding spiller en vigtig rolle i både biofysiske og nanoteknologiske sammenhænge, har vi syntes at emnet hører med til en bred introduktion til fysik, den stigende fokus på biofysik og nanoteknologi taget i betragtning. Breddekurset (nu = Fysisk problemløsning I + Fysisk problemløsning II) på RUC er således udover at være rettet mod kompetencen fysisk problemløsning også pensumtænk.

Helt fra starten og ved den første eksamen i breddekurset sommeren 1976 har opgaverne så vidt muligt været formuleret i dagligdags sprog ud fra den opfattelse, at det væsentligste udbytte af fysikundervisning først opnås gennem opøvelsen af evnen til aktiv anvendelse af tillærte begreber og forståelsesmåder på ikke i forvejen velkendte eller tilrettelagte problemer. Forestillingen har været, at denne evne til aktiv begrebsanvendelse er af overgribende karakter i forhold til de enkelte fysikemner. Senere har breddekursets formål således været annonceret som et tilbud om at lære de studerende at tænke som fysikere, hvor indfrielsen af formålet ikke er bundet op på pensummet, men på måden der arbejdes med pensummet på. Med den seneste omdøbning af Breddekurset til Fysisk problemløsning (I og II) er det kompetencerettede i kurset yderligere understreget.

Men som opgaven her illustrerer, har og har kurset altid haft også en pensuminddækningsopgave. Kurset er det af kurserne på fysikuddannelsen på RUC, hvor der udover mekanik, termodynamik og statistisk mekanik, elektrodynamik og kvantemekanik dyrket i dybden i de øvrige kurser også bliver orienteret lidt om f.eks. relativitetsteori, hydrodynamik, geometrisk optik, astrofysik

og kernefysik blandt andre emner, der ikke tages op i de øvrige kurser, men af os regnes som noget en fysiker bør være orienteret i det mindste en smule om. Navnet "Breddekursus" refererede til denne funktion. Og nu har vi altså bredt os ud til også at inddrage overfladespænding i pensummet.

Jeg nævner disse RUC specifikke forhold som illustration til diskussionen om kompetence- versus pensumtænkning ved undervisningstilrettelæggelse. Forveksler man pensum med faglighed, og tror man, at tilrettelæggelse af undervisning er det samme som at fastlægge et pensum – så viser man efter min vurdering symptomer på pensumitis (jævnfør Jens Højgaard Jensen, Faglighed og pensumitis, Undervisningsministeriets tidsskrift Uddannelse, november 1995). Men at enøjet pensumdyrkelse er en sygdom betyder ikke, at pensum som sådant er noget sygt. Der er naturligvis ikke nogen modsætning imellem pensum som sådant og kompetenceorientering som sådan. Det ville – med et lån fra min kollega Mogens Niss – være som at modstille ordforråd og sprogbeherskelse. Uden ordforråd ingen sprogbeherskelse. Men sprogbeherskelse er meget mere end ordforråd. Den egentlige pædagogiske konflikt er derfor nærmere om ordforrådet tænkes udbygget forud for sprogtræningen eller det forsøges erhvervet integreret i den. I Breddekurset inddrages nyt pensum i høj grad gennem nye kompetenceorienterede opgaver.

Breddeopgave 50 og 51. Mikroelektronik

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til disse to opgaver fra breddekurset på RUC (fra vintereksamen 1978 og sygeeksamen september 1987, nr. 50 og 51 i rækken her i KVANT):

Ved fremstillingen af integrerede kredsløb i elektronikindustrien nedprojiceres ønskede mønstre fra en stor skabelon på kredsløbsmatrixen (areal ca. 1 mm^2) via brug af lysfølsom lak på denne. Vurder en mindste tykkelse af ledningerne i integrerede kredsløb. Begrund vurderingen.

For at fremstille integrerede mikroelektronikkredse benyttes nu ofte elektronstråler, fordi man var nået til en nedre grænse for komponenternes størrelse ved brug af lys ved nedprojiceringen af kredsløbsmønstrene. Hvor stor en bevægelsesenergi har elektronerne mindst? Begrund svaret.

Løsninger og kommentar bringes i næste nummer.