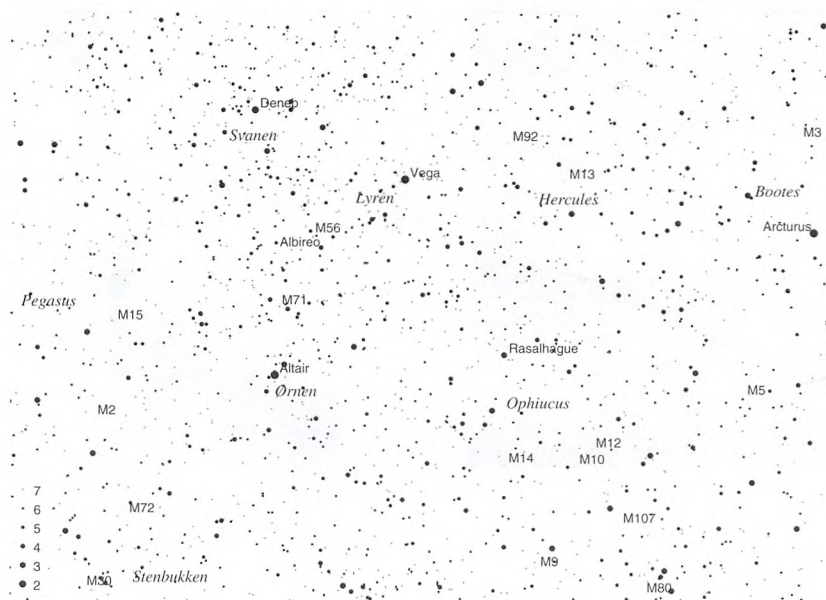


Kugleformede stjernehobe

Af Michael Quaade, Astronomisk Selskab

I sommer- og efterårsmånederne vrir nattehimen med kugleformede stjernehobe. Set gennem en stor astronomisk kikkert er kuglehobene blandt himlens smukkeste objekter.



Figur 1. Stjernerkortet viser et udsnit af himlen set mod syd i aftentimerne om efteråret. De klareste kugleformede stjernehobe er markeret med symbolet $\oplus$ og deres Messiernummer. Når der er særlig mange kugleformede hobe fremme på aftenhimen i disse måneder er det fordi de er klumpet sammen omkring centrum af vores galakse, Mælkevejen. Mælkevejens centrum ligger i stjernebilledet *Skytten* som står på aftenhimen helt nede i den sydlige horisont om sommeren og i det tidlige efterår. Skytten ligger i underkanten af kortet nær midten. Om foråret er Mælkevejens kerneområde ikke på himlen om natten og derfor ser vi kun ganske få kugleformede stjernehobe på den årstid. Stjernerkortet er lavet med XEphem programmet [6].

Det er slet ikke ualmindeligt at der er et par hundrede tusinde stjerner i en kugleformet hob. I de største f.eks. ω Centauri (se [1], s. 70), som ikke kan ses fra Danmark, er der flere millioner stjerner.



Figur 2. Messier 13 [5] i stjernebilledet *Hercules* er den klareste kugleformede stjernehob, vi kan se fra vores breddegrader. I en håndkikkert fremtræder hoben som en lille diffus klat, der danner en stumpvinklet trekant med to stjerner til venstre og under hoben. Den indeholder omkring en halv million stjerner. Billedet er sammensat af billeder fra Jorden optaget i 1990'erne og nyere optagelser fra Hubble rumteleskopet. Foto: Noel Carboni, NASA/Jet Propulsion Laboratory

Det samlede lys fra alle de stjerner får naturligvis hoben som helhed til at lyse kraftigt. Derfor kan vi se de kugleformede stjernehobe på meget store afstande – de er typisk adskillige tusinde lysår væk.

Kuglehobene er bestemt ikke ens, selv om de ved første øjekast ligner hinanden temmelig meget. Fælles for dem er, at stjernerne ligger i en kugleformet fordeling – de ser "runde" ud. I en hob som Messier 15, se [2], er stjernerne tydeligt mere klumpet sammen i midten af hoben end i f.eks. Messier 13 (se [1], s. 69). Messier 15 har gennemgået en proces, der i fagsproget kaldes et *core collapse*, som har ført til at stjernerne ligger meget tæt i hobens kerneområde og langt mere spredt i de ydre dele. Denne proces er resultatet af en kompliceret vekselvirkning mellem stjernernes indbyrdes tyngdekraft og deres individuelle hastigheder rundt i hoben [3].

Det tager lang tid for en kugleformet stjernehob at nå frem til et *core collapse*. Det går så langsomt, at det indtil i dag kun er sket for en femtedel af Mælkevejens omkring 150 kuglehobe – selv om de er blandt de allerældste objekter i universet. De er dannet nogenlunde samtidigt med Mælkevejen som helhed, for omkring 12 milliarder år siden. Dette stemmer overens

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 kapillarbølgernes 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.