Kaffeskvulp – breddeopgave 36 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 KVANT nr. 1, 2009, samt en ny opgave. Opgaven i KANT nr. 1, 2009, var denne breddeopgave fra RUC (nr. 36 i rækken her i KVANT):

36. Kaffeskvulp

Hvad er skvulpfrekvensen i en kaffekop? Begrund svaret.

Løsning

For mig ser skvulp i en kaffekop ud som noget i retning af en stående bølge med knudepunkt i koppens midte og buge ved koppens kant og med det dobbelte af koppens diameter (d) som bølgelængde: $\lambda = 2d$. Da der må være tale om en lavtvandsbølge er bølgehastigheden (v) givet ved $v = \sqrt{gh}$, hvor h er højden af kaffen i koppen og g er tyngdefeltstyrken. Derfor er skvulpfrekvensen:

$$f = v/\lambda = \sqrt{gh}/2d \qquad (1)$$

Med $h = d = 5$ cm giver det en skvulpfrekvens på ca. 7 sek^{-1}. I betragtning af grovheden i beregningen skal det nok ikke tolkes mere nøjagtigt end, at skvulpfrekvensen ligger i området imellem 1 sek^{-1} og 10 sek^{-1}. Resultatet er i overensstemmelse med den irriterende erfaring, at kaffen nemt skvulper over, når den udsættes for gangfrekvens, som jo ligger i dette område.

Kommentar

Ved vintereksamen 1986 blev opgaven stillet i denne iklædning:

Med hvilken frekvens skvulper vandet i et stort badekar i forhold til skvulpfrekvensen i et mindre badekar af samme form? Hvad er forholdet, hvis det lille badekar hører til på et badeværelse, og det store er Genevesøen?

Det er en fra min side rigtig dårlig stillet opgave. I det første spørgsmål var det for mig underforstået, at ikke blot det store og det lille badekar er af samme form, men også at de to badekar er ligedannet fyldt med vand. I den situation ses det nemlig alene ved dimensionsanalyse, at skvulpfrekvensen er proportional med $\sqrt{g/d}$. (Svarende til formel (1) med h antaget proportional med d.) Hvorfor svaret på det første spørgsmål så er, at forholdet imellem skvulpfrekvenserne i det store og det mindre badekar er lig med kvadratroden af forholdet imellem den lineære udstrækning af det mindre og det større badekar. Og som sådan er opgaven en god illustration af, hvor slagkraftigt et redskab dimensionsanalyse kan være. Men altså forudsat, at det er badekarrene sammen med vandet i dem, der har samme form.

Anvendes formel (1) på et badekar med $h = 0{,}4$ m og $d = 2$ m fås en skvulpfrekvens på ca. 0,5 sek^{-1}, ikke fjernt fra min badeværelseserfaring. Det passer størrelsesordensmæssigt, at vandet skvulper frem og tilbage i badekarret en gang i sekundet efter at man har rejst sig fra badet. Og med udgangspunkt i den erfaring måtte man svare på spørgsmålet om, hvor lang tid det tager vandet i Genevesøen at skvulpe frem og tilbage, hvis Genevesøen havde nogenlunde samme form som badekarret, at tiden størrelsesordensmæssigt var 1 sekund gange kvadratroden af Genevesøens længde (ca. 100 km) divideret med badekarrets længde (ca. 2 m), hvilket er nogle få minutter.

Men det er forkert at stille spørgsmålet, som om Genevesøen og badekarret har samme form. Genevesøens gennemsnitsdybde er 153 m. Så den er kun tilnærmelsesvis ligedannet med badekarret, når vandhøjden i det er ca. 153 m · 2 m/100 km $\simeq$ 3 mm. Og det er jo ikke det, der er på tale, når man rejser sig fra badet. Ifølge min bekendte, oceanograf Martin Bohle, som fortalte mig om sit arbejde med vandskvulpet i Genevesøen, drevet af blandt andet tidevandskræfterne, og derved gav mig afsæt til at stille opgaven i 1986, tager det ikke nogle få minutter for vandet at skvulpe frem og tilbage, men 72 til 74 minutter. Indsættes $h =$ 153 m og $d =$ 100 km i formel (1) fås skvulptiden at være 85 minutter. Altså størrelsesordensmæssig overensstemmelse.

Der var ingen klager over den dårligt stillede eksamensopgave i 1986. Breddeopgavegenren inviterer ikke til det, da eksamenskontrakten ikke går ud på, at der skal svares præcist på et præcist stillet spørgsmål. Derimod skal der svares præcist på et spørgsmål, der skal præciseres af én selv. Men det skal ikke være en retfærdiggørelse af at stille nærmest vildledende spørgsmål, som det var tilfældet her.

Breddeopgave 37. Bordtennis

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra vintereksamen 1986, nr. 37 i rækken her i KVANT):

Hvordan afhænger krumningen af banekurven for en bordtennisbold af dens spin og dens fart? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.