

H. C. Ørsteds udenlandske rejser

Karen Jelved og Andrew D. Jackson

Historien om H. C. Ørsteds otte udlandsrejser, som fortalt i hans breve til familie og venner, giver værdifuld indsigt i hans udvikling som international videnskabsmand og aktiv dansk statsborger.

Hans Christian Ørsted foretog otte udlandsrejser, hvoraf nogle varede ret længe. Hans oplevelser er vel-dokumenterede i hans breve hjem. Disse breve havde ofte form af en dagbog til familie og venner og er således i høj grad en envejskommunikation. Ørsteds skrifter indeholder klare eksempler på hans videnskabelige verdenssyn, men de beskæftiger sig ikke med spørgsmålet om, hvorledes det blev skabt. Vi mener, at disse rejsebreve giver en fascinerende dokumentation af Ørsteds udvikling både som videnskabsmand og som menneske.

Ørsteds første rejse, primært til Tyskland og Paris, fra august 1801 til januar 1804, er vel den mest interessante. Den støtte, han modtog til rejsen fra det cappelske legat, blev bragt i stand af hans mentor, Professor Johan Georg Ludvig Manthey, som var medlem af legatets bestyrelse. Det angivne formål med rejsen var, at Ørsted skulle lære mere om teknisk kemi. Ørsteds breve blev sendt til hans forlovede, Sophie Probsthein, sammen med mere personlige breve (som siden er gået tabt), indtil forlovelsens ophævelse i oktober 1803. Alle henvisninger til forlovelsen er slettet i Mathilde Ørsteds 1870-udgave af rejsebrevene, og navnet "Probsthein" er blevet kraftigt overstreget i de originale dokumenter.

Den unge Ørsted sugede nye indtryk til sig – om samfundet og kunsten såvel som om videnskabelige emner. Bevæbnet med entusiasme og en bærbar version af det nyligt opfundne galvaniske batteri (1800), blev han varmt modtaget i både selskabelige og akademiske cirkler. Den vigtigste blandt hans nye tyske bekendtskaber var uden tvivl Johann Wilhelm Ritter, en meget dygtig ung fysiker,¹ der, ligesom Ørsted, var discipel af Immanuel Kants *Naturphilosophie*. Omsider ankom Ørsted til Paris i december 1802. Hans første opgave var at lære sproget, så han kunne kommunikere med de franske videnskabsmænd. I Paris førte han en mere passiv tilværelse ved at overvære forelæsninger og udforske de rige sociale og kunstneriske muligheder. Fremfor alt skulle han tilpasse sig den franske videnskabskulturs rationalisme, som satte stor pris på eksperimentelle resultater og ingen på *Naturphilosophie*. Ørsted brugte sine ny erhvervede sprogkundskaber til at nominere Ritter til en Napoleonspris for en vigtig galvanisk opdagelse. Uheldigvis valgte Ritter at blive nomineret for to tvivlsomme præstationer. Den første af disse var den "opdagelse", at Jorden har to elektriske poler. Den anden var den observation, at en "kompasnål", der var konstrueret med den ene halvdel af zink og den anden

af sølv, ville pege mod den magnetiske nordpol. Ørsted lod sig lave en sådan nål i håbet om at gentage sin vens resultater. Mens Ørsted fik ros for sin støtte til en ven, fik han også ry for at have mere entusiasme end dømmekraft. Ritter modtog ingen pris. Nyheden om Ørsteds malplacerede begejstring nåede hurtigt til København og var sandsynligvis en medvirkende årsag til, at han i første omgang ikke fik en fast stilling ved universitetet.



Figur 1. Christian Albrecht Jensens portræt af Ørsted fra 1832–33.

Ørsted blev udnævnt til *professor extraordinarius* i fysik ved Københavns Universitet (under det filosofiske fakultet) i 1806 og valgt til medlem af det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Med sin voksende indflydelse og selvtillid blev Ørsted opmuntret til at søge kongelig støtte til oprettelse af en højskole for eksperimentel naturvidenskab efter samme mønster som dem, han havde set i Tyskland og Frankrig. Selv om dette forsøg ikke lykkedes, fik han nu omsider orlov med fuld løn og rejseudgifterne betalt, med det udtrykkelige formål at undersøge, hvorledes fremskridt i teknisk kemi kunne bidrage til Danmarks økonomiske

¹I 1802 anvendte Ritter kunstfærdige kemiske teknikker til at bekræfte Herschels opdagelse (ad fysisk vej) af eksistensen af infrarødt lys (1801) og anvendte de samme teknikker til at opdage ultraviolet lys. Samme år konstruerede Ritter det første tørrelement, og i 1803 konstruerede han den første akkumulator.

fremgang og velstand. Ørsteds anden udlandsrejse gik til Tyskland og Frankrig i perioden fra maj 1812 til februar 1813. Opgaven med teknisk kemi blev stort set ignoreret, idet det meste af tiden blev brugt på en omarbejdelse af kemien inden for kantianske rammer. I løbet af denne rejse hørte Ørsted fra Anders om N.F.S. Grundtvigs angreb på den akademiske elite i almindelighed og på naturvidenskaben i særdeleshed. Hans Christian svarede kort og godt: "Han er et givtigt Ukrud i vor Litteratur, som med Rod bør oprykkes"². Selv om denne reaktion kan forekomme voldsom, skal den ses i lyset af Grundtvigs beskyldning mod fysik: "Guds Fornægtelse [var] dens første Ord, Trolddom og Guldsmageri dens kiæretse Bedrift."³ Ved sin hjemkomst udfordrede Hans Christian Grundtvig i en offentlig brevudveksling, som han fik megen ros for.

Ørsteds tredje rejse varede fra november 1822 til oktober 1823 og bragte ham til Tyskland, Frankrig og England. Det havde været nogle travle år siden hans sidste udlandsrejse. Han havde giftet sig med Inger Birgitte Ballum i 1814, og en voksende families økonomiske behov tvang ham til at påtage sig en tung undervisningsbyrde i hans nye rolle som *professor ordinarius* (1817). På omtrent samme tid (1815) blev han valgt til sekretær i Videnskabernes Selskab. Der var ikke megen tid til rådighed for videnskaben. Ørsteds livslange interesse for sammentrykning af flydende legemer (dvs. både væsker og luftarter) begyndte i denne periode med opfindelsen af hans piezometer.⁴ Det var Ørsteds overbevisning, at hvis han kunne bevise, at et legemes rumfang var strengt omvendt proportionalt med trykket for alle tryk, ville han have bevis mod eksistensen af atomer og for Kants *dynamisme*.⁵

Løverdagen den 22de October, Kl. 6 Eftermiddag, holdes et Qvartalsmøde i Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Efterat Forretningerne ere tilendebragte, holder Conferentsraad Ørsted et Foredrag over de ved Daguerreotypien foranledigede nyeste Opdagelser over Lysvirkningernes Natur.

Figur 2. En notits for ét af Ørsteds mange SNU-foredrag (fra *Københavns Kongelig alene privilegerede Adresse-Contoires Efterretninger* (1759-1854), 20. oktober 1842).

Ørsteds største videnskabelige bedrift i denne periode var naturligvis opdagelsen af elektromagnetismen. Opdagelsen blev meddelt den 21. juni 1820 i en privattrykt artikel på latin, som blev sendt til lærde selskaber og udvalgte videnskabsmænd i hele Europa. En af kopierne blev sendt til Sir Humphry Davy. Med hjælp fra sin assistent Michael Faraday, lykkedes det ham snart at verificere Ørsteds resultater. Davy, som var blevet valgt til præsident for Royal Society i 1820, foreslog straks Ørsted som medlem, og han skaffede ham Copleymedaljen samme år. Tingene udviklede

sig mindst lige så hurtigt i Frankrig. François Arago verificerede snart Ørsteds resultater eksperimentelt og viste dem meget overbevisende for en skeptisk tilhørs-kare i Paris den 11. september. To uger senere viste André-Marie Ampère vekselvirkningen mellem to strømførende ledninger. Endelig viste Jean-Baptiste Biot og Félix Savart, hvorledes man skulle forklare retningen og størrelsen af det magnetiske felt, som blev frembragt af en lang, strømførende ledning. Dette resultat blev snart generaliseret af Pierre Laplace i den form, der nu er almindelig kendt som Biot-Savarts lov. Hele denne storm af fransk videnskabelig kreativitet, udløst af Ørsteds opdagelse, tog kun nogle få måneder. Trods dette, blev Ørsted først tilbudt medlemskab af *Académie Royale des Sciences* i 1823.

I betragtning af franskmændenes klare videnskabelige evner og tekniske kunnen er det mærkeligt, at de ikke selv opdagede elektromagnetismen. Forklaringen herpå blev givet af Ampère selv i et brev til Jacques Roux-Bordier, skrevet i februar 1821: Coulomb havde forsikret sine kolleger om, at der ikke var nogen vekselvirkning mellem de elektriske og de magnetiske væsker, og denne påstand blev betragtet som en kendsgerning. Franskmændene var overbeviste om, at der ikke var noget at finde, og derfor kiggede de ikke. Ørsted, derimod, var lige så overbevist om, at Kants to fundamentale kræfter (dvs. tiltrækning og frastødning) garanterede, at der måtte være en forbindelse mellem elektricitet og magnetisme. Han kiggede, og han fandt den.

Rejsen begyndte i november 1822, og arkitekten Michael Bindesbøll gjorde ham følgeskab det meste af vejen. Modtageren af de breve, han skrev på denne og alle fremtidige rejser, var Gitte. Først rejste han til Berlin, hvor han fornyede gamle venskaber, og så til Jena og München. Han fandt ikke megen videnskabelig stimulering. Opholdet i Jena bød på et af rejsens højdepunkter — Ørsteds møde med Goethe. I betragtning af Ørsteds respekt for Goethes litterære geni, kunne deres møde være blevet reduceret til en ydmyg pilgrimsfærd; Goethes amatørinteresse for videnskab og Ørsteds nye status som en stor videnskabsmand gjorde det mere til et møde mellem ligemænd. Ikke desto mindre er Ørsteds ærefrygt tydelig. De to havde en diskussion om Goethes *Farbenlehre*, som snarere var en udveksling af tanker end et sindenes møde. Som Ørsted beskrev det, mente Goethe, "at vi vel kom hinanden nærmere i denne Sag, dersom vi ikkun blev længere sammen". Ørsted havde dog sine tvivl.

Hans ophold i Paris manglede ikke "tilforladelige" videnskabsmænd, men der kom ikke meget ud af disse møder. Franskmændene var med rette overbevist om gyldigheden af de teoretiske beskrivelser af elektromagnetismen, som var udviklet af Ampère, Biot og Savart, og havde ikke megen sympati for Ørsteds egne teorier. Han dannede sig et særligt negativt indtryk af Ampère:

²JJ, p. 241.

³Se K. A. Pedersen, *Om Troen og dens Indflydelse på Jordelivet eller om Kirke og Stat*, Grundtvig Studier 1995, p. 41.

⁴Ved at udøve lige stort indvendigt og udvendigt tryk på beholderen, kunne Ørsted måle det flydende legemes sammentrykning uden de fejl, der opstod ved forandringer i beholderens rumfang.

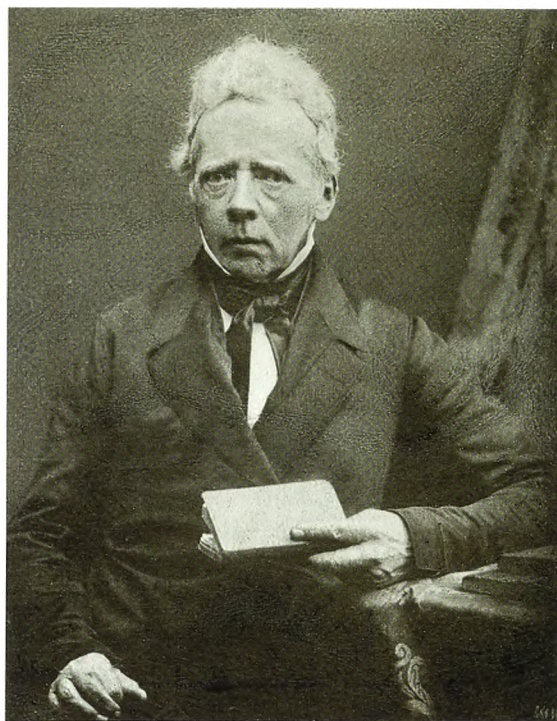
⁵Ørsted fandt, at dette var sandt inden for den eksperimentelle usikkerhed for luftarter og væsker hver for sig. Han observerede også, at dette klart ikke var tilfældet ved faseovergangen fra gas til flydende tilstand, men forstod ikke betydningen af dette.

“Han er en meget ubehændig Disputator, og forstaaer hverken ret at fatte [andres] Grunde eller at opstille sine; ikke desmindre er han et dybsindigt Hoved”. Det er ikke usandsynligt, at Ørsteds begrænsede matematiske evner bidrog til dette indtryk. Trods videnskabelige uoverensstemmelser var Ørsted mere end tilfreds med den varme modtagelse, han fik i Paris. Han fandt ovenikøbet tid til at lave eksperimenter over termoelektricitet med Joseph Fourier,⁶ hvilket tvang ham til at forlænge sit ophold i Paris. Ørsted og Fourier lavede en grundig og systematisk undersøgelse af den virkning, som var blevet opdaget af Thomas Johann Seebeck (1821).

Ørsted var nu parat til sit første besøg i England. Dette besøg kunne have givet grund til nogen bekymring. Ørsted havde oplevet det engelske bombardement af København i 1807 og havde set hele første oplag af sin *Første Indledning til den almindelige Naturlære* gå op i flammer. At der ikke var noget tegn på dette i hans breve, kan skyldes den øjeblikkelige og positive anerkendelse af hans elektromagnetiske opdagelse af de britiske videnskabsmænd i almindelighed og Sir Humphry Davy i særdeleshed. Davy modtog ham med usædvanlig varme; han og Faraday viste ham snart deres nyeste eksperimenter. Meget af Ørsteds tid i London gik med turistaktiviteter, som gav ham rig lejlighed til at undres over de forandringer, som videnskaben og den nye teknologi, ikke mindst dampmaskiner i fabrikker og dampskibe,⁷ havde afstedkommet. Efter næsten to måneder i London, tog Ørsted dampskibet til Edinburgh, hvor hans vært og guide var David Brewster. Brewster, som udgav *The Edinburgh Encyclopaedia*, overtalte Ørsted til at skrive en artikel hertil om elektromagnetismen.⁸ Brewster var også involveret i en af de få videnskabelige undersøgelser, Ørsted udførte på denne rejse. Ifølge Brewster,⁹ udførte Ørsted “et betydeligt antal” målinger af Jordens magnetiske felt “på en rejse i England i 1823”. En af disse blev foretaget i Edinburgh den 4. juli, 1823. Denne måling var imidlertid ikke dagens højdepunkt, da den fulgte efter Ørsteds møde med Sir Walter Scott. Den respekt, som Ørsted havde vist Goethe, dukker op igen over for Scott.

Efter denne tredje rejse tog Ørsteds karriere en ny vending, hvor samfundsmæssige forpligtelser gik forud for hans videnskabelige undersøgelser. Den tid, han satte af til videnskaben, var ikke uproduktiv og resulterede i yderligere elektromagnetiske forsøg, forbedringer af målinger af væskernes sammentrykkelighed og fremstilling af metallisk aluminium. Størstedelen af hans anstrengelser var dog helliget andre ting. I London havde Ørsted været imponeret over det arbejde, som Royal Institution (grundlagt 1799) og London Institution (grundlagt 1806) havde gjort for at fremme udbredelsen af nyttig viden gennem offentlige forelæsninger og kurser for håndværkere. Efter at have set den gavn, man havde af videnskaben og teknologien i England,

beslattede Ørsted at skabe Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU, grundlagt 1824), som skulle støttes af privat subskription. Der kom ikke megen økonomisk støtte, og Ørsted var tvunget til at påtage sig at holde forelæsninger for SNU fem aftener om ugen ud over sine normale forpligtelser på universitetet. Ligeledes spillede Ørsted en central rolle i grundlæggelsen af den offentligt finansierede Polytekniske Læreanstalt (grundlagt 1829) under Københavns Universitet. Ifølge det oprindelige forslag, fremsat af Georg Frederik Ursin (1797-1849), var hensigten at skabe en skole for praktisk uddannelse af håndværkere. Ørsted modificerede denne idé og skabte i stedet en akademisk institution for højere teknisk uddannelse. Som direktør for Polyteknisk Læreanstalt blev Ørsted tvunget til at påtage sig nye forpligtelser som lærer og administrator. Udover disse formelle opgaver blev han ofte bedt om at udsende hvidbøger om emner, der strakte sig fra spørgsmål vedrørende asfaltisolerede vandrør til det tilrådelige i at give bagere lov til at komme kobbersulfat i deres brød. Hans fornuftige råd om tildeling af patenter blev senere grundlag for den danske patentlov.



Figur 3. Daguerreotypi af Ørsted i London (Antoine Jean François Claudet, 8. september 1846). Bemærk Ørsteds paryk!

Selv om der ikke er mange breve fra den fjerde udlandsrejse til Altona i maj 1827, har den en vis betydning. Formålet med Ørsteds rejse til Altona i maj 1827 var at diskutere forslag til omfattende målinger af misvisningen, hældningen og intensiteten af Jordens magnetfelt for at lokalisere Jordens magnetiske nordpol. Blandt deltagerne var Carl Friedrich Gauss, John

⁶Selv om Fourier nu primært anses for at være matematiker, var han også fysiker. Han var den første til at forstå, at Jordens temperatur var bestemt af en balance mellem den energi, der kommer fra Solen, og den sortlegemestråling (*chaleur obscure*), der udgår fra Jorden, og hævdede (1824), at atmosfæriske gasser kunne forhøje Jordens temperatur. Således burde han have æren for at have opdaget drivhuseffekten.

⁷Den første offentlige dampjernbane, bygget af George Stephenson, åbnede i 1825.

⁸Eftersom encyklopædien var alfabetisk opbygget og blev udgivet mellem 1808 og 1830, fik artiklen titlen *Thermo-Electricity*. Ørsted benyttede lejligheden til at beskrive sin egen rolle i opdagelsen af elektromagnetismen. Se KM II, pp. 351-98 og JJK, pp. 542-82.

⁹Cf. den amerikanske udgave af *The Edinburgh Encyclopaedia* (1832) ed. Joseph Parker, Philadelphia, vol. XVIII, p. 151.

Herschel og Alexander von Humboldt (som havde nyttige kontakter i Sydamerika). Mødet skabte grundlaget for dannelsen af Magnetiske Forening i Göttingen under ledelsen af Gauss og hans assistent, Wilhelm Weber. Ørsteds deltagelse i mødet var mest for at sikre dansk deltagelse i et vigtigt internationalt projekt.



Figur 4. Familien Ørsted i anledning af Birgitte Ørsteds 60-årsfødselsdag i 1849). På forreste række fra venstre: Ørsteds datter Sophie, Hans Christian, Birgitte og Anders Sandøe. Bagerst: sønnen Anders, svigersønnen F. Dahlstrøm, datteren Karen Scharling, svigersønnen E.A. Scharling og sønnen Nikolaj.

Ørsteds femte rejse i september 1828 bragte ham igen til Tyskland, hvor han deltog i det årlige møde, arrangeret af Selskabet for tyske Naturforskere og Læger (Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte) i Berlin. Hans sjette rejse i juli 1842 gik til Stockholm, hvor han deltog i et lignende årsmøde for skandinaviske naturvidenskabsmænd. Formålet med mødet var mere praktisk end filosofisk. Man følte, at den videnskabelige indsats i Danmark, Norge og Sverige blev undervurderet af europæiske kolleger som følge af landenes størrelse og relative isolation, og at denne situation kunne ændres ved at fremme en fælles skandinavisk sammenslutning, som var stor nok til at kræve anerkendelse. Hans breve fra denne rejse afslører ikke, at Kong Carl XIV Johan tildelte ham den svenske Nordstjerneorden. Kort efter sin hjemkomst blev Ørsted hædret af Kong Friedrich Wilhelm IV af Preussen med tildelingen af *Pour le Mérite*-ordenen for bidrag til videnskaben og kunsten. De talrige private selskaber, der blev arrangeret til ære for ham, gav ham chancen for at forny mange gamle bekendtskaber. På denne rejse prøvede Ørsted for første gang at rejse med jernbanen.

Ørsteds sidste udlandsrejse til Frankrig, England og Tyskland fra juli til september 1846 var også ceremoniel, men af noget større interesse. Han var blevet inviteret til at være æresgæst ved det årlige møde i

British Association for the Advancement of Science. Ørsted var ikke længere ung og følte behov for at have selskab på rejsen. Derfor blev han ledsaget af Professor Georg Forchhammer, dennes kone og Mathilde, hans yngste datter. Bortset fra nogle få breve fra Paris var familiekorrespondancen overladt til Mathilde. Deres månedlange ophold i Paris blev dikteret af en meget forsinket audiens hos Kong Louis Philippe. Mens Ørsted ventede, var hans dage fyldt med besøg hos kolleger og instrumentmagere og på fabrikker. Hans detaljerede beskrivelse af fabrikation af vandrør var mere end blot nysgerrighed; i 1847 behandlede Ørsted uofficielt en patentansøgning om overtrækning af vandrør med asfalt som dem, han havde set i Paris.¹⁰ Den længe ventede audiens hos Louis Philippe var ikke nogen succes. Kongen var blevet orienteret om, at han skulle møde Anders Sandøe og havde intet af betydning at sige til hans bror, videnskabsmanden. Rejseselskabet drog videre til London to dage senere.

De to uger, før BAAS-mødet begyndte, var fyldt med den sædvanlige runde af besøg. Vandforsyningen havde stadig Ørsteds bevågenhed. Meteorologiske og magnetiske målinger førte ham til observatorierne i Kew og Greenwich. Det var et tilfældigt møde med William Rowan Hamilton i Greenwich, som afslørede, at denne store matematiske fysiker læste Ørsteds kemiske skrifter. Den 30. august havde Ørsted et morgenmøde med Charles Babbage, som forklarede de nye idéer, der havde fået ham til at opgive sin første differensmaskine trods de £17.000, som han havde fået til at bygge den, til fordel for sin anden differensmaskine.¹¹ Ørsted fik et stykke af den første maskine foræret som en souvenir. BAAS-mødet i Southampton indeholdt ikke meget af videnskabelig interesse. Da Ørsted kom tilbage til London, havde han et kort møde med Faraday, som viste ham sine nyeste eksperimenter over diamagnetismen. Det er overraskende, at Ørsted og Faraday, hvis videnskabelige løbebaner havde så meget til fælles, havde så lidt personlig kontakt.

Ørsted rejste derefter videre til det årlige møde i GDNÄ i Kiel, hvortil han ankom den 22. september. I dette tilfælde er atmosfæren under mødet af større interesse end indholdet. Hans modtagelse i England havde været en fornem demonstration af videnskabens broderskab, hvor idéer blev udvekslet frit, og hvor anerkendelse var upåvirket af nationale eller politiske interesser. Mødet i Kiel beviste, at dette broderskabs bånd ikke var så stærke, som han havde håbet. Mens Ørsted generelt blev mødt med varme på det private plan, var de offentlige udtalelser fra de tyske værter mere politisk ladede og mindre gæstfrie. Dette var især tilfældet ved den officielle festmiddag, hvor bordtalerne var fremmedhadske og eksplicit anti-danske.¹² Som den førende tysktalende gæstedeltager følte Ørsted sig

¹⁰Så tidligt som 1823 havde Ørsted betragtet den tekniske vurdering af mulige erstatninger for de usanitære vand- og kloakrør af træ i København som en af hans "Embedspligter". Modstand, inklusive Anders Sandøes, mod sådanne forbedringer, primært af økonomiske grunde, forhindrede handling indtil koleraepidemien i 1853, som kostede 4000 københavnere livet.

¹¹Den anden differensmaskine blev ikke bygget, mens Babbage levede. En model blev bygget efter Babbages tegning i 1991, og den fungerede ganske som forudsagt, idet den udregnede matematiske funktioner til en nøjagtighed af 31 decimaler.

¹²Dan Ch. Christensen mener, at denne reaktion ikke blot var et tegn på generisk nationalisme. I et Åbent Brev af 8. juli, 1846, havde Kong Christian VIII erklæret, at arvefølgeoven for det danske kongehus også gjaldt i Slesvig og dele af Holsten. Dette blev set fra tysk side som et indledende skridt i retning af indlemmelse af de to hertugdømmer og vakte stor vrede.

tvunget til at reagere kraftigt. Hans mange udlandsrejser endte således med en beklagende bemærkning, om at “videnskaben nu ikke [er] et skjold mod fornærmelser ansporet af politisk forblindelse”.

Litteratur

- [1] Kirstine Meyer, red. (1920) *H. C. Ørsted's Videnskabelige Værker*, bind I-III, København.
- [2] K. Jelved, A. D. Jackson og O. Knudsen, red. og oversat (1998) *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*, Princeton.
- [3] K. Jelved og A. D. Jackson (2011) *H. C. Ørsted's rejsebreve*, Scientia Danica, Series H, Humanistica, 8 vol. 2, København.
- [4] Dan Ch. Christensen (2009) *Naturens tankelæser: En biografi om Hans Christian Ørsted*, København. (Dette danske værk er den eneste komplette biografi over Ørsted.)



Karen Jelved (f. 1944) er lektor emeritus i engelsk, og Andrew D. Jackson (f. 1941) er professor emeritus i fysik. I mere end 25 år har de bidraget til en øget international bevidsthed om betydningen af Ørstedes mange bidrag til videnskaben. Deres publicerede værker omfatter *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*. Deres seneste publikation, *H. C. Ørsted's rejsebreve*, er den første komplette udgave af disse fascinerende dokumenter.

Fugle – breddeopgave 82 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, INM, 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. 82 i rækken her i Kvant):

Breddeopgave 82. Fugle

Lad os antage, at alle fugle, der er i stand til i vindstille at holde sig svævende over samme punkt af landskabet ved at basker med vingerne, kun varierer i størrelse: Deres form og måden, de bevæger vingerne på, antages at være ens. Hvordan afhænger frekvensen, de basker med, da af deres størrelse? Begrund svaret.

Løsning

Når en fugl holder sig svævende i en konstant højde, må der være en opdriftkraft, O , fra luften på fuglen, i modsat retning og af samme størrelse som tyngdekraften på fuglen, mg , hvor m er fuglens masse og g tyngdefeltstyrken:

$$O = mg. \quad (1)$$

For stillestående, baskende fugle må opdriften afhænge af massefylden ρ af den luft, der presses nedad, og frekvensen f , hvormed der baskes. Hvis vi antager fuglenes form og måden, de bevæger vingerne på, for at være ens, må opdriften herudover alene afhænge af

et lineært mål for fuglenes størrelse, fx længden l af deres vinger. Da ρ , f og l ikke kan kombineres til en dimensionsløs størrelse, må O så være givet ved:

$$O = a\rho^\alpha f^\beta l^\gamma, \quad (2)$$

hvor a er et ukendt, dimensionsløst tal, og hvor α , β , og γ skal vælges, så vi får samme dimension på begge sider af lighedstegnet. Da $[O] = \text{MLT}^{-2}$, $[\rho] = \text{ML}^{-3}$, $[f] = \text{T}^{-1}$, $[l] = \text{L}$, skal α , β , og γ derfor opfylde kravet:

$$\text{MLT}^{-2} = (\text{ML}^{-3})^\alpha \text{T}^{-\beta} \text{L}^\gamma. \quad (3)$$

Da basisdimensionerne per definition ikke kan afledes af hinanden, skal potenserne for hver basisdimension være den samme på begge sider af lighedstegnet:

$$\text{M} : 1 = \alpha \quad (4)$$

$$\text{L} : 1 = -3\alpha + \gamma \quad (5)$$

$$\text{T} : -2 = -\beta, \quad (6)$$

Da den entydige løsning til dette ligningssystem er $(\alpha, \beta, \gamma) = (1, 2, 4)$, har vi derved ved indsættelse i ligning (2) af dimensionsgrunde fundet O til at være givet ved formelen:

$$O = a\rho f^2 l^4. \quad (7)$$