

Nr. 3 – 2006
68. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Kristiansen, Helgesen og Skjeltorp:	
Matematiske fletter	65
Øyvind Grøn:	
Relativitetsteorien og GPS	69
Rolf Vegar Olsen:	
Er fysikklæreren en utdøende rase?	72
Fra Redaktørene	62
In Memoriam	62
Johannes Mathias Hansteen	
Nicolai Norman	
Fysikk i skolen	75
«Et felles løft for realfagene»	
Eksamen i 3FY 2006	
Hva skjer	79
Pluto på vikende front	
Fysikkolympiaden 2006	
Grunn forskning	
Bokomtale	81
Fisher: Science of Everyday Life	
Nye Doktorer	82
Dr.ing. Samsun B.B. Mohamad	
Trim i FFV	83
FFVT 3/06	
Løsning FFVT 1/06 og 2/06	
Nytt fra NFS	83
Nye medlemmer	

Fra Fysikkens Verden



Er fysikklæreren en utdøende rase?

Foto: K. T. Hetland (Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

På "Landskonferansen for Fysikkundervisning" for fem år siden holdt den kjente kåsør Erling Læg Reid et velformulert og engasjerende foredrag: "Hva i all verden skal vi med fysikere?" Her hevdet han at vi "no opplever ein repetisjon av jappetida, med tilbod om forbrukslån og raske, populære utdanningar som gir populære jobbar."

For 20 år siden undersøkte vi hva fysikere utdannet ved Universitetet i Oslo inntil da hadde valgt som første betalte arbeid. Allerede da oppdaget vi en radikal utvikling: Inntil ca. 1980 hadde over 50 % av kandidatene valgt videregående skole (eller "gymnas") som arbeidsplass. I 1982 hadde denne prosenten falt til omtrent null. Dette viste seg å være en nasjonal trend; etter den tid har antall kandidater til skolen holdt seg langt under "pre-1980 nivået". Riktignok var fysikerne ikke med ett blitt identiske med Læg Reids japper, men spennende og bedre betalte jobber utenfor skolesystemet var en effektiv og varig støvsuger. For næringslivet gjaldt det å sikre seg kvalifiserte folk, ingen bekymret seg over at såkorn ble fortært i stor skala.

I dette nummer av FFV stiller Rolf Vegar Olsen spørsmålet, "Er fysikklæreren en utdøende rase?" I artikkelen framgår det klart at fra begynnelsen av 1980-årene gikk antall fysikere som valgte å bli lektorer i den videregående skolen dramatisk ned. Denne trend har altså vært kjent i 20 år – og resultatet ser vi på antall fysikklærere i dagens skole.

Fysikkundervisningen i den videregående skole har inntil nå nytt godt av en faglig velutdannet lærerstab. Verdien av dette er vanskelig å dokumentere, men den kan neppe overvurderes. Dagens faglig høye standard vil neppe kunne opprettholdes i årene som kommer. Det er en reell fare for at den kvantitative nedgangen også – i alle fall i en overgangperiode – vil resultere i en kvalitativ nedgang etter hvert som provisoriske tiltak igangsettes. Når en sak som denne endelig kommer på den politiske dagsorden har skaden som regel skjedd. Vår antagelse er at det – uten drastiske tiltak – tar like lang tid å bygge opp en stab som det tar å bygge den ned. Vi håper at vi tar feil.

∞

In Memoriam

Johannes Mathias Hansteen (1927–2006)



Professor Johannes Mathias Hansteen ville ha fylt 80 år neste mars, og vi hadde begynt å forberede et symposium for å feire jubileet. Så fikk vi den triste meldingen om at han var gått bort 5. juni.

Johannes Mathias Hansteen ble født i Arendal 7. mars 1927. Han avsluttet sine studier ved Universitetet i Oslo med hovedfag i fysikk i 1955, og begynte å arbeide teoretisk med partikkelstrålingens ioniserende effekter. Han gjennomførte sammen med sin kollega Svein Messelt, også eksperimenter på van de Graaf-akseleratoren på Blindern for å teste det teoretiske arbeidet. Etter dette kom et viktig opphold som stipendiat ved NORDITA (Nordisk Institutt for Teoretisk Atomfysikk) ved Niels Bohr Instituttet i København, i årene 1956–1959. Der publiserte han sammen med sin venn og kollega Jens Bang, et omfattende teoretisk arbeid som ble en klassisk referanse i atomkollisjonsfysikk.

Etter oppholdet i København orienterte han seg mer mot teoretiske studier av atomkjernenes strukturproblemer og arbeidet med slike problemer ved Universitetet i Tübingen og ved Florida State University. Han kom til Bergen i 1966 som dosent i teoretisk fysikk, og i 1985 ble han "kallet" til et professorat. Han har vært en viktig del av instituttets liv i nesten 40 år.

Hans forskning i Bergen fortsatte i to retninger: teoretisk kjernefysikk og atomfysikk. Men i 1970-årene ble atomfysikken det viktigste feltet. Med flere unge medarbeidere formet han atom-

fysikkgruppen, og begrepet "The Bergen Group" var på 1970- og 80-tallet internasjonalt velkjent i sammenheng med fysikken om atomkollisjoner. Nasjonalt og internasjonalt samarbeid var gjennom hele Johannes Mathias' liv en viktig del av hverdagen, med tillitsverv i NORDITA som kanskje de mest sentrale.

I sin undervisning konsentrerte Johannes Mathias seg hovedsakelig om kvantemekanikken, og han var blant instituttets mest avholdte forelesere. Dette området av fysikken var også utgangspunktet for hans bidrag til å formidle og popularisere faget, og for hans kulturelle aktiviteter. Han var også en dyktig foredragsholder, og holdt mange foredrag om forskjellige sider ved kvantemekanikken både ved universitetene, og i forskjellige organisasjoner og foreninger. I mange år samarbeidet han med Senteret for vitenskapsteori, blant annet om undervisningen i grunnlagsproblemer i fysikk, hvor filosofiske og etiske spørsmålstillinger er hovedtema.

Da Johannes Mathias formelt måtte pensjonere seg i 1997, merket vi det knapt ved instituttet. Han fortsatte sitt faglige arbeid som før, og konsentrerte seg spesielt om de mer grunnleggende problemstillingene. Hans samarbeid med Jens Bang i København, fortsatte til hans siste dag, og da han døde, hadde de to større forskningsprosjekter i gang. Så lenge han var i stand til det, deltok han også med stor iver i undervisningen, ikke minst i kurset "Grunnlagsproblemer i fysikk".

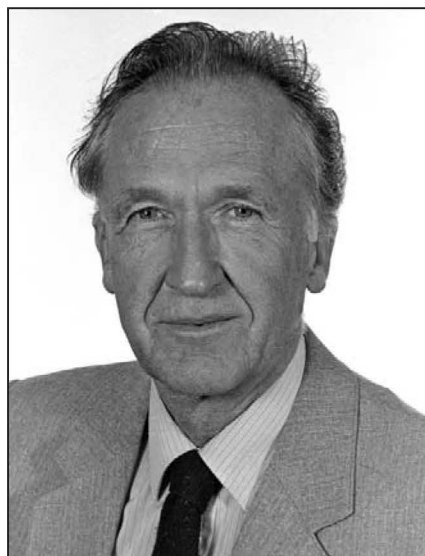
Selv om fysikk var Johannes Mathias' livslange lidenskap, stoppet ikke hans interesser der. Han var svært opptatt av samfunnsmessige og kulturelle spørsmål, og var spesielt interessert i historie. Dette innbefattet også en livslang interesse for sin berømte slektning professor Christopher Hansteen (1784–1873), den første professor i fysikk (formelt professor i matematikk og astronomi) ved Universitetet i Christiania. Johannes Mathias avsluttet nylig en artikkel om Christopher Hansteen for den kommende "Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism".

Med Johannes Mathias Hansteens bortgang har vi ved Institutt for fysikk og teknologi mistet en kollega og venn som representerte vidsyn, lojalitet, høflighet og respekt, og – ikke minst – en umettelig interesse for å undersøke og forstå naturfenomener og deres betydning i kulturell og samfunnsmessig sammenheng.

Kolleger og venner ved Universitetet i Bergen

∞

Nicolai Norman (1919–2006)



Professor Nicolai (Nico) Norman døde 2. juli, 87 år gammel. Inntil han ble rammet av sykdom noen uker tidligere, var han jevnlig til stede ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, der han var professor i faste stoffers fysikk i perioden 1964–86. Med Nico Norman forsvinner en generasjon av norske strukturforskere som ble utdannet i den første etterkrigstid. Læremestrene var to betydelige forskere ved Universitetet i Oslo, kjemikeren Odd Hassel og fysikeren Christen Finbak. De to var nokså forskjellige. Hassel var interessert i molekylers oppbygging, og så strukturforskningen som et verktøy andre utviklet og hadde ansvar for. Finbak var sterkt engasjert i utvikling av krystallografi som metode, den eksperimentelle siden så vel som de matematiske verktøy. Samtidig utvidet han strukturforskningen til nye områder: væsker og uordnete systemer. Samarbeidet mellom dem var vesentlig i det arbeidet som førte fram til Hassels nobelpris. Anvendelsen av Fourier-metodene i strukturanalysen ble en viktig drivkraft for byggingen av "Nusse", Norges første elektroniske datamaskin.

Nico ble utdannet og preget av dette tverrfaglige og nordiske miljøet, som student hos Finbak. Han begynte å studere realfag like før krigen, og gikk som mange andre studenter inn i aktivt motstandsarbeid. I 1947 fullførte han cand.real.-eksamen med fysikk hovedfag, til glimrende karakterer. Deretter var han vitenskapelig assistent hos Finbak ved Kjemisk institutt. I 1948 dro Finbak, etter en del skuffelser i Oslo, til Trondheim som professor i teoretisk kjemi. Nico fulgte etter, og reiste så i 1950 til B.E. Warren ved MIT. Tilbake i Norge begynte han doktorarbeidet som universitetsstipen-

diat i Oslo, avbrutt av et nytt opphold i USA i 1954, denne gangen hos P.P. Ewald, en nestor i røntgenkrystallografi. I 1956 disputerte Nico for den filosofiske doktorgrad med avhandlingen "On the Cylindrically Symmetrical Distribution Method in X-ray Analysis". Han var da blitt ansatt som leder av strukturavdelingen ved Sentralinstitutt for industriell forskning.

I de åtte årene etter cand.real.-eksamen, som stipendiat og gjesteforsker, hadde Nico en allsidig, og på mange vis nyskapende produksjon. Den spenner over et vidt felt i strukturforskningen: bestemmelse av molekylstrukturer, utvikling av Fourier-metoder, nærorden i legeringer, struktur av cellulosefibre, og spesielle diffraksjonseffekter i den "inkohærente" Compton-spredningen. Det var omhyggelig utførte eksperimenter, og dyptpløyende matematisk analyse av data gjennomført ved overgangen til elektronisk databehandling. Hankel-transformasjonen av de sylinder-symmetriske diffraksjonsdata fra cellulose ble således utført ved en hullkortsorterer; Nico hadde selv punchet inn Bessel-funksjonen på hullkort. Den eksperimentelle prosessen var hans gebet, fra det fysiske eksperimentet til den avsluttende matematiske behandling. Den kjemiske tolkningen kunne han være mindre interessert i.

Overgangen til SI ble et skifte mot anvendte problemstillinger og ledelse av en avdeling. Han ble her en nøkkelperson ved introduksjon av røntgendiffraksjon og andre moderne karakteriseringsmetoder i norsk industri, og la ned et stort arbeid i dette. De første årene ga likevel muligheter også for samarbeid med andre grupper ved SI om tildels grunnleggende studier av bl.a. oksydasjon i metaller, mineralomvandlinger, cellulose og en serie strukturbestemmelser av alkaner. Kombinasjonen av en solid akademisk bakgrunn og engasjement i industrielle prosjekter gjorde ham til en viktig rådgiver, ikke minst innenfor forskningsrådssystemet, der han hadde flere verv, bl.a. som medlem av arbeidsutvalget i det daværende NTNf.

Etter at han kom tilbake til Universitetet i Oslo som professor i 1964, holdt han kontakten med det anvendte forskningsmiljøet på SI/SINTEF, og var en viktig rådgiver og medspiller innen røntgenkarakterisering av industrielle prosesser og materialer. I material- og strukturforskningsmiljøene ved Universitetet dro man stor nytte av hans brede kunnskaper og store erfaring. Ved Fysisk institutt samarbeidet han bl.a. med miljøet i fysikalsk elektronikk om studiet av atomær diffusjon

og sammensetning i halvleder/metalloverganger. Nico Norman var innvalgt som medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi siden 1966.

Blant Normans mange verv nevnes også at han var bestyrer ved Fysisk institutt, UiO, i perioden 1976–1978. Han skjøttet sine verv på en forbilledlig måte. Den omhyggelighet og grundighet som preget hans forskning fulgte ham også på det administrative området. Han var alltid vennlig, hjelpsom og forekommende, og han sparte seg ikke. Samtidig var han ikke redd for å gi tillit til og engasjere yngre krefter. Vi minnes ham i takknemlighet og respekt både for det han gjorde og for den han var. Han var en god kollega og et fint menneske.

Jon Gjønnes og Eivind Osnes

∞

Skriv i
Fra Fysikkens
Verden!

Matematiske fletter og bibelske vers

Kai de Lange Kristiansen,^{1,2} Geir Helgesen³ og Arne T. Skjeltorp^{2,3}

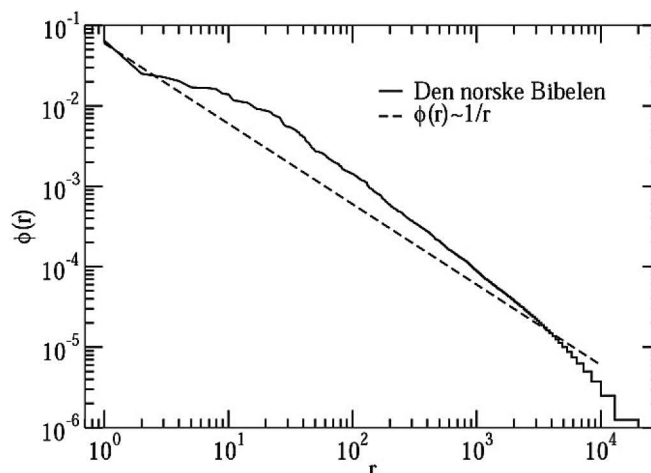
Faktorenes orden er likegyldig, er en velkjent regel for den kommutative loven for multiplikasjon av reelle tall, men dette er langt ifra en generell regel. For eksempel er ordenes og bokstavenes orden ikke likegyldig. Språket må ha en underliggende struktur for ord- og setningsoppbygning for å gi det mening og innhold. Statistiske analyser vil kunne vise deler av denne strukturen.

Zipf-relasjonen

En av de mest kjente analysene av språk er *rangering av ord etter hyppighet*, som stammer fra 1930-åra og ble introdusert av George K. Zipf (1902–1950), en professor i lingvistikk ved Harvard University.⁽¹⁾ Analysen er ganske enkel: Vi tar for oss en stor tekst, f.eks. Bibelen eller Ibsens samlede verker, teller alle forskjellige ordene som forekommer i teksten og rangerer dem etter hyppighet. Det vil si, ordet som forekommer flest ganger får rang 1, ordet som forekommer nest flest ganger får rang 2, osv. Etter å ha gått gjennom hele teksten plottet vi så hyppighet $\phi(r)$ som funksjon av rangen r med logaritmiske akser. Som et eksempel har vi tatt for oss Den norske Bibelen fra 1930, gitt i figur 1. Noen utvalgte ord er gitt i tabell 1. Et karakteristisk trekk er at kurva følger en potenslov, som kalles Zipf-relasjonen:

$$\phi(r) = \frac{A}{r}, \quad (1)$$

hvor A er en normaliseringskonstant. Potensloven betyr at ordet med rang 2 forekommer halvparten så ofte som det hyppigste (rang 1), det tredje hyppigste ordet $1/3$ så ofte osv. Faktisk har det vist seg at denne relasjonen gjelder for alle tekster av stor nok lengde. Ikke nok med det, Zipf påviste



Figur 1. Hyppigheten av ord som funksjon av deres rang viser Zipf-relasjonen for store tekster, som her er Den norske Bibelen.

relasjonen i andre sammenhenger også: i økonomi hvis vi betrakter inntekt, og i demografi hvis vi ser på befolkningstall for byer. Senere er denne analysen blitt utført på DNA-sekvenser⁽²⁾ og en-

Table 1: Noen eksempler på ord som forekommer i Den norske Bibelen og deres rang og hyppighet.

r	ϕ	Ord
1	0.065	og
2	0.025	i
3	0.023	til
..	..	..
24	0.0075	Herren
..	..	..
1717	$4.6 \cdot 10^{-5}$	djevelen
..	..	..
12959	$1.3 \cdot 10^{-6}$	redningsløst
..	..	..
20493	$1.3 \cdot 10^{-6}$	åndenes

¹Chemical Engineering, Univ. California, Santa Barbara, USA

²Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

³Fysikkavdelinga, Institutt for energiteknikk, Kjeller.

ergifordelinga for jordskjelv.⁽³⁾ Dette viser at der er en viss struktur som ligger til grunn for denne

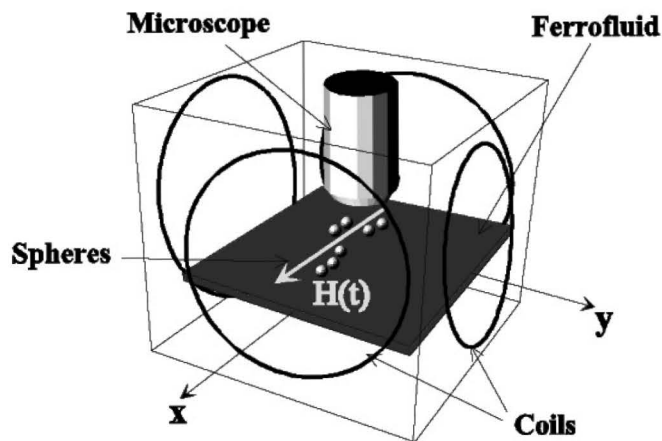
oppførselen, men en fullgod forklaring finnes ikke ennå. Nylig utførte eksperimenter med magnetiske mikropartikler oppløst i væske har vist at bevegelsesmønsteret til partiklene kan la seg beskrive av denne Zipf-relasjonen. Faktisk er dette det første kontrollerte fysiske eksperimentet som viser denne oppførselen. Dette systemet har en rekke anvendelser, som vi vil nevne senere i teksten. I tillegg, ved å forstå bakgrunnen for potenslovoppførselen i dette eksperimentet, kan vi få kunnskap til å forstå bedre andre systemer med tilsvarende oppførsel.

De to neste avsnittene beskriver det eksperimentelle systemet og analysen av data. Her vil bevegelsesmønsteret bli kodet i såkalte "fletteord". Analogien mellom fletteord og ord i språket, er utgangspunktet for senere avsnitt hvor vi ser på relasjonen mellom språket og dette eksperimentelle systemet. Felles for de to ulike systemene vil være skalering av data etter Zipf-relasjonen.

Vårt eksperiment

Et ferrofluid er en magnetisk væske som består av små ferromagnetiske partikler oppløst i en væske. Et eksempel er magnetittpartikler i parafin. Det spesielle med disse væskene er at viskositeten endrer seg i et ytre magnetfelt. Det betyr at væska blir "seigere" i et magnetfelt. Dette kan anvendes i dempingssystemer for å beskytte bygninger og broer ved jordskjelv og stormer. En annen viktig bruk av ferrofluider er som lufttette forseglinger. Dette skyldes den egenskapen at de lett kan holdes på plass med en liten magnet, noe som gjør at de kan brukes til å stabilisere roterende akslinger.

Når ferrofluidet roterer relativt til magnetfeltet er bevegelsesmønstrene eller modene til de magnetiske partiklene i væska, ikke kjente. For å gi en teoretisk forklaring på viskositeten må vi kartlegge og forstå disse bevegelsesmodene bedre. Magnetittpartiklene er kun rundt 10 nm store og vanskelige å observere direkte. Vi kan i stedet lage et system av større partikler som er lett synlige i et mikroskop og som oppfører seg likt med magnetittpartiklene. En enkel måte å gjøre dette på er å dispergere 50 μm store polystyrenkuler, såkalte Ugelstadkuler, i ferrofluidet og følge deres bevegelser. For lettere å observere bevegelsene av kulene lager vi et tynt væskelag mellom to glassplater slik at vi får et tilnærmet todimensjonalt system. Et ytre magnetfelt frambrakt av to par strømspoler som er montert med 90° vinkel på hverandre, se figur 2, gir opphav til en magnetisk kraft mellom kulene. Ved å sende inn



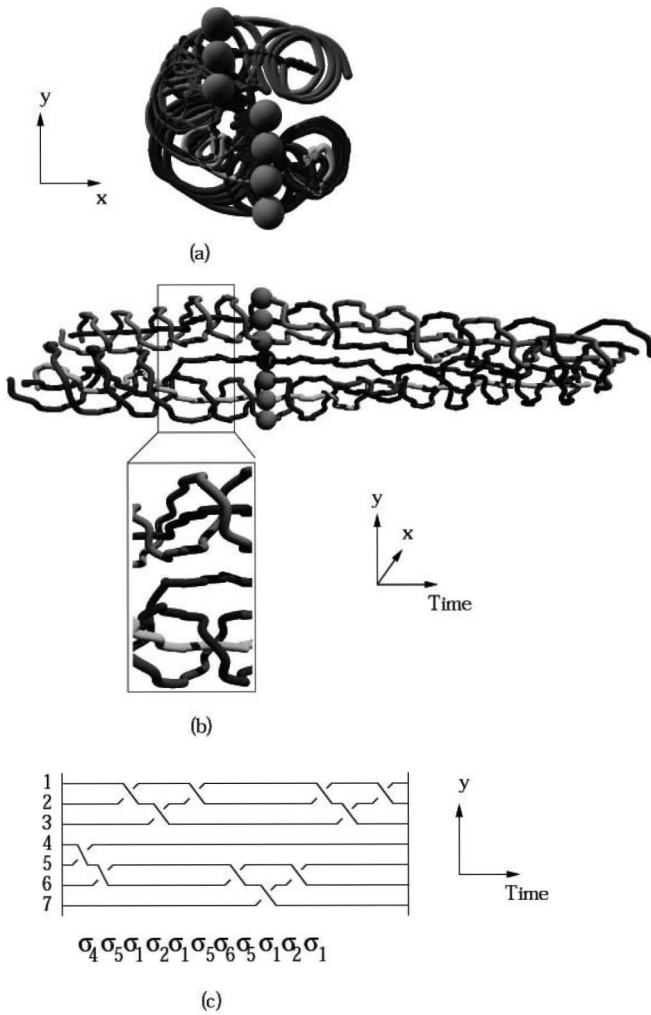
Figur 2. Det eksperimentelle oppsettet. Prøva som består av ferrofluid med Ugelstadkulene, ligger mellom to glassplater. To par strømspoler genererer et roterende elliptisk polarisert magnetfelt. Ugelstadkulenes bevegelser kan observeres gjennom et mikroskop.

et sinusformet strømsignal på hvert spolepar med 90° faseforskjell mellom signalene, kan vi lage et roterende, elliptisk polarisert magnetfelt.

I et roterende ytre magnetfelt vil mikrokulene prøve å opplinjere seg parallelt med feltet, men på grunn av friksjon mellom kulene og væsken oppstår en forsinkelse mellom retningen på magnetfeltet og kjeden av mikrokulene. Resultatet blir at kjeden av kuler vil brekkes opp i mindre deler etter en kort stund, f.eks. i kjeder av 2 eller 3 kuler. Disse mindre kjedene utfører da en halv rotasjon før alle kulene opplinjrer seg i en lang kjede igjen. Oppdelingen i mindre kjeder kan endre seg fra gang til gang og gir opphav til ulike bevegelsesmønstre eller modene, se figur 3. Ved å endre på vinkelhastigheten til det roterende magnetfeltet og styrkeforholdet mellom strøamplitudene til de to strømspoleparene, kan vi til en viss grad styre modene.

For å få bedre innsikt i det som skjer, simulerer vi også systemet i en datamaskin. Vi må da først gi en nærmere fysisk beskrivelse av systemet. Ferrofluidet kan sees på som et homogent, magnetiserbart medium. De dispergerte Ugelstadkulene lager et ikke-magnetisk hull i dette magnetiske mediet. Når vi setter på et ytre magnetfelt $\mathbf{H}(t)$ vil dette hullet endre magnetfeltet i selve prøva. Sett utenfra vil det virke som om hvert hull er en magnetisk dipol med dipolmoment $\mathbf{m}(t)$ proporsjonalt med volumet V av den magnetiske væsken det fortrenger, og med magnetfeltet $\mathbf{H}(t)$, men retninga på dipolen vil være motsatt (antiparallell) av det ytre feltet:

$$\mathbf{m}(t) = -\chi_{eff} V \mathbf{H}(t). \quad (2)$$



Figur 3. Anvendelse av fletteteori på en dynamikk av kuler. (a) Den to-dimensjonale bevegelsen av 7 mikrokuler blir utvidet til (b) det tre-dimensjonale tid-rommet med spor av hver kule i tiden. (c) Sporene er nummerert fra topp til bunn relativt til y -aksen. Når to kuler (i og $(i+1)$) bytter plass relativt til y -aksen, noterer vi det som σ_i for en rotasjon mot klokka, og σ_i^{-1} for rotasjon med klokka. Bevegelsesmønsteret for disse 7 kulene er hentet fra et typisk eksperiment.

Her er χ_{eff} den effektive magnetiske susceptibiliteten til ferrofluidet. Potensialet i systemet kan beregnes ved se på den magnetiske dipol-dipol vekselvirkningen mellom to kuler:

$$U_{ij} = \frac{m^2(t)}{r_{ij}^3} - \frac{3 \cdot [\mathbf{m}(t) \cdot \mathbf{r}_{ij}]^2}{r_{ij}^5}, r_{ij} > d \quad (3)$$

hvor $\mathbf{r}_{ij} = \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j$ er vektoren som forbinder sentrene til de magnetiske hullene, og d er diameteren til en mikrokule. Den magnetiske kraften på kule i er da:

$$\mathbf{F}_i^M = \frac{\partial U_{total}}{\partial \mathbf{r}_i}, \quad (4)$$

der ∂U_{total} er summen av alle topartikkelpotensialene, U_{ij} .

Mikrokulene påvirkes òg av friksjonskrefter, ofte kalt viskøse krefter, i væska. For en kule er denne kraften gitt ved Stokes lov:

$$\mathbf{F}^{Stokes} = 3\pi\eta d\mathbf{v}, \quad (5)$$

hvor η er ferrofluidets viskositet og $\mathbf{v}$ er hastigheten til kule. Siden både diameteren og hastigheten til mikrokulene er relativt små, er Reynoldstallet, $Re = \rho v d / \eta$, veldig lite (ρ er tettheten til ferrofluidet). Reynoldstallet gir forholdet mellom den kinetiske energien og det viskøse energitapet, og forteller her at for en kule er dette som å svømme i sirup. Det vil si at vi har et overdempet system og kan se bort fra akselerasjonen i systemet. Ved å anta likevekt mellom magnetiske og viskøse krefter, får vi etter Newtons første lov:

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{F}^M + \mathbf{F}^{Stokes} = 0, \quad (6)$$

og bevegelseslikningene kan da løses numerisk.

Litt flettematematikk

For å observere bevegelsene til mikrokulene må vi bruke et lysmikroskop. Sett gjennom mikroskopet under et forsøk, virker runddansens som kulene utfører ganske kaotisk, jf. figur 3a. Hvordan kan vi trekke informasjon ut av dette bevegelsesmønsteret på en best mulig måte? Til det gjør vi et lite triks: Mikrokulene beveger seg i planet, dvs. i to dimensjoner, som nevnt i forrige avsnitt. Innfører vi så tiden som en tredje dimensjon, slik at kulene beveger seg i et tre-dimensjonalt tid-rom, kan posisjonen til hver kule følges ved å se på verdenslinjene deres. Dette ligner på jetstrømmene etter fly. Som vi ser av figur 3b, vil det bli dannet et komplisert nettverk av flettede linjer. Projiserer vi (x, y, t) inn på en av de romlige aksene, f.eks. (y, t) , ser vi tydeligere flettemønsteret, se figur 3c. Dette flettemønsteret viser seg å inneholde den vesentligste informasjonen om dynamikken. Ved hjelp av verktøy fra matematisk topologi, kan vi bruke flettematematikk til å finne de ulike dynamiske modene.

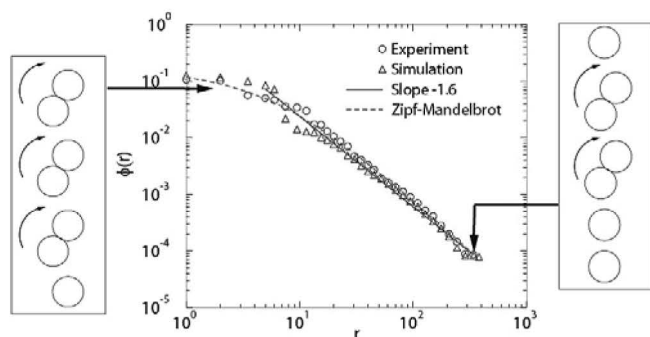
En overkrysning av den i -te linje med den $(i+1)$ -te noteres som flettegeneratoren σ_i , mens en underkrysning av de samme linjene gir σ_i^{-1} . Det såkalte fletteordet er sekvensen av flettegeneratorer som blir frembrakt i f.eks. et eksperiment. Fletteordet kan gjøres unikt gjennom den såkalte Garside-algoritmen. Det algoritmen i praksis gjør er å fjerne alle rotasjoner av hele fletten og flytte flettegeneratorene mot den ene siden av fletteordet. Den gir

opphav til såkalte permutasjonsfletter. (Egentlig positive permutasjonsfletter, og det unike fletteordet kan deles inn i slike permutasjonsfletter etter følgende regler: 1) tid-romdiagrammet, figur 3c, har bare overkryssninger, og 2) to linjer kan krysse hverandre kun en gang innenfor samme permutasjonsflette.) Disse permutasjonsflettene representerer de ulike dynamiske modene.

Hierarkisk orden

I forrige avsnitt så vi hvordan vi kan hente ut den vesentlige informasjonen fra systemet vårt ved hjelp av fletteteori. Permutasjonsflettene gir en meget kompakt representasjon av de dynamiske modene som opptrer når kulene utfører sin runddans i ferrofluidet. En måte å analysere dynamikken på er å rangere modene etter hyppighet, som beskrevet i innledningen. Med dette får vi dannet oss et bilde av fordelinga av de ulike modene hvor både de hyppigste og sjeldne modene vises. Dette sees tydelig i figur 4, hvor et typisk eksperiment er vist sammen med en datasimulering av det samme eksperimentet. Både eksperiment og datasimulering stemmer godt overens med en potenslov med stigningstall $\gamma = 1,6$ over mange verdier av rangen r . Disse kurvene kan faktisk tilpasses enda bedre til den såkalte Zipf-Mandelbrotrelasjonen, se Appendiks, med parameterverdier $A = 3,2$, $\zeta = 5,3$ og $\gamma = 1,8$.

Av de systemene som er nevnt i innledningen og i eksperimentet, ser vi noen fellesnevnerne: Det er et dynamisk system med mange vekselvirkende objekter hvor bevegelsesmønsteret er komplisert og modene viser en viss hierarkisk orden ved at noen forekommer hyppig og andre svært sjelden.



Figur 4. Hyppighet ϕ av moder som funksjon av rangen r i et typisk eksperiment, sammen med en datasimulering som beskrevet i hovedteksten. Rotasjonsmønsteret til en hyppig forekommende mode og en sjelden mode, er vist. Over et stort r -område finner vi en potenslov, mens hele kurven kan beskrives ved hjelp av Zipf-Mandelbrotrelasjonen, likning (7). Antall observerte moder i eksperimentet var 365.

Tar vi for oss språket, er det ordene vi bruker som er objektene. Ut fra grammatiske regler er det mulig å bygge opp alt fra enkle setninger til store litterære verker. Bevegelsesmønsteret blir da setningsoppbygningen som i utgangspunktet, f.eks. i dagligtale, er dynamisk. Ser vi nærmere på strukturen, vil et grammatisk subjekt og et verb som oftest være med, men òg bindeord og fyllord som *og*, *i*, *å*, *det* og *men*. Disse småordene opptrer hyppig, mens bruken av substantiver, verb, adjektiver og adverb ofte viser større variasjoner. I det fysiske eksperimentet vårt er de mest hyppigst forekommende modene òg de som energetisk er mest fordelaktige. Iblant oppstår det konfigurasjoner som tvinger bevegelsesmønsteret til å bryte opp til en kaskade av mindre hyppige moder. Etter en tid kommer systemet tilbake til de energetisk fordelaktige modene. Slike oppførsler av ord og moder er signaler om en hierarkisk ordnet struktur. Tilsvarende kan vi tenke oss andre systemer. Det er viktig å understreke at det ikke er mulig å prediktere neste objekt i kjeden, dvs. ut ifra kjennskap til Zipf-Mandelbrotrelasjonen kan vi ikke forutsi hvilket ord eller mode som kommer, bare ut fra sannsynligheten for at moden vil opptre.

Konklusjon

Zipf-relasjonen er funnet i mange ulike sammenhenger, bl.a. i lingvistikk, økonomi, DNA-sekvenser og geologi. Vi har nå vist et kontrollerbart fysisk eksperiment med komplekst bevegelsesmønster som tilfredsstiller den generaliserte Zipf-Mandelbrotrelasjonen. De dynamiske modene er blitt lest ut ved hjelp av fletteteori og inneholder det meste av nødvendig informasjon. En hierarkisk ordning av objektene synes å være nødvendig, men fremdeles er det ikke kjent hva som gir opphav til denne karakteristiske potensloven. En naturlig vei videre kan være å forenkle systemet enda mer, slik at den matematiske beskrivelsen blir mer generell, og de bakenforliggende årsakene til den hierarkiske oppdelingen kanskje blir lettere å se. Med en bedre forståelse av dette kan vi generalisere videre, og målet må være å forstå alle prosesser som tilfredsstiller denne typen oppførsel.

Litteratur

1. G.K. Zipf: *Human Behavior and The Principle of Least Effort*. Addison-Wesley Press, Massachusetts (1949)

2. R.N. Mantegna, S.V. Buldyrev, A.L. Goldberger, S. Havlin, C.K. Peng, M. Simons, H.E. Stanley: *Linguistic Features of Noncoding DNA Sequences*. Phys. Rev. Lett. **73**, 3169 (1994)
3. D. Sornette, L. Knopoff, Y.Y. Kagan, C. Vanneste: *Rank-Ordering Statistics of Extreme Events: Application to the Distribution of Large Earthquakes*. J. Geophys. Res. **101**, 13883 (1996)
4. B.B. Mandelbrot: *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman, New York (1982)

Appendiks

Zipf-Mandelbrotrelasjonen

Mandelbrot gjorde i 1950-åra en forenklet tilnærming til for å gi en forklaring på Zipf-relasjon.⁽⁴⁾ Anta at hver bokstav og mellomrom opptrer med lik sann-

syllighet. Et ord defineres som en sammensetning av bokstaver mellom to mellomrom. Disse ordene blir ikke meningsfulle, men i forhold til språk har de en viktig ting felles: Korte ord opptrer hyppigere enn lange ord. Hva blir da fordelinga av de forskjellige konstruerte ordene som funksjon av rangen? Resultatet er den såkalte Zipf-Mandelbrotrelasjonen:

$$\phi(r) = \frac{A}{(r + \zeta)^\gamma}, \quad (7)$$

som for $\zeta = 0$ er identisk med Zipf-relasjonen. A er en normaliseringskonstant og ζ er en parameter som må tilpasses. Denne forenklete modellen viser et viktig poeng: Objektene, som her er ord, er ordnet i en hierarkisk struktur.

∞

Relativitetsteorien og GPS-systemet

Øyvind Grøn *

For å oppnå korrekte posisjoner ved hjelp av GPS-navigasjonssystemet må en ta hensyn både til at klokke som beveger seg raskt, saktner i forhold til klokke i ro, og at tiden går langsommere jo lenger nede en er i et tyngdefelt. Størrelsen av disse relativistiske effektene beregnes for GPS-systemet.

GPS-navigasjonssystemet er fenomenalt nøyaktig. Ved hjelp av en GPS-mottager kan en bestemme sin posisjon på jordoverflaten med bedre enn 10 meters nøyaktighet. Dette systemet benytter 24 satellitter som beveger seg i praktisk talt sirkulære baner omtrent 20 000 km over jordoverflaten.^(1,2) Denne høyden er valgt fordi banebevegelsen til satellittene da har en periode på 11 timer og 58 minutter, dvs. halvparten av et stjernerndøgn. Satellittene vil da passere samme punkt på stjernehimmelen to ganger i døgnet. I denne høyden er banehastigheten til satellittene

4 km/s.

Da den første satellitten i systemet ble plassert i bane i 1997, var mange i tvil om relativistiske effekter var store nok til å ha noen praktisk betydning for systemet. Man bygget derfor inn en frekvensregulator som kunne brukes til å justere hastigheten til satellittklokkene. Da satellitten ble sendt ut, sørget man for at den ikke var virksom, men det ble laget en bryter slik at den kunne aktiveres. Etter 3 uker viste det seg at satellittklokkene i gjennomsnitt hadde gått raskere enn klokkene på jordoverflaten med en faktor på $4 \cdot 10^{-10}$, dvs. de hadde forntnet med 38 mikrosekunder per døgn. Da ble frekvensregulatoren slått på. Den var laget med spesifikasjoner beregnet ut fra at de relativistiske effektene skulle elimineres. Etter at den var slått på, viste det seg at klokkene på satellittene og på jordoverflaten gikk like fort.

Dersom man ikke hadde hatt kjennskap til relativitetsteorien, ville man nok greid å få GPS-systemet til å virke med den ønskede nøyaktighet, men man ville ikke ha forstått hvorfor satellitt-

*Høgskolen i Oslo, og Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

klokkenes hastighet måtte justeres. Vi skal her se hvilke relativistiske effekter som har betydning for GPS-systemet, og finne ut hvor store de er.

Hastighetseffekten

Ifølge den spesielle relativitetsteorien tikker en klokke langsommere jo raskere den beveger seg i forhold til en observatør. Hvis en observatør på jordoverflaten måler et tidsintervall på sin klokke mellom to hendelser på en satellitt, vil tidsintervallet mellom hendelsene målt på en klokke som satellitten bærer med seg, være

$$t_s = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t_j \approx \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right) t_j \quad (1)$$

der v er satellittens hastighet i forhold til en klokke på jordoverflaten. Denne effekten gjør at satellitt klokken saktner med

$$\Delta t_v \approx \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} t_j \quad (2)$$

i løpet av tiden t_j . Med $v = 4 \cdot 10^3$ m/s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s og $t_j = 86400$ s (= ett døgn), fås $\Delta t_v \approx 7 \cdot 10^{-6}$ i løpet av ett døgn.

Gravitasjonseffekten

Ifølge den generelle relativitetsteorien går tiden langsommere langt nede i et tyngdefelt enn høyt oppe. Einstein utledet dette i 1911 ved hjelp av et enkelt og vakkert resonnement. Han var allerede høsten 1907 kommet frem til at siden et foton som faller i et tyngdefelt får økt energi, og siden lysets frekvens er proporsjonal med fotonenes energi, så øker frekvensen til lys som beveger seg nedover i et tyngdefelt.

La oss nå tenke på lyset som bølger, sa Einstein i 1911. Anta at det sendes lys fra taket til gulvet og at situasjonen ikke endres med tiden. Siden frekvensen til lyset øker på vei nedover, vil flere lysbølger nå gulvet per sekund enn det sendes ut fra taket. Men det blir ikke skapt noen nye lysbølger på vei fra taket til gulvet. Her har vi en tilsynelatende selvmotsigelse. Einsteins fantastiske løsning var å si: Dette må bety at hvert sekund varer litt lenger nede ved gulvet enn oppe ved taket. Tiden går langsommere langt nede i et tyngdefelt enn høyt oppe. Dette innebærer også at sett nedenfra går tiden raskere høyt oppe.

Det at tiden går langsommere langt nede i et tyngdefelt kalles *den gravitasjonelle tidforlengelsen*. Den ble bekreftet av Hafele og Keating i 1972.⁽³⁾ De tok med seg nøyaktige atomklokker og reiste rundt jorda med fly, en gang samme veien som jorda roterer, og en gang i motsatt retning. De lot også tilsvarende klokker stå igjen på Washington Airport som de reiste fra. Etter reisene sammenliknet de reisetidene målt på alle klokken. Resultatet var at både hastighetseffekten og gravitasjonseffekten ble bekreftet med omtrent 20 % nøyaktighet.

Den gravitasjonelle tidforlengelsen i et sfærisk symmetrisk gravitasjonsfelt er gitt ved

$$t_s = \sqrt{1 - \frac{2Gm}{c^2 r}} t_0 \approx \left(1 - \frac{Gm}{c^2 r}\right) t_0 \quad (3)$$

der t_s er et tidsintervall målt med en klokke i avstand r fra sentrum av en massefordeling med masse m , t_0 er det tilsvarende tidsintervall målt med en klokke i det fjerne, og G er Newtons gravitasjonskonstant. Forskjellen i tid målt med klokker i avstander r_s og r_j fra sentrum er

$$\Delta t_s \approx \frac{Gm}{c^2} \left(\frac{1}{r_j} - \frac{1}{r_s} \right) t_0 = \frac{\Delta \phi}{c^2} t_0 \approx \frac{\Delta \phi}{c^2} t_j \quad (4)$$

der $\Delta \phi$ er forskjellen i gravitasjonspotensial i posisjonene til de to klokken. Likning (4) sier at *den gravitasjonelle tidforlengelsen er proporsjonal med forskjellen i gravitasjonspotensial i posisjonene til de to klokken*.

Hvis en kunne klemme sammen jorda slik at hele jordas masse fikk plass inne i en kule med radius

$$R_s = \frac{2Gm}{c^2} \quad (5)$$

ville gravitasjonsfeltet på overflaten bli så sterkt at lys ikke kunne bevege seg utover. Da ville jordas masse danne et svart hull. Ifølge likning (3) står tiden stille på overflaten av et svart hull. Innsetting av størrelsen til gravitasjonskonstanten, lyshastigheten og jordas masse gir $R_s = 0,88$ cm. For at jorda skulle kunne danne et svart hull, måtte altså jordas masse klemmes sammen så kraftig at hele jorda fikk plass inne i en bordtennisball.

Størrelsen R_s kalles jordas schwarzschildradius. Uttrykt ved den tar likning (4) formen

$$\Delta t_s = \frac{1}{2} \frac{R_s}{r_j} \frac{\Delta r}{r_s} t_j \quad (6)$$

der Δr er høydeforskjellen til klokken.

Forskjellen i tid for en klokke på jordoverflaten og en klokke i en satellitt 20 000 km over jordoverflaten, er ifølge likning (6) $\Delta t_s = 45 \cdot 10^{-6}$ s per døgn.

Relativistisk justering av satellittklokkene

Vi har nå sett at klokkene i satellittene saktner med 7 mikrosekunder per døgn på grunn av farten de har i forhold til jordoverflaten og fortner med 45 mikrosekunder per døgn siden tiden går raskere i den store høyden til satellittene. Alt i alt går altså satellittklokkene 38 mikrosekunder raskere enn klokkene på jordoverflaten dersom de ikke justeres for de relativistiske effektene.

Posisjonsbestemmelsenes nøyaktighet

I løpet av 38 mikrosekunder går lyset en avstand $c \cdot \Delta t = 11,4$ km. Det er derfor blitt sagt at i løpet av et døgn oppstår det en feil i posisjonsbestemmelsen til GPS-systemet på omtrent 11 km dersom man neglisjerer de relativistiske effektene.⁽²⁾ Jeg mener dette ikke er korrekt. Feilbedømmelsen av satellittens posisjon er $v \cdot \Delta t$, der $v = 4$ km/s er satellittens hastighet. Det gir en akkumulert feil på 15 cm per døgn. I løpet av ett år akkumuleres denne feilen til 54 m. Feilen i posisjonsbestemmelsen av objekter på jordoverflaten er av samme størrelsesorden.

Nødvendig med kjennskap til generell relativitetsteori

Viktige konsekvenser av den spesielle relativitetsteorien er samtidighetens relativitet, og at objekter som observeres å bevege seg raskt, eldes langsommere enn de som observeres å være i ro. På grunn av samtidighetens relativitet vil en rent romlig avstand mellom samtidige hendelser bakerst og forrest på et tog oppfattes som en avstand både i rom og tid av en som står på perrongen.⁽⁴⁾ En konsekvens av dette er at tid og rom ikke eksisterer uavhengig av hverandre. Kun det 4-dimensjonale tidrommet har en objektiv eksistens uavhengig av observatørens hastighet.

I den generelle relativitetsteorien er gravitasjon en geometrisk egenskap ved det 4-dimensjonale tidrommet. En av denne teoriens mange konsekvenser er at tiden går langsomt langt nede i et tyngdefelt. Observatører langt nede i et tyngdefelt vil registrere at tiden høyt oppe går fortere.

Ved konstruksjonen av GPS-systemet var det ikke nok å ta hensyn til den hastighetsavhengige

tidforlengelsen. Satellittene er så høyt oppe i jordas gravitasjonsfelt at gravitasjonsvirkningen på satellittklokkene er 6 ganger så stor som hastighetsvirkningen. Med en GPS-mottager i lomma er den generelle relativitetsteorien kommet inn i vårt dagligliv.

Referanser

1. E.F. Taylor and J.A. Wheeler: *Exploring black holes*. Addison Wesley Longman, Project A (2000)
2. N. Ashby: *Relativity and the Global Positioning System*. Physics Today, Mai 2002, s. 41.
3. J.C. Hafele and R.E. Keating: *Around the World Atomic Clocks*. Science, **177**, 168 (1972).
Se også Internett:
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/relativ/airtim.html>
4. Ø. Grøn: *Relativistisk tid*. Fra Fysikken Verden, **54**, Nr. 4, 93–100 (1992)

∞

Husk å melde
adresseforandring!

Er fysikklæreren en utdøende rase?

Rolf Vegar Olsen *

Det eksisterer noen påstander som gjentas så ofte at de til slutt får status som "vedtatte sannheter". Et eksempel på dette er at den gjennomsnittlige norske fysikklæreren er 60 år, og i noe mer humoristiske vendinger får vi også høre at alderen øker med 0,9 år i året.⁽¹⁾ Denne våren gjennomførte Norsk fysikklærerforening en undersøkelse blant fysikklærerne i landet. Den overordnede hensikten med undersøkelsen var å skaffe til veie fakta om vilkårene for undervisningen i fysikk i norsk skole, blant annet om lærernes alder og bakgrunn.

Kort om undersøkelsen

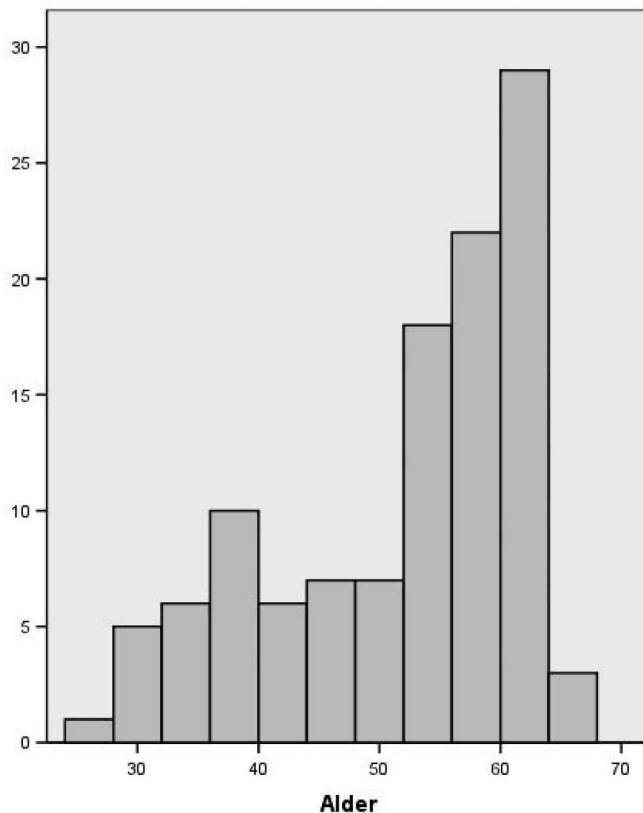
Undersøkelsen var nettbasert, og alle skoler i landet som tilbyr fysikk, ble invitert til å delta med én fysikklærer. 114 lærere besvarte undersøkelsen, noe som svarer til at et sted mellom 30 og 40 % av skolene er representert i undersøkelsen. Prosedyrene som ble brukt for å invitere lærere, tilsier at det er rimelig å tro at dette er et tilfeldig utvalg av lærere.

Fysikklærernes alder

Vi kan med en gang bekrefte det som vi alle har rikelig med anekdotisk evidens for – den norske fysikklæreren er en mann. Hele 87 % av de som besvarte undersøkelsen var menn. Denne andelen er svært lik den som ble rapportert i den såkalte FUN-undersøkelsen som ble gjennomført i 2000.⁽²⁾ Samtidig kan vi slå fast at påstanden om en gjennomsnittsalder på 60 år med stor sannsynlighet er en myte! I Fysikklærerundersøkelsen var lærerne i snitt 52 år gamle. I figur 1 kan vi likevel se at fordelingen er ganske skjev. Halvparten av norske

fysikklærere har fylt 55 år, og 29 % har passert 60 år.

Ved å sammenlikne med FUN-undersøkelsen⁽²⁾ kan vi slå fast at gjennomsnittsalderen for fysikklærerne ikke synes så ha endret seg på 6 år. Fordelingen har likevel endret seg. Toppen i figur 1 som begynner ved om lag 52 år, begynte i år 2000 ved 6 års lavere alder. Vi har altså fått flere eldre lærere i løpet av disse 6 årene, mens andelen lærere med lavere alder har økt siden den gang. Det kan derfor synes som om man har klart å erstatte de som har gått av i perioden, med nye og yngre lærere.



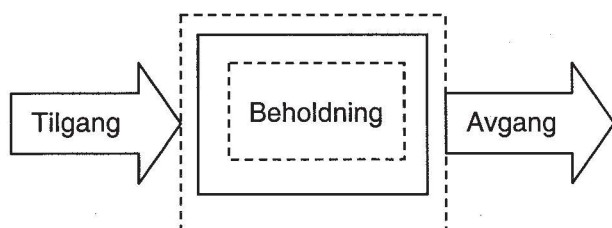
Figur 1. Aldersfordelingen for fysikklærerne som var med i undersøkelsen, N = 114. Søylen viser antall innen hver aldersgruppe.

*Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, UiO

Det er grunn til å være noe skeptisk til hvorvidt dette er den faktiske gjennomsnittsalderen til fysikklærerne i landet all den tid en nettbasert undersøkelse kan ha ført til økende frafall med økende alder. Spørreskjemaet hadde en innebygd kontrollmekanisme for dette ved at lærerne også ble bedt om å oppgi antallet fysikklærere ved skolen og antallet fysikklærere som er 60 år eller mer. Ifølge det opprinnelige utvalget er hver tredje lærer over 60 år. Siden utvalget var på 114 personer, gir dette en prognose som tilsier at 38 av de opprinnelige respondentene har en alder på 60 år eller mer. Det viste seg at 33 personer rapporterte en alder på 60 eller mer. Det er derfor grunn til å tro at det elektroniske responsformatet har medført en liten skjevhet i estimat for gjennomsnittsalderen. Dette betyr likevel at gjennomsnittsalderen til norske fysikklærere sannsynligvis ikke har økt så mye som mange har fryktet.

Tilgang, avgang og beholdning

Figur 2 er en enkel modell for hvordan man må gripe tak i problemstillingen knyttet til avgang og tilgang av fysikklærere. I en enkel likevektssituasjon kan man tenke seg at beholdningen, eller det totale antallet lærere som til enhver tid er i arbeid, er en konstant. Den innlysende konsekvensen i en slik situasjon er at tilgangen av nye lærere må være like stor som avgangen til enhver tid. Imidlertid kan man godt tenke seg at beholdningen kan reduseres, eller at den må økes, noe som illustreres av de stiplede linjene. Når man skal diskutere betydningen av avgangen, må man med andre ord samtidig ta hensyn til ulike faktorer som kan påvirke den nødvendige beholdningen. Det er likevel hensiktsmessig først å diskutere avgang, tilgang og beholdning hver for seg.



Figur 2. Sammenhengen mellom tilgang, beholdning og avgang for fysikklærere.

Avgangen har så langt vært relativt beskjeden. Figur 1 viser imidlertid at "proppen" er i ferd med å gå ut av systemet, og at avgangen framover vil bli atskillig større. Både ved å framskrive fordelingen i histogrammet, ved å bruke svar fra lærerne om hvor mange lærere ved skolen som er 60 år eller eldre, ved å bruke svarene fra de som er over 60 år om når de planlegger å pensjonere seg, og ved å bruke spørsmål til alle lærerne om hvor sannsynlig det er at skolen må ansette en ny fysikklærer i løpet av de neste to årene, kan vi på flere uavhengige måter estimere en årlig avgang på mellom 40 og 50 lærere. I tillegg vil det være andre årsaker til avgang enn nådd alderspensjon – uførhet, død og overgang til andre yrker. Vi kjenner ikke gjennomsnittlig pensjonssalder for fysikklærerne. Men fra andre kilder vet vi at gjennomsnittlig pensjonssalder for alle lærere i grunnskole og videregående skole faktisk er så lav som 56,5 år.⁽³⁾ Selv om dette gjennomsnittstallet ikke uten videre kan brukes for fysikklærerne, tilsier det likevel at det er fornuftig å ta høyde for noe avgang over hele aldersfordelingen, ikke bare blant seniorene over 60 år. Et fornuftsmessig anslag er derfor en årlig avgang på om lag 50–60 lærere.

Det vi per i dag ikke har gode tall for, er hvor stor tilgangen av nye lærere kan forventes å bli i de nærmeste årene. På grunnlag av informasjon fra de fire store universitetene, kan vi anslå at det for tiden er bra tilgang på potensielle fysikklærere. Til sammen var det om lag 60 studenter med fysikkfaglig bakgrunn som kvalifiserte seg som lærere i det forrige studieåret ved disse universitetene. Disse tallene varierer imidlertid mye fra år til år. I tillegg vet vi at disse fire universitetene også i løpet av de nærmeste to årene kommer til å uteksaminere studenter som følger spesielt tilrettelagte studier fram mot en lektor- eller adjunktkompetanse. En betydelig andel av disse er også realister. Dette vil sannsynligvis også gi et netto bidrag av nye fysikklærere. Vi vet imidlertid ikke hvor mange av de som kvalifiserer seg til læreryrket, som faktisk ender opp med å bli lærere. For allmennlærerutdanningen er det anslått at noe i overkant av 20 % av de som tar en lærerutdanning, ikke arbeider i skolesektoren etter studiene.⁽³⁾ Lærere i videregående skole har som regel en faglig utdanning som gjør at de er enda mer attraktive for ulike typer stillinger utenfor skolen. Det er derfor rimelig å anta at det i overgangen mellom endt lærerutdanning og yrkesliv er et større frafall for lærere med denne kompetanse, særlig i dagens arbeidsmarked hvor realister er svært attraktive. I så måte er de nye

studieprogrammene som leder fram til en adjunkt- eller lektorkompetanse svært positive fordi studenter som følger disse programmene sannsynligvis vil bygge seg opp en identitet som lærer over lengre tid.

Hva så med den totale beholdningen av fysikklærere? Vi vet faktisk ikke hvor mange lærere det er i landet som underviser i fysikk. Men basert på svarene i undersøkelsen er det rimelig å anslå at det er om lag 700 lærere som jevnlig underviser i faget. En faktor av betydning for å vurdere om dagens beholdning er stor nok, er en oversikt over forventet antall elever i videregående utdanning. Utdanningsdirektoratet har lagt fram tall som antyder en ganske stor vekst i antall elever i alle fylker i landet.⁽⁴⁾ I tillegg er det et uttalt mål at andelen av elevene som velger fordypning i fysikk skal dobles fram mot 2009.⁽⁵⁾ Dersom man skulle lykkes i å oppnå dette målet – helt eller delvis – tilsier dette også at beholdningen av fysikklærere må økes. En tredje faktor som tilsier at beholdningen av fysikklærere bør øke på kort sikt, er innføringen av et nytt obligatorisk matematikkurs for alle elever ved de studieforberedende utdanningsprogrammene. I noen grad må også personer med undervisningskompetanse i fysikk settes til å undervise i disse kursene. Likeledes vil andre nye kurs, blant annet et nytt geofag, sannsynligvis også absorbere noe av den tilgjengelige ressursen av fysikklærere. Til sammen tilsier dette at nyansettelser av fysikklærere i de nærmeste årene sannsynligvis vil måtte overstige avgangen – dersom fysikkundervisningen og utnyttelsen av den fysikkfaglige kompetansen skal være som i dag.

Hva kan vi så gjøre framover?

Dagens situasjon er at vi i de seneste årene, til tross for dystre spådommer, sannsynligvis har klart å erstatte avgangen med tilgang på nye lærere. Dessuten har vi et røft estimat på at tilgangen på nye lærere akkurat for tiden synes å være i nærheten av å balansere avgangen. Likevel bør man forberede seg på en situasjon hvor tilgangen ikke svarer til avgangen. I den modellen som figur 2 setter opp, er det tiltak på tre fronter som kan bidra: Tiltak for å øke tilgangen, for å redusere avgangen, og for å kunne nedjustere den nødvendige beholdningen.

Tiltak for å øke tilgangen er vanskelige å konkretisere. Det som er helt avgjørende for å øke tilgangen av fysikklærere, er å øke antallet som i det hele tatt begynner på fysikkfaglige studier. Dette er en kompleks problemstilling man har arbeidet

med over flere år – uten å lykkes med å få på plass tiltak som synes å virke. Et spesifikt og hurtigvirkende tiltak er å utnytte perioder, som den vi har nå, med en midlertidig brukbar tilgang. I noen år har det dessverre vært slik at godt kvalifiserte realfagslærere som søker sin første jobb, også fysikere, har gitt opp å finne seg en ledig stilling. Disse personene har dermed funnet seg arbeid i andre sektorer, og vil sannsynligvis være tapt for norsk skole. Løsningen her må være mer offensive skoleeiere som tør å planlegge ansettelser på noe lengre sikt. Dersom man vet at man vil ha behov for fysikklærere i løpet av de nærmeste årene, bør man ansette flere enn det er umiddelbart behov for dersom tilgangen gjør dette mulig.

Siden det meste av avgangen av fysikklærere synes å være knyttet til alderspensjon, vil alle tiltak for å redusere avgangen kun føre til en forskyvning av tidspunktet for avgangen med noen få år. Men over tid vil dette føre til noe økt beholdning. Viktigere er det imidlertid at akkurat nå vil dette være et effektivt tiltak for å kjøpe seg tid slik at tiltak med mer langsiktige siktemål kan få begynne å virke. Fysikklærerundersøkelsen antyder at en aktiv strategi for å beholde seniorene, vil ha stor sjanse til å lykkes. Det er snakk om en kombinasjon av virkemidler som lønn, ferie, opprettelse av seniorstillinger med nytt innhold og spesielt muligheten til å få noe reduserte stillinger.

Men den typen løsninger som sannsynligvis vil tvinge seg fram, er de som er rettet mot å kunne nedjustere beholdningen. Det er kun 20 % av lærerne som rapporterer at de underviser i mer enn én fysikkgruppe i året. Når avgangen av fysikklærere tiltar i årene som kommer, vil eventuell manglende tilvekst i stor grad kunne bøtes på ved at fysikklærerne underviser mer i fysikk, og mindre i andre fag. Det er dessuten en ytterligere "reserve" blant fysikere som har administrative plikter på skolene. Om lag 10 % av fysikklærerne rapporterer at de har mer enn 75 % av sin stilling knyttet til administrative funksjoner. Fysikkfaget skal nok dermed kunne bestå med dyktige lærere i overskuelig framtid. Problemet vil imidlertid skyves over til de andre fagene hvor fysikklærerne i dag underviser.

For å holde seg til den økologiske metaforen som spørsmålet i tittelen stiller, er det vel derfor rimelig å si at fysikklæreren er en art som neppe vil dø ut med det første; men ut fra et føre-var perspektiv, er arten bevaringsverdig. Man bør vurdere stimulerende tiltak – både for å øke antall nyfødte og for å minke dødsraten. Men arten er sannsynligvis også

levedyktig med en noe lavere bestand enn dagens. Dette vil imidlertid ha en negativ effekt på resten av økosystemet.

Referanser

1. Bjørn Bjørneng: *Bør skolefysikken omorganiseres*. Fra Fysikkens Verden 64, Nr. 3, 73–75 (2002)
2. Carl Angell, Ellen K. Henriksen og Anders Isnes: *Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av!* I Berit Bungum og Doris Jorde (red.): *Naturfagdidaktikk: Perspektiver, forskning, utvikling*. Gyldendal Akdemisk, Oslo (2003).
Internett: http://www.fys.uio.no/skolelab/fun/FUN_bok.pdf
3. Utdanningsforbundet: *Internasjonalt og nasjonalt fokus på læreryrket*. Rapport 2004:2.
Internett: http://www.utdanningsforbundet.no/upload/Pdf-filer/Publikasjoner/Rapporter/Rapport_2004_02.pdf
4. Utdanningsdirektoratet: *Utdanningsspeilet 2005*.
Internett: http://www.utdanningsdirektoratet.no/upload/Rapporter/Utdanningsspeilet_2005/utdanningsspeilet_2005.pdf
5. Kunnskapsdepartementet. *Et felles løft for realfagene. Strategi for styrking av realfagene 2006–2009*. Midlertidig utgave 2006.
Internett: http://odin.dep.no/filarkiv/282823/Et_felles_loft_for_realfagene.pdf.

∞

Fysikk i skolen

”Et felles løft for realfagene” – Kunnskapsdepartementets strategi

I forbindelse med Realfagskonferansen i Tromsø som hadde fått den klingende tittelen ”06.06.06”, brukte statsråd Djupedal anledningen til å lansere regjeringens strategi for å styrke realfagene: ”Et felles løft for realfagene.”^(1,2) Dette er en videreføring og til dels fornying, av den forrige regjeringens strategidokument: ”Realfag, naturligvis.”⁽³⁾

Undertegnede anmeldte også den forrige strategien i FFV,⁽⁴⁾ og kort sagt var konklusjonen den gangen at en del av målene var svært ambisiøse. Videre dristet jeg meg den gang til å påstå at de foreslåtte tiltakene ikke syntes å være rettet mot

disse målene. For tiden pågår det en evaluering av denne strategien, men som vanlig i det omskiftelige politiske landskapet, har man ikke tid til å vente på evalueringen av en strategi før en ny lanseres.

Før jeg retter blikket mot den nye planen er det derfor naturlig først å se på hvorvidt den forrige strategien hadde noen synlig effekt. Det er flere mål og tiltak fra den forrige strategien som er blitt gjennomført, blant annet opprettelsen av Naturfagsenteret. Men det ligger i sakens natur at jeg her ikke kan gi en total evaluering av strategien. Jeg velger kun å gi en vurdering av hvorvidt vi har hatt en positiv utvikling i forhold til to svært spesifikke mål for rekrutteringen til fysikkfaget i videregående skole. Den forrige planen slo fast at 25 % av elevene som går på studiekompetansegivende retninger skal ha fordypning i fysikk. Videre var det sagt at 40 % av elevene med fordypning i matematikk og fysikk skal være jenter. Med utgangspunkt i statistikkgrunnlaget som er tilgjengelig på Utdanningsdirektoratet sine hjemmesider⁽⁵⁾ finner vi at om lag 10 % av elevene på studiekompetansegivende programmer valgte fordypning i fysikk, og av disse var 27 % jenter. Disse tallene var stabile for skoleårene 2003/04 og 2004/05. Det er med andre ord ingen tegn til at man i denne perioden har nærmet seg disse rekrutteringsmålene. Det er derfor interessant å registrere at den nye planen har beholdt disse målene.

Når det gjelder den nye planen er det også rimelig å si at selv om den er noe annerledes bygd opp, er den i all hovedsak svært lik den foregående. I innledningen gis det en begrunnelse for hvorfor hver enkelt av oss – og Norge som nasjon – har behov for realfaglig kompetanse med stikkord som innovasjon og omstillingsevne, internasjonal konkurranseevne, opprettholdelse av et levedyktig demokrati og selvutfoldelse. Dette følges opp med en beskrivelse av det som mange hevder er en realfagskrise i vårt land. Denne beskrivelsen baserer seg på tilgjengelig dokumentasjon og utdanningsstatistikk:

- En akselererende mangel på spisskompetanse innen realog teknologifagene
- Framtidig mangel på kvalifiserte lærere i videregående opplæring
- Manglende kompetanse i realfag blant lærere i grunnskolen
- Svak søkning til teknologiske og realfaglige studier

- Liten andel jenter på studier innen teknologi, matematikk og naturvitenskap.
- Lavt timetall i naturfag og svake prestasjoner i matematikk og naturfag i forhold til land det er naturlig å sammenlikne oss med
- Sterkt nedadgående trend i norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag
- Svært lavt aktivitetsnivå i forhold til etterutdanning, spesielt i naturfag
- Svak interesse og motivasjon for naturfag blant norske elever.

Det er rimelig å hevde at dette er en robust beskrivelse av en situasjon som har vedvart i flere år.

Det er en klar sammenheng mellom denne beskrivelsen og de målene som formuleres. Målene er mange, og kort oppsummert består de i å få en positiv utvikling i forhold til de identifiserte problemene. Noen mål er imidlertid så generelle at de sannsynligvis ikke vil ha noen stor effekt, mens andre er svært spesifikke, slik som eksempelvis rekrutteringsmålene knyttet til fysikkfaget. Det er derfor svært interessant å studere tiltakspakken som er presentert i et eget dokument.⁽²⁾ Man vil ha en forventning om at tiltakene som foreslås, intuitivt kan knyttes til de ulike målene. Her svikter imidlertid dokumentet.

Svært mange av de formulerte tiltakene er ikke tiltak, men heller omformuleringer av målet. Er eksempelvis setningen "Styrke utstyrssituasjonen i realfag", et tiltak? Er det ikke mer riktig å karakterisere dette som et mål som det bør formuleres tiltak for å oppnå? Det finnes heldigvis enda et nivå i nedbrytingen av strategien. For hvert tiltak finnes en beskrivelse av det som kalles en handling. Her gis det en ytterligere spesifisering av hvordan tiltaket skal resultere i en aktiv handling med en klar ansvarshavende, en tidsfrist og en statusbeskrivelse som skal oppdateres hvert år. Denne delen av strategien er svært nyttig siden det i prinsippet gjør det mulig for en interessent å banke på døren til en ansvarshavende person, og det er i noen grad mulig å etterprøve hvorvidt disse handlingene faktisk er gjennomført. Når det gjelder tiltaket med å styrke utstyrssituasjonen i realfag, finner vi imidlertid en skuffende vag formulering hvor ansvaret delvis pulveriseres ved å vise til at dette må løses regionalt og lokalt. Det er imidlertid flere spesifikke og innovative tiltak som vi skal ønske velkommen. Eksempler som er oppløftende er øremerking av midler for videreutdanning av lærere i naturfag, etablering av allmennlærerutdanning med

realfagsprofil og etablering av ordninger for utveksling av lærere med arbeidslivet. Dette er alle handlinger som er målrettede i forhold til å sikre skolene tilgang på kompetanse. Imidlertid er dokumentet vagt i forhold til dimensjonering av disse handlingene. Dersom eksempelvis videreutdanning innen naturfag skal ha noen synlig effekt bør det øremerkes midler i en slik størrelsesorden at det vil bli en hovedpost i budsjettet til Kunnskapsdepartementet. Et moderat anslag er at et videreutdanningstilbud av noe omfang vil koste i størrelsesorden 100 000 kr per lærer.

For de som eventuelt stusser over størrelsen på dette beløpet er det viktig å presisere at videreutdanning ikke er det samme som etterutdanning. Videreutdanning er deltakelse i et organisert studietilbud som vil gi økt formell kompetanse. Dette kan altså ikke dekkes inn med noen små kurs her og der. Når man i et tidligere initiativ avsatte midler til videreutdanning i matematikk var det stipendier av denne størrelsesorden som ble gitt.

La oss anta at man sier seg fornøyd med å videreutdanne i gjennomsnitt én lærer ved hver grunnskole. Det er noe i overkant av 3000 grunnskoler i landet,⁽⁶⁾ og dette gir et behov for 300 millioner kroner øremerket til tiltaket i treårsperioden som planen gjelder for (2006–2009). Vi kan jo ha dette beskjedne estimatet i minnet når det neste statsbudsjettet presenteres. Det vil i alle fall være en stor og gledelig overraskelse dersom vi ser tall som nærmer seg dette.

Avslutningsvis vil jeg vende tilbake til de spesifikke målene for fysikkfaget i den videregående skolen. Hvor strategisk er det egentlig å spesifisere mål som at 25 % av elevene på studieforberedende utdanningsprogram skal ta full fordyping i fysikk? Vi er som sagt svært langt unna dette målet. Verktøyet som er valgt for å overvåke om man lykkes med den overordnede og brede målsetningen om å "styrke realfagene i barnehage og grunnnopplæringen", er dette og noen få andre måltall av samme type. Jeg har full sympati med ambisjonen om å øke antallet som velger disse fagene i sin videregående utdanning, og jeg er glad for at man definerer indikatorer som skal brukes for å evaluere status underveis i perioden. Men jeg tror like fullt at det hadde vært langt mer nyttig med mer realistiske mål. Det ville også vært klokt å formulere et større utvalg av indikatorer for å representere bredden i dette og de andre viktige hovedmålene.

Tross denne uenigheten med strategiske grep, vil jeg imidlertid berømme denne og forrige regjering

med at det settes mål og spesifiseres tiltak og handlinger som i noen grad kan følges opp. Men det vil koste. Både penger og politisk prestisje må investeres i strategien dersom den skal bli vellykket. Begge deler er endelige ressurser, og det er vel grunn til å spørre seg om både pengene og prestisjen langt på vei er oppbrukt når barnehagene har fått sitt.

Referanser

1. Kunnskapsdepartementet: *Et felles løft for realfagene. Strategi for styrking av realfagene 2006- 2009*. Midlertidig utgave (2006)
Internett: http://odin.dep.no/filarkiv/282823/Et_felles_loft_for_realfagene.pdf
2. Kunnskapsdepartementet: *Et felles løft for realfagene - Tiltaksplan 2006*. Midlertidig utgave juni 2006.
Internett: http://odin.dep.no/filarkiv/282825/Tiltaksplan_for_realfagene.pdf
3. UFD: *Realfag, naturligvis*. (2002)
Internett: <http://odin.dep.no/filarkiv/235427/Realfag.pdf>
4. Olsen, R.V.: *Realfag, naturligvis - UFDs strategi for styrking av realfagene*. Fra Fysikkens Verden, **65**, Nr 1, 25-26 (2003)
5. Internett: <http://www.utdanningsdirektoratet.no/>
6. Utdanningsdirektoratet: *Utdanningsspeilet 2005*.
Internett: http://www.utdanningsdirektoratet.no/upload/Rapporter/Utdanningsspeilet_2005/utdanningsspeilet_2005.pdf

Rolf Vegar Olsen
ILS, UiO

∞

Eksamen i 3FY 2006

Elever i den videregående skole hadde skriftlig eksamen i fysikk 3FY den 2. juni 2006. Oppgave 2 dreide seg om relativitetsteori og hadde følgende oppgavetekst:

"I tidsskriftet *Scientific American*, september 2004, stod en artikkel med tittelen *Everyday Einstein*. Her omtales blant annet GPS (*Global Positioning System*). GPS er et navigasjonssystem for å finne ut hvor man er på jordoverflaten. Systemet baserer seg på signaler fra satellitter.

I artikkelen står: "... klokken om bord i satellittene sakker seg med omtrent 7 mikrosekunder hvert døgn i forhold til klokke på jorda ..."

a) Skriv opp Einsteins postulater i den spesielle relativitetsteorien. Hva mener vi med at en klokke "sakker seg" i forhold til en annen i denne sammenheng?

Anta at effekten som er omtalt ovenfor, kan beskrives ved den spesielle relativitetsteorien. Vi lar t_0 være tiden målt i satellittene og t være tiden målt på jorda.

b) Vis at farten til satellittene kan skrives som $v = c\sqrt{1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2}$. Er farten til satellittene tilnærmet lik lysfarten eller mye mindre enn lysfarten?"

Opgaveteksten beskriver imidlertid bare en del av sannheten. Den fullstendige beskrivelsen i *Scientific American* lyder slik: "Because of the velocity of GPS satellites, onboard clocks run about seven microseconds slower per day than ground clocks. The weaker gravitational pull on the satellites adds another relativistic effect, making clocks run 45 microseconds faster per day. Hence, a correction factor must be calculated that effectively turns back onboard clocks by 38 microseconds per day to yield accurate GPS data" (*Scientific American*, september 2004, side 39).

De utregningene som er skissert i Øyvind Grøns artikkel "Relativitetsteorien og GPS-systemet" i dette bladet, viser at situasjonen er mye mer komplisert enn eksamensoppgaven for 2006 gir inntrykk av. Feilen ligger ikke hos *Scientific American*; artikkelen der er faglig etterrettelig. Årets oppgavenavn har imidlertid plukket ut én setning fra artikkelen og tatt den ut av sin faglige sammenheng. Eksaminandene går derfor ut av skolen med et fortegnet bilde av tidsforholdene i GPS-satellitter: De tror at satellittklokkene *saktnes* 7 mikrosekunder per døgn, mens de i virkeligheten *fortner* 38 mikrosekunder per døgn.

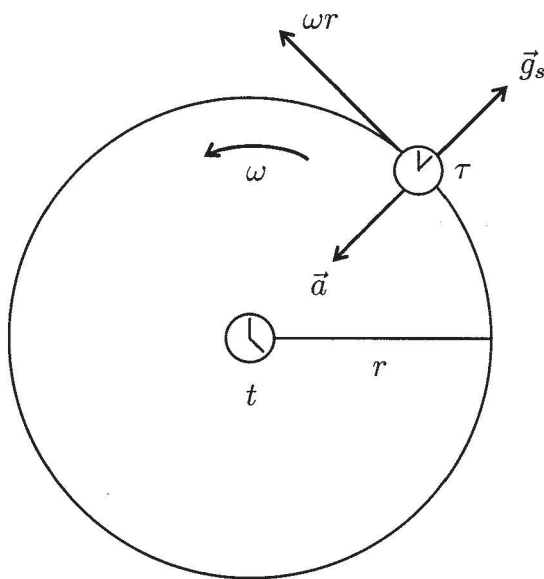
I alle år har generell relativitetsteori vært fullstendig fraværende i skolefysikken, og like til de senere år har generell relativitetsteori vært fraværende også i lektorutdannelsen. Etter de nye læreplanene skal generell relativitetsteori nå inn i skolefysikkens *Fysikk 2*, det vil si fysikken for 3. årstrinn. Det vil derfor bli et presserende behov for etterutdanning av fysikklærere i den videregående skole, slik at de kan bli kvalifisert til å undervise i generell relativitetsteori.

I mellomtiden vil vi oppfordre alle fysikklærere til å lese Einsteins egen populærvitenskapelige

bok: *Relativitetsteorien* (Bokklubben Dagens Bøker 2000). Vi skal avslutte denne lille artikkelen med å skissere Einsteins utledning av formelen for tidsforskyvning i gravitasjonsfelt. Utledningen er hentet fra ovennevnte bok side 91–94.

Tidsforskyvning i gravitasjonsfelt

Vi tenker oss en karusell med radius r som roterer med konstant vinkelhastighet ω i forhold til et treghetssystem T . Karusellens akse er i ro i forhold til T . Så plasserer vi to klokker på karusellen, én i sentrum og én ved periferien, slik at begge klokkene er i ro i forhold til karusellen. Se figur 1.



Figur 1. Karusell med to klokker. Periferiklokken saktner i forhold til sentrumklokken.

Klokken i sentrum er i ro i forhold til T og viser koordinattiden t . Klokken ved periferien av karusellen viser egentiden τ . Relativt til T har periferiklokken hastigheten ωr . Jorden kan betraktes som en stor karusell, og en klokke ved ekvator svarer til periferiklokken på karusellen. Av formelen for tidsdilatasjon får vi da sammenhengen mellom egentiden og koordinattiden på karusellen,

$$\tau = \sqrt{1 - \frac{(\omega r)^2}{c^2}} \cdot t \quad (1)$$

Det vil si at periferiklokken *saktner* i forhold til sentrumklokken.

Periferiklokken har en sentripetalakselerasjon $\vec{a}$ som peker radielt *innover* på karusellen og har absoluttverdien $a = v^2/r = \omega^2 r$. Periferiklokken opplever derfor et *sentrifugalfelt* $\vec{g}_s = -\vec{a} = -\omega^2 \vec{r}$ som

peker radielt *utover* på karusellen. Einstein postulerte at dette *sentrifugalfeltet* er *ekvivalent* med et *gravitasjonsfelt* som peker radielt utover. Differensen i *sentrifugalpotensialet* mellom periferiklokken og sentrumklokken kalte han ϕ og utledet at $\phi = \frac{1}{2}\omega^2 r^2$. Vi setter $-\omega^2 r^2 = 2\phi$ inn i formel (1) og får

$$\tau = \sqrt{1 + \frac{2\phi}{c^2}} \cdot t \quad (2)$$

Einstein gikk nå et skritt videre og postulerte at formel (2) gjelder for gravitasjonsfelter generelt. Gravitasjonspotensialet i avstanden r fra sentrum av et himmellegeme med masse M er med god tilnærming lik

$$\phi = -\frac{GM}{r}$$

der G er den newtonske gravitasjonskonstanten. Vi setter dette potensialet inn i formel (2) og får

$$\tau = \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}} \cdot t \quad (3)$$

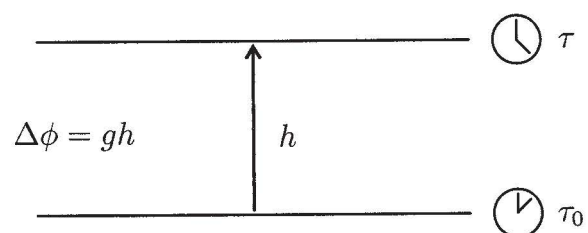
Vi ser at $\tau < t$. Det vil si: Tiden går saktere i et gravitasjonsfelt enn i et gravitasjonsfritt rom, og tiden går saktere jo dypere nede i feltet vi måler den. Og omvendt: Tiden går forttere jo høyere oppe i feltet vi måler den.

I et lite område nær jordoverflaten er gravitasjonsfeltet tilnærmet homogent. Når vi går *oppover* en høyde h i dette feltet, *øker* gravitasjonspotensialet med $\Delta\phi = gh$, der g er tyngdeakselerasjonen ved jordoverflaten. Se figur 2. Av formel (2) får vi da

$$\tau_0 = \sqrt{1 - \frac{2\Delta\phi}{c^2}} \cdot \tau \approx \left(1 - \frac{\Delta\phi}{c^2}\right) \cdot \tau = \left(1 - \frac{gh}{c^2}\right) \cdot \tau \quad (4)$$

der τ_0 er egentiden målt i det laveste nivået, og τ er egentiden målt i høyden h over det laveste nivået.

De første som klarte å verifisere formel (4), var Pound og Rebka i 1959. De gikk løs på Jefferson Physical Laboratory ved Harvard University, slo hull i gulvet mellom etasjene og monterte et 22,5



Figur 2. Tiden går saktere jo dypere nede i gravitasjonsfeltet vi måler den.

meter langt rør loddrett fra kjelleren til loftet. Som klokke brukte de frekvensen av gammastråling fra den radioaktive jernisotopen ^{57}Fe . De observerte at stråling som ble sendt oppover i røret ble forskjøvet mot *rødt*, mens stråling nedover ble forskjøvet mot *blått*. Det vil si at tiden går *saktere* i kjelleren enn på loftet. Og omvendt: Tiden går *fortere* på loftet enn i kjelleren.

Det var visstnok i 1907 Einstein lanserte *ekvivalensprinsippet*: En akselerasjon i én retning er ekvivalent med et gravitasjonsfelt i motsatt retning – som senere la grunnlaget for den generelle relativitetsteori. Derfor virker det nesten symbolsk at generell relativitetsteori skal inn i skolefysikken fra 2007, hundre år etter 1907.

Christian Callin

∞

Hva skjer

Pluto på vikende front

Planeten – nå dvergplaneten – Pluto har fått utrolig mye oppmerksomhet i det siste. Helt siden noen astronomer for flere år siden foreslo å omdøpe Pluto til en asteroide, har diskusjonen gått høyt. Som formann i Den internasjonale astronomiske unions (IAU) komité for navngiving av planeter og måner, har jeg mottatt en mengde innlegg til støtte for Pluto som planet. Jeg har f.eks. fra skolebarn i USA fått en 5 cm tjukk bunke av opprop for Plutos bevarelse.

En kan si at Pluto har vært på vikende front like siden den ble oppdaget av amerikaneren Clyde Tombaugh i 1930. Tombaugh ble ansporet av Percival Lowell grunnleggeren av Lowell-observatoriet – som mente at observerte avvik i Neptuns bane skyldtest en ukjent planet. Etter hvert som målemetodene forbedret seg, ble Pluto "krympet" helt til det gjennom oppdagelsen av Plutos måne, Charon, i 1978, ble fastslått at Pluto bare har 1/400 av Jordas masse. Likevel er Pluto stor nok til å holde på en tynn atmosfære, og i fjor ble det oppdaget to måner til omkring Pluto – Hydra og Nix.

Da det i 2003 ble oppdaget et objekt, 2003 UB313, som er litt større enn Pluto og 2,5 ganger så langt borte, meldte spørsmålet seg straks om

også det nye objektet skulle få planetstatus. IAU oppnevnte en komité av 19 astronomer, deriblant jeg, som skulle lage en planetdefinisjon. Uheldigvis klarte vi ikke å enes om en definisjon, så to alternativer ble lagt fram. For å få til et kompromiss, ble det da oppnevnt en ny rådgivende komité der også en kjent historiker, Owen Gingerich, og forfatteren Dava Sobel deltok. Dava Sobel er mest kjent for sin bok "Longitude" om navigasjon. En film basert på boka gikk på norsk TV for et par år siden. Hun holdt forøvrig et foredrag i Videnskaps-Akademiet i Oslo 7. september.

IAUs generalsekretær, den norske astronomen Oddbjørn Engvold, har stått sentralt i planetdebatten. Ledelsen i IAU la frem et kompromissforslag som ble heftig debattert under IAUs generalforsamling i Praha, 14–25 august i år. Etter flere endringer ble det ved avstemning 24. august vedtatt følgende definisjoner som litt forenklet lyder:

1. En planet er et himmellegeme som a) er i bane rundt Sola, b) har tilstrekkelig masse til at egengravitasjonen avrunder det, og c) har rensket nabolaget rundt seg.
2. En dvergplanet er et himmellegeme som a) er i bane rundt Sola, b) har tilstrekkelig masse til at egengravitasjonen avrunder det, c) har ikke rensket nabolaget rundt seg, og d) er ikke en måne.
3. Alle andre objekter, unntatt måner, i bane rundt Sola skal kollektivt kalles smålegemer i solsystemet.

Etter disse definisjonene har vi bare 8 planeter – Merkur, Venus, Jorda, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun – og (foreløpig) 3 dvergplaneter – asteroiden Ceres, Pluto og 2003 UB313. Som plaster på såret for Pluto, ble det vedtatt at Pluto blir prototyp for en egen klasse transneptunske objekter. IAUs ledelse hadde foreslått at for de 8 planetene skulle man bruke betegnelsen "klassisk planet". Da ville "planet" ha blitt en fellesbetegnelse for både planeter og dvergplaneter, men dette forslaget falt.

Kaare Aksnes

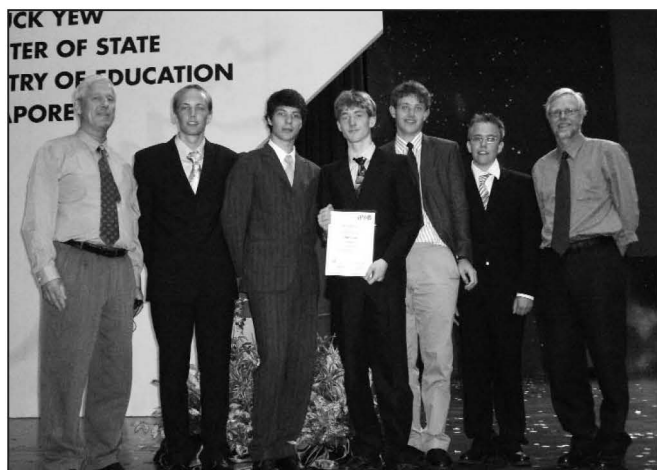
∞

Fysikkolympiaden 2006

I år ble den internasjonale fysikkolympiaden arrangert i Singapore. Singapore er et svært lite, men moderne og rikt land (egentlig bare en by). Det ble stadig fremholdt for oss at Singapore er et eksempel på et multikulturelt land som fungerer utmerket.

Fem norske elever og to ledere deltok på et spennende og profesjonelt gjennomført arrangement.

Det var rekordstor oppslutning om olympiaden. 89 land deltok, og i tillegg var det et par land som var observatører. Alle møter og både teoretisk og praktisk prøve, ble avholdt på Nanyang Technological University (NTU). Det er et moderne universitet med "alle" fasiliteter, og der det stilles store krav til studentene!



Deltakerne på fysikkolympiaden med ledere (f.v.): Trond Ekeren, Geir-Arne Fuglstad, Øyvind Indrebø, Geir Bogfjellmo (med diplom for hederlig omtale), Eirik Marthinsen, Nils Johan Engelsen og Carl Angell

Som vanlig var finaleoppgavene meget krevende og vanskelige, og for de fleste deltakerne langt mer krevende enn de er vandt til fra egen skolegang. Men Norge fikk én hederlig omtale. Den fikk Geir Bogfjellmo. Totalt ble det utdelt 37 gullmedaljer, 48 sølv, 83 bronse og 81 hederlige omtaler. Det er kanskje et tankekors at blant de 37 gullmedaljevinerne kom 23 fra Asia og bare to fra Vest-Europa (begge fra Tyskland). Fire av de fem deltakerne fra USA fikk også gullmedalje. I tillegg var det flere øst-europeiske land, f.eks. Russland, Polen og Ungarn, som hevdet seg godt. Årets vinner ble Mailoa Jonathan Pradana fra Indonesia. Han ble spurt i et intervju hvorfor han var så god, og da svarte han kontant: "Hardt arbeid!"

Den første teoretiske oppgaven handlet om et eksperiment med nøytron-interferometer der gravitasjonens virkning på de Broglie-bølgene til nøytronene skulle studeres. I den andre oppgaven var det beskrevet et hullkamera som skulle ta bilder av en stav i bevegelse ved å åpne hullet i svært kort tid. Her var det mange utfordringer knyttet til spesiell relativitetsteori. Den siste teoretiske oppgaven var annerledes enn det som har vært vanlig i fysikkolympiaden. Her var det flere småoppgaver der en skulle gjøre overslagsberegninger ut fra en del gitte data. Det handlet f.eks. om den beste oppløsningen til et digitalt kamera. I en annen oppgave skulle en med bakgrunn i noen opplysninger anta at energien til alle tordenstormer i ett år er samlet og fordelt likt på alle mennesker, og så skulle en anslå hvor lenge en kunne få en 100 W lyspære til å lyse med sin andel.

Den eksperimentelle oppgaven handlet også om optikk. Først skulle en sette opp et Michelson-interferometereksperiment for å bestemme bølglengden til mikrobølger i luft. Deretter skulle en gjøre interferensforsøk med mikrobølger og en dielektrisk tynn film. Så var det et oppsett for studier av totalrefleksjon der en skulle ta hensyn til Goos Hanchen-shift, det vil si at den innkommende bølgen vil trenge inn i det mindre tette mediet og bevege seg en mindre avstand parallelt med grenseflaten før den går tilbake til det tettere mediet. Til slutt var det et forsøk med Bragg-diffraksjon. Et poeng her var at for mikrobølger oppstår diffraksjon i gitterstrukturer med så stor gitterkonstant at den kan måles med linjal.

Både elevene og lederne hadde et strålende opphold. Spesielt vil jeg fremheve den fine kontakten våre elever fikk med ungdommer fra en rekke ulike land. Fysikkolympiaden er virkelig et sted der ungdommer kan oppleve forståelse for hverandre på tvers av kulturgrenser!

Oppgavene finner du på Internett:

<http://www.ipho2006.org/index.php/>

Mer informasjon om Fysikk-OL finner du på:

<http://www.fys.uio.no/skolelab/fysikkol/>

Carl Angell

Grunn Forskning

Dikt inspirert av EUs forskningsbyråkrati

Råforskning
spissforskning
spydspissforskning
teknologisk basalforskning
oppstrømsforskning

Strategisk grunnforskning
nedstrømsforskning
grunnleggende strategisk forskning
anvendt grunnforskning
banebrytende grunnleggende forskning

Frontalforskning
forfra og bakfra forskning
bottom-up og top-down forskning
små- og storforsk

Spissfindig forskning
moped mot fjellvegg forskning
strategisk frontal spissforskning
spisset strategisk forskning
følgeforskning
oppdragsforskning
naturlig fortrinnsforskning
oppfølgingsforskning
klinisk translasjonsforskning
og rektal forskning!

Jan Petter Hansen og Arne Skjeltorp

Dette diktet ble forfattet under en hyggelig aften i Brussel i forbindelse med møter med EUs forskningsbyråkrati. Dagen derpå oppdaget forfatterne til sin forundring at verket sto seg, og nå, etter et par måneders hvile, mener de diktet snarere blir stadig mer tankevekkende enn uaktuelt og platt. Forfatterne ser det som et klart Vold-inspirert stykke, og i hans ånd kan man si det er aktuelt og underfundig refsende overfor bevilgende myndigheter.

Forfatterne ser fram til fortolkninger og håper på andre litterære reaksjoner på dette diktet i fremtidige nummere av FFV.

∞

Bokomtale

Len Fisher: How to Dunk a Doughnut: The Science of Everyday Life. Penguin, USA, c/o Penguin Putnam Inc., London, 2004, ISBN 0143034383 (255 sider) 112 kr (paperback).

Er du lei av å falle utenfor i selskapslivet? Føler du at din status som nerd er i ferd med fordunste? Da kan denne boken være noe for deg. Om ikke annet kan den gjøre deg til familiens påskehelt når du med stor presisjon beregner koketiden for spesielt store hønseegg.

Bokens tittel spiller på den tydeligvis svært utbredte britiske uvane å dyppe bakverk i te før det fortæres. Hvis man for eksempel forsøker å dyppe en sprø kjeks i teen, vil den etter kort tid bli så myk at den kollapser, med opplagt ergerlige følger. Len Fisher lider av kjeksdyppings last, men har som en ekte fysiker nektet å la seg ydmyke av materiens iboende svakhet. Det første som beskrives i boken, er således hvordan man kan bruke Young-Laplace-ligningen til å estimere hvor lang tid en kjeks maksimalt bør være senket i den varme væsken, og ikke minst *hvordan* kjeksens bør dypes!

Len Fisher har publisert artikler innen polymerfysikk, overflatefysikk og molekylærfysikk, og har dessuten vært aktiv innen "matvitenskap" (food science), noe mange av eksemplene i boken bærer preg av. Her beskrives for eksempel hvordan såpe virker, hvordan man kan beregne omtrentlig tykkelse av en såpeboblevegg og hvordan viskositeten til de vaginale sekreter påvirker sædcellenes mulighet til å erobre eggcellen. Men den inneholder også mange andre gode eksempler fra hverdagslivet, for eksempel hvordan man mest effektivt trekker ut spiker med en hammer, samt en meget grundig redegjørelse av hvordan boomeranger fungerer. Det er ofte fristende å bruke moderne teknologi som de fremste og eneste eksemplene på naturvitenskapenes relevans, men det rister dessverre av seg mange teknofobe (og dem er det mange av i Norge!). Denne boken viser hvordan naturvitenskapene er sentrale i dagliglivet vårt, uten å bruke ett slikt eksempel!

En god del av de fenomenene som presenteres, er tross alt relativt kompliserte, og det er ikke vanskelig å tenke seg hvordan dette kunne gjøres uinteressant for folk flest. Men ambisjonen til Fisher er å nå frem til legmannen og -kvinnen, og boken hen-

vender seg nettopp til en slik leser. Han bruker svært få ligninger, og når han bruker dem, blir det gjort med en eleganse som burde få en stor andel av leserne til å holde tritt. Språkføringen er svært lettflytende, og de fleste argumentasjonsrekkene ser ut til å være lette å følge (selv om det er vanskelig å vurdere hvordan dette vil oppleves for en ikke-fysiker). Boken har med andre ord potensial til å bli lest av svært mange. Det betyr ikke at den er uinteressant for fagpersoner, snarere tvert imot! Dette er en imponerende demonstrasjon av populariserings edle kunst, og vil nok virke både engasjerende og inspirerende både for den som selv populariserer og den som burde det.

Noe av det som gjør den mest interessant for oss "innvidde", er hvordan forfatteren gjør aktivt bruk av digresjoner og anekdoter. Denne teknikken er med på å krydre teksten, og noen av sidefortellingene er verdt lesetiden i seg selv. Men det er også med på å "snike inn" nyttig informasjon og mer generelle analyser. Her er både biografiske detaljer, innføring i sentrale fysiske lover og ikke minst et meget hederlig forsøk på å forklare hvordan forskere arbeider. En overbevisende analyse av forskningens egenverdi er også tatt med. Dette gjør boken til et ytterst potent redskap i folkeopplysningens tjeneste, siden det aller meste av dette ekstrastoffet også er lettlest og engasjerende. Den har allerede funnet et ganske stort publikum internasjonalt, men er nok langt unna bestselgerlistene i Norge, siden den ikke har blitt oversatt til norsk.

"How to dunk a doughnut" er en bok som sterkt anbefales til alle fysikere. Den kan gi oss en nyttig påminnelse om hva som er så fint med dette rare faget vårt, og den vil gi påfyll av flere "nye" anvendelser av fysikkens lover – kanskje nok til å ta tilbake kontrollen i selskapslivet? Og når vi har lest den, bør vi anbefale den til alle de av våre ikke-fysiker-venner (hvis vi har noen) som kan klare å lese en hel bok på engelsk. Eller enda bedre: Er det noen som vil oversette den til norsk?

Ole Martin Løvvik

∞

Nye Doktorer

Samsun B.B. Mohamad



M.Eng. Samsun B.B. Mohamad forsvarte 26. januar sin avhandling *Intermolecular quenching and transfer of electronic excitation in systems containing pigments and molecular oxygen*, for dr.ing.-graden ved NTNU.

Dioksygen (O_2) er en veldig spesiell kjemisk forbindelse. For det første, i grunntilstanden er to elektroniske spinn parallelle, som medfører at molekylet er paramagnetisk (med multiplisitet 3) og kalles ofte triplet oksygen. For det andre, den første eksiterte elektroniske tilstanden til O_2 har veldig lav energi i forhold til grunntilstanden (ca. 1 eV), hvor alle elektroniske spinn er paret. Dette kalles singlett oksygen, siden det totale elektroniske spinn er null (med multiplisitet 1). Singlett oksygen, som genereres lett ved belysning av systemer som inneholder pigmenter (f.eks. klorofyll), er en usedvanlig toksisk forbindelse og er en konstant trussel mot alt aerobt liv. Planter, som nettopp inneholder pigmenter og krever sollys, har en kjemisk arkitektur som beskytter dem mot ødeleggelse av singlett oksygen. Planter inneholder også store mengder vitamin E som virker som en antioksidant, mens dets fotofysiske egenskaper er forholdsvis ukjente.

Mohamads doktorarbeid omhandler undersøkelser av lysinduserte reaksjoner i systemer som inneholder karotenoider og vitamin E. Arbeidet er utført ved institutt for fysikk, NTNU, med professor K. Razi Naqvi og professor Thor Bernt Melø som veilederer. Det er finansiert av den malaysiske regjering og intituttet.

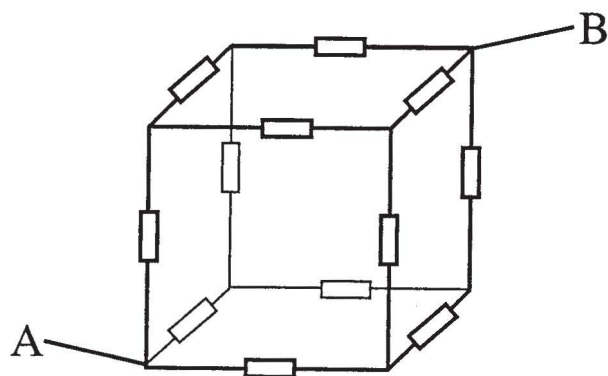
∞

Trim i FFV

FFVT 3/06

Elektrisk motstand

Elektriske motstander er koplet sammen som sidekanter i en kube, som på figuren. Hvis hver motstand er på én ohm, hvor stor blir da motstanden fra A til B?



Løsning FFVT 1/06 og 2/06

Vin og vann

Vi hadde like store mengder av vin og vann i hvert sitt glass og slo en del av vinen over i vannet og blandet godt. Deretter slo vi like mye av blandingen tilbake i vinen. Spørsmålet var om det nå var mer vann i vinen enn vin i vannet.

En noe matematisk preget løsning som viste at det er like mye vann i vinen som det er vin i vannet til slutt, ble skissert i FFV 2/06.

Kommentar

Noen lesere har påpekt at den skisserte løsningen er unødig komplisert. Bruk av regning er unødvendig siden en betraktning av sluttsituasjonen må konkludere slik: Det reduserte vinvolumet i vinglasset er blitt erstattet med et like stort vannvolum. Vinvolumet er ikke "forsvunnet", men befinner seg i vannglasset. Altså er det like mye vann i vinglasset som vin i vannglasset.

Tilleggsspørsmål

I FFV 2/06 ble det spurt om det ville være mulig å velge et flyttevolum og et antall flyttinger som gir samme vinprosent i begge glassene.

Svar

Uansett hvor mye som flyttes, og hvor mange flyttinger som foretas, vil vinprosenten aldri kunne bli helt lik i de to glassene. Hvis A har høyere vinpro-

sent enn B og et volum flyttes fra A til B, vil A etter flyttingen fremdeles ha høyere prosent enn B. Flytting motsatt vei kan heller ikke gi samme vinprosent i glassene. Den eneste måten å få lik prosent på, er å tømme det ene glasset helt over i det andre, eller foreta så mange flyttinger at statistiske effekter på molekylfordelingen i væskene begynner å spille en rolle.

Problemet er hentet fra Martin Gardner: *The second Scientific American Book of Mathematical Puzzles and Diversions*, ISBN 0-226-28253-8, oppgave 9, side 156 (løsning side 163). Her står anført at man etter 47 doble flyttinger har "signifikant" sannsynlighet for lik vinprosent i begge glass, hvis glassene er fylt med ca. 300 ml, og 100 ml flyttes hver gang.

∞

Nytt fra NFS

Nye medlemmer 23. juni 2006

Jørgen A. Lien
Åsgårdstrand

Einar Modahl
St. Olavs vgs, Sarpsborg

Konrad Tywoniuk
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

∞

Det er vanskeleg å spå om framtida

I FFV 2/06 hadde vi eit bilete med tekst som sa at det var slik ein tenkte seg ein PC for 50 år sidan. Ein av våre lesarar hadde funne dette på Internett, og vi i redaksjonen trudde også at dette var ein "ekte spådom". Men det opphævelege biletet var frå kontrollrommet i ein atomubåt med ein ærverdig sivilist og ein gammal skrivar innmontert (<http://www.snopes.com/inboxer/computer.asp>).

Vakne lesarar har no funne ut dette, og ein skriv at han ikkje hadde venta å finne "den slags vitser" i FFV. Men det var ikkje vår meining å drive ap med lesarane. Vi tok dessverre denne figuren for god fisk utan å undersøkje om han var ekte, og vi beklagar at andre også kan ha vorte lurte av han.

∞

Retningslinjer for forfattere

Fra Fysikkens Verden utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høyskoler med fysikk i sine fagkretser. Men andre kan også abonnere på bladet, og blant disse er elever og biblioteker ved videregående skoler. Bladet gis ut fire ganger i året, i mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er hhv. 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon til alle med interesse for fysikk, og tidsskriftet ønsker å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i videregående skoler og andre undervisningsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på en lett og forståelig måte på norsk uten unødig bruk av spesielle faguttrykk og matematikk. Faguttrykk som må brukes må defineres, og matematikken bør være forståelig for vanlige fysikkstudenter. En mindre eksakt verbal form er oftest å foretrekke, men det må brukes standard begreper og enheter. Husk at artiklene i FFV primært skal gi oversikt og informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare kan leses med utbytte av en snever faggruppe, har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redaksjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres fortrinnsvis på diskett eller som e-post, med papirutskrift i tillegg. Diskettene må merkes med hvilket operativsystem/tekstbehandlingsprogram som er brukt. Manus kan også leveres maskinskrevet med dobbelt linjeavstand.

ARTIKLER bør ikke være lengre enn 6 sider med trykt tekst. Større avsnitt i teksten bør markeres med undertitler. Referanser kreves ikke, men det er ønskelig med en liste over lett tilgjengelig tilleggstoff.

SMÅSTYKKER: bokomtaler, skolestoff, møtereferater, nekrologer etc. mottas gjerne, men de bør ikke være lengre enn 1-2 sider.

DOKTOROMTALER trykkes gjerne, men bør begrenses til ca 0,5 sider inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en svært viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene og bruk norsk teksting. Figurene vil som regel bli trykket i svart/hvitt. Bare i helt spesielle tilfeller kan figurer trykkes i farger, av økonomiske grunner. Figurene bør helst være i omtrent dobbelt format, og de må ikke være rastrede. Alle figurer og bilder må merkes tydelig.

Det skal refereres til figurer og tabeller i teksten, og ønsket plassering bør markeres. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner.

FORSIDEBILDER velges som regel i tilknytning til en artikkel. De må være teknisk gode og kan trykkes i farger.

KORREKTUR: Forfatterne får tilsendt korrektur som må returneres snarest, og det må ikke gjøres unødige endringer i korrekturene.

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

Professor Anne Borg
Institutt for fysikk, NTNU
e-post: anne.borg@phys.ntnu.no

Visepresident:

Professor Gunnar Løvholden
Fysisk institutt, UiO.
e-post: gunnar.lovholden@fys.uio.no

Styremedlemmer:

Forsker Gunnar Arisholm
Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller

Førsteaman. Øystein Elgarøy
Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO.

Professor Jon Otto Fossum
Inst. for fysikk, NTNU.

Førsteaman. Kjartan Olafsson
Inst. for fysikk og teknologi, UiB.

Forsker Rolf V. Olsen
Inst. for lærerutd. og skoleutvikling, UiO.

Professor Einar Sagstuen
Fysisk institutt, UiO.

Professor Jon Samseth
Høgskolen i Akershus, Nordbyhagen.

Selskapets sekretær:

Stip. Henning Frydenlund Hansen
Institutt for fysikk, NTNU,
Høgskoleringen 5, 7491 Trondheim.
Tlf.: 73 59 07 26, Fax.: 73 59 77 10
e-post: henning.hansen@phys.ntnu.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Professor Øivin Holter
Professor Finn Ingebretsen
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonssekretær:

Overingeniør Karl Måseide
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonskomité:

Førsteaman. Åshild Fredriksen
Inst. for fysikk, UiTø.

Professor Per Osland
Inst. for fysikk og teknologi, UiB.

Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU.

Førstelektor Ellen K. Henriksen,
Fysisk inst., UiO.

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-post: oivin.holter@fys.uio.no
E-post: finn.ingebretsen@fys.uio.no
E-post: k.a.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0532 1448307
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement 120 kr. (Studenter 60 kr.)
Løssalg 40 kr. pr. nummer.