

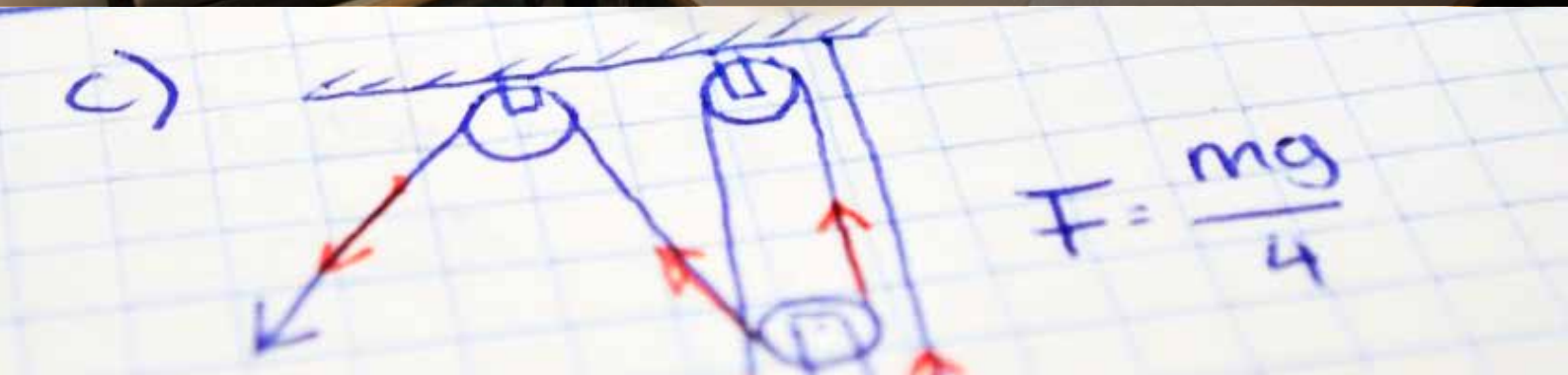
Fra Fysikkens Verden

NR. 3 – 2018
80. ÅRGANG

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP



Programmering – for fysikkens skyld



Les også om:

- Kavliprisene 2018
- Protonet

- Henrietta Swan Leavitt
- Observatoriet på Haldde

Nr. 3 – 2018

80. årgang

Utgiver:

Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:

Professor Øyvind Grøn
OsloMet – storbyuniversitetet
og Fysisk institutt, UiO
E-post: oyvindg@oslomet.no

Professor Emil J. Samuelsen
Institutt for fysikk, NTNU
E-post: emil.samuelsen@ntnu.no

Redaksjonssekretær:

Maria Hammerstrøm
Realfagsbiblioteket, UiO
E-post: maria.hammerstrom@astro.uio.no

Redaksjonskomité:

Professor Odd-Erik Garcia, Institutt for fysikk, UiT
Professor Ellen K. Henriksen, Fysisk institutt, UiO
Professor Per Osland, Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Layout og sats:

Maria Hammerstrøm

Trykkeri:

Oslo Sats, repro og montasje A/S

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo
Tlf.: 22 85 64 28 / 22 85 56 68
Fax.: 22 85 64 22 / 22 85 56 71
Internettadresse: www.norskfysisk.no

Abonnere:

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 ganger årlig.
Abonnement tegnes på postadressen ovenfor
eller på følgende e-postadresse:

E-post: nfs.styret@gmail.com

Årsabonnement: 200 kr. (studenter 100 kr.)
Bankgiro: 7878.06.03258

Retningslinjer for bidragsyttere

Fra Fysikkens Verden (FFV) utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høyskoler med fysikk i sine fagkretser. Andre kan også abonnere på bladet. Blant disse er elever og biblioteker ved videregående skoler.

Frist: Bladet gis ut fire ganger i året: mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er: 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er for tiden 1400.

Formål: Formålet med *FFV* er å gi informasjon om aktuelle tema og hendiger innen fysikk, og å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker *FFV* å være til hjelp for elever og lærere i videregående skole og andre undervisningsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på norsk og på en lett forståelig måte. Faguttrykk må defineres. En verbal form er oftest å foretrekke fremfor matematikk. Men det må brukes standard begreper og enheter. Matematikken må være forståelig for fysikkstudenter. Artiklene i *FFV* skal primært gi informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare forstås av en liten faggruppe har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redaksjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

Filformat: Manuskripter leveres i en form som forfatteren mener er direkte publiserbar. De skal levers elektronisk som e-post, og i et rent tekstformat (for eksempel Word), slik at redaksjonen kan redigere teksten direkte. Dersom manuskriptet inneholder matematiske ligninger, skal manuskriptet også leveres som PDF.

Lengde: Artikler bør ikke være lengre enn 6 sider med trykt tekst og figurer. Større avsnitt i teksten bør markeres med undertitler. Unngå fotnoter. Referanser kreves ikke, men det er ønskelig med en liste over lett tilgjengelig tilleggsstoff.

Småstykker: Gratulasjoner, nekrologer, bokomtaler, skolestoff, møterefater og lignenede mottas gjerne, men de må ikke være lengre enn 1–2 sider. Doktoromtaler begrenses til en halv side inkludert bilde.

Illustrasjoner: Legg mye omtanke i figurer, ettersom de er en viktig del av en artikkel. All figurtekst skal være på norsk. Figurene bør være av god oppløsning. Figurer og tabeller skal være referert i den løpende teksten. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner.

Korrektur: Forfatterne får tilsendt korrektur når layout er satt opp som må returneres snarest. Det må ikke gjøres unødige endringer i korrektur.

Innhold

Fra redaktørene <i>Øyvind G. Grøn</i>	56
Den internasjonale fysikkolympiaden 2018 <i>Ø.S. Eithun og E.K. Henriksen</i>	56
Haldde-toppen i Alta er blitt EPS Historic Site i Norge <i>Åshild Fredriksen</i>	57
Observatoriet på Haldde og nordlysforskning <i>Asgeir Mølmen Brekke</i>	58

Fysikknytt

Kavliprisene 2018:

Kavliprisen i astrofysikk <i>Jan Myrheim</i>	60
Kavliprisen i nanovitenskap <i>Rahmi Lale</i>	61
Spalting av higgspartikkel til bunnkvarker observert <i>Øyvind G. Grøn</i>	63
Hva er inni et proton? <i>Øyvind G. Grøn</i>	64

Artikler

Historien om en menneskelig datamaskin <i>Anna Kathinka Dalland Evans</i>	66
Programmering – for fysikkens skyld <i>A.D. Haraldsrud og C.W. Tellefsen</i>	70

Småstoff

Debatt: Programmering og fagfornyelsen i skolen <i>A.D. Haraldsrud og C.W. Tellefsen</i>	76
Bokanmeldelse: <i>Kraft 1</i> <i>Kaja Nordby</i>	77

In memoriam

Ove Harang <i>A. Brekke, J.-E. Solheim og O. Holt</i>	79
---	----

Påminnelse om skrivekonkurransen i FFV

Redaksjonen vil minne om at fristen for å delta i FFVs skrivekonkurransen er november. Konkurransen vil gjelde for manuskripter som er blitt innsendt mellom februar og november 2018, med standard artikkellengde på 4–6 sider i bladet og etter retningslinjene for manus beskrevet på side 2. Det blir lagt opp til tre premiekategorier, med mulighet for delt premiering. Premiepotten er på 10 000 kr. Innsending foregår per e-post til redaksjonssekretæren og redaktørene.

Tidsskriftet *Fra Fysikkens Verden* har flere områder der vi har ansvar for å oppdatere medlemmene i Norsk Fysisk Selskap, og dermed fysikkmiljøet i Norge, om hva som skjer, samt å trekke linjene bakover for å vise hvilken fagkultur vi er en del av. Historikk, gratulasjoner og nekrologer, fysikknytt, skolefysikk og enkelte fordypningsartikler om aktuelle fysikktemaer fyller bladet.

Asgeir M. Brekke presenterer den bemerkelsesverdige historien til Observatoriet på Haldde som har hatt betydning både for nordlysforskningen og værvarslinga i Norge.

Vi har også fokus på skolefysikk i dette nummeret. Andreas W. Haraldsrud og Cathrine W. Tellefsen gir oss informasjon om bruk av programmering og simuleringer i fysikkundervisningen på videregående skole, og har i tillegg en debattartikkel om temaet.

Kvinner og fysikk er også et viktig tema siden menn har vært sterkt overrepresentert i fysikkens historie. Anna Kathinka D. Evans forteller om Henrietta Swan Leavitt som viste hvordan man kan bruke en spesiell type variable stjerner, kefeidestjerner, til å måle avstander i universet.

Så minner vi om at det nå er mulig å delta i en skrivekonkurranse i *FFV* med premier til tre bidragsyttere. Se påminnelsen side 55 i dette nummeret og utlysningen i nr. 2 (2018) side 31. Vi oppfordrer til å skrive i *Fra Fysikkens Verden*!



Øyvind G. Grøn

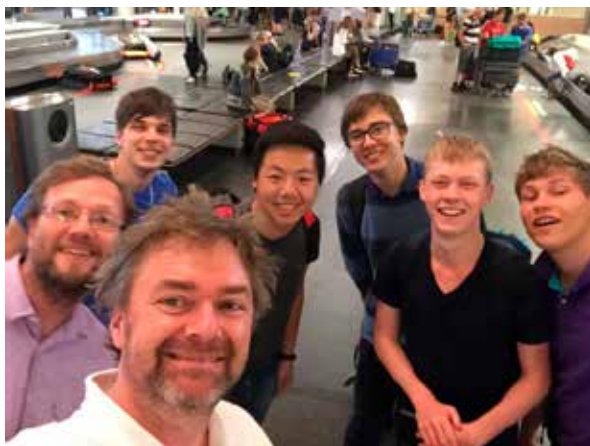


Emil J. Samuelsen

Den internasjonale fysikkolympiaden 2018

Årets internasjonale fysikkolympiade var den 49. i rekken og ble arrangert i Lisboa i Portugal 21.–29. juli 2018.

Omkring 400 ungdommer fra rundt 90 land deltok i årets fysikkolympiade. I tillegg kommer lagledere, observatører og arrangører. Hvert land får også sin egen lokale guide for sine deltakere. Guidene er til stede hele tiden, og tar seg av praktiske oppgaver og tilrettelegger for deltakerne.



Figur 1. Det norske Fysikkolympiade-laget sammen med de to laglederne. (Foto: Torbjørn Mehl)

De norske deltakerne var Sigvart Brendberg, Max Yie Cao, Viktor Hochmann, Tord Skiftestad og Ole Johan Ellingsen Walderhaug. De norske laglederne var Torbjørn Mehl og Øyvind Saanum Eithun.

Årets teoretiske oppgaver var delt inn i tre temaer: Gravitasjonsbølger (fra LIGO), partikkelfysikk (fra ATLAS) og biofysikk (strømning i blodårer rundt en voksende kreftsvulst). Den eksperimentelle delen av konkurransen hadde to temaer: Karakteristikk av en transistor av papir (som det forskes på i Lisboa) og viskøse og elastiske egenskaper til en tråd av TPU. Konsensus virket å være at de teoretiske oppgavene var greie (men selvsagt vanskelige), men at de eksperimentelle oppgavene var for tidkrevende. Det tyder også elevenes poengsummer på. Ingen av de norske deltakerne fikk i år medaljer eller hederlig omtale.

Den norske fysikkolympiaden har de siste årene hatt omkring 1000 elever som deltar i første runde i november. Den norske OL-komiteen ønsker gjerne at enda flere elever deltar i den innledende runden slik at denne kan virke som et breddetiltak som stimulerer fysikkinteressen. Fysikkolympiaden arrangeres av Norsk fysikklærerforening og driftes fra Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo. Komiteen har i 2017–2018

bestått av Joakim Bergli, Thomas Frågåt, Torbjørn Mehl, Øyvind Guldahl, Simen Sørby, Fredrik G. A. Gade, Øyvind S. Eithun, Carl Angell og Ellen K. Henriksen. Komiteen tar med takk imot forslag til velegnede oppgaver til de ulike rundene i konkurransen. Fysikkolympiaden støttes av Norges forskningsråd ut fra en antakelse om at denne typen konkurranser kan virke rekrutterende: de ekstra flinke fysikkelevne får noe å strekke seg etter, samtidig som synligheten til fysikkfaget øker også blant de øvrige elevene.

Haldde-toppen i Alta er blitt EPS Historic Site i Norge

Søndag 26. august ble det avduket en plakett på fjelltoppen Haldde i Alta kommune for å markere at observatoriebygningene der er blitt utnevnt som den første EPS Historic Site i Norge.

Åshild Fredriksen UiT Norges arktiske universitet

European Physical Society (EPS) har hittil utnevnt 43 steder, institusjoner og bygninger til EPS Historic Sites i Europa og én i USA.

Blant stedene som er utnevnt, kan nevnes Niels Bohr-instituttet i København, Institut Curie i Paris, Mount Vesuvius Observatory i Napoli, Einstein House i Bern, og The Institute of Advanced Studies i Princeton, New Jersey, der Einstein arbeidet fra 1933.

På Haldde-toppen ble verdens første Nordlysobservatorium reist i 1899. Den norske regjeringen startet byggingen av det meteorologiske og geomagnetiske observatoriet på Haldde i 1910 etter initiativ fra Kristian Birkeland. Det ble ferdigstilt i 1913 og var i virksomhet til 1926, da det ble flyttet til Nordlysobservatoriet i Tromsø, senere del av Universitetet i Tromsø (UiT). Det vitenskapelige kollegiet på Haldde bidro i stor grad til en bedre forståelse av nordlyset og dets sammenheng med geomagnetiske stormer.

Avdukingsseremonien ble innledet med en introduksjon av kulturleder i Alta kommune, Tor Helge Reinsnes Moen, som fortalte om kommunens innsats for å restaurere og utvikle bygningene på Haldde som destinasjon og landemerke i kommunen. Professor emeritus Asgeir Brekke holdt deretter en innledning om historien bak bygningene på Haldde (neste artikkel). Han konkluderte med at arbeidet som ble nedlagt på Haldde, spesielt av Ole Andreas Krogness, Olav Devik og Lars Vegard, bidro sterkt til utviklingen av Værvarslinga i Nord-Norge så vel som de geomagnetiske målingene og

Nyttige lenker:

De norske fysikkolympiade-sidene med tidligere oppgaver fra de norske rundene: www.mn.uio.no/fysikk/forskning/grupper/skolelab/fysikk-ol/

Hjemmesiden til den internasjonale fysikkolympiaden 2018 hvor man kan finne finaleoppgavene på alle språk: www.ipho2018.pt

Øyvind Saanum Eithun og Ellen K. Henriksen



Figur 1. Utsikt fra Haldde mot Altafjorden i øst. (Foto: Åshild Fredriksen)

seinere Nordlysobservatoriet og UiT. Generalsekretær i EPS, David Lee, fortalte om EPS Historic Sites-initiativet, og direktør for Fakultet for idrett, reiseliv og sosialfag ved Alta campus, Rune Sundelin, holdt hilsningstale fra UiT Norges arktiske universitet. Avdukingen av plaketten ble til slutt foretatt av David Lee og Rune Sundelin. Seremonimester var tidligere president i Norsk Fysisk Selskap og initiativtager professor Åshild Fredriksen.

Arrangementet var koordinert med Haldde-marsjen som ble avviklet samme dag og dannet en velorganisert ramme rundt det hele med mat, trivsel og varme innendørs. ■



Figur 2. Åshild Fredriksen og David Lee ved den avdukte plaketten på Haldde. (Foto: Rune Sundelin)

Figur 1. Nordlys. (Foto: Pixabay)



Observatoriet på Haldde og nordlysforskning

Foredrag i samband med avduking av EPS-plakett som EPS historic site 26.08.2018.

Asgeir Mølmen Brekke UiT Norges arktiske universitet

Det var franske vitskapsfolk som brakte nordlysforskinga til Bossekop då ei gruppe frå forskingsskipet *Recherche* gjekk i land der i 1838. Dei ville mæla høgda av nordlys ved hjelp av triangulering. I tillegg til ein observasjonspost i Bossekop sette dei opp ein i Jupvik, 30–40 km lenger ute i Altafjorden.

Under *Det Fyrste Internasjonale Polaråret* som vart arrangert frå 1882 til 1883 hadde norske forskarar oppretta ein stasjon for nordlysforskning i Bossekop. Samstundes sette Sophus Tromholt opp ein observasjonspost i Kautokeino. Føremålet var også då å mæle høgda av nordlys ved hjelp av triangulering mellom Kautokeino og Bossekop som ga ein avstand mellom observasjonspunkta på heile 130 km. Tromholt meinte at franskmennene hadde nytta for stutt basisline og at nordlyset var så høgt at det kunne sjåast frå Bossekop og Kautokeino samstundes. For dei 18 nordlysformene Tromholt mælte høgda på, fekk han ein middelverdi på 113 km.

Då Kristian Birkeland i 1896 kom med ideen om at nordlys vart danna av katodestrålar frå sola som vart sogne inn mot Nordpolen langs magnetfeltlinene, ynskte han òg å mæle høgden av nordlyset.

Haldde

Nordlysforskarane trudde nordlyset var eit meteorologisk fenomen, serleg sidan franskmennene frå *Recherche* hadde sett nordlysformer som likna cirruskyer. Det trudde nok Birkeland òg då han i 1898 søkte pengar frå Stortinget for å bygge observatoria på Haldde (Sukkertoppen) og Talvik-toppene for å

triangulera høgda av nordlyset. Den korte avstanden på berre 3,4 km mellom observatoria som Birkeland valte, syner at han undervurderte høgda av nordlyset trass i at Tromholt nesten 20 år tidlegare hadde funne høgder på over 100 km.

Korleis Birkeland kunne overtyda Storting og Regjering i 1898 om å støtte bygginga av observatoria i steinura vel 900 m over havet i Finnmark for å studere nordlys, er ei gåte. Ein meir vêrhard arbeidsplass kunne ein knapt finna i Noreg, og særleg nærare nordlyset kom ein ikkje om ein klatra 900 m opp.

1890-åra i Noreg var ei tid med sterke nasjonal-kjensler i folket, då ein streva med å bryta ut av unionen med Sverige. Fridtjof Nansen hadde kome ut av isen i Polhavet i 1896 etter ei vågal ferd som gjorde mannen verdskjend og gav landet ei sterk sjølvkjensle. Det var naturleg at norske forskarar skulle følgje opp med ein «ekspedisjon» til Finnmark for ein gong for alle å avsløre mysteria i nordlyset og prove at norske forskarar kunne tevla med kven det var. «... *slig skal det være, vi nordmænd skal tiltvinge os respekt hos svenskerne, vi skal lære dem hvor David kjøbte øllet.*» Slik Birkeland skreiv til lektor, seinare professor, Vilhelm Bjerknes i 1893, demonstrerer noko av stemninga som rådde.

Birkeland budde saman med assistentane sine i observasjonstårna vinteren 1899–1900, men som nordlysekspedisjon var opphaldet heller mislukka. Han oppdaga i alle fall frå dei jordmagnetiske instrumenta han hadde med seg at det knytte seg sterke elektriske straumar til nordlyset i den polare atmosfæren. Desse straumane vart hans lidenskap så lenge interessa for nordlyset stod i sentrum for hans forsking. Men Birkeland vart meir oppteken av Norsk Hydro, og mindre interessert i nordlysekspedisjonar etter kvart, så Haldde vart liggande audt og tomt heilt fram til 1910. I

februar det året kom professor Carl Størmer til Bossekop for å mæle høgda av nordlys ved hjelp av triangulering mellom Alta kyrkje og Alta skule. Vel heime att helt han eit fordrag i Videnskapsselskapet i Christiania med kongen til stades. Der argumenterte han for eit permanent observatorium på Haldde og sa: «siden Norge, og i særdeleshet Finnmark besitter komparative fordeler med den lettest tilgjengelighet i verden for nordlysforskning.»

Observatoriet

Birkeland kom attende til Haldde fyrst i mai 1910 saman med assistenten cand.real. Ole Andreas Krogness for å observere Halley's komet da den passerte nærast jorda den 18. og 19. mai. Ved dette høvet vart Birkeland liksom oppglødd over Haldde som Størmer og søkte på ny Stortinget om pengar for å bygge ut Haldde til eit magnetisk meteorologisk observatorium. Hovudmålet var å finne samanhengen mellom nordlyset og vêret, men eit strategisk argument om å styrke stormvarslinga for fiskarar og fangstmenn i Nord-Noreg var òg lagt inn i søknaden. «Et observatorium der, under 70de breddegrad, vil uten motsigelse bli en videnskabelig stasjon der har alle betingelser for å kunne innnta en særlig betydningsfull for ikke å si den mest betydningsfulle plass blant all verdens geofysiske observatorier», skreiv Birkeland med ikkje lite byrgskap.

Cand.real. Ole Andreas Krogness vart tilsett som styrar i juli 1912 og kunne flytte inn i det nye husværet med kona Dagny 1. oktober same året. To assistentar, Aarbakke og Hoel, flytte også inn i observatorietårnet på Haldde same hausten.

Amanuensis, seinare professor Lars Vegard kom òg til Bossekop hausten 1912 for å studere fargane i nordlyset, eit arbeid han etterkvart vart verdskjent for. Sidan Krogness alt var på Haldde, freista dei to å triangulera høgda av nordlys mellom Bossekop og Haldde. Krogness fann fort ut at fotokameraet som dei nytta til å ta bilete av nordlyset med, var

Figur 2. Observatoriet på Haldde. (Foto: Henrik J.)



Figur 3. Bilde frå Haldde, truleg tatt i mai 1915, med familieviv i vårsola. (Foto: Ole Andreas Krogness/Riksantikvariatet).

lite eigna til formålet. Han sette seg derfor ned for å konstruere eit meir eigna kamera. Det vart så vellukka at kopiar vart nytta av dei fleste nordlysforskarar i verda i lang tid frametter.

Butilhøva i det gamle tårnet var langt frå tilfredsstillande, og assistentane var nær ved å omkome på grunn av kolosforgifting. Birkeland søkte på nytt styresmaktene om midlar til utviding av bustadhuset og kunne starte alt sumaren 1913, men det stod ikkje ferdig før i 1915.

I september 1915 kom cand.real. Olav Devik til Haldde saman med kona, som også heitte Dagny. Han vart tilsett på Haldde for å greie ut om stormvarslinga langs kysten. Familiane Krogness og Devik budde saman med to tenestejenter i fyrste etasje, medan familien til assistenten Karl Lukkasen budde i andre etasje. Til saman var det mellom 12 og 15 menneske som til tider budde på Haldde.

Krogness heldt oppe tradisjonane etter Birkeland og nytta magnetometra som han til å studere straumane knytt til nordlyset. Han fann fort ut at avstanden mellom dei magnetiske observatoria i Europa var for stor, og argumenterte for at eit nytt observatorium måtte oppførast lengre sør i Noreg. Han tok kontakt med astronom Sigurd Einbu på Dombås og der kom magnetiske mælingar i gang i 1916. Desse mælingane har vorte halde ved lag sidan og utgjer i dag den lengste mæleserien av jordmagnetfeltet nokon stad i Noreg.

Tromsø

Sjølv om bae forskarane på Haldde hadde travle dagar, kunne dei i fristundene nyte dei vide vyane frå den høge fjelltoppen og tenkje dristige tankar om akademi og universitet i Nord-Noreg. Haldde vart for isolert og tungdriven til moderne meteorologisk verksemd, og då det og vart klart at ein nordlysforskar vann lite om han klatra opp på dei høgste fjelltoppane, fekk dei to kameratane på Haldde brennande hug til å søkja tilhald i meir

urbane strok. Dei reiste til Tromsø og oppglødde forretningsstanden og kultureliten i byen til å skyte til kapital for eit Geofysisk Institutt i Tromsø.

Geofysen, dei kalla, stod klar i 1918 og Haldde vart halde på sparebluss fram til 1926. Krogness vart endå ein gong leiar av føretaket med serleg ansvar for nordlys og geomagnetisme, medan Devik tok seg av vind og vêr.

Vegard kom til Tromsø i 1922 for å studere fargane på nordlyset med dei tunge spektrografane sine som han monterte på taket av Geofysen. Der vart det snart for trangt for han, og han såg seg om etter ein ny tumle plass. På andre sida av Prestvannet ropa han «Eureka» og dermed søkte han Rockefeller Foundation om stønad. Tomta fekk han av Tromsø og Tromsøysund kommunar. Stortinget støtta planane og det same gjorde Norsk Geofysisk Forening.

Nordlysobservatoriet vart innvigd i 1930 og lyste opp i forskingsmiljøa verda rundt. Professor Anders Omholt var tilsett som leiar ved Nordlysobservatoriet i 1965. Han var òg nestleiar i Interimstyret for Universitetet i Tromsø. Nordlysforskarane var framleis pådrivarar for å etablere eit universitet i Nord-Noreg.

Professor Olav Holt vart tilsett som leiar av Nordlysobservatoriet i 1968. Da Universitetet i Tromsø vart oppretta i 1969, gjekk miljøet ved Nordlysobservatoriet over til Fysikkseksjonen ved UiT og Olav Holt vart etter kvart den fyrste valte rektor ved Universitetet. Nordlysforskarane hadde nådd sitt mål etter meir enn 50 års strid.

Ein kan trygt slå fast at det har grodd etter dei såkorna som Birkeland la ned med sine assistentar på Haldde. Det har medverka sterkt til at vi har fått eit universitet i Nord-Noreg og gjeve Noreg ein framifrå plass i internasjonal nordlys- og romforskning. Det har òg gjeve, og vil framleis gje mange spanande arbeidsplassar til velkvalifisert ungdom i landsdelen. Det er i dag ei glede å kunne kome attende til denne plassen der det heile starta. Sjølv om ettertida har løfta Birkeland opp på geniets venger, må me seia at det var Krogness, Devik og Vegard som tok det tyngste taket og la grunnlaget for at dei «vide vyane» materialiserte seg i ein akademiske institusjon på Tromsøya, som seinare danna ein av grunnsteinane til eit universitet som i dag famnar ikkje berre Nord-Noreg, men har rekruttering frå heile landet. ■



Kavliprisene 2018

Kavliprisen deles ut i Oslo annen hvert år innen fagfeltene astrofysikk, nanovitenskap og nevrovitenskap for å hedre «de største, de minste og de mest komplekse størrelsesskalene». Her omtales to av årets prisvinnere.

Kavliprisen i astrofysikk

Kunngjøringen fra Det Norske Videnskaps-Akademi lyder slik: «Kavliprisen i astrofysikk går til Ewine van Dishoeck for hennes nyskapende arbeid med å avdekke de kjemiske og fysiske prosessene i interstellare skyer (av gass og støv), der stjerner og planeter dannes. Hennes arbeid har bidratt til et gjennombrudd for astrokjemi, og viser hvordan molekyler dannes og utvikler seg når slike skyer omdannes til solsystemer som vårt eget.»

Molekyler kan eksistere i verdensrommet inne i en sky av tynn gass og støv, når gassen blir tett nok til å skjerme for ultrafiolett stråling. Skyen er gjennomiktig for den infrarøde strålingen og radiostrålingen fra molekylene, som dermed kan avkjøle hele skyen ned til noen få kelvin. Denne mekanismen gjør det mulig å danne stjerner og

planeter fra en såkalt molekylær sky.

Rundt 180 forskjellige molekyler i verdensrommet er hittil identifisert ved hjelp av strålingen de sender ut. For eksempel har romteleskopet Herschel observert i infrarødt fra 2009 til 2013, og skal etterfølges av James Webb-teleskopet i 2021. Radioteleskopet ALMA (Atacama Large Millimeter Array) observerer radiobølger i millimeter-



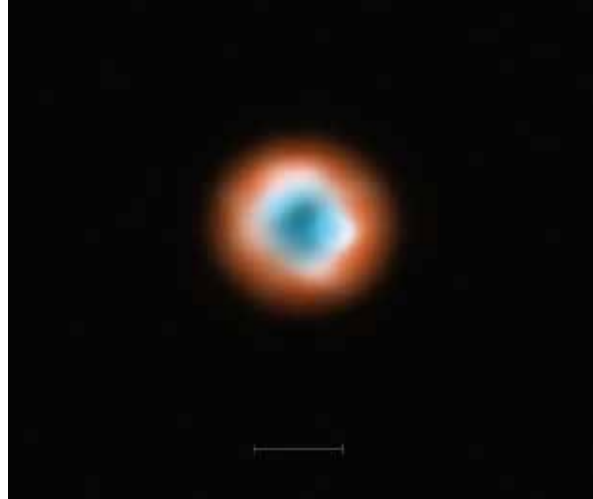
Figur 1. Kavliprisvinner i astrofysikk 2018, Ewine van Dishoeck, Universitetet i Leiden. (Foto: kavliprize.org)

området siden 2011, med en vinkeloppløsning på 0,01 buesekund.

Prisvinneren har vært sterkt involvert i planleggingen og byggingen av bl.a. disse tre instrumentene. Som eksempel på tidsskalaen i et slikt prosjekt nevner hun at Herschel-teleskopet ble skutt opp 27 år etter at de første planene ble diskutert.

Siden hun ble ansatt i Leiden i 1990, har hun bygd opp en stor aktivitet, der astronomiske observasjoner kombineres med laboratorieeksperiment og teoretiske beregninger for å forstå observasjonene. Kompliserte prosesser der det dannes molekyler, kan blant annet foregå på overflaten av støvpartikler.

Jan Myrheim, Institutt for fysikk, NTNU



Figur 2. Et bilde tatt med ALMA-teleskopet av en nydannet stjerne omgitt av gass og en ring av støv. En planet, større enn Jupiter, som er i ferd med å dannes, rensker et område for gass og holder støvringsen utenfor på plass. (Foto: ESO)

Kavliprisen i nanovitenskap

Det Norske Videnskaps-Akademi har bestemt seg for å tildele Kavliprisen i nanovitenskap for 2018 til:

- Emmanuelle Charpentier (Max Planck Institutt for Infeksjonsbiologi, Berlin, Tyskland);
- Jennifer A. Doudna (Universitet i California, Berkeley, USA);
- Virginijus Šikšnys (Universitetet i Vilnius, Litauen),

«for oppfinnelsen av CRISPR-Cas9, et nøyaktig nanoverktøy for redigering av DNA, som har forårsaket en revolusjon innen biologi, landbruk og medisin.»

Hva er CRISPR-Cas9?

CRISPR er et akronym for Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats og Cas står for CRISPR-assosierte-gener.

CRISPR-Cas9 er en del av bakteriers naturlige immunforsvar mot fremmed DNA. Systemet reagerer på og eliminerer invaderende genetisk materiale som ofte stammer fra bakteriofager (virus som har bakterier som vert). Det er estimert

at om lag halvparten av alle bakteriearter har et CRISPR-system.

Hvordan virker CRISPR-Cas9 i naturen?

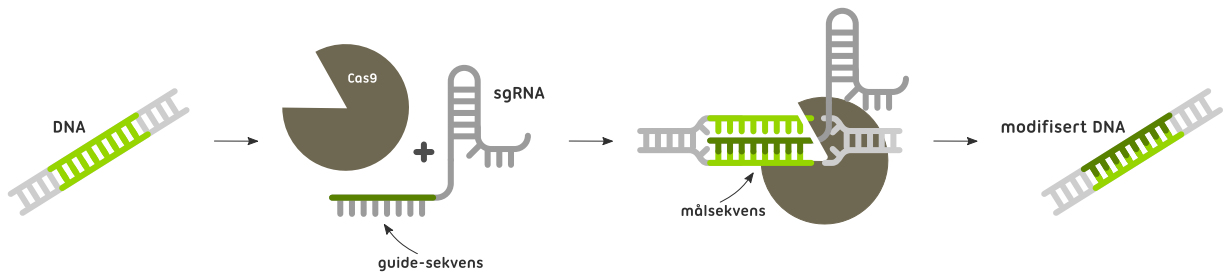
Bakterier fanger inn fragmenter av DNA fra invaderende virus og bruker det til å lage DNA-segmenter som kalles CRISPR-arrays. Disse CRISPR-arrayene lar bakterier «huske» invaderende virus. Hvis viruset angriper igjen, produserer bakteriene små RNA-segmenter (ulike former for virus-arvestoff) fra disse CRISPR-arrayene som er rettet mot virusets DNA. Bakterier bruker da Cas9, eller et lignende enzym (som fungerer som en gensaks), til å kutte virusets DNA-dobbeltråd, slik at viruset blir deaktivert.

Hvordan brukes systemet i genomforskning?

Genom-redigering (eller genredigering) er en gruppe teknologier som gir forskere muligheten til å forandre organismers DNA. Disse teknologiene



Figur 3. Kavliprisvinnerne i nanovitenskap 2018. Fra venstre: Emmanuelle Charpentier, Jennifer A. Doudna, Virginijus Šikšnys. (Foto: kavliprize.org)



Figur 4. Genredigering med CRISPR-Cas9. DNAet kuttes av enzymet Cas9 på et bestemt sted hvor sgRNA-tråden binder seg til målsekvensen i DNAet. Man kan derfor selv bestemme hvor DNAet skal kuttes. Ved å utnytte av cellens eget DNA-reparasjonsmaskineri, endringer kan gjøres på DNA-sekvensen ved å erstatte et eksisterende segment med en tilpasset DNA-sekvens (som vist i figuren). Ved å manipulere denne prosessen kan man også legge til eller slette DNA i kuttsonen, for eksempel bytte ut en sykdomsgivende mutasjon med en 'frisk' DNA-sekvens. (Illustrasjon: Rahmi Lale)

tillater oss å sette inn, endre eller fjerne genetisk materiale på bestemte steder i genomet.

Forskere lager en kunstig kort RNA-tråd med en kort «guide»-sekvens (sgRNA) som binder til en bestemt målsekvens av DNA i genomet. RNA-tråden bindes også til Cas9-enzymet. Når sgRNA-tråden binder seg til målsekvensen, kutter Cas9 DNAet akkurat der sgRNA-tråden har bundet seg (figur 4). Når DNAet er kuttet, bruker forskere cellens eget DNA-reparasjonsmaskineri for å legge til eller slette deler av genetisk materiale, eller for å gjøre endringer i DNA-sekvensen ved å erstatte et eksisterende segment med en tilpasset DNA-sekvens.

Hvorfor er CRISPR-Cas9 så revolusjonerende?

Utviklingen av rekombinant DNA-teknologi på 1970-tallet markerte begynnelsen på en ny epoke innenfor biologi. For første gang kunne molekylærbiologer manipulere DNA-molekyler.

De utviklet diverse genredigeringsmetoder som ble mye brukt i bakterier og archaea, men effektiv bruk av disse metodene i høyere organismer som eukaryoter (organismer som har kjerneholdige celler) har vært utfordrende.

Eukaryote genom inneholder milliarder av DNA-baser og er derfor vanskeligere å manipulere. En av de mest brukte genredigeringsmetodene er homolog rekombinasjon (HR). Selv om HR-meditert genredigering gir svært nøyaktige endringer, skjer de ønskede rekombinasjonshendelsene svært sjeldent (i 1 av 10^6 – 10^9 celler), hvilket gir utfordringer for storskala-applikasjoner av genmålrettede endringer.

CRISPR-Cas9-systemet har generert så mye entusiasme fordi metoden fungerer raskere, er billigere, mer nøyaktig og mer effektiv enn de andre eksisterende genomredigeringsmetodene. På grunn av disse egenskapene har systemet på kort tid blitt tatt i bruk på en rekke ulike områder,

som medisin, matproduksjon, industriell bioteknologi og naturbevaring.

Kavliprisen i Nanoteknologi 2018

CRISPR-sekvensene ble oppdaget ved en tilfeldighet på 1980-tallet [1] under studiene av bakterien *Escherichia coli* (en bakterie som normalt finnes i tarmfloraen), men funksjonen til sekvensene var enda ikke kjent på den tiden.

Jennifer Doudna fra Universitetet i California, USA og Emmanuelle Charpentier, den gang ved Universitetet i Umeå, Sverige var de to forskerne som for første gang viste hvordan CRISPR kunne brukes til å generere målrettede endringer i DNA. Disse funnene var basert på eksperimenter med bakterier og ble publisert i 2012 [2]. Virginijus Šikšnys ved Universitetet i Vilnius, Litauen oppdaget omtrent samtidig systemets potensial for genredigering [3]. For sitt banebrytende arbeid tildeles disse tre forskerne nå Kavliprisen i nanovitenskap fra Det Norske Videnskaps-Akademi for 2018.

Referanser

1. Y. Ishino, H. Shinagawa, K. Makino, M. Amemura og A. Nakata. «Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product». *Journal of Bacteriology* 169, s. 5429–5433 (1987).
2. M. Jinek, K. Chylinski, I. Fonfara, M. Hauer, J.A. Doudna og E. Charpentier. «A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity». *Science* 337, s. 816–821 (2012).
3. G. Gasiunas, R. Barrangou, P. Horvath og V. Siksnys. «Cas9-crRNA ribonucleoprotein complex mediates specific DNA cleavage for adaptive immunity in bacteria». *PNAS* 109, s. E2579–E2586 (2012).

Rahmi Lale, Institutt for bioteknologi og matvitenskap, Fakultet for naturvitenskap, NTNU

Spalting av higgspartikkel til bunnkvarker observert

Det er observert spor av at higgspartikler er spaltet til bunn- og antibunnkvarker.

Øyvind G. Grøn OsloMet – storbyuniversitetet

Den 28. august 2018 annonserte Fermilab i USA at en gruppe fysikere derfra som utfører forskning ved LHC, for første gang har registrert at en higgspartikkel har spaltet seg i et bunnkvark-anti-bunnkvark-par [1]. Spor fra spaltningen ble registrert både ved Compact Muon Solenoid (CMS) detektoren og ATLAS-detektoren ved LHC.

Dette er den foretrukne måten å spalte seg på for higgspartikler, men det har vært vanskelig å registrere fordi prosessen drukner i bakgrunnssignaler. I tillegg produseres higgspartikler bare i én av en milliard protonkollisjoner, og de har en levetid på kun 10^{-22} s. Det betyr at higgspartikler som produseres ved en protonkollisjon, vil spaltes innen de har beveget seg kortere enn diameteren til et atom. Det er derfor ikke mulig å registrere higgspartikler direkte. De må identifiseres ved å observere spor av

Figur 1. Spor av partikkelreaksjoner etter en kollisjon av to protoner ved Large Hadron Collider (LHC) i CERN. Det ble blant annet dannet en Z-boson (formidler av svak kjernekraft) og en higgspartikkel. Z-partikkelen spaltet seg i et elektron-positron par, og higgspartikkelen i en bunnkvark og en anti-bunnkvark. (Illustrasjon: CMS/CERN)

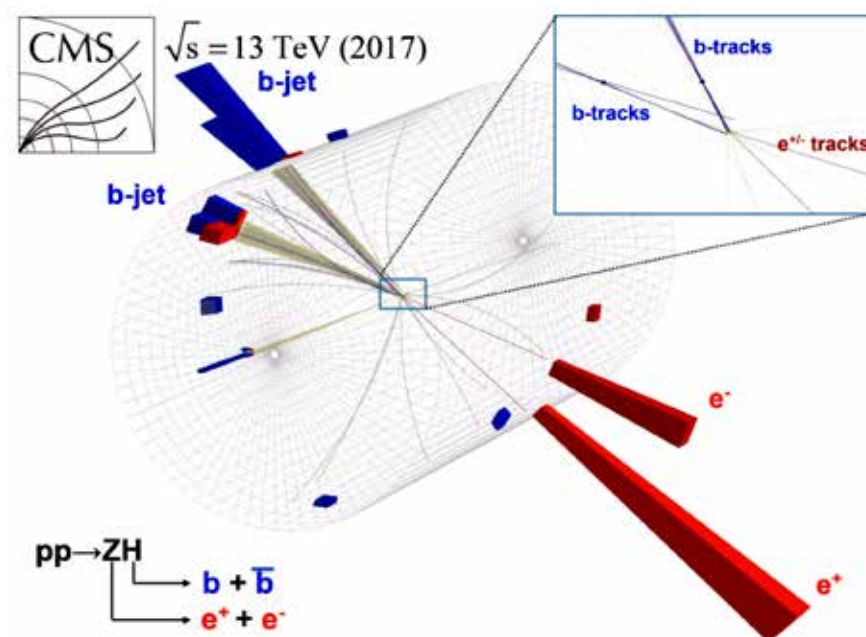
partikler som dannes når de spaltes.

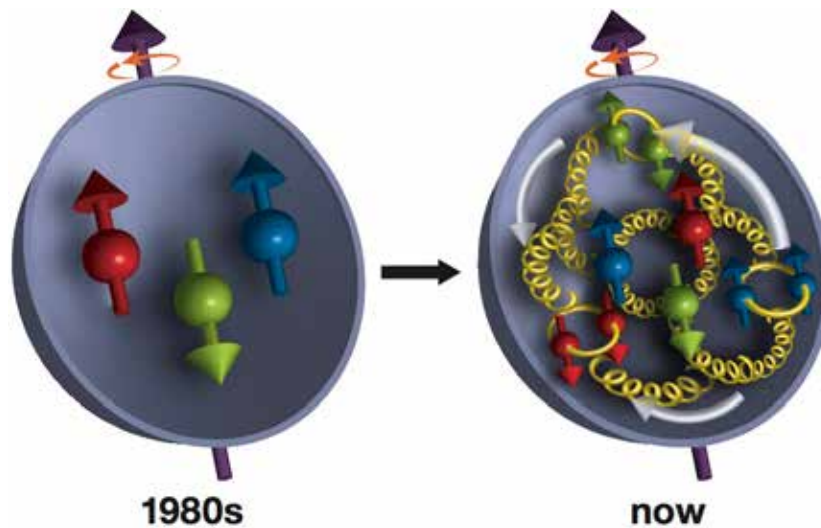
Higgspartikler er tunge til å være elementærpartikler. En higgspartikkel har 133 ganger større masse enn et proton. Derfor vil det oppstå en rekke forskjellige partikler når higgspartikler spaltes. Ifølge standardmodellen for elementærpartikler er 58 % av partiklene bunnkvarker, 21 % er W-bosoner, 6 % er Z-bosoner, 2,6 % er tau-partikler og 0,2 % fotoner. De gjenstående 12,2 % er mer eksotiske partikler. Alt dette vanskeliggjør analysen. Man må identifisere hva slags partikler som har laget et stort antall av interessante spor i en jungel av uinteressante bakgrunnsspor.

De siste tre årene har det vært førsteprioritet blant higgspartikkel-forskerne å observere spor av bunn-antibunnkvarker dannet fra spaltning av higgspartikler. Dette er det vanligste spaltningproduktet fra higgspartikler. Hvis ikke de ble funnet, ville standardmodellen for elementærpartikler være i vanskeligheter. De nye observasjonene stemmer med det standardmodellen for elementærpartiklene forutsier, og er følgelig en bekreftelse av denne teorien.

Referanse

1. CMS Collaboration. «Observation of Higgs Boson decay to bottom quarks». Preprint: <https://arxiv.org/abs/1808.08242> (2018).





Hva er inni et proton?

I 2014 ble det vist at omtrent 70 % av massen til et proton kommer fra gluoner og omtrent 30 % fra kvarker. Gluonene ser ut til å bidra med litt over halvparten av protonets spinn, og kvarkenes banespinn med praktisk talt resten. I en artikkel [1] publisert i *Nature* 16. mai 2018 har V.D. Burkert og medarbeidere rapportert om resultatet av målinger og beregninger for å bestemme trykkfordelingen i et proton.

Øyvind G. Grøn OsloMet – storbyuniversitetet

Kunnskapene om hva som er inni et proton har vært under revisjon helt til vår tid. Frem til midten av 1960-årene var det vanlig å oppfatte protonet som en elementærpartikkel – en partikkel som ikke hadde noen bestanddeler. Men i 1968 viste spredningseksperimenter ved Stanford Linear Accelerator at protonet inneholder tre objekter uten målbar utstrekning. Disse ble gitt navnet «partons» av Richard Feynman i 1969.

Man hadde en mistanke om hva det var, for allerede i 1964 hadde Murray Gell-Mann og George Zweig foreslått kvark-modellen for protoner. Den var blitt videre utviklet av blant andre Sheldon Lee Glashow utover i 1960-årene. Eksistensen av kvarker ble eksperimentelt demonstrert i 1970-årene.

Kvarkenes dynamikk, kvantekromodynamikken, ble utviklet i 1970-årene med bidrag fra flere fysikere. Det ble da klart at kvarkene ikke bare har elektrisk ladning, men også en ny type ladning som finnes i tre varianter og ble kalt fargeladning. Denne gjør at kvarkene kan virke på hverandre med en såkalt fargekraft. På tilsvarende måte som

elektrisk kraft mellom ladde partikler formidles av virtuelle fotoner, det vil si fotoner med så kort levetid at de ikke kan observeres direkte, blir fargekraften formidlet av såkalt gluoner – limpartikler. Navnet ble valgt fordi fargekraften har så kort rekkevidde. Den «limer kvarkene til hverandre» inne i et proton eller et nøytron.

Utover i 1980-årene viste eksperimenter noe overraskende. Man fant at kvarkene har mye mindre hvilemasse enn protonet og gluonene har ingen hvilemasse. Et proton har mellom 80 og 100 ganger større masse enn summen av hvilemassene til kvarkene og gluonene det består av. Mesteparten av massen til protonet kommer fra kvarkenes og gluonenes bevegelsesenergi. Siden gluonene ikke har hvilemasse, beveger de seg med lyshastighet. På tilsvarende måte som fotoner uten hvilemasse har masse fordi de har energi, $E = mc^2$, bidrar gluonene til protonets masse på grunn av sin bevegelsesenergi. Også energien til kvarkene er mye større enn deres hvilemasse-energi, så kvarkene beveger seg med nær lyshastigheten inni protonet.

Protonets spinn

Protonet har ikke bare masse og ladning, det har også spinn. Man regnet i 1970- og 1980-årene med at protonets spinn kom fra kvarkene. Men i 1987 oppsto det som kalles proton-spinn-krisen. I eksperimenter utført ved European Muon Collaboration viste det seg at spinnbidraget fra kvarkene var forsvinnende lite. De ulike kvarkene i protonet hadde spinn i motsatte retninger, og summen av kvarkspinnene ble nesten lik null. Så hva forårsaker protonets spinn? Dette har i flere tiår vært et uløst problem.

En delvis løsning kom i 2008. Da viste nye eksperimenter at bevegelsen til kvarkene har

Figur 1. Til venstre er modell av protonet fra begynnelsen av 1980-årene; det består av tre kvarker. Til høyre er dagens modell: Protonet består av kvarker, gluoner og kortlivete kvark-antikvark par. (Illustrasjon: Phys.org)

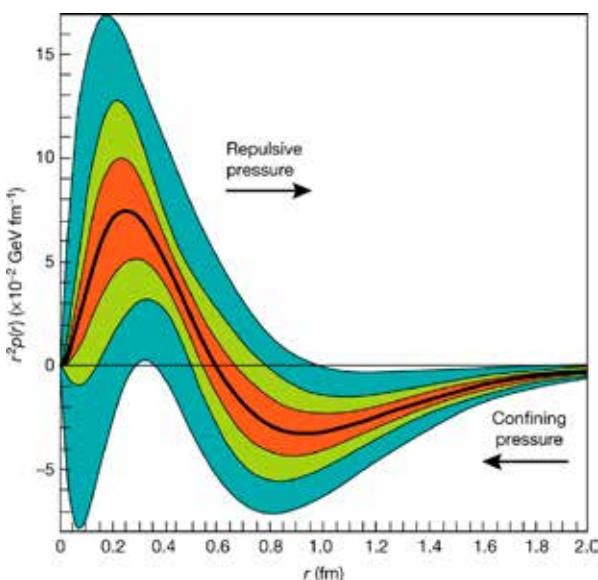
betydning. Omtrent halvparten av protonets spinn kommer fra kvarkene banespinn. Kvarkene roterer tydeligvis rundt hverandre inni protonet.

I 2014 og 2016 ble det utført eksperimenter ved Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) i USA for å undersøke gluonbidraget til protonenes spinn. Målingene viste at det totale spinnbidraget fra gluonene er vel så stort som bidraget fra kvarkene, litt over halvparten av protonets spinn (figur 1).

Det som er inni et proton, likner ikke på objektene vi kan se i dagliglivet. Inni et proton er det en kvanteverden, en merkelig fluktuerende sjø eller gass av kvarker, og gluoner og deres anti-partikler. Partikkel-antipartikkel par dannes spontant og forsvinner nesten umiddelbart igjen. Men når man skyter elektroner eller muoner inn i et proton, dannes det produkter som viser at de treffer objekter med forsvinnende liten utstrekning inni protonene. Det er partikler i protonene. Men samtidig er dette en partikkelmanifestasjon av en annerledes kvanteverden.

Trykkfordelingen i protonet

Fysikere studerer protoner ved å sende elektroner med stor, kjent energi mot dem slik at det skjer noe som kalles «deeply virtual Compton scattering».



Figur 2. Trykkkraften på en kuleflate i et proton som funksjon av kuleflatens radius. Det er utoverrettet trykkraft innerst og innoverrettet ytterst. Kraften går mot null ved sentrum fordi arealet går mot null der, men det er et trykk på hele 10^{35} Pascal i sentrum. Den tykke kurven representerer senterverdiene av målingene. (Figur: *Nature*)

Elektronet tiltrekkes av protonets positive ladning og merker ikke kjernekraften, så det kan trenge inn i protonet og treffe en kvark inni det. Ved kollisjonen endres bevegelsen til elektronet og protonet, og protonet sender ut et foton. Elektronets og protonets hastighetsendringer samt fotonets energi og bevegelsesretning inneholder informasjon om trykket kvarken er utsatt for i protonet.

For å trekke ut denne informasjonen kreves nøyaktige målinger av elektronets og protonets hastighetsendringer og fotonets energi og bevegelsesretning i kombinasjon med omfattende beregninger basert på en modell av protonet, der kunnskapene vi har om kvarkene og gluonene som det består av, er bakt inn.

Resultatet av målingene og beregningene er vist i figur 2. Innerst i protonet er det et frastøtende trykk, det vil si at trykket øker i retning mot sentrum. Det sørger for at protonet ikke kollapser. Trykket i sentrum ble beregnet til å være hele 10^{35} Pascal, det vil si omtrent ti ganger så stort som trykket i sentrum av en nøytronstjerne.

I det ytre området av protonet er det et tiltrekkende trykk, det vil si at trykket øker i retning utover fra sentrum. Dette er omvendt av det vi er vant til i hydrodynamikken der trykket øker med dybden slik som i de sentrale områdene av protonet. Kvarker i utkanten av protonet utsettes for en innoverrettet trykk som om de er påvirket av en strikk strukket ut fra sentrum. Dette gjør at de ikke kan frigjøres fra protonet, noe som på engelsk kalles confinement.

Man må tilføre kvarkene energi for å trekke dem utover, og den tiltrekkende kraften er så sterk at en kvark må tilføres mer enn det dobbelte av sin masse-energi for å frigjøres fra et proton. Det betyr at hvis man sender et ekstremt energirikt elektron mot et proton for å frigjøre en kvark, så skjer i stedet noe annet: Det dannes et kvark-antikvark par det vil si et meson.

De nye målingene og beregningene viser hvordan man kan forske videre for å oppnå økt forståelse av det indre av protonet og fenomenet confinement. Nye undersøkelser er planlagt. ■

Referanse

1. V.D. Burkert, L. Elouadhi og F.X. Girod. «The pressure distribution inside the proton». *Nature* 557, s. 396–399 (2018).

Historien om en menneskelig datamaskin

Se opp på stjernehimmelen en mørk kveld og tenk på hvor langt unna stjernene er. Hvordan er det mulig å måle disse enorme avstandene i verdensrommet? For dette har vi mange tidligere astronomer å takke, men kanskje spesielt Henrietta Leavitt.

Anna Kathinka Dalland Evans Meteorologisk institutt

Nattehimmelen er et mylder av stjerner. De er så langt unna oss at de bare ser ut som ørsmå prikker. Tanken på hvordan forskere kan finne ut så mye om det enorme universet basert på lyset fra disse prikkene, har ledet mange fascinerte skolebarn inn i astronomien. Vi kan jo ikke ta på stjernene, og ikke en gang se dem på nært hold. Hvordan er det mulig å vite noe om dem? Hvor langt unna er stjernene, hvor stor er galaksen vår og hvor langt unna er andre galakser? Alt vi vet om stjernene er basert på lyset de sender ut.

Henrietta Leavitt 150 år

I år er det 150 år siden Henrietta Swan Leavitt ble født i Massachusetts i USA. Hun var en amerikansk astronom som levde et kort liv som på det personlige plan var preget av helseproblemer. Hun ble etter hvert døv, mest sannsynlig som resultat av sykdom. Vi vet ikke særlig mye om privatlivet hennes. Hun giftet seg ikke og satte få spor etter seg i offentlige arkiver.

Henrietta Leavitt levde i en tid hvor det ikke akkurat var vanlig at kvinner dominerte forfatterlistene i vitenskapelige artikler. I flere perioder av livet sitt måtte hun la astronomien vente på grunn av egen sykdom eller forpliktelser til å ta vare på andre syke i familien. Likevel sto hun bak en oppdagelse som var med på å bestemme vår plass i universet. Hun banet vei for en ny måte å måle avstander på, noe som til syvende og sist var med på å slå fast at Melkeveien kun er én av mange galakser i universet. Oppdagelsen hennes var basert på lyset fra noen spesielle stjerner som varierer i lysstyrke.

De menneskelige datamaskinene ved Harvard

Det ærverdige Observatoriet ved Harvard College ble fra 1876 ledet av den unge fysikeren Edward Charles Pickering. Da han tok over ledelsen var han bare 30 år gammel. Han satte etter hvert i gang et maratonprosjekt for å samle inn så mange



Figur 1. Henrietta Swan Leavitt i 1892. (Foto: Radcliffe College Archives)

observasjoner som mulig av blant annet stjerners lysstyrke og farge. Dette er viktig informasjon hvis man ønsker å finne ut hvor langt unna en stjerne er, og hva slags stoffer den består av.

Observasjoner fra datidens teleskoper ble lagret på fotografiske plater. En stjerne som lyser sterkt, vil på en slik plate etterlate seg en større flekk på platen enn en stjerne som lyser svakere. Dermed blir størrelsen på flekken en indikator på stjernens lysstyrke. Observatoriet ved Harvard, og andre observatorier på samme tid, produserte svært mange fotografiske plater med myriader av

Figur 2. «Computerne» ved Harvard-observatoriet i arbeid (ca. 1890), inkludert Henrietta Leavitt som sitter som tredje fra venstre med et forstørrelsesglass. (Foto: Harvard College Observatory)



store og små prikker og flekker. Gjennom å studere de ulike størrelsene på prikkene nøye, og sammenligne med stjerner som hadde en lysstyrke som var kjent fra andre metoder, kunne man bestemme lysstyrken til nye stjerner.

Mengden med fotografiske plater tårnet seg opp ettersom teknikker og instrumenter ble videreutviklet. Problemet med nærmest overveldende datamengder er velkjent i astronomien i dag. Satellitter, teleskoper og andre instrumenter produserer så mange observasjoner at håndteringen av dem rett og slett er et problem som det brukes stadig mer oppfinnsomme metoder og algoritmer for å løse. Det er lett å tenke at dette er en situasjon som oppsto i vår moderne, IT-baserte romalder, men historisk sett er altså ikke uoverkommelige mengder med data et nytt fenomen.

På slutten av 1800-tallet hadde astronomene langt flere fotografiske plater med bilder av stjernehimmelen enn de profesjonelle astronomene rakk å studere. Problemet da, som nå, ble løst ved hjelp av datamaskiner. Forskjellen var at 1800-tallets datamaskiner, *computere*, som de ble kalt, var mennesker – og som oftest kvinner.

Den unge Henrietta Leavitt fikk jobb som *computer* ved Harvard. Akkurat som nåtidens elektroniske datamaskiner, fikk de menneskelige datamaskinene kjedelige, rutinepregede oppgaver som krevde stor nøyaktighet og omstendelig presisjon. Lønnen var lav og arbeidet monotont. Det var et arbeid som det var vanskelig å få menn til å ta.

Henriettas stjerner

Henrietta Leavitt kom fra en familie som satte utdanning høyt, og hun fikk også studere selv. Hun kom til observatoriet ved Harvard som frivillig assistent i 1893, etter å ha studert ved Radcliffe College i Cambridge, Massachusetts, eller Society for the Collegiate Instruction of Women, som det het den gang. Hun begynte å arbeide for Edward Pickering.

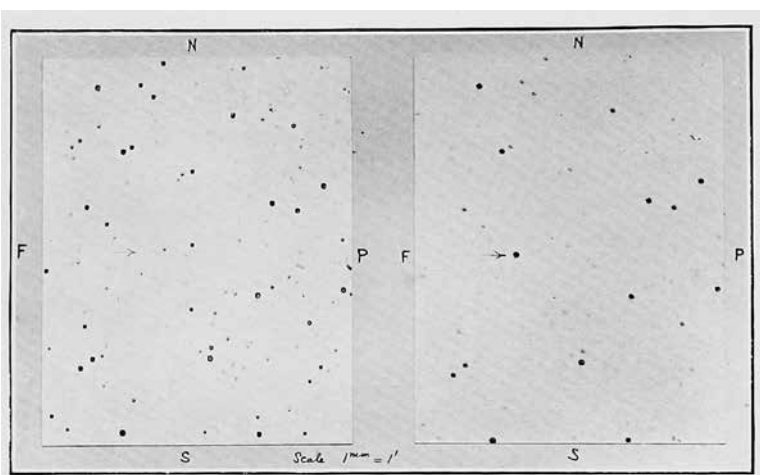
Leavitt fikk tidlig i oppgave å lete spesielt etter

variable stjerner, altså stjerner som varierer i lysstyrke med tiden. Variable stjerner har vært kjent siden slutten av 1500-tallet. De kan øke og minke i lysstyrke i løpet av dager, uker eller måneder. De blir sterkere en stund, før de faller i lysstyrke og blir svakere igjen. Disse stjernene fikk dermed forskjellig størrelse på de ulike fotografiske platene. Jobben til Henrietta Leavitt var ikke å spekulere på hvorfor stjernene varierte som de gjorde, men å notere hvilke stjerner som ble større og mindre igjen i mylderet av prikker og flekker på de fotografiske platene. Dette gjorde hun effektivt og med stor nøyaktighet. Etter hvert ble hun i astronomimiljøet kjent som en mester til å finne variable stjerner. Til sammen fant hun over 2400 stykker.

Å finne variable stjerner var møysommelig arbeid. På grunn av det store antallet stjerner på hver fotografiske plate, var det ikke mulig å sjekke hver og én enkelt stjerne. Teknikken Leavitt brukte minner om teknikker som astronomer i dag bruker dataprogrammer til. Hun tok to fotografiske plater av samme utsnitt av stjernehimmelen og la dem oppå hverandre. Et av bildene var negativt, svarte stjerner på hvit bakgrunn, og det andre positivt, med hvite stjerner på svart bakgrunn. Når hun la platene oppå hverandre ville fargene kansellere nøyaktig, bortsett fra hvis avtrykket av noen av stjernene hadde endret størrelse i løpet av tiden som var gått mellom de to eksponeringene. Hvis en stjerne for eksempel ble sterkere mellom de to eksponeringene, ble avtrykket på den fotografiske platen større, og dette ble lettere å se når den ene eksponeringen var hvit og den andre sort. Slik kunne Leavitt oppdage aktuelle kandidater for variable stjerner, og studere nærmere de stjernene som så lovende ut.

Trekanter

På slutten av 1800- og begynnelsen av 1900-tallet var Henrietta Leavitt av ulike årsaker borte fra observatoriet i noen år. Da hun kom tilbake i 1903, var det til fast ansettelse hos Edward Pickering. På denne tiden var avstanden til nesten hundre stjer-



Figur 3. Eksempel på en fotografisk plate fra Harvard Observatory fra 1904. Pilen som er tegnet inn viser til observasjonene av en «ny stjerne», i dag kjent som en nova. (Foto: Cornell University Library)

ner kjent. De nærmeste stjernene var naturlig nok blitt målt først. Prinsippet astronomene brukte for å måle avstander til nærmeste stjerner kalles *parallakse* og involverer rett og slett trekkanter.

Hold en finger opp i luften og se på den med ett øye om gangen. Når du lukker det andre øyet, flytter fingeren din seg i forhold til omgivelsene i bakgrunnen. Dette er prinsippet bak parallakse. Avstanden mellom de to målepunktene, i dette tilfellet er det avstanden mellom øynene dine, kalles grunnlinjen. Hvis man klarer å måle den vinkelen som beskriver hvor mye fingeren flytter seg når du blunker, og hvis du vet hvor langt det er mellom øynene dine, kan du med enkel trigonometri regne ut hvor langt unna fingeren din er.

Strekk armen din helt ut og prøv igjen. Jo lenger unna fingeren er ansiktet ditt, jo mindre flytter den på seg. Hvis du prøver å se på noe som er enda lenger unna, en telefonstolpe eller en skorstein der på huset over veien, så blir frem-og-tilbake-bevegelsen når du blunker enda mindre. Kanskje telefonstolpen ikke flytter på seg i det hele tatt? Da må du gjøre grunnlinjen større. Se nøye på hvor stolpen står i forhold til bakgrunnen og ta et par skritt til siden. Nå beveger telefonstolpen seg mot bakgrunnen! Jo lenger unna noe er, jo større grunnlinje trenger man for å kunne se den tilsynelatende forflytningen.

For å bruke parallakse til å måle avstander helt til andre stjerner, må grunnlinjen økes enda mye mer. Heldigvis går Jorden rundt Solen en gang hvert år. Hvis vi observerer en nærliggende stjernes posisjon sammenlignet med bakgrunnsteppet av fjernere stjerner med et halvt års mellomrom, så er det mulig å måle at stjernen flytter litt på seg

sammenlignet med bakgrunnsstjernene. På seks måneder har Jordens bevegelse laget en grunnlinje for oss som er langt større enn noe vi kan få til selv. Friedrich Wilhelm Bessel utførte i 1838 den første pålitelige målingen av parallaksen til en stjerne, stjernen 61 Cygni i stjernebildet Svanen.

Selv om prinsippet er enkelt, er selve målingene av parallaksevinkelen vanskelige å få til i praksis. Spesielt vanskelig blir målingene når den tilsynelatende forflytningen er svært liten, som den er for stjerner, selv med hele diameteren av Jordens bane rundt Solen som grunnlinje. På begynnelsen av 1900-tallet kunne parallaksemetoden brukes til å beregne avstanden til stjerner som er opp til 100 lysår unna oss. De fleste stjernene på himmelen ligger mye lenger unna enn dette, og da ble forflytningsvinkelen for liten til å kunne måles.

Hvor langt unna?

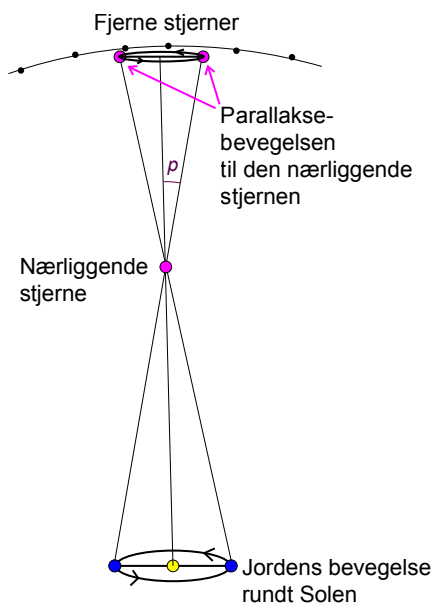
Når du sitter på hytta og ser opp på stjernehimelen, ligger alle stjernene strødd utover som et glitrende teppe over deg. Det er umulig å se at de i virkeligheten befinner seg i svært ulik avstand, og at de faktisk også er langt unna hverandre. På himmelen lyser noen stjerner sterkere enn andre, men uten mer informasjon er det umulig å si om de sterke stjernene lyser spesielt sterkt i seg selv, eller om de bare lyser sterkere fordi de er nærmere oss enn de svakere stjernene.

For stjerner som ikke viser noen tegn til parallakse, er dette enda vanskeligere. Hvis vi visste hvor sterkt stjernene lyste i seg selv, kunne vi beregnet avstanden til dem. Lysstyrken til en stjerne avtar nemlig med den inverse kvadratloven. Dermed vil en observasjon av den tilsynelatende lysstyrken til en stjerne, som vi måler her fra Jorden, sammen med kunnskap om lysstyrken som stjernen faktisk lyser med langt der ute i verdensrommet, gjøre at vi kan regne ut avstanden til stjernen. Hvis alle stjernene lyste like sterkt, og det ikke var kompliserende faktorer som støv og gass mellom oss og stjernene å ta hensyn til, ville vi kjapt kunne si at en stjerne som lyser 1/4 så sterkt som en annen, er dobbelt så langt unna.

En spennende sammenheng

«It is worthy of notice, (that) the brighter variables have the longer periods», skrev Henrietta Leavitt i en publikasjon i 1908 [1]. Gjennom sine intense studier av variable stjerner hadde hun oppdaget at det var en sammenheng mellom den maksimale lysstyrken til en variabel stjerne, og lengden på perioden som stjernen varierte med. Jo lysere stjerne, desto lengre periode. Dette forholdet mellom hvor sterkt en stjerne kan lyse og hvor lang tid den bruker på å variere fra et maksimum

Figur 4. Illustrasjon som viser hvordan en stjerns parallaksevinkel p kan måles fra Jorden. (Illustrasjon: Wikipedia)



til det neste, blir kalt *periode-luminositetsrelasjonen*.

Sett i lys av det vi nå vet, er sitatet fra 1908 en underdrivelse av dimensjoner, men da Henrietta skrev dette, handlet det om kun 16 stjerner i den lille Magellanske sky. Det var et spennende hint om en mulig ny astronomisk metode, men det var for lite materiale til å konkludere.

De spesielle variable stjernene Henrietta Leavitt studerte kalles *kefeider*. De hadde blitt oppdaget over hundre år tidligere i stjernebildet Cepheus (Kongen). Siden alle de 16 stjernene i Leavitts studie befant seg i den lille Magellanske sky, kunne man anta at avstanden til dem alle var omtrent like stor. Dette betød igjen at den nye spennende sammenhengen faktisk var noe som angikk den virkelige lysstyrken som stjernene strålte med. Hvis man så sammenlignet denne virkelige lysstyrken med lysstyrken til stjernen sett fra Jorden, åpnet det seg en gylden mulighet for å beregne avstanden til disse stjernene.

Etter publikasjonen i 1908 ble Henrietta Leavitts astronomiarbeid avbrutt av sykdom i noen år, men etter at hun kom tilbake til Harvard i 1912 skrev hun og Pickering om nye resultater. Nå hadde antallet stjerner i studien økt til 25, og formuleringen deres var at det fantes en «remarkable relation» mellom periode og lysstyrke [2].

Henrietta Leavitt var klar over mulighetene som åpnet seg med denne oppdagelsen, men hun forsto også at resultatene hennes trengte kalibrering. Forholdet mellom lysstyrke og periode ga foreløpig bare en relativ avstandsbestemmelse.

For å gjøre avstandsbestemmelsene absolutte i stedet for relative, var det nødvendig å utvide parallaksemålingene til å nå en nærliggende kefeide. Henrietta Leavitt fikk ikke selv utforsket dette, men fortsatte i stedet arbeidet for Pickering med mer praktisk innsamling av astronomiske data.

Er Melkeveien hele universet?

For rundt hundre år siden var det stor debatt i vitenskapelige kretser om de lysende, tåkede strukturene som lenge hadde blitt observert på himmelen, var en del av Melkeveien, eller om de var egne, uavhengige strukturer som fløt rundt i tomrommet utenfor galaksen vår. Hvor stor var egentlig vår egen galakse Melkeveien, og hvor langt unna var det som lenge ble kalt Andromedatåken?

Astronomen Harlow Shapley ved Mount Wilson-observatoriet i California arbeidet lenge med kalibrering av Henrietta Leavitts metode. Han ønsket å måle avstanden til stjerner i Melkeveien og dermed beregne hvor stor Melkeveien var og hvilken form den hadde. Han konkluderte med at størrelse på Melkeveien var så enorm at tåkene nok måtte være en del av den, og ikke utenfor. Melke-

veien inneholdt hele det kjente universet, mente han. Andre astronomer pekte på at det for eksempel var flere nye stjerner, novaer, i Andromedatåken enn andre steder på himmelen. De argumenterte for at Andromedatåken var en egen galakse.

Edwin Hubble satte punktum for denne debatten rundt 1924–1925, da han brukte variable kefeider og Henrietta Leavitts oppdagelse om kefeidenes forhold mellom periode og lysstyrke, til å finne avstanden til Andromedatåken. Da Hubble oppdaget en kefeide i Andromedatåken, kunne han beregne avstanden dit. Han beregnet at avstanden til Andromeda var 900 000 lysår. Shapley hadde tidligere målt utstrekningen til Melkeveien til å være omtrent 100 000 lysår. Dermed var det klart: Andromeda ligger ikke i vår egen galakse. Senere har nye beregninger vist at Andromedagalaksen faktisk er rundt 2,5 millioner lysår unna.

Arven etter Leavitt

Flere fysikere og matematikere skal ha sagt at Henrietta Leavitt fortjente nobelprisen for sitt arbeid. Den svenske matematikeren Gösta Mittag-Leffler tenkte alvorlig på å nominere henne til prisen. Han skrev et brev til Leavitt i 1925 for å få mer informasjon om arbeidet hennes, men på dette tidspunkt var hun dessverre allerede gått bort på grunn av sykdom, bare 53 år gammel.

Før Leavitts oppdagelse kunne man bare måle avstanden til stjerner som maksimalt var rundt hundre lysår unna. Etter henne kunne man hoppe mye lenger på den kosmiske avstandsstigen, og måle avstanden til stjerner som er millioner av lysår unna. Innen 1929 hadde Edwin Hubble målt avstanden til over 20 andre galakser. Gjennom å sammenligne avstand og galaksenes hastighet, konkluderte han med at universet utvider seg. Moderne kosmologi var i gang. ■

Referanser

1. H. Leavitt. «1777 Variables in the Magellanic Clouds». *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College* 60 s. 87–108 (1908), sitert av Johnson [3].
2. H. Leavitt. «Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud». *Harvard College Observatory Circular* 173 s. 1–3 (1912), sitert av Johnson [3].
3. G. Johnson. *Miss Leavitt's stars - The Untold Story of the Woman Who Discovered How to Measure the Universe*. Atlas Books (2005).
4. Ø. Elgarøy. *Astronomi – en kosmisk reise*. Universitetsforlaget (2017).
5. Everyday Cosmology. Internettadresse: www.cosmology.carnegiescience.edu
6. Store norske leksikon. Internettadresse: www.snl.no

Programmering – for fysikkens skyld

Programmering er på vei inn i skolen og det er mange som argumenterer både for og imot dette. I denne artikkelen vil vi vise hvordan programmering kan styrke fysikkfaget og hvordan det kan endre fysikkfaget.

Andreas D. Haraldsrud Valler vgs. og CCSE, Fysisk institutt, UiO

Cathrine W. Tellefsen CCSE, Fysisk institutt, UiO

Elever i videregående skole i dag har hver sin datamaskin med en regnekraft som tilsvarende en superdatamaskin for 10 år siden. Da bør vi tenke nøye gjennom bruken av den. Hva kan datamaskiner gjøre bedre enn mennesker? Hva kan mennesker gjøre bedre enn datamaskiner? Hvilken kompetanse trenger elevene for fremtiden?

Introduksjon

Grunnleggeren av Apple, Steve Jobs, har sagt: «Everybody in this country should learn how to program a computer, because it teaches you how to think.»

For å gi instruksjoner til en datamaskin må man analysere en problemstilling og bygge opp instruksjonene i en logisk rekkefølge – ikke ulikt hvordan vi jobber i både matematikk og fysikk. Det er gjerne tre hovedargumenter som blir brukt for matematikk i skolen;

1. matematikk er en viktig del av allmenndannelsen
2. du lærer en måte å tenke på som er svært kraftfull og derfor verdifull
3. du trenger matematikken i mange andre fag, som f.eks. fysikk.

Alle disse argumentene gjelder også for programmering. Og så kommer det inn et ekstra argument. I skolefysikken, og for så vidt også i begynneremner på universitetsnivå, blir ofte de fysikkfaglige problemstillingene bestemt av hva vi klarer å løse matematisk. Og da mener vi analytisk matematisk.

Det fører igjen til et faglig innhold som er begrenset av elevenes matematiske ferdigheter eller av hva som kan løses matematisk. Med programmering forsvinner mange av disse begrensningene, og man kan arbeide med problemstillinger som er mer virkelighetsnære og interessante for elevene. I tillegg kan dette åpne for mer kreativitet og større fokus på drøfting, tolking og vurdering av fysiske systemer og modeller som beskriver disse systemene. Med dette perspektivet kan kompetanse i programmering åpne for at flere elever kan beherske og glede seg over fysikken.

Fysikkfaget i skolen

I skolen undervises fysikk som eget fag i 2. og 3. klasse på videregående skole (VG2 og VG3). På VG2-nivå heter faget Fysikk 1 og har et allmenndannende perspektiv. På VG3-nivå heter det Fysikk 2 og er studieforberedende [1]. Det er vesentlig flere elever som tar Fysikk 1 enn Fysikk 2, se tabell 1. Litt i underkant av 30 % av elevene som tar Fysikk 2, er jenter.

Det viser seg at jenter legger mer vekt på nytten av realfag enn det guttene gjør når de skal velge fag [2]. Når vi vet at Fysikk 2 ikke er et krav for å komme inn på noen studier i Norge, og vi samtidig vet at det er ansett som et vanskelig fag, kan dette forklare noe av den lave andelen av jenter i Fysikk 2. Hvordan kan i så fall introduksjon av programmering i fysikkfaget slå ut? Hvis programmeringen anses som en svært nyttig kompetanse, vil dette øke «nytteverdien» for jentene? Det kan hende at muligheten for å modellere og kreativt utforske mer virkelighetsnære problemstillinger vil være motiveerende og åpne for at flere elevtyper vil lære fysikk.

I videregående opplæring lærer elevene differensiallikninger i matematikk R2 [3]. Det er ikke krav om R2 for å ta Fysikk 2. Det betyr at fysikkfaget ikke omfatter noen tema som fordrer løsning av differensiallikninger. Det er mange systemer i naturen som handler om endring og som derfor

Tabell 1. Antall elever i videregående skole som velger Fysikk 1 og Fysikk 2 (Utdanningsdirektoratet, 2018).

Skoleår	2015–2016	2016–2017	2017–2018
Fysikk 1	9 566	9 042	9 297
Fysikk 2	4 507	4 201	3 892

kan modelleres ved hjelp av differensiallikninger, men elevene må vente til de kommer på universitetet for å kunne modellere dette. Dersom elevene kan programmere, kan vi derimot modellere disse systemene allerede på videregående. Hvordan kan dette endre fagene og spesielt fysikkfaget i skolen?

I det følgende skal vi se på noen eksempler på hvordan programmering kan styrke skolefysikken. Vi vil vise hvordan dette har blitt gjort i programfaget programmering og modellering [4], og vi vil diskutere hvordan dette kan inngå som en del av framtidens fysikkfag. Vi har valgt å bruke programmeringsspråket Python, men implikasjonene for fysikkfaget er uavhengig av programmeringsspråk.

Programmering og modellering

Skoleåret 2017/2018 er det første året faget programmering og modellering gjennomføres. Forslaget til faget og læreplanen kom fra Per Husum og Andreas Haraldsrud ved Valler vgs., og det tilbys som forsøksfag de tre neste årene. Det er fire skoler som har fått tillatelse til å teste ut faget i 2017/2018: Valler vgs. i Akershus og Bamble, Skien og Porsgrunn vgs. i Telemark. Høsten 2018 starter antakelig ytterligere over 40 skoler til med faget. Faget er et tretimersfag som elevene tar i tillegg til fordypning i matematikk og naturvitenskapelige fag, enten i VG2 eller VG3.

Faget inneholder en introduksjon til grunnleggende programmering og en anvendelse av programmering på naturvitenskapelige og matematiske problemstillinger. Det er hele tida realfag som fysikk, kjemi, biologi og matematikk som står i sentrum. Fokuset ligger på problemløsning og modellering av fenomener i naturen, og elevene skal lære å forholde seg kritisk og utforskende til modellene de bruker og lager.

Faget er et tretimersfag, og den grunnleggende programmeringen tar mesteparten av det første halvåret. Vi kan knytte dette til fysikk på flere måter. Her følger to eksempler på dette:

Eksempel 1: Variabler, datatyper og syntaks i fritt fall

Alle elevene har lært bevegelsesformelen for fritt fall:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2,$$

```
g = 9.81 # tyngdeakselerasjon i m/s^2
v_0 = 0 # startfart i m/s
t = 3.0 # tid i s

# Beregner fallstrekningen
s = v_0*t + 0.5*g*t**2

print("Gjenstanden falt", round(s,1),
      "meter på", t, "sekunder.",
      "Startfarten var", v_0, "m/s.")
```

Figur 1. Program som beregner strekning for gjenstand i fritt fall.

der s er posisjon, v_0 er startfart, t er tid og g er tyngdeakselerasjonen. I figur 1 nedenfor ser du hvordan dette kan se ut i et pythonprogram. Alt som står etter # er kommentarer og brukes til å gjøre programmet mer lesbart og forståelig. Kommandoen `round` er brukt til slutt for å få et hensiktsmessig antall gjeldende siffer i svaret.

Programmet skriver ut denne linjen:

```
Gjenstanden falt 44.1 meter på 3.0
sekunder. Startfarten var 0 m/s.
```

Med dette programmet kan elevene lett utforske og endre på tid, startfart og tyngdeakselerasjon (se hva som skjer på månen!).

Eksempel 2: Lese fra fil og plotte solflekker

Når elevene skal lære å lese data fra fil og plotte kan vi velge motiverende eksempler fra fysikken. I figur 2 ser du hvordan vi kan hente reelle data om solflekksykluser fra internett og plotte disse.

Eksempelene viser at vi med relativt enkel programmering kan undersøke empiriske data og fenomener på en litt annen måte enn før. Dessuten lærer elevene programmering ved å bruke naturvitenskap som eksempel, og det kan bidra til dybdelæring.

Det andre halvåret går med til en innføring i numerisk matematikk og en utvikling av naturvitenskapelige modeller ut fra denne matematikken. Numerisk derivasjon, integrasjon og likningsløsning blir gjennomgått og drøftet. Men selve kjernen i faget kan nok sies å være differensiallikningene. Elevene lærer hva slike likninger er, hva de betyr og hvordan vi kan bruke dem til å lage modeller av systemer som utvikler seg over tid. Fysikken

```

INPUT

# Importerer nødvendige funksjoner
from pylab import *

# Leser inn data fra filen sunspots.txt
data = loadtxt("sunspots.txt")

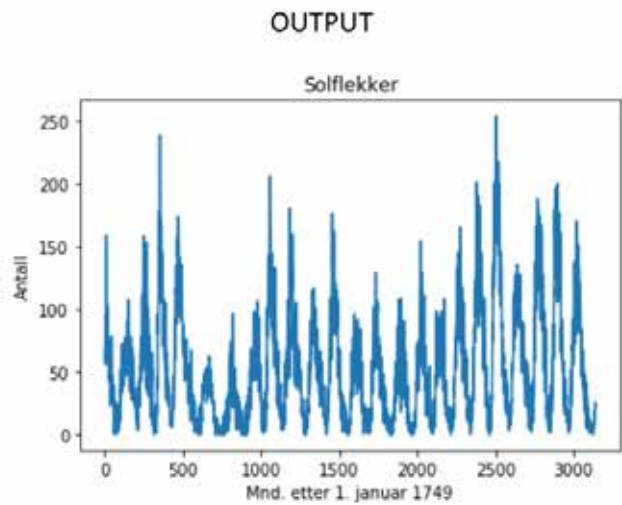
# Første kolonne er mnd. etter 1. januar 1749
aar = data[:,0]

# Andre kolonne er antall solflekker
solflekker = data[:,1]

plot(aar,solflekker)

title("Solflekker")
ylabel("Antall")
xlabel("Mnd. etter 1. januar 1749")

```



Figur 2. Program som plottes antall solflekker ved ulike observasjoner.

blir dermed ikke lenger begrenset av at elevene (verken de med R1 eller R2) foreløpig ikke kan løse differensiallikninger analytisk. Det betyr for eksempel at vi kan undersøke avkjølingskurver og endre ulike parametere raskt og enkelt. Vi trenger heller ikke lenger å se bort fra luftmotstand og vi kan se på svingesystemer med demping og mye mer. Dessuten kan vi «leke» med modellene for å opparbeide en dypere forståelse for fysikken.

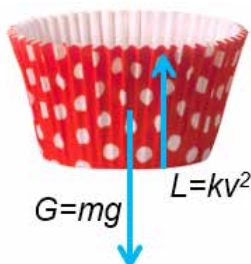
Vi viser her to eksempler på modellering ved differensiallikninger. Det første er et enkelt eksempel som elever som har tatt R2 i utgangspunktet kan løse analytisk, nemlig en gjenstand som faller med luftmotstand. Det andre eksempelet, kloss som henger i en fjær, kan ikke løses analytisk med reelle tall, og numeriske tilnærminger er her svært nyttig.

Eksempel 3: Fall med luftmotstand

«En kule faller fra det skjeve tårnet i Pisa. Startfarten er null. Hvor langt faller den på 1,2 sekunder? Se bort fra luftmotstand.»

Skolefysikken er full av denne typen oppgaver. Vi kan løse den ved hjelp av programmet i eksem-

Figur 4. En muffinsform som faller, er påvirket av to krefter: tyngdekraften G og luftmotstanden L .



pel 1, men det er ikke alltid like realistisk å se bort fra luftmotstand. Vi kan derfor løse problemet også med luftmotstand og deretter sammenlikne med fritt fall. Elevene vil først måtte tegne opp et frilegemediagram slik de gjør i fysikk. I denne prosessen bør de vurdere hvilke krefter de skal ta hensyn til og hvilke modeller de skal bruke for disse kreftene. Disse modellene er utgangspunktet for differensiallikningen som skal løses. Vi bruker Newtons 2. lov, $\Sigma F = m \cdot a$, for å formulere disse likningene.

Først finner vi summen av kreftene. Her er $\Sigma F = G - L$ i vertikal retning hvis vi velger positiv retning nedover. Deretter må elevene velge en modell for kreftene. Modellen $G = mg$ er velkjent, men vi kan åpne for en diskusjon også rundt slike enkle modeller. Vi kan for eksempel diskutere hvordan modellen tar utgangspunkt i Newtons gravitasjonslov og deretter problematisere hvorvidt modellen stemmer godt dersom strekningen blir stor. Vi kan også diskutere om hvorvidt vi bør bruke modellen for luftmotstand ved lav fart, $L = kv$, eller for høy fart, $L = kv^2$. La oss her velge modellen for høy fart. Da får vi følgende sammenhenger:

$$\Sigma F = ma$$

$$G - L = ma$$

$$ma = mg - kv^2$$

$$a = g - \frac{kv^2}{m}$$

Den siste likningen er en differensiallikning fordi a er den deriverte av farten, som også er den deriverte av strekningen: $a(t) = v'(t) = s''(t)$. Siden vi har å gjøre med den dobbederiverte av farten, får vi en andreordens differensiallikning. Denne kan vi løse analytisk, men vi kan enklere (og kanskje mer intuitivt) også løse den numerisk. Da kan vi bruke Eulers metode.

Eulers metode tar utgangspunkt i at du kjenner den deriverte, men ikke selve funksjonen. Med initialbetingelser har vi en første funksjonsverdi – et punkt. Vi bestemmer den deriverte i punktet og følger tangenten et lite stykke, dt , og regner ut en ny funksjonsverdi. Så bestemmer vi den deriverte i dette nye punktet og følger tangenten et nytt lite stykke, dt :

$$v_{ny} = v_{gammel} + a \cdot dt.$$

Ved å lage en løkke i et program kan vi gjenta dette for svært mange små skritt. Det samme gjelder for strekningen, som igjen er den deriverte av farten.

$$s_{ny} = s_{gammel} + v \cdot dt.$$

Alternativt kan vi utlede metoden fra definisjonen av den deriverte, med utgangspunkt i at vi erstat-

Figur 3. Program som regner ut bevegelsen til fallende objekt med luftmotstand.

```
from pylab import *

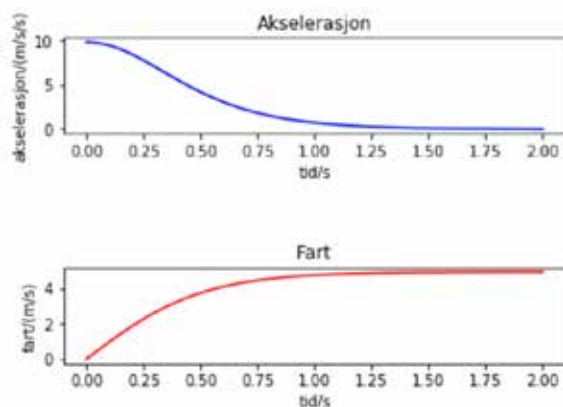
# Fysiske størrelser
g = 9.81 # tyngdeakselerasjon i m/s^2
m = 0.5 # masse i kg
k = 0.2 # luftmotstandskoeffisient

# Tidsintervaller
N = 100000 # antall intervaller
tid = 2 # antall sekunder
dt = tid/N # tidssteg

# Vektorer
a = zeros(N) # akselerasjon i m/s^2
v = zeros(N) # fart i m/s
t = zeros(N) # tid i sekunder

# Initialbetingelser
v[0] = 0 # startfart

# Eulers metode
for i in range(N-1):
    a[i] = g - k*v[i]**2/m
    v[i+1] = v[i] + a[i]*dt
    t[i+1] = t[i] + dt
```



Figur 5. Plott av akselerasjon og fart i fall med luftmotstand.

ter grenseverdien med en verdi dt som er liten nok:

$$f'(x) \approx \frac{f(x + dt) - f(x)}{dt}$$

$$f'(x) \cdot dt = f(x + dt) - f(x)$$

$$f(x + dt) = f(x) + f'(x) \cdot dt$$

som vi kan kjenne igjen fra ovenfor. Hele programmet kan se ut som vist i figur 3 før plotting. Deretter kan vi velge hva vi vil plotte. Figur 5 viser plott av akselerasjon og fart.

Vi kan enkelt inkludere posisjon ved å bruke definisjonen av fart og Eulers metode på posisjonsvektoren:

```
s = zeros(N) #Lager posisjonsvektor
s[0] = 0 #Setter denne linjen inn som
initialbetingelse
s[i+1] = s[i] + v[i]*dt #legger denne
linjen inn i for-løkke
```

Med dette programmet kan elevene se hvordan ulike verdier for k og m påvirker bevegelsen. De kan for eksempel sammenlikne med eksperimenter og få en virkelighetsnær forståelse av hvordan naturvitenskapelig metode kobler teori, simulering og eksperiment i sin søken etter ny viten.

Eksempel 4: Kloss i fjær

Det klassiske eksemplet med en kloss som henger i ei fjær, passer fint for å introdusere fjærkrefter og harmoniske svingninger. Men en kloss henger ikke og dingler i fjæra til evig tid. Det er krefter som bremser bevegelsen. Dersom vi innfører

```

from pylab import *

# Konstanter og initialbetingelser
m = 1.0      # masse i kg
k_f = 50.0   # Fjærkonstanten i N/m
k_l = 0.2    # Luftmotstandskoeffisienten
g = 9.81     # Tyngdeakselerasjonen i m/s^2

# Tidssteg
tid = 20     # Tid i sekunder
N = 10000   # Antall iterasjoner
dt = tid/N   # Tidssteget

# Vektorer
t = zeros(N) # Tid
a = zeros(N) # Akselerasjon
v = zeros(N) # Hastighet
s = zeros(N) # Posisjon

# Initialverdier
s[0] = 0     # Startposisjon i m
v[0] = 0     # Startfart i m/s

# Eulers metode
for i in range(N-1):
    a[i] = -k_f*s[i]/m - k_l*v[i]/m - g
    v[i+1] = v[i] + a[i]*dt
    s[i+1] = s[i] + v[i]*dt
    t[i+1] = t[i] + dt

plot(t,s)
title('Lodd i fjær')
xlabel('Tid (s)')
ylabel('Posisjon (m)')

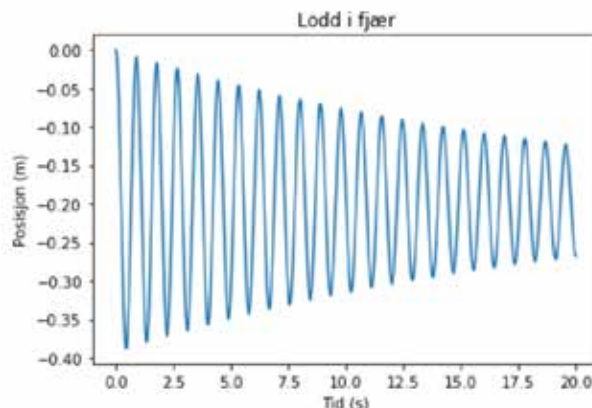
```

Figur 6. Elevene klarer ikke å løse den matematiske difflinkingen, men koden er relativt enkel å forstå. Løsningen av likningen er de fire linjene under #Eulers metode.

slike krefter, kan vi ikke lenger finne posisjonen til klossen analytisk. Men det lar seg lett gjøre numerisk, dersom elevene kan programmere.

Først må elevene drøfte hvordan systemet er satt sammen og hvilke krefter som virker. Dette gjør de ved å tegne systemet og tegne på kreftene. Dessuten må de diskutere hvilke kraftmodeller som kan brukes og hvilke fortegn disse modellene må ha. Dette er den samme framgangsmåten som brukes i fysikk, men som vi skal se, åpner programmeringen opp nye muligheter for drøfting og vurdering rundt denne prosessen.

Hvis vi velger origo der klossen er i likevektsposisjon og fjærkraften er 0, blir oppgava lettest å løse. Koordinatsystemet kan vi sette den «rette veien». Da har vi at fjærkraften er negativ når posisjonen over likevektspunktet er negativ (fjæra dytter loddet ned) og fjærkraften er positiv når posisjonen er negativ (fjæra drar loddet opp). Altså



Figur 7. Med programmering kan vi velge mer realistiske problemstillinger og drøfte systemer i naturen. Her er et plot av en dempet svingning.

har fjærkraften alltid motsatt fortegn av posisjonen, siden fjærkraften kan sies å være proporsjonal med posisjonen (Hookes lov). Kraftmodellen vår kan nå se slik ut:

$$\begin{aligned} \Sigma F &= -F_{\text{fjær}} - G \\ \Sigma F &= -kx - mg \end{aligned}$$

Av dette kan vi få både en førsteordens og andreordens difflinking:

$$\begin{aligned} v'(t) &= -\frac{ks(t)}{m} - g \\ s''(t) &= -\frac{ks(t)}{m} - g. \end{aligned}$$

Dette kan løses både analytisk og numerisk, og vi får fine, harmoniske svingninger. Men hva hvis vi innfører en kraft som demper svingningen? Antakelig er det vel realistisk å tenke at det som utgjør motstanden er en slags friksjon i fjæra, men la oss heller prøve med luftmotstand (vi kan eventuelt kalle den «dempekraften»).

La oss nå velge luftmotstand for lav hastighet, $L = kv$. Og la oss også kalle k -en noe annet, slik at den ikke forveksles med fjærstivheten. Vi kaller de to koeffisientene for k_f (for fjær) og k_l (for luft). Neste trinn blir for elevene å lage en programskisse for hvordan programmet kan løses. Dette er ofte en kreativ prosess der elevene trenes i algoritmisk tenkning og kommer med forslag til ulike løsningsmetoder. Koeffisientene setter de til en mer eller mindre tilfeldig verdi, men ofte opparbeider mange elever en intuisjon for hva de bør være for å få et realistisk resultat. Nå har vi følgende uttrykk for akselerasjonen:

$$a(t) = -\frac{k_f s(t)}{m} - \frac{k_p s(t)}{m} - g.$$

Modellen kan nå løses. Figur 6 viser utsnittet av et program som kan brukes for å finne hastigheten og posisjonen til klossen. Koden er nokså lesbar, også for de som ikke kan programmering. Programmet gir graf for posisjonen som vist i figur 6.

Når elevene har drøftet resultatene, kan de diskutere hvorvidt modellen var god, kanskje også med utgangspunkt i forsøk de gjør før eller i etterkant av simuleringen. De kan også systematisk variere koeffisientene for å finne ut hva de betyr for dynamikken i det fysiske systemet. Dette ligger det mye god fysikk i, og elevene opparbeider seg gradvis en «fysikkintuisjon» slik en fysiker oppnår etter mange år i faget. Forståelsen av at naturvitenskapen er et sett med teorier og modeller som hver har sine begrensninger og gyldighetsområder, kommer godt fram på denne måten. Dessuten kan det være motiverende å kunne eksperimentere med ulike modeller, for så å se resultatene nesten momentant. Da får elevene oppøvd en større grad av kreativitet og refleksjon som ikke alltid kommer til uttrykk i klassisk fysikk og matematikk.

Som vi har sett i de to eksemplene ovenfor, ligger fokuset på fysikken og tolkning av systemer i naturen ved hjelp av numerisk matematikk og programmering. Programmeringen brukes for å underbygge læring i fysikk, og til å se på mer virkelighetsnære og kanskje også mer motiverende problemstillinger. Ikke minst oppfordres elevene til å være kreative og utforske og lage egne modeller. Således utvikles både forståelse for og kompetanse i den naturvitenskapelige metoden.

Avslutning

Naturvitenskapelig programmering handler om mer enn det tekniske i å lage et dataprogram. Det handler om å bearbeide en problemstilling så den lar seg løse ved programmering, utvikle algoritmisk tenkning og bruke numeriske metoder for å studere fysikkens vidunderlige verden.

Mange av dagens eksempler i fysikk er begrenset til hva vi kan løse analytisk med matematikk. Med kompetanse i naturvitenskapelig programmering er mange av disse begrensningene borte. Hva gjør det med selve innholdet i fysikkfaget? Hvordan velger vi eksempler og faglige problemstillinger når elevene har hver sin datamaskin som kan gjøre 10^{12} beregninger per sekund? Vi har i denne artikkelen forsøkt å vise eksempler på

hvordan selve faget kan endre seg med den digitale utviklingen, og hvorfor det er viktig at flere elevtyper tilegner seg denne kompetansen. Vi er i startfasen av en digital utvikling fra passive til aktive brukere. Vi må få med alle på denne utviklingen. Kunnskap er makt og denne kunnskapen kan ikke bare tilhøre noen få utvalgte. ■

Referanser

1. Utdanningsdirektoratet. «Læreplan i fysikk». Internettadresse: www.udir.no/kl06/FYS1-01 (2006).
2. M.V. Bøe. «Science choices in Norwegian upper secondary school: What matters?». *Science Education* 96(1), s. 1–20 (2012). doi: 10.1002/sce.20461.
3. Utdanningsdirektoratet. «Læreplan i matematikk for realfag». Internettadresse: www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/finn-lareplan/lareplan/?kode=MAT3-01 (2006).
4. Utdanningsdirektoratet. «Forsøkslæreplan i programmering og modellering». Internettadresse: www.udir.no/kl06/PRM1-01 (2017).
5. S. Bocconi, A. Chiocciariello og J. Earp. «The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education». Internettadresse: www.itd.cnr.it/doc/CompuThinkNordic.pdf (2018).
6. CCSE. «Center for Computing in Science Education». Internettadresse: www.mn.uio.no/ccse/ (2016).
7. A.A. diSessa. «Computational Literacy and 'The Big Picture' Concerning Computers in Mathematics Education». *Mathematical Thinking and Learning* 20(1), s. 3–31 (2018). doi:10.1080/10986065.2018.1403544.
8. A. Malthe-Sørensen, M. Hjorth-Jensen, H.P. Langtangen og K. Mørken. «Integrasjon av beregninger i fysikkundervisningen». *Uniped* 38(04), s. 303–310 (2015).
9. Utdanningsdirektoratet. «Fagfornyelsen». Internettadresse: www.udir.no/fagfornyelsen (2017).
10. Utdanningsdirektoratet. «Statistikkportalen». Internettadresse: www.udir.no/tall-og-forskning/statistikk/statistikk-videregaende-skole/ (2018).



Debatt: Programmering og fagfornyelsen i skolen

Fagfornyelsen er i gang [1], og med dette en prosess der nye læreplaner skal innføres fra 2020. Dette har ført til en debatt om programmerings plass i skolen og hvorvidt den skal knyttes til de eksisterende fagene. Skal programmering være frivillig? Skal det være et eget fag? Eller er det fornuftig å gjøre slik utdanningsdirektoratet nå legger opp til med programmering for alle, men knyttet til både matematikkfaget og naturvitenskapelige fag?

For å kunne ha en fruktbar debatt om programmerings plass i opplæringen må vi snakke samme språk. Hva mener vi med digital kompetanse, programmering i skolen og beregningsorientert fysikk? Og hva slags implikasjoner får det for faget og for skolen? Eksemplene som er gitt i artikkelen «Programmering for fysikkens skyld» i denne utgaven av *Fra Fysikkens Verden*, er ment å beskrive hvordan programmering i skolen kan bidra til en styrket fagopplæring i fysikk og sågar endre faget i retning av fremtidens kompetansebehov.

I rapporten «The nordic approach» [2] kan vi lese hvordan de ulike nordiske landene tilnærmer seg programmering i skolen. Så langt har Norge primært satset på programmering gjennom frivillige initiativ. Lær kidsa koding drives av ildsjeler i landet vårt og er et flott tilbud til de elevene som ønsker å gjøre dette på fritiden. I tillegg har vi programmering valgfag i ungdomsskolen som tilbys

Figur 1. Elever ved Valler videregående skole samarbeider i faget programmering og modellering under veiledning av lærer Andreas Haraldsrud

ved 143 ungdomsskoler over hele landet. I videregående skole har vi programfag i informatikk. Her lærer elever en del programmering av multimedieapplikasjoner, databaser og hjemmesider. Dette er viktige ferdigheter i dagens samfunn, men det er en opplæring som ikke knyttes opp mot de øvrige realfagene i særlig stor grad.

Hvis programmeringen blir et verktøy for å forstå fysikkfaget bedre, kan det motivere flere elevtyper enn de som lar seg motivere av programmering for programmerings skyld. Hvis det i tillegg fører til at elevene kan se på problemstillinger som tidligere bare var tilgjengelig for de med best evner i matematikk, eller på universitetsnivå, er det nok et argument for at dette ikke bør være en frivillig kompetanse, men noe vi skylder å gi en ordentlig opplæring i innenfor skolefagenes rammer.

Vi vet at mange elever blir mer motivert for å lære matematikk dersom det «kan brukes til noe» som for eksempel i en naturvitenskapelig kontekst. Vi vet også at jenter legger mer vekt på nytten av realfag enn det guttene gjør når de skal velge fag [3]. Det er ikke urimelig å anta at også programmering i en naturvitenskapelig kontekst kan være motiverende for flere elevtyper. Spesielt jenter er underrepresentert i programmeringsfag på skolen og i private kodeinitiativ. Når samfunnet blir mer digitalt og stadig større deler av arbeidslivet etterspør programmeringskompetanse, har vi et demokratisk problem dersom jentene ikke kommer på banen.

Også i høyere utdanning har programmering vært sett på som en disiplin som er separat fra andre fag, i hvert fall fram til ganske nylig. Universitetet i Oslo har med sitt prosjekt CSE (Computing in Science Education) vært verdensledende i å integrere programmering og numeriske metoder helt fra første semester [4]. Studentene har med denne satsingen fått mulighet til å løse og forstå flere ulike fysikkoppgaver enn før. Men vi trenger mer kunnskap om hvordan vi best kan utvikle studentenes beregnings- og programmeringskompetanse, og hvordan vi på en god måte kan styrke fagene gjennom dette. Center for Computing in Science Education [5] er derfor i gang med å bygge opp en forskningsgruppe innen feltet computational science education.

Datamaskinen er et verktøy som har eksistert i lang tid, og med dagens regnekraft kan vi regne på flere problemer enn vi tidligere hadde kapasitet til. Utviklingen innen naturvitenskapelige og matematiske fag har i de siste 50 årene dreid seg mye om hvordan datamaskinen kan brukes til å løse komplekse og virkelighetsnære problemstillinger. Denne utviklingen speiles ikke i skolen. Vi mener altså at programmering bør være obligatorisk for alle i skolen, særlig fordi det har svært stor nytteverdi, men også fordi det lærer elevene å tenke på andre måter. Ikke minst bør også det demokratiske

aspektet ivaretas ved at alle elever får den samme muligheten til å lære denne ferdigheten. Det viktigste er likevel at programmeringen skal skje på fagets egne premisser, og at det integreres på en naturlig måte slik at det underbygger og utvider den fagkunnskapen elevene får gjennom skolegangen. ■

Referanser

1. Utdanningsdirektoratet. «Fagfornyelsen». Internettadresse: www.udir.no/fagfornyelsen (2017).
2. S. Bocconi, A. Chiocciariello og J. Earp. «The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education». Internettadresse: www.itd.cnr.it/doc/CompuThinkNordic.pdf (2018).
3. M.V. Bøe. «Science choices in Norwegian upper secondary school: What matters?». *Science Education* 96(1), 1–20 (2012). doi:doi:10.1002/sce.20461.
4. A. Malthesørensen, M. Hjorth-Jensen, H.P. Langtangen og K. Mørken. «Integrasjon av beregninger i fysikkundervisningen». *Uniped* 38(04), 303–310 (2015).
5. CCSE. «Center for Computing in Science Education». Internettadresse: www.mn.uio.no/ccse/ (2016).

*Andreas D. Haraldsrud, Valler vgs. og
CCSE, Fysisk institutt, UiO
Cathrine W. Tellefsen, CCSE, Fysisk institutt, UiO*



Bokanmeldelse:

Kraft 1

Forfattere: Hege Reiling Dellnes, Janne-Christine Fossum, Snorre Nordal, Marit Sandstad
309 sider, Cappelens Damm, 2018

Da Cappelens Damm annonserte at de kom med ny fysikkbok kom det overraskende på mange. Skole-Norge sitter spent og venter på iverksettingen av Ludvigsen-utvalgets ideer om mer dybdelæring i skolen, og mangt et lærerkollegium har brukt våren på å komme med innspill på høringene om hva som er kjerneelementer i de forskjellige fagene. Hvordan fagene skal fremstå etter fornyelsen er fortsatt uklart. Fysikk og de andre fordypningsfagene er ikke diskutert i denne omgang, men det

sier seg vel selv at dersom matematikk og naturfag går gjennom dramatiske endringer, så vil det være nødvendig å gjøre endringer i fysikk, kjemi og biologi også. Så hvorfor skrive ny lærebok nå, når vi vet at det kommer endringer?

Her er det jo heller ikke snakk om å redigere og oppdatere et eksisterende læreverk. Cappelens Damm satser helt nytt, og avslutter *Rom Stoff Tid*, et læreverk som kom ut for første gang allerede på starten av 1970-tallet. ■

Etter min mening trengs det et nytt læreverk i fysikk! *Ergo* (Aschehoug og Co) og *Rom Stoff Tid* (Cappelen Damm) har vært alene på markedet lenge. De kom begge i ny utgave i henholdsvis 2008 og 2007, og i oppdatert utgave i henholdsvis 2012 og 2013. Men oppdateringene var minimale. Det handlet i all hovedsak om å slå sammen tekstbok og oppgavebok til en «alt-i-ett-bok». Og selv om begge bøkene fortsatt er gode, merkes det på bilder, fargevalg og en del av eksemplene og oppgavene at bøkene er 10 år gamle.

Kraft er på mange måter forfriskende sammenlignet med de to etablerte læreverkene. Boka er fint oppbygget med fargemarkering i hjørnet for å gjøre det lett å finne frem til riktig kapittel og matchende fargemarkering langs sidekantene for å vise vei til labøvelser, oppsummeringer og oppgaver. Det er få labøvelser til hvert tema, men mengden oppgaver er bra. Det er også veldig bra at det er lagt inn et avsnitt med muntlige oppgaver til alle temaene.

I starten av hvert kapittel er læreplanmålene kapitlet skal dekke listet opp. Dette har *Ergo* hatt tidligere, og har fungert godt for å gjøre elevene litt mer oppmerksomme på hva som er det viktigste i kapitlet de skal begynne på.

Sideoppsettet har en bred marg med god plass til notater. I marginen er det også skrevet inn nøkkelord fra teksten, samt lagt inn noen mindre figurer og bilder. Enkelte steder burde marginen også vært brukt til en løpende forklaring av utledning av formler. For de som ikke klarer å henge med på den matematiske utledningen fra linje til linje vil det ofte være like vanskelig å få hele forklaringa i en tekstbolk.

Teksten brytes fint opp av eksempler på bruken av temaet som nettopp er gjennomgått. Det er godt spenn i vanskelighetsgraden til eksemplene. Det er også svært positivt at det er eksempler på bruk av GeoGebra. Det vil bidra til å synliggjøre for elevene at de digitale verktøyene de lærer å bruke i matematikken har nytte i andre fag.

Boka er godt skrevet med et hverdagslig og lettlest språk. Det er tydelig at forfatterne har hatt som mål å holde teksten kort og presis. Dette fungerer stort sett veldig godt, men vil nok gjøre at de elevene som hadde satt pris på å få faget inn med teskje, ikke alltid klarer å henge med.

En konsekvens av den hverdagslige tonen i språket er at det mange steder velges mer hverdagslige ord enn formelt korrekte ord. Boka er for eksempel ganske konsekvent på å bruke enkle

begreper, som gange og dele, heller enn de mer formelt korrekte multiplisere og dividere.

Boka er ganske kort sammenlignet med de andre læreverkene i Fysikk 1 for den videregående skole. Den inneholder svært lite stoff som ikke er direkte relevant ut i fra kompetansemålene i læreplanen. Dette gjør det enkelt for elevene å holde fokus på det viktigste, men stiller større krav til at læreren selv finner frem til relevante eksempler å supplere med.

I tillegg til selve læreboka har *Kraft* også et elevnettsted som ligger gratis og åpent, og et lukket lærernettssted. Elevnettstedet inneholder labforsøkene og noen filmer. Nettstedet er nok ikke helt ferdig utviklet (per 30.08.2018), men det som ligger der er godt gjennomført. Når det kommer til labøvelsene, er det lagt inn bare ett eller to forsøk på de fleste temaene (kapitlet om bevegelse er et unntak med fem øvelser). Noen vil kanskje også savne flere av klassikerne, men når man først må på nett for å finne labøvelsene fins det jo massevis av nettsider med gode beskrivelser av flere labøvelser til de forskjellige temaene.

Et spennende fysikkdidaktisk grep er at forfatterne har valgt å lage et eget kapittel om lys. De to etablerte læreverkene behandler begge lysets bølgeegenskaper i lag med resten av bølgefysikken. Mens lysets partikkelegenskaper kommer i lag med kvantefysikken. *Kraft* velger å se på alt som handler om lys samlet, noe som tydeliggjør dualiteten fint, og forhåpentligvis gir elevene en mer helhetlig forståelse av elektromagnetisk stråling.

I ei lærebok vil det alltid være forklaringer man som lærer kan mene er for upresise. Boka har flere eksempler på det. Den fremstillingen som skurret mest for anmelderen er Bohrs atommodell. Forfatterne skriver om Bohrs postulater slik at de blir tre stykker, i stedet for de to Bohr faktisk fremsatte (fysikleksikon.nbi.ku.dk/b/bohrmodel/).

Å anmelde en lærebok uten å ha brukt den vil jo dessverre ikke kunne gi et korrekt bilde. Selv de mest erfarne lærerne blir av og til overrasket over hvordan elevene oppfatter tekst eller oppgaver. Men med det i bakhodet, fremstår *Kraft* som et solid læreverk. Boka er lettlest og tilgjengelig for elevene med brukervennlig layout, og mange og varierte eksempler.

Kaja Nordby



Ove Harang
(1932–2018)

Ove Harang døde 22. juni, i Paris, der han har bodd som pensjonist. Han ble 86 år. Harang var født i Tromsø der hans far, Leiv Harang, var den første bestyrer av Nordlysobservatoriet. Etter krigen flyttet familien til Oslo, der Harang fortsatte sin skolegang og så startet realfagstudier på Blindern, cand.real.-eksamen ble fullført i 1960, med en hovedfagsoppgave innen kjernefysikk. Samme år ble han ansatt som amanuensis ved Norsk Institutt for Kosmisk Fysikk, med arbeidsted på Nordlysobservatoriet. Forskningsområdet var studier av synlig nordlys, ved fotografering, fotometri og spektroskopi.

I 1961 tilbragte Harang ni måneder i Paris, ved Centre National de la Recherche Scientifiques laboratorium for interferensspektroskopi. En gruppe, ledet av Pierre Conné arbeidet med Fouriertransform-spektroskopi av svake emisjoner. Sammen med Conné konstruerte Harang et Michelson interferometer med «wide view». Den kjente kanadiske nordlysforskeren Gordon Shepherd ble så imponert over dette arbeidet under et besøk ved laboratoriet samme år, at han skrev i sin biografi i 2002: «All of this contributed to the conceptual approach which I still follow». Senere i 1961 inviterte den kjente franske astrofysikeren Jaques Blamont Harang og hans far til å delta med spektrografiske målinger under en rakettoppskyting i Sahara i Algerie.

Harang ble førsteamanuensis ved Norsk Institutt for Kosmisk Fysikk i 1964 og i 1964/65 arbeidet han ved Air Force Cambridge Research Laboratories i Boston. Som ledd i utviklingen av en standard atmosfæremodell ble det ved hjelp av raketter foretatt utslipp av kjemiske stoffer som dannet skyer i den øvre atmosfæren. Disse avgas lys i form av kjemiluminiscens eller resonansemisjon,

og dette kunne studeres med metoder lik det en brukte i nordlysforskningen.

Etter opprettelsen av Universitetet i Tromsø ble Ove Harang utnevnt til dosent i 1971 og i 1984 ble han professor. Hans arbeid dreide seg i hovedsak om studier av emisjonspektra fra atomer og molekyler i nordlys, natthimmellys og utslipp fra raketter. Hans største interesse lå i selve måleteknikken med forbedringer og optimal utnyttelse av instrumentene. Han var tidlig ute med bruk av datateknologi i automatisering av målinger og i dataanalysen. Han registrerte H α og elektroniske overganger i N $_2$ og N $_2^+$, for å kartlegge populasjonstrømmen innenfor termiskjemaet under eksitasjon i nordlys. I eksperimentene med utslipp fra raketter observerte han emisjoner fra AlO og BaO for å bestemme temperaturen i den øvre atmosfære. Han studerte også sammenhengen mellom spektra av energirike partikler, målt i satellitter, og de resulterende nordlysspektra.

Allerede tidlig i 1970-årene var det klart at lyset fra byen i Tromsø gjorde optiske observasjoner fra Observatoriet vanskelig. Skibotn i Nord-Troms har i vinterhalvåret mest klarvær av alle meteorologiske målestasjoner i landet. Harang valgte å flytte observasjonsvirksomheten dit, og bygget opp en feltstasjon med alle nødvendige fasiliteter. Av sine franske kolleger fikk han en kraftig laser, som kunne benyttes i studier av den øvre atmosfære. Som en kuriositet kan nevnes at han i Skibotn observerte støv fra vulkanutbruddet på Filipinene (Pinotubo) i 1992. Mulighetene i Skibotn tiltrakk andre forskere fra inn- og utland, og det ble etter hvert mange av dem, blant annet i forbindelse med rakettskytinger fra Andøya og intense måleperioder med Eiscats radaranlegg.

Harang var i mange år ansvarlig for veiledning av studenter på fysikklaboratoriet og la ned et stort arbeide for å forbedre de praktiske øvelsene, noe instituttet fortsatt har glede av. Han deltok også med entusiasme ved etableringen av Nordlysplanetariet i Tromsø og bidro med nordlysfotografering til filmen «Arctic Lights» som var en hovedattraksjon på planetariet de første årene.

For 20 år siden avsluttet Harang sin karriere som fysiker, flyttet til Paris, og arbeidet med skulptur og maling som var hans hovedinteresse utenom fysikken.

Med Ove Harangs bortgang har vi mistet en god venn og kollega.

Vi lyser fred over Ove Harangs minne.

Asgeir Brekke, Jan-Erik Solheim og Olav Holt

RETURADRESSE:
FRA FYSIKKENS VERDEN
FYSISK INSTITUTT, UNIVERSITETET I OSLO
BOKS 1048 BLINDERN
0316 OSLO

Styret i Norsk Fysisk Selskap

President

Professor Asle Sudbø, Institutt for fysikk, NTNU
E-post: asle.sudbo@ntnu.no

Visepresident

Professor Sunniva Siem, Fysisk instiutt, UiO, Kjerne- og energifysikk
E-post: sunniva.siem@fys.uio.no

Styremedlemmer

Forsker Annett Thøgersen, SINTEF Oslo, kondenserte fasers fysikk og atomfysikk
Førsteamanuensis Magnus Borstad Lilledahl, NTNU, biofysikk
Professor Åshild Fredriksen, UiT, atmosfære-, rom- og plasmafysikk
Professor Håvard Helstrup, HiB, subatomær- og astrofysikk
Professor Jon Samseth, OsloMet, industri- og energifysikk
Professor Olav Gaute Hellesø, UiT, optikk
Lektor Morten Trudeng, Asker VGS, Norsk Fysikklærerlag

Adresse

Norsk Fysisk Selskap
Institutt for fysikk, NTNU
7491 Trondheim

Sekretær: Haakon Thømt Simensen
E-post: nfs.styret@gmail.com
Bankgiro: 7878.06.03258
Org.nr.: 940 340 829
Internettadresse: www.norskfysisk.no

Bedriftsmedlemmer av NFS

Vi takker for støtten fra våre bedriftsmedlemmer:



UiT / NORGES ARKTISKE
UNIVERSITET



 NTNU 



UiO : Universitetet i Oslo

ISSN-0015-9247