



# fysik. kemi

Marts 2006 • 33. årgang • nr. 1

Udgivet af Danmarks Fysik- og Kemilærerforening

# Sikrer faglig forståelse

## ■ Supplerer det praktiske arbejde

*Tjek på fysik/kemi* er en kopimappe til overbygningen. Mappen indeholder mere end 140 kopsider med skriftlige opgaver, bl. a. multiple choice og aktivitetsforslag - selvinstruerende og lige til at bruge.

## ■ Fokus på paratforståelsen

*Tjek på fysik/kemi* repeterer, træner og tester elevernes paratforståelse inden for fagets trin- og slutmål. Det ruste eleverne godt til de kommende prøver på en sjov og spændende måde.

## ■ Evaluerer og opbygger forståelse

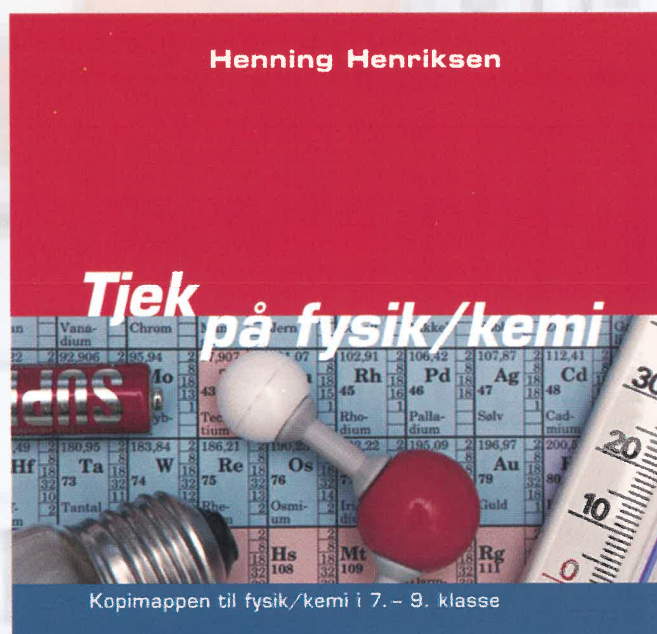
Som evalueringsredskab giver *Tjek på fysik/kemi* elever og lærer et godt billede af elevens paratforståelse inden for et specifikt fagligt område. Mappen er også et godt supplement til undervisningens opbyggelse af elevernes faglige forståelse.

## ■ Støtter alle fysik/kemisystemer!

Alle kopsider kan bruges uafhængigt af, hvilket undervisningsmateriale, man i øvrigt benytter.

*Tjek på fysik/kemi* er opdelt i temaer som fx Mekanik, Radioaktivitet og Ioner og indeholder mange forskellige opgavetyper.

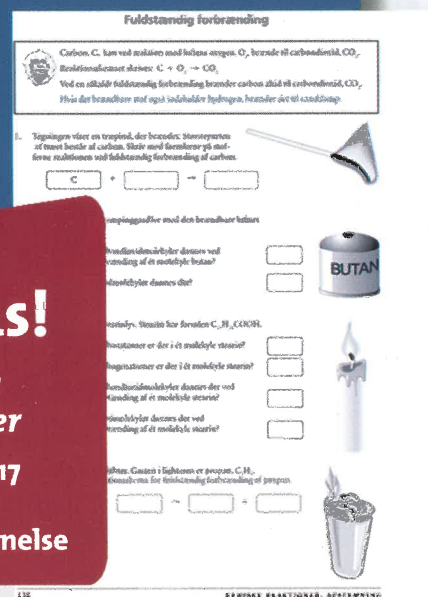
Kr. 650,- ex moms



## Gratis kursus!

Inspiration til naturfag og de nye afgangsprøver

Torsdag d. 30. marts kl. 14-17  
Tilmeld dig nu på  
[www.gyldendal.dk/uddannelse](http://www.gyldendal.dk/uddannelse)



Ja tak, send mig *Tjek på fysik/kemi* til gennemsyn gratis i 30 dage

NAVN \_\_\_\_\_  
SKOLE \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

POSTNR./BY \_\_\_\_\_

Gyldendal • Klareboderne 5 • 1001 Kbh. K. • Bestil også på tlf. 33 75 55 60 • fax 33 75 57 22  
eller køb direkte på [www.gyldendal.dk/uddannelse](http://www.gyldendal.dk/uddannelse) og få 4% online-rabat!



GYLDENDAL  
- veje til viden

**Landsformand:**

Gitte Hass, Fjordholmen 47, 5240 Odense  
tlf. 6610 8065, e-mail: gitte.hass@skolekom.dk

**Landskasserer og forretningsfører:**

Horst-Werner J. Knüppel, Højgårdvej 2, 6900 Skjern  
Tlf. 9736 4362, fax 9736 4151, e-mail: horst@vip.cybercity.dk  
Giro: 2 37 69 97

**Tidsskriftet Fysik•Kemi**

**Ansvarshavende redaktør:**

Jørgen Larsen, Gassehaven 12, 2840 Holte  
Tlf. 9846 1151, fax 4580 4754, e-mail: fysik-kemi@tdcadsl.dk

**REDAKTIONEN**

**Elektronik**

Georg Hansen, Højsagervej 7, 5884 Gudme  
Tlf.: 4127 0006, e-mail: georg@pionererne.dk

**Astronomi**

Bent Klarmark, Kettingevej 106, Frejlev, 4892 Kettinge  
Tlf. 5487 3148, e-mail: bent.klarmark@get2net.dk

**Annoncer:**

**Slagelsetryk Marketing ApS**

Rosengade 7c, 4200 Slagelse  
Tlf. 5853 0011, e-mail: info@slagelsetryk.dk

**Abonnementspris 2006**

kr. 300,- excl. moms for abonnenter i Danmark og 300,- + pakning og forsendelse for abonnenter i udlandet.  
Abonnement, løssalg, adresseændringer m.v. til forretningsføreren.  
Indmeldelse i DFKF: Lokalforeningerne eller landskassereren.

Sats og tryk: Slagelsetryk Marketing ApS.

Oplag: 2300 eksemplarer.

Kopiering tilladt med tydelig angivelse af kilde.

**D.F.K.F.s publikationsafdeling:**

Ove Bang Christensen, Irisvej 2, 4773 Stensved, Tlf. 5538 6194  
e-mail: ovba@post3.tele.dk  
Bank: Nordea reg.nr. 0043 kontonr. 3485-703-186

*Henvendelse om hæfter, bøger og andet materiale rettes til publikationsafdelingen telefonisk. Bestillingsliste sendes pr. post eller telefax. Bestillingslister trykkes med jævne mellemrum i Fysik•Kemi. Alle henvendelser vedr. abonnement på bladet bedes rettet til forretningsføreren for Fysik•Kemi: Horst-Werner J. Knüppel - se ovenfor.*

**Forsidefoto:**

ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum). Billedet er taget med et højopløsnings stereo kamera (HRSC) om bord på ESA's Mars Express den 15. januar 2004 fra en højde af 273 km. Det viser en kanal på Mars (Reull Vallis), der er dannet af flydende vand.

**Stof til næste nummer af fysik•kemi:**

- fysik•kemi udkommer næste gang primo maj 2006
- Deadline er 1. april 2006
- Debatindlæg og artikler modtages pr. e-mail eller diskette. Vedlæg også gerne fotos.
- Redaktøren forbeholder sig ret til at forkorte indsendte indlæg.
- Synspunkter, der fremføres i bladet, kan ikke generelt tages som udtryk for redaktionens holdning.

**Indhold nr. 1 marts 2006**

- 4** Leder
- 6** Einstein og virkeligheden
- 11** Titan – jordens lillebror

- 14** FIRST LEGO League 2005



- 18** Gruppeprøven er også en individuel prøve!

- 20** Dét var det

- 22** Body Space



- 26** Debat: Tvær-faglighed

- 28** Hvad laver den skraldespand på mit måleinstrument?



- 30** Helges boks

# Leder

AF LANDSFORMAND GITTE B. HASS



Regeringen har nedsat et udvalg "... til forberedelse af en handlingsplan for naturfagene i folkeskolen". I udvalget sidder blandt andre så kompetente personer som Peter Norrild (rektor, Ålborg seminarium), Henrik Busch (lektor, Danmarks Pædagogiske universitet) og Niels O. Andersen (professor, Niels Bohr Institutet). Sidst i februar afholdtes et pressemøde, hvor sløret blev løftet for udvalgets anbefalinger til ministeren. Og det er spændende læsning.

Anbefalingerne er givet ud fra mål om at styrke elevernes faglige kompetencer, rette op på kønsskævheder og styrke interessen for de naturvidenskabelige og tekniske uddannelser. For at nå disse mål påpeger udvalget vigtigheden af

- liniefagsdækning af al naturfagsundervisning
- større samspil og synergi mellem naturfagene (herunder også geografi)
- styrket evalueringskultur
- et stærkt dansk naturfagsdidaktisk forskningsmiljø.

Udvalget stiller 9 fremragende hovedanbefalinger til regeringen. Nummer 2 af disse er, at de "*naturvidenskabelige liniefag i læreruddannelsen alle skal være på mindst et årsværk, have et fælles naturfagsdidaktisk modul og højere adgangskrav*". Num-

mer 6 på listen er, at naturfagligheden skal styrkes "*ved brug af meningsfulde afgangsprøver og diagnostiske test, hvor naturfagene ligestilles*". Og netop i denne tid, hvor vi alle stadig går og venter på den endelige besked om, hvordan vi skal have eleverne til prøve til sommer, er det meget aktuelt at høre, hvilke tanker der måske påvirker ministeren. Han har i udvalget samlet en række meget kompetente personer, og jeg håber, han lytter til deres anbefalinger i stedet for evt. at lade økonomi eller politiske principper sætte dagsorden. Her tænker jeg specielt på, at udvalget anbefaler en praktisk mundtlig **gruppebaseret** afgangsprøve med individuel bedømmelse. Der har fra forskellige politikere været sagt meget negativt om gruppeprøven. Og de lærere, som går ind for den, har været tillagt motiver, som jeg ikke engang føler er værd at kommentere. Udvalget påpeger også vigtigheden af, at der stadig skal arbejdes flerfagligt. Personligt mangler jeg stadig en definition af forskellen på flerfaglig og tværfaglig. Jeg har set forskellige, som direkte modsiger hinanden. 20% af prøvematerialet til den praktisk mundtlige prøve skal if. anbefalingerne omhandle flerfaglige emner/ problemstillinger. Den centralt stillede skriftlige prøve skal indeholde opgaver, som tester forståelse og fag-

lige kompetencer i henhold til målbeskrivelserne for faget. Dette udelukker, at prøven kun benytter sig af multiple-choice-opgaver eller alene fokuserer på paratviden. Da man ved, at prøver har meget stor direkte tilbagevirkning på undervisningen, vil det resultere i en svækket faglighed, hvis der bliver større satsning på paratviden end på forståelse og kompetencer. Det er et område af afgangsprøven, som regeringen tilsyneladende ikke har anerkendt hidtil.

Derudover har udvalget fremsat anbefalinger for efter- og videreuddannelsen af naturfaglige lærere. Herunder en ny PD-uddannelse i naturfagsdidaktik med et flow på 300 uddannelser pr. år, hvilket vil give én PD til hver folkeskole i løbet af 5-6 år. Og at der fra 2007 skal etableres en master-/kandidatuddannelse i naturfagsdidaktik, hvor der regnes med et flow på 70 studerende pr. år i perioden 2007-12. Det vil være et tiltrængt tiltag, da der i mange år har været en udtalt mangel på struktureret efter-/videreuddannelse inden for vores fag.

Så! Kære Bertel Haarder, lyt til udvalgets anbefalinger. Det er det bedste bud på mulighed for øget faglighed, vi har set i flere år.

# Fysik/kemi med energi

## ■ Et væld af valgmuligheder

Ny fysik/kemi A, B og C er Ny fysik/kemi-systemets ni grundbøger, som er samlet i tre bøger. Bøgerne sikrer stor fleksibilitet i undervisningen med de mange centrale faglige emner som fx el-lære, magnetisme, kemisk produktion og atomkraft.

## ■ Masser af gennemprøvede forsøg

Ny fysik/kemi A, B og C indeholder masser af øvelser, eksperimentelle laboratorieopgaver, fællesforsøg, tests og tip-tretten opgaver.

## ■ Aktiverer og motiverer

Opgaverne lægger op til, at eleverne medvirker aktivt gennem forskellige former for laboratorieaktiviteter. Bøgerne har et indbydende layout med mange fotos, illustrationer og fællesforsøg, som gør teorien let forståelig og relaterer til elevernes verden.

## ■ Sikrer solid faglighed

Ny fysik/kemi A, B og C gennemgår faglige emner og begreber grundigt med mange eksempler og praktiske anvendelser. De løbende skriftlige opgaver i arbejdshæfter og kopimapper sikrer elevens forståelse af eksperimenterne og giver dem et godt redskab til afgangsprøven.

Ny fysik/kemi A, kr. 199,- pr. stk.

Ny fysik/kemi B, kr. 229,- pr. stk.

Ny fysik/kemi C, kr. 249,- pr. stk.



Ja tak, send til gennemsyn i 30 dage

Ny fysik/kemi A     Ny fysik/kemi B     Ny fysik/kemi C

NAVN

ADRESSE

SKOLE

POSTNR./BY

Gyldendal • Klareboderne 5 • 1001 Kbh. K. • Bestil også på tlf. 33 75 55 60 • fax 33 75 57 22  
eller køb direkte på [www.gyldendal.dk/uddannelse](http://www.gyldendal.dk/uddannelse) og få 4% online-rabat!



GYLDENDAL  
- veje til viden

# Einstein og virkeligheden

TEKST: BENNY LAUTRUP, NIELS BOHR INSTITUTET

ARTIKLEN DANNEDE GRUNDLAG FOR ET FOREDRAG I KØBENHAVNS AFDELINGEN EFTERÅRET 2005. HAR TIDLIGERE VÆRET BRAGT I KVANT, MAJ 2005.

De fleste fysikere spekulerer ikke meget over virkeligheden i deres daglige arbejde. Tværtimod betragter de spørgsmålet som temmelig irrelevant, og nogle ser det endda som en værre gang filosofisk ævl<sup>1</sup>. Spørger man dem, hvad fysikken går ud på, hører man ofte svaret, at den udelukkende drejer sig om at frembringe modeller og sammenligne dem med eksperimenter. Men går man dem lidt mere på klingen og spørger om, hvad det egentlig er, modellerne angår, og hvad der eksperimenteres på, så viser det sig, at de fleste alligevel bærer på en forestilling om noget 'derude', en virkelighed som eksisterer i kraft af sig selv og ikke i afhængighed af deres egen personlige eksistens.

I modsætning til, hvad filosofiske skoler hævder, bekender den arbejdende fysiker sig normalt ikke til blot det seneste paradigme for virkeligheden, men opererer på samme tid med en række teoretiske modeller med overlappende gyldighedsområder. Fysikeren anvender således den klassiske mekanik og dens forestillinger om virkeligheden, når det drejer sig om at forstå dagligdagens mekanik, men vælger den relativistiske beskrivelse, når hastighederne bliver store, eller den kvantiske når objekterne bliver små. Alle modellerne betragtes som 'sande' beskrivelser inden for deres gyldighedsområder. Næsten da. Bevidstheden om dybereliggende begreber og små korrektioner fra mere omfattende teorier er aldrig helt fraværende. Hemmeligheden bag det 'at blive fysiker' består til dels i, at man skal tilegne sig denne oftest tavse infrastruktur bag sammensuriet

af teoretiske modeller. Albert Einstein adskiller sig i grunden ikke fra denne type fysiker, men på grund af hans skarpe intellekt og de kolossale bidrag, han har givet til fysikken, er der god grund til at lægge større vægt på hans tanker om virkeligheden. Alleerede gennem sine tre grundlæggende arbejder fra foråret 1905 kom Einstein faktisk i berøring med tre centrale aspekter: den deterministiske beskrivelse af den specielle relativitetsteori, den statistiske analyse af Brownske bevægelser, og den kvantiske behandling af den fotoelektriske effekt.

## 1. Determinisme

Einstein var først og fremmest et barn af den klassiske mekanik, grundlagt af Newton i det 17. århundrede. Centralt i Newtons mekanik ligger *determinismen*, nemlig at al fremtid er fuldstændig bestemt af nutiden. Nutiden kan derfor betragtes som årsag til fremtiden, og samtidig er den selv forårsaget af fortiden<sup>2</sup>.

Selv om Einstein i relativitetsteorien blandede rum og tid sammen, bevarede han dog determinismen. Ja, faktisk skærpede han den. En konsekvens af relativitetsteorien er nemlig, at lyshastigheden udgør den øverste grænse for udbredelsen af et signal. Dette betyder, at en nutidig begivenhed højst kan være årsag til de fremtidige begivenheder, der kan modtage et lyssignal fra den.

I den Newton'ske mekanik er der derimod ingen øvre grænse for signalhastigheden, og en nutidig begivenhed kan principielt være årsag til alle fremtidige

begivenheder. Mest dramatisk kommer dette til udtryk gennem tyngdekraftens øjeblikkelige udbredelse gennem rummet, hvilket altid har været en filosofisk anstødssten for forståelsen af den Newton'ske virkelighed. Med relativitetsteorien forsvandt dette problem, men det bør tilføjes, at for tyngdekraftens vedkommende blev det først fuldt afklaret gennem Einsteins almene relativitetsteori fra 1915.

Ifølge relativitetsteorien udbreder virkningen af en begivenhed sig altså som ringe i vandet, maksimalt med lyshastighed<sup>3</sup>. Efter, for eksempel, et nanosekund kan en bestemt begivenhed kun være årsag til andre begivenheder inden for en radius af 30 centimeter. Denne *lokalitet* er sidenhen blevet anvendt som et ufravigeligt princip for opstillingen af de kvantefeltteorier, som i dag ligger bag alle eksperimentelt bekræftede modeller for stof og stråling.

## 2. Statistik

Den mikroskopiske struktur af ethvert makroskopisk legeme er så kompleks, at det ligger uden for enhver praktisk mulighed at beskrive den i alle detaljer. Atomernes beliggenheder og hastigheder varierer så hurtigt, at det kun er muligt at beskrive et stort antal atomers opførsel med statistiske metoder. I sidste halvdel af det nittende århundrede opstilledes derfor den *statistiske mekanik* som det mikroskopiske underlag for den makroskopiske termodynamik, der havde nået sin endelige form omkring 1850. I sin analyse af Brownske bevægelser i 1905 anvendte Einstein sådanne statistiske betragtning-

ger til at kæde små partiklers tilfældige bevægelser sammen med molekylernes masser, en metode der i årene efter 1908 blev brugt til en præcis bestemmelse af Avogadros konstant.

Den klassiske statistiske mekanik er baseret på, at man i praksis ikke har kendskab til, hvor alle molekylerne befinder sig, og hvor hurtigt de bevæger sig. I princippet kunne man dog opnå denne viden, og den klassiske statistiske beskrivelse kan derfor ses som et "trick" til at komme uden om vores uvidenhed. Bag det mikroskopiske kaos ligger der stadig en deterministisk (og lokal) virkelighed. Hvis man blot målte de ukendte størrelser præcist, ville fremtiden blive lige så forudsigelig som i den rene mekanik. I princippet kunne man ligesom ved flyveulykker få en "havarirapport", som forklarede hele tidsforløbet i molekylernes myriader af individuelle sammenstød i ethvert makroskopisk legeme.

Den statistiske mekanik beskæftiger sig imidlertid ikke blot med middelværdier og varianter af målelige størrelser, men også med *korrelationer*. Hvis to målelige størrelser tenderer til at følges ad, således at de forøges eller formindskes i takt med hinanden, er korrelationen positiv. Korrelationen er negativ, hvis den ene størrelse forøges medens den anden formindskes (og omvendt).

Eksperimentelt bestemmer man korrelationen gennem en række *samtidige* målinger på de to størrelser. Da samtidige værdier af målelige størrelser ifølge relativitetsteorien ikke kan være årsag til hinanden, kommer der gennem korrelationerne et vist element af ikke-lokalitet ind i fysikken. Variationerne i værdierne af to målelige størrelser kan sagtens være statistisk korrelerede med hinanden uden at være kausalt forbundne, altså uden at kunne forbindes med et lyssig-

nal. Oftest skyldes korrelationen simpelthen, at der findes en tidligere fælles årsag til variationerne i de to størrelser. Megen lægevidenskabelig forskning går faktisk ud på at afdække den underliggende årsag til statistisk korrelerede symptomer.

For at tydeliggøre begrebet kan man forestille sig den situation, at to danske børn, en dreng og en pige, hver skal besøge en af deres forældre, som bor henholdsvis i New York og i Moskva. Tanten i København skal sende dem af sted med hver sin flyvemaskine, og da der ikke foreligger nogen aftale om, hvem der skal hvorhen, vælger hun at afgøre det ved at slå plat og krone. For hver af forældrene er der altså lige stor chance for at modtage drengen eller pigen. Men hvis drengen ankommer i New York, så vil pigen med sikkerhed ankomme i Moskva, og omvendt. De to tilfældige begivenheder er derfor fuldstændig korrelerede, og tantens (tilfældige) afsendelse af børnene udgør den fælles tidligere årsag.

### 3. Kvantemekanik

Dette var situationen før kvantemekanikkens konceptuelle gennembrud i 1925. Selv om Einstein havde anvendt kvantebetragninger på den fotoelektriske effekt i 1905, et arbejde han modtog Nobelprisen for i 1922, så var den almindelige opfattelse på dette tidspunkt nok, at den atomare virkelighed var underkastet en eller anden form for deterministisk beskrivelse. Men med Heisenbergs matrixmekanik og Schrödingers ækvivalente bølgemekanik kunne dette synspunkt ikke længere opretholdes. Især ikke efter at Born havde fremsat den fortolkning af kvantemekanikken, der senere kom til at gå under navnet *København-fortolkningen* [11].

Ifølge Københavnerfortolkningen skal Schrödingers bølger ikke forstås på samme måde som vandbølger eller elektromagnetiske bølger. Bølgefunktionen for en partikel adlyder godt nok en deterministisk ligning, ligesom 'normale' bølger, men den repræsenterer ikke værdien af en målelig fysisk størrelse på et givet tid og sted. I stedet fortolkes (kvadratet på) bølgefunktionen som sandsynligheden for ved en måling på det givne tidspunkt at finde partiklen på det givne sted. Denne fortolkning udgør et radikalt brud med den klassiske mekanik. Sandsynlighed (og dermed statistik) er ikke længere en overbygning på en deterministisk mekanik, men indbygget i selve kvantemekanikkens grundlag. Og hvis kvantemekanikken i almindelighed kun kan levere statistiske forudsigelser, falder determinismen til jorden. *Nutiden er altså ikke længere den unikke årsag til fremtiden!* Eller sagt på en anden måde: det er endog ikke principielt muligt at fremskaffe kvantemekaniske 'havarirapporter' for atomare sammenstød.

Desuden følger det af kvantemekanikkens formalisme, at ikke alle fysiske størrelser kan bestemmes samtidig med vilkårlig præcision. Sådanne størrelser, for eksempel en partikels sted og impuls, blev af Bohr kaldt *komplementære*, og Heisenbergs ubestemthedsrelationer sætter en nedre grænse for produktet af deres målesikkerheder. Bohr fortolkede komplementariteten derhen, at det ikke er muligt i samme eksperiment at bestemme både stedet og impulsen for en partikel med vilkårlig præcision. Sted og impuls kan dog begge måles præcist, men det kræver to forskellige eksperimenter, hvis konstruktion gensidigt udelukker hinanden. Bohr lagde altid vægt på, at det var den samlede eksperimentelle opstilling, som definerede hvilke variable, der kunne måles med præcision.

#### 4. Einstein, Podolsky og Rosen

Einstein var ikke glad for denne udvikling, og i en række berømte diskussioner med Bohr forsøgte han at 'skyde hul' i kvantemekanikken. Bohrs svar tilbageviste i alle tilfælde hans indvendinger gennem sindrige tankeeksperimenter, men selv om Einstein således 'tabte', har hans indvendinger vist sig af stor betydning for forståelsen af kvantemekanikken.

Et afgørende punkt i diskussionen fremkom i 1935 i en kort artikel af Einstein og hans to yngre medarbejdere, Podolsky og Rosen (EPR) [2]. I artiklen indførtes en indirekte målemetode, som (i det mindste i et tankeeksperiment) tillod at bestemme en partikels egenskaber uden at komme i nærheden af den. Metoden gik primært ud på at konstruere en to-partikel bølgefunktion, der både indebar perfekt korrelation mellem de to partiklers impulser og mellem deres steder. En præcis måling af den ene partikels impuls ville derfor kunne bruges til at forudsige den anden partikels impuls, og en præcis måling af den ene partikels sted ville kunne bruges til at forudsige den anden partikels sted. EPR medgav, at dette ikke stred mod komplementariteten mellem sted og impuls, som jo blot forbød samtidig præcis bestemmelse af disse størrelser.

EPR gjorde nu den grundlæggende antagelse, at hvis man uden på nogen måde at forstyrre et system i princippet kan bestemme dets egenskaber, så har systemet i virkeligheden disse egenskaber, uanset om målingen faktisk bliver udført eller ej. Dette var netop situationen i deres tankeeksperiment, hvor måling af sted eller impuls på den ene partikel bestemte den anden partikels sted eller impuls. Ud fra denne antagelse om, hvad der kan siges at være virkelige egen-

skaber, konkluderede EPR derfor, at en partikel samtidig måtte besidde både et præcist sted og en præcis impuls, selv om disse størrelser ifølge kvantemekanikken ikke kan måles samtidig med vilkårlig præcision (men det var, så at sige, kvantemekanikkens problem). Da alle aspekter af virkeligheden ifølge EPR bør indeholdes i en fuldstændig teori, kunne kvantemekanikken derfor ikke være fuldstændig. Der måtte findes en mere omfattende beskrivelse, i hvilken alle fysiske størrelser havde bestemte værdier.

Bohr publicerede kort tid efter EPR sin udlægning af deres tankeeksperiment [3]<sup>4</sup>. Ifølge Københavnerfortolkningen kan de korrelerede partikler ikke anses for at være separate dele af systemet. De danner et samlet udeleligt hele, hvis præcist målelige egenskaber er fastlagt gennem hele den faktiske eksperimentelle opstilling, der tilbereder bølgefunktionen. I EPR's bølgefunktion er det kun summen af de to partiklers impulser og forskellen i deres positioner, der er præcist definerede. Det er derfor ikke meningsfyldt at tillægge nogen af partiklerne præcise værdier for sted og impuls, uanset at man ved måling på den første partikel kan bestemme enten sted eller impuls for den anden partikel uden at komme 'i berøring med' den. Bohr konkluderede, at EPR's virkelighedskriterium er tvetydigt med hensyn til meningen med "ikke på nogen måde at forstyrre systemet".

Oftest fortolkes Bohrs forfinede konklusion derhen, at systemets egenskaber først fastlægges gennem en måling. Før målingen er partiklernes sted eller impuls ubestemte. En måling af enten stedet eller impulsen af den ene partikel ændrer abrupt systemets kvantetilstand, således at enten stedet eller impulsen for begge partiklerne derefter har præcise værdier<sup>5</sup> (der findes ingen måling, hvorved begge

størrelser kan bestemmes præcist).

#### 5. Børn med ubestemt køn

Lad os illustrere ovenstående gennem eksemplet med drengen og pigen, der skal til New York eller Moskva. Ifølge den klassiske mekanik vil børnenes køn være præcist defineret lige fra det øjeblik, tanten anbringer dem i flyvemaskinerne i København. Hvis drengen anbringes i flyvemaskinen til New York, vil pigen være i flyvemaskinen til Moskva, hele vejen (og omvendt).

Kvantemekanisk følger det derimod af Københavnerfortolkningen, at børnenes køn ikke kan tillægges en bestemt værdi i nogen af flyvemaskinerne. Selv om kønnene er fuldt korrelerede med hinanden, fastslås det først, at drengen må være i flyvemaskinen til New York, når pigen observeres i Moskva (eller omvendt). Hvis kvantetanten derimod havde noteret sig, hvilket barn der tog med hvilken maskine, ville børnenes køn have været præcist bestemt på hele turen, ligesom i det klassiske tilfælde. Men så ville der jo også være tale om et helt andet eksperiment, som definerede helt andre præcist bestemte egenskaber.

Tidligere indså vi, at korrelationer sagtens kan være ikke-lokale, men med Københavnerfortolkningen tager ikke-lokaliteten en ny drejning. Hvis det ene barns køn først fastlægges i det øjeblik, det andet barns køn observeres, ser det jo ud, som om der løber et signal mellem de to flyvemaskiner med en hastighed større end lysets. Denne – med Einsteins ord – *spøgesagtige fjernvirkning* kan imidlertid ikke bruges til at kommunikere med, fordi det aldrig er muligt at forudbestemme, hvilket køn der kommer ud af den første måling. Resultatet

'dreng' eller 'pige' optræder nemlig lige ofte og fuldstændig tilfældigt i New York eller Moskva. Ikke-lokaliteten strider derfor ikke mod den Einstein'ske kausalitet.

## 6. Bell og Aspect

Selv om kvantemekanikken blev regnet for veletableret i årene efter EPR, anså mange nok diskussionen som ikke helt afgjort. I 1964 påviste den irske fysiker John Bell imidlertid, at det var muligt eksperimentelt at afgøre, hvem der havde ret [5].

I stedet for sted og impuls benyttede han partikler med korrelerede spin [4]. En partikels spin-projektioner på forskellige retninger er også komplementære, således at en præcis måling af spinnets i en retning gør enhver måling på det i en anden retning fuldstændig ubestemt. Overført til denne situation, ville EPR's argument betyde, at spinnets alligevel hele tiden har en veldefineret ('virkelig') værdi i enhver retning, medens Københavnerfortolkningen siger, at spinnets værdi i en given retning først bliver fastlagt gennem en måling. Bell viste, at EPR's fortolkning fører til en ulighed, som ikke opfyldes af den sædvanlige kvantemekanik. Bell pegede desuden selv på, at denne ulighed faktisk kunne efterprøves eksperimentelt.

En række eksperimenter på spin blev da også udført i årene efter, især af franskmændene Alain Aspect, som frembragte polarisations-korrelerede foton-tilstande med afstande på mange meter mellem de to fotoner [6]. Hans konstruktion umuliggjorde desuden kommunikation med lys signaler mellem partiklerne, så at de målte polarisationer ikke kunne være kausalt forbundne. Eksperimenterne viste entydigt, at Bells ulighed ikke er opfyldt, men at kvantemekanikkens forudsigelser til gengæld holder stik. I nyere eksperimenter er afstanden mellem de kor-

relerede spin blevet forøget til mange kilometer [7].

De fleste anser disse resultater som en stærk bekræftelse af Københavnerfortolkningen og en afvisning af EPR's indvendinger mod denne. Oftest ses eksperimenterne som en bekræftelse på den spøgelsesagtige ikke-lokale forbindelse, der gennem kvantemekanikken etableres mellem ellers tilsyneladende adskilte systemer. EPR's kriterium for, hvorledes elementer af den fysiske beskrivelse kan betragtes som virkelige, kan derfor ikke opretholdes.

## 7. Alternativer

Københavnerfortolkningen af virkeligheden er i bund og grund så mystisk og besynderlig, at nogle taler om 'quantum weirdness'. Den forekommer så fremmed for den 'sunde fornuft', at adskillige alternative fortolkninger gennem tiden er blevet bragt til torvs [8,9]. Disse fortolkninger er ganske opfindsomme, men alle udfordrer den sunde fornuft mindst lige så meget som Københavnerfortolkningen.

Blandt de mest berømte er nok Bohms ikke-lokale partikelfortolkning af bølgefunktionen og specielt Everetts mangeverdendfortolkning, som mange moderne fysikere hælder imod [11]. I de allerseneste år er Københavnerfortolkningen af en gruppe fra Niels Bohr Institutet [10] videreført til, hvad man nok kan kalde dens ekstreme grænse. Her bortfalder selve forestillingen om partikler som årsag til de fuldstændigt tilfældige 'klik', der registreres ved målinger. Det skal dog bemærkes, at ingen af disse alternative fortolkninger endnu har ført til forslag til eksperimenter, der kan give resultater, som adskiller sig fra Københavnerfortolkningens.

Der er ingen tvivl om, at opklaringen af EPR paradokset ville have berørt Einstein dybt. Han

forsøgte så langt som det kunne lade sig gøre at bevare et billede af virkeligheden, der ikke stred mod en mere dagligdags, såkaldt *lokalt-realistisk* opfattelse. At et sådant synspunkt ikke kan opretholdes, blev først klart længe efter hans død, gennem Bells teorem og Aspects eksperimenter. Einstein ville uden tvivl have haft en del skarpe kommentarer til både denne udvikling og til de alternative fortolkninger.

## 8. References

- [1] Einsteins (tidlige) synspunkter på virkeligheden i fysikken, Albert Einstein: *Physics and Reality*, Journal of the Franklin Institute **221**, 349-382 (1936).
- [2] Den berømte EPR artikel, A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen: *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete*, Phys. Rev. **47**, 777-780 (1935).
- [3] Niels Bohrs svar til EPR, N. Bohr: *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete*, Phys. Rev. **48**, 696-702 (1935).
- [4] Bohms udvidelse af EPR til spin, D. Bohm and Y. Aharonov: *Discussion of Experimental Proof of the Paradox of Einstein, Rosen and Podolski*, Phys. Rev. **108**, 1070-1076 (1957).
- [5] En samling af Bells artikler om kvantemekanikken, J. S. Bell: *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*, Cambridge University Press (1987 og senere).
- [6] Aspects vigtigste artikel, A. Aspect, J. Dalibard, and G. Roger: *Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers*, Phys. Rev. Lett. **49**, 1804 (1982).
- [7] En diskussion af både Bells teorem og den eksperimentelle situation, A. Aspect: *Bell's theorem: The naive view of*

an experimentalist, Udgivet i *Quantum [Un]speakables-From Bell to Quantum Information*, R. A. Bertlmann and A. Zeilinger (eds.), Springer (2002).

[8] En omfattende semipopulær gennemgang af moderne fysik, inklusive fortolkningerne af kvantemekanikken, Brian Greene: *The Fabric of the Cosmos*, Allen Lane (2004).

[9] En samling artikler af førende fortolkere af kvantemekanikken udgivet i anledning af J. A. Wheelers 90-års fødselsdag, J. D. Barrow, P. C. W. Davies, and C. L. Harper, jr: *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*, Cambridge University Press (2004).

[10] Københavnerfortolkningen i ekstremis, A. Bohr, B. R. Mottelson, and O. Ulfbeck: *The Principle Underlying Quantum*

*Mechanics, Foundations of Physics* 34, 405-417 (2004).

[11] Se for eksempel dokumentarfilmen, Lars Becker-Larsen: *Københavnerfortolkningen*, Produceret af Arentoft Film ApS med støtte fra Det Danske Filminstitut, Danmarks Radio, Undervisningsministeriet og Videnskabsministeriet (2005). Se <http://www.dfi.dk>.

## 9. Fodnoter

<sup>1</sup> Mange fysikere har en indgroet skepsis over for filosofi. Selv Einstein udtrykte engang, at kritiske overvejelser over virkelighedens beskaffenhed ikke udelukkende kan overlades til filosofferne [1].

<sup>2</sup> I bredere forstand kan determinisme karakteriseres ved at fremtiden er bestemt af fortiden. I Newtons og Einsteins mekaniske fysik er der imidlertid ingen afhængighed af forhistorien, men kun af det uendeligt snævre øjeblik, vi kalder *nuet*. Til gengæld bliver fortiden lige så

beregnelig som fremtiden ud fra mekanikkens ligninger, som har en besynderlig symmetri mellem fortid og fremtid i strid med al dagligdags erfaring. I den moderne kosmologi anses den velkendte asymmetri mellem fortid og fremtid (og dermed mellem årsag og virkning) at være en følge af, at universet begyndte i en højt ordnet tilstand [8].

<sup>3</sup> Tyngdebølger er dog endnu ikke blevet direkte observeret, men det forventes at ske med næste generation af eksperimenter. Indirekte er tyngdebølger observeret i binære neutronstjernesystemer.

<sup>4</sup> I Bohrs analyse 'realiseres' EPR's abstrakte bølgefunktion gennem en version af hans berømte dobbelt-spalte tankeeksperiment. Senere viste Bohm og Aharanov [4], at langt simple og realiserbare eksperimenter kunne udføres på partikler med korrelerede spin.

<sup>5</sup> Da denne abrupte ændring af kvantetilstanden fører til tab af viden om systemet, taler man også om bølgefunktionens kollaps under en måling.



Valby skole

**-Nyt liv ?**



- bedst til faglokaler

ST SKOLEINVENTAR A/S · Tlf. 97 37 11 88 · Fax 97 37 23 27 · [www.st-skoleinventar.dk](http://www.st-skoleinventar.dk)

# Titan

## – jordens lillebror

TEKST: HELGE KASTRUP, SEMINARIELEKTOR, CVU-STORK

### Astronomiens zoologiske have 3

Christian Huygens opdagede i 1655, at planeten Saturn havde en stor måne, der fik navnet Titan. Det har været kendt længe, at Titan er den eneste måne, der har sin egen tykke atmosfære. Atmosfæren blev først postuleret i 1907 af den spanske astronom Jose Comas Sola. Den endelige bekræftelse stammer fra 1944 og skyldes samme Gerard Kuiper, som omtaltes i den forrige artikel i denne serie. Han påviste endvidere samtidig, at dens atmosfære indeholdt metan  $\text{CH}_4$ . I 1980 viste observationer fra Voyager-sonden, at atmosfæren indeholdt væsentlige dele kvælstof  $\text{N}_2$ .

Titan er den næststørste af Solsystemets måner med en diameter på 5150 km. Kun Jupitermånen Ganymedes er en anelse større ( $d = 5276$  km). Både Merkur ( $d = 4878$  km) og Pluto ( $d = 2301$ ) er mindre end Titan.

Vor viden om Titan var tidligere begrænset af den store afstand og af det skylag, der dækker overfladen. I 1980 og 1981 passerede de to rumsonder Voyager 1 og Voyager 2 Titan i en afstand på omkring 4.500.000 km. Det gav lidt bedre data. Man kunne påvise skiftende albedoværdier fra forskellige områder af overfladen. **Albedo** betyder, hvor mange procent af det indfaldende lys der tilbagekastes. Og dermed så man de første glimt af Titans overflade.

Nu er situationen drastisk ændret. Cassini-sonden nåede i 2004 frem til Saturn. Den vil alt i alt gennemføre 74 omløb omkring den store gasplanet og 44 gange passere Titan i forskellige afstande. (Cassini er opkaldt efter italieneren Giovanni Domenico Cassini, 1625-1712, der blandt meget andet opdagede 4 Saturn-måner og mellemrummet i planets ring. Det kaldes for **Cassinis mellemrum**.) Men endnu bedre: Med sig bragte Cassini en yderligere sonde

Figur 1  
Sammenligning mellem Jordens og Titans atmosfærer



med navnet Huygens, som 25.12.2004 blev frigjort og sendt på en 20 dages rejse mod Titan, hvor den landede 14. januar 2005. Under den to og en halv times lange nedtur med i alt tre faldskærme gennem Titans atmosfære foretoges en lang række målinger af den tætte atmosfære. Efter landingen udførte sonden målinger fra Titans overflade. Man havde håbet på, at den ville fungere her i en halv times tid. Den fungerede i 1 time 12 minutter og 9 sekunder, og alle målinger udført under nedstigningen og på overfladen blev sendt og modtaget på Jorden. De fleste af signalerne blev opfanget af Cassini-sonden og sendt videre. En lille del blev dog modtaget direkte af radioteleskoper på Jorden. Mængden af data var så overvældende, at der kommer til at gå mange år med at behandle dem.

## Titans atmosfære

Den korte udgave: Titans atmosfære består af 95 %  $N_2$ , molekylært kvælstof og 5 %  $CH_4$  dvs. metan. Trykket ved overfladen er 1,6 atm, og overfladetemperaturen ligger på omkring  $-180^\circ C$ .

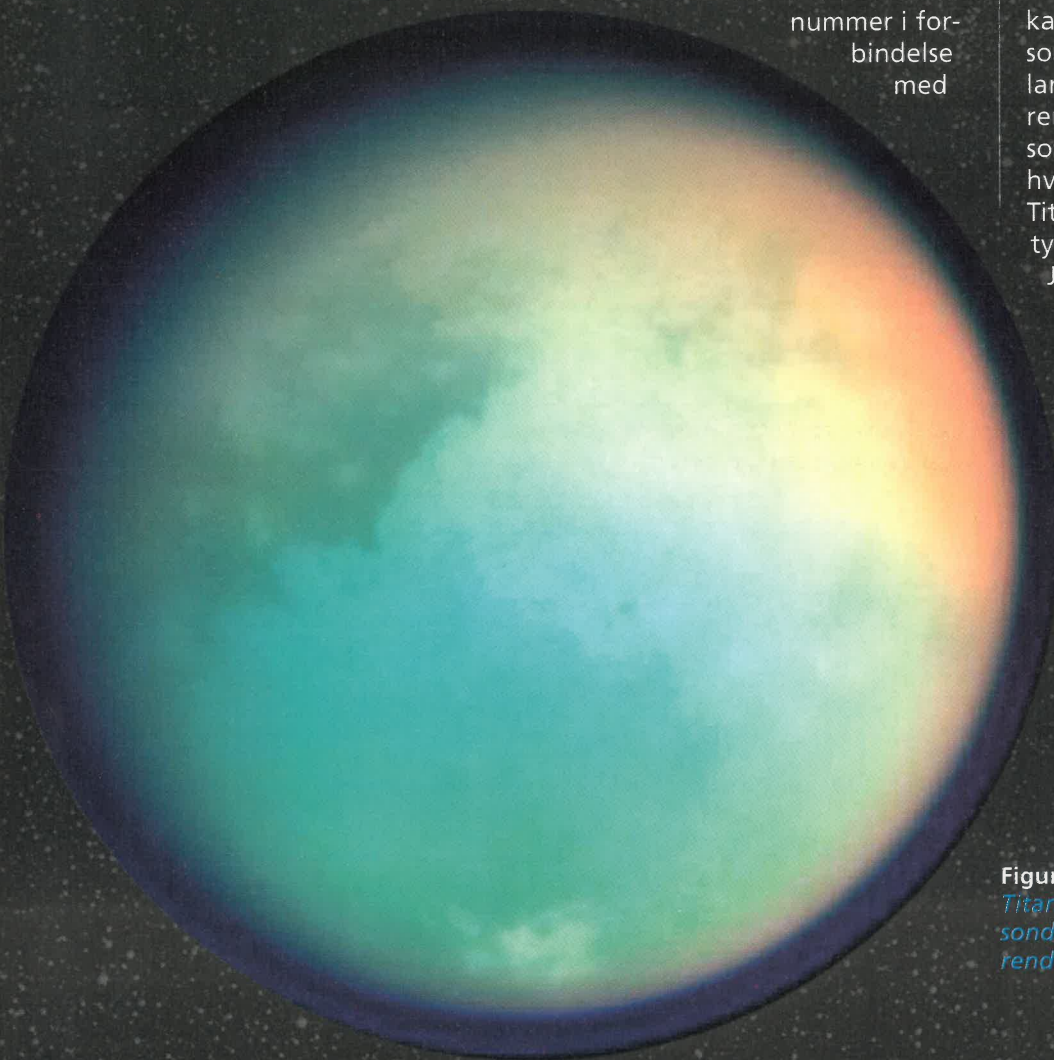
Metans rolle på Titan ligner meget vand/vanddamps på Jorden. Der må være regelmæssige "regnbuer" af metan. Men der er hverken metan nok til danne have eller større søer. Der ses imidlertid op til 50-100 m dybe floddale, hvor der må have løbet floder af metan. Ligeledes ses canyons og slugter, der tyder på, at der har været lavalignende udbrud fra månens indre. Lavaen har ikke bestået af smeltede stenarter men af blandinger af vandis og ammoniak. (Det var den samme "lava-blanding", der omtales i sidste nummer i forbindelse med

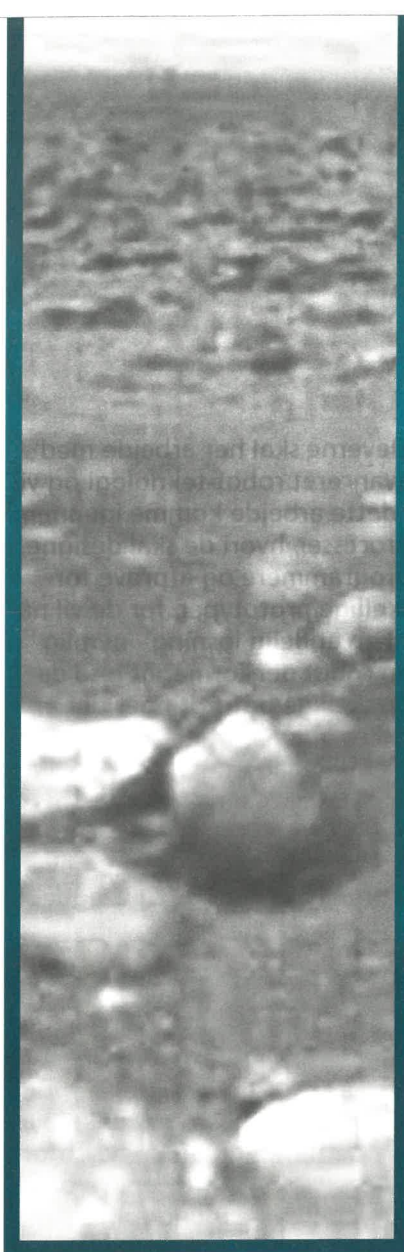
plutinoen Quaoar.) Det kræver umiddelbart en forklaring, hvorfor der kan være så stor procentdel metan i Titans atmosfære. Den burde nemlig blive nedbrudt på mellem 10 og 100 millioner år. Havde der været store have af metan, kunne de have været kilde til atmosfærens metan. Men havene mangler. Derfor må atmosfæren regelmæssigt få tilført metan fra månens indre, muligvis fra de tidligere nævnte udbrud. Fra den isotopiske sammensætning af kulstoffet i metanen kan man udelukke, at det stammer fra biologiske processer, som vi kender dem på Jorden.

I den øvre del af atmosfæren, hvor Solens ultraviolette lys stadig kan nå til, spaltes metan i fragmenter, der samler sig igen i organiske molekyler som fx fleraromatiske kulbrinter. De kondenserer og danner Titans karakteristiske smog af aerosol-partikler. Partiklerne daler langsomt ned gennem atmosfæren og ender med at "sne" som sorte fnug ned på overfladen, hvor de samler sig i flodlejerne. Titan har jo en del svagere tyngdekraft ( $g = 1,354 m/s^2$ ) end Jorden. Når den alligevel kan nå op på et tryk på 160 % af trykket på jordoverfladen, betyder det, at dens atmosfære må række meget længere ud end Jordens. Hvor Jordens atmosfære når ca. 60 km ud, strækker Titans sig omkring 600 km. De allerførste spor af Titans atmosfære viste sig som en svag deceleration af Huygens-sonden i 1500 kilometers højde.

Figur 2

Titan i falske farver set fra Cassini-sonden. Det blå lag er fluorescerende metan





**Figur 3**  
Titans overflade set fra Huygens-sonden 14.01.05

Men sammenligner man de to atmosfærer som på figur 1, er der også slående ligheder, hvis man ganger afstandene for Jorden med en faktor 10.

Figur 3 viser Titan set fra 158.000 kilometers afstand optaget af Cassini-sonden. Billedet er i falske farver, det vil sige, at farverne digitalt er ændret til et område, øjet kan se.

Vindene bevægede sig under det meste af sondens nedtur i retning af Titans rotation, det vil sige i retningen fra vest mod øst, med fart op til 450 kilometer i timen over 120 kilometers højde. Derefter aftog farten for til sidst at skifte retning i omkring 7 kilometers højde.

## Målinger af og på Titans overflade

Den smog, som delvis forhindrer, at man kan se Titanoverfladen fra rummet, fortsatte længere ned, end i de tidligere modeller for månens atmosfære, som havde forudsagt, at disen skulle være væk fra 60 kilometers højde og nedefter. Men heldigvis var den blevet så tynd, at sonden kunne tage gode skarpe billeder fra omkring 40 kilometers højde og resten af nedfarten.

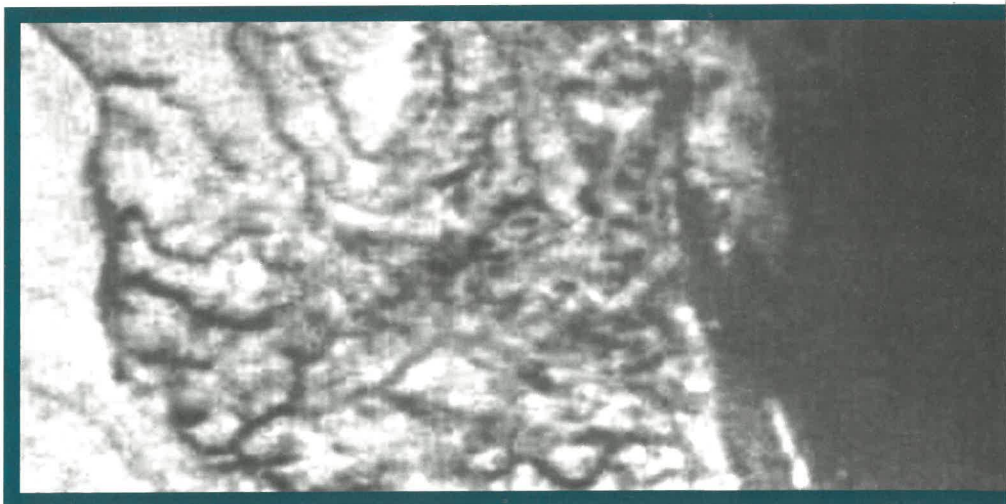
Billedet, der trådte frem, var af et jordlignende himmellegeme såvel meteorologisk, geomorfologisk, som hvad angår floder. Og landskabet bar præg af erosion fra vind og regn. Der må være tale om den allerede nævnte metan-regn. Der synes at være to typer netværk af kanaler. Dels er der "afvandingskanaler" der er 100-200 m brede og 50-100 m dybe. Det er tilsyneladende kanaler for metan-nedbør. Dels er der korte bredere kanaler, som ser ud til at starte og slutte i mørkere fordybninger. Det menes at være kanaler fra en slags kildeudspring. Figur 4 viser et billede taget fra 16,2 kilometers højde, hvor man tydeligt ser kanalerne.

Huygens-sonden landede på fast grund. Men så skete der noget overraskende. Standardværdien af den relative luftfugtighed

(det vil her sige indholdet af metan i forhold til mætningspunktet) begyndte at stige. På tre minutter steg metanindholdet godt 30 %. Tilsyneladende var der forholdsvis metansummet, hvis man forstår, hvad jeg mener. Og landingen frigjorde via trykpåvirkningen og den frigjorte energi derefter metan. Svup! Figur 4 viser Titans overflade fotograferet fra Huygens-sonden. Stenene i forgrunden er 10-12 m store.

Det store spørgsmål, som står ubesvaret, er, hvor komplicerede organiske molekyler der er dannet på Titan. Er der fx aminosyrer? Måleinstrumenterne på Huygens var ikke forfinede nok til en sådan analyse. Man kunne dog spektroskopisk påvise tilstedeværelsen af fx  $C_2N_2$ ,  $C_6H_6$  og  $C_2H_6$ . Men i milliarder af år har det regnet med molekyler fra en atmosfære rig på kulstofforbindelser på en overflade, hvor en slags vulkaner har leveret vand og ammoniak. Det er et godt gæt, at den kemiske suppe på Titans overflade må ligne den, der fandtes på Jordens overflade ved livets opståen. Og der er derfor alt mulig grund til at håbe på et senere genbesøg, hvor suppen kan blive studeret nøjere.

**Figur 4**  
Titan fra 16,2 kms højde



# FIRST LEGO League 2005

TEKST: CHARLOTTE THUNØ-ESPersen OG JOHN KIM NIELSEN, EGEgåRD SKOLE, GLADSAXE.

FOTO: JØRGEN LARSEN

Da vi meldte vores klasse til FIRST LEGO League (FLL) var udgangspunktet, at det kunne være et interessant projekt for klassen at deltage i! Det lød spændende at skulle "lege" med LEGO og computere i forbindelse med undervisning! Vi kunne dog efter forløbet konstatere, at det havde været meget mere end blot interessant at deltage i! Eleverne havde lært en hel del om at arbejde selvstændigt og projektorienteret, samt beskæftiget sig med faglige udfordringer på højt niveau. Men hvad var det så i dette forløb, der kunne give eleverne faglige udfordringer af denne karakter?

Svaret på dette kan bl.a. findes i konceptet for FLL, hvor den grundlæggende idé er, at eleverne, delt op i hold, igennem 8 uger skal arbejde med en teoretisk og en praktisk opgave. Resultaterne af disse to opgaver skal så fremlægges på en lokal finaledag. Her kan holdene score et antal points, alt afhængig af, hvor godt det

enkelte hold klarer sig. Det hold som i sidste ende samlet har klaret sig bedst, vinder så FIRST LEGO League Champion prisen og dermed retten til at deltage i den skandinaviske finale, i år Trondheim - Norge. Dette er dog ikke den eneste pris! Der bliver bl.a. uddelt priser til det/de hold der:

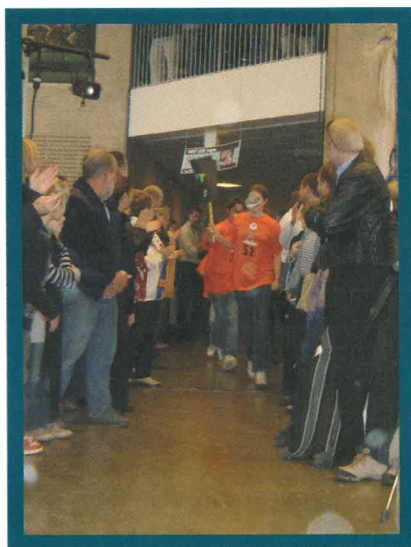
- har den bedste programmering af robotterne (Programmeringsprisen)
- udviser det bedste overblik (Overbliksprisen)
- udviser det bedste samarbejde (Samarbejdsprisen)
- kommer i robotkørselsfinalen (Robotkørsels 1. og 2. pris) – og mange flere :)

Hvad går de to opgaver/udfordringer så ud på?

Den praktiske opgave går ud på, at eleverne skal programmere en LEGO-robot til at løse en række forskellige opgaver. Denne "robot-kørsel" foregår på et specialdesignet bord med nogle bestemte dimensioner. Bordet har et underlag der afspejler "årets udfordring".

Eleverne skal her arbejde med avanceret robot-teknologi og vil i dette arbejde komme igennem processer, hvori de skal designe, programmere og afprøve forskellige prototyper, før de vil nå til en endelig løsning - nemlig en robot der formår at løse de forskellige udfordringer der er stillet op på bordet. På finaledagen skal de forskellige hold konkurrere mod hinanden, og det hold som i sidste ende har klaret sig bedst, bliver vindere af FIRST LEGO League's Kørselspris.

Den teoretiske opgave går ud på, at eleverne i hold skal arbejde projektorienteret med en selvvalgt opgave inden for de rammer der bliver udstukket ved præsentationen af "årets udfordring". De skal med andre ord finde et emne inden for årets tema, som de skal forske i og gennem forskningen prøve at nå frem til et eller flere løsningsforslag. Eleverne skal så på konkurrencedagen fremlægge deres opnåede teoretiske viden til et dommerpanel på en hensigtsmæssig måde. Det hold der på



finaledagen scorer flest points i denne opgave, vinder FIRST LEGO League's Temapris.

I forløbet op til finaledagen vil der blive stillet store krav til samarbejdet. De skal bl.a. holde møder, så alle på holdet ved hvad de andre på holdet arbejder med. De skal med andre ord arbejde med et problem på en måde, som er identisk med måden, man arbejder på i "det virkelige liv".

Men denne måde at arbejde på, er i sig selv ikke ny! Den store forskel består i, at eleverne, udover at skulle arbejde selvstændigt, har nogle gode muligheder for et tæt samarbejde med virksomheder/iværksættere, institutioner og personer (familie m.m.) uden for skolens dagligdag.

Alt arbejde skal foregå selvstændigt og stiller således store krav til hvert enkelt holdmedlems arbejdsdisciplin og initiativ. Det er en række vidt forskellige opgaver et sådan hold skal kunne løse, og der er derfor brug for flere forskellige kompetencer på holdet – det er ikke nok bare at have god teknisk forståelse. Der skal ud over det tekniske være nogen på holdet der kan tænke kreativt, nogen der kan formidle, nogen der kan underholde, nogen der kan holde sammen på holdet osv.

På Egegård Skole i Gladsaxe havde vi tilmeldt to klasser – en 7. klasse og en 8. klasse. Hver klasse blev opdelt i 3 selvstændige hold, som i princippet skulle arbejde uafhængigt af hinanden. Vi lærere oprettede dog en konference på Skolekom, hvori vi og de enkelte hold, kunne offentliggøre erfaringer, som var i alles interesse.

Vi lærere i 7. klasse brugte en del tid på at drøfte, hvordan vi skulle inddele eleverne i hold. Vi var først fristede af at danne et "elitehold," men valgte efter

## Hjemmeside: [www.hjernekraft.org](http://www.hjernekraft.org)

"FIRST LEGO League – Scandinavia" (FLL) er en teknologiturnering for børn og unge i alderen 10-16 år, hvor kreativitet, samarbejde, design, gå-på-mod, teamånd, entusiasme, initiativ, leg og læring er centrale elementer. Turneringen er kommet i stand ved et samarbejde mellem organisationen "FIRST" og "LEGO Group", hvor det centrale er "FIRST" (For Inspiration and Recognition of Science and Technology), og hvor "LEGO" fremstiller de materialer, eleverne skal bruge til løsning af den praktiske opgave.

"FIRST Scandinavia" er en skandinavisk, ikke kommerciel

stiftelse som har til formål at stimulere børns interesse for naturvidenskab og tekniske/matematiske fag gennem engagerende projekter, hvor børnene selv er drivkraften.

Formål, som det er formuleret af FIRST LEGO League – oversat fra norsk:

"At stimulere børns interesse for naturvidenskabelige og tekniske/matematiske fag gennem engagerende projekter, hvor børnene selv er drivkraften, og hvor de voksnes rolle er af administrativ og hjælpende karakter. Projekterne skal foregå i et miljø, hvor kreativitet, samarbejde, leg og fantasi er naturlige og højt værdsatte ingredienser."

mange drøftelser at sammensætte de tre hold således, at hvert hold repræsenterede et bredt udsnit af klassens kompetencer. Med denne holdopdeling satte vi elevernes evne til samarbejde i fokus og vi havde derfor også besluttet ikke at ændre på holdsammensætningen undervejs i forløbet – eleverne skulle med andre ord få samarbejdet til at fungere, lige meget hvilke problemer der måtte opstå på holdet!

I undervisningstiden ændrede vi elevernes skema således, at vi brugte 6 lektioner om ugen i alle 8 uger på FLL. Timerne blev taget fra dansk, matematik og biologi. Samtidig gjorde vi det klart for eleverne, at dette ikke ville være tid nok! Den "mangelende" tid, skulle eleverne selv finde – til gengæld gjorde vi det muligt for eleverne at arbejde på skolen efter skoletid i det antal timer de måtte have brug for!

Som helhed tog klassen godt imod denne "udfordring". De var umiddelbart indstillet på at

levere det stykke arbejde, der skulle til for at få et godt resultat og til at blive efter skoletid i det omfang der måtte være nødvendigt. I sidste ende var det dog nogle få engagerede på hvert hold, der præsterede det største stykke arbejde.

Da dette projekt i høj grad lægger vægt på, at det er elevernes egen drivkraft og initiativ der er i højsædet, gav det os lærere rig mulighed for at iagttage og vurdere, hvordan arbejdet skred frem på de 3 hold.

Årets udfordring hed "Ocean Odyssey". Ud fra dette bredt formulerede tema skulle eleverne kredse sig ind på, hvilket teoretisk problem de ville arbejde med. Inden de gik i gang med det egentlige arbejde, skulle grupperne gennem en række team-buildings øvelser. Dette kom tydeligvis bag på samtlige elever, og de havde da også svært ved at forholde sig til, at disse øvelser havde noget at gøre med det forløb, de nu skulle i gang med.

Det viste sig hurtigt, at det var



svært for eleverne at udnytte den brede formulering af årets udfordring, og der gik en del tid med at få pejlet sig ind på lige netop det område, de enkelte grupper ønskede at arbejde med. Det endte da også med, at 2 af grupperne satte sig for at arbejde med det samme overordnede tema, nemlig hvordan det lader sig gøre at bygge menneskeboliger under vand. Kun den ene af grupperne havde gjort sig overvejelser om, hvorfor det egentlig skulle være nødvendigt for mennesker at bo på havbunden. Den 3. gruppe satte sig for at konstruere en ferskvandsrensere der var langt billigere i anvendelse end andre kendte vandrensningsmetoder.

Fagligt bragte de tre undersøgelser de tre hold vidt omkring. De to hold der arbejdede med boliger

under vand, måtte jo nødvendigvis gøre sig tanker om, hvad der skulle til for i det hele taget at kunne bygge holdbare konstruktioner under vandet. De måtte forholde sig til det enorme tryk, det barske miljø, transport af fødevarer til og fra en sådan bolig, ilt-forsyning i boligområdet, bortskaffelse/genbrug af affaldsprodukter og meget, meget mere! Mange spørgsmål som krævede en eksperts viden – eleverne måtte så finde og forstå eksperterne! Et af holdene havde valgt at placere deres undervandsbolig i Den Californiske Havbugt. Begrundelserne for denne placering var mange, men de havde ikke tænkt over den store fare for jordskælv i dette område. Det erfarer de nu, og herved fik de lært lidt om pladetektonik. Gruppen der ville konstruere en billig ferskvandsrensere havde taget udgangspunkt

i produktet "LifeStraw" – et sugerør, udviklet af danskeren Torben Vestergaard Frandsen, der gør udrikkeligt vand rent, så det kan drikkes. De ville lave sugerøret i en stor, men transportabel størrelse, således at det kunne forsyne flere husstande med rent drikkevand. Én af de udfordringer gruppen måtte løse i forbindelse med realiseringen af vandrenseren var energiforsyning til enheden. Hvordan kunne de hive energi nok ud af solen eller vandet til at drive en pumpe på vandrenseren? Hvor meget energi havde de egentlig behov for? Igen fagligt svære spørgsmål der skulle besvares! Dette er kun et par eksempler blandt mange, på hvor mange faglige områder eleverne kommer igennem i et forløb som dette. Det faglige niveau kan nemt sikres ved at eleverne eller mentorerne/lærerne stiller nogle fornuftige og relevante spørgsmål eller forslag, der skubber eleverne i den "rigtige" retning.

Det var tydeligt for os lærere, at eleverne havde svært ved at disponere den tid der var afsat til projektet. Der blev brugt en hel del tid på at bygge selve robotten. Eleverne havde ikke en realistisk forestilling om, hvor tidskrævende og kompliceret selve programmeringen af robotten var. Det medførte da også en hel del panik i slutningen af forløbet, da eleverne ind-



så at der skulle blot små detaljer til, for at robotten ikke udførte, hvad de havde programmeret den til. Det krævede uhyre tålmodighed at arbejde med dette. Det var da også ganske interessant for os lærere at iagttage, at det fra at være drengene der i første omgang tog initiativ til at programmere ændres til, at det blev pigerne der overtog denne del af arbejdet, tydeligvis fordi de besad en større tålmodighed end drengene.

Elevernes tilgang til teoridelen afspejlede da også deres vanskeligheder med at disponere den afsatte tid. Her var vi som lærere nødt til at blande os i højere grad end projektet lægger op til. Som med programmeringsdelen var det også først til allersidst i forløbet, at de fik styr på den del.

Det er svært at sige, om det kunne være forløbet anderledes. Eleverne gav selv til slut udtryk for, at de nok skulle have udnyttet tiden bedre, men at de nu var den erfaring rigere.

Gennem hele forløbet skete der en udvikling i grupperne. Rollerne ændredes efterhånden som de enkelte pejlede sig ind på deres styrkeområder. Dette medførte da også frustrationer og konflikter undervejs, men dem forlangte vi, at de selv måtte løse. Og det gjorde de! Det var dog klart for os at de meget svage elever, som i så mange andre sammen-

hænge, også i dette projekt blev "hægtet" af. Eleverne stillede meget høje krav til hinanden. Disse krav var der enkelte elever der ikke kunne leve op til, og en umiddelbar løsning på dette havde vi ikke.

Projektet lægger op til at også forældrene inddrages. Forældrene kunne melde sig som mentorer, og de fik en manual der vejledte dem i, hvilken rolle de havde i forhold til eleverne. Fire forældre meldte sig og deltog i det omfang de kunne afsætte tid til.

Selve finaledagen foregik på Ingeniørhøjskolen i Ballerup. 64 hold var tilmeldt. Der var dagen igennem en fantastisk stemning, og det var tydeligt at alle de mange elever der var samlet var fantastisk spændte og koncentrerede omkring de opgaver der skulle løses. Man fornemmede en høj grad af teamånd og teamsamarbejde.

De teorifremlæggelser vi overværede var af imponerende høj kvalitet. Ligeledes var der også hold der var fremragende, når det drejede sig om robotkørslen. Og nå ja – så havde vi et hold der samlet blev nr 3 og som tog samarbejdsprisen. Det var vi meget stolte af.

Når vi ser tilbage på hvad eleverne fik ud af forløbet, var det en oplevelse af, hvor langt de kunne nå med deres egne ideer. De kom i deres søgen efter teo-

tisk viden til at beskæftige sig med faglige områder, som lå ud over hvad de normalt ville arbejde med, men pga. opgavens karakter, fandt de det meget virkelighedsnært. De fandt ud af hvor svært det for enkelte elever kunne være at administrere frihed under ansvar. De fik en fantastisk oplevelse af gruppeånd, og hvordan det er at leve sig helt ind i et projekt. De lærte at løse komplicerede konfliktsituationer på en måde som gjorde, at holdet stod endnu stærkere end før konflikten. Eleverne formåede at gøre brug af forældre, virksomheder, institutioner m.m. i deres indsamling af viden og informationer.

I løbet af de 8 uger forløbet varede blev der brugt mange undervisningslektioner på FLL. Det var bestemt ikke alle lektionerne der blev udnyttet optimalt, og det var ikke alle elever der fik nok ud af forløbet. Men når vi ser på hvad det fagligt og socialt gav den samlede elevgruppe, kan vi kun anbefale andre at kaste sig ud i det.

Det skal samtidig siges, at den meget professionelle organisation af FLL – Ballerup (Janne Schwaner, Johan Jacobsen og Niels-Erik Parbst) har været af afgørende betydning for hele forløbets succes.



# Gruppeprøven er også en individuel prøve!

AF ERLAND ANDERSEN – [HTTP://NATURFAGKURSER.DK/](http://naturfagkurser.dk/)

FORMAND FOR DANMARKS FYSIK- OG KEMILÆRERFORENING, STORKØBENHAVNS AFDELING – [HTTP://WWW.FYSIK-KEMI.FFW.DK/STORKBH/](http://www.fysik-kemi.ffw.dk/storkbh/)

FORMAND FOR NATUR/TEKNIK FORENINGEN

## Afgangsprøve/10. klasses prøve i fysik/kemi

I den senere tid har der været mange skrivelser om gruppeprøve eller individuel prøve. Herunder vil jeg beskrive, hvordan gruppeprøverne i fysik/kemi er foregået på langt de fleste af landets skoler. Som det fremgår, er det ikke noget problem at give en individuel bedømmelse på baggrund af en gruppeprøve!

En typisk prøve i fysik/kemi foregår som følger:

I samråd med læreren vælger eleverne, om de vil gå til prøve individuelt eller i grupper – typisk to og to.

Når en gruppeprøve starter, typisk kl. 8.00, trækker 3 hold af to elever deres opgaver og tager deres navneskilte på. Holdene sætter sig hver for sig i lokalet, læser opgaven igennem, diskuterer muligheder og lægger en slagplan for arbejdet, som skal foregå i de næste to timer.

Medens holdene læser opgaven, står lærer og censor og taler kort og dæmpet sammen. Efter få minutter går lærer og censor hen til holdene. Navne og opgaver noteres, og lærerne stiller et par opklarende spørgsmål til hvert hold. Spørgsmålene skal vise, om eleverne har forstået opgaven, og om de har idéer, de kan arbejde videre med. De fleste har idéer, men enkelte skal have lidt hjælp til at komme i gang. Allerede her får lærer og censor

det første indtryk af elevernes faglige niveau, og da prøven er i gang, tæller det med i den endelige karaktergivning. Kort efter går eleverne i gang med at finde apparatur/laboratorieudstyr og sætte de første forsøg/eksperimenter op. Medens holdene sætter apparaturet op, går lærer og censor rundt og samtaler med eleverne. Typiske spørgsmål til eleverne er:

”

*Hvad vil I finde ud af med opstillingen?*

*Hvorfor har I valgt dette apparatur?*

*Hvad med sikkerheden?*

*Det I arbejder med, kan man "opleve" det i samfundet?*

”

I tiden fra omkring kl. 8.10 til 9.30 veksler det mellem, at lærer og censor selv henvender sig til holdene, og holdene kalder på lærer og censor, fordi holdene har noget, de gerne vil vise og fortælle om.

Kalder et hold på lærer og censor, har eleverne typisk også selv fordelt opgaverne imellem sig. Den ene elev fortæller måske om opstillingen, hvad der måles, og hvilken form for sikkerhed der evt. er nødvendig. Kammeraten på holdet fortæller så om, i hvilken sammenhæng forsøget indgår, om hvor vi er i kemiens og fysikkens verden, og om hvilke modeller/teorier der er i spil. Lærer og censor stiller i denne sammenhæng opklarende spørgsmål.

Andre gange er det lærer og censor, der henvender sig til et hold og spørger til arbejdet, om

hvad de måler, om opstillingen eller om hvilke teorier/modeller der kan forklare det de arbejder med.

Både når eleverne selv kalder, og når lærer og censor henvender sig, stilles der spørgsmål såvel til holdet som til den enkelte elev. Spørges holdet, så er det om at være hurtig med svaret!

Er det den enkelte elev, der stilles spørgsmål til, må kammeraten ikke svare.

Kan den, der bliver spurgt, ikke svare, får kammeraten mulighed for at svare.

Omkring kl. 9.30 kigger lærer og censor på deres notater bl.a. for at sikre sig, at de har et tilstrækkeligt godt indtryk af alle elevernes præstationer.

I den sidste halve time samles der op, tales med de elever, som lærer og censor ikke har fået talt så meget med tidligere, og endelig afsluttes de to timer med en samtale med hver enkelt elev.

I over 30 år har vi i folkeskolen arbejdet med gruppeprøven i fysik/kemi. Ovenstående model er således baseret på mange års erfaringer. Gruppeprøverne har gradvist udviklet sig til at få denne form, som både elever og lærere er utroligt glade for.

Eleverne bliver bedømt individuelt, og det er ikke ualmindeligt med en karakterforskel på både 2 og 3 inden for samme gruppe.

Der er derfor ingen faglig begrundelse for at afskaffe gruppeprøven for fysik/kemi i folkeskolen.

I slutningen af firserne indførte Bertel Haarder muligheden for at afholde gruppeprøve i fysik/kemi i folkeskolen.

På det tidspunkt var der flere skoler, som fik dispensation til at afholde gruppeprøver i fysik/kemi, end der var skoler, der afholdt almindelige prøver efter ministeriets regler. Fra min tid som fagkonsulent i fysik/kemi og natur/teknik ved jeg, som det også fremgik af tekststopgivelserne, at gruppeprøven stort set var den eneste prøveform, skolerne anvendte.

Ved den prøvebekendtgørelse, som kom i forbindelse med Folkeskoleloven af 1993, blev bestemmelserne ændret, så gruppeprøven blev eneste prøvemulighed i fysik/kemi.

Den sidst udsendte prøvebekendtgørelse fra 01.08.05

gjorde en ende på denne epoke, hvor Danmark var blevet foregangsland inden for prøver i fysik/kemi. Vi havde en prøve, hvor andre lande så på os med misundelse. Jeg håber ikke, at historien slutter her!

Undervisningsminister Bertel Haarder og UVM kan stadig nå at komme til fornuft og genindføre

en god og fornuftig prøveform, der tilgodeser både muligheden for at arbejde i grupper og individuelt.

Til sidst skal det understreges, at det altid er eleverne selv, der vælger, om de vil gå til prøve individuelt eller i grupper på to til tre.

For yderligere at understrege det individuelle kan noget af bekendtgørelsen formuleres på følgende måde:

Prøven kan foregå individuelt eller i grupper bestående af 2 til 3 elever.

Der SKAL afsluttes med en uddybende individuel samtale om såvel den praktiske udførelse som relevant stof i tilknytning til den.

Der gives én karakter.

## Strømforsyninger – der opfylder de skærpede krav til sikkerhed



### 24 V/5A AC/DC strømforsyning 1150.10

Enheden er forsynet med digital udlæsning af såvel AC som DC spænding. Den aflæste værdi måles direkte på udgangsterminalerne og er derfor meget nøjagtig. Strømforsyningen er forsynet med automatisk overbelastningsbeskyttelse. Ikke stabiliseret.

#### Specifikationer:

DC spænding: 0-24 V trinløs variabel max. 5 A. Forsynet med omskifter for indkobling af udglatningsenhed (max. 3 A).

AC spænding: 0 - 24 V trinløs variabel max. 5A.

Dimension: (LxDxH) 24 x 17 x 12 cm.

Vægt: 6 kg

- AC/DC strømforsyning
- Trinløs regulering
- Digital udlæsning
- Enkel betjening

Pris excl. moms kr. 2.145,-

### 25V/6A AC/DC strømforsyning 1118.10

Forsynet med digital udlæsning af såvel AC/DC spænding og strøm. Stabiliseret og udglattet DC med trinløs variabel strømbegrænsning. AC og DC kan uafhængigt reguleres og belastes op til 6 A. Såvel AC som DC er elektronisk sikret mod overbelastning.

#### Specifikationer:

DC spænding: 0-25 V trinløs variabel max 6 A stabiliseret og udglattet

AC spænding: 0-25 V trinløs variabel max 6 A.

Dimension: (LxDxH) 31 x 25,5 x 13 cm

Vægt: 8,2 kg

Pris excl. moms kr. 3.285,-



**impo**  
electronic a/s

Svovlhatten 3 · 5220 Odense SØ · Tlf. +45 6315 4050  
Fax +45 6315 4058 · www.impo.dk · e-mail: mail@impo.dk

Prospekt over hele vort strømforsyningsprogram tilsendes gerne!

# Hvad er det?

---

Inspireret af Piet van Deurs har vi lavet en lille fortløbende konkurrence. I hvert nummer er der et billede af en gammel fysikting. Vil du lege med, så send til elektronikredaktøren dit svar på:

- Tid?
- Sted?
- Anvendelse?

Vi sender et par flasker til den, der kommer nærmest. Står det lige, trækker vi lod.

Indsend til:  
Georg Hansen  
Højsagervej 7  
5884 Gudme  
e-mail: georgh@tdcadsl.dk



# Dét var det

---

Mon sidste nummers opgave var for svær? En enkelt havde fundet ud af, at det var et øseværk! Det var ikke nok til rødvinen.

Vi er i KATTEGATCENTRET i Grenå. Du skulle tage derhen og opleve hajerne blive fodret – eller en tur i dybet med dykkerklokken. Og meget, meget mere.

Går du ud på terrassen er der store modeller af mange slags pumper, som man må lege med. I baggrunden så man Kattegat. Det kom jeg til at fjerne; derfor blev det måske for svært.



# Mangler du penge til en studierejse?

Hvis svaret er ja, så er Ove Lindersdorf Rejsefond svaret på dit pengeproblem.

Ansøgning om midler fra rejsefonden sendes per brev eller mail til:

**Erland Andersen**  
Rådmand Steins Alle 7 st th  
2000 Frederiksberg  
erland@naturfagskurser.dk

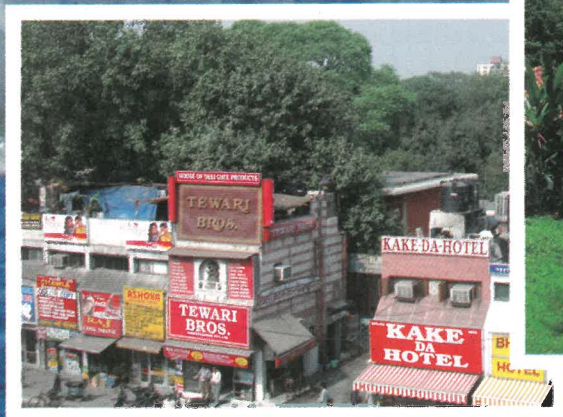
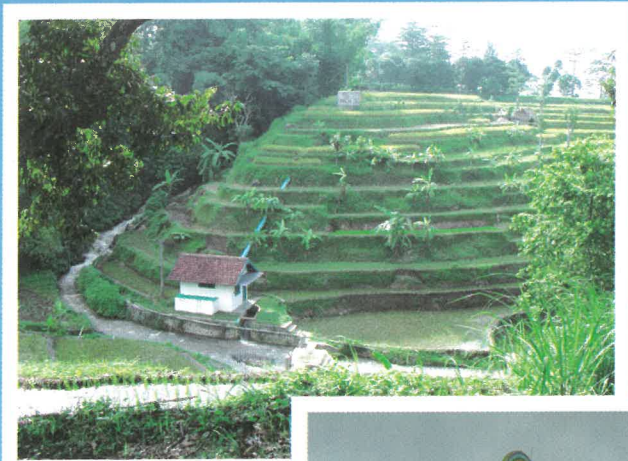
Ansøgningen skal være fremme senest tirsdag d. 14.03.06 og indeholde nedenstående oplysninger:

Hvor går rejsen hen?  
Hvilket naturfagligt indhold har rejsen?

Søges der tilskud andre steder?  
Et budget over de samlede udgifter.

For at have mulighed for tilskud, skal man have været medlem af DFKF i de sidste 5 år.

Modtager man midler fra Rejsefonden forpligter man sig som minimum til at skrive en artikel til FYSIK · KEMI.



# Body Space

## – kroppens reaktion på vægtløshed

TEKST OG FOTO: CARSTEN ANDERSEN, BELLAHØJ SKOLE. CA@BELLAHØJ.DK

**I sidste skoleår deltog jeg med min 8. klasse i optagelserne til DVD-filmen Body Space i samarbejde med ESA., European Space Agency.**

Eleverne lavede fysiologiske forsøg i gymnastiksalen, på sportspladsen og i svømmehallen. Astronaut André Kuipers udførte tilsvarende forsøg under vægtløshed om bord på ISS.

Vi havde forberedt os ved at arbejde med fysiologiske eksperimenter og forsøg med frit fald i fagene biologi og fysik/kemi.

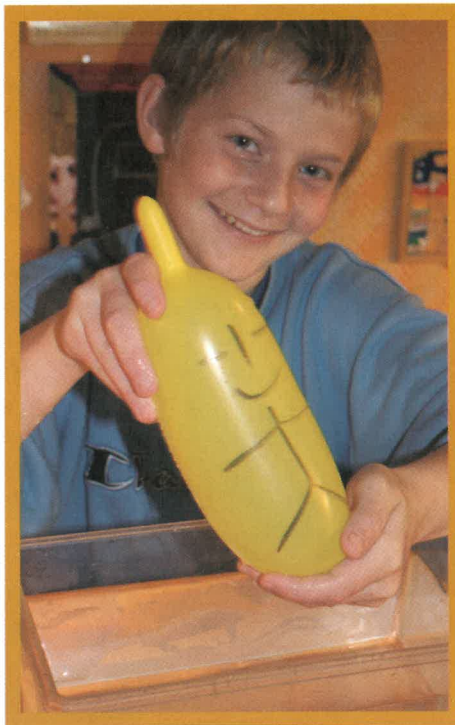
### Eksempler:

#### Hævet og sænket arm:

Eleverne hævede den ene arm og sænkede den anden i mere end et minut. Når de igen bragte hænderne i samme højde, kunne man i en tid se forskel på blodårernes tykkelse. Billeder fra ISS viste, at der ved samme eksperiment i rummet ikke var nogen forskel på armene.

#### Kyllingeben og fåreansigt:

Eleverne målte omkredsen på læg og hals. Derefter lavede de



➤ I dette modelforsøg trækkes vandet i ballonen først ned mod bunden, hvor benene er tegnet. Når ballonen sænkes ned i badet, mærker man at trykket i ballonen mindskes for neden, men at det bliver større for oven. Næsten det samme sker for mennesker i rummet og for mennesker, der ligger ned. Over vandet er en stående vandballon tykket for neden. Når vandballonen sænkes ned i vand kan man mærke en forandring. Opdriften ændrer ballonens form.

den første dag på ISS. Eleverne lavede en planche med deres højder afsat om morgenen, om middagen og efter strækøvelser.

#### Drik med hovedet nedad:

En elev prøvede at drikke et glas vand mens han hang i ringene med hovedet nedad. På ISS var oplevelsen helt anderledes.

#### Svimmelhed:

Eleverne prøvede at snurre rundt. De blev svimle, så de havde svært ved at ramme en basket-bold ned i kurven. Astronauterne kan også blive svimle og miste orienteringen.

håndstand og målte igen omkredsene. Læggene blev smalere og halsen tykkere. Samme resultat oplevede og målte astronauterne om bord på ISS.

#### Højde:

Eleverne målte deres højde både morgen og aften. De blev alle mindre i løbet af dagen. Men Astronauterne blev længere



➤ Elever fra 9. klasse på Bellahøj Skole. Katrine måler omkredsen af Mohammads hals, og Sofie måler omkredsen af hans læg. Mark T (tv.) og Mark S holder ham. Under håndstand vokser halsens omkreds mens læggenes omkreds mindskes. På Rumstationen får astronauterne ligeledes tyndere ben og tykkere hals, fordi deres blod og lymfe ikke længere trækkes ned i benene. Den 22. november 2005 stillede Mark S, Mark T og

Sofie spørgsmål til astronaut Bill McArthur på ISS i en direkte radiokontakt fra CERN i Geneve.

Læs spørgsmålene her:  
[http://www.ariss-eu.org./2005\\_11\\_24.htm](http://www.ariss-eu.org./2005_11_24.htm)

Hør hele radiokontakten her:  
[http://www.ariss-eu.org./CERN\\_audio.mp3](http://www.ariss-eu.org./CERN_audio.mp3)

Foto: Carsten Andersen, Bellahøj Skole.

I svømmehallen blev eleverne filmet, medens de lavede øvelser under vandet – en måde at forsøge at efterligne forholdene på ISS.

### Rummedicin:

Eksperimenter under vægtløshed giver rum-medicinerne viden om menneskets fysiologi. Denne viden er vigtig for rumrejser. Men lægerne lærer også ting om f. eks. blodkredsløbet, der har betydning for behandling af sygdomme på jorden. På den måde gavner rum-medicinen menneskeheden og forøger vores muligheder.

Man får et godt indblik i det ved at se DVD-filmen. Den kan bestilles gratis fra ESA – den er også på dansk.

Læs mere om DVD-filmen Body Space her:

[http://www.esa.int/esaED/SEM-3F86Y3EE\\_teachers\\_0.html](http://www.esa.int/esaED/SEM-3F86Y3EE_teachers_0.html)

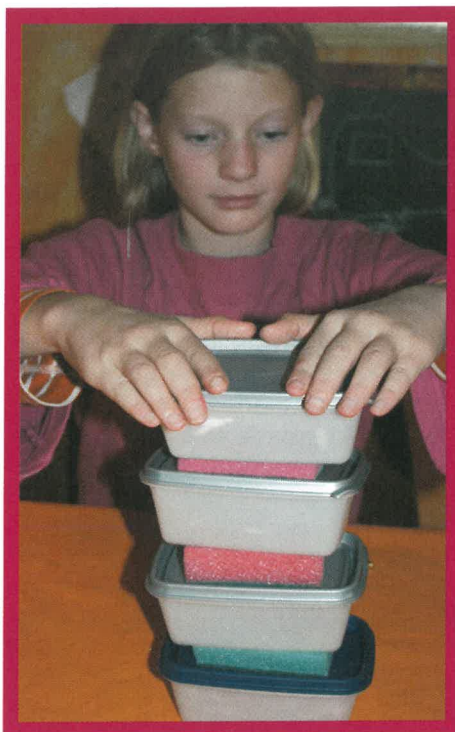
DVD-filmen Newton in Space kan også varmt anbefales. Bestil en gratis kopi her:

[http://www.esa.int/esaED/SEM-BD86Y3EE\\_teachers\\_0.html](http://www.esa.int/esaED/SEM-BD86Y3EE_teachers_0.html)

### Vægtløshedsmål

Jeg har lavet mange eksperimenter sammen med eleverne for at vise dem, hvorfor astronauterne bliver vægtløse, når de er i kredsløb om jorden. Ved hjælp af disse forsøg opdager eleverne, at de selv er næsten vægtløse i mange dagligdags situationer.

Hold slangen lodret så magneten vender opad. Skruen skal være trukket fra magneten. Lad nu slangen falde frit og grib den derefter igen. Du hørte et klik og så at magneten løftede skruen. Det skete fordi skruen og magneten var næsten vægtløse under faldet. Instrumentet er justeret sådan at magneten er for svag til at kunne løfte skruen. Men under det frie fald er skruen stort set vægtløs, så derfor løftes skruen op.



Man kan også sige at to genstande falder med samme fart selv om de har forskellig masse. Men her trækker magneten i skruen så den falder lidt langsommere, og derfor indhentes den af magneten.

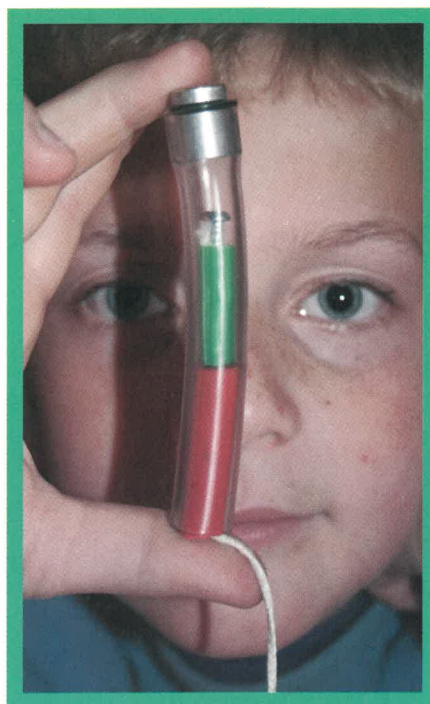
➤ Jeg har opfundet denne konstruktion til at måle vægtløshed. Min kollega Lisbet Gilbe og jeg og mine 5 børn Ebbe, Niels (på billedet), Iris, Erik og Ole har bygget over 700 vægtløshedsmålere. De 370 er givet til europæiske lærere på Science on Stage i CERN, Geneve. De 260 er sendt til medlemmerne af Dansk Naturvidenskabsformidling som julegave. Magnetten passer ind i slangen med det indvendige mål på 1 cm. Lisbet Gilbe har opdaget, at man let kan få magneten i hullet, hvis man varmer slangen til 50 grader C i ovnen. Desuden kan den opvarmede slange gøres lige. Snoren er stukket i en murdyvel og fastsat med skruen fra modsat side. Bundstoppet er en gasslange, der sættes så langt ind, at magneten netop ikke kan løfte skruen i lodret position, men kan trække magneten ind i vandret position. Kommer gasslangen for langt ind, kan den

➤ **Modelforsøg:** Plastbeholdere repræsenterer ryghvirvlerne. Diskene eller intervertebræpladerne vises som skumgummi imellem ryghvirvlerne. Trykker man ned på modellen vil "ryggen" blive kortere, på samme måde som tyngden presser os lidt sammen, så vi bliver lidt kortere i løbet af dagen, hvis vi går eller står på Jorden. Under vægtløshed sker denne sammenpresning ikke. Eleverne bliver længere efter at de har lavet strækøvelser.

Prøv at kaste instrumentet opad. Hvad sker? Hvorfor er skruen vægtløs på vej op? Det er fordi bevægelsen opad er en del af det frie fald.

Kast nu instrumentet opad i en skrå bane, så det beskriver en buet kurve, en parabel. Et fly kan flyve i samme kurve som en kastebold og derved bliver alt i flyet vægtløst. Man kalder det parabolflyvning. Det var på den måde at filmen "Apollo 13" blev optaget.

trækkes tilbage med en hæklenål. I stedet for en gasslange kan man også bruge et kort stykke yderslange gennemskåret på langs, så man bruger halvdelen.



Hold instrumentet stille mens du hopper. Kan det passe at man er vægtløs, hver gang man springer?

Ja, for man er jo i et frit fald ligesom en astronaut i kredsløb om jorden. Nær jordoverfladen skal man helst slutte faldet inden der er gået ca. et sekund, ellers kommer man til skade. I et

▼ **Deltagerne fra UK i Science on Stage hopper med hver sin vægtløshedsmåler for at vise at man er næsten vægtløs under et spring. På vej op hører man skruen slå mod magneten ved alle forsøgspersonerne.**

kredsløb om jorden falder man ved siden af jorden, og man kan holde sin bane i måneder.

Vægtløshedsmåleren kan for eleven "bringe rummet ned på jorden". De samme naturlove hersker begge steder. Mange tror at vægtløshed skyldes mangel på tyngdekraft i rummet. Men tyngdekraften holder rumskibet i sin bane, og man er næsten vægtløs i rumskibet på samme måde som under et spring på sportspladsen.

Hvordan øser du suppe op? Hvis tallerknen står langt fra sup-

peterrinen, kan du løfte suppeskeen i en bue af samme form som en kasteparabel. Du har sikkert opdaget, at du på den måde undgår at spilde. Prøv at bevæge suppeskeen hurtigt den korteste vej til tallerknen. Så spilder du. Hvorfor?

Fordi suppen kun er vægtløs, når du holder dig til parabelkurven.

På <http://www.rummet.dk/40d000c> kan du simulere at du styrer et fly, sådan at et æg svæver midt i flyet i et halvt minut. Simulationen ligger under "Space Adventures" i 4. opgave i delen om vægtløshed. Læreren kan oprette sin klasse på [www.rummet.dk](http://www.rummet.dk), så eleverne selv logger sig på Space Adventures. Derefter kan læreren gå ind og se sine elevers besvarelser og se resultaterne af simulationsøvelserne. Til slut kan han udstede et diplom, når alle svar er i orden.

Man kan selv bygge vægtløsheds-målere eller bestille 4 for 100 kr. hos mig.

Materialer til vægtløsheds-måler:  
Frederiksen Ølgod:

038525 plastlange, klar Ø 10/14 mm, skær 8 cm til hvert instrument

Silvan:

6 køleskabsmagneter 1 cm i diameter, ordrenr. 6814 itemnr. 531134

Hård gipsskrue 3,9 gange 32 mm

Murdyvel grøn 7 gange 38 mm

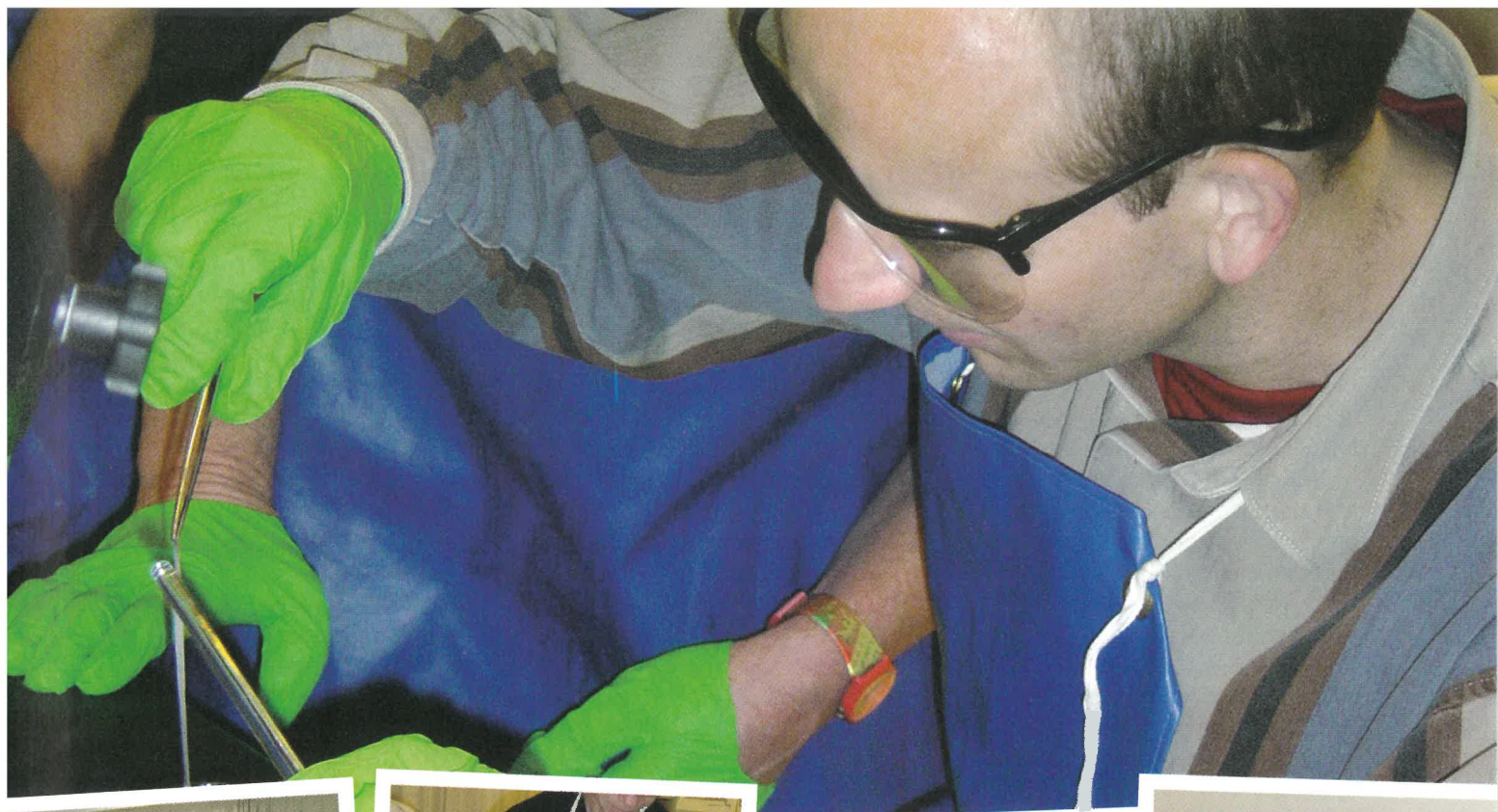
Snor

Gasslange

Man kan frit downloade hele mit projekt om vægtløshed fra Bellahøj Skoles hjemmeside

[www.bellahoj.dk](http://www.bellahoj.dk) – vælg "Stjerne-kammeret/Kroppen i rummet" i kolonnen til venstre.





## Haldor Topsøe og DFKF Storkøbenhavn inviterer til et nyt efteruddannelseskursus!

### **GRØN KEMI OG ENERGI!**

Tidspunkt: Torsdag d. 2. og fredag d.3. november 2006.

Sted: Haldor Topsøe og på DTU.

#### **Af indholdet kan nævnes:**

Brintpillen  
Brændselsceller  
Olie  
- Produkter  
- Anvendelse  
- Forbrug  
Bioenergi

Kurset vil være en blanding af teori og praktiske øvelser. Kurset er gratis for medlemmer af Danmarks Fysik- og Kemilærerforening. Alle andre betaler kr. 300 for kurset.

De to dage er inkl. forplejning, herunder middag torsdag aften. Sidste kursus blev meget hurtigt overtegnet, så her gælder først til mølle princippet.

#### **Tilmelding til:**

Erland Andersen  
Rådmand Steins Alle 7 st th  
2000 Frederiksberg  
Mail: [erland@naturfagskurser.dk](mailto:erland@naturfagskurser.dk)  
[www.naturfagskurser.dk](http://www.naturfagskurser.dk)

# Tværfaglighed

TEKST: JENS VALSGAARD

Man kan undre sig over den tværfaglighedsopfattelse, der hersker i folkeskolekredse! Man kan undre sig endnu mere over, den i denne tid netop tilstræbes i fysik/kemi/biologi/ (geografi) i form af en konsekvent sammenblanding af fag. Er det virkelig så essentielt for børns indlæring, at man i enhver grundlæggende undervisning inddrager mere end ét universitetsfag?

På universitetsplan er det af nødvendighed, når man kombinerer to eller flere fag til et nyt. Det er en proces, der har fundet sted siden middelalderen. Når man taler om fysik og kemi, er det fordi fysikfagets viden om de forskellige stoffer blev så omfattende, at den fik særskilte problemstillinger og krævede særskilte begreber, særskilt sprog og særskilte arbejdsrutiner. Hermed skabtes en ny faglighed, der netop med hensyn til problemstillinger, sprog og arbejdsmetoder skilte sig ud fra den øvrige fysik. Efterhånden som personalet også deltes i kemikere og fysikere var der tale om to forskellige fag. Sådan fagopsplitning giver i øjeblikket mange nye faglige indfaldsvinkler og er meget givtig på universitetsniveau. På folkeskoleniveau glemmer vi undertiden de forudsætninger, der giver tværfaglighed succes på universitetet. I en undervisningssituation er man underlagt universitetsfagernes forudsætninger. Universiteterne har haft monopol på at definere det sprog, den begrebsverden og de forklaringsmodeller, der er grundlaget for vor kulturs forståelse af verden.

Fysik handler ikke om verdens/ naturens indretning og funktion. Faget handler i stedet om det sprog og de forklaringsmodeller, der giver os vor forståelse af verdens natur.

Viden og indsigt er altså knyttet til universiteternes opdeling i fag med deres problemgrupperinger, fagsprog, forklaringsmodeller, arbejdsmetoder mv. Ved at oparbejde en passende mængde paratviden, øve et rimeligt præcist sprog, lære nogle almindelige forklaringsmodeller og nogle specielle arbejdsmetoder får vore børn den indsigt, der gør dem i stand



til at begå sig i samfundet. Så set fra et rationelt synspunkt er det nok givtigst for folkeskolen, at den koncentrerer sig om fag for fag at give eleverne den ovenfor skitserede indsigt. Kun når undervisningen nødvendigt beskæftiger sig med ting, der ligger mellem de traditionelle universitetsfag synes det naturligt at være tværfaglig. Men her må man vel igen ty til det sprog, de forklaringsmodeller og de hovedproblemstillinger, som universitetsfolkene har udvalgt som givtigst og mest centrale? Er det tilfældet arbejder man jo stadig med viden opdelt efter universitetsfag, blot er der kommet nogle nye til.

På den anden side er der endnu en begrundelse for tværfaglighed i folkeskolen. Nemlig den, at børns indlæring især kvalificeres ved det, eleverne ved i forvejen.

Det er vel nærmest umuligt at få andre mennesker i tale, hvis man ikke gør brug af en fælles forståelsesramme. I hvert fald synes gode fortællere altid at starte med at opbygge en sådan ramme med henblik på at alle tilhørerne skal fænges af fortællingen. I folkeskolen taler nogle om, man skaber fortællingsrum.

I stedet for at splitte undervisningen op, at individualisere den, laver man et fælles udgangspunkt, en basis, der har rod i hver enkelt elevs vidensunivers og nysgerighed. Herved bliver alle i stand til i fællesskab at lære noget nyt, og de kan udveksle erfaringer i den proces, der skal gøre den nye viden til deres egen.

For at opnå denne virkning må man opdele undervisningen i helheder, der er naturlige for eleverne. Her kan det nemt være tilfældet, at disse helheder ligger på tværs af universitetsfag, men de er nu også i mange tilfælde sammenfaldende med disse fag.

Det er nemmest at undervise i de tilfælde, hvor undervisningshelheden falder ind under et universitetsfag. Så er der kun én faglighed eleverne skal beskæftige sig med og sætte sig ind i. I de reelt tværfaglige situationer må man medtage problemstillinger, sprog, forklaringsmodeller og arbejdsmetoder fra flere fag, og det virker sjældent forenkende for eleverne.

## hvor meninger mødes

Vil man en enkel og overskuelig undervisning, kan man sjældent gå ret langt ad den tværfaglige vej. Man må finde de kompromiser, der gør det muligt at fastholde den for børnene naturlige afgrænsning af emnet, og man må begrænse det undervisningsmæssige til det minimum, der er nødvendigt for, at eleverne kan forstå, hvad sagen drejer sig om. Holder man sig til den tværfaglige forståelsesramme uden ny paratviden, nyt sprog, nye begreber og nye indlæringsmetoder er det ikke længere undervisning, men beskæftigelsesterapi.

Glemmer man elevernes udgangspunkt og fælles forståelse vil man beskæftige sig med en for eleverne uvedkommende paratviden, uvedkommende begreber, forklaringsmodeller og arbejdsmetoder, og det er spild af tid.

I fysik/kemiundervisningen har det hidtil ikke været noget problem at forholde sig til ovenstående tværfaglighed. Eleverne har mødt undervisningshelheder, de har fundet naturlige, der har aldrig manglet faglighed,

snarere tværtimod. Nogle emner har været ren fysik andre ren kemi og atter andre har været naturligt tværfaglige. Visse af de emner, der bliver taget op i flere omgange, f.eks.

det periodiske system, er undertiden tværfagligt, undertiden beskæftiger man sig med det ud fra én faglig synsvinkel.

I visse

emner har man allerede naturligt inddraget både geografi og biologi. Taler man madens kemi, møder man et fagområde, der i nogen udstrækning på folkeskoleniveau har sine egne problemstillinger, begreber og forklaringsmodeller. Astronomi er jo et selvstændigt universitetsfag, men møder man det i folkeskolen, vil eleverne ofte kunne udpege særlige geografi-fysik- og kemiindslag.

Når man har holdt eksamen, har man sjældent følt det som et problem, om man til hvert spørgsmål huskede at få alle fagområder repræsenteret.

Der har været udmærkede ikke-tværfaglige emner som elektromagnetisme, og det vil være et tab, om man ikke vil kunne fortsætte med det, uden man skal overveje, om der nu også kan blandes tilstrækkeligt med biologi ind i det. På samme måde kan man hævde, der er lavet mange gode eksaminationer i atomfysik, hvor enden til refleksion på baggrund af fysikfaglig viden trods beskeden praktisk aktivitet er blevet grundigt afprøvet. Det vil også være synd om et sådant emne skal formenes folkeskolen, fordi folk ikke synes, det er tilstrækkeligt tværfagligt.

Man kan også spørge, om en eksamination i magnetisme bliver mere kvalificeret, hvis man husker at afkræve forklaring på, at visse dyr og fugle tilsyneladende har en evne til at holde kompasretninger. Det centrale i en sådan eksamination må da være om eleven kan vise sin indsigt i de centrale forklaringsmodeller og den centrale viden omkring selve emnet.

For de fleste elever vil emnet næppe heller blive mere nærværende, fordi man giver det et lille biologisk indspark.

Eftersom de fleste elever kun perifert er inde i universiteternes vidensopdeling, vil de nok forholdsvis fordomsfrit kunne holde sig til deres egne opfattelser af naturlige meningshelheder.

Tænk, hvis man tog udgangspunkt, der hvor eleverne er, og man samlede undervisningens indhold i helheder, der både er naturlige og interessante for eleverne, samtidig med man blev mere bevidst omkring, hvilken - og hvor megen faglighed eleverne har brug for og kan kapere i forhold til hver undervisningssekvens.

Tager man elevernes læsefærdigheder i betragtning, synes det endog diskutabelt, hvor megen tilknytning til hverdagen og til vor teknologi, det er klogt at bruge for at gøre undervisningen relevant. I flere tilfælde synes eleverne den gølle faglighed er både det nemmeste og det mest interessante og det, det er bedst at bruge ressourcer på.

Hører man til dem, der synes undervisningen går bedst, når man underviser i noget man har forstand på, er udviklingen meget beklagelig.

Jo mere tværfagligt og jo mere samfundsrelevant man tilrettelægger undervisningen, jo mere faglig indsigt kræves af læreren. Hvor mange fysik/kemilærere kan hamle op med de undervisningstilbud marginaliserede, gamle, garvede biologilærere besad. - og hvor mange fysik/kemilærere synes ikke allerede, deres fag kræver mere viden og arbejdsevne, end de besidder? Man må have medlidenhed med de kommende kolleger, hvis de som et af deres liniefag skal vælge faget fysik/kemi/geografi/biologi.

### Litteratur:

Kristensen, Hans Jørgen: *Pædagogik - Teori i Praksis*. København 1996.

Bro, Vigga: *Orkanens øje*. Gråsten 1998.

Sjöberg, Svein: *Naturfagenes Didaktik*. Oslo 1990.

# Hvad laver den skraldespand på mit måleinstrument?

Hvis man inden for det sidste stykke tid har købt en vare, der indeholder elektronik, er der god sandsynlighed for, at der et sted på varen findes et lille mærke med en overkrydset skraldespand.

Mærket vil kunne findes på apparater fra mobiltelefoner over køkkenmaskiner til måleinstrumenter i fysiklokalet.

Og hvad betyder så dette mærke? Hvordan skal jeg som forbruger forholde mig til produkter, der bærer mærket? Kort fortalt er mærket et tegn til forbrugeren, at når det indkøbte elektronik en dag er udtjent, må det ikke smides ud sammen med den almindelige dagrenovation – men skal i stedet afleveres på den kommunale genbrugsstation. Udgifterne til behandlingen af det skrottede produkt påføres ikke forbrugeren – men det firma, der bringer produktet på markedet i Danmark.

Baggrunden for ordningen er, at der i EU har været ønske om at elektronikskrottet bliver behandlet miljømæssigt forsvarligt samt at forøge genbruget af materialerne. Det har udmøntet sig i det såkaldte WEEE-direktiv

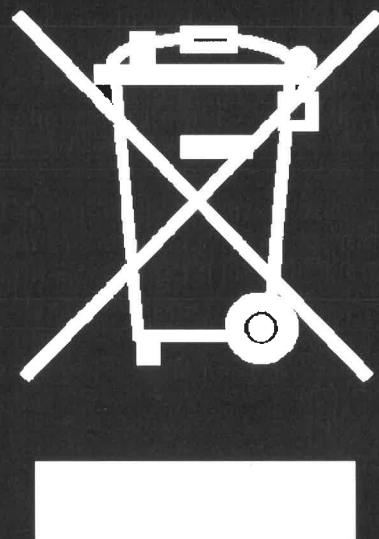
(Waste of Electrical and Electronic Equipment), der igen er blevet til en dansk bekendtgørelse. De mest vitale elementer i bekendtgørelsen er:

- Produkterne mærkes med den såkaldte WEEE-skraldespand.
- Produktet skal mærkes med navnet på det firma, der bringer produktet på markedet i Danmark.
- Dette firma skal registrere sig ved myndighederne.
- Firmaet skal enten selv bestemme indsamling og opbejldning af det skrottede produkt – eller tilmelde sig og betale til en kollektiv ordning.

Selv om elektronisk udstyr i undervisningssektoren andrager en forsvindende lille del af den samlede mængde elektronikprodukter – og selv om udstyret typisk har væsentlig længere levetid end forbrugerelektronik – er det vigtigt at også dette udtjente udstyr ender sine dage miljømæssigt forsvarligt. Lad derfor dette være en opfordring til at bringe udtjent elektronisk udstyr til den kommunale genbrugsstation. Dette gælder for øvrigt også ældre udstyr, der ikke bærer "skraldespanden".

Elektroniske produkter fra Frederiksen, der er fremstillet eller importeret efter d. 13. august 2005 bærer mærket med WEEE-skraldespanden. På importerede produkter påsætter vi et mærke, der udover skraldespanden også bærer Frederiksens logo. Frederiksen er tilmeldt firmaet Elretur, der vil forestå opbejldningen ifølge de danske miljøregler. Vi indberetter hver måned til Elretur hvor mange produkter, der er solgt, og betaler forud for affaldsbehandlingen af produkterne.

WEEE-skraldespand



# STORT er godt

TEKST OG FOTO: GEORG HANSEN, GUDME UNGDOMSSKOLE

Cypax A/S i Karup har udviklet et big display, 27,5 cm højt, 232 LED. Tallet kan læses på 100 meters afstand. Hvad kan det bruges til? 4 display kan blive et ur. 2 + 2 kan bruges til point-tavle i en idrætshal. Find selv på mere. Vi har brugt standard LED – 250 kr. for 1000 stk, men high bright giver meget mere lys, men prisen er også tilsvarende højere.

På display sidder 7-segment driver og 7 transistorer, der skal trække de mange LEDs. Det eneste man skal sende i printet er de 4 binære potenstal 1, 2, 4, 8; kaldet A, B, C, D.

IC er en TTL kreds og skal have 5 volt og trækker 30 mA. Big display skal have 24 volt/800 mA.

## Billede af big display

### KOMPONENTER:

Big display - Udsalg: 100 kr.

R1: 8 modstande 270 $\Omega$

R2: 20 modstande 330 $\Omega$

R3: 7 modstande 100k $\Omega$

7 transistorer BC 517

1 kondensator 100nF

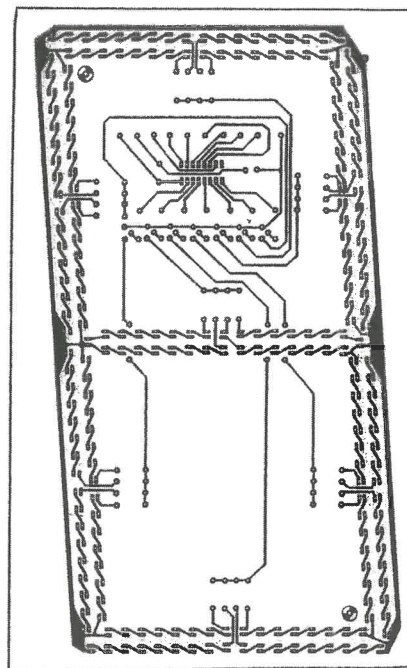
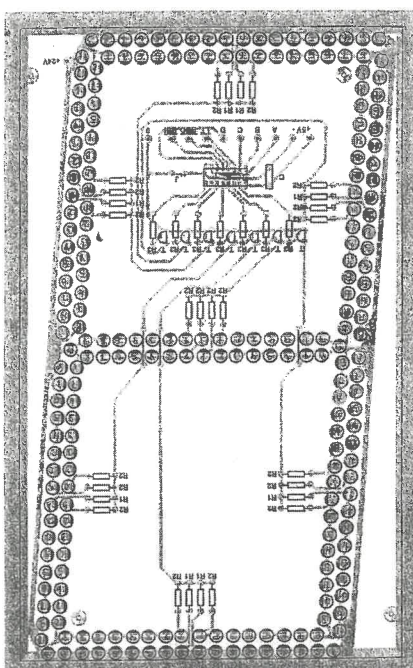
1 IC 74248

1 IC-sokkel 16 pin

232 LED

**MONTERING:** Monter alle komponenter undtagen LED. Spray med sort lak. Så monteres LED.  
**AFPRØVNING:** Sæt ben 3 til 0, og alle LED vil lyse.

*Billedet er formindsket til 25% lineært*



## E=mc<sup>2</sup> bekræftet med stor nøjagtighed

Amerikanske fysikere har i en artikel offentliggjort i Nature i december 2005 fremlagt målinger, hvor de kontrollerer Einsteins berømte formel  $E=mc^2$  med en nøjagtighed på 0,00004 %. I målingerne bestemmer de atommassen af henholdsvis en svovlisotop og af en siliciumisotop før og efter de har udsendt et  $\gamma$ -kvant. Derefter bestemmer de energien af gammakvanterne ud fra Einstein-Planck-ligningen  $E = h \cdot f$ , hvor  $h$  er Plancks konstant  $h = 6,626\ 069\ 3 \cdot 10^{-34}$  J  $\cdot$  s, og  $f$  er frekvensen af gammastrålingen. Frekvensen måles ved diffraktion i et passende krystal. Målingen kommer ret præcist 100 år efter Einstein offentliggjorde sin formel  $E=mc^2$  i Zeitschrift für Physik.

## Planter laver metan

Det har længe været god latin, at levende væsener producerer kuldioxid CO<sub>2</sub> i forbindelse med respirationen, det vil sige under tilstedeværelse af ilt. Det gælder for både flora og fauna. Men CH<sub>4</sub>, metan produceres under **anaerobe** vilkår i forbindelse med forrådningsprocesser. Anaerobe processer er processer, der foregår uden tilstedeværelse af ilt. Metan er sammen med vanddamp og kuldioxid de tre vigtigste drivhusgasser. CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> er de vigtigste menneske-

skabte drivhusgasser.

Men denne klassiske viden om metan er forkert. Metan, viser det sig, dannes i pæne mængder i forbindelse med planternes normale stofskifte, altså i **aerobe** omgivelser. Og produktionen skønnes at være så stor (60-240 millioner tons per år), at der kan være tale om op til en tredjedel af den samlede årlige tilførsel til atmosfæren. I de sidste 200 år er atmosfærens metanindhold fordoblet pga. den øgede landbrugsaktivitet. Endnu er det ukendt, hvorledes de kemiske processer, der frembringer metan, forløber, og om de har en nyttevirkning for planterne, eller der blot er tale om et overskudsprodukt. Man kan undre sig over, at det har taget så lang tid at opdage metanproduktionen, men bidraget fra den enkelte plante er meget beskedent. Hvilke andre vigtige synteser har man mon overset, og hvad betydning har det nye resultat for forskningen i klimaændringer?

## Måling af størrelse og densitet for Plutos måne Charon

I 1978 opdagede man, at planeten Pluto har en måne, Charon, som er overraskende både i størrelse og i, hvor nær de to legemer befinder sig. Deres indbyrdes baneradius er 19.640 km. Plutos radius er 1150-1200 km og Charons omkring det halve.

Den sidste har hidtil været ret dårligt bestemt. Charon fylder nemlig kun lige så meget på himlen som en tokrone set på 100 kilometers afstand. Men den 11. juni 2005 passerede Charon set fra Jorden over en stjerne med velkendt position. Det kaldes en **stjerne-okkultation** og tillader under de rette omstændigheder en bestemmelse af radius af legemet, der "skygger", her Charon. Det er kun anden gang fænomenet er observeret. Første gang var i 1980, men den gang passerede skyggen kun ét observatorium, og det var ikke nok til at bestemme Charons størrelse. Der skal mindst to til. Men det lykkedes i juni 2005, og radius er nu bestemt til  $(604 \pm 5)$  km. Hermed er Charons massefylde også fastlagt til 1,71 g/cm<sup>3</sup>. Det er i øvrigt morsomt, at man tidligere havde fejlbedømt størrelserne så meget i Pluto-Charon-systemet, at en tidligere forudsagt okkultation ikke blev observeret som planlagt. Til gengæld fik man en Pluto-okkultation, der for første gang viste, at Pluto har en atmosfære, som dog er meget tynd. Trykket ved overfladen er kun et par promille af trykket ved jordoverfladen. Tilsyneladende vokser trykket i øjeblikket. Man havde ventet det modsatte, da planeten i sin meget elliptiske bane pt. fjerner sig fra Solen. Hvad grunden er hertil, kender vi næppe svaret på i dag.

<b>Landsformand</b> Gitte Hass	Fjordholmen 47	5240 Odense M	tlf. 6610 8065 gitte.hass@skolekom.dk
<b>Næstformand</b> Anette Jensen	Bergsvej 3, 2. th.	5230 Odense M	tlf. 6614 1376 ajen@pc.dk
<b>Landskasserer</b> Horst-Werner Knüppel	Højgårdvej 2	6900 Skjern	tlf. 9736 4362 horst@vip.cybercity.dk
<b>Landssekretær</b> Finn Jørgensen	Gadstrupvej 7	2700 Brønshøj	tlf. 3828 6597 fj.gvs@ci.kk.dk
<b>Hovedstyrelsesmedlem</b> Hans Christian Dyhr	J. Skjoldborgsvej 46	8230 Åbyhøj	tlf. 8625 4094 hanschrdyhr@hotmail.com
<b>Hovedstyrelsesmedlem</b> Kurt Lorentzen	Maglestenen 23	4390 Vipperød	tlf. 5918 1753 kurt.lorentzen@tdcadsl.dk
<b>Hovedstyrelsesmedlem</b> Peter Jensen	Halvmånen 39	4300 Holbæk	Tlf 21472686 peter.jensen89@skolekom.dk

<b>01 Storkøbenhavn</b>	<b>Erland Andersen</b> Rådmand Steins Allé 7, st.th. 2000 Fr. berg, tlf: 3874 3440 erland@naturfagskurser.dk	<b>Søren Kirchheiner</b> Toftekærsvej 97, 2860 Søborg tlf: 3969 3952
<b>03 Frederiksborg Amt</b>	<b>Jørgen Bang</b> Ternevej 15, 3400 Hillerød tlf: 4828 7071	<b>Poul Risager</b> Tingstedet 16, 3450 Allerød tlf: 4814 2750
<b>04 Sydsjælland</b>	<b>Jan Madsen</b> Elmevej 4, 4140 Borup tlf: 5752 6433 jan-marit@mail.tele.dk	<b>Henvendelse til Landskassereren</b>
<b>05 Vestsjælland</b>	<b>Henvendelse til Landsformanden</b>	<b>Henvendelse til Landskassereren</b>
<b>06 Bornholm</b>	<b>Henvendelse til Landsformanden</b>	<b>Henvendelse til Landskassereren</b>
<b>07 Fyns Amt</b>	<b>Palle Hansen</b> Sophievej 16, Strib, 5500 Middelfart, tlf: 6440 1615, phkb@edb.dk	<b>Søren Rose Christensen</b> Sybergsvej 14, 5300 Kerteminde tlf: 6532 5626
<b>08 Vendsyssel</b>	<b>Peter Jacobsen</b> Kløvervej 36, 9900 Frederikshavn tlf: 9842 6629	<b>Heidi Strøm</b> Kromarksvej 20, 9940 Læsø tlf: 9849 1660
<b>09 Aalborg og omegn</b>	<b>Arne Valbjørn</b> Stationsmestervej 58, 9200 Ålborg sv tlf: 9879 1279	<b>Frank Justesen</b> Fyrkildevej 73, 1. th, 9220 Ålborg Ø tlf: 9877 0209
<b>10 Århus Amt</b>	<b>Vibeke Reinhardt</b> M.C. Holsteinsvej 3, 8270 Højbjerg tlf: 8627 4112	<b>Kaj Orla Jensen</b> Hvedemarken 11, 8520 Lystrup tlf: 8622 0825
<b>11 Horsens og omegn</b>	<b>Poul Grejs Pedersen</b> Bjørnsknudevej 32 B 7130 Juelsminde, tlf:7569 3944	<b>Søren Jensen</b> Stængervej 42, 8700 Horsens tlf: 7565 6708
<b>12 Midtvest</b>	<b>Horst-Werner Knüppel</b> Højgårdsvej 2, 6900 Skjern tlf: 9736 4362 horst@vip.cybercity.dk	<b>Kristian Graversgaard</b> Ravnsbjerg Toft 31, 7400 Herning tlf: 9711 8398
<b>13 Trekantområdet</b>	<b>Carsten Kjær Jørgensen</b> Matrosvænget 2, 7000 Fredericia tlf: 7594 4524	<b>Kristian Uhre Pedersen</b> Ørvigvej 70, 6040 Egtved tlf: 7555 1806
<b>14 Sydvestjylland</b>	<b>Henvendelse til Landsformanden</b>	<b>Henvendelse til Landskassereren</b>
<b>16 Sønderjylland</b>	<b>Kurt Nielsen</b> Flensborg Landevej 51, Lundtoft, 6200 Aabenraa tlf: 6092 5750 kn82@mail.tele.dk	<b>Jørgen B. Olesen</b> Hydevadvej 54, 6230 Rødekro tlf: 7466 9262

# ET PLUS TIL FYSIK/KEMI

## Ny Prisma+

Har du **Ny Prisma** til din klasse?

Nu kommer **Ny Prisma+**, der sammen med **Ny Prisma 8** og **9** dækker alle trinmål og slutmål under Fælles Mål i fysik/kemi. Med **Ny Prisma+** har du et fuldt grundlag for den afsluttende prøve i 9. klasse.

Elevbogen indeholder nye, selvstændige kapitler, som behandler kerneenergi, energiens veje og menneskets forestilling om universet før og nu. Desuden indeholder elevbogen kortere kapitler, der supplerer **Ny Prisma 8** og **9**, om elektromagnetisk stråling, holdbarhed, lys og farve og aluminium.

**Ny Prisma+** omfatter også en kopimappe med 100 nye øvelser, der også kan downloades fra [www.materialehylden.dk](http://www.materialehylden.dk), samt Lærerens bog, der bl.a. giver en udførlig introduktion til de enkelte kapitler og øvelser og indeholder supplerende kopisider med teori.

### Ny Prisma+

Elevbog	126,00
Kopimappe	780,00
Lærervejledning med kopisider	360,00

