

fysik. kemi



DM I NATURFAG

Kender du Danmarks bedste naturfagslærer?
Så kan du indstille hende eller ham til DM i Naturfag!



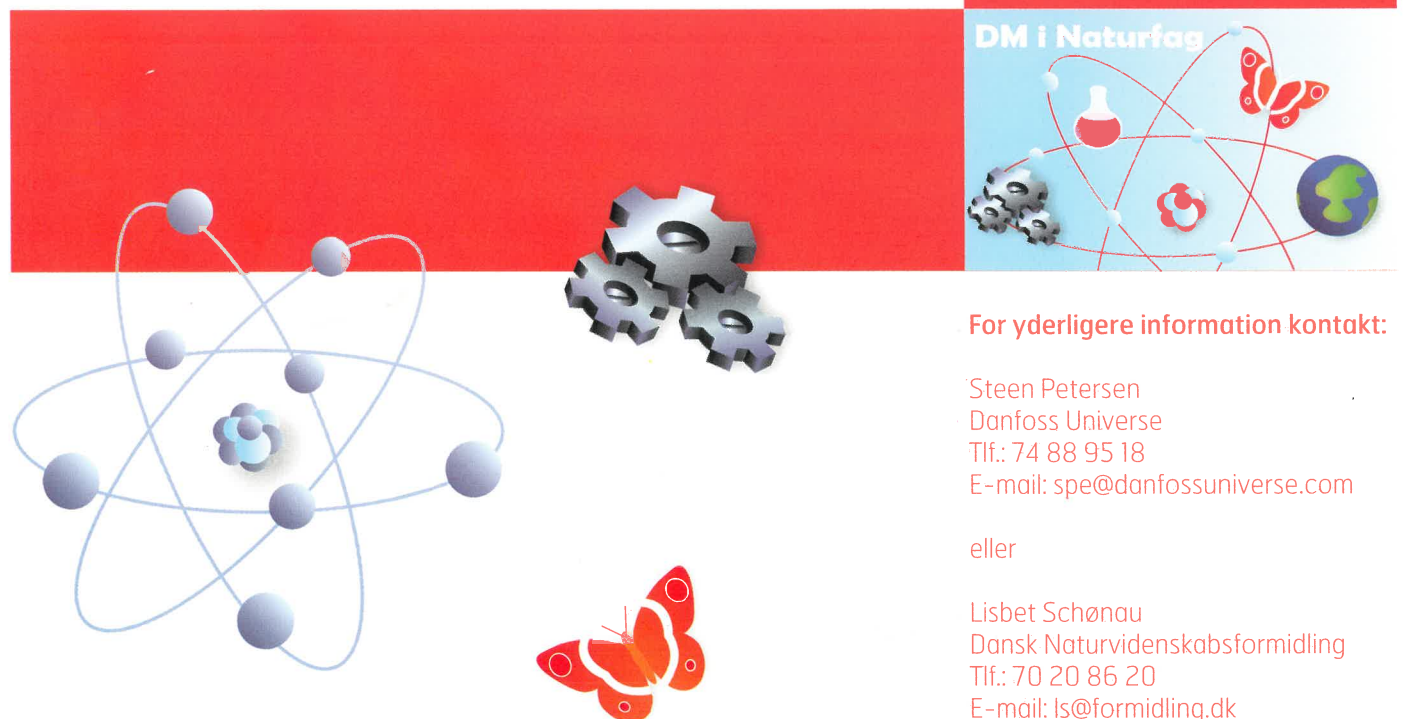
Danmarksmesterskabet er stiftet for at synliggøre, at vi i Danmark har rigtig mange dygtige og inspirerende naturfagslærere.

Konkurrencen er åben for lærere fra grundskolen og gymnasieskolen, der underviser i naturvidenskabelige fag.

Tilmeld dig eller din kollega på:
www.formidling.dk/dm senest den 8. november 2006.

DM i Naturfag afholdes i Danfoss Universe **onsdag den 24. januar 2007**. De seks vinderlærere inviteres til at deltage i festivalen Science On Stage i Grenoble, april 2007

DM i Naturfag afholdes af Danfoss Universe og Dansk Naturvidenskabsformidling



For yderligere information kontakt:

Steen Petersen
Danfoss Universe
Tlf.: 74 88 95 18
E-mail: spe@danfossuniverse.com

eller

Lisbet Schønau
Dansk Naturvidenskabsformidling
Tlf.: 70 20 86 20
E-mail: ls@formidling.dk

Landsformand:

Anette Jensen, Bergvej 3, 2. th, 5230 Odense M
Tlf. 6614 1376, ajen@pc.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, 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:

Læs nærmere i artiklen Supernovaer 1, Astronomiens zoologiske have 6.

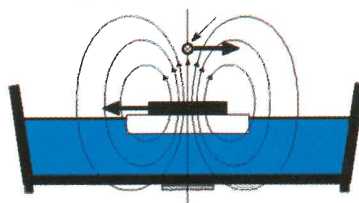
Foto: Hubble Space telescope

Stof til næste nummer af fysik•kemi:

- fysik•kemi udkommer næste gang primo december 2006
- Deadline er 1. november 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. 4 oktober 2006

- 4** Leder
- 6** Supernovaer 1
- 10** Knaldgas!
- 13** Hvad er det?
- 14** Tommelillefingerreglen



- 16** Små kemiforsøg
- 18** Elektronik: Vakstester
- 20** Ny 3D teknik
i Tycho Brahe Planetarium



- 22** Anmeldelser
- 23** Helges box
- 24** Samarbejde mellem DFKF og Plastindustrien
- 26** Aktuelle kurser

Leder

AF LANDSFORMAND ANETTE JENSEN



Så er et nyt skoleår startet med den nye prøvebekendtgørelse. Det lykkes desværre ikke at få genindført gruppeprøven. Heller ikke at eleverne trak hvert sit spørgsmål inden for samme emne med mulighed for at arbejde sammen under den eksperimentelle del af prøven. Vi gjorde, hvad vi kunne, men politisk er tiden ikke til gruppeprøver. Bortset fra det kan jeg roligt sige, at der blev lyttet til os som faglig organisation. Vi fik resten af vores ønsker igennem, og jeg synes, vi har fået en prøvebekendtgørelse, som vi kan være rimeligt tilfredse med. Jeg synes, det er en prøvebekendtgørelse, der ligner meget den gamle prøvebekendtgørelse, som vi med tilfredshed har haft i mange år. Jeg ved, at der har været en del usikkerhed om, hvordan prøven og især prøvespørgsmålene skulle være i det forgangne skoleår. Det har især været et stort problem de steder, hvor man valgte at gå op til den fælles naturfagsprøve. Det har vi snakket meget om i Hovedstyrelsen, og vi håber nu, at der med den nye prøvebekendtgørelse bliver mere klarhed over, hvad man skal gøre. Vi har lagt den nye prøvebekendtgørelse ud på hjemmesiden samt vores høringssvar. Den skriftlige del af prøven er bortfaldet, hvilket jeg absolut kun er meget tilfreds med, da faget ikke egner sig til multiple-

choice test. Så nu er der igen lagt vægt på både den eksperimentelle del af faget samt koblingen til teoridelen, så der ikke længere er fare for, at det bliver paratviden, der testes i. Jeg håber meget for både biologi og geografi, at der næste år bliver muligheder for en mundtlig praktisk prøve i både biologi og geografi.

Vi arbejder i øjeblikket på at få en konference om den nye prøvebekendtgørelse og de obligatoriske nationale test til foråret. Det kommer der mere om på hjemmesiden og i bladet. Det er vedtaget i Hovedstyrelsen, at vi vil arbejde på at arrangere nogle kurser, konferencer og arrangementer rundt omkring i hele landet som et tilbud til medlemmerne. Storkøbenhavn arrangerer på DKFK's vegne et kursus om plast, der bliver gentaget andre steder i landet. Det kommer der også mere om på hjemmesiden og i bladet. Selv om der igen er kommet rene fagprøver, vil jeg stadigvæk gerne opfordre til at samarbejde med de andre fag, især i den naturvidenskabelige faggruppe. Der er mange muligheder. Jeg synes, der har været mange gode initiativer og samarbejdsforløb inden for det forgangne år, og det vil være meget ærgerligt, hvis disse gode ting går tabt. Jeg kan kun opfordre til, at

man stadig væk laver noget sammen med de andre fag, selv om der nu er blevet rene fagprøver.

Har I lyst til at dele dem med os andre, opfordres I hermed til at sende jeres undervisningsforløb ind til bladet, også gerne undervisningsforløb i natur/teknik. Der er mange, der spørger efter forsøg til især mellemgruppen og indskoling. I er også meget velkomne til at kommentere artiklerne i bladet enten til redaktøren eller til mig. Vi vil meget gerne have respons på det, vi skriver i bladet. Det er meget vigtigt, at I giver jeres mening til kende, så vi kan vide, hvad det er, I gerne vil læse i bladet, så vi kan gøre bladet endnu bedre.

På www.emu.dk/naturvidenskab er der åbnet en ny inspirationsportal, hvor man kan hente inspiration til emner, der er links til hjemmesider og undervisningsforløb og forsøg, man kan lave til forskellige aldersklasser. Der sker meget inden for det naturvidenskabelige område i øjeblikket, der er bl.a. DM i naturfag og Galathea-ekspeditionen, som er værd at følge.

Jeg håber, I er kommet godt i gang med det nye skoleår med knap så mange frustrationer som sidste år.



2 år på det danske marked

Xplorer GLX™

gode tilbud på dataopsamling

Xplorer GLX

Den mest alsidige datalogger på markedet. GLX virker som datalogger, oscilloskop, tonegenerator med højttalere, multimeter, stopur, lommeregner, notesblok mm.

Varenr. PS-2002. Listepriis kr.: 3.800,00
TILBUDSPRIS kr.: 3.300,00

Temperatur-lab.

Kom i gang med dataopsamling på en enkel og økonomisk måde med udstyr, der kan udbygges. Sættet består af en temperatursensor (-30 °C til 130 °C) og et USB-link, der forbinder sensoren til computeren.

Varenr. PS-2705. Listepriis kr.: 1.040,00
TILBUDSPRIS kr.: 900,00

Se detaljerede informationer på www.frederiksen.eu

Er det på dansk ? . . . Naturligvis !

Al software er oversat til dansk, både computerprogrammet DataStudio og programmet i dataloggerne. Alle eleverne kan således arbejde selvstændigt med udstyret. For størstedelen af sensorerne er vejledningerne oversat til dansk.

Hent dem på www.frederiksen.eu

Tilbuddet gælder fra 1/10 til og med 31/12 2006.

A/S Søren Frederiksen, Ølgod Tel. +45 7524 4966 info@frederiksen.eu
Viaduktvej 35 · DK-6870 Ølgod Fax +45 7524 6282 www.frederiksen.eu

Frederiksen®

Supernovaer 1

TEKST: HELGE KASTRUP, SEMINARIELEKTOR CVU-STORK

Astronomiens zoologiske have 6

1. SN-ekspllosioner

Med store mellemrum ser man en enkelt stjerne flamme op og i omkring en måned udsende en lysmængde, der er sammenlignelig med det samlede lys fra de øvrige milliarder af stjerner i galaksen. I en kæmpegalakse som vores egen mælkevej optræder sådanne såkaldte supernovaer (SN) omkring to gange per århundrede. Men vi ser langt færre. Solsystemet ligger omtrent midt i Mælkevejens centrale plan, hvor også det meste af galaksens støv befinder sig. Og støvet absorberer især det synlige lys, mens det infrarøde lettere slipper igennem. Da de fleste SN ligger i Mælkevejens plan, er det kun i de nærmere omgivelser, at de er optisk synlige. I de sidste to tusinde år har vi 7-8 sikre observationer af SN-ekspllosioner (se tabel 1). SN 1680 er kortvarigt observeret af Flamsteed, men den ligger også i et område, der er næsten usynligt pga. støv. Så det er kreblerigt, at den sidste klart synlige SN fandt sted, fem år før kikkerten blev opfundet. Heldigvis har vi i dag en stor samling af SN fra andre galakser. Her er problemet blot at opdage dem, inden deres lysstyrke er faldet drastisk. Det ideelle er at fange dem så tidligt, at man ser lysstyrken vokse mod maksimum. Figur 1. viser en typisk kurve for en type Ia SN, hvor førsteaksen er tid i dage. 0 svarer til maksimum i lysstyrke. Andenaksen er effekten (energi per sekund) af det udsendte lys afsat på en logaritmisk skala. (Teknisk set er andenaksen givet som MV, det vil sige den visuelle absolutte størrelsesklasse, som er et mål for effekt. Toppunktet svarer til værdien -19,5 størrelsesklasser. Jo større negativ størrelsesklasse desto større positiv effekt.) SN inddeles

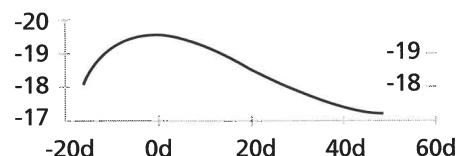
i to hovedtyper kaldet I og II. Alle SN af type I er karakteriseret ved ikke at indeholde brintlinjer i deres spektre i modsætning til SN af type II. Type I er underinddelt i Ia, Ib og Ic ud fra andre spektrale forskelle.

2. SN type Ia

I skrivende stund (medio august 2006) har man i år iagttaget 123 SN. Heraf var 56 eller ca. halvdelen af typen Ia og 5% af typerne Ib og Ic. De sidstnævnte typer har tilsyneladende ret komplicerede udviklingshistorier, som stadig er delvist uafklarede. De bliver derfor ikke gennemgået i denne artikel.

Supernovaer af typen Ia er forbløffende ens. De når en største lysstyrke på -19,5 størrelsesklasse. Det er mere end 5 milliarder gange større end Solens lysstyrke. Og deres udviklingsforløb i tid er næsten identiske. Det har været af meget stor betydning i afstandsbestemmelse i Universet selv ud til fjerne galakser. Er man så heldig at fange en SN af type Ia, når den når sit toppunkt, kan man ud fra dens tilsyneladende lysstyrke vha. simpel geometri bestemme afstanden. Når type Ia supernovaerne er så ens, må det skyldes, at de opstår fra meget identiske startkonstellationer. Vi har brug for en forklaringsmodel, som forklarer, hvorfor stellare objekter med næsten identiske parametre optræder igen og igen, når nu stjerner ellers varierer en faktor tusinde i masse.

I modsætning til de øvrige SN-typer optræder type Ia i alle slags galakser, både spiralgalakser, elliptiske og irregulære galakser. I spiralgalakserne optræder de i alle dele af galaksen og ikke kun i det centrale plan, hvor stjernedannelsen finder sted i spiralarmene. I de elliptiske galakser er stjernedannelsen ophørt



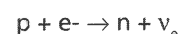
Figur 1

for mange milliarder år siden, alligevel optræder der type Ia SN. Vi har derfor brug for en forklaringsmodel, hvor forstadiet til supernovaen kan være en gammel stjerne.

Den model, der passer med de to nævnte krav er følgende: Udgangspunktet er en dobbeltstjerne, hvor den ene komponent har gennemløbet sit normale udviklingsforløb og er endt som hvid dværg. Nu udvikler den oprindeligt mindre anden komponent sig mod kæmpestadiet. Herved udvider de ydre dele af stjernen sig voldsomt, og stof falder efterhånden over på den hvide dværg. Hvide dværge kan ikke have større masse end $1,4 M_{\odot}$. ($1,0 M_{\odot} = 1 \text{ solmasse} = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$). Når denne **Chandrasekhar-grænsemasse** nås, kan stjernens degenererede elektrongas i centret ikke bære de overliggende lag, og den hvide dværg falder sammen og bliver en **neutronstjerne**. (Hvide dværge, degeneration og overførsel af masse i dobbeltstjerner er behandlet i den tidligere artikel i serien om novaer.)

3. Neutronstjerner

Da neutronen blev opdaget i 1932, indså forskellige fysikere med det samme, at der måtte findes en stjernelignende stabil konfiguration af neutroner. Man kan på en måde opfatte det som én stor atomkerne. Eller man kan sige, at under sammenfaldet af den hvide dværg bliver elektronerne presset ind i kernerne og processen



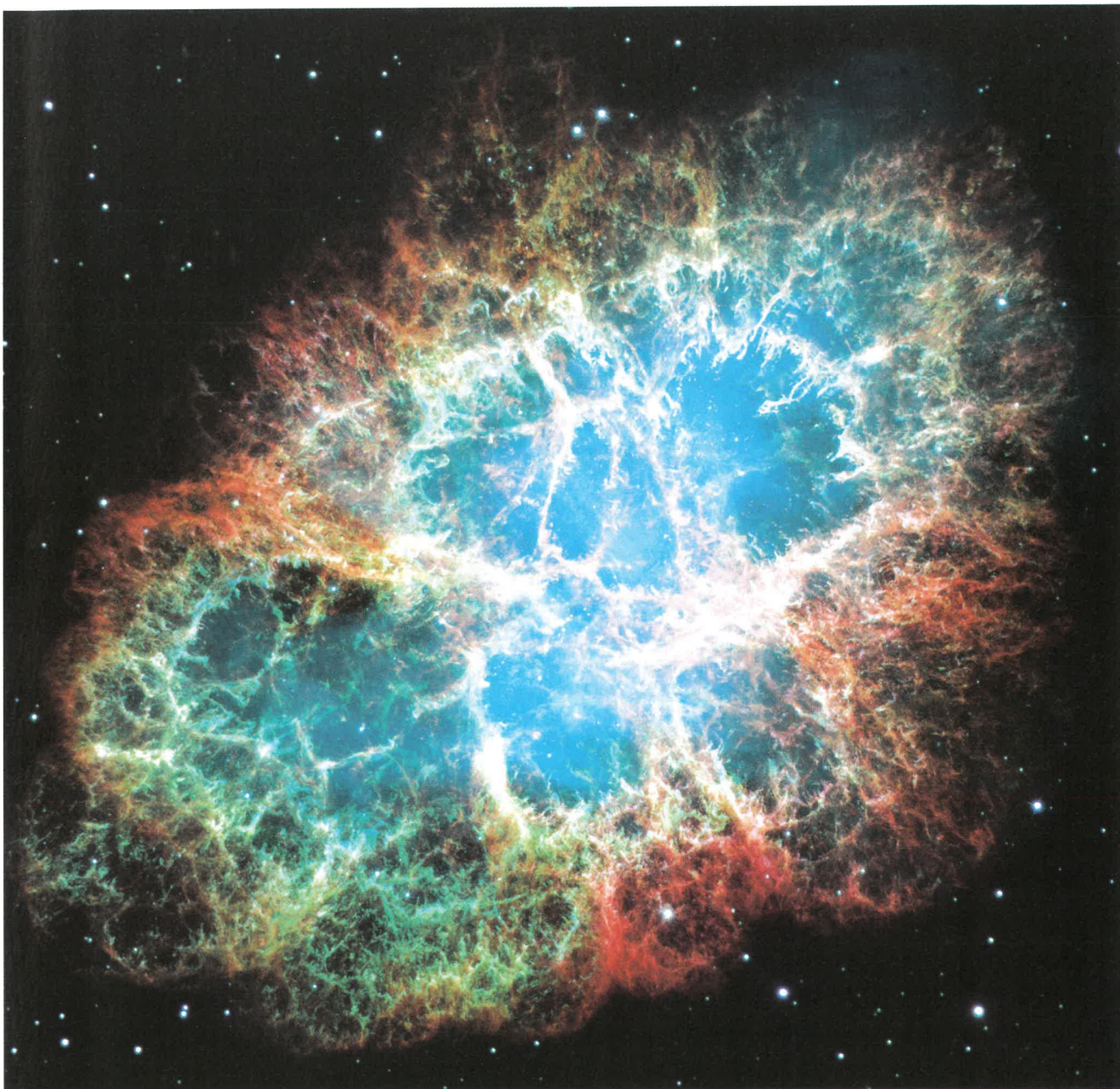


Foto: Hubble Space telescope

omdanner kernens protoner og elektroner til neutroner. I en neutronstjerne er der kun omkring 1 % protoner tilbage. De og elektronerne udgør til gengæld en superledende og superflydende gas i stjernen, mens neutronerne kun er superflydende.

(Processen betyder, at en proton og en elektron danner en neutron

og en elektron-neutrino. De fleste neutrinoer og dermed deres energi undslipper stjernen.)

Typiske neutronstjerne-modeller er stjerner med en masse på 1-2 M_{\odot} ($2-4 \cdot 10^{30}$ kg) og radier på 20-10 km. En tungere neutronstjerne har mindre radius. Men under sammenfaldet bevarer stjernen også sit magnetfelt og sine rotation

(impulsmoment). Derfor vil en nydannet neutronstjerne have en rotationstid på ned til 0,001 s og et magnetfelt på 10^{12} gange Jordens. Stjernens stof er så sammenpresset, at der opnås tætheder i centrum på fra 8×10^{13} til 2×10^{15} g/cm³. Ved en sådan tæthed ville hele menneskeheden fra den første homo erectus til i dag fylde mindre end en ludo-terning.

Neutronstjernens magnetfelt og rotationsakse vil normalt ikke være parallelle. Vi kan derfor opfatte neutronstjernen som en roterende stangmagnet, blot med et uforståelig kraftigt magnetfelt.

4. Pulsarer

I efteråret 1968 opdagede den nordiske astronomistuderende Susan Jocelyn Bell et særegent radioobjekt, der har fået navnet PSR1919+21. Det udsendte et periodisk signal med en periode på 1,337 s. Så korte periodiske astronomiske signaler var på den tid ukendte. I første omgang overvejede man både signaler fra Jorden (et køleskab?) eller endda fra "små grønne mænd". Det blev dog klart, at der var tale om en neutronstjerne, der roterede én gang om sig selv på 1,337 s, og fænomenet fik navnet en **pulsar**. I dag kender man over 1700 pulsarer. Den hurtigste har en periode på 1,5 ms, den langsomste på 8,51 s. I virkeligheden er der to forskellige populationer af pulsarer. Dels er der de normale pulsarer med perioder fra 1/30 s og opefter – den typiske værdi er omkring 0,7 s. Dels er der millisekund-pulsarerne med perioder fra 1,5 til 20 ms. De menes at stamme fra normale pulsarer i dobbelt-systemer, som er blevet speedet op af stof, der er faldet over fra ledsagestjernen. De to berømteste pulsarer er **Krabbe-pulsaren** og **Hulse-Taylor-pulsaren**.

5. Krabbepulsaren

Krabbe-pulsaren ligger midt i krabbetågen (figur 2.) og er resterne af en SN-eksplosion i 1054 set fra Jorden. Tågen har fået sit navn pga. ligheden med en krabbe. Pulsaren har en periode på 33,367 ms. Den roterer gradvist langsommere og langsommere. Dens tab i rotations-

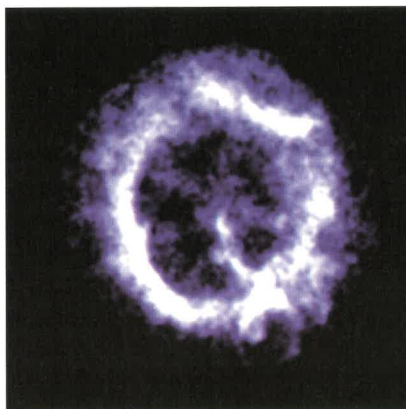


Foto: Fra Chandar satelitten

energi er tilsyneladende kilde til tågens fortsatte udvidelse. Energien overføres fra den centrale pulsar til tågen via pulsarens magnetfelt. Tågen ligger 7000 lysår væk og har en udstrækning i dag på godt 10 lysår. Men den bliver som sagt større og større. Og man har endda vist, at tågen udvider sig hurtigere og hurtigere som følge af accelerationen fra den centrale pulsar. Det blå lys fra tågens indre dele udsendes af elektroner, der accelereres af pulsarens magnetfelt. De yderste dele af tågen er stof, der blev kastet ud under selve supernovaeksplosionen.

Forsiden af dette nummer af bladet viser en tilsvarende SN-rest fra vores næstnærmeste nabo-galakse **Den Lille Magellanske Sky**, som ligger i en afstand af omkring 200.000 lysår. SN-eksplosionen fandt sted på et tidspunkt for mellem 1000 og 2000 år siden set fra Jorden. Tågen er netop nået det stadium, hvor det udkastede materiale begynder at vekselvirke med det omgivende interstellare rum. Figur 3. viser et Røntgen-billede af den samme SN-rest taget fra Chandra-satellitten (opkaldt efter Subrahmanyan Chandrasekhar (1910 - 1995)).

Hos krabbepulsaren og flere andre har man ud over den gradvise forøgelse af rotationsperioden kunnet

iagttage pludselige ændringer, hvor perioden bliver hurtigere, for derefter efterhånden at vende tilbage til den tidligere lineære vækst i perioden. For krabbepulsarens vedkommende optræder springene med et par års mellemrum, og springet er typisk 10^{-9} - 10^{-8} af den normale periode på 0,033 s. Forklaringen på springene synes at være følgende: Pga. den voldsomme rotation er pulsaren fladtrykt. Det vil sige, at dens ækvatordiameter er større end dens polære diameter. Når rotationshastigheden vokser, vil dens naturlige fladtrykning blive mindre. Men da neutronstjernen delvist er et stift legeme, kan den ikke løbende korrigere forholdet mellem ækvatordiameter og polær diameter. Det må ske i ryk svarende til jordskælv, her blot **neutronstjerneskelv** eller **stjerneskelv**. Læren om sådanne bør rettelig hedde **astrologi** i stedet for pseudovidenskaben, som bruges til at narre naive ugebladslæsere o.l.med.

6. Hulse-Taylor-pulsaren

Den blev opdaget i 1974 af Russell A. Hulse og Joseph H. Taylor og var den første binære pulsar man har fundet. Dens officielle navn er PSR1913+16. I dag kender man kun fire af sådanne systemer. Man har kun direkte iagttaget den ene neutronstjerne i H-T-systemet som pulsar. Den anden stråler givetvis i en anden retning end Jordens. Systemets omløbstid er 7,75 timer, og de to neutronstjerner bevæger sig i banerne op til omkring 0,1% af lysets hastighed. Man har nu målt på systemet i over 30 år. Det viser sig, at de to stjerner nærmer sig hinanden med godt 1 mm om dagen. Derved mistes hele tiden energi, som bortstråles som gravitationsstråling. Og energitabet passer med 0,1% nøjagtighed på hvad Einsteins almene relativitetsteori forudsiger.

Dobbelt-pulsaren er beregnet til at have yderligere 400 millioner år tilbage at leve i, før de to komponenter smelter sammen i en voldsom SN-eksplosion. Hulse og Taylor modtog i 1993 nobelprisen for deres opdagelse. Data for H-T-pulsaren er samlet i tabel 2. Bemærk den ekstreme nøjagtighed, de fysiske parametre har kunnet bestemmes med. Pulsarens rotationstid eksempelvis med tolv betydende cifre. Det

er faktisk det næst-nøjagtigste ur vi kender i Universet, kun overgået af millisekund-pulsaren PSR1937+214 opdaget i 1982.

I 2003 fandt man den første dobbelt-pulsar, J0737-3039, hvor begge komponenter kunne ses som pulsarer.

H-T-pulsaren er omkring 100 millioner år gammel. For ret nylig har

man fundet et lignende system, PSR J1906+0746, hvor pulsaren, man måler på, har en periode på 0,144 s og systemet har en omløbstid på 4 timer. Dets samlede masse er $2,6 M_{\odot}$ ($= 5,2 \cdot 10^{30}$ kg). Systemet er det yngste kendte, da det kun er 112.000 år gammelt. Dets periastrondrejning er $7,6^{\circ}$, eller næsten den dobbelte af H-T-pulsaren. Det er endnu ikke klart, om den usynlige ledsager er en neutronstjerne eller en hvid dværg.

Tabel 1. Historiske SN

Navn (SN+årstal)	Type	Sted Stjernebillede	lagttaget i	Synlig	Kommentarer
SN185	?	Kentauren	Kina	mindst 8 måneder	Var måske en komet
SN393	?	Skorpionen	Kina	7 måneder	
SN1006		Lupus (ulven)	Kina-Japan-Arabien-Europa-Arizona		Nok den klareste hidtil observeret
SN1054	II	Tyren	Kina-Japan-Mellemamerika?	om dagen i 23 dage – om natten 20 måneder	Krabbetågen med Krabbepulsaren
SN1181		Cassiopeia	Kina-Japan	185 dage	
SN1572 Tychos SN	Ia	Cassiopeia	Danmark (Tyge Brahe)-Europa-Kina-Korea	20 måneder	Radiokilde identificeret
1604 Keplers SN	Nok II	Ophiuchus (slangebæreren)	Praha (Kepler)-Italien (Galilei)-Kina-Korea	366 dage	Radiokilde identificeret
1680	?	Cassiopeia	England (Flamsteed – Englands første Astronomer Royal)		Tåge identificeret

Tabel 2. Hulse-Taylor dobbelt-pulsaren PSR 1913+16

Omløbstid T	¹⁾ Excentricitet e	Pulsar-rotationstid (sep.1974) τ	Samlet masse $M_1 + M_2$	Masse synlig pulsar M_1	Masse ledsager M_2	²⁾ Periastrondrejning
27906,98163 s \approx 8 timer	0,617127	0,0590299995271	2,8275 M_{\odot}	(1,42 \pm 0,03) M_{\odot}	(1,40 \pm 0,03) M_{\odot}	4,2263 $^{\circ}$

¹⁾ Excentriciteten e i en ellipsebane er defineret ved $e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$, hvor a er den halve storakse og b den halve lilleakse. Den er et mål for, hvor meget ellipsen afviger fra en cirkel. $0 < e < 1$ for ellipser. For en cirkel er $e = 0$.

²⁾ Periastrondrejningen måler, hvor meget ellipsens storakse drejer per år. For planeter taler man om periheldrejning. For Merkur er denne $43''/100$ år. (Se eventuelt min første artikel om Relativitetsteori og kvantemekanik.)

Knaldgas!

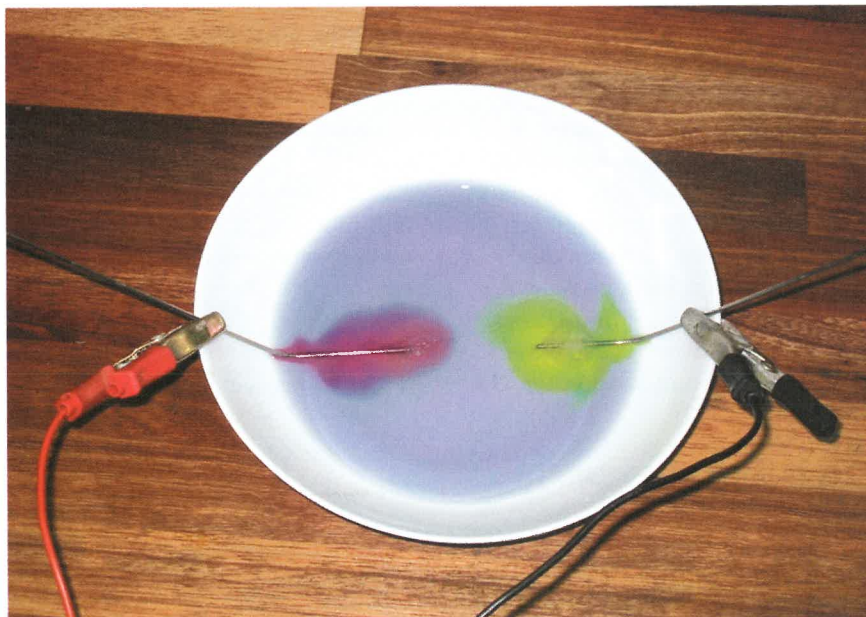
TEKST OG FOTO: PETER HALD

“Lav noget, der eksploderer!” er nok en af de sætninger, der kan irritere en naturfagslærer mest. Det er der flere gode grunde til. Man hører alt for ofte sætningen og forsvarer sig næsten lige så ofte med, at kemi/fysik er altså andet end eksplosioner, at det derudover er forbudt og alt for farligt at fremstille sprængstoffer. Men eksplosioner er jo lækre, motiverende og kan være det sukker, der gør medicinen velsmagende. HVIS de kan laves på en forsvarlig måde.

Jeg vil i denne artikel beskrive et selvbygget, sikkert og enkelt apparat til elektrolyse af vand samt nogle måder at anvende elektrolysegassen.

Historie

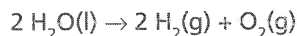
Æren for den første elektrolyse af vand tildeles som regel de to englændere og venner; kemikeren Nicholson og kirurgen Carlisle. I 1800 eksperimenterede de med det batteri, Voltasøjlen, som Allesandro Volta netop havde opfundet. De opdagede, at når elektrisk strøm sendes gennem vand, spaltes vandet til gas, og at mængden af gas er proportional med strømmen. Det var et uskyldigt lille eksperiment, og det startede hele elektrokemien. Herhjemme eksperimenterede Poul la Cour på Askov højskole med vindmøller og herunder også det at bruge elektrolyse til at opbevare overskudsenergien. På det tidspunkt kunne metoden ikke betale sig, men i dag er det igen en af de muligheder, man overvejer til at opbevare energien fra sol og vindkraft til perioder med behov for den.



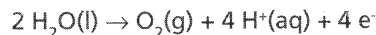
Billede 1: Elektrolyse af natriumsulfatopløsning tilsat rødkålssaft. Spændingen er 12 V jævnstrøm, og elektroderne er rustfri cykeleger

Hvad sker der ved elektrolyse af vand?

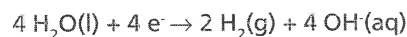
Den overordnede reaktion er, at vand spaltes til oxygen og hydrogen:



Reaktionen sker imidlertid opdelt. Ved anoden (den positive) dannes oxygen:



Ved katoden (den negative) dannes hydrogen:



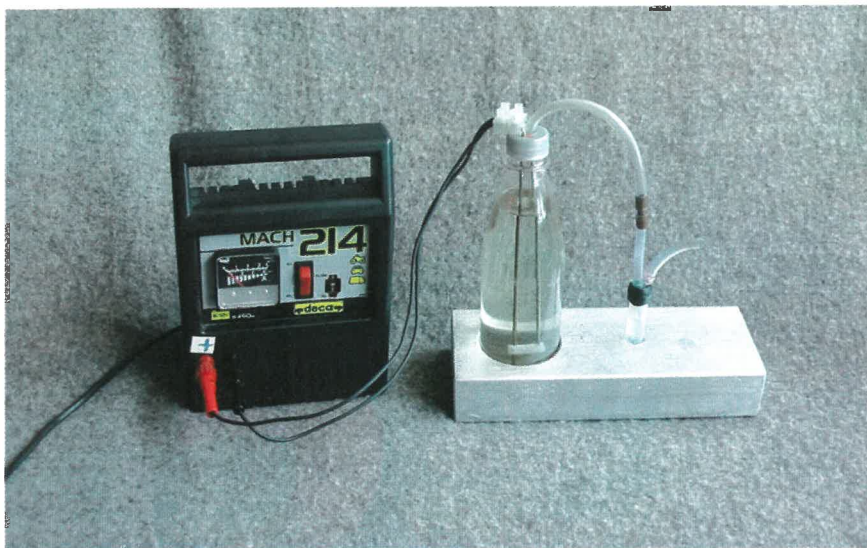
Ved at sende 4 mol elektroner gennem vandet dannes der teoretisk et mol oxygen og to mol hydrogen. I praksis er produktionen dog mindre. Blandt andet bruges en del energi på at varme vandet op i stedet for at spalte det.

At der dannes hydroxidioner og H^+ -

ioner kan nemt demonstreres ved at tage en flad skål med en opløsning af et neutralt salt (eksempelvis natriumsulfat), tilsætte lidt universal pH-indikator (eksempelvis rødkålssafkog) og stikke en ledning i hver side af skålen. pH-ændringen vil tydeligt kunne ses som et farveskift omkring elektroderne efter ganske kort tid. På billede 1 ses det tydeligt, at der er en sur reaktion ved plus og en basisk ved minus.

Skulle man få lyst til at prøve uden salt, vil der kun være en meget lille reaktion, da rent vand er en dårlig elektrisk leder. Der kræves altså en elektrolyt for at få strømmen til at løbe.

Traditionelt anvendes fortyndet svovlsyre som elektrolyt til skolebrug, men det har den ulempe, at man er nødt til at anvende elektroder af platin for at undgå korrosion. Det gør kommercielle apparater dyrere, og til et hjemmebygget apparat er platinelektroder vanskelige at få fat på. Et billigere alternativ er at anvende natrium- eller kalium-



Billede 2: Elektrolyseapparat med strømforsyning og vandlås. Klodsen forhindrer, at flasken vælter, hvis man kommer til at trække i ledningen eller gasslangen. Vandlåsen (det lille reagensglas) gennemgås nedenfor.

hydroxid og elektroder af rustfrit stål. I basisk væske er korrosionen af rustfrit stål så lille, at den kan ignoreres, når apparatet ikke skal køre i længere tid, og ledningsevnen er så god, at en ret tynd natriumhydroxidopløsning er tilstrækkelig.

Apparatet

I de fleste elektrolyseapparater opsamles gasserne hver for sig, men da eksplosionen er målet, er dette apparat lavet, så de samles med det samme. Den oprindelige inspiration kommer fra Kemishow i Ålborg, der anvender et lignende, større elektrolyseapparat til nogle af deres demonstrationsforsøg.

Konstruktion

Man skal bruge:
 ½ liter sodavandsflaske med skruelåg
 2 cykeleger af rustfrit stål
 50-100 cm 4-8 mm tynd blød PVC-slange af typen, der anvendes til sprinkler- eller drypvandingsanlæg

1 samlemuffe
 12 volt DC strømforsyning, eksempelvis en billig batterilader
 En eller anden form for stativ til at holde flasken, så den ikke vælter
 En boremaskine og en æske bor
 En flattang
 En metalfil

I midten af skruelåget bores et hul, der er ca. 1 mm mindre end slangens diameter. Slangen klippes spids og trækkes udefra gennem hullet med en tang. På hver side af slangen bores der et hul, der er ca. ½ mm mindre end egerne. Egerne spidnes med en fil og presses så langt gennem proppen, at de næsten når ned til flaskens bund. Her stikkes de gennem en stump gummislange, der på den måde holder egerne pænt parallelle og forhindrer, at de kommer til at røre hinanden og kortslutte systemet. Over kapslen bukkes egerne 90 °, og samlemuffen skrues på enderne, så man har en god forbindelse til strømmen. Elektrolyseapparatet er nu færdigt og skal bare fyldes med elektrolyt.

Påfyldning af elektrolyt

Hvis man anvender en strømforsyning med strømbegrænsere, er påfyldning af elektrolyt meget enkel. Man fylder blot flasken til et par cm under kapslen med 0,5 - 1,0 molær natriumhydroxid og sætter strømmen til det, man ønsker. 5 - 10 ampere giver en passende gasproduktion. Har man en billig strømforsyning, regulerer man gasproduktionen med elektrolytkoncentrationen. Dette gøres ved at fylde flasken $\frac{3}{4}$ med rent vand, tænde for strømmen og løfte kapslen lidt og tilsætte mættet natriumhydroxidopløsning

Kanyler:

Klip spidsen af og slib dem flade med sandpapir, så man ikke stikker sig på dem. Brug kun nye, sterile kanyler!

Elektricitet:

12 volt er uskadeligt, men højere spænding kan være livsfarligt. BRUG MAX 12 VOLT JÆVNSTRØM TIL FORSØGET.

Kemikalier:

Natriumhydroxid er ætsende. Læs advarsler på flasken.

Knaldgas:

Eksplodivt og særdeles letantændeligt.

Skydesikkerhed:

Skyd ikke efter personer eller materiel, der kan gå i stykker.

Anvend vandlås som tilbageslagssikring ved forsøg, hvor gassen tændes direkte.

Brug briller og høreværn! Husk at advare folk om brægene, så de kan nå at stikke fingrene i ørerne.

Forfatteren

Peter Hald er cand. scient. i kemi, forfatter til bogen "Showkemi", mangeårigt medlem af "Kemishow" og vært på TV-programmet "VQ".

E-mail: phald@hotmail.com
Kommentarer eller spørgsmål kan stilles i Kemishows debatforum på
<http://www.chem.au.dk/~kemishow/phpBB2/index.php>

("flydende afløbsrens"), indtil der løber en passende strøm. Flasken fyldes derefter op med vand til et par cm under kapslen. Der skal typisk tilsættes ca. 20 mL natriumhydroxidopløsning for at få en strøm på 4 - 5 ampere. Man skal være opmærksom på, at ledningsevnen øges op til 25%, når elektrolytten bliver varm under brugen, og man skal derfor starte lidt konservativt med strømstyrken.

Forsøg nummer 1: Eksploderende sæbeskum

Stik slangen ned i en lille skål med sæbevand, og saml boblerne op med en teske eller fingrene og hold dem til en flamme. Boblerne eksploderer med et kraftigt smæld. Det er helt ufarligt, men meget imponerende at tænde en klat skum der sidder på ens fingre! Bemærk, at hydrogens hurtige diffusion gør, at en klat skum efter forholdsvis kort tid ikke længere er eksplosiv.

Under de næste forsøg bør der anvendes et lille stykke sikkerhedsudstyr for at skåne apparatet:

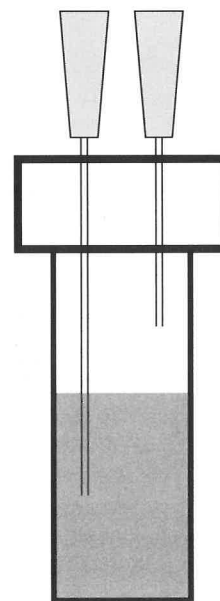
Vandlåsen (Tilbageslagssikring)

For at undgå, at flammen slår tilbage i flasken, skal man montere en lille vandlås på slangen, hvis man vil tænde knalddgassen direkte. Vandlåsen laves nemmest ved at tage enten en lille plastflaske eller tykvægget plastreagensglas. Plastflasken/plastreagensglasset fyldes halvt med vand. Der stikkes en kort og en lang kanyle gennem proppen. Ved at lede gassen ind gennem den lange kanyle og ud gennem den korte kanyle bobles gassen gennem vandet, og flammen forhindres i at slå tilbage til elektrolyseapparatet. Der bør være så lille volumen luft som praktisk muligt over vandet for at mindske belastningen, og låget bør sikres med lidt isolerbånd, så det ikke flyver af.

Vandlåsen er en ekstra sikkerhed. En plastsodavandsflaske er meget solid og sprænges ikke, hvis flammen "slår tilbage" i apparatet nogle enkelte gange. Hvis den gør det mange gange, kan det dog ikke udelukkes, at der vil opstå træthedbrud. Derfor bør der anvendes vandlås. Jeg har testet, at en flaske kan holde til at være helt fyldt med knalddgas, der antændes, men især i undervisningssituationer skal vandlåsen anvendes.

De to slanger samles nemmest ved at bruge en stump metalrør, der passer stramt ind i slangen. For at sætte slangen på kanylen kan den eventuelt varmes lidt, så den bliver blød.

Før brug skal man kontrollere, at der er vand i vandlåsen. Ellers virker den ikke. Mere vand kan tilsættes gennem den lange kanyle med en pipette. Vandlåsen kan ses på billede 2, og princippet er vist på billede 3.



Billede 3: Vandlås. Gassen kommer ind ad den lange kanyle og ud af den korte.

Forsøg nummer 2: Lynslangen

Forsøget med lynslangen er utroligt enkelt: Sæt en lang, tynd, klar plastslange efter vandlåsen og sæt eventuelt en stump metalrør i den anden ende af slange. Når slangen er fyldt med knalddgas, holdes en flamme til enden. Derved eksploderer gassen i slangen, og hele slangen lyser gult pga. natriumionerne fra elektrolytten. I et dunkelt lokale er det meget fascinerende.

Hvis man lader metalrøret ende i toppen af en flamme, vil slangen lyse hver gang, elektrolyseapparatet har fået den fyldt op, og knalddgassen når frem til flammen. Sætter man slangen fast på en træplade, kan man forme bogstaver eller symboler.

(fortsættes i næste nummer).

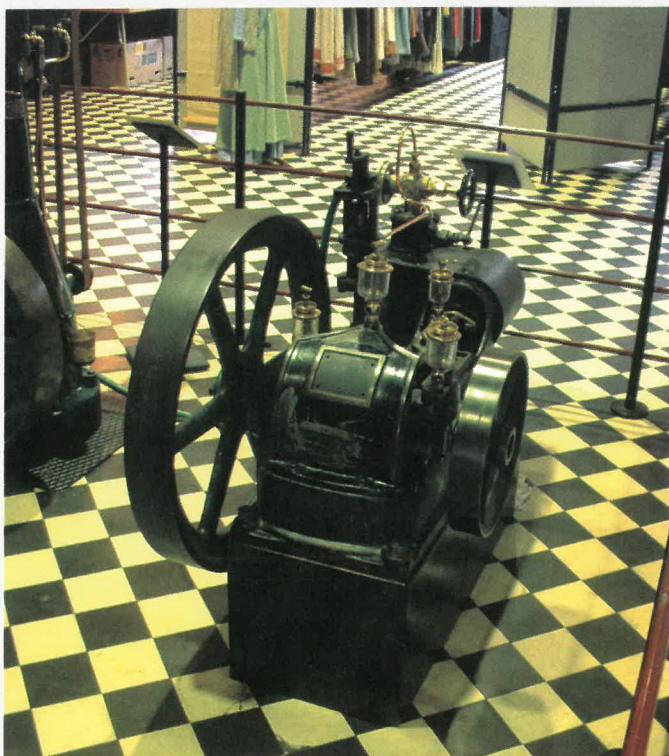
Hvad er det?

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: georg@pionererne.dk



Det var det

Tak for utrolig mange forslag. Mest interessant var indlæg fra Troels Holm, Osted efterskole. Han formåede filosofisk at komme næsten til det rigtige svar. Men der var rigtig mange, der havde det helt rigtige, så efter lodtrækning blev det Flemming Andersen. Desværre har jeg ikke hans adresse, men mon ikke han melder sig. Ellers må jeg jo drikke rødvinen.

Han skriver bl. a.:

1989. Piet Hein forærer et 11 meter højt solur til Egeskov slot ved Kværndrup på Fyn. Han kalder det Helix Helios.

Soluret kombinerer skygge giver og skyggemodtagende flade i et spiralsnoet metalbånd. Spiralbåndet er opstillet i medianplanet, parallelt med jordens omdrejningsakse. Lys- og skygge zoner vekselvirker på begge sider af uret. Deres grænse markerer tiderne.

Og så var det måske passende at citere Piet Heins gruk:

Her ses Tiden
uformummet
hentet ind
fra himmelrummet,
Helios
i eget billed
I en Helix
forestillet



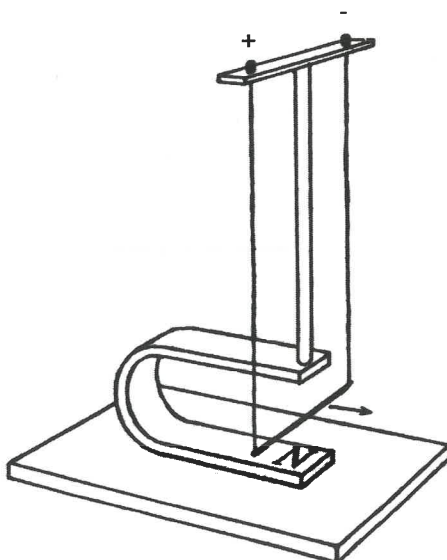
Tommelfinger-reglen, lillefinger-reglen og alt det der

AF SEM.LEKT. CHRISTIAN PETRESCH, NATURFAGS-CENTRET, N.ZAHLES SEMINARIUM

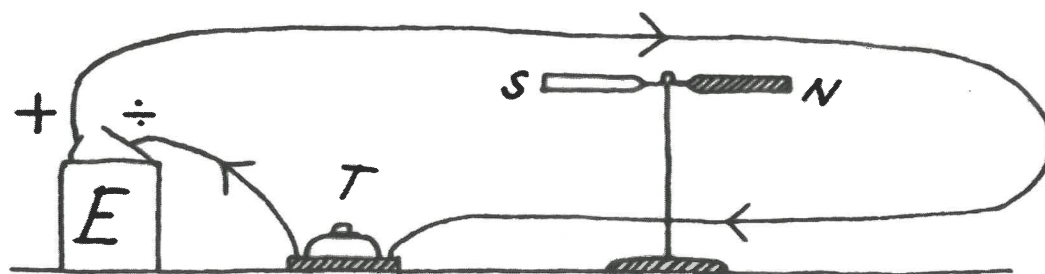
Tommelfinger-reglen, Lillefinger-reglen og Newtons tredje lov, hvad har de med hinanden at gøre?

Meget, idet de to første omhandler hvorledes et magnetfelt vekselvirker med en ledning hvori der løber en

strøm, medens Newtons tredje lov redegør for hvorfor "udslagene" er som de er.



Figur 1



Figur 2

De klassiske forsøg, der viser vekselvirkningen, er "Ørsteds forsøg", fig. 2 og "Gyngen i hestekomagneten", fig.1. De har i generationer været vist, men sammenhængen mellem de to forsøg er ofte ikke klarlagt.

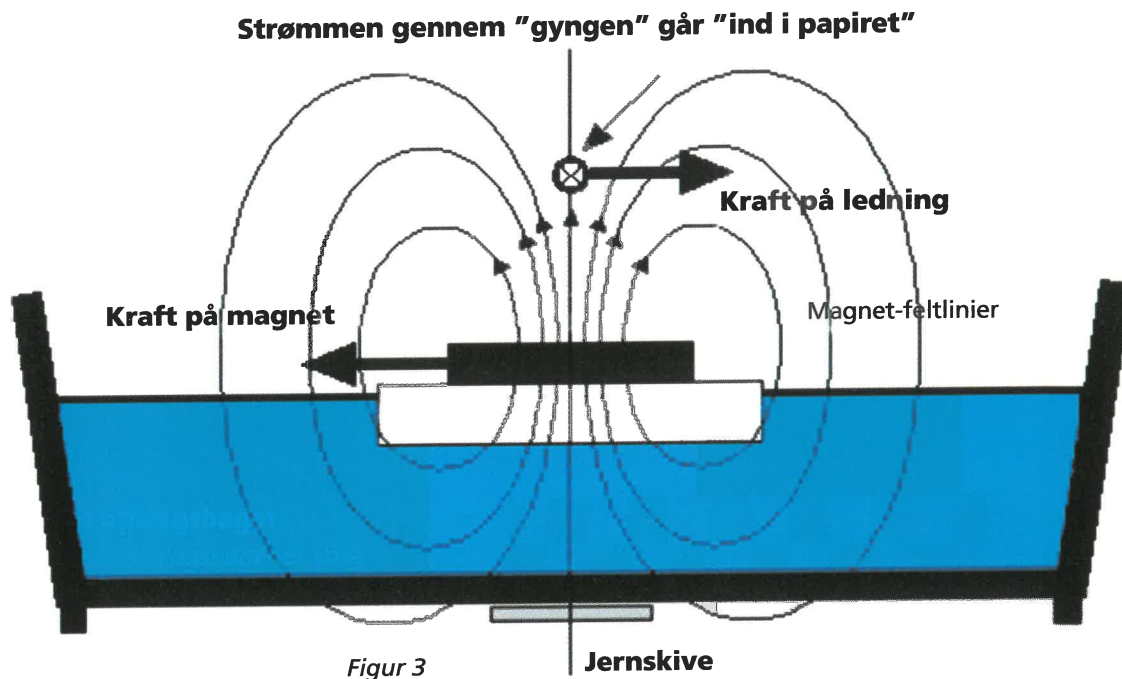
Da vi skulle indvie Naturfags Centret på N. Zahles Seminarium i efteråret 2003, ville jeg gerne vise et splinternyt forsøg. Det skulle være

et klassisk forsøg, men udført med moderne materialer. Mit valg faldt på ovennævnte regler, og Newtons tredje lov skulle knytte dem sammen.

Opstillingen er følgende, se fig. 3 og fig.4:

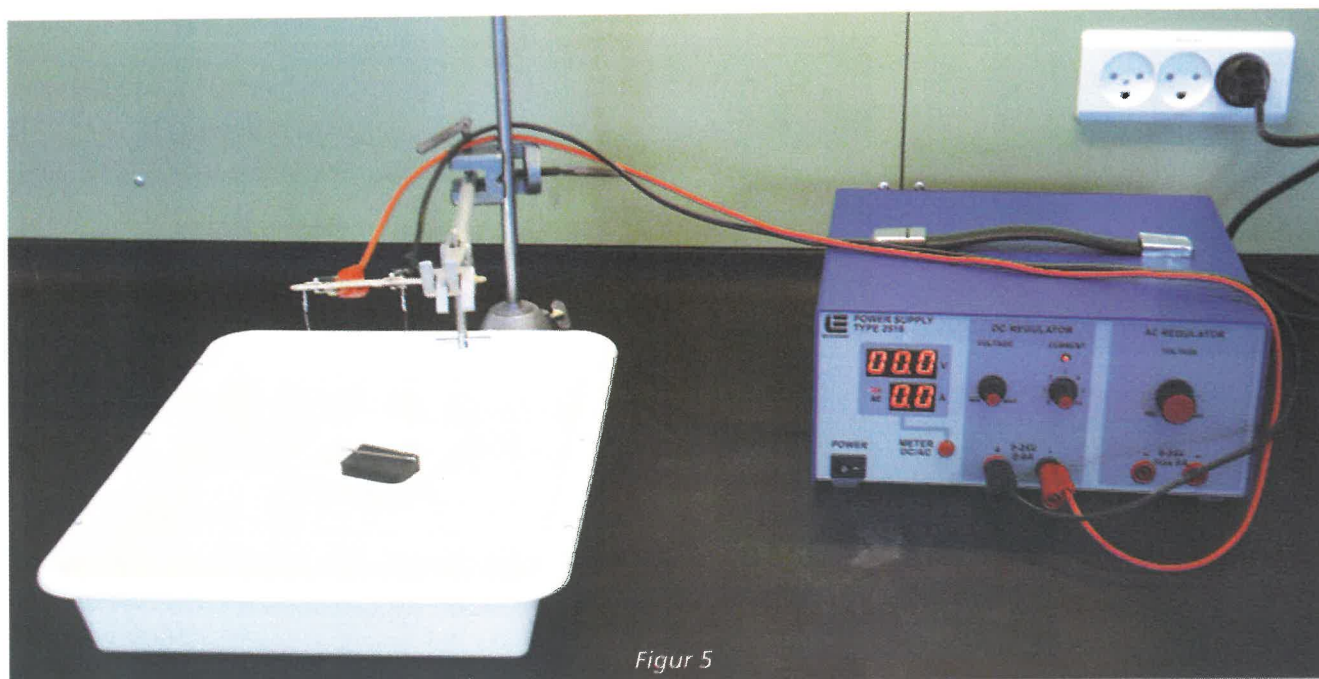
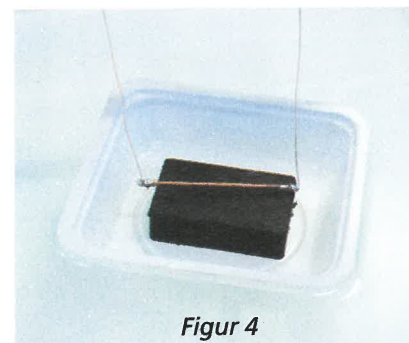
En kraftig, kasseformet keramisk magnet flyder med nordpolen opad

på en vandoverflade, enten i en vejebåd eller på et stykke "Flamingo". Ved at lægge en lille jern-plade eller en jern-skive under vandbeholderen, f.eks. en opvaskebalje, kan magneten fastholdes lige over jernpladen/skiven. Ved at regulere vandstanden i vandbeholderen kan den kraft, hvormed magneten fastholdes på plads, varieres. En gyngestruktur af to tynde (ca. 8 cm



hver) og en tyk (ca. 3 cm) kobbertråd. Gyngen ophænges med den tykke tråd ca. 0,5 cm over magneten så den kan gynges frit. Når der så sendes en strøm på 6-8A gennem gyngen, vil man se at gyngen i overensstemmelse med "Lillefinger-reglen" slår ud til den ene side, medens magneten i overensstemmelse med "Tommelfinger-reglen" slår ud til den modsatte side. Prøv

selv. Gyngen og magneten har altså påvirket hinanden med modsatte rettede kræfter, hvilket jo er en del af indholdet af Newtons tredje lov. Det kræver lidt tålmodighed at regulere vandstanden i vandbeholderen således at magneten kan bevæge sig så langt ud til siden uden at den flyder bort fra sin plads over jernpladen eller skiven. Hele opstillingen ses på fig. 5.



Små kemiforsøg

TEKST OG FOTO: ANETTE JENSEN

Kemi og fysik for indskolingen og mellemtrinnet. Små kemi/fysikforsøg, der kan udføres i et almindeligt klasseværelse.

"Lavalampe":

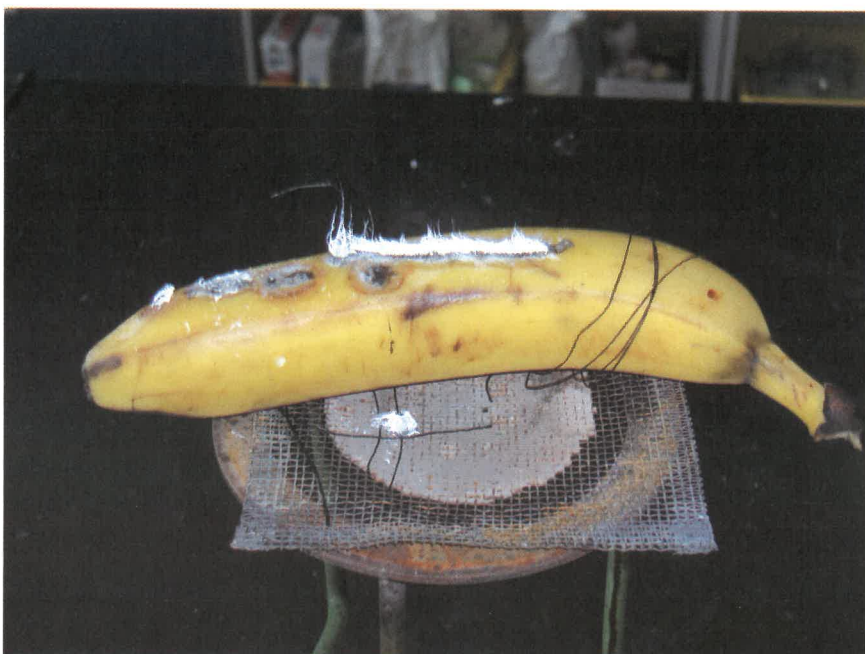
En rosin kommes i et glas med sodavand. Rosinen vil falde ned på bunden af glasset og derefter stige op til overfladen, falde ned igen osv. Hvis forsøget ikke lykkes, er det fordi rosinen er for stor, så skal den brækkes i stykker. Det er et meget enkelt forsøg, som eleverne er meget fascineret af.



Forklaring: Kuldioxiden vil lægge sig på overfladen af rosinen. Når der har samlet sig tilstrækkeligt meget, vil kuldioxiden stige op til overfladen sammen med rosinen. Når kuldioxiden er afgivet, falder rosinen ned på bunden igen. Måske kan man komme ind på opdrift i de ældre klasser.

Brandsår på banan:

Magnesium er den hvide farve i nytårsfyrværkeri. Forsøget skal vise, at man ikke må holde fyrværkeri i hånden. Et stykke magnesiumbånd lægges oven på en banan. Bind det evt. fast med sytråd. Det sværeste ved forsøget er at få magnesium-



båndet til at ligge fast. Sæt ild til magnesiumbåndet. Det vil efterlade et meget tydeligt brandsår på bananen, som gør et meget stort indtryk på eleverne. Der skal en del varme til for at få magnesiumbåndet til at brænde, f.eks. en bunsenbrænder. Hvis forsøget laves i et klasseværelse, kan magnesiumbåndet vædes i sprit, inden det lægges på bananen, så kan man sætte ild til det med en tændstik.

Hvad kan opløse en sukkerknald:

Tag tid på hvor lang tid en sukkerknald kan opløses i forskellige væsker f.eks. koldt vandt, varmt vand eller sprit. Sukker kan ikke opløses i sprit, heller ikke hvis man lader det stå til ugen efter. Eleverne vil ikke selv foreslå sprit, men mange vil foreslå en syre. Syre opløser ikke sukkeret helt. Snak om stoffers opløselighed. Lav f.eks. et forsøg med fedts opløselighed.

Mælken, der skifter farve:

Forberedelse inden forsøget: Der kommer lidt phenolphthalein i en skolemælk. Man kan evt. gøre det i en uåbnet skolemælk med en kanyl. Der kommer lidt base i et glas og lidt syre i et andet glas. Når man hælder den hvide mælk op i glasset med basen, bliver mælken rød. Bagefter hældes den røde mælk over i glasset med syre, hvorefter mælken igen bliver hvid.

Vandballonen, der ikke brænder:

En vandballon pustes op, og der sættes en tændstik til og ballonen springer. En anden vandballon fyldes med vand. Der sættes en lighter under, og ballonen springer

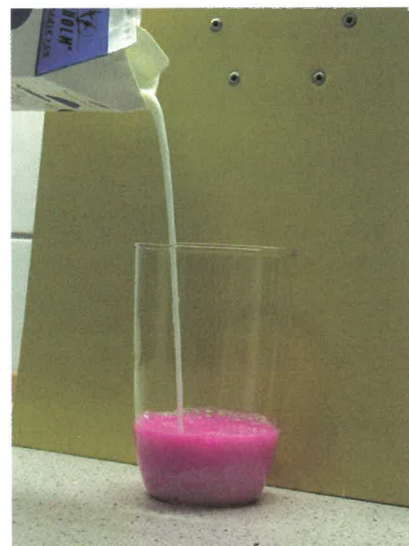
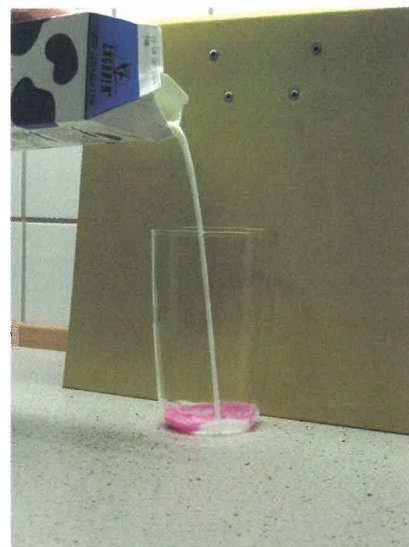
ikke. Husk at tørre ballonen af først, ellers vil eleverne sige, at den ikke brænder, fordi den er våd. Man kan forklare eleverne forsøget ved at sætte en gryde på en varmeplade. Man kan holde hænderne længere i en gryde med vand end en gryde med luft i.

En lille bombe af en filmdåse eller et kinderæg:

En filmdåse eller den del af et kinderæg, der har været legetøj i, fyldes en tredjedel op med eddike, og en fjerdedel af en treo (en brusetablet) kommes i, og låget sættes på. Efter få sekunder sker der en kraftig reaktion, idet man har blandet en base og en syre. Man kan også bruge bagepulver i stedet for treo, men så har man under 10 sekunder til at lukke låget, stille dåsen på jorden og komme væk. Forsøget laves udenfor, brug sikkerhedsbriller og forklæde til den, der skal lukke låget på dåsen.

En elpære kan lyse i en mikrobølgeovn:

En sprungen elpære stilles i en lille skål med vand i en mikrobølgeovn. Vis eleverne, at pæren ikke kan lyse. Vandet skal modvirke overophedning af pæren, så den ikke springer. Tænd for mikrobølgeovnen i maksimalt 45 sekunder, så er du sikker på, der ikke sker noget. Pæren lyser, idet mikrobølgerne giver luften i pæren energi. Man kan også lave det i en ovn med en plade, der drejer rundt, så vil pæren være slukket de steder, der ikke får energi fra bølgerne.



VAKSTESTER

TEKST, FOTO OG TEGNING: GEORG HANSEN

Vi har alle i biologi lært om øjets træghed: Billedet bliver stående på nethinden et lille stykke tid. Vi kender det fra stumfilmene, som bruger 18 billeder pr. sekund. De fleste oplever, at billedet blinker. Så kom tonefilmene med 24 billeder pr. sekund, og der findes næppe nogen, som kan se blinkene.

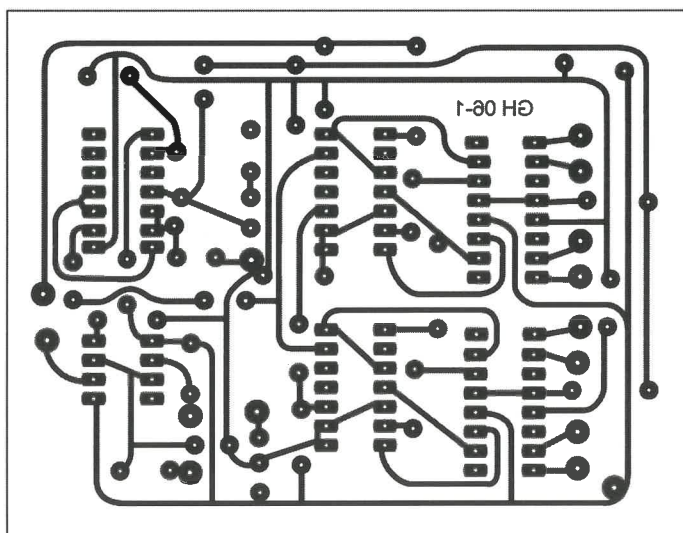
Grænsen for at se blinkene er individuelle, men nogen mener, at for

den enkelte er grænsen flydende. Jo mere veloplagt (vaks) man er, jo højere en frekvens kan man se.

Denne lille opstilling kan afgøre, om det er sandt. Lysdioden blinker, og frekvensen kan justeres med potentiometeret. Drej langsomt op for frekvensen og stop lige der, hvor det ser ud, som om lampen lyser konstant. Noter tallet. Prøv så igen en dag, du er i hopla – og en dag, hvor alt er gråt i gråt.

IC 1 er en timer, som er koblet, så den kører som AMV. Den skaffer blinkene i LED. IC 2 har mange funktioner: Med trimmeren kan du sørge for, at den lukker op for tælleverket hver sekund. Desuden styrer den IC 5 og IC 6 (de kaldes LATCH), som sørger for, at tallet bliver stående, indtil det næste kommer. IC 3 og IC 4 er 10-tællere, som omsætter impulserne til binære tal.

Potentiometeret forbindes til P og P. Displays + sættes til UD.



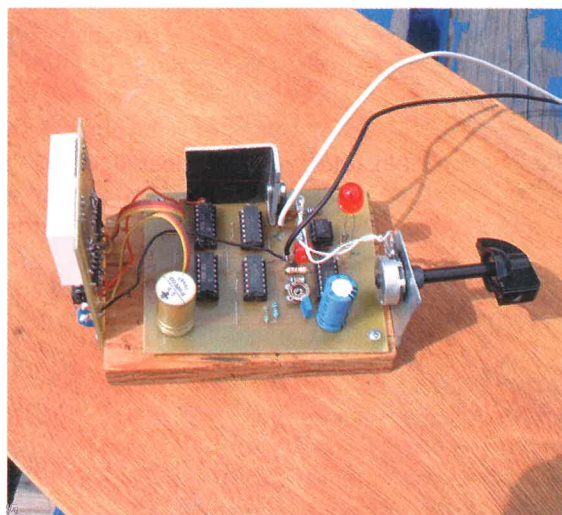
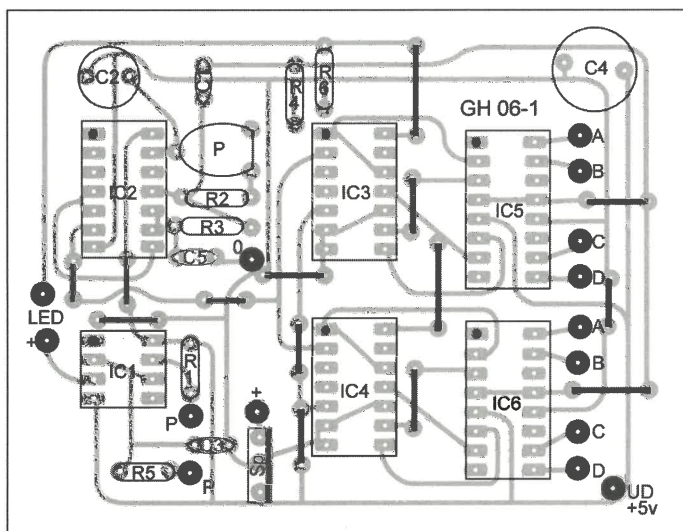
SPEJLVENDT

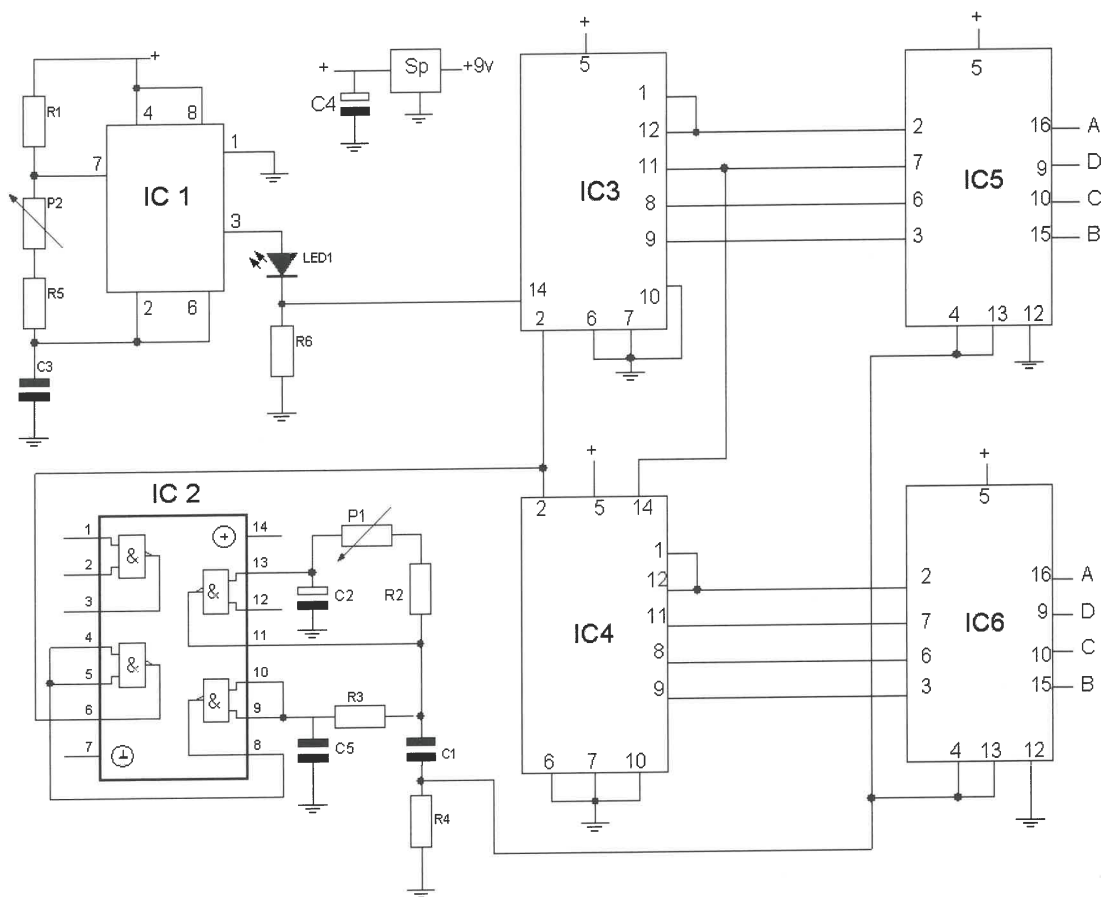
KOMPONENTER:

IC 1: NE 555
 IC 2: 74132
 IC 3 & 4: 7490
 IC 5 & 6: 7475
 R1: 33 k Ω
 R2: 1 k Ω
 R3: 2,7 k Ω
 R4: 100 Ω
 R5: 82 k Ω
 R 6: 120 Ω
 P1: trimmer 1 k Ω
 P2: potentiometer 220 k Ω – med knap
 C1: 33 nF
 C2: 680 μ F
 C3: 100 nF

C4: 3300 μ F
 C5: 470 nF
 LED1: Rød LED 10 mm
 Sp: Spændingsregulator 7805 med køleplade
 1 IC sokkel 8 pin
 3 IC sokkel 14 pin
 2 IC sokkel 16 pin
 Strømforsyning: 9 volt/0,2-0,4 amp (afhængig af display)

Desuden 2 stk. 7-segment display med driver. Omtalt i Fysik/Kemi 2004 nr. 5.





Strømforsyninger – der opfylder de skærpede krav til sikkerhed



1150.10

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

Pris excl. moms kr. 2.145,-

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

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,-



1118.10

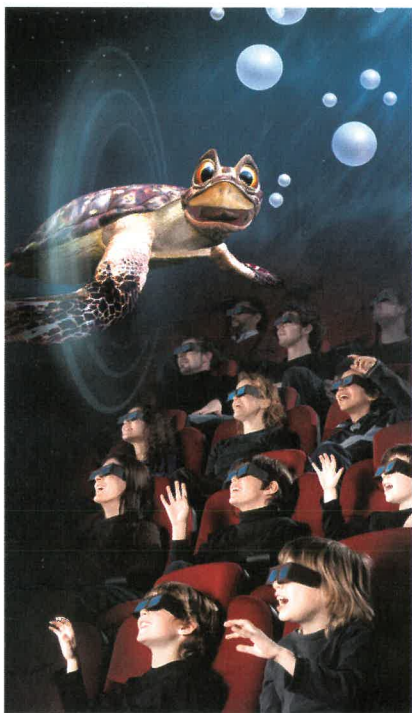
impo
electronic a/s

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!

Ny 3D teknik i Tycho Brahe Planetarium

AF BJØRN FRANCK JØRGENSEN



Ved årets start indviede Planetariet et nyt digitalt 3D-system, der kan supplere de klassiske IMAX-filmoplevelser. Det er verdens største digitale 3D-billede, og det har da også givet en del omtale i resten Europa. En halv snes IMAX-teatre og Planetarier har besøgt os for at bese det og evt. kopiere ideen til deres egen institution. Allerede inden årets udgang vil Europas største IMAX-DOME teater i Paris være udstyret med nøjagtigt det samme udstyr, som nu opererer i København.

Udvikling af separationsteknikken ("right eye" / "left eye") og de tilvirkede 3D-briller er bl.a. et dansk projekt, og det har helt naturligt givet Planetariet i København en særlig status internationalt. Det hænger også sammen med, at vi med den nye teknik kaster os ud i produktion af 3D-forestillinger for børn. Vi råder i modsætning til de fleste andre IMAX-teatre over kompetencer på en række afgørende områder som ny 3D-teknik, formidling, faglighed og kendskab til filmproduktion.

Manuskript-skrivningen til den animerede børnefilm i 3D er i gang, men der forventes stadig en produktionstid på mindst 18 måneder. I mellemtiden har Planetariet indkøbt nogle korte underholdende 3D-film, der ofte er knyttet til en af de klassiske 2D-Imax-film. Dog har vi i forsommeren sat den første lange 3D-film på programmet – en film om dyrelivet i regnskoven. Det har været en stor succes, og vi har derfor valgt at sætte endnu en forestilling af denne type 3D-film på programmet fra den 8. september.

Ny 3D-film om teknikken

I weekenden den 9 - 10. september satte Tycho Brahe Planetarium den nye digitale 3D film på programmet – en film, der faktisk handler om selve teknikken, men som også er krydret med en historie. En væsent-

lig del af filmen beskriver, hvorledes man med polygoner bygger animerede personer op, lægger "texture" på (overflade) og endelig får dem til at bevæge sig. Alle, der har set Gollum i "Ringenes Herre", Terkel i "Terkel i Knibe" eller figurerne i "Polarekspressen", kender til de vellignende og livagtige figurer, der næsten får deres eget liv og personlighed. I denne lærerige 3D-film kan man kigge med, mens denne effektfulde historie bliver til. Det er en oplagt film til undervisningsbrug.

God lyd

Lydsiden er en sag for sig. I grundmaterialet ligger der 18 lydspor, hvilket giver os muligheder for at mixe lyden så den fylder vores 6 kanals surround-anlæg helt ud. Og lydsiden er faktisk vigtigere for en filmoplevelse, end de fleste forestiller sig.

En boksekamp

Underholdningsdelen, der fylder cirka halvdelen af filmen, er en historie om Slim, der både får premiere som skuespiller og som fluevægtsbokser, men som bliver narret til at stille op mod sværvægtsbokseren "Killer" af sin luskede manager. På grund af 3D-teknikken vil publikum utvivlsomt flere gange ønske at dukke sig, når "Killer"s lige højre suser ud mod publikum.

Nogle af filmens karakterer

Slim ①

Vores helt. Han starter sit virtuelle liv som en lille polygon og ender med at blive filmstjerne. Så skrues tiden tilbage til 1930'erne, hvor han har sin debut. Scenen er en boksearena med skrigende fans. Kampen er "Fjervægteren Slim mod Sværvægteren Killer", et muskel-

bjerg. Vores stakkels helt må bruge alle kneb for overhovedet at holde sig på benene.

Shorty ②

Den sleske promotor. Lav af højde, men med høje ambitioner. Han vil gøre alt for at underholde mængden. Hans tre tommelfingerregler for en god kamp er: underholdning, underholdning og underholdning.

Fede ③

Er Slims manager, og han gir' mange gode råd til Slim, men Slim hører ikke rigtigt efter.

Killer ④

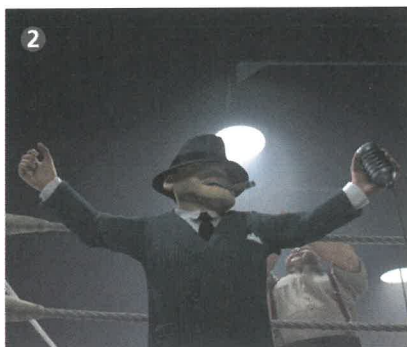
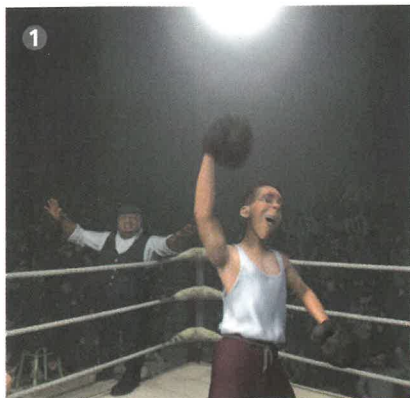
Navnet siger alt. Legenden siger, at han vejede 13 kg ved fødslen. Han er en 170 kg supersværvægter og har vundet alle sine 43 kampe på knock out.

Coach 5

Killers manager, cigar-tyggende, er her og der og kender det hele. Mere farverig end sit navn og så har han kun tre ords råd til sin bokser: "En lige højre".

Dommeren 6

Om ham kan man kun undre sig: hvorfor stoppede han ikke kampen noget før, måske er han for gode venner med Shorty.

A photograph of a laboratory or workshop. In the foreground, there is a vintage oscilloscope displaying a waveform. In the background, several robotic arms are mounted on a workbench. The scene is lit with overhead fluorescent lights.

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

AD: HSC-HOUSE

Anmeldelser

En Verden i Plast – Plastens ABZ

I denne håndbog fortæller vi om Plast – vor tids materiale, der findes overalt i dagligdagen, men alligevel bærer det ukendte og derfor nogen mystik i sig.

Plast giver masser af nye muligheder og spændende udfordringer.

Sider: 57



Plastleksikon

Det praktiske leksikon omfatter plasttyper og plastfremstilling, visse kemiske grundbegreber samt nogle miljøbegreber.

Sider: 19



Wauw – Det er plast

– interaktivt læreprogram om plast.

Programmet, der også omfatter en materialesamling, giver elever i folkeskolen og gymnasiet et bedre indblik i plastens verden. Med boxens indhold kan udføres en række spændende forsøg, der bl.a. gør det muligt at bestemme de forskellige plasttyper og deres egenskaber, udføre fald- og trækprøver og undersøge materialets slidstyrke. CD-Rom'en giver desuden en udførlig information om plastens historie fra starten i 1862 og op til i dag, plastens naturvidenskabelige opbygning samt genanvendelse.

Medlemspris og skoler: kr. 190 plus moms.

Ikke medlemmer: kr. 380 plus moms.

www.plast.dk/



Så er serien komplet

Dansk Naturvidenskabs Historie – bind 3 og 4

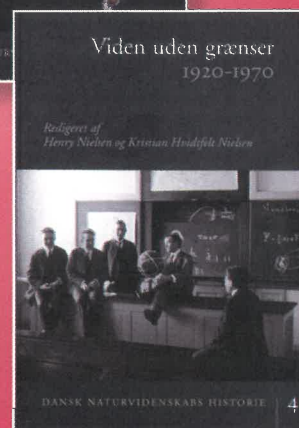
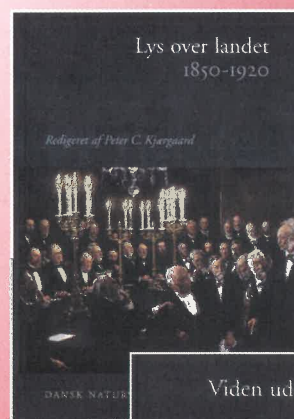
TEKST: JØRGEN LARSEN

Det var med stor spænding, at jeg modtog de sidste 2 afsluttende bind. Linien fra de første bind var lagt, så forventningerne var med rette store. Titlerne er *Lys over landet*, *Viden uden grænser* og dækker perioderne 1850 - 1920 og 1920 - 1970.

Materialet spænder vidt. Både de naturvidenskabelige institutioner og ikke mindst de personer, der satte deres præg på forskningen, gennemgås. Det folkelige har også en plads. Det er sjovt at blive mindet om TV-udsendelserne *Spørg Århus*, hvor jeg var en stor beundrer af Olaf Pedersens klare fremstillinger. Ligeledes vækker det gode minder

at læse om Ingvald Lieberkind. Mogens Pihls bestræbelser på at styrke den teoretiske del af fysikken omtales. Da Mogens Pihl havde postuleret, at man kunne undervise i alt på ethvert klassetrin, husker jeg fra min egen seminarierid, at vores lærer i fysik/kemi på et tidspunkt havde inviteret Mogens Pihl til at undervise en lektion i atom- og kernefysik i en 4. klasse. Det lykkedes. Det samlede værk virker meget gennemarbejdet og kan på det varmeste anbefales til alle, der blot har den mindste interesse for området.

Dansk Naturvidenskabs Historie:
Bind 3, *Lys over landet* (1850-1920), 518 sider, ISBN 87 7934 170 5
Bind 4, *Viden uden grænser* (1920-1970), 528 sider, ISBN 87 7934 171 3
Aarhus Universitetsforlag.
Pris pr. bind, kr. 500,-
Pris for alle fire bind kr. 1.500,-



Helges box

TEKST: HELGE KASTRUP, SEMINARIELEKTOR CVU-STORK

Er Jordens magnetfelt ved at vende?

Jordens magnetfelt har skiftet retning omkring hver halve million år i alt fald i de sidste 160 millioner år. Det er 780.000 år siden, det sidst skete. Man har målt Jordens magnetfelt systematisk i omkring 150 år. I det tidsrum er feltstyrken aftaget 10%. Man støder tit på en påstand om, at det betyder, at vi er på vej til en omvendning af magnetfeltets retning, og at det også er på tide, da vi er langt over gennemsnittet med samme magnetfelt. Nyere undersøgelser af tidligere magnetfeltændringer viser imidlertid, at der ikke er belæg for påstanden. Ændringer, som vi har set dem siden 1850, er helt normale, og det nuværende felt er stadig noget højere end feltet gennemsnitligt er. Der er i øvrigt det specielle ved Jordens magnetfelt, at når det aftager til 0, kan det meget vel vokse op i samme retning igen. Hvilken retning, et nyt magnetfelt vender, er tilsyneladende kaotisk (dvs. tilfældigt).

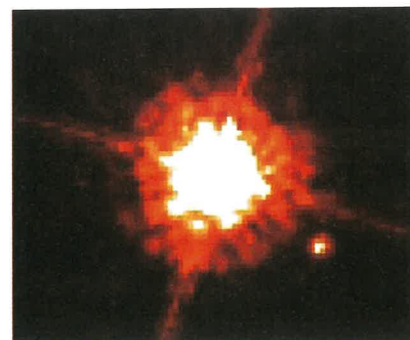
Hubble Space telescope og Chandran



Mørkt stof observeret direkte

Billedet viser to hobe af galakser, der er stødt sammen og har dannet superhoben 1E 0657-556. De enkelte galakser ses som gul-hvide pletter. Billedet er sammensat af et Røntgen-billede lavet med Chandrasatellitten og et optisk billede lavet med Hubble Space Telescope. De to lyserøde bobler er Røntgen-strålingen fra gassen i de to hobe, mens de to blå bobler er massefordelingerne fra de to hobe udregnet ud fra, hvor meget det optiske lys fra fjernere objekter afbøjes gravitationelt af massen i 1E 0657-556 (den gravitationelle linse-effekt). Sammenstødet mellem hobene er formodentligt det voldsomste kosmiske fænomen nogensinde efter selve the Big Bang. Men man ser tydeligt, at gassen er blevet bremset ved sammenstødet, mens hovedparten af massen er fortsat, så de to fordelinger ikke længere følges ad. Det mørke stof er kun påvirket af tyngdekrafter. Gassen er påvirket af gnidning, elektromagnetiske påvirkninger osv.

Hubble Space telescope



Den mindste ledsager endnu observeret

Hubble space teleskopet har observeret den hidtil mindste ledsager til en stjerne (se billedet). Dens masse er kun 12 gange Jupiters. Nu hvor debatten har lagt sig, om hvilke objekter i vort solsystem der er planeter, og hvilke der er småplaneter, kan man så fortsætte diskussionen. Er det nye objekt, den lille klat ved siden af stjernen, en stor planet, eller er det en meget lille brun dværg. En brun dværg er en stjerne, der var for lille til, at de termokleare processer kunne starte i centret.

Fusionskraftværk bygges i Cadarache i Frankrig

Fusionskraftværket ITERS fremtid synes nu sikret, da ministre fra EU, Kina, Indien, Rusland, Sydkorea, og USA i april underskrev en samarbejdsaftale herom i Bruxelles. Der er tale om en forsøgsreaktor, som bygger videre på erfaringerne fra JET-eksperimentet i Culham i England. Byggeriet er budgettet til 4,7 mia. euro, og det forventes at tage 10 år. Derefter er der planlagt en 20 års forsøgsperiode. Man håber at kunne gå i gang med at bygge en prototype på et egentligt fusionsværk i 2026. I mange år har årstallet 2030 været nævnt som det år, man håbede på, at det første fusionsværk kunne stå klar. I de nye planer tænkes den første kommercielle reaktor at stå klar i 2046. Hold ud kære læser!

Samarbejde mellem DFKF og Plastindustrien invitation til pilotprojekt

ERLAND ANDERSEN, FORMAND FOR DFKF STORKØBENHAVN
[HTTP://WWW.FYSIK-KEMI.FW.DK/STORKBH/](http://www.fysik-kemi.fw.dk/storkbh/) • [HTTP://WWW.NATURFAGSKURSER.DK/](http://www.naturfagskurser.dk/)

Inspireret af samarbejdet mellem DFKF og Haldor Topsøe A/S har DFKF Storkøbenhavn startet et samarbejde med Plastindustrien. Vi begynder med et pilotprojekt, som er et kursus mandag den 26. februar 2007 i laboratorierne Kemi/Teknik på DTU i Lyngby om formiddagen – og om eftermiddagen besøg på en plastvirksomhed, Totax-Plastic A/S i Vedbæk.

Samarbejdet med Plastindustrien og DFKF Storkøbenhavn starter med nedenstående pilotprojekt. Det er allerede planlagt, at tilsvarende kurser arrangeres på Fyn og i Jylland i løbet af 2007/08.

Derfor skal de, der deltager i pilotprojektet, være villige til at give en grundig evaluering, så de efterfølgende kurser rundt om i landet

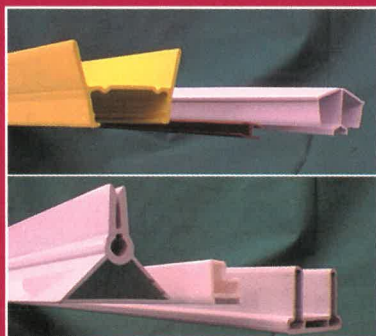
kan blive optimeret. Det er gratis at deltage, hvis man er medlem af DFKF. Øvrige må betale kr. 300 i kursusafgift.

Tilmelding til Erland Andersen
Tlf: 3874 3440
Mail: erland@naturfagskurser.dk

Plastindustrien i Danmark er en brancheforening for plastforarbejdende virksomheder samt råvare- og maskinleverandører til branchen. Foreningen har ca. 300 medlemsvirksomheder.

Plastbranchen er rigtig stor – faktisk er den landets 4. største industribranche – den har 35.000 ansatte, omsætter for ca. 42 mia. kroner og vokser mere end de fleste andre brancher!

Se også www.plast.dk



Pilotprojekt, kursusdag 26. februar 2007 **Foreløbigt program:**

Del 1 afholdes på:
DTU i Lyngby, Department of Chemical Engineering, Bygning 423

- Kl. 8.30 Velkomst og introduktion.
1 til 2 oplæg om kemien bag plast og fremstilling af plast
- Kl. 10.00 Kaffepause
- Kl. 10.30 Praktiske øvelser med plast
- Kl. 13.00 Vi kører til Totax-Plastic A/S
Staktoften 22 - DK-2950 Vedbæk (www.totax.dk)
- Kl. 13.30 Frokost. Under frokosten et oplæg om Totax-Plastic A/S
- Kl. 14.30 Vi vises rundt på virksomheden
- Kl. 15.30 Afslutning

Når du er i tvivl

■ Elevernes opslagsbøger

Gyldendals små opslagsbøger er små handy opslagsbøger til eleverne i de ældste klasser i grundskolen. Der er bl.a. opslagsbøger til matematik og fysik/kemi - og i dansk er der en række specifikke opslagsbøger, fx om litterære redskaber, litteraturhistorie, sagprosa og sprog.

■ Uundværligt hjælpemiddel

I Gyldendals små opslagsbøger finder eleverne hurtigt den faglige viden, de har brug for i den daglige undervisning og i forbindelse med afgangsprøverne.

■ Korte og præcise forklaringer

Artiklerne i Gyldendals små opslagsbøger er korte og præcise - og giver både eleverne faktuel viden og overblik.

■ Masser af eksempler

Forklaringerne i Gyldendals små opslagsbøger er suppleret med eksempler og illustrationer, der anskueliggør og uddyber begrebet.

Kr. 99,- ex moms

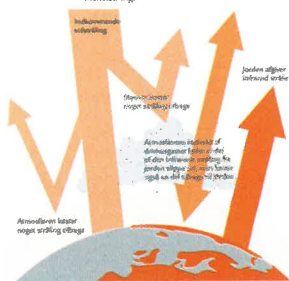


Drivhuset

Jordens atmosfære er et drivhus. Den kaldes "drivhuset", fordi gassen i et drivhus har samme evne til at holde på varmen.

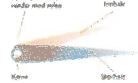
Uden drivhuseffekt ville der ikke være liv på Jorden som vi kender det i dag, for temperaturen ville være omkring 30 °C lavere.

Drivhuseffekten er et resultat af atmosfærens sammensætning.



34 | D

Galakser



Galakser er store samlinger af stjerner samt gas og støv. Galaksehobe er store samlinger af galakser. Vi bor i galaksen Mellemvejen med ca. 5000 milliarder stjerner. Vi kan se Mellemvejen som et lyende bånd på himmelen.

A | 16

Den vigtigste menneskeskabte drivhusgas er CO₂.

Andre betydningfulde menneskeskabte drivhusgasser:

Methan (CH₄) og lættergas (N₂O) samt industrielle gasser som for eksempel CFC'er og HCFC'er, PFC'er og SF₆. Den søm, der dannes ved luftforurening i dens nedre atmosfære, virker også som en drivhusgas.

CFC'er bruges bl.a. i køleskabe og sprøjtebævere.

35 | D

Vi befinder os cirka midtvejs mellem udkanten og centrum af Mellemvejen.



Et himmellegeme, der er særligt så meget sammenkædet som Mellemvejen er så tæt, at intet - heller ikke lys - kan komme derfra. Derfor er halvt sørt, og et andet himmellegeme, der kommer derind, kan aldrig slippe sig igen.

Mellemvejens centrum er et sort hul.

Stjernebælter er søretre i stjernebæltet på himmelen, som menneske har givet navne og fortalt historier om. Hævarerne afspjæler den kulde, der har forsket dem.

Man mener, Universet blev dannet for næsten 14 milliarder år siden ved en gigantisk eksplosion, som vi kalder Big Bang.

Efter Big Bang begyndte Universet at udvide sig, og denne udvidelse finder stadig sted.

Sørt hul

Stjernebælter

Big Bang

17 | A

Ja tak, send Gyldendals små opslagsbøger - Fysik/kemi til gennemsyn i 30 dage

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 og få 4% online-rabat!



GYLDENDAL
- veje til viden

DANMARKS FYSIK- OG KEMILÆRERFORENING AFHOLDER EN KONFERENCE OM:

fysik•kemi, undervisning, evaluering, prøver og test!

Indhold:

Fysik/kemi, undervisning, evaluering, prøver og test set i et historisk perspektiv.

ROSE- undersøgelsen.(ROSE: Relevance Of Science Education).

Prøvebekendtgørelsen, oplæg og diskussion.

Fysik/kemi og test i 8. Klasse.

Efter/videre uddannelse af fysik/kemilærere.

De naturfaglige linjefag i den nye læreruddannelse med fokus på fysik/kemi og natur/teknik. gruppearbejde.

Mød bl.a.

Palle Hansen , Fagkonsulent i fysik/kemi

Martin Krabbe Sillasen, Formand for seminarernes fysik- og kemilærerforening.

Finn Horn, DPU.

Yderligere oplysninger:

Erland Andersen

Rådmand Steins Alle 7 st th, 2000 Frederiksberg

Tlf: 38 74 34 40

Mail: erland@naturfagskurser.dk

Bindende tilmelding

til Søren Kirchheiner, Tlf: 39 69 39 52

Mail: soeren.kichheiner1@skolekom.dk

Pris for deltagelse:

Medlemmer af DFKF kr. 2.200

Ikke medlemmer af DFKF kr. 2.500

Prisen inkluderer overnatning i enkeltværelser samt alle måltider.

Betaling:

Registreringsnummer 0271

Kontonummer: 10176433

Tid og sted:

Konferencen er fra torsdag aften d. 08.03.07 til og med frokost lørdag d. 10.03.07

Sidste frist for tilmelding er 31.12.06

Vissenbjerg Storkro

Søndersøvej 30 · 5492 Vissenbjerg

DER ER ET BEGRÆNSET ANTAL PLADSER, SÅ HER GÆLDER FØRST TIL MØLLE PRINCIPPET!

Praktisk arbejde i NATUR/TEKNIK – et arbejdsseminar



NATUR/TEKNIK-forum



GEOGRAFFORBUNDET



DANMARKS FYSIK- OG KEMILÆRERFORENING



BIOLOGFORBUNDET

Fokus på praktisk arbejde.

Praksisnære foredrag.

Workshops med hands-on-aktiviteter.

Arbejde med at udforme undervisningsplaner.

Hovedfokus vil være på elevernes læringsudbytte af aktiviteterne – hvilke begreber og faglige generalisationer aktiviteterne åbner for og hvilke slutmål/trinmål, de kan medvirke til at opfylde.

Konferencedeltagernes udarbejdede undervisningsforløb samles i elektronisk form og fordeles blandt alle deltagere. (Hvordan rent praktisk?)

Målgruppe: Folkeskolens undervisere i natur/teknik, gerne flere undervisere fra samme skole.

Foredragsholdere:

- Peter Norrild, Progression i det praktiske arbejde
- Steffen Elmoose, Læring og praktiske arbejde
- Hans Jessen Lauritsen, Astronomi – det fjerne gøres nærværende

Det fulde program kan ses på følgende hjemmesider:

www.geografforbundet.dk

www.fysik-kemi.ffw.dk

www.biologforbundet.dk

Pris:

1100,- inkl. fortæring, men ekskl. overnatning.

Tid og sted:

2. og 3. november 2006.

Aalborg Seminarium, Mylius Erichsens vej 131, 9210 Aalborg SØ.

Tilmelding:

Tilmelding sker ved at skrive til kss@aalsem.dk samtidig med, at man betaler kursusafgiften til konto 9246 1960072541.

Tilmeldingsfrist: Fredag den 13. oktober 2006.

I begge tilfælde angives navn, e-mail-adresse og mærket "N/T seminar".

Yderligere oplysninger på 9633 1201 (Kaja Snerle).

Landsformand	Anette Jensen	Bergvej 3, 2. th.	5230 Odense M	tlf. 6614 1376	ajen@pc.dk
Næstformand	Peter Jensen	Halvmånen 39	4300 Holbæk	Tlf 21472686	peter.jensen89@skolekom.dk
Landskasserer	Horst-Werner Knüppel	Højgårdvej 2	6900 Skjern	tlf. 9736 4362	horst@vip.cybercity.dk
Landssekretær	Finn Jørgensen	Gadstrupvej 7	2700 Brønshøj	tlf. 3828 6597	fj.gvs@ci.kk.dk
Hovedstyrelsesmedlem	Hans Christian Dyhr	J. Skjoldborgsvej 46	8230 Åbyhøj	tlf. 8625 4094	hanschrdyhr@hotmail.com
Hovedstyrelsesmedlem	Kurt Lorentzen	Maglestenen 23	4390 Vipperød	tlf. 5918 1753	kurt.lorentzen@tdcadsl.dk
Hovedstyrelsesmedlem	Ulla Rasmussen	Stradellasvej 14 3. tv.	2450 København SV	tlf. 3645 0425	

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

92234 ARC 55002
JØRGEN HANSEN
MOSEGARDSVEJ 2
4173 FJENNESLEV

001

Til natur/teknik i 5. og 6. klasse



En af lærerne har undersøgt skadefølgen, som blev forårsaget af vind og regn.

Hvad kan der ske??

Hvis man ikke opfatter en bygning i overensstemmelse med reglerne, kan det være en alvorlig fejl. Det kan være, at man har bygget en bygning, der ikke er bygget i henhold til reglerne. Det kan være, at man har bygget en bygning, der ikke er bygget i henhold til reglerne. Det kan være, at man har bygget en bygning, der ikke er bygget i henhold til reglerne.

Opdå andre skader

1. Træer med løse grene kan falde ned på bygningen.
2. Vind kan blæse ned på bygningen.
3. Regn kan sætte sig på bygningen.
4. Sne kan sætte sig på bygningen.
5. Is kan sætte sig på bygningen.

Isolering og hængsler med at holde varmen

Isolering og hængsler med at holde varmen under i vinteren. Isolering og hængsler med at holde varmen under i vinteren. Isolering og hængsler med at holde varmen under i vinteren.

Fugt og ventilation

At der er fugt i rummet er vigtigt for sundheden. At der er fugt i rummet er vigtigt for sundheden. At der er fugt i rummet er vigtigt for sundheden.



Boligens teknik

...lo kan en spaghettiarmet chokoladekagebjælke bære, er? Hvordan isolerer man et mælkekartonhus?

...ik viser, hvordan ingeniørløsninger har gjort dagligdagen i ligen nemmere. Byggetekniske principper som konstruktion, ering bliver vedkommende og let forståelige for eleverne. af gode idéer til øvelser og eksperimenter, som er sjove at

Boligens teknik, Elevhæfte
bestillingsnr. 9033730
110,00 kr. uden moms

Boligens teknik, Lærervejledning med kopisider
bestillingsnr. 9033737
570,00 kr. uden moms