



# Resurscenter

för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan

## I detta nummer:

- Nya webbresurser
- Höstens evenemang
- Astronomi-veckan
- Rapporter från verksamheten

## Dessutom:

### 11 sidor laborations-special!

Antioxidanter  
Optiska vitmedel  
Atmosfär&klimat  
Uppskattningar  
Tankeexperiment

## Bästa läsare!

Resurscentret i matematik, naturvetenskap och teknik är inne på sitt tredje verksamhetsår. Året inleddes med byte av projektledare. Paula Lindroos, som mycket förtjänstfullt lotsade Resurscentret under de två första mycket hektiska åren, drar sig ändå inte helt bort från verksamheten utan fortsätter som suppleant i styrelsen. Undertecknad tar över rodret men fortsätter samtidigt sitt arbete på Utbildningsstyrelsen på deltid.

Våren har på många sätt varit inspirerande. SIC-seminariet i början på februari var välbesökt och visade att lärarna fortsättningsvis är intresserade av och gärna deltar i fortbildningar och seminarier. Den goda responsen på vår verksamhet har under våren varit ett glädjämne för oss som arbetar i Resurscentret.

Fortsättningsvis söker vi idéer och inspiration via samarbete med bl.a. Lumacentret och våra nordiska kolleger. I slutet på mars besökte Resurscentret Göteborg, som är hemorten för det rikssvenska matematikcentret, Chalmers Fysikaliska leksaker m.m. Och i början på april genomfördes en extern utvärdering av vår verksamhet. Resultaten från utvärderingen har vi ännu inte fått, men vi ser stor förväntan fram emot dem.

Samtidigt som våren sakta men säkert gör sitt intåg vill jag önska er god slutspurt inför kommande sommarledighet!

Henrik Laurén  
Projektledare



Resurscentrets nya projektledare Henrik Laurén

**Kom ihåg webbtidningen för ungdomar!**  
**[www.helsinki.fi/kreativ](http://www.helsinki.fi/kreativ)**



## Nya webbresurser

Vi vill speciellt berätta om två nya webbresurser som sedan en tid finns kopplade till Resurscentrets webbsida [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi):



### ***Fy/Ke resursen***

Fy/Ke resursen är ett omfattande material i fysik och kemi för årskurserna 3–6. Materialet är utarbetat av Anna Karin Jern och innehåller en hel del tips och idéer som kan vara nyttiga även bland äldre elever. Bland annat finns många detaljerade experimentbeskrivningar som bara använder sig av vardagsmaterial. Väl värt en titt!

[www.skolresurs.fi/fykeresursen/index.html](http://www.skolresurs.fi/fykeresursen/index.html)



### ***Matteva***

Matteva är en webbsida med övningar, spel och aktiviteter som kan användas i matematikundervisningen, främst i årskurserna 6-9. Alva Grönqvist står bakom materialet som till största delen är programmerat i Flash, varför Flash Player bör vara installerad för att allt ska funka. En mattetimme i datasalen där eleverna får öva t.ex. huvudräkning med hjälp av Alvas roliga spel är en fräsch omväxling i matematikundervisningen!

<http://www.skolresurs.fi/matteva/index.html>

## Höstens evenemang

Sommaren är knappt här ännu, men redan nu är det dags att planera in hösten stora evenemang. Alla finns med i Resurscentrets händelsekalender på [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi) och där kan man kolla aktuell information.

### ***Kemia tänään – Kemin idag, 9.10.2009 i Åbo***

En speciell möjlighet för lärare att bekanta sig med aktuella frågor inom kemiundervisning och aktuell kemiforskning. Begränsat antal platser, anmälan från och med 1.8. OBS! Programmet är synkroniserat med MAOL:s höstdagar så man kan fortsätta direkt dit!

### ***MAOL:s höstdagar, 9–11.10 i Nådendal***

De årliga höstdagarna bjuder på högklassigt program både på finska och svenska, denna gång med Mumin-tema!

### ***Finlandssvenska fysikdagarna, 13–15.11 på Silja Serenade***

De finlandssvenska fysikdagarna ordnas nu för andra gången efter succén 2007. En fantastisk chans för lärare och forskare att mötas och ha trevligt tillsammans!

### ***Matematikbiennalen, 28–29.1.2010 i Stockholm***

Matematikentusiasm i världsklass utlovas av arrangörerna. Gruppresan kommer att ordnas för intresserade lärare.

---

*Dags att boka in  
höstens stora  
evenemang!*

## Resurscentret siktade mot stjärnorna

I år är det exakt 400 år sedan Galileo Galilei konstruerade sitt första teleskop. Man kan inte säga att Galileo skulle vara teleskopets uppfinnare, men med hjälp av hans förfinade produkt var han den första som publicerade bilder på månen sedd från ett teleskop. Vi firar även andra jubileumsår i år, det är 200 år sedan Charles Darwin föddes och det är 150 år sedan han publicerade sitt verk "Om arternas uppkomst". Dessa ovannämnda tre jämna år är några av orsakerna till att Det internationella astronomiåret 2009 uppmärksammas och firas runt om i världen. Resurscentret för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan ville vara med på ett hörn och ordnade tillsammans med samarbetspartnerna Palmenia och LUMA-centret vid Helsingfors universitet en astronomivecka för finlandssvenska lärare och elever. Astronomiveckan gick av stapeln den 20-23 april.

Astronomiveckan inleddes med ett heldagsseminarium för astronomiintresserade högstadie- och gymnasielärare. Ett drygt trettiotal lärare – med god spridning från Pedersöre i norr, via Ekenäs i sydväst till Lovisa i öster – samlades i HU:s undervisningssalar den 20 april. På programmet stod ett antal föreläsningar, workshops och planetobservationer. Som huvudföreläsare och inspiratör under seminariet och astronomiveckan fungerade Dr Francisco Diego från University College London. Diego är vice president för UK Association for Astronomy Education och dessutom Fellow of the Royal Astronomical Society. Han är en stor popularisator av astronomi och har bland annat figurerat som sakkunnig i TV-dokumentärerna Stephen Hawking's Universe och BBC:s The Planets.

Astronomiveckans inledande dag hade lärare som målgrupp. Under resten av veckan var det elevernas tur. På tisdagen föreläste och diskuterade Diego med intresserade och ivriga gymnasieelever från huvudstadsregionen. Ungefär 200 elever samlades i Gymnasiet Lärkan där man under Diegos ledning diskuterade Big Bang och universums evolution. Eleverna var ivriga – det var svårt att få tyst på frågorna trots att den reserverade tiden överskreds rejält. På onsdagen stod högstadieeleverna i tur; konceptet var detsamma som under tisdagen och Diego kunde med van hand tala också till de yngre eleverna. Några elever från Sökövikens skola hade under sin lärare Ann Charlotte Rydgrens ledning ritat bilder som Diego använde i sitt framförande.

Södra Finland var nu tillräckligt Big Bangad. Skribenten och Diego styrde kosan till Österbotten. På torsdagskvällen togs vi emot av entusiaster från den lokala amatörastronomföreningen Andromeda. Våra värdar visade stolta upp sitt nya observatorium och utställningen i Meteorian på Söderfjärden strax söder om Vasa. Meteorian är en utställning och ett astronomiskt observatorium byggt i en gammal riemiljö. Meteorian har byggts upp i en välbevarad stockria som flyttats ut på den 520 miljoner år gamla meteoritkratern på Söderfjärden. Döm allas förvåning då vi mitt under den ljusa kvällen – med hjälp av Diegos trixande och speciallösningar - fick oss en vacker titt på Merkurius. Det var första gången som många av de aktiva amatörastronerna såg Merkurius, vilket också firades med att korka en flaska...

Astronomiveckans sista dag inleddes med föreläsning och diskussion tillsammans ett hundratal gymnasieelever från Vasa och Korsholm. Eleverna var aningen blyga i början, men då temat gick in på möjligheter till avancerade livsformer i universum tog diskussionen fart. En av eleverna tog upp Drakes spekulativa ekvation – vilken Diego avslutningsvis förklarade och diskuterade tillsammans med eleverna.

Jonas Waxlax

Läs en längre artikel på [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi)



Dr Francisco Diego förklarar Big Bang utgående från elevers teckningar.

*“Eleverna var ivriga – det var svårt att få tyst på frågorna trots att den reserverade tiden överskreds rejält.”*



Planetobservationer på Söderfjärden utanför Vasa.

## Experimentklubb på Sarlinska skolan



Ivriga Pargaselever.

Under våren har Resurscentret ordnat en experimentklubb för årskurs nio på Sarlinska skolan i Pargas.

Klubben ordnades på skolan åtta eftermiddagar under vilka deltagarna på experimentell väg fått bekanta sig med olika fenomen och begrepp såsom aggregationstillstånd, energiövergångar, supraledare och kromatografi. Eleverna har också fått se hur en titrering går till och bekanta sig med flytande kväve och torriss. Klubben avslutades med ett besök till Åbo Akademi 22.4 där deltagarna bl.a. fick tillverka papper och äta glass gjord med hjälp av flytande kväve.

Efterfrågan på naturvetenskapsklubbar har varit stor och RC i Åbo strävar till att ordna en klubb per termin i Åboregionen, i den ordning som önskemålen kommer in. Tag kontakt med Kerstin Fagerström för att reda ut möjligheterna att ordna en experimentklubb på din skola.

Erik Holm



Ivrig LEGO-lärare.

## Mindstorms studiecirkel i samarbete med Heureka

Torsdagen den 16 april kl 15 samlades en grupp lärare på Heureka i Vanda för att bygga Lego. Det var frågan om en studiecirkel med temat Lego Mindstorms NXT som ordnades i samarbete med vetenskapscentrumet Heureka i Vanda.

Lego Mindstorms NXT är en serie Lego-byggsatser som möjliggör konstruktion och programmering av robotar som kan fås att göra nästan vad som helst, det är endast fantasin som sätter begränsningar. Vad har då detta med skolan att göra? Inkorporering av Lego Mindstorms i undervisningen är ett utmärkt sätt att utveckla elevernas planeringsförmåga, logiska tänkande och kreativitet samtidigt som det ger en introduktion till programmering och automation.

Studiecirkeln pågick i fyra timmar, varav den största delen av tiden ägnades åt olika programmeringsuppgifter som att få roboten att starta på ljudsignal och hållas innanför ett markerat område. När klockan slog sju var de flesta deltagarna fortfarande upptagna med sina robotar och det var med uppenbar motvilja som robotarna plockades i sär och delarna sattes tillbaka i sina lådor.

Det kommer att ordnas en del två av studiecirkeln i augusti och det finns fortfarande möjlighet att komma med. Målet med dessa studiecirkel är att Lego Mindstorms skall sprida sig till olika skolor i Svenskfinland och aktivera lärare och elever.

Tanken är att under hösten starta klubbar och valfria kurser kring Lego Mindstorms och att detta kan ge upphov till lag som kan delta i framtida tävlingar. Att tävla i konstruktion av Mindstorms-robotar är en ganska stor grej i många länder och det finns en hel del internationella tävlingar i olika grenar.

Erik Holm

---

*“När klockan slog sju var de flesta deltagarna fortfarande upptagna med sina robotar och det var med uppenbar motvilja som robotarna plockades i sär och delarna sattes tillbaka i sina lådor.”*

## 11 sidor laborationsspecial!

Den 6–7 februari hölls SIC-seminariet på Arcada i Helsingfors. SIC ordnas för lärare vartannat år i samband med TekNatur-tävlingen för elever. Återigen samlade seminariet ett stort antal lärare inom matematik, fysik, kemi och biologi från hela Svenskfinland. För programmet stod gästföreläsare från vitt skilda områden, dessutom ordnades workshoppar av varierande slag, en paneldiskussion kring klimatförändringen samt ett uppskattat kvällsprogram hos Neste Oil.



Resurscentret var väl representerat under SIC och höll bland annat ett antal workshoppar. På de följande sidorna har vi samlat en del material därifrån som kan vara intressant både för dem som deltog i SIC 2009 och andra som inte var där.

Dessutom publicerar vi en del nytt material som inte fanns med på SIC men som våra resurspersoner jobbat med under våren.

Allt material får kopieras och användas direkt ur detta nyhetsbrev, materialet finns också i samband med nyhetsbrevet på resurscentrets hemsida [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi), varifrån elektroniska versioner kan laddas ner och modifieras för olika lärares behov. Där finns också en del bonusmaterial som inte rymdes med i pappersversionen.

Vi hoppas materialet blir till nytta och nöje både för elever och lärare!

*Resurscenterteamet*

## Radikaler och antioxidanter

*Otto Långvik  
(olangvik@abo.fi)  
19.4.2009*

*Vi har alla hört om radikaler.*

*Vad är de? Hur beter de sig?*

*Vad är sambandet mellan antioxidanter och radikaler?*

### **Bakgrund**

I dagens samhälle nämns ordet antioxidant på många ställen och i olika sammanhang. Antioxidanter anses vara nyttiga, hälsosamma och hämta många positiva egenskaper. På många livsmedelsförpackningar nämns att produkten innehåller antioxidanter. Vad är dessa antioxidanter och hur fungerar de. Många naturprodukter påstås vara antioxidanter men finns det syntetiska antioxidanter?

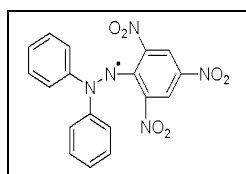
Radikaler anses ofta som skadliga och något som är oönskat, så är fallet i många vardagliga sammanhang. Radikalerna förorsakar att maten kan bli dålig, radikalerna är en av orsakerna till att vi föråldras och i värsta fall kan radikaler förorsaka cancer. Undantag finns, radikaler kan också vara nyttiga eller livsviktiga i vissa sammanhang, men vi går inte in på dessa här och nu.

## Laborationens syfte

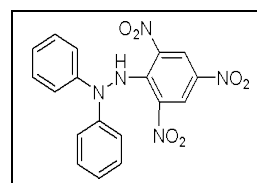
Syftet med denna laboration är att förklara och studera vanliga ämnens antioxidantegenskaper. Deltagarna i laborationen väntas bli medvetna om hälsoeffekter som antioxidanter i födan ger. Att laborera med vardagliga ämnen som är antioxidanter hjälper oss att minnas att det är värt att fundera på maten vi äter.

## Experimentella metoderna

De i vår omgivning förekommande radikalerna är vanligen syreradikaler. Men eftersom syreradikalerna i vissa avseenden kan vara besvärliga att laborera med använder vi oss av en mera praktisk radikal, en så kallad stabil radikal. Den stabila radikalen vi använder kallas ofta DPPH· (difenylpicrylhydrazyl). När denna stabila radikal neutraliseras med olika antioxidanter erhålls DPPHH (difenylpicrylhydrazin). DPPH· är en förening med en mycket stark och karakteristisk färg. En lösning av DPPH· har ett absorptionsmaximum på ca 520 nm. Föreningen löser sig väl i vanliga alkoholer så som metanol, etanol och propanol. När DPPH· neutraliseras till DPPHH tappas lösningen sin färg och lösningen blir gul. Denna färgreaktion kan med lätthet observeras med blotta ögat och är ypperlig för att göra varierande demonstrationer för elever på olika nivåer.



DPPH·



DPPHH

## Antioxidanter

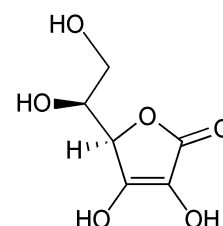
Tyvärr är mekanismerna för de vanligt förekommande och tillgängliga naturliga antioxidanterna inte alltid enkla och lätta att förklara. I normala fall är antioxidanter olika polyfenoliska föreningar. Exempel på dylika polyfenoler är flavonoider, lignaner och tanniner. Neutraliseringen av radikaler börjar med att antioxidanterna överlåter en väteradikal, dvs. en neutral väteatom, till den ursprungliga radikalen. I och med detta blir antioxidanten en radikal. Denna antioxidantradikal avslutar kedjereaktionen med att bilda en stabil oxiderad form. Denna oxidation kan ske på flera olika sätt men ett exempel är dimerisering med en annan radikal.

Reaktionen kan beskrivas med följande likhet:

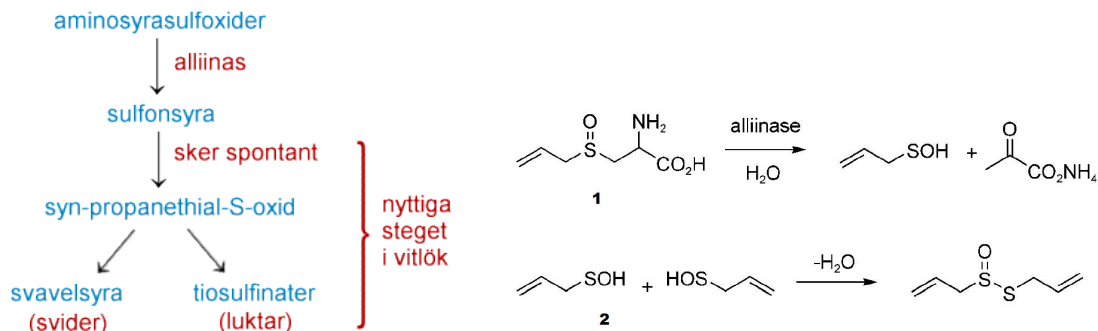


Antioxidanten (=A<sub>RED</sub>) kan åskådliggöras också med R-OH. Den beskriver kanske bättre den fenoliska OH gruppen som donerar en väteradikal till den aktiva radikalen och således bildas en antioxidantradikal R-O· som sen kan regera till en stabil slutprodukt.

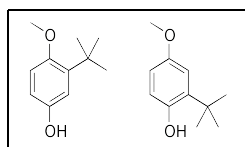
Många vitaminer fungerar som antioxidanter och ett lättillgängligt vitamin som man bra kan demonstrera antioxidanteffekten med är C-vitamin. C-vitamin har inte några renodlade fenoliska OH grupper, men vi kan anta att mekanismen är den samma. E-vitamin är också en kraftig antioxidant och den har en fenolisk OH grupp. Tyvärr är det en aning svårare att få tag på E-vitamin.



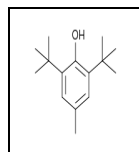
En annan lätt tillgänglig antioxidant är vitlök (*lat. Allium sativum*). Vitlöken antioxidant-effekt härstammar från den i lökväxter förekommande föreningen alliin (1) eller egentligen någon av metaboliterna som bildas från alliinet, företrädesvis 2-proensulfensyra. Märk att det latinska släktnamnet för lökväxter är ”*Allium*”.



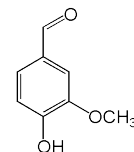
Självfallet är det möjligt att göra syntetiska antioxidanter. För flera tekniska tillämpningar är det fördelaktigt att kunna framställa billiga antioxidanter i stor skala. Två syntetiska antioxidanter som också är tillsatssämnen i vissa livsmedel är butylerad hydroxianisol (=BHA) och butylerad hydroxitoluen (=BHT) med E-koderna är E320 och E321. Det kan vara intressant att jämföra dessa syntetiska antioxidanterns struktur med t.ex vanillinets.



BHA



BHT



Vanillin

De syntetiska antioxidanternas hälsoeffekter diskuteras eftersom man nuförtiden försöker undvika icke-naturliga ämnen och därigenom undvika onödig kemikalisering av samhället.

Idag forskas det mycket kring en antioxidant som förekommer naturligt i gran. Detta ämne heter hydroximatairesinol (HMR). Nuförtiden utvinns man HMR i stor skala vid ett finskt pappersbruk och efterfrågan av ämnet förväntas växa. HMR kan vara ett bra alternativ till en del syntetiska antioxidanter i olika tillämpningar t.ex. i kosmetika.

Lignanerna är en aning större molekyler men de innehåller motsvarande fenoliska OH grupper som hittas också i det redan nämnda vanillinets. Fungerar vanillin då som en antioxidant. Jo det gör den faktiskt men p.g.a. att aldehydens relativt höga oxidationsgrad är den inte en värst effektiv antioxidant på egenhand.

### **Ett exempel på hur ett antioxidant experimentet kan utföras**

Testa vilka av följande föreningar som är antioxidanter:

C-vitamin / Socker / 2 vitlösklyftor / Salt

Först prepareras vitlösklyftorna. De skalade och finfördelade klyftorna läggs i en mortel. I morteln tillsätts ca 5 ml utspädd etanol (40/60 etanol/H<sub>2</sub>O) och all saft pressas ut från klyftorna genom att krossa vitlöken. Blandningen filtreras efter en stund genom ett vanligt filterpapper till ett tomt provrör. Lite extra lösningsmedel kan användas vid filtreringen men totala volymen skall helst inte överstiga 10 ml.

DPPH· stamlösningen förbereds på följande sätt. Man tömmer den färdigt uppvägda mängden DPPH·, 5 mg, ur vialen i ett 100 ml dekanterglas dit 60ml alkohol tillförs. Beroende på vilken alkohol man använder löser sig DPPH· i olika snabbt takt men det skall inte ta längre än ca en minut innan lösningen är färdig och har en mörk lila färg. Fem rena och torra normala provrör (20 ml) i en provrörställning får fungera som reaktionskärl. Varje rör fylls ungefär till hälften med DPPH· lösningen.

Första reaktionen görs med vitlöksextraktet. Till DPPH· lösningen pipetteras knappa 5 ml av det filtrerade extraktet. Lika mycket utspädd etanol tillsätts i ett referensprovrör. Andra reaktionen kan göras genom att man tillsätter en liten mängd vanligt bordssocker i ett provrör. Den tredje reaktionen utförs genom att man tillsätter en liten mängd askorbinsyra i nästa provrör. Som reaktion nummer fyra kan man tillsätta lite salt i det sista provröret. Alla reaktionerna skall skakas ordentligt. Resultatet studeras och det borde inte råda något tvivel om vilka provrör som tappat sin lila färg och blivit gula. Med en pulveriserad C-vitamin-brustablett kan man neutralisera socker och salt lösningarna och därigenom påvisa att både ren askorbinsyra och brustablettspulver fungerar lika bra.

### **Bra att veta och komma ihåg:**

Användning av handskar är nödvändigt. Man skall inte ”dofta” på DPPH·

DPPH·s pris på sigma-aldrich 50,40 €/g

DPPHHs pris på sigma-aldrich 45,00 €/g

Metanol är giftigt, etanol och propanol förespråkas.

Mycket små mängder DPPHH är inte problemavfall.

Läs säkerhetsdatabladet för både DPPH· och DPPHH före ni använder kemikalierna.

### **Källor:**

<http://school.chem.umu.se/Experiment/124> Nerladdad 24.1.2009

Vipraja Vaidya, Keith U. Ingold, och Derek A. Pratt *Angew. Chem. Int. Ed.* **2009**, *48*, 157–160

Patrik C. Eklund, Otto K. Långvik, Johan P. Wärnå, Tapio O. Salmi, Stefan M. Willför och Rainer E. Sjöholm *Org. Biomol. Chem.*, **2005**, *3*, 3336–3347

Mario C. Foti, Carmelo Daquino, Iain D. Mackie, Gino A. DiLabio, och K. U. Ingold *J. Org. Chem.* **2008**, *73*, 9270–9282



# Optiska vitmedel i tvättmedel

Av Berit Kurtén-Finnäs

## Bakgrund

En vit tröja eller skjorta förväntas vara klart vit och inte gulvit. De flesta vita textilfibrerna har, också då de är helt rena, naturligt en svagt gulaktig färg. För att åstadkomma en mer klarvit färg tillsätter man i vissa tvättmedel optiska vitmedel. Dessa är ämnen som är fluorescerande och som vid tvättningen fastnar på plaggets yta. Då de fluorescerande ämnena utsätts för ultraviolett ljus sker en excitering av elektroner och synligt blått ljus avges då de exciterade elektronerna återgår till normalnivå. Den blåa färgen som är komplementfärg till gult får ett svagt gulaktigt plagg att se mer vitt ut. Även textilindustrin tillsätter fluorescerande ämnen i nya vita plagg för att de skall se klarvita ut (ibland kanske t.o.m. lite blåvita).

Efter tvättningen avskiljs största delen av de optiska vitmedlen ur tvättvattnet i ett avloppsreningsverk och hamnar med slammet. De bryts inte ned så lätt och vissa kan vara giftiga för vattenorganismer. Partiklarna binds i allmänhet starkt till partiklar i marken vilket gör att de inte tränger ner i grundvattnet. Optiska vitmedel får inte ingå i miljömärkta tvättmedel p.g.a. av att de är svårnedbrytbara.

## Laborationens syfte

Att lära sig hur man kan identifiera optiska vitmedel i bl.a. tvättmedel och i tvättade vitplagg.

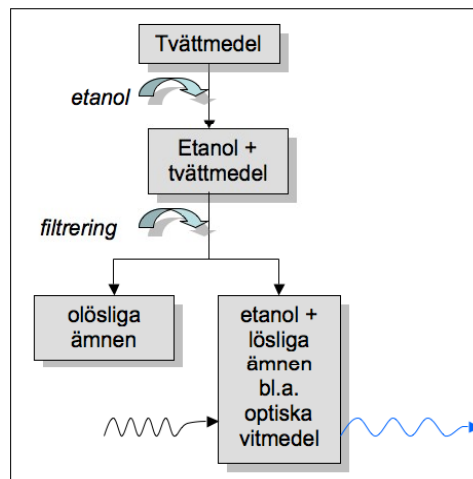
## Metod

Optiska vitmedel löser sig i allmänhet i etanol. De kan därför separeras från sådana komponenter i tvättmedel som inte är lösliga i etanol genom att man blandar ut tvättmedlet i etanol, rör eller skakar om ordentligt och filtrerar blandningen. Om tvättmedel innehåller optiska vitmedel kommer filtratet, dvs. det som runnit igenom filtrerpappret, att fluorescera då det belyses med en UV-lampa, och avge ett blåaktigt ljus.

## Uppgift

Testa undersökningsmetoden på ett tvättmedel som du vet att innehåller optiska vitmedel, och på ett som inte saknar optiskt vitmedel. (Tips: använd ca 15 ml etanol och 1 tsk tvättpulver). Planera hur du genomför ditt experiment och vilken utrustning du behöver.

Du får av din lärare några okända tvättmedelspulver. Din uppgift är att bestämma vilka av dessa som innehåller optiska vitmedel och vilka som saknar.



Undersök de optiska vitmedlens inverkan på vit bomull (vadd), genom att jämföra bomull doppad i en tvättmedelslösning som innehåller optiskt vitmedel, bomull doppad i en tvättmedelslösning utan optiskt vitmedel och en ren bomullstuss.

Ta reda på i vilka tvättmedel man hittar optiska vitmedel genom att studera innehållsförteckningen på olika tvättmedel.

**Källor:**

TT: Puhdasta kemiaa. Pesu- ja puhdistusaineet tutuiksi.

Nygren, J. och Persson K.: LAS, DSDMAC & optiska vitmedel – en inventering av skölj- och tvättmedel.

Umeå Universitet, Resurscentrum för Kemi i Skolan: Optiska vitmedel.

**Till läraren:**

**Exempel på några tvättmedel och deras sammansättning:**

BioLuvil	
15-30 %	Zeolit, syrebaserat blekmedel
5-15 %	Nonjoniska och anjoniska tensider
< 5 %	Tvål, fosfonat, polykarboxylater, optiska vitmedel, parfym, enzymer, butylfenyl metylpropional, hexyl cinnamal pH 10,4

Ariel Sensitive White	
15-30 %	Zeolit, syrebaserat blekmedel
5-15 %	Anjoniska tensider
< 5 %	Nonjoniska tensider, fosfonater, polykarboxylater, tvål, enzymer.

Pirka flytande	
5 %	Fosfonater
5-15 %	Anjoniska och nonjoniska tensider
15-30 %	Tvål
	Enzymer, parfym, optiska vitmedel, konserveringsmedel pH 8

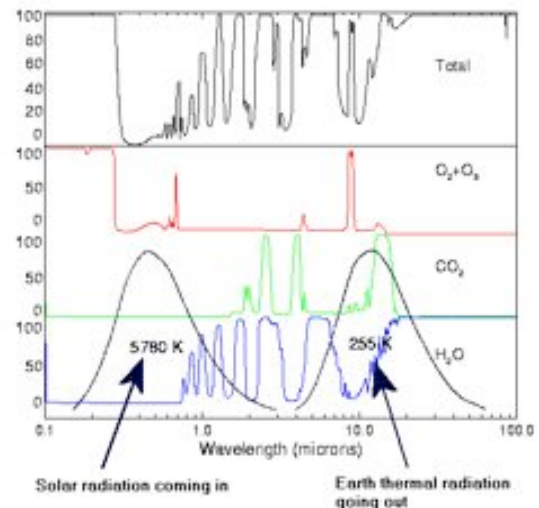
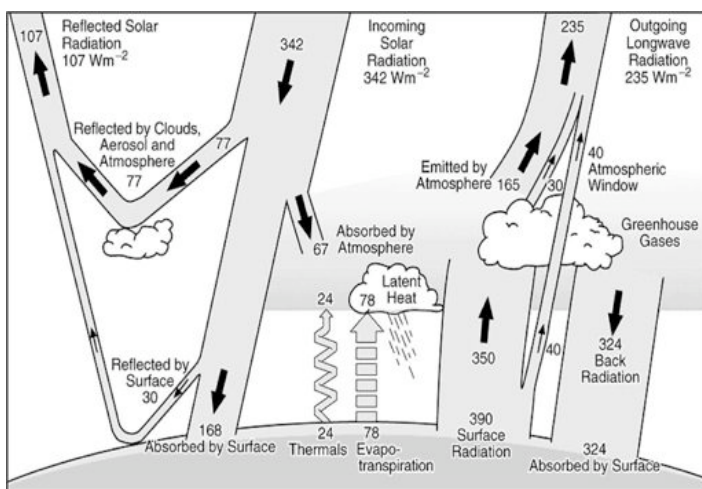
OMO	
> 30 %	Zeolit
5-15 %	Anjoniska och nonjoniska tensider
15-30 %	Syrebaserat blekmedel
<5 %	Tvål, alifatiska kolväten, fosfonater, polykarboxylater, enzymer, optiska vitmedel, parfym pH 10,4

Pirka Sensitive	
15-30 %	Zeolit
5-15 %	Nonjoniska tensider, tvål, polykarboxylater
< 5 %	Enzymer

## Fysiken bakom energidebatten: Klimatförändringens fysik

Klimatet och klimatförändringen är komplicerade system som kräver en hel del förkunskaper inom fysik för att kunna förstås. Två viktiga delar av det här är att förstå vilka faktorer som påverkar temperaturen på jorden och vad som menas med växthuseffekten.

Figuren till vänster ger en överblick över jordens energibalans och vilka fenomen som är involverade. Figuren till höger visar de viktigaste så kallade växthusgasernas absorptionspektrum tillsammans med den inkommande solstrålningens och den utgående värmestrålningens våglängdsfördelningar. Figurerens betydelse diskuteras mer ingående under workshoppen.



### Enkelt experiment som visar betydelsen av atmosfärens sammansättning:

1. Värm en omgång vatten till ca 50°.
2. Mät upp 1 dl varmt vatten i varje pappersmugg (se till att vattnet är lika varmt i båda).
3. Täck över vattenytan i den ena med plastfolie. Vattenytan bör vara helt täckt, var försiktig så att folien inte blir fuktig på ovansidan.
4. Placera en temperatursensor ungefär i mitten av "atmosfären" i varje mugg.
5. Påbörja mätning och konstatera att temperaturen är ungefär samma i båda.
6. Täck över båda muggarna med ett lager plastfolie, så att vi får en instängd "atmosfär" i båda (en mellan två lager plast och en mellan vatten och plast). Observera temperaturförändringen.
7. Koka upp vatten och fyll en kastrull med bra handtag. Använd den heta kastrullen som IR-källa. Håll den ett par cm ovanför muggarna och "bestråla" dem med värmestrålning. Observera temperaturförändringen.
8. Ta bort det skyddande översta plastlagret, jämför hur temperaturerna sjunker. Blås eventuellt in i muggarna för att få bort "gammal atmosfär".

#### Detta behöver du:

- 2 pappersmuggar
- 2 bitar plastfolie
- 2 temperatursensorer/termometrar
- kastrull
- vattenkokare



Tyvärr visar detta enkla experiment inte direkt på hur ökad andel vattenånga i atmosfären påverkar förmågan att absorbera värme och därmed höjer temperaturen (alltså växthuseffekten), även om det är en frestande slutsats att dra. I muggen där vattenånga fritt kan avdunsta och fylla "atmosfären" pågår komplicerade termodynamiska processer som har stor inverkan på temperaturen, betydligt större än vattenångans IR-absorption.

Ändå tycker jag att experimentet visar på två viktiga saker: dels hur betydelsefull atmosfärens sammansättning är för temperaturen, dels hur viktigt atmosfärens samspel med världshaven är. Det visar dessutom på vetenskapens problem med vilka slutsatser man ska dra av experiment och en diskussion med eleverna om vilka faktorer som inverkar kan ge dem en större förståelse för verklighetens komplexitet i förhållande till förenklade laboratorieexperiment.

Markus Norrby (februari 2009)

#### Källor:

<http://www.skolresurs.fi/node/82>

[http://www.te-software.co.nz/blog/auer\\_files/image001.gif](http://www.te-software.co.nz/blog/auer_files/image001.gif)

# EN ÖVNING I ATT UPPSKATTA STORLEKSORDNINGAR

En viktig färdighet att öva upp när man skall tänka kring frågor om energi och energiförbrukning, är konsten att göra storleksuppskattningar och storleksjämförelser. Nedanstående övningsexempel är inspirerade av boken "Guesstimation, Weinstein and Adams, Princeton University Press (2008)". Problemen är indelade enligt kategori. Notera att lösningsförslagen inte skall betraktas som facit, utan som en startpunkt för egna uppskattningar: Ett okritiskt användande kan leda till obehag!

## Transporter

1. Uppskatta hur många kilometer (totalt) vi finländare kör bil under ett år? Hur jämför sig detta tal med avståndet jorden – månen ( $4 \cdot 10^5$  km) och jorden – solen ( $1,5 \cdot 10^8$  km).

Ledning: Hur mycket kör medelfinnen bil per år? 100 km? 1000 km? 10 000 km? Hur många bilar finns det i Finland? En bil per person? Mindre? Mer? Kontrollera dina gissningar på antalet bilar på [http://www.autoalantieto.fi/body\\_vanhauusi.asp](http://www.autoalantieto.fi/body_vanhauusi.asp).

2. Uppskatta hur många liter bensin en typisk bil förbrukar under sin livstid.

Ledning: Hur många kilometer kör en bil innan den skrotas? 1000 km? 10 000 km? 100 000 km? 1000 000 km? Hur många liter bensin förbrukar en typisk bil per km? Kontrollera åldern på bilarna i Finland på [http://www.autoalantieto.fi/body\\_vanhauusi.asp](http://www.autoalantieto.fi/body_vanhauusi.asp).

3. Jämför bränslepriset per kilometer för en bil, respektive en cyklande människa. Bränslet för bilen är bensin och för människan mat.

Ledning: Hur långt kör du på en liter bensin och vad kostar en liter bensin? Hur många kalorier behöver en fullvuxen äta per dag? Hur mycket kostar denna mängd mat? Hur långt kan du cykla på en dag? 10 km? 100 km? 1000 km? Se vilken effekt människan kan genererar när hon trampar på <http://www.green-trust.org/2000/humanpower.htm>

## Bränslen

*Kemisk energi.* Den flesta bränslen vi idag utnyttjar, ger oss energi genom en förbränning av kolväteföreningar (olja, bensin, gas,..). Energin som frigörs i sådan en kemisk reaktion är av storleksordningen 1 eV (elektron-Volt), vilket motsvarar cirka  $2 \cdot 10^{-19}$  J per reaktion. Vi skall utnyttja detta faktum för att jämföra olika bränslen.

4. Uppskatta hur mycket energi som frigörs när 1 kg bensin förbränns.

Möjlig lösning: Vi förenklar den kemiska formeln för bensin, så att förhållandet kol till väte är  $\text{CH}_2$  (egentligen är bensinmolekylen en lång kedja och det exakta förhållandet avviker något från 1:2). En mol "bensin" väger därför uppskattningsvis 14 g och 1 kg innehåller  $N = 70$  mol. Vid förbränning oxideras kolet och vätet och bildar  $\text{CO}_2$ , respektive  $\text{H}_2\text{O}$ . Eftersom vardera reaktion frigör ca. 1 eV, så frigörs totalt 2 eV. Den frigjorda energin vid förbränningen av 1 kg blir då:  $E = 70 \text{ mol/kg} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ reaktioner/mol} \cdot 2 \text{ eV/reaktion} \cdot 1 \text{ J} / 6 \cdot 10^{18} \text{ eV} \approx 1,5 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ . Tabellvärdet är  $4,5 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ . Våra grova uppskattningar gjorde att vi förlorade en faktor 3, vilket inte är så dåligt (för exaktare beräkningar kontakta närmsta kemist).

## 5. Uppskatta hur mycket energi som finns lagrat i ett vanligt 1,5 V batteri.

Ledning: Energin (i Joule) är enligt ellära lika med effekt  $P$  (i Watt) gånger tid  $t$  (i sekunder). Hur stor effekt har en liten glödlampa kopplad till batteriet? 1 W? 10 W? 100 W? Hur länge lyser lampan när du kopplar den till batteriet? 1 timme? 10 timmar? 1 dygn?

Kontroll av uppskattningen: Enligt databladet för ett batteri av D-typ och 1,5 V

( <http://www.houseofbatteries.com/dosearch.php?Manufacturer=Duracell> ) så levererar batteriet ca. 20 ampere-timmar (Ah), vilket ger att den lagrade energin (minns att effekt = spänning-ström)

$E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = 1,5 \text{ V} \cdot 20 \text{ A h} \cdot 3600 \text{ s/h} \approx 1 \cdot 10^5 \text{ J}$ . Eftersom batteriet väger ca. 100 g, så blir energin per massa  $1 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$  (jämfört med bensin  $4 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ , dvs 40 gånger större).

## 6. Uppskatta massan hos de batterier du behöver för att ersätta energin i en biltank bensin.

Ledning: Hur många liter bensin rymmer bensintanken i en vanlig bil? Notera att densiteten för bensin är ca. 3/4 den hos vatten, varför energin i en liter bensin är  $3 \cdot 10^7 \text{ J/L}$ . Moderna, laddningsbara litium-batterier innehåller en energi per massa på ca.  $6 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

( [http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium\\_ion\\_battery](http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_ion_battery) ), varför massa hos de batterier som behövs fås som

$m = (\text{tankens volym i liter} \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ J/L}) / 6 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ . Tar vi hänsyn till att en bensinmotor har en verkningsgrad som är ca. 1/3 av elmotorns, så måste den erhållna massan ännu divideras med 3. Typiska värden blir då kring 1000 kg, vilket är ungefär lika stor massa som hela bilens massa.

## 7. Ett framtida möjligt biobränsle är etanol. Etanol kan framställas av sockerrör, majs, spannmål och skogsprodukter ( <http://sv.wikipedia.org/wiki/Etanol> ). Uppskatta vilka arealer som borde odlas för att ersätta Finlands bensinbehov med etanol.

Möjlig lösning: En möjlig startpunkt är att gräva fram statistik om den totala bränsleförbrukningen i Finland. Låt oss dock i stället uppskatta denna genom att utgå att det finns 1 miljon bilar i Finland, vilka kör ca. 10 000 km per år och som konsumerar i medeltal 0,1 liter per km (motsvara full tank varannan vecka). Detta ger en total bränsleförbrukning på  $10^9$  liter och en energimängd på  $10^{16}$  J. Energidensiteten är lite lägre för etanol jämfört med bensin, men låt oss försumma denna skillnad och anta att vi årligen måste producera  $10^9$  liter etanol. Låt oss använda vete som exempel och använda allt utom själva säden (för att inte minska matproduktionen). En odling på en hektar ger ca. 5000 kg säd och 7000 kg rester att utnyttja i etanolframställningen

( <http://ergobalance.blogspot.com/2006/10/ethanol-from-wheat-straw-can-only-work.html> )

1000 kg rester uppskattas ge något över 200 kg etanol, så att en hektar ger 1400 kg etanol. Låt oss avrunda detta till att 1 hektar ger 1000 liter etanol, vilket innebär att det behövs ca.  $10^9$  hektar ( $10^4 \text{ km}^2$ ) för att täcka etanolbehovet. Detta är en odlingsareal större än hela Nyland ( $6370 \text{ km}^2$ ). Notera att vi försummat energiåtgången vid själva framställningen av etanolen.

## Sol och vindenergi

*Solarkonstanten.* En siffra att komma ihåg är att jorden nås av ca.  $1000 \text{ W/m}^2$  solenergi en vacker sommardag.

## 8. Uppskatta vilken area som skulle behöva täckas av solpaneler för att täcka Finlands elbehov (90 TWh år 2007 enligt <http://www.energi.fi/fi/tilastot>).

Ledning: Omvandla TWh till J:  $90 \text{ TWh} = 9,0 \cdot 10^{13} \text{ J/s} \cdot 3600 \text{ s} = 3,2 \cdot 10^{17} \text{ J/år}$ . Denna mängd energi bör fås från solen. En kvadratmeter kan ge på ett år  $1/2 \cdot 1000 \text{ J/s} \cdot 6 \text{ h} \cdot 365 \cdot 3600 \text{ s/h} = 4 \cdot 10^9 \text{ J}$  (antagit halva solarkonstanten och att solen lyser i snitt 6 timmar per dygn, vilket är väldigt optimistiskt). Vi skulle alltså behöva täcka  $10^8 \text{ m}^2$  ( $100 \text{ km}^2$ ) med solpaneler. Detta är klart en underskattning, eftersom antalet soltimmar är mindre och verkningsgraden för dagens solceller under 50% ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell) ).

## 9. Uppskatta hur mycket energi ett stort vindkraftverk producerar.

Ledning: Det är luftens kinetiska energi som utnyttjas. Om luftens massa är  $1 \text{ kg/m}^3$ , typisk vingradie 40 m och vindhastigheten 10 m/s, så rör sig luftmassan  $10 \text{ m} \cdot \pi \cdot (40 \text{ m})^2 \cdot 1 \text{ kg/m}^3 = 5 \cdot 10^4 \text{ kg}$  förbi vingarna per sekund. Detta ger en kinetisk energi motsvarande  $3 \cdot 10^6 \text{ J}$  per sekund, dvs. 3 MW. Vi har använt en 100% verkningsgrad för omvandlingen från vindens kinetiska energi - elenergi. I verklighet ligger den under 50% för ett vindkraftverk (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Vindkraftverk>), så 1 MW ligger närmare sanningen. Ett vindkraftverk skulle alltså ge ca.  $10^{13} \text{ J}$  energi på ett år. För att täcka Finlands årliga elbehov på ca.  $10^{17} \text{ J}$  skulle det alltså behövas 10 000 vindkraftverk av denna typ. Tyvärr blåser det inte alltid med 10 m/s längs Finlands kuster.

## Kol och koldioxidutsläpp

## 10. Hur många kilogram kol slukar ett 1 GW elproducerande kolkraftverk per år? Notera att 3 GW värmeenergi resulterar i ca. 1 GW elenergi.

Ledning: Vill vi inte slå upp energin i 1 kg kol, kan vi utgå ifrån att 1 kg kol innehåller 80 mol och att varje reaktion  $\text{C} + \text{O}$  till  $\text{CO}_2$  frigör cirka 1 eV energi (se uppgift 4). Energin som frigörs när 1 kg kol brinner blir därför  $E = 1 \text{ eV} \cdot 2 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ atomer/mol} \cdot 80 \text{ mol/kg} = 10^7 \text{ J/kg}$ . Kraftverket på 1 GW slukar 3 GW, vilket betyder att energin som måste tillföras är  $10^{17} \text{ J/år}$ . Det behövs alltså  $10^{10} \text{ kg}$  kol per år för att hålla kraftverket igång. Detta motsvarar något mer än ett tåg med hundra vagnar, där varje vagn tar 100 ton kol, per dag!

## 11. Uppskatta hur många kilogram koldioxid kolkraftverket i uppgift 10 släpper ut i atmosfären varje år.

Ledning: Vi kom fram till att det behövdes  $10^{10} \text{ kg}$  kol per år. Eftersom  $\text{CO}_2$  är cirka 3 gånger tyngre än kolatomen, frigörs  $3 \cdot 10^{10} \text{ kg}$   $\text{CO}_2$  till atmosfären. Jordens atmosfär väger cirka  $5 \cdot 10^{18} \text{ kg}$  ([http://en.wikipedia.org/wiki/Earth's\\_atmosphere](http://en.wikipedia.org/wiki/Earth's_atmosphere)).

## 12. Uppskatta hur många kilogram koldioxid en vanlig bil släpper ut i atmosfären under ett år? Finlands alla bilar?

Ledning: Vi uppskattar att en typisk bil förbrukar 2000 kg bensin per år. Liksom i uppgift 4 antar vi att vår "bensinmolekyl" är  $\text{CH}_2$  (14 g per mol) och denna producerar  $\text{CO}_2$  (44 gram per mol). En cirka fyra gånger större massa  $\text{CO}_2$  frigörs, dvs. 8000 kg. Med något över 1 miljon bilar innebär detta att den Finländska trafiken släpper ut i storleksordningen  $10^{10} \text{ kg}$  koldioxid till atmosfären per år, vilket är av samma storleksordning som kolkraftverket i uppgift 11.

## 13. Uppskatta hur många träd (t.ex. granar) du måste plantera varje år för att kompensera för ditt personliga koldioxidbidrag till atmosfären.

Möjlig lösning: Finlands totala koldioxidutsläpp låg på lite över 60 miljoner ton år 2003 (<http://www.stat.fi/ajk/tiedotteet/v2003/049enes.html>), vilket gör att varje Finländare bidrog i medeltal med lite över 10 ton koldioxid årligen till atmosfären. Massan hos en fullvuxen gran är kring 1000 kg, med över hälften av massan kommer från vatten (<http://www.skogssverige.se/page.cfm?id=15&id3=120&page=2>).

Av granens ca. 500 kg torrstans är stora delar cellulosa och lignin och man brukar uppskatta att kring 40% av torrstansen utgörs av kol. En fullvuxen gran innehåller alltså ca 200 kg kol. Denna mängd kol kommer från lite under 1000 kg  $\text{CO}_2$ , som tagits upp från atmosfären när trädet växt. Varje finländare bör alltså plantera 10 **nya** träd varje år, vilka skulle (med ett avstånd på 4-5 meter mellan träden) ta upp en area på cirka 100  $\text{m}^2$ . Med 5 miljoner finländare blir detta en nyplanterad area på 500 miljoner kvadratmeter per år, eller 500 kvadratkilometer. På 13 år innebär detta en nyplantering större än hela Nyland (6370  $\text{km}^2$ ).

*Mats Braskén*

# Fysik med tankens kraft

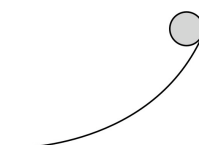
Experiment och beräkningar hör till fysikens vardag. Fysiktimmarna kan ägnas åt att se vad som händer när ljus går genom en uppsättning linser, eller till att beräkna hastigheten med vilket ett föremål som släpps från en viss höjd slår i marken.

Ett givande komplement till dessa båda arbetsformer, är att utföra vad Albert Einstein kallade tankeexperiment. Här börjar man med att resonera sig fram till vad som borde ske i en viss situation. Lyckas man med den rena tankens kraft nå fram till slutsatser, som senare bekräftas av experiment och/eller beräkningar, kan man med rätta säga att man bättre förstår problemet. Leder däremot ens tankar en fel, visar det bara att det finns nya, intressanta saker att lära sig och att även den rena tanken har sina begränsningar (Aristoteles fysik är ett gott exempel på detta).

Hur övar man sig då i denna för fysikern så väsentliga färdighet? Ett sätt är att ge sig i kast med följande problem, inspirerade av Lewis Epsteins bok "Thinking Physics" (vilken varmt rekommenderas).

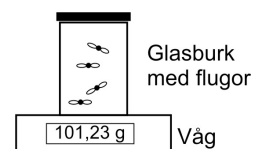
1. Uppvärmning. Studera situationen till höger. När bollen rullar nerför backen, så

- ökar dess hastighet och dess acceleration minskar.
- minskar dess hastighet och dess acceleration ökar.
- ökar både hastigheten och accelerationen.
- minskar både hastigheten och accelerationen.



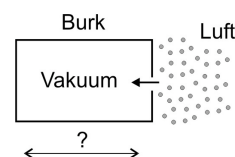
2. Du har fångat en hel hop med flugor i en glasburk och placerar burken på en känslig våg. Vågen visar som mest när

- alla flugor sitter på burkens botten.
- flugorna flyger runt i burken.
- ...vågen visar samma i både fall a) och b).



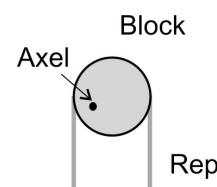
3. Alla vet att om man slår hål i en burk som innehåller tryckluft, så åker luften ut genom hålet åt ett håll och burken åt motsatt håll (raketdrift), men åt vilket håll åker en burk som ursprungligen är lufttom när man slår hål i den? Om hålet slås i burkens högra kant, så

- åker burken till vänster.
- åker burken till höger.
- står burken stilla.



4. Vi har lärt oss att om man hänger ett rep över ett block och drar, så är spänningen i repet lika stor på båda sidor av blocket. Men om blockets axel **inte** placeras i mitten, kommer då

- spänningen i repet förbli lika på båda sidor av blocket?
- spänningen att bli olika?



5. Du väntar i din bil vid ett trafikljus. När ljuset slår över till grönt, trycker du gasen i botten. Vilket av följande sker med bilen när du accelererar?

- Om bilen är bakhjulsdriven så lyfts bilens framända uppåt, medan om den är framhjulsdriven så dras framändan neråt.
- Oberoende av om bilen är fram- eller bakhjulsdriven, så lyfts bilens framända uppåt.

6. På jorden ser vi månen allt som oftast stiga upp över horisonten, för att senare under dygnet försvinna igen. Hur är det på månen? Neil Armstrong har satt sig ner på en månsten för att betrakta jorden. Hur länge måste han sitta och vänta innan jorden går ner under månens horisont?

- Ett jorddygn, dvs. 24 timmar.
- Ett fjärdedels dygn, dvs. 6 timmar.
- En månad, dvs. den tid det tar för jorden att åka ett varv kring jorden.
- En fjärdedels månad.
- Ingen av ovanstående alternativ.

Ledtrådar och förslag till lösningar hittar du på skolresurs hemsida [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi).

## Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan

### Projektledningens kontaktuppgifter:

**Kerstin Fagerström**  
Projektkoordinator  
Fortbildningscentralen vid  
Åbo Akademi  
Fabriksgatan 2, 20500 Åbo  
Tel./tjänst 02-215 4950  
Tel./mobil: 040-704 3815  
E-post: kerstin.fagerstrom@  
skolresurs.fi

**Henrik Laurén**  
Projektledare  
Tel.: 040-348 7192  
E-post:  
henrik.lauren@skolresurs.fi

Detta nyhetsbrev är en  
fristående fortsättning på de  
informationsbrev som  
tidigare producerats vid  
Kemididaktiskt resurs-  
centrum.

På resurscentrets hemsida  
www.skolresurs.fi kan du  
ladda ner detta nyhetsbrev i  
färg. Där finns även mer  
information om centrets  
verksamhet och framtida  
evenemang. Där finns också  
en del länkar och annat  
undervisningsmaterial  
samlat. Vi tar gärna emot  
tips och idéer gällande  
länkar och annat material. Ta  
kontakt med någon av  
resurspersonerna eller  
skicka e-post till

[info@skolresurs.fi](mailto:info@skolresurs.fi)

## Om oss

Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan är ett nationellt finlandssvenskt projekt för att stöda skolundervisningen i dessa ämnen. Projektet är självständigt men sker i nära samarbete med universitet och yrkeshögskolor.

Resurscentret är ett initiativ av Svenska tekniska vetenskapsakademien i Finland (STV). Projektet finansieras från många olika håll, bland annat av Svenska kulturfonden, Teknogiindustrin rf:s 100-årsstiftelse, undervisningsministeriet, utbildningsstyrelsen, Walter Ahlströms stiftelse, Stiftelsen för teknikens främjande, Fortums stiftelse och STV.

## Vår vision

Vi vill...

...skapa intresse för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan så att elevernas valmöjligheter i kommande utbildning breddas

...främja växelverkan mellan skolor, näringsliv och högre utbildning för att öka elevernas förståelse för naturvetenskapernas och teknologins betydelse för hållbar samhällsutveckling

...bidra till att stärka lärarnas ämneskunskaper och öka förutsättningarna för innovativ undervisning

## Våra resurspersoner

Resurscentersteamet förändras hela tiden och den mest aktuella listan på personal hittar du alltid på projektets hemsida [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi). Tveka inte att ta kontakt om du har frågor, eller om du har idéer som du vill ha hjälp med att förverkliga!

### Helsingfors

Karl Blomqvist  
Avdelningsföreståndare  
Arcada  
E-post: karl.blomqvist@skolresurs.fi

Ole Hellstén  
Pensionerad lektor i matematik  
E-post: ole.hellsten@skolresurs.fi

Mariann Holmberg  
Lektor i kemi, material- och miljöteknik  
Arcada  
E-post: mariann.holmberg@skolresurs.fi

Jonas Waxlax  
Lektor i fysik  
Gymnasiet Lärkan  
E-post: jonas.waxlax@skolresurs.fi

### Vasa

Mats Braskén  
Lektor i fysik  
Novia  
E-post: mats.brasken@skolresurs.fi

Berit Kurtén-Finnäs  
Verksamhetsledare vid Kemididaktiskt  
resurscentrum  
Åbo Akademi Vasa  
E-post: berit.kurten-finnas@skolresurs.fi

Markus Norrby  
Doktorand i fysik  
Åbo Akademi  
E-post: markus.norrby@skolresurs.fi

### Åbo

Erik Holm  
Fysikstuderande  
Åbo Akademi  
E-post: erik.holm@skolresurs.fi

Otto Långvik  
Doktorand i organisk kemi  
Åbo Akademi  
E-post: otto.langvik@skolresurs.fi



[www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi)