

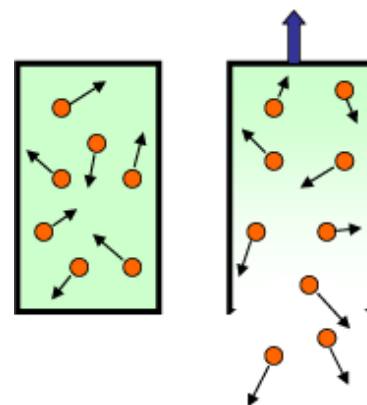
## Tema: Raketter og eksperimenter

### Raketter

#### Baggrund

Raketter benytter sig af et meget simpelt princip (se figur 1). Hvis man har en lukket kasse med en gas, vil alle gasmolekyler ved deres bevægelse trykke på alle kassens sider. Hvis man fjerner en af siderne vil der ikke være noget gastryk i denne retning, hvorved kassen vil bevæge sig i den modsatte retning.

Den store fordel ved raketter er at de kan flyve, selv om der ikke er luft omkring raketten.



Figur 1. Raketprincippet: I en lukket kasse trykker gasmolekylerne lige meget på alle kassens sider. I en åben kasse er der kun et tryk på tre af kassens sider hvilket vil få kassen til at flytte sig.

#### Brændstof

Som brændstof benytter man kemiske stoffer som udvikler gasser når de reagerer.

I ældre raketter og i nytårsraketter benytter man sig af sort krudt der er en blanding af svovl (S), kulstøv (C) og kaliumnitrat ( $\text{KNO}_3$ ). Som et alternativ kan man bruge "hvid krudt", der består af kaliumklorat ( $\text{KClO}_3$ ) og Aluminium (Al).

I rumraketter har man brug for mere effektive brændstoffer; der er to typer: faste og flydende brændstoffer. Fast brændstof er det mest sikre, mens flydende brændstof bl.a. har den fordel at man kan tænde og slukke for brændstoffilførslen efter behov.

Som fast brændstof benytter man forstøvet aluminium (Al) blandet med ammoniumperklorat ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ ) evt. tilsat en smule nitroglycerin for at peppe det lidt op. Som flydende brændstof kan man bruge enten kerosene (se Oplev naturvidenskaben side 61) + flydende oxygen eller flydende hydrogen + oxygen.

Man eksperimenterer også med mere effektive blandinger – en mulighed er hydrogenatomer (i stedet for molekyler) opbevaret i flydende helium.

#### Historie

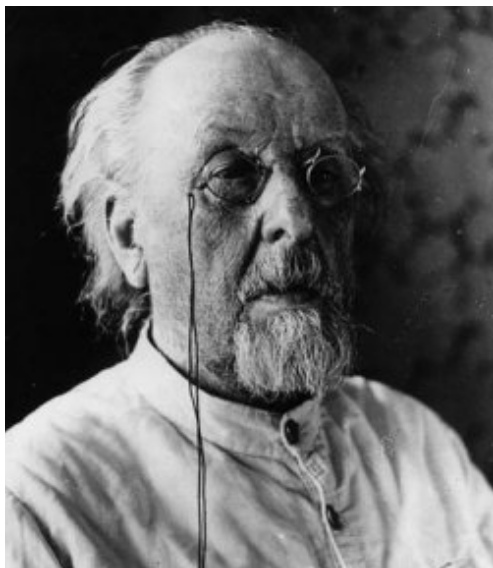
Man har kendt til raketter i over tusind år; kineserne brugte fx bambusrør med sort krudt til forskellige ceremonier mellem år 300 f. Kr. og 1000 e. Kr., og år 1045 var raketter en vigtig del af den kinesiske hærs udstyr. Op gennem middelalderen eksperimenterede man med flere slags raketter, og i 1809 indgik raketter i det engelske bombardement af København. Disse var udviklet af den engelske opfinder William Congreve og kunne flyve op til 3 km. Han oprettede senere et helt raketkompagni, som kom i aktion i slaget om Leipzig i 1813.

Man regner normalt den russiske opfinder Konstantin E. Tsiolkovsky (1857-1935) for at være den første der seriøst overvejede hvorledes man kunne få en raket til at flyve ud i rummet (figur 2).

Han var selvlært da han måtte gå ud af skolen allerede som 10-årig pga. at han var blevet døv efter en omgang skarlagensfeber. Han var desuden del af en stor familie idet han havde 17 brødre og søstre. Som 17-årig drømte han om mulighederne for at flyve i verdensrummet – delvist inspireret af Jules Vernes romaner – og han skrev gennem årene over

500 publikationer om principperne i raketdrift, tekniske installationer, rumstationer og brændstof (han foreslog fx brugen af flydende oxygen og kerosene). Selv om han ikke selv fik bygget en raket, har hans arbejde inspireret til udviklingen af raketter til rummet.

En af de første der eksperimenterede med rumraketter var den amerikanske forsker Robert Goddard (1882-1945). Han lavede forsøg med raketter med fast brændsel omkring år 1915, og den første rigtige flyvning med flydende brændstof foregik den 16. marts 1926. Denne tur varede kun knap 3 sekunder, hvor raketten steg 12,5 m og landede i en hytte 56 m borte.



Figur 2. Konstantin Tsiolkovsky. Foto: Konstantin E. Tsiolkovsky State Museum of the History of Cosmonautics.



Figur 3. Robert Goddard i gang med et raketforsøg. Foto: NASA Marshall Space Flight Center (NASA-MSFC).

Herefter gik udviklingen hurtigt, og tyskerne udviklede under ledelse af Wernher von Braun bl.a. de berygtede V2-raketter, der blev brugt til beskydning af London under 2. verdenskrig.

Russerne var de første som fik en satellit ud i verdensrummet, idet de den 4. oktober 1957 anbragte Sputnik 1 i kredsløb om jorden. Et omløb varede 98 minutter, og mange kunne dengang se når den passerede hen over himlen, ligesom entusiastiske radioamatører modtog bibbende signaler fra satellitten.

Sputnik 1 blev allerede en måned efter, den 3. november 1957, fulgt af Sputnik 2. Sputnik 2 var bemærkelsesværdig da den medbragte en hund der senere fik navnet Laika. Opsendelsen lykkedes, men Laika overlevede blot få timer i rummet. Efter den russiske succes erklærede USA officielt at amerikanerne inden 60'erne løb ud ville landsætte en mand på månen. Dette mål lykkedes som bekendt da Neil Armstrong den 20. juli 1969 steg ned på månens overflade, mens han sagde de uddødelige ord: 'That's one small step for man; one giant leap for mankind'. Dobbeltklik på flg. link for at se en lille film om selve landingen.

**[http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/whos\\_who\\_level2/armstrong.html](http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/whos_who_level2/armstrong.html)**

Den første månemission blev efterfulgt af yderligere fem succesrige missioner med Apollo 12-17. Det var blot ved at gå galt på den dramatiske Apollo 13 mission hvor det ikke lykkedes at lande på månen pga. en eksplosion i en tank med

oxygen. De tre astronauter klarede dog med nød og næppe turen tilbage til jorden hvilket man bl.a. kan se i en kendt spillefilm (Apollo 13). Her hører man også de berømte ord: 'Houston – we have a problem'.

Siden er rumprogrammet i USA blevet udvidet med rumfærgeprogrammet hvor man genbruger store dele af materiellet i efterfølgende opsendelser.

Det næste mål i rumprogrammet er nu landsætningen af mennesker på Mars, noget man håber at kunne gennemføre i løbet af 10-15 år.

### **Eksperimenter med raketter**

Man kan selv udføre forsøg med små raketter. I de fleste fysiksamlinger findes modelraketter, fx Rokit-sættet som virker ved at man pumper en flaske med vand op med luft. Når den affyres presser overtrykket i flasken vandet ud med stor fart hvorved raketten kan flyve op i en anelig højde.

Her skal blot gives nogle idéer til nogle projekter som I kan udføre (normalt sammen med jeres lærer).

### **Sikkerhed**

Inden man udfører raketforsøg skal man tænke hele forsøget igennem for at kunne vurdere om der kan være et eller flere risikomomenter. Overvej fx om der er en risiko for at raketten kan vælte under affyringen, om den kan ramme noget i banen – fx hvis den flyver i en uventet retning, om den kan falde ned et uheldigt sted osv. De fleste affyringer vil således kræve en stor åben plads.

### **Højde og rækkevidde**

I en forsøgsrække kan man undersøge hvorledes sammenhængen er mellem raketens højde og rækkevidde.

Udfør forsøget således at raketten affyres i en fast vinkel.

Variér affyringskraften – fx ved at pumpe raketten mere eller mindre op. Mål den maksimale højde og længden af flyvningen. Længden måles simpelt med et målebånd hvorimod man måske skal være lidt mere kreativ for at måle højden. En mulighed er at optage bevægelsen med et webkamera hvorefter man senere i ro og mag kan foretage målinger på en pc-skærm.

Lav en graf med længde på x-aksen og højde på y-aksen. Kommentér denne graf – er der fx en lineær sammenhæng?

### **Baneform**

I forlængelse af det foregående forsøg kan man undersøge baneformen; dette kræver dog at man kan optage bevægelsen med et video- eller webkamera. Lav en eller flere skrå affyringer og opmål en række punkter i bevægelsen (på pc-skærmen). Overfør disse punkter til et mm-papir og indtegn en blød kurve. Hvordan vil du beskrive baneformen – er opstigning og nedstigning fx symmetrisk?

Hvordan tror du at luftmodstand har betydning for banens form?

Kan man se hvor brændstoffet slipper op?

### **Raketkraft**

Dette forsøg kræver at man har en kraftmåler koblet til et dataopsamlingsudstyr som kan foretage flere målinger i

sekundet. Forsøget skal udføres udendørs – brug et Rokitsæt, en CO<sub>2</sub>-raket eller en nytårsraket uden sprængladninger og effekter.

Raketten forbindes til kraftmåleren med en lang solid snor. Raketten hænges op således at snoren er helt stram. Lav en sikkerhedsafskærmning omkring – denne skal godkendes af læreren inden forsøget.

Lav en affyring og foretag samtidig en dataopsamling.

Lav en graf med tiden på x-aksen og kraften på y-aksen.

Kommentér denne graf, og overvej flg.:

1. Er kraften konstant under affyringen?
2. Hvor længe virker brændstoffet?
3. Sammenlign evt. brændstoffets brændetid med raketens flyvetid?
4. Med et Rokitsæt kan man lave en forsøgsrække med forskellige tryk – har dette indflydelse på grafen over kraften? (Indlæg evt. flere grafer i samme koordinatsystem).

I en alternativ opstilling kan man spænde raketten fast på en rulleskøjte som igen er forbundet med en kraftmåler – denne opstilling kræver dog ekstra sikkerhedsforanstaltninger der fx skal tage højde for at raketten pludselig kan løsne sig.



Figur 4. Opsendelse af rumfærgen Columbia i 1981. Foto: NASA.