

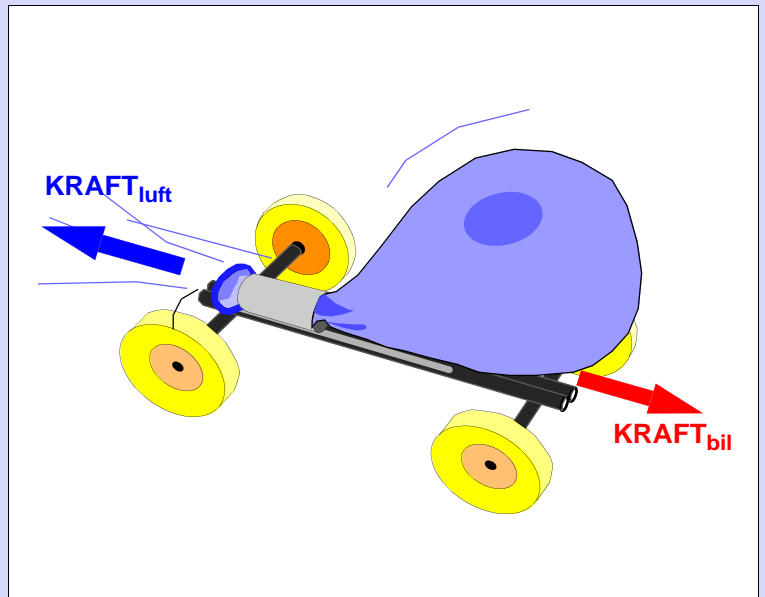
Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi



Vitensenteret

Nils Kr. Rossing

Gjenstander som beveger seg i luft og vann - Ett idehefte



**GJENNSTANDER SOM BEVEGER SEG
I LUFT OG VANN**

Gjenstander som beveger seg i luft og vann – et idehefte

Trondheim 2008

Layout og redigering: Nils Kr. Rossing

Tekst og bilder: Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet/Vitensenteret

Faglige spørsmål rettes til:

Skolelaboratoriet for matematikk naturfag og teknologi, NTNU

v/Nils Kr. Rossing, 73 55 11 91

nils.rossing@plu.ntnu.no

Realfagbygget, Høgskoleringen 5

7491 Trondheim

Skolelaboratoriet

Telefon: 73 55 11 43

Telefaks: 73 55 11 40

<http://www.skolelab.ntnu.no/>

Prøvetrykk 1.0 - 01.03.08

Gjenstander som beveger seg
i luft og vann –
et idehefte

Nils Kr. Rossing



Forord

Hftet er en samling enkle forsøk som egner seg for bruk i grunnskolen. Innholdet er i sin helhet hentet fra Vitensenterets kursbok til kurset *Eksperimenter mer*, som er en samling ideer som er hentet fra ulike steder, samlet og illustrert på nytt.

En viktig inspirasjonskilde har vært **Ed Sobe**y (Global Evangelist for Creative Learning – Northwest Invention Center) som har gjort det til en profesjon å lage åpne oppgaver som er slik at deltagerne, enten det er voksne eller barn, drives fram av målsetning. Oppgavene kan være av typen: *Lag en luftdrevet farkost som beveger seg lengst mulig*, eller *lag en innretning som holder seg svevende lengst mulig o.l.*

Hftet er satt sammen for bruk under kurset Teknologi og entreprenørskap del 2, som ble holdt ved Skolelaboratoriet skoleåret 2007/08 for 6 lærere fra grunnskolen. Den komplette boka *Eksperimenter mer* vil forhåpentligvis bli utgitt av Tapir akademisk forlag i løpet av våren 2008.

Nils Kr. Rossing
1. mars 2008



Innhold

1	Innledning	9
2	Luft og lufttrykk	13
3	Gjenstander som flyr pga av lufttemperatur - varmluftsballong	17
4	Gjenstander som flyr pga endring i lufttrykk	24
5	Bevegelse ved hjelp av luft- eller vanntrykk	34
6	Bevegelse med rotasjon	42
7	Fra en bevegelse til en annen bevegelse	46
8	Referanser	48
	Vedlegg A Kopieringsmaler	49





1 Innledning

Under kompetansemål etter 2. trinn i Kunnskapsløftet for naturfag står følgende under avsnittet Teknologi og Design:

- *Lage gjenstander som kan bevege seg ved hjelp av vann eller luft og fortelle om det de har laget.*

I dette heftet har vi primært samlet noen enkle eksperimenter som er knyttet til bevegelse primært i luften. Litt av fysikken bak eksperimentene er også omtalt. Dette er primært beregnet på læreren. Forklaringene er ikke beregnet på elever i barneskolen.

Flere av disse konstruksjonene kan også gå under betegnelsen leker, noen også mekaniske leker (bil med ballongdrift).

Under kompetansemål etter 7. trinn i Kunnskapsløftet for naturfag står følgende under avsnittet Teknologi og Design:

- *Planlegge, bygge og teste mekaniske leker, beskrive ulike bevegelser i lekene og prinsipper for mekaniske overføringer.*

Dette er imidlertid ikke hovedsaken i dette heftet.

Kompetansemålene etter 10. trinn i naturfag har ingen opplagt kobling til dette temaet. Imidlertid kan en med fordel knytte bygging av varmluftballonger til emner i matematikken.

Under kompetansemål etter 10. trinn i Kunnskapsløftet for matematikk står følgende under avsnittet **Geometri**:

- *Analysere, også digitalt, egenskaper ved to- og tredimensjonale figurer og bruke dei i samband med konstruksjonar og beregningar.*

Under **Måling** finner vi videre:

- *Gjere overslag over og berekne lengd, omkrins, vinkel, areal, overflate, volum og tid, og bruke og endre målestokk.*

Ellers er teksten inndelt i *Eksperimenter*, *Lag selv* og *Problemstillinger*.

Eksperimenter omtaler enkle eksperimenter som illustrerer et prinsipp. *Lag selv* er detaljerte byggebeskrivelser for en modell, mens *Problemstillinger* er oppgaver som krever diskusjon og refleksjon og også innhenting fakta. Siden dette heftet er et tematisk utdrag av boka *Eksperimenter* mer, kan den oppfattes litt snever mht til problemstillinger. Det er heller ikke sikkert alle eksperimentene passer til de aktuelle aldersgruppene.

Kreativ læring (Ed Sobey)

Ed's filosofi:

Start med en utfordring, f.eks.: *Bygg en bil som kan rulle tvers over rommet.*

Gi deltagerne ulike materialer og la dem gå sammen i små arbeidsgrupper.



Presiser reglene for deltagerne:

1. Arbeid raskt
2. Gjør feil så fort som mulig
3. Stjel ideer fra hverandre
4. Våg å prøv noe annerledes
5. Gjør én forandring om gangen

Tillat deltagerne å arbeide på egen hånd, på sin egen måte og uten hjelp.

1. Bygg, test og forbedre så raskt og så mange ganger som mulig innen den tildelte tiden.
2. Resultatene må kunne måles (raskest, lengst, høyest osv.).
3. La oppgaven gi umiddelbar belønning gjennom utprøving.
4. Del gode ideer som fungerer med hverandre.
5. Bruk alle midler til å skape motivasjon .
6. Skap læring gjennom refleksjon og diskusjon.
7. Begreper og ordforråd utvikles underveis.
8. La fantasien skape nye utfordringer og anvendelser.
9. Sørg for at det er nok materialer tilgjengelig.

It's not what they know – what they do!

Ed Sobey
Global Evangelist for Creative Learning
Northwest Invention Center



Forslag til tretimers program

Den praktiske delen går fra 13.00 - 16.00.

Tid	Barnetrinn Nils Kr. Rossing/Vitensenteret		Ungdomstrinn Ingeborg Ranøyen/Nils Kr. Rossing	
	Aktivitet	Utstyr	Aktivitet	Utstyr
13.00–13.15	Felles introduksjon – Kreativ læring			
13.15–14.00	Bygging av ballongbil	Sugerør Elektrikerrør Ballonger Hjul/kronestykker Papp Limpistoler Kniver/sakser	Bygging av varmluftsballong	Silkepapir Papp Ståltråd Lim Stiftmaskin Sakser Ventilasjonsrør Rødsprit Bomull Fyrstikker Vannrakett 1,5 liters flaske Sykkelpumpe
14.00–14.20	Konkurranses med bilene	Skråplan		
14.20–14.40	Lag luftpil	Sugerør Maskeringstape Saks		
14.20–15.00	Lag bumerang	Papp Maler Saks		
15.00–15.30	Lag propell	Papp Blomsterpinner Saks	Matematikken i ballongen	
15.30–16.00	Oppsending av ballong, og vannrakett. Felles oppsummering			

Programmet tilpasses til hva vi rekker.





2 Luft og lufttrykk

Alle merker vi lufta omkring oss. Beveger vi oss fort på sykkel, eller er vi ute en høstdag når vinden suser rundt ørene, så merker vi at det er noe som yter motstand eller er i bevegelse omkring oss. La oss se på noen fenomener knyttet til luft.

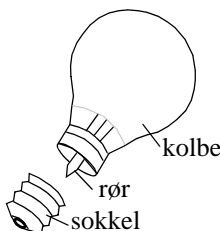
Luft veier noe

Problemstilling: 1 Hvor mye veier luft?

De fleste har en intuitiv opplevelse av at selv om luft er lette saker, så veier den noe. Men hvor tung er lufta egentlig? Dersom vi kunne skjære ut en luftterning på $1 \cdot 1 \cdot 1$ meter, hvor tung ville den være?

La elevene finne ut massen til 1 kubikkmeter luft.

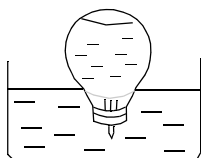
Eksperiment: 1 Vei luft



Er det mulig å veie luft? Det er kanskje ikke så lett, men vi kan kanskje veie fravær av luft. For å få til dette trenger vi en lyspære som er lufttom (vakuuum). Nå er det imidlertid slik at vanlige lyspærer ikke har vakuuum, men er fylt med en gass (nitrogen og argon). Men 15 W krone eller 15 W mignon pærer har fortsatt vakuuum.

Skjær av sokkelen med en baufil. Inne i sokkelen ender lampeglasset/kolben i et tynt rør, som er brukt til å pumpe ut lufta. Vei lampa slik den nå er, på ei nøyaktig vekt (må kunne veie milligram). Noter vekta (massen).

Fil et lite hakk med ei fin fil i det tynne glassrøret som stikker ut bak. Brekk av røret, slik at lufta siver inn i kolben. Sørg for at alle glassbitene blir liggende på vekta sammen med kolben. Vei på nytt. Vektforskjellen er lik massen av lufta som er trengt inn i kolben.



Det ytre volumet, som er omtrent likt med det indre, kan finnes ved å dyppe pæra ned i vann og se hvor mye vannet stiger. Pass på at det ikke kommer vann inn i pæra. En bedre måte er å ta en ny pære og knekke røret mens den holdes under vann. Da vil lampekolben fylles med vann. Samtidig får vi kontrollert at det virkelig er vakuuum i lampa.

Volumet finner vi ved å veie den fulle og den tomme kolben. Setter vi tettheten til vann lik

1 g/cm^3 , finner vi ut at lufta veier ca. $1,3 \text{ g/dm}^3$ [2].



Problemstilling: 2 Hva veier mest, lufta eller tårnet?

Eiffeltårnet er over 300 meter høyt. Tenk deg at du skal pakke inn Eiffeltårnet i en stor, firkantet pappeske. Hva tror du veier mest, selve tårnet eller lufta i boksen rundt tårnet?



Ekspériment: 2 Enkel vindmølle

Vind er luft i bevegelse. Siden lufta for det meste består av nitrogen- og oksygenmolekyler som har masse, kan vi utnytte vinden til å utføre et arbeid. I dette eksperimentet skal vi lage ei enkel vindmølle.

Vindmølla lages av et A4-ark, en pinne, stift og noen perler m/hull. For detaljert beskrivelse se **Lag selv: 1** nedenfor.

Lufta treffer vingene på vindmølla og skyver disse til side, slik at de går rundt. Kraften er både avhengig av farten og massen til molekylene i lufta. Kombinasjonen av masse og fart kaller vi **impuls** (masse · fart). Vingene på moderne møller er dessuten utformet slik at de kan utnytte **Bernoulliprinsippet**, som gir et undertrykk (sug) på den siden av propellvingen hvor lufta strømmer fortest (se avsnitt vedlegg 4). Dermed presses vingen i retning av det laveste lufttrykket, slik at den roterer.

Lag selv: 1 Lag ei lita vindmølle

Se, den snurrer i vinden

Materialer: A4-ark i papir/tynn kartong

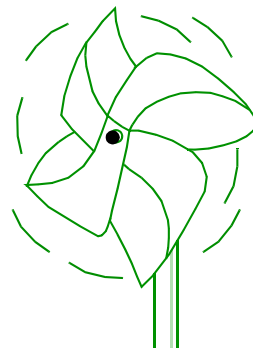
1 pinne ca. 50 cm

1 knappenål med stort hode

3 perler med hull

Verktøy: Saks

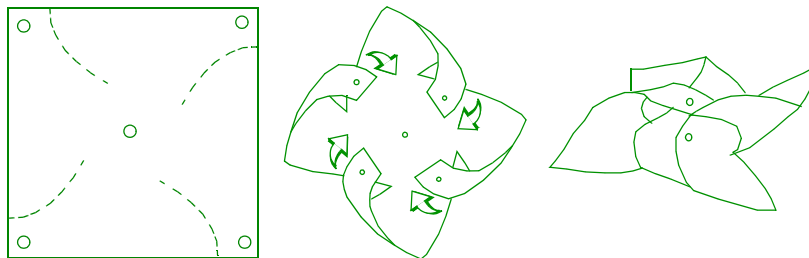
Alder: Ca. 8 år



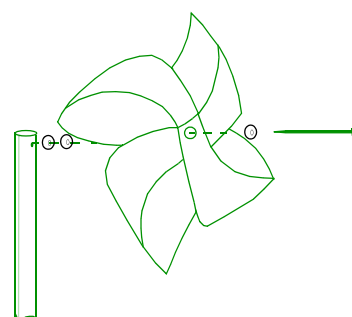


Luft og vann

1. Kopier vindmøllemalen over på tynn kartong. Vanlig papir går også bra (se mal i vedlegg A.1). Den kan med fordel forstørres til A4-format.



2. Klipp ut kvadratet og klipp langs de stiplede strekene. Stikk fire hull i de fire hjørnene og i midten med knappenåla.
3. Brett de fire flikene inn mot midten av vindmølla, slik at alle de fem hullene overlapper.
4. Bruk en pinne på ca. 50 cm.
5. Tre en perle inn på ei nål. Stikk nåla gjennom de fire hullene foran på vindmølla og gjennom hullet på baksiden av vindmølla. Tre på to perler før du stikker nåla inn i pinnen slik at den sitter fast. Pass på at papiret ikke presser for mye utover slik at papiret berører pinnen. Perlene er viktige for at vindmølla skal gå lett rundt.



Det kan være enorme luftmengder som passerer ei moderne vindmølle.

Problemstilling: 3 Hvor mye luft passerer?

Moderne vindmøller kan være svært store. De største kan ha vinger som er opptil 30–40 meter lange. Noen påstår at i stiv kuling passerer det over et tonn luft i sekundet innenfor den sirkelen vingene favner. Er det riktig?

Utfordre eleven til å finne ut om dette stemmer.

Elevene må finne ut hvor mange meter i sekundet vinden beveger seg i stiv kulig (se Beaufort vindskala), vekten av 1 kubikkmeter luft, og arealet av en sirkel med radius på 30 meter. Regner de rett, vil de finne ut at det passerer mange tonn gjennom sirkelen som avgrenses av bladene på mølla.





Under har vi gjengitt Beaufort vindskala, som er oppkalt etter den irske admiralen *Francis Beaufort* (1774–1857).

Beauforts vindskala			
Type vind	Vindhast. m/sek	Vindhast. km/t	Beskrivelse
Stille	0,0–0,2 m/sek	1,1–5,4 km/t	Røyken stiger rett opp, sjøen er speilblank.
Flau vind	0,3–1,5 m/sek	1,1–5,4 km/t	Røyken har retning, vimpelen rører seg så vidt. Krusninger på havflata.
Svak vind	1,6–3,3 m/sek	5,8–11,9 km/t	Bladene på trær rører seg. Vimpel løftes, småbølger på sjøen.
Lett bris	3,4–5,4 m/sek	12,4–19,9 km/t	Små kvister beveger seg, flagg løftes, vimpel strekkes. Småbølger som begynner å toppe seg.
Laber bris	5,5–7,9 m/sek	20,0–28,9 km/t	Greiner beveger seg, løfter støv og løst papir. Strekker større flagg. Skumskavler dannes på sjøen.
Frisk bris	8,0–10,7 m/sek	29,0–38,9 km/t	Store greier beveges, støv flyker på veier. Middels store bølger med skumtopper.
Liten kuling	10,8–13,8 m/sek	39,0–49,9 km/t	Store greiner svaier. Det er vanskelig å bruke paraply, og en merker motstand når en går. Store bølger begynner å dannes.
Stiv kuling	13,9–17,1 m/sek	50,0–61,9 km/t	Store trær svaier, kvister knekkes. Sjøen hoper seg opp, og blåser i strimer i vindretningen.
Sterk kuling	17,2–20,7 m/sek	62,0–74,9 km/t	Store trær svaier, kvister knekkes. Middels høye bølger, sjørøkk driver i hvite striper.
Liten storm	20,8–24,4 m/sek	75,0–87,9 km/t	Store greien brekker, vanskelig å stå rolig. Høye bølger, tette skumstrimer.
Storm	24,5–28,4 m/sek	90,0–102,9 km/t	Mindre trær brekker, stein blåser av taket. Meget høye bølger, tett hvitt skum i strimer.
Sterk storm	28,5–32,6 m/sek	103,0–116,9 km/t	Ødeleggende virkning, folk må holde seg fast. Uvanlig høye bølger, sjøen dekket av lange skumflak.
Orkan	Over 32,6 m/sek	Over 117,0 km/t	Voldsomme ødeleggelser, river trær over ende og ødelegger hus. På sjøen er lufta fylt med skum.

Han laget denne skalaen i 1805, for at det skulle være lettere å angi vindstyrke på sjøen på en mer enhetlig måte. I 1830 ble alle engelske skip pålagt å bruke den.

I den norske værmeldingen brukes de samme betegnelse på vindstyrke, i tillegg til at den angis i m/sek på vindpilene på kartet.



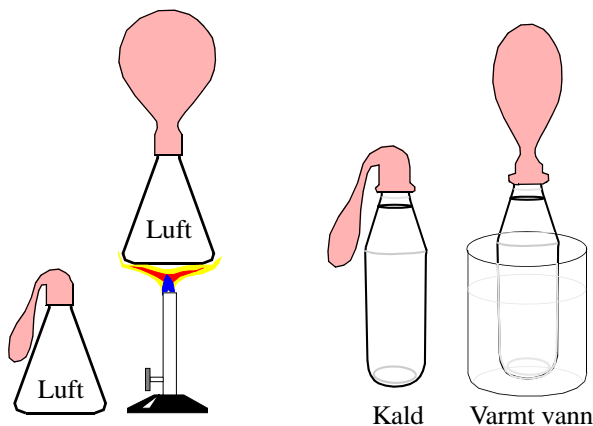
3 Gjenstander som flyr pga av lufttemperatur - varmluftsballong

Varme er atomer og molekyler i bevegelse. Dersom atomene danner et fast stoff, opptrer bevegelsen som vibrasjoner. I væsker og i gass vil molekylene derimot bevege seg rettlinjet, ev. skifte retning ved at de støter mot hverandre. Jo varmere stoffet er, jo raskere vil molekylene bevege seg.

Dersom vi varmer opp lufta i en ballong, vil ballongen utvide seg. Dette skyldes at de oppvarmede molekylene i ballongen får større fart, slik at de presser hardere mot innsiden av gummi, som gir etter. Vi sier at lufttrykket i ballongen øker. Dette kan vi lett illustrere med følgende eksperiment.

Eksperiment: 3 “Blås” opp en ballong med varm luft

Bruk en metallkanne eller en stor erlenmeyerkolbe og tre en ballong over åpningen. Bruk en gassbrenner til å varme opp kannen eller kolben, og se hva som skjer med ballongen.



Alternativt kan vi bruke en brusflaske og varmt vann. Skal vi imidlertid lykkes, må vi sørge for at ballongen er tredd over flensen under gjengene på flasken. Ellers blir det ikke tett. En kan få enda bedre effekt ved å legge flasken i fryseboksen før ballongen tres på og flasken dyppes i varmt vann.

Vi ser da at lufta inne i kolben øver større trykk, slik at ballongen over kolben “blåses” opp og buler. Siden det er samme mengde luft i kolben før og etter oppvarmingen, kan vi være enige om at den varme lufta må være lettere (ha mindre tetthet) enn den kalde i dette tilfellet. Generelt kan vi si at varm luft har mindre tetthet enn kald luft når trykket er konstant. Vi kan også si at de varme luftmolekylene har *større energi* enn de kalde, siden de har større fart.

At luft utvider seg ved oppvarming, kan også vises på andre måter. I eksperimentet under kan vi lage et meget enkelt, men følsomt termometer.

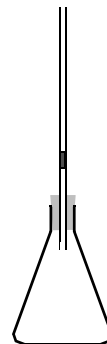


Ekspiriment: 4 **Lufttermometer**

Til dette eksperimentet trengs en kolbe med topp og et tynt glassrør på ca. 50 cm. Dra en vannpropp på ca. 1 cm inn i glassrøret.

Legg hendene omkring kolben og varm opp lufta, og observer hva som skjer med vannproppen inne i glassrøret. Det kan være lurt at kolben er kald når vi starter eksperimentet.

Vi ser at vannproppen vil flytte seg oppover på innsiden av glassrøret etter som lufta i kolben varmes opp. Bruk en kork med to hull og stikk et glasstermometer inn i kolben gjennom det andre hullet. Les av hvor mye vannproppen flytter seg når temperaturen stiger med én grad.



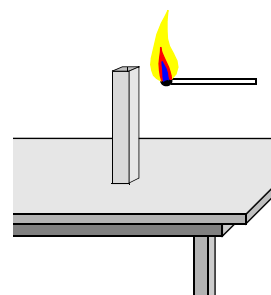
Siden varme luftmolekyler har større fart enn kalde, vil de øve større trykk på vannproppen i røret, som dermed presses oppover.

At varm luft er *lettere* enn kald luft, kan vi illustrere på en artig måte med det neste eksperimentet.

Ekspiriment: 5 **Flyvende tepose**

Til dette eksperimentet trengs en tepose og fyrstikker. Åpne stiftene som holder teposen sammen, og tøm ut teen. Rett ut teposen, slik at den blir et rør. Plasser røret på bordet, og tenn på toppen av røret.

Teposer brenner lett, slik at røret brenner raskt opp. De fleste vil umiddelbart tro at det kommer til å bli merker på bordet. Men restene av den brennende teposen stiger til værs før flammen når ned til bordplata. Dette skyldes at den varme lufta rundt og i tepose-røret vil stige til værs og dra med seg restene av den brennende teposen når denne blir lett nok.



Det samme eksperimentet kan også gjennomføres med et rør laget av en serviett som er splittet i to (servietter er ofte doble). Forsikre deg om at servietten er lett nok før du gjør eksperimentet på damaskduken.

Varmluftballonger utnytter dette prinsippet. I det neste eksperimentet skal vi se hvordan vi kan lage en varmluftballong.



Eksperiment: 6 Varmluftsballoon

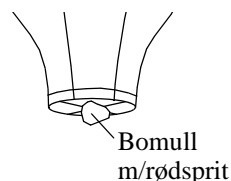
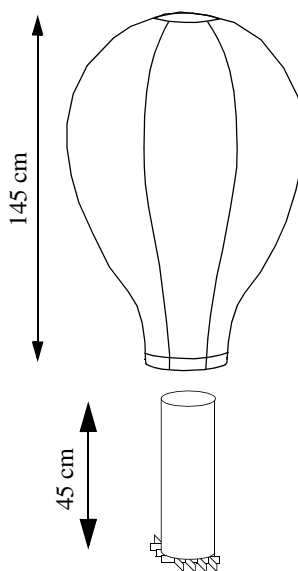
Til dette eksperimentet trengs tolv store ark med silkepapir (75 · 50 cm), ståltråd (1,5 mm), papp, saks og papirlim.

Dessuten trengs bomull, rødsprit og et ventilasjonsrør, 15–20 cm i diameter, for oppvarming. Eventuelt kan en stor gassbrenner brukes.

Lag ballongen etter detaljert beskrivelse i **Lag selv: 2** nedenfor.

Det er viktig at det er omtrent vindstille når ballongen skal sendes opp. En varmluftsballoon kan i hovedsak sendes opp på to måter. Ved **bakkeoppvarming** fylles ballongen med varmluft på bakken for så å sendes opp uten medbragt varmekilde. Som varmekilde på bakken kan det enten brukes en stor gassbrenner eller rødsprit. En bomullsdott på størrelse med en barneneve dynkes i rødsprit og legges i bunnen av et ventilasjonsrør av metall. Røret er plassert på en rist for å slippe inn luft i bunnen.

Ved **medbragt varmekilde** festes varmekilden i trådkorset under ballongen og blir med ballongen opp i lufta. Bruk en bomullsdott på størrelse med en barneneve, og fest den til trådkorset med litt tynn messing- eller kobbertråd. Forvarm lufta i ballongen med en gassbrenner eller ved hjelp av ventilasjonsrøret som beskrevet foran. Bomullsdotten som er festet under ballongen, tennes rett før ballongen slippes. Vær gjerne flere som holder ballongen mens den varmes opp på bakken.



Sikkerhet: Silkepapir er brennbart. Det kan derfor skje at ballongen antennes under oppvarmingen på bakken. Dette er relativt ufarlig, så fram det ikke er for tørt. Det sikreste er å sende opp varmluftsballoon med medbragt oppvarming om vinteren når det er snø på bakken. Om det blåser litt, sørg for at ballongen ikke driver inn over tettbebyggelse. Er imidlertid ballongen først kommet opp i lufta, vil den stort sett holde seg svevende til rødspriten er oppbrukt og slukket. I nærheten av flyplasser må en avtale slippetidspunktet med tårnet, slik at slippet ikke forstyrrer flytrafikken.



Lag selv: 2 Lag en varmluftsballong

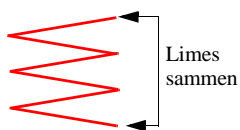
Materialer: 12 ark silkepapir (50 · 75 cm)
1 meter ståltråd 1,5 mm tykk
15 cm kobbertråd, feste for bomull
1 pose bomull
1 fl. rødsprit
1 eske fyrstikker
1 papplate A3, 0,5 mm
1 ventilasjonsrør 15 · 50 cm
1 metallrist, min. 20 · 20 cm

Verktøy: 1 mal for tegning av sidestykkene
1 saks
1 stiftemaskin
1 tang for bøyning av ståltråd
1 fl. fotolim
1 kraftig tusj

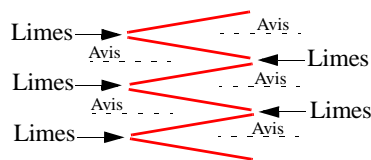
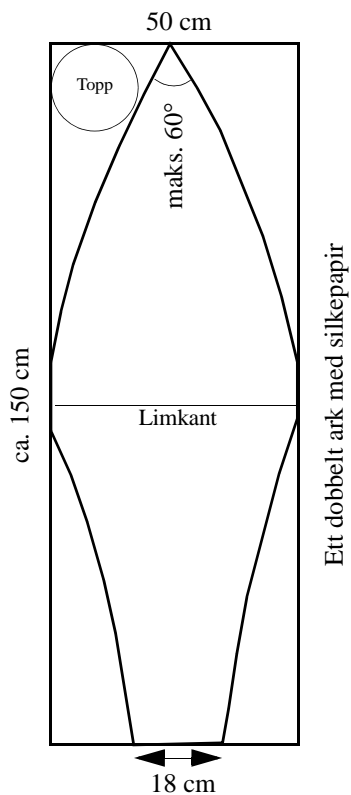
Alder: Ca. 8 år (sammen med voksen)

Ballongen består av seks sidestykker.

1. Lag en mal i innpakningspapir for sidestykkene, som vist på figuren til høyre.
2. Lim sammen to og to silkepapir med fotolim. La arkene overlape med ca. 1 cm.
3. Legg de seks doble arkene oppå hverandre og stift langs kantene slik at de ligger i ro. Legg malen på bunken av silkepapir og overfør mønsteret ved å tegne rundt med en tusj. Klipp ut sidestykkene.
4. Sidestykkene skal limes sammen langs kantene. Dette gjøres ved vekselvis å lime langs høyre og venstre kant, fra øverst til nederst. Etter som en arbeider seg nedover i bunken, legges strimler av avisopapir under limkanten for å unngå sammenklistring av to limkanter.

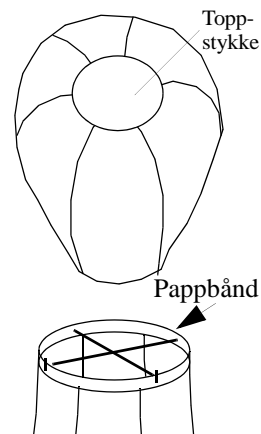


Til slutt limes de siste to kantene sammen som vist på figuren til høyre. Ballongen brettes ut for å gjøre sammenføyningen mulig.





5. Klipp ut et sirkulært stykke silkepapir, slik at det godt og vel dekker hullet i toppen av ballongen. Når toppstykket skal limes på plass, kan en for eksempel holde en fotball på innsiden for at det skal være lettere å presse toppstykket sammen med resten av ballongen i limskjøtene.
6. Klipp ut et ca. 120 cm langt bånd av 0,5 mm kartong. Båndet skal være ca. 3 cm bredt. Bruk gjerne kartong av A3- eller A2-format og skjøt sammen flere strimler, slik at det blir langt nok.
7. Legg båndet på innsiden av ballongåpningen for å gjøre den sterkere, og stift eller lim båndet fast til kanten av ballongen.
8. Stikk fire hull i kantbåndet som vist på figuren til høyre og fest to ståltråder (40 cm), slik at de krysser hverandre midt i åpningen. Bøy trådene på utsiden av kantbåndet, slik at de holder seg på plass.



Liming av stykkene



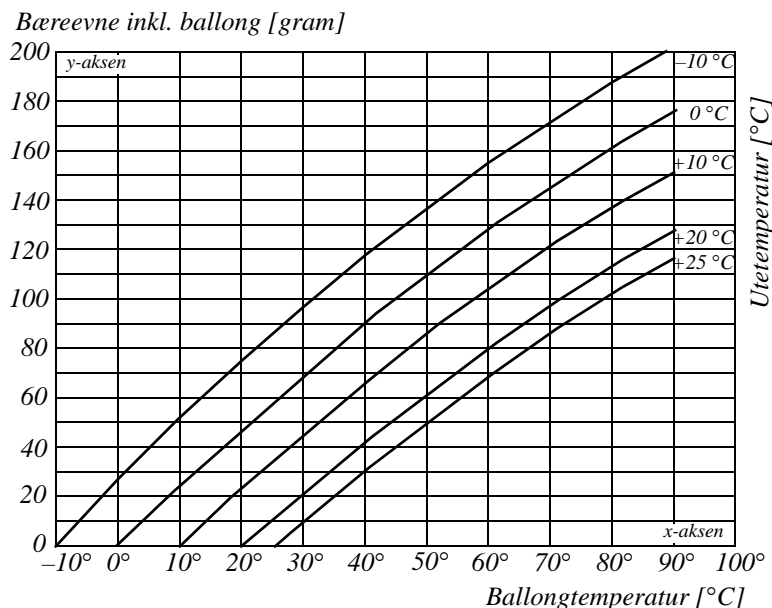
Festing av kantbånd

Ballongen er ferdig. Det er lurt å ta med lim ut til slipp-plassen, da det kan bli nødvendig å flikke på limkantene.

Dersom ballongen skal ha medbragt varme, dynk en dott bomull på størrelse med en barneneve med rødsprit, og fest den til ståltrådkrysset med en messing- eller ståltråd. La flere holde ballongen, slik at den er godt utspent når bomullen tennes. Husk silkepapir er lett antennelig.

ADVARSEL: VARMLUFTSBALLONGER MED ÅPEN ILD SKAL IKKE SENDES OPP I SOMMERHALVÅRET NÅR DET ER TØRT I SKOG OG MARK.

Vi har nevnt at varm luft har mindre tetthet enn kald luft. En ballong fylt med varmluft vil derfor få en oppdrift i "havet" av kald luft. Oppdriften vil medføre at ballongen løftes opp gjennom den omkringliggende kaldlufta. Jo større temperaturforskjell det er mellom lufta i og utenfor ballongen, jo større oppdrift får den. Det kan derfor være en fordel å sende opp ballonger på kalde vinterdager.



Diagrammet over viser bæreevne i gram ved bakken (y-aksen) som funksjon av temperaturen inne i ballongen (x-aksen) for noen utetemperaturer. Diagrammet gjelder for en ballong med et volum på ca. $0,5 \text{ m}^3$, som er omtrent volumet til ballongen vår. For eksempel ser vi at med en ballongtemperatur på 80°C en dag utetemperaturen er $+10^\circ\text{C}$, så klarer ballongen å løfte ca. 140 gram inkludert sin egen vekt.

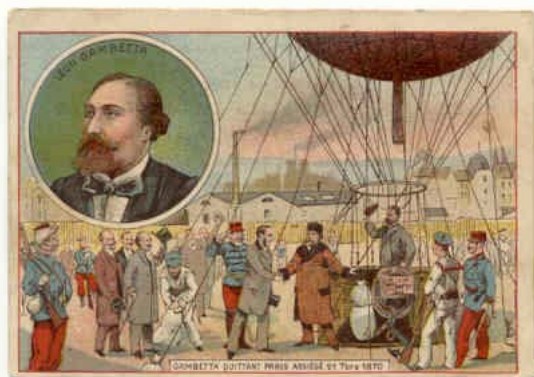
Etter som ballongen stiger, vil lufttrykket synke og tettheten til lufta omkring ballongen avta. Dette skulle føre til at ballongen slutter å stige. Vi må imidlertid huske på at når trykket faller på utsiden av ballongen, så faller også trykket inni ballongen. Selv om dette bidrar til å redusere oppdriften, så er varmelekkasje og at brenselet etter hvert tar slutt, den viktigste grunnen til at temperaturforskjellen avtar.

Gode historier er ikke å forakte når man skal formidle realfag. Her er kanskje en de merkeligste hendelser knyttet til flyvningens tidlige historie.





Ballongen som flyktet fra krigen (den gode historie)

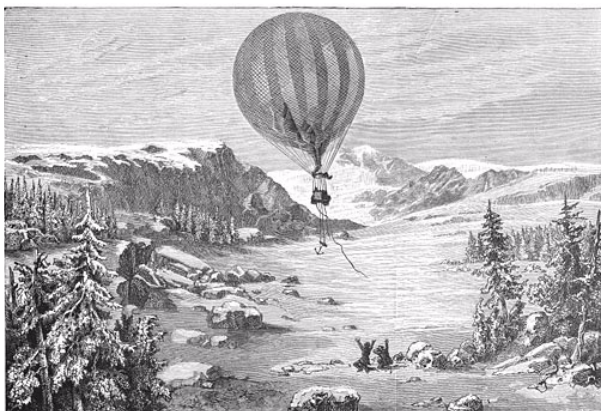


Det vekker begeistring og håp blant de frammøtte når de ser den store gassballongen “La Ville d’Orléans” stige til værs i nattemørket den 24. november 1870 under den fransk-tyske krigen, 1870–71. Om bord finner vi løytnant **Léon Bézier** og ingeniør **Paul Rolier**. De er tildelt det farefulle oppdraget å passere de tyske linjene i ballong i nattemørket med en viktig melding.

Noen måneder tidligere har den nyutnevnte krigsministeren **Léon Gambetta** klart å unnsnippe Paris i ballong, og samlet en bondehær for å gjenerobre byen. Bézier og Roliers oppdrag å finne Gambetta og bondehæren i et forsøk på å koordinere angrepene fra inn- og utsiden.

Paris har allerede vært beleiret i mange måneder, og det begynner å skorte på det meste innenfor den tyske jernringen. Det eneste de har nok av, er champagne og rødvin. Ellers serverer restaurantene retter tilberedt av dyr fra zoologisk hage og hva en ellers måtte finne i Paris’ gater. Det er funnet menyer med utsøkte retter av typen Katt pyntet med rotter og Elefantsnabel.

Men været er ikke det alle beste denne novembernatten, og de to uerfarne ballongfarerne mister snart kontrollen over ballongen. Ferden som bare skulle ta noen få minutter, varer hele 14 timer, og ender ikke før de kommer til Liffjell i Telemark. Der slipper ballongen av sine passasjerer før den fortsetter sin ville ferd til Krøds herrad. Størst kvaler lider de to passasjerene på vei over Nordsjøen, der ballongen gang på gang er nær ved å havarere i de tårnhøye bølgene, mens den innimellom steg til svimlende høyder av 3000 meter.



Utenfor Mandal er de nær ved bli tatt av bølgene, og de klarer med nød og neppe å berge seg ved å kaste postsekker på sjøen. Disse sekkene ble senere berget og havnet til sist hos postmesteren i Mandal. I dag er disse brevene blitt ettertraktede samleobjekter og selges for flere 100 000 kroner.

Da de til slutt kommer innover land og prøver å foreta en kontrollert landing, får de ikke åpnet ventilene, slik at de kan slippe ut gass for å lande. Det er imidlertid ikke før de nærmer seg Liffjell at de får kastet seg ut av kurven og berget seg ned i den myke snøen. Ballongen fortsetter ferden



og lander til slutt ved Krøderen ca. 100 km lengre nordøst. Der blir den ganske snart funnet, og det blir sendt telegrafisk beskjed om at en ballong er landet, men ingen vet hvor passasjerene befinner seg.

I mellomtida har Bézier og Rolier berget seg inn i ei tømmerkoie hvor de får varmet seg og kommet til hektene. Det er ikke før de støter på et par bønder at de skjønner at de ikke er havnet i Bayeren eller Skottland, men i Norge.

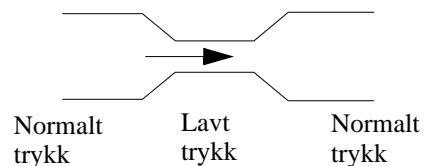
Så starter en nærmest fjerstelig ferd til Christiania, hvor disse to franskmennene blir feiret som helter. Løytnant Bézier er utålmodig etter å komme tilbake til Frankrike med sin viktige beskjed som kan være avgjørende for utfallet av krigen. Ingeniør Rolier derimot, nyter all festivitas og virak, og har ingen hast med å komme tilbake til sitt krigsherjede hjemland. I Christiania blir det stor oppstandelse og en stor bankett blir stelt i stand med Bjørnstjerne Bjørnson som hovedtaler.

Senere har mange fundert på hvilken betydning denne mislykkede ballongferden hadde for utfallet av krigen. På grunn av den manglende koordineringen av angrepet mot Paris, mistet 12 000 menn livet, og krigsminister Gambetta og den senere statsministeren i Frankrike, Charles Louis de Freycinet, sa at dette var en medvirkende årsak til at Frankrike tapte krigen. Andre har hevdet at krigen på dette tidspunktet alt var tapt.

4 Gjenstander som flyr pga endring i lufttrykk

Et grunnleggende prinsipp er at luft (eller væske) som settes i bevegelse, vil ha lavere trykk enn luft som er i ro eller beveger seg langsommere. Dette kalles *Bernoullis prinsipp*, etter **Daniel Bernoulli** (1700–1782).

Det er ikke intuitivt opplagt at det må være slik. La oss tenke oss et spesialtilfelle av dette fenomenet hvor lufta strømmer gjennom et rør med en innsnevring. Det er ikke vanskelig å godta at lufta får en akselerasjon gjennom innsnevringen, siden det ikke kan hope seg opp luft noe sted i røret. For at luftpartiklene skal kunne akselerere, må de påvirkes av en kraft. Ingen akselerasjon uten en kraft, ifølge Newton.

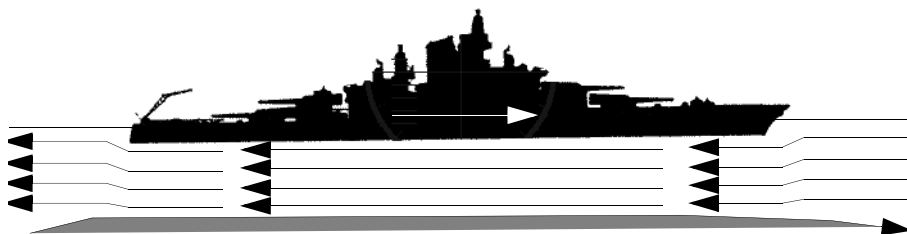


For at luftpartiklene skal påvirkes av en kraft i strømningsretningen, må de “se” et trykkfall foran seg på vei inn i innsnevringen. Vi kan se på det som om partiklene suges inn mot innsnevringen, og et slikt sug krever et trykkfall. Når de så kommer ut av innsnevringen, vil de møte en tilsvarende trykkøkning som vil bidra til å bremse opp luftstrømmen, slik at den får tilbake sin opprinnelige hastighet. Dette handler både om kravet til konstant flyt uten opphoping gjennom røret og om bevaring av energien.

Denne varianten av Bernoulliprinsippet går under navnet Venturi-effekten etter den italienske fysikeren **Giovanni Battista Venturi** (1746–1822).



Venturieffekten gjør seg også gjeldende for vann som strømmer fort. Til og med stor skip påvirkes av denne kraften. Et skip som har god fart gjennom vannet vil gå dypere enn et skip som seiler langsomt.



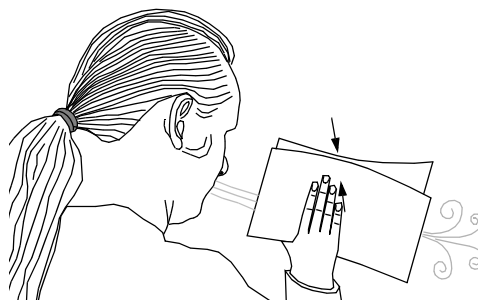
Jo fortere skipet går, jo raskere beveger vannstrømmen seg langs skroget. Den relative bevegelsen mellom skroget og vannet vil medføre redusert trykk i vannstrømmen, på samme måte som trykket i en luftstrøm faller når luften passerer en innsnevring. Effekten blir sterkere når det er grunt vann, på samme måte som lufttrykket i et trangt rør faller mer enn i et romsligere rør. Da cruiseskipet Liberty skulle passere brua over Storebelt, valgte skipperen i samråd med losen, å passere brospennet i stor fart. Den store farten trakk skipet dypere ned i vannet slik at skorsteinen gikk klar av brua¹.

Følgende eksperiment viser hvordan vi kan skape lavere lufttrykk ved å sette luft i bevegelse.

Eksperiment: 7 Lavt lufttrykk

Til dette eksperimentet trengs to A4-ark. Hold papirarkene parallelt opp foran munnen og blås inn mellom dem. Du vil da merke at de to arkene drar seg inn mot hverandre.

Når vi setter luften mellom arkene i rask bevegelse, vil lufttrykket i mellomrommet bli lavere enn hva det er på utsiden, og arkene trekkes inn mot hverandre.



En enda bedre demonstrasjon av dette kan gjøres ved hjelp av to tente lys.

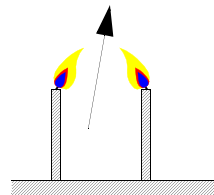
1. Kilde: Illustrert vitenskap, nr. 15. 2007 (8/10 – 28/10) side 15.



Ekspériment: 8 Flammene som søker mot hverandre

Til dette eksperimentet trengs to lys, fyrstikker og et sugerør.

Sett de to lysene ved siden av hverandre i en avstand på ca. 8 cm. Tenn lysene og send en kraftig luftstrøm midt mellom lysene ved hjelp av sugerøret. Da vil vi se at de to flammene bikker inn mot luftstrømmen.



Dette demonstrerer Bernoullis prinsipp, som hevder at luft i bevegelse har lavere lufttrykk enn luft i ro. Luften som beveger seg mellom lysene, vil dermed ha lavere trykk enn luften omkring, slik at flammene vil bøye seg inn mot luftstrømmen.

En gang jeg var på fjellet søkte jeg ly for vinden bak en rund varde, men det hjalp meg ikke. Vinden fant meg likevel.

Slik kan en høre noen fortelle om sine erfaringer med kraftig vind. La oss se om det noe i dette.

Ekspériment: 9 Gjemme seg for vinden

Til dette eksperimentet trengs ei flaske, et stearinlys og fystikker.

Er det lurt å søke ly for vinden bak noe som er rundt? Sett et stearinlys bak ei flaske og blås fra den andre siden av flasken i retning av lyset.

Hva oppdager du?

Lyset slukkes fordi luftstrømmene forenes på baksiden av flasken og får omtrent samme styrke som foran flasken.

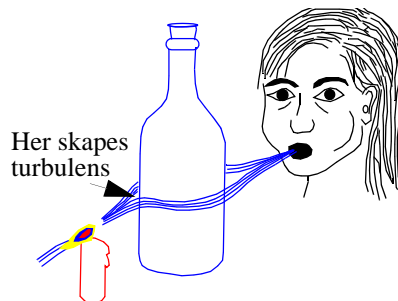
Hva skjer når vi flytter lyset lengre bort fra flasken?

Forsøk også å blåse ut lyset gjennom en trakt.

I dette eksperimentet skjer det samme som for de to A4-arkene. Det skapes et lavtrykk bak flasken mellom de to luftstrømmene som kommer ut på hver side av flasken. Det høyere trykket utenfor luftstrømmen vil derfor tvinge de to luftstrømmene sammen igjen, slik at de treffer lyset som blåses ut.

Det er derfor ikke den beste løsningen å skjule seg bak en rund tank eller et tre når det blåser kraftig.

Et enda mer overbevisende eksperiment som viser dette fenomenet, er følgende:





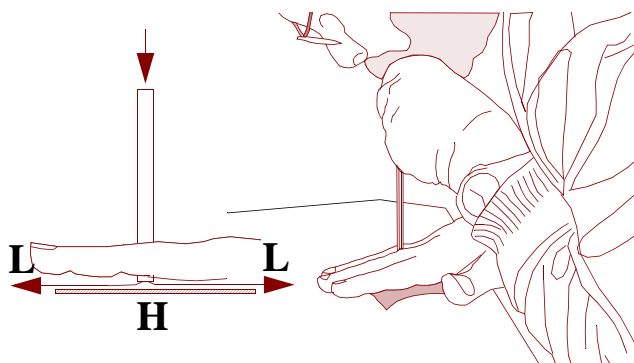
Eksperiment: 10 Løft papirlappen ved å blåse på den

Til dette eksperimentet trengs et sugerør og en papirlapp (for eksempel 6 · 6 cm). Legg lappen på bordet. Stikk sugerøret mellom pekefinger og langfinger helt innerst i kløfta mellom fingrene, slik at røret akkurat stikker ut på undersiden av hånda. Senk hånda med sugerøret ned på papirlappen og blås kraftig gjennom sugerøret. Løft hånda langsomt opp fra bordet mens du blåser, og se hva som skjer.

Er du heldig, vil lappen henge fast på undersiden av hånda så lenge du blåser.

Årsaken til at lappen henger fast, til tross for at du blåser og ikke suger, er at det oppstår et trykkfall der luften er i rask bevegelse, det vil si mellom lappen og hånda, mens det på undersiden av lappen er normalt trykk. Lappen vil derfor trykkes opp mot håndflata. Luftstrømmen som kommer ut av røret, vil også

bidra med en impuls som virker i motsatt retning. For at eksperimentet skal lykkes, må kraften som skyldes trykkforskjellen, være større enn impulsen fra luftpartiklene som treffer lappen.

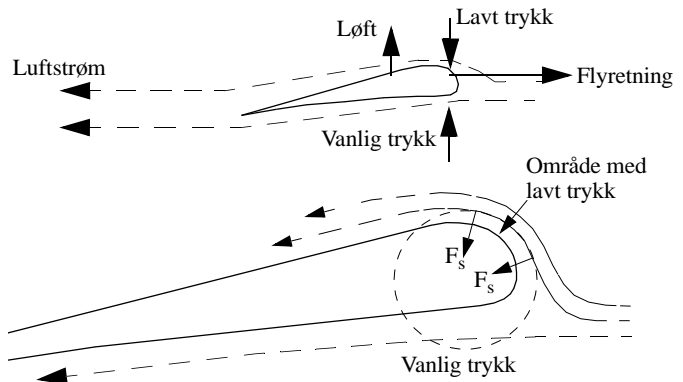


Du har sikkert lagt merke til at dusjforhenget har en ubehagelig tendens til å klistre seg til kroppen din når du dusjer. Dette fenomenet har forundret forskerne gjennom flere år, og mange ulike forklaringer er lansert. Én er kommet til at årsaken delvis er en Bernoulli-effekt som skyldes at lufttrykket på innsiden av forhenget faller på grunn av oppadgående luftstrømmer. Men man har også oppdaget at vannet som strømmer ut av dusjhodet vil skape en tornadolignende virvelstrøm som forsterker trykkforskjellen mellom inn- og utsiden av forhenget, og som derfor bidrar til å trekke forhenget inn i dusjen².

2. Se http://www.scienceagogo.com/news/20010613041952data_trunc_sys.shtml

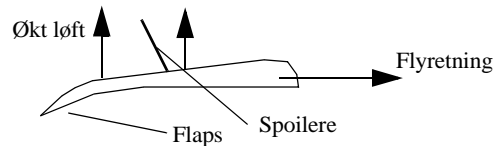


Bernoulli-effekten er også en viktig årsak til at fly kan fly. Dersom vi studerer en flyvinge i profil, vil vi se at den i framkant er buet på oversiden, men relativt flat på undersiden. Når flyvingen skjærer gjennom lufta, må luftstrømmen som passerer over vingen, bevege seg i en bue som er bestemt av krumningen til vingen. Vi vet at partikler som beveger seg i en krum bane, må påvirkes av en kraft innover langs krumningsradiusen, i dette tilfellet inn mot fronten av flyvingen (se figuren over). Vi har tidligere sett at en slik kraft bare kan oppstå der vi har et trykkfall. Skal vi få lufta til å gå i en krum bane, må vi altså ha et trykkfall inn mot vingen. Det betyr at det oppstår en trykkreduksjon på oversiden av vingen der den krummer mest. Siden lufttrykket under vingen er høyere, vil vingen få et løft.



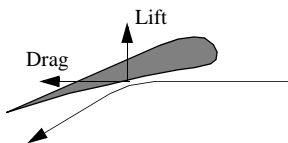
De som har gjort målinger på luftpartikler som passerer henholdvis over og under en vinge som pløyer gjennom lufta, har oppdaget at lufta som passerer på oversiden av vingene, vil skyte fart, slik at den kommer tidligere fram til bakkanten av vingen enn lufta som passerer under. Dette forsterker effekten omtalt foran.

Når flyet skal ta av fra rullebanen, forlenges vingene i bakkant ved hjelp av *flapsene* for at løftet skal bli større. Dette er nødvendig siden flyet ikke klarer å komme opp i full hastighet mens det ennå er på bakken. Når flyet har nådd marsfart, trekkes flapsene tilbake. Da trengs ikke det ekstra løftet, og en sparer drivstoff.



Når flyet skal gå inn for landing, reduseres hastigheten samtidig som vingen forlenges for å øke løftet. Dermed kan flyet lande med moderat hastighet.

Idet flyet tar bakken, reises *spoilerne* opp. Disse ødelegger den jevne luftstrømmen på oversiden av vingen og reduserer løftet, flyet presses ned mot bakken, og flyet kan bremses opp mer effektivt. Det var disse som sviktet ved flyulykken på Sotra i oktober 2006.



Vingen er også litt skråstilt slik at lufta som passerer under den, også vil øve et trykk (impuls) mot vingen og dermed bidra til å løfte flyet (*låvedøreffekten*).³



Luft og vann

Når luftmolekylene treffer undersiden av flyvingen, vil de dels virke som friksjon for framdriften (*drag*), og dels bidra til at vingen og flyet presses oppover (*lift*).

Dette fenomenet kan også utforskes i det neste eksperimentet.

Eksperiment: 11 Svevende ball

Til dette eksperimentet trengs en hårføner eller en støvsuger i tillegg til noen bordtennisballer. Bruker vi en hårføner, må vi slå den på maksimal luftstrøm og minimal varme. Dersom vi bruker en støvsuger, må slangen settes inn i hullet for utblåsning.

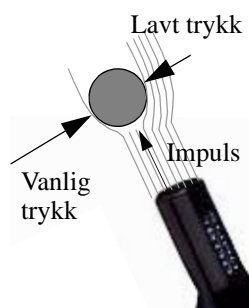
Velg en hårføner med rund åpning. Om nødvendig kan tuten av ei plastflaske (1/2 liter) skjæres av flasken og monteres foran på hårføneren. Da vil en oppnå en kraftigere luftstrøm.

Rett luftstrømmen rett oppover og legg bordtennisballen oppi. Du vil oppdage at ballen holder seg svevende. Den faller heller ikke ned selv om du holder luftstrømmen litt på skrå.



Ut av tuten til føneren kommer luften strømmende i stor fart. Luftmolekylene treffer ballen og løfter den opp. Både farten og massen til luften bidrar til å løfte ballen. Produktet av partiklens masse og fart kalles *impuls*.

Når luften passerer ballen, oppstår trykkforskjeller som holder den i strålen. Der luftstrømmen avbøyes kraftig, vil det oppstå et *lavtrykk*. Når vi holder luftstrømmen litt på skrå, faller ballen litt, og mesteparten av luften vil passere omveien over ballen. Her blir det lavtrykk. På undersiden passerer det mye mindre luft, her får vi det vanlige trykket. Dermed får ballen et lite løft som holder den svevende.



Eksperiment: 12 Bernoulli-blåse

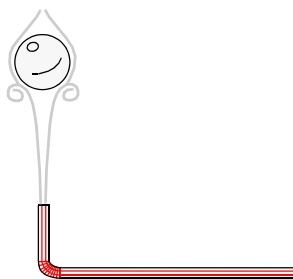
Johann Bernoulli (1667–1748), som dette eksperimentet er oppkalt etter, var opprinnelig lege, men interessen for matematikk og fysikk tok etter hvert overhånd. Han er derfor mest kjent som matematiker og fysiker. Han var spesielt interessert i strømming av luft og væske, og er derfor blitt kjent for sine ligninger som beskriver disse fenomenene.

3. For den som ønsker å utforske hvordan flyvingens utforming påvirker trykket og løftet, anbefales NASAs hjemmeside: <http://www.lerc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/foil2.html>.



Til dette eksperimentet trengs et sugerør og en lett isoporball. Lag en knekk på sugerøret og blås, slik at det oppstår en kraftig luftstrøm rett oppover. Legg isoporkula i luftstrømmen. Dersom du vil gjøre litt mer ut av eksperimentet kan du lage modellen beskrevet i **Lag selv: 3** nedenfor.

På Vitensenteret i Trondheim er det en stor Bernoulli-blåse. Den er så kraftig at den kan løfte og holde en badeball svevende.



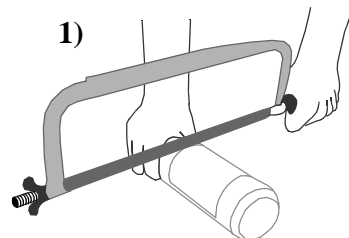
Lag selv: 3 Lag en Bernoulli-blåse

Med en såkalt Bernoulli-blåse kan du få en isoporkule til å sveve i løse lufta.

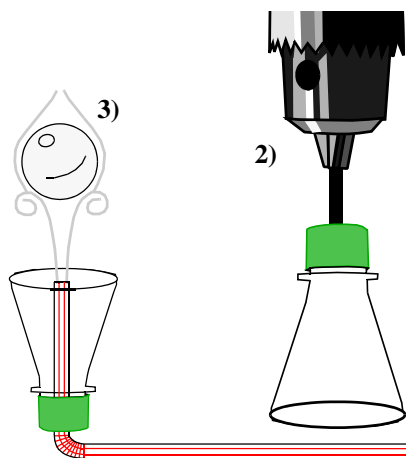
Materialer: 1/2 liter brusflaske med kork
5 eller 6 mm sugerør
25 mm isoporball

Verktøy: Bormaskin
5 eller 6 mm bor
Epoxy lim

Alder: Ca. 10 år



1. Start med å skjære toppen av ei halvliters brusflaske med fintinnet sag. Brusflaska må ha kork. Puss av snittkanten med litt sandpapir, slik at den blir fri for plastspen.
2. Bor et 5 mm hull gjennom midten av plastkorken.
3. Stikk den korte enden av et bøyelig sugerør gjennom hullet, slik at det stikker ca. 2 cm opp over innsiden av korken. Sugerøret festes med litt epoxy to-komponent lim, ev. Araldit.
4. Det er vanskelig å få ballen til å sveve dersom du legger den nede i flaskehalsen før du starter å blåse. Blås derfor i sugerøret idet du legger den hvite isoporballen i luftstrømmen over flaskehalsen.



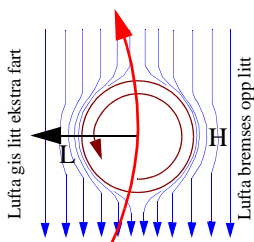
Klarer du å få ballen til å sveve?

Kanskje vil du oppdage at det er lettere å få ballen til å sveve uten flaskehalsen. Hva tror du det kommer av?

Forsøk å holde Bernoulli-blåsa litt på skrå. Kanskje ballen fortsatt ligger i luftstrømmen?



Magnus-effekten⁴



Det er et lignende fenomen som gjør at en roterende ball ikke går i rett linje gjennom luften. Dersom ballen roterer fra høyre mot venstre sett ovenfra, vil luften på venstre side av ballen, bevege seg i *samme retning som ballens overflate* slik at lufthastigheten økes litt. På høyre side vil ballens roterende overflate bevege seg i *motsatt retning*, av luften som passerer forbi. Dermed vil luftstrømmen bremses litt opp på denne siden. Vi vet også at lufttrykket blir lavest på den siden hvor lufthastigheten er størst. Når ballen farer gjennom luften vil den påvirkes av en kraft som er rettet mot lavtrykksiden av ballen, slik at ballen vil svinge, eller *skru*, svakt mot venstre [1].

Effekten er oppkalt etter en tyske fysikeren **Heinrich Gustav Magnus** (1802–1870) som først beskrev fenomenet i 1853. Imidlertid var Newton også her først ute. Allerede på 1670-tallet observerte han at tennisballer hadde en tendens til å bevege seg i bue når de roterte, og Newton forklarte fenomenet på samme måten som Magnus.

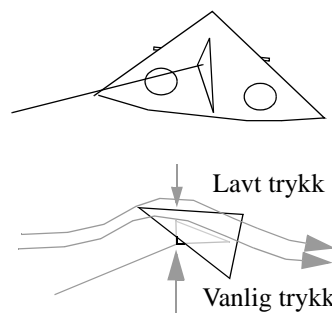
Et lignende prinsipp gjør at drager holder seg flyvende. En av de mest effektive dragene er *deltavingen*. Denne er også meget lett å lage.

Eksperiment: 13 Deltavingen

Deltavingen er en av de dragene med de beste flyveegenskapene, det er derfor denne formen ble valgt den gangen man skulle konstruere hang-glidere.

Den skråstilte dragen vil gjøre at luften som passerer over den, går i en bue på oversiden av dragen. Dermed oppstår et lavtrykk på oversiden av dragen, som gir den et løft.

Det skal ikke så mye til for å lage en deltavinge. Se **Lag selv: 4** nedenfor for detaljert byggebeskrivelse.



Lag selv: 4 Bygg en deltavinge

Materialer: 1 søppelsekk
 2 blomsterpinner 90 cm, diameter 6 mm
 1 blomsterpinne 81 cm, diameter 6 mm
 1 blomsterpinne 73 cm, diameter 6 mm

4. Se Magnus-effekten i Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Magnus_effect

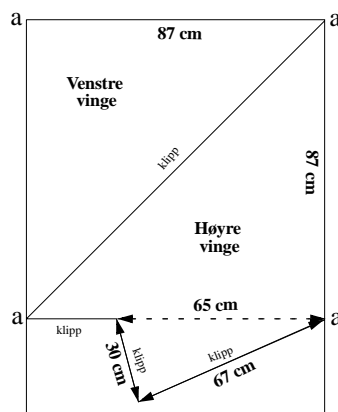


100 meter tynn nylonsnor m/snelle

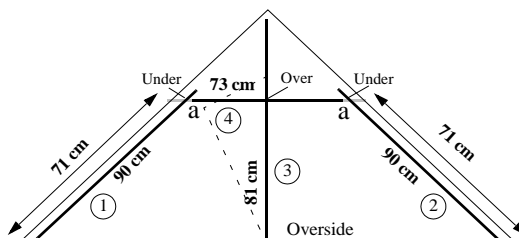
Verktøy: Kraftig bred pakketape eller isolasjonstape.
Et lite stykke gaffa tape
Saks, tusj og hullmaskin
Målbånd eller tommestokk

Alder: Ca. 10 år

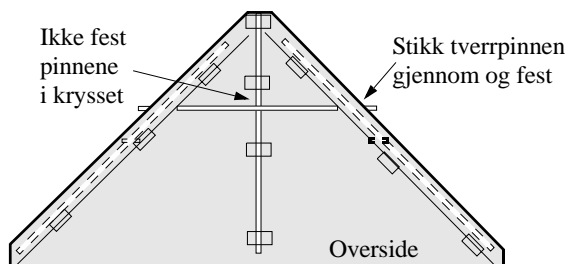
1. Klipp av de nederste 2 cm av søppelsekken, slik at bunnen "faller" ut av sekken.
2. Klipp opp sekken langs den ene langsiden slik at du får et stort rektangel.
3. Strek opp med tusj som vist på figuren til venstre, og klipp ut.



4. Tape høyre og venstre vinge sammen langs a-a med pakketape. Den lille trekanten skal henge ned på undersiden. Forsterk kantene av den lille trekanten med pakketape.
5. Tape fast pinnene i den rekkefølgen som angitt på figuren under. Det er viktig at endene på pinne 1-3 tapes godt fast. Pinne 4 kan stikkes gjennom plasten i punktene a-a og festes på undersiden av pinnene 1 og 2, mens den ligger over pinne 3.



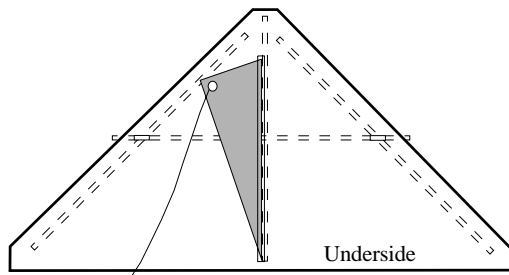
6. Pinnene skal ligge på oversiden av dragen, mens trekanten er festet på undersiden. Brett plasten inn langs sidene slik at den dekker pinne 1 og 2. Tape plastfoldene fast på innsiden av pinnene som vist på figuren under.
7. Dernest brettes de to flikene over pinnene, samtidig som overflødig plast klippes bort. Flikene limes fast på dragens overside. Brett også inn tuppen av dragen og tape godt





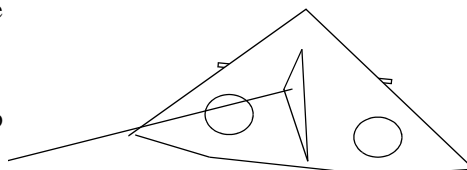
Luft og vann

8. Tape hjørnet til den lille trekanten med gaffatape. Lag et hull med hullmaskin i hjørnet av trekanten. Tre en nøkkelring igjennom hullet. Festepunktet kan varieres noe avhengig av hvor mye det blåser. Dragen flyr best når det er lite vind.



Når dragen flyr, vil den bue litt ned på midten, dette gjør at den blir stabil.

Denne typen drager trenger vanligvis ingen hale. Finn et sted hvor det er god plass, og løp dragen opp i luften dersom det er lite vind.



Regler for drageflyging:

- Fly aldri i regnvær! Våt snor kan lede strøm og gi livsfarlige elektriske støt.
- Fly aldri i nærheten av høyspentmaster!
- Fly aldri i nærheten av flyplasser!

Tenk aerodynamiske prinsipper, og finn ut hva som gjør at dragen kan fly. Hvorfor faller dragen til jorda når snora slippes?

Før ble store drager med et vingespenn på opptil 100 meter brukt til å løfte tunge gjenstander. Drager er til og med brukt til å løfte mennesker, slik at de skulle få bedre oversikt over et område. Slike drager ble for eksempel brukt i krig.

Dragen var forløpene for flyet. De første flyene lignet derfor mye på kassedrager.

**Lag selv: 5 Lag et lite papirfly**

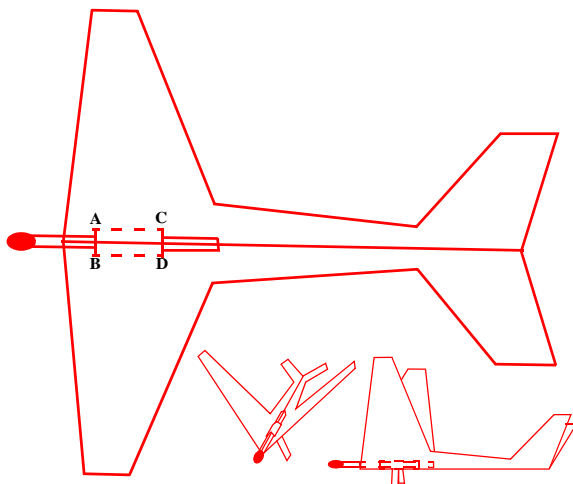
Materialer: 1 A4-ark
1 fyrstikk

Verktøy: Saks

Alder: Ca. 10 år

Det finnes papirfly i alle fasonger. Her skal vi vise ett av mange eksempler.

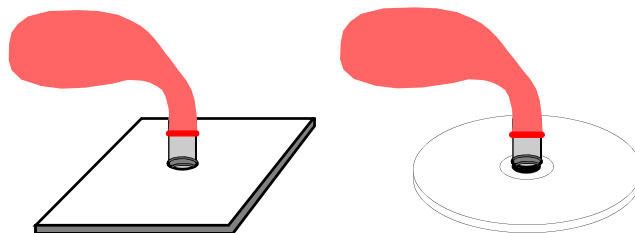
1. Kopier flyformen over på et papir i størrelse 1:1 fra vedlegg vedlegg A.2.
2. Klipp ut og lag et snitt AB og CD. Brett flyet langs midten som vist nederst på figuren over.
3. Stikk en fyrstikk ned gjennom snittet AB og opp gjennom snittet CD. La fyrstikken stikke ca. 1 cm foran flykroppen. Hvordan flyet skal fly, bestemmes ved å forskyve fyrstikken fram og tilbake.

**5 Bevegelse ved hjelp av luft- eller vanntrykk**

Vi kan også lage en farkoster som beveger seg ved hjelp av luft eller vann i bevegelse.

Eksperiment: 14 Farkost som beveger seg på ei "pute" av luft

Til dette eksperimentet trengs ei CD- eller plastplate, en ballong, et reagensrør i plast eller lignende, en fintinnet sag og boremaskin.



Kapp reagensrøret slik at det blir ca. 3 cm langt. Bor et lite hull i bunnen og lim det fast til en CD- eller plastplate. Trø ballongen over reagensrøret og blås opp ballongen. Du har laget et "svevefartøy". For detaljert byggebeskrivelse, se avsnitt **Lag selv: 6** nedenfor.

Sett "fartøyet" ned på et glatt bord, og se hva som skjer.



Luft og vann

Det lille hullet i reagensrøret gjør at lufta siver ut akkurat for nok til å holde fartøyet svevende en stund. Lufta som siver ut av ballongen, øver et trykk mot underlaget som gjør at fartøyet løfter seg fra underlaget og glir friksjonsløst bortover bordet.

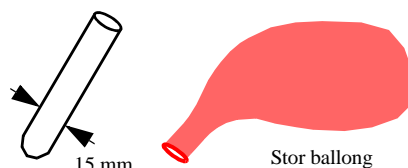
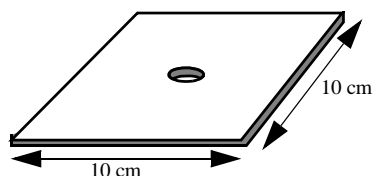
Lag selv: 6 Lag et luftputefartøy.

Materialer: 1 reagensrør
1 plate (plast/finér)
1 ballong

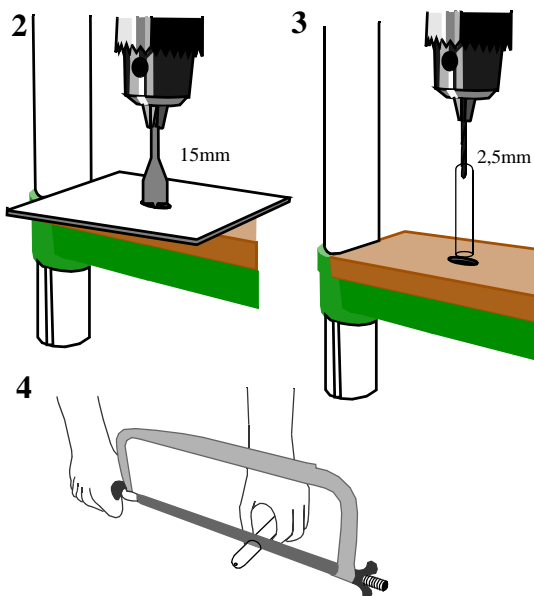
Verktøy: Bormaskin, bor

Alder: Ca. 12 år

1. Finn en plate av plast eller finér med en tykkelse på ca. 5 mm, og lag til en kvadratisk bit på 10 · 10 cm.

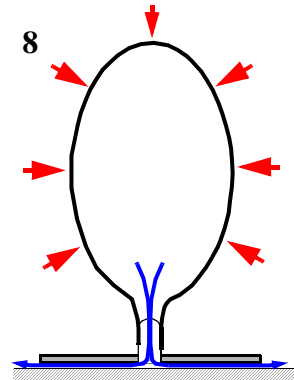
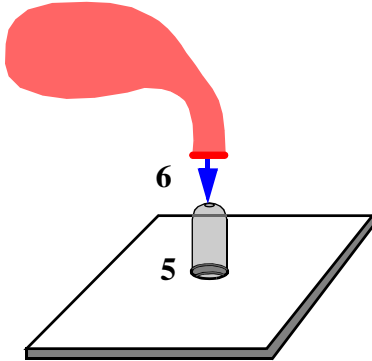


2. Midt på plata bores et hull med en diameter på 15 mm.
3. Bruk et rør eller reagensrør i plast med en diameter på 15 mm. Bor et 2,5 mm hull i enden av reagensrøret. Hullet skal hindre lufta i å slippe for fort ut av ballongen.
4. Kapp røret ca. 3 cm fra enden og puss kanten med en fil eller et sandpapir.
5. Stikk den åpne enden av reagensrøret ned i hullet i plata, slik at det går kant i kant på undersiden.
6. Tre ballongen over toppen av reagensrøret, slik at den sitter godt fast.





7. Blås opp ballongen gjennom hullet i plata. Klem for halsen til ballongen, og sett plata på et plant bord. Slipp, og se hva som skjer.



8. Lufttrykket i ballongen presser luften ut gjennom røret. Luftstrømmen presses ut under plata og skaper et "høytrykk" som løfter plata opp fra bordet. Når plata ikke berører bordet, hindres ikke bevegelsen av friksjon, og plata kan skli uhindret fram og tilbake.



Flymo gressklipper



Luftputebåt

Det samme prinsippet brukes i gressklippere (Flymo) og luftputefartøyer.

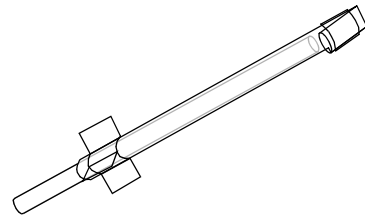
Et lignende prinsipp kan en bruke for å skyte ut en liten papirrakett.

Lag selv: 7 Lag en sugerørskjett

Materialer: Et tykt og et tynt sugerør
Smal maskingstape

Verktøy: Saks
Langt målbånd

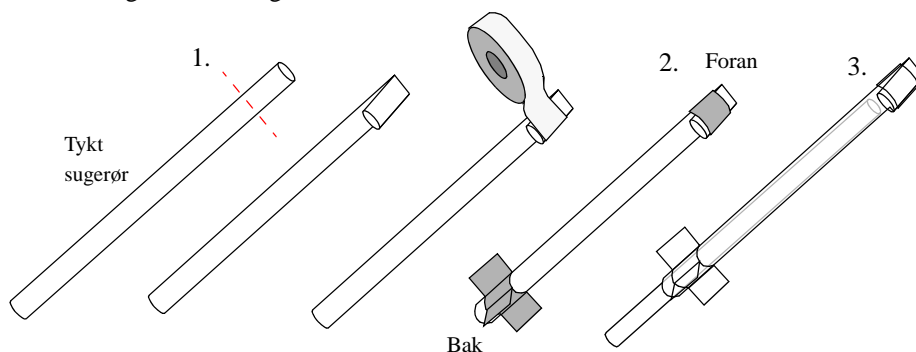
1. Ta det tykkeste sugerøret og lag en bøy foran. Bruk maskingstape for å holde bøyen på plass og tette røret.





Luft og vann

2. Bruk maskeringstape og lag fire styrefinner som vist på tegningen til høyre.
3. Tre sugerøret inn på det tynneste røret og blås hardt inn i røret.
4. Mål hvor langt “raketten” går.



Lag en konkurranse å se hvem som “skyter” lengst.

Forsøk å forbedre “raketten”. Finn ut hvilken utskytningsvinkel som gir størst lengde. Vri finnene, og se om du kommer lenger.

Det er også mulig å skyte ut større raketter ved hjelp av samme prinsipp.

Lag selv: 8

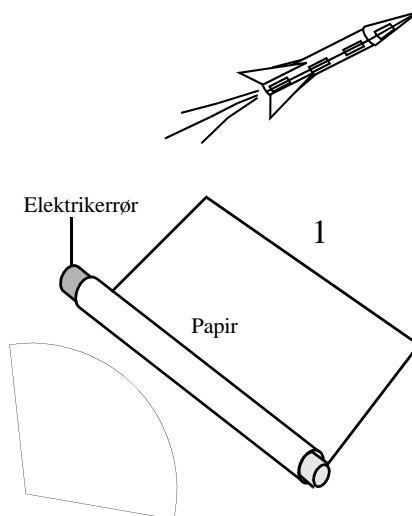
Lag en luftdrevet rakett

Materialer: Papir
Tynn kartong
25 cm elektrikerør
1 meter plastslange
1 halvliters brusflasket

Verktøy: Fintinnet sag
Saks
Limpistol
El-tape

Alder: Ca. 10 år

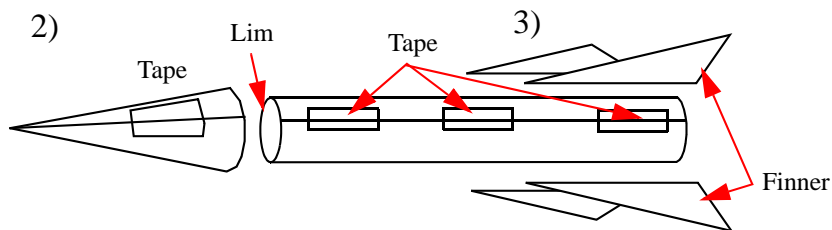
1. Rull A4-arket rundt elektrikerøret slik at det glir lett langs røret.⁵



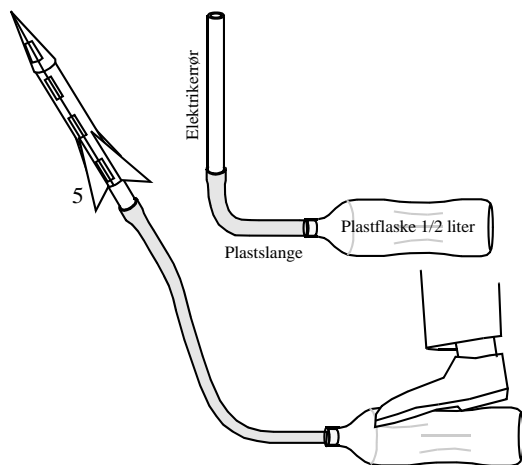
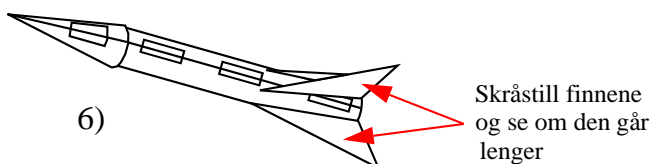
5. Etter en idé av Ed Sobey.



2. Klipp ut og brett en kjegle (ev. bruk malen på neste side). Bruk tape til å holde den sammen. Ha litt lim på toppen av papirrøret og sett på kjeglen.



3. Lag fire finner av kartong. Du kan bruke den vedlagte malen. Bruk limpistolen for å feste dem til raketten.
4. Bruk plastslangen til å forbinde elektrikerøret med flaska. Om nødvendig, bruk tape for å tettest skjøtene.
5. Tre raketten ned over elektrikerøret og tramp hardt på flaska. Hva skjer?
6. Sett finnene på *skrå* og se om rekkevidden blir større?



Hvordan virker raketten?

Når du hopper på flaska, presses lufta med stor kraft ut gjennom slangen. Siden raketten slutter tett omkring elektrikerøret, vil luftstrømmen sende raketten i en bue gjennom lufta. Med litt hell kan den gå mellom 10 og 15 meter.

Prøv også:

Undersøk hvilken utskytningsvinkel som gir størst rekkevidde.

I stedet for å bruke ei flaske, kan du blåse med munnen. Hvor langt kommer du da?

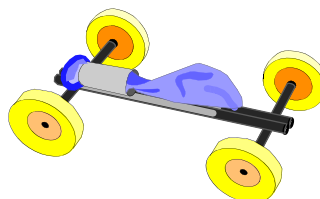
I det neste eksperimentet skal vi bruke lufttrykket i en ballong til å drive en bil bortover bordet.



Eksperiment: 15 Luftrakettil

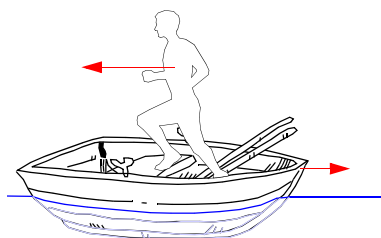
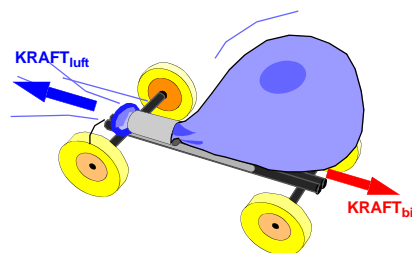
Til dette eksperimentet trenger du, sugerør, fire hjul, blomsterpinner, en bit elektriskerrør, en ballong og limpistol.

Detaljert byggebeskrivelse finnes i **Lag selv: 9** nedenfor.



Hvordan virker luftrakettilen?

Når vi slipper ballongen, vil luften fare ut gjennom åpningen bak. På kort tid skal luften gis stor fart, den skal akselereres ut av ballongen. Til det kreves en kraft (**KRAFT_{luft}**). Ifølge Newtons 3. lov finnes det en tilsvarende og like stor motkraft som virker på ballongen. Siden ballongen er festet til bilen, vil denne motkraften sende bilen bortover gulvet (**KRAFT_{bil}**).



Den samme effekten merker man når noen reiser seg og går i en robåt som flyter fritt på vannet. Vi vil merke at båten beveger seg i motsatt retning av det vi gjør. Hadde båten bevegelse vært uten friksjon, ville det felles tyngdepunktet for båten og den som beveget seg, vært i ro. Siden båten normalt er vesentlig tyngre enn den som beveger seg, vil båten forflytning være mindre enn personens forflytning.

Lag selv: 9 Bygg en luftrakettil

Materialer: 3 sugerør
4 hjul
3 cm elektriskerrør, 10 mm
1 tynn blomsterpinne
1 ballong

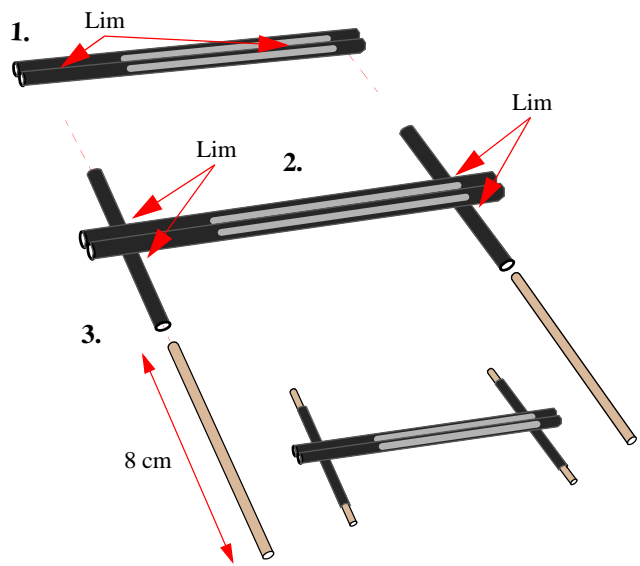
Verktøy: Limpistol
Saks, ev. tape

Alder: Ca. 10 år

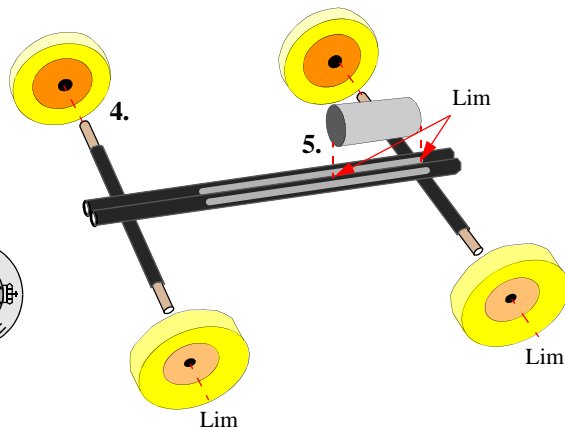
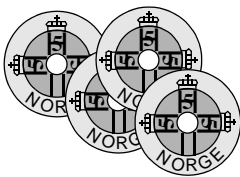
1. Ta to sugerør og lim dem tett inntil hverandre. Du kan bruke plastlim, limpistol eller tape.
2. Klipp to biter sugerør, 6 cm lange. Lim dem fast på tvers av de to lange sugerørene. Ett foran og ett bak. Bruk limpistol eller vanlig lim.



3. Ta to tynne blomsterpinner, 8 cm lange, og stikk dem inn i sugerørene som går på tvers.
4. Fest hjulene til blomsterpinnene. Bruk litt lim om nødvendig. Kronestykker fungerer også godt som hjul.
5. Ta et elektrikkerrør på 2,5 cm (diameter 1,5 cm) og lim dette bak på bilen som vist på figuren til høyre (5).



Bruk ev. kronestykker som hjul



6. Smett halsen på ballongen gjennom elektrikkerrøret, slik at munnstykket blir tilgjengelig.
7. Blås opp ballongen, sett bilen ned på gulvet og mål hvor langt den går.

Hvem kommer lengst?

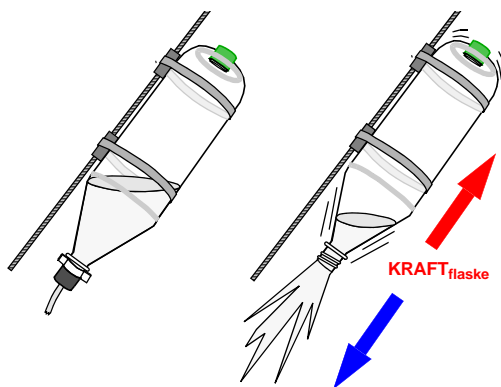
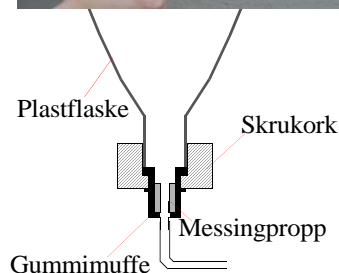
Det samme prinsippet gjelder når vi skyter opp en vannjettraket.



Eksperiment: 16 Vannjetrakett

Til dette eksperimentet trengs en sykkelpumpe, en plastslange med ventil, en flaskekork med messingpropp og ei halvliters brusflaske. I tillegg trengs en ståltråd som kan fungere som stativ, dersom raketten skytes opp fra bakken. Det nødvendige utstyret kan også kjøpes fra en rekke firma.⁶

Fyll flaske med vann ca. 1/4–1/3 full, skru på korken og sett i messingproppen med slangen. Sett flasken på stativet med tuten og slangen ned. Koble pumpa til slangen, og pump luft inn i flasken.



Når trykket er høyt nok (mellom 5 og 6 bar), løsner messingproppen, vannet i flasken presses ut med stor kraft, og raketten farer av gårde.

Vannjetraketten ved Vitensenteret i Trondheim er montert i gården og løper langs en wire som er spent opp på skrå mot nabo-huset. På denne måten unngår man at raketten “stikker av”. Imidlertid vil løpe- strengen legge en betydelig demper på raketten. En rakett i “frihet” vil gå mye lenger og høyere.

På kort tid vil vannet få stor fart, idet det akselereres (presses) ut gjennom flaksetuten. Til det kreves en kraft ($KRAFT_{vann}$). Ifølge Newtons 3. lov finnes det en tilsvarende og like stor motkraft som virker på flasken ($KRAFT_{flaske}$). Det er motkraften som sender flasken opp langs løpe- strengen. Vannet vil “sparke fra” mot flasken, mens flasken på sin side “sparker fra” mot vannet.

Når vi skyter med gevær, merker vi hvordan kula sparker fra mot geværet, som igjen sparker fra mot skuldra. Dette kaller vi *rekyl*.

6. Vannjetraketter kan kjøpes ved Vitensenteret i Trondheim (tlf.73597722), eller hos KPT naturfag.



Det er mange som sysler med vannjetraketter rundt om i verden. For tida er høyderekorden på 582 meter [3]a. Enkelte utstyrer rakettena med videokamera og tar flotte panoramabilder fra høyden. Detaljert byggebeskrivelse kan finnes på [3]b.

6 Bevegelse med rotasjon

Bumeranger

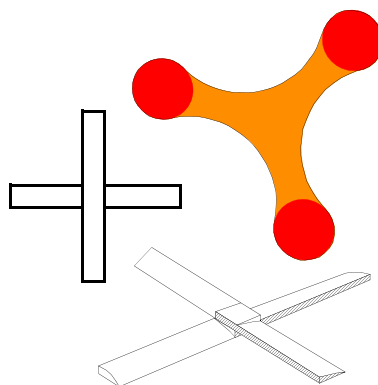
Enkelte ting oppfører seg ganske uventet når de kastes gjennom luften. En slik gjenstand er bumerangen, som er et gammelt jaktredskap som vi finner i mange kulturer, selv om vi vanligvis forbinder det med Australia. Tanken bak var at om bumerangen ikke traff målet, skulle den returnere til den som kastet den. Det er mange måter å lage en kastegjenstand som kommer tilbake på. De trenger ikke nødvendigvis utformes som en tradisjonell bumerang. I det neste eksperimentet skal vi se hvordan vi kan lage en slik.



Eksperiment: 17 Se den kommer tilbake

Til dette eksperimentet trenger du litt tykk kartong, blyant og en saks. Vi kan bruke tegningen i vedlegg A.3 som mal. I **Lag selv: 10** finner du en detaljert beskrivelse av hvordan de forskjellige modellene skal lages. I figuren til høyre er det vist tre ulike modeller.

I midten ser vi den aller enkleste, laget av bare to papprimler som er limt sammen til et kors. Dersom de fire armene bøyes litt ned, vil bumerangen fly godt å komme tilbake til den som kastet den.



Ønsker du å gjøre deg litt mer flid, kan du lage en tilsvarende av balsatre. For å lage denne trengs det balsatre, kniv, sandpapir og lim. Den er utformet som fire flyvinger satt i kors.



Når vi kaster bumerangen, skal den holdes vertikalt og ikke horisontalt som en kanskje skulle tro. Idet den forlater hånda, gis den et raskt spinn. Godt utformede bumeranger kan holde seg i lufta lenge. Den offisielle rekorden for å holde seg svevende, er på nesten 3 minutter. Mens den som gikk i den største sirkelen, fløy hele 238 meter før den returnerte til kasteren etter 22 sekunder.

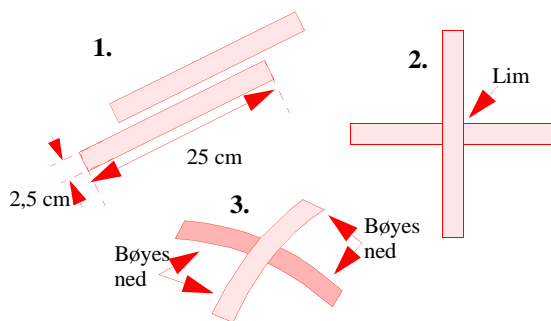
At dette er et meget gammelt jaktredskap, skjønte man da man i 1987 fant en bumerang laget av støttanna til en mammut. Den var ca. 60 cm lang og veide 900 gram og er målt til å være ca. 20 300 år gammel. Navnet bumerang tror man kommer av at da engelskmenn i 1788 så bumerangen kastet av innfødte fra den australske Dharuk-stammen, hørte de at det ble ropt: “boom-my-row”, hvilket betyr: “Kom tilbake stakk”.

Lag selv: 10 Lag bumeranger

Materialer: Tykk papp (0,5–1 mm)
Balsatre (0,5 mm)

Verktøy: Saks
Linoliumskniv
Linjal
Sandpapir
Lim

Alder: Ca. 10 år



Her beskrives tre forskjellige bumeranger:

Variant I, Korsbumerang i kartong

1. Klipp to pappstrimler, 25 cm lange og 2,5 cm brede.
2. Lim de to strimlene sammen slik at de står vinkelrett på hverandre.
3. Bøy vingene på bumerangen litt ned som vist på figuren over.
4. Når du kaster bumerangen, skal du holde den vertikalt og gi den rask rotasjon idet du slipper den.

Eksperimenter med større og mindre bumeranger og hvor mye du bøyer ned vingene. Undersøk sammenhengen mellom størrelsen på buen den flyr i, og størrelsen på bumerangen.

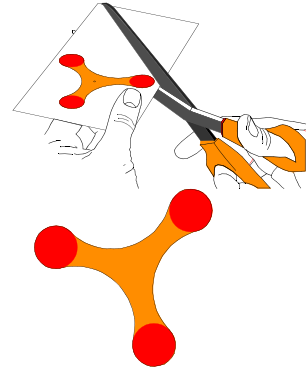
Variant II, Trearmet bumerang i kartong

1. I vedlegg vedlegg A.3 finner du en mal for en trearmet bumerang. Forstørr gjerne opp til A4-format. Overfør bumerangen til tykk kartong (0,5–1 mm) og klipp ut.



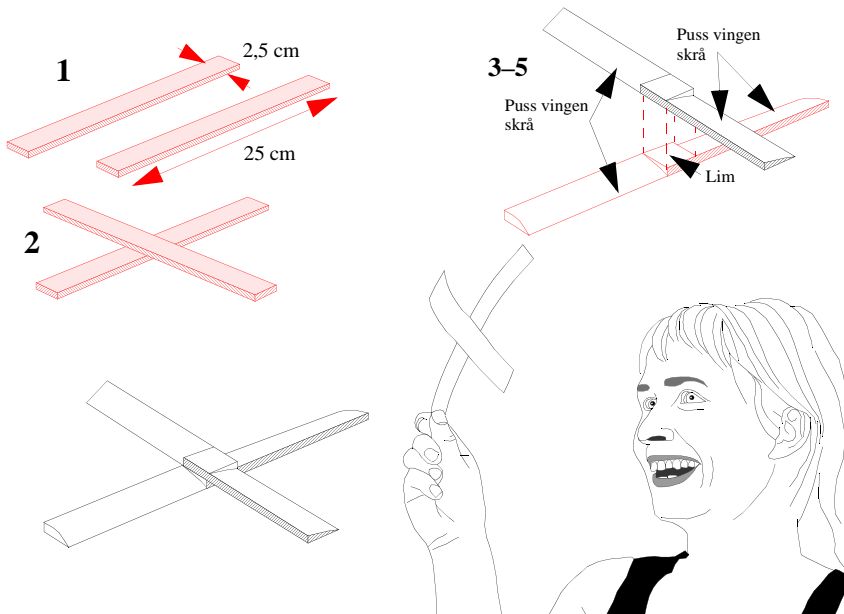
2. Hold bumerangen vertikalt og gi den en rask rotasjon idet den forlater hånda.

Eksperimenter med større og mindre bumeranger. Bruk gjerne en kopimaskin og forstørr malen. Undersøk sammenhengen mellom størrelsen på buen og størrelsen på bumerangen.



Variant III, Korsbumerang i balsatre

1. Tynne flak av balsatre kan kjøpes i enkelte papir- eller hobbyforretninger. Bruk balsatre med en tykkelse på 3–5 mm.
2. Kapp balsatreet opp slik at du får to biter, 25 cm lange og 2,5 cm brede.
3. Finn midtpunktet og avsett et område hvor de to bitene skal limes sammen.
4. Bruk sandpapir og puss vingene skrå som vist på figuren under. Det er viktig at skråen er på rett side av vingen.
5. Lim de to bitene sammen med trelim.



Kast korsbumerangen vertikalt. Eksperimenter med dimensjonene.

Det er også mulig å lage et lite helikopter som drives av håndkraft. Utfordringen med denne modellen er å justere de mange parametrene slik at det holder seg svevende lengst mulig i luften.

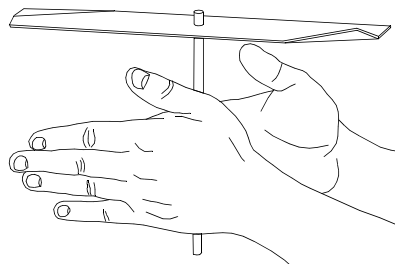


Lag selv: 11 Lag et lite helikopter

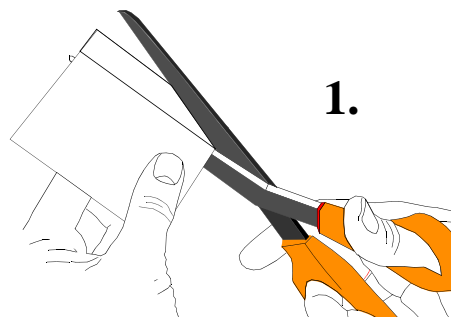
Materialer: Papp
BBlomsterpinne (f.eks. 0,6 mm)

Verktøy: Saks
Smeltelim

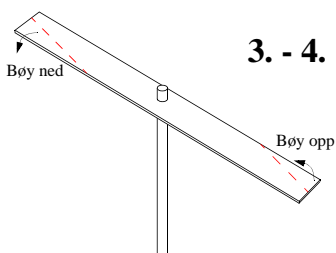
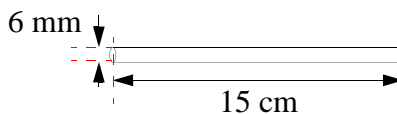
Alder: Ca. 10 år



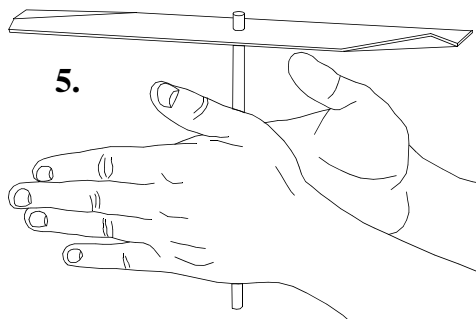
1. Klipp en strimmel på 1,5 - 2 cm bredde og av pappplate, enten langs kortsiden (ca. 21 cm eller langsiden (ca. 30 cm).
2. Kapp 15 cm av blomsterpinnen.
3. Stikk hull i pappstrimmelen og press enden av pinnen gjennom hullet så den akkurat stikker opp. Lim fast om nødvendig.
4. Bøy sidekantene av "propellen" ytterst som vist på figuren.
5. Hold pinnen mellom to flate hender og sett den i kraftig rotasjon før du slipper den fri.
6. Varier:
 - lengden og bredden på strimmelen
 - tykkelsen på pappen
 - formen på "propellen", bøyning av kantene
 - lengden av pinnen
 finn den varianten og teknikken som gjør at den holder seg svevende lengst.



2.



3. - 4.



5.



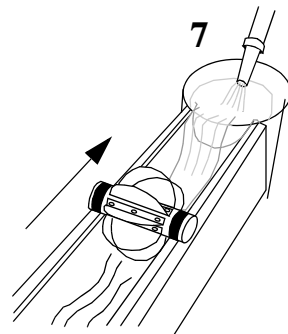
7 Fra en bevegelse til en annen bevegelse

Dette prinsippet har gjennom mange år vært benyttet ved våre vassdrag hvor en har latt bevegelsesenergien hos vann utføre et arbeid ved elva. Vi kan nevne kverner for maling av korn, sagbruk hvor oppgangs- og sirkelsaga har vært benyttet for oppdeling av tømmer til planker og annen bearbeiding av treverk. I det neste eksperimentet skal vi vise hvordan vi kan lage en morsom og annerledes variant av en kvernkall.

Eksperiment: 18 Kvernkall mot strømmen

I dette eksperimentet skal vi lage en kvernkall som kan drive seg selv oppover ei renne. Til eksperimentet trengs en rundstav, stiv plast, tape, stifter eller skruer, en 1,5 meter takrenne og litt enkelt håndverktøy. Se **Lag selv: 12** nedenfor for detaljert byggebeskrivelse.

Når kvernkallen legges i takrenna som fører vann, vil skovlene drive den rundt slik at den føres motstrøms opp langs renna.



Dersom skovlene er godt tilpasset renna og den ikke er for bratt, vil vi se at kvernkallen triller oppover mot strømmen. Flere kan også konkurrere om å lage den mest effektive kvernkallen, som enten går forrest opp renna eller som klarer å forser den bratteste "motbakken". Figuren under viser hvordan en så for seg et transportmiddel bygget på dette prinsippet. Bildet er hentet fra februarnummeret av Scientific American 1877⁷.



Lag selv: 12 Lag en kvernkall mot strømmen

Materialer: En rundstav (16 cm lang med diameter 3,2 cm)
Plast, for eksempel fra isboks
Stifter eller skruer
Isolasjonstape ev. tykk dobbelsidig tape
1,5 meter takrenne helst metall (stødigere enn plast)

Verktøy: Sag
Saks

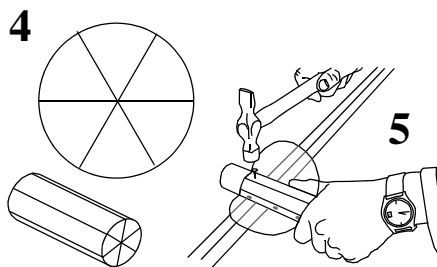
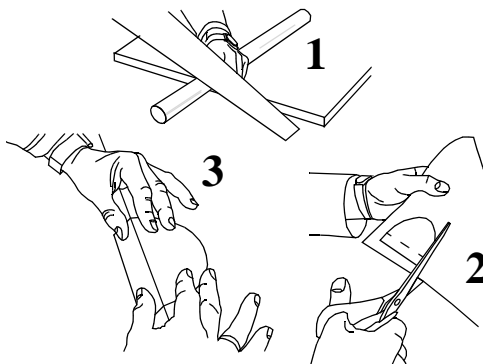
7. Se også <http://www.rarenewspapers.com/viewissue.aspx?ID=151955>.



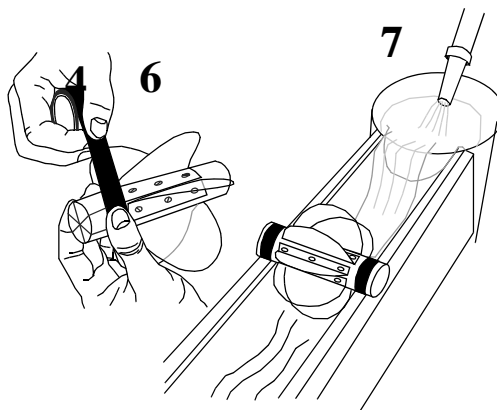
Hammer eller skrutrekker

Alder: Ca. 12 år

1. Kapp en rundstav med diameter på 3,2 cm i en lengde av 16 cm. Legg et lag isolasjonstape rundt staven, da tåler den bedre vann.
2. Lag seks skovler av plast (for eksempel fra en isboks). Bruk malen nederst på siden til å tegne omrisset over på plasten. Eventuelt tilpass formen etter takrenna. Klipp ut plastskovlene.
3. Skovlene skal bøyes i rett vinkel langs den stippled linja. Dette gjøres enklest langs en bordkant eller i en skrustikke. Stikk hull i plasten for spikerfestet.
4. Merk av hvor skovlene skal festes til rundstaven, bruk malen til høyre. Trekk streker langs staven.
5. Skovlene festes til rundstaven med stifter med stort hode, eller skruer. Legg rundstaven an mot en benk når stiftene slås inn.



6. Om kvernkallen glir, legg dobbelsidig tape rundt endene av rundstaven. Dette vil øke friksjonen.
7. Legg en takrenne på skrå og tilfør vann øverst fra en bøtte. La en hageslange tilføre vann til bøtta. Legg kvernkallen nederst i renna. Renna kan også legges i eller ved siden av en bekk.



Dersom skovlene er godt tilpasset til renna og den ikke er for bratt, vil kvernkallen triller oppover mot strømmen. Flere kan også konkurrere om hvilken kvernkall som går fortest opp renna eller som klarer å forsere den bratteste helningen.



8 Referanser

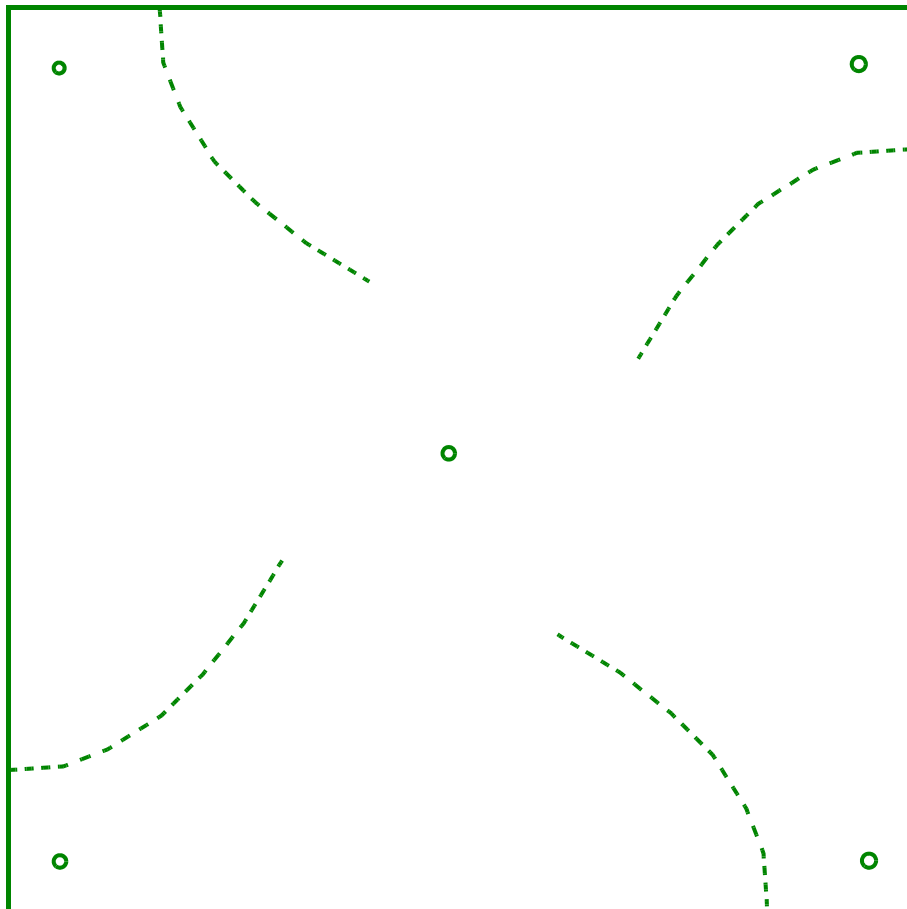
- [1] Illustrert vitenskap, Nr. 13, 2006
- [2] Andersen, Øgrim, *Fysikkforsøk*, Cappelen 1979
- [3] **Sykloide:**
 - a) <http://fag.grm.hia.no/fagstoff/perhh/htm/fag/FYSIKK/FF0300/sim/k09/cycloide.htm>
 - b) <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/PrintHT/Brachistochrone.html>



Vedlegg A Kopieringsmaler

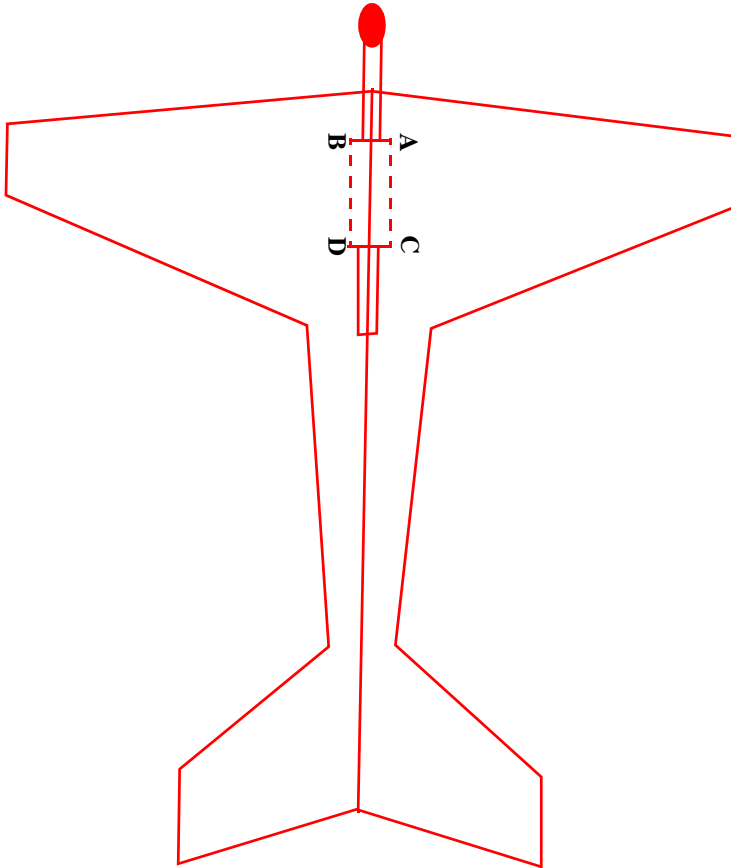
A.1 Mal til lita vindmølle

Forstørr til A4-format.



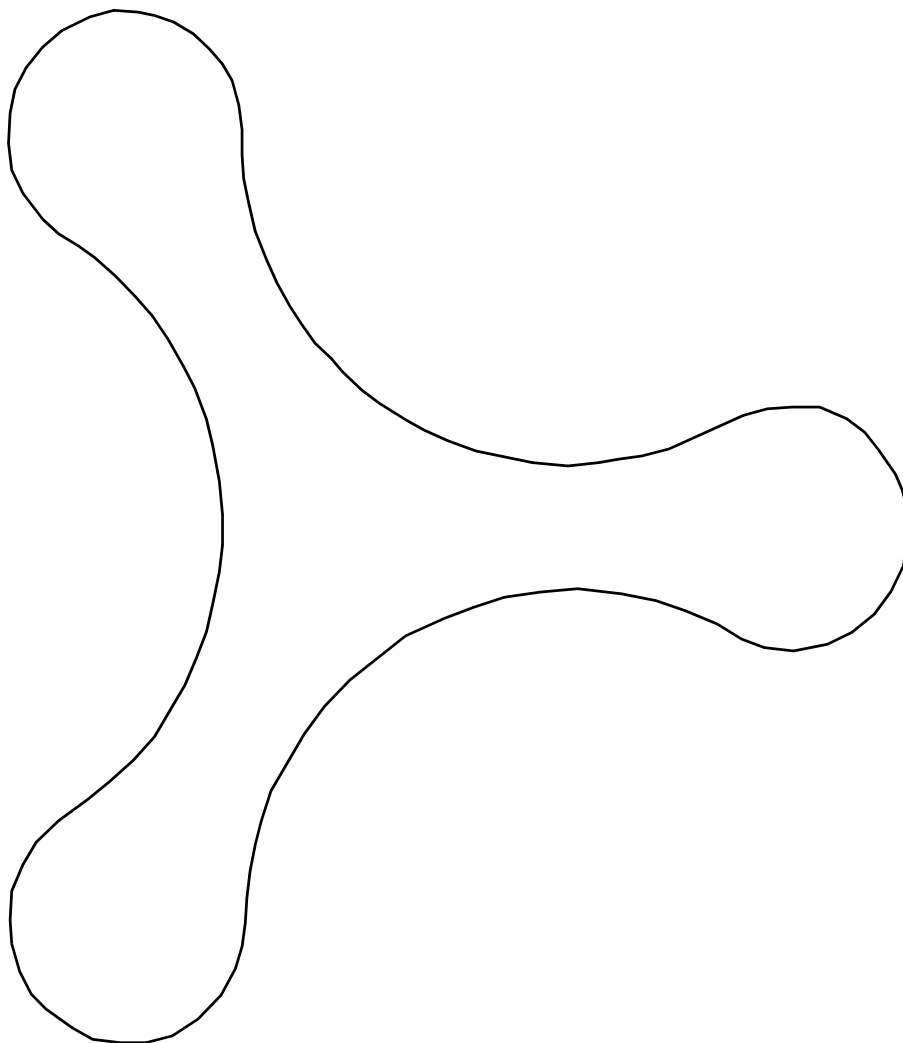


A.2 Mal til papirfly



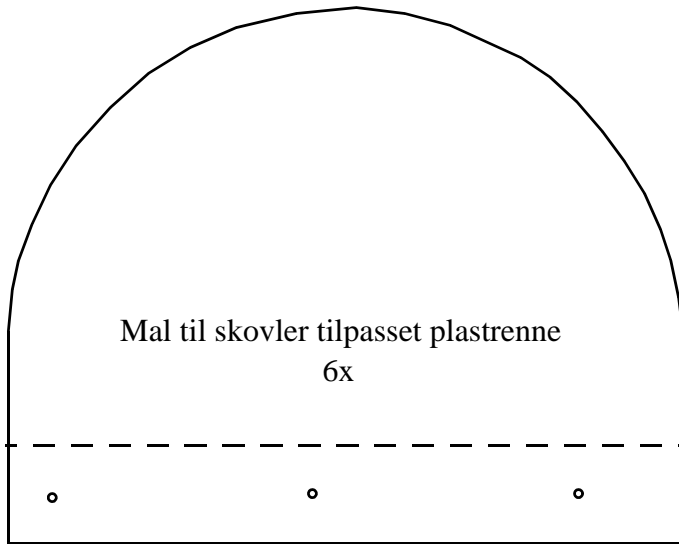


A.3 Mal til bumerang





A.4 Mal til motstrøms vannhjul





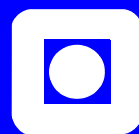
Heftet er en samling enkle forsøk som egner seg for bruk i grunnskolen. Innholdet er i sin helhet hentet fra Vitensenterets kursbok til kurset *Eksperimenter mer*, som er en samling ideer som er hentet fra ulike steder, samlet og illustrert på nytt.

En viktig inspirasjonskilde har vært **Ed Sobey** (Global Evangelist for Creative Learning – Northwest Invention Center) som har gjort det til en profesjon å lage åpne oppgaver som er slik at deltagerne, enten det er voksne eller barn, drives fram av målsetning. Oppgavene kan være av typen: *Lag en luftdrevet farkost som beveger seg lengst mulig, eller lag en innretning som holder seg svevende lengst mulig o.l.*

Heftet er satt sammen for bruk under kurset Teknologi og entreprenørskap del 2, som ble holdt ved Skolelaboratoriet skoleåret 2007/08 for 6 lærere fra grunnskolen. Den komplette boka *Eksperimenter mer* vil forhåpentligvis bli utgitt av Tapir akademisk forlag i løpet av våren 2008.

Nils Kr. Rossing

Universitetslektor ved Skolelaboratoriet ved NTNU
og prosjektleder ved Vitensenteret
E-post: nils.rossing@plu.ntnu.no



Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi