

Tema: Ballondrift

Baggrund

Den store fordel ved at bruge balloner til transport er at man i modsætning til fly, ikke behøver energi for at få dem til at lette. Desuden kan de ofte lette og lande steder hvor det er vanskeligt at komme med flyvemaskiner. Dette gør dem interessante fx i forbindelse med naturkatastrofer hvor man skal frem i områder, hvor der ikke er anlagt landingsbaner.

I nogle forsøg skal vi undersøge løfteevnen af forskellige ballontyper, og ud fra disse måleresultater kan vi vurdere størrelsen af en ballon som skal kunne løfte en given vægt.

I praksis anvender man to forskellige ballontyper, en gasballon og en varmluftsballon; det er umiddelbart nemmest at måle på gasballoner, selv om man også sagtens kan få en varmluftsballon i luften.

Inden man begynder på ballonforsøgene skal man være opmærksom på en række sikkerhedsmæssige forhold:

Gasballoner

En gasballon vil kunne svæve hvis gassen har en densitet som er lavere end luftens. Derved kan man anvende gasser som hydrogen, helium og ammoniak.

Hydrogen giver den bedste løfteevne, men bruges normalt ikke i store balloner da gassen er meget brændbar – noget som fik tragiske konsekvenser da det store luftskib Hindenburg brændte i 1937.



Figur 1. Luftskibet Hindenburg styrter brændende til jorden den 6. maj 1937 i New Jersey, USA. Photo by Arthur Cofod Jr., photo courtesy of the United States Air Force.

Hvis man laver forsøg med små gasballoner med hydrogen, skal man sikre sig at der ikke er åben ild og brandbare materialer i nærheden.

Helium er ikke brandbart, men det er til gengæld meget dyrere end hydrogen.

Ammoniak er også billigt, men ikke så egnet da det lugter kraftigt. Løfteevnen er heller ikke så god som for de to andre gasser.

Varmluftsballerer

Denne ballontype fungerer ved at en brænder opvarmer luften inde i ballonen. Da varm luft har en mindre densitet end kold luft, vil ballonen kunne svæve.

I modelforsøg kan man anvende brændende sprit i en lille skål af aluminiumsfolie, og selve ballonen kan fx laves i let silkepapir. Dette giver dog en vis risiko for at papiret bliver antændt – derfor skal man sikre sig at ballonen ikke kan drive over mod brandbare materialer som gardiner og tøj; mere specifikt må man absolut ikke lade ballonen svæve frit ud i landskabet. Man kan undgå en utilsigtet drift ved at tøjre ballonen med flere tråde fx af kobber (som ikke kan brænde). Vi vil ikke her give nøjere anvisninger til bygning af varmluftsballoner – dem kan man finde mange andre steder; men den angivne ballonformel i teoriafsnittet kan bruges til at udregne opdriften af begge ballontyper.

Forsøg – Opdrift af en gasballon

Formål

Vi ønsker at måle opdriften på en tøjret gasballon. Desuden vil vi finde sammenhængen mellem ballonens volumen og opdriften.

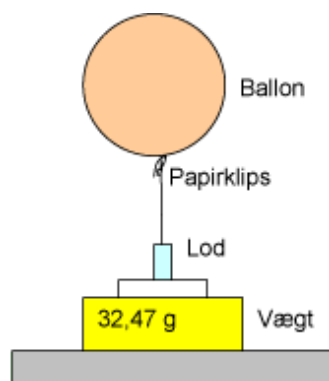
Materialer

En almindelig ballon (rund type), et lod (50 g), snor, vægt, hydrogen fra trykflaske, lineal, papirklips.

Fremgangsmåde

Forsøget udføres sammen med en lærer der kan betjene trykflasken med hydrogen.

1. Lav et tøjringssystem ved at binde snorens ene ende til loddet og den anden ende til papirklipsen.
2. Lav med klipsen et lille hul i ballonen så tæt ved studsens som muligt. Ballonen kan nu tøjres ved at anbringe klipsen i dette hul.
3. Nulstil vægten og anbring den slappe ballon på denne sammen med lod, snor og klips. Aflæs massen, m_0 .
4. Fyld lidt hydrogen i ballonen; tøj denne med klipsen og anbring ballonen på vægten. Ballonen behøver ikke at svæve. Aflæs atter massen, m .
5. Med linealen måles ballonens diameter – ud fra denne måling skal I finde ballonens volumen; overvej hvorledes volumen findes hvis ballonen ikke er helt rund.
6. Lav en måleserie på ca. 5 målinger hvor I gradvist fylder mere og mere hydrogen i ballonen. Mål hver gang masse og diameter.



Figur 2.

Efterbehandling

1. Lav en tabel med følgende kolonner: diameter, volumen og masse.
2. Lav en graf – gerne i et regneark – med masse som funktion af volumen.
3. Hvis det ser fornuftigt ud, indlægger I en ret linie og finder evt. et udtryk for sammenhængen mellem masse og volumen.
4. Sammenlign evt. jeres målinger med teorien – se det følgende afsnit.
5. Vurdér hvilke fejlkilder der er i forsøget.

Det er muligt at jeres ballon ikke kan løfte loddet. Brug resultaterne til at finde ud af hvor stor ballonen skal være hvis den skal kunne svæve med loddet.

Jeres resultater kan også ekstrapoleres, så I kan beregne størrelsen af en ballon der skal kunne løfte en person på fx 80 kg.

Teoretisk løfteevne af balloner

Man kan beregne massen af den tøjrede ballon ved følgende udtryk ('ballonformlen') der umiddelbart ser lidt kompliceret ud, men som i praksis er let at bruge:

Ballonens samlede masse i gram:

$$m_{ballon} = m_0 - \left(\frac{P_u \cdot M_u}{T_u} - \frac{P_i \cdot M_i}{T_i} \right) \cdot \frac{V}{R}$$

I udtrykket refererer et indeks 'u' til luften udenfor ballonen, mens et indeks 'i' refererer til gassen inde i ballonen.

Symbolerne har følgende betydning:

m_0 = ballonens dødvægt i g, dvs. massen af selve ballonen, klips, snor, lod osv. (men luftens masse inde i ballonen er ikke medregnet).

P = luftens tryk målt i atm. I vores forsøg kan man som udgangspunkt sætte luftens tryk til 1 atm både inden for og uden for ballonen.

T = temperatur målt i K (se evt. Oplev naturvidenskaben side 26 for definition af Kelvinskalaen).

V = ballonens volumen målt i L.

R = Gaskonstanten = 0,082.

M = Massen af gasmolekylerne målt i enheden u ('unit'), $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.

Den sidste værdi finder man i 'Det periodiske system' eller i en tabel over atommasser.

Fx finder man værdien 1,008, hvis man slår op under hydrogen (H). Da hydrogen har den kemiske formel H_2 , bliver $M = 2 \cdot 1,008 = 2,016$.

Note: Formlen er udledt under antagelse af at selve ballonen er væsentlig større end lod, papirklips og andre monterede genstande.

Eksempel

Vi kan prøve at se et eksempel på hvad massen af en given gasballon med hydrogen er.

Vi antager følgende værdier:

Ballonens egenmasse: $m_0 = 50 \text{ g}$

Temperatur: $T_u = T_i = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$

Tryk: $P_u = P_i = 1 \text{ atm}$

Masse af molekyler: $M_u = 29$ (luften består af ca. 79 % N_2 og 21 % O_2)

$M_i = 2$

Volumen: $V = 1,5 \text{ L}$

Samlet masse af ballon når opdriften medregnes:

$$m_{\text{ballon}} = m_0 - \left(\frac{P_u \cdot M_u}{T_u} - \frac{P_i \cdot M_i}{T_i} \right) \cdot \frac{V}{R} = 50 \text{ g} - \left(\frac{1 \cdot 29}{293} - \frac{1 \cdot 2}{293} \right) \cdot \frac{1,5}{0,082} \text{ g} = 48,3 \text{ g}$$

Denne ballon vil altså ikke kunne svæve.

Hvis I ønsker at finde ud af hvor stor ballonen skal være for at kunne svæve, skal I sætte $m_{\text{ballon}} = 0$ og derefter udregne V .

Brug det givne udtryk til at udregne de forventede værdier for massen af ballonen i forsøget, og sammenlign med jeres egne målinger (sammenlign evt. graferne i samme koordinatsystem). Hvis I ønsker at bruge formlen for varmluftsballoner, er $T_i > T_u$, mens $M_i = M_u = 29$ (hvis der er almindelig luft i ballonen). Dermed ser man umiddelbart at den samlede masse bliver mindre end ballonens egen dødvægt.