## Opdrift i vand og luft

##### Formål

I denne øvelse skal vi studere begrebet *opdrift*, som har en version i både en væske og i en gas. Vi skal lave et lille forsøg, som demonstrerer opdriften af et lod i noget vand samt et andet lille forsøg, hvor vi demonstrerer opdrift som værende det bærende prin­cip i en varmluftsballon.

##### Apparatur til forsøg 1

Fremskaf et dynamometer, et måleglas og et cylinderformet aluminiumslod.

##### Volumen af lod

Bestem loddets *volumen* *V* ved at nedsænke loddet i vand og se hvor meget vandstanden øges. Bestem også loddets volumen på en anden måde: ved at måle højde og diameter med en lineal og be­nytte volumen­form­len for en cylinder: . Hvad er mest nøj­ag­tigt tror du? Skriv den bedste værdi for volumenet i feltet nedenfor:

|  |  |
| --- | --- |
| Volumen: *V* = |  |

##### Masse af lod

*Massen* af en genstand kan som bekendt bestemmes ved at veje genstanden på en vægt. Hvis man kender *massefylden* ρ og volumenet *V* af en genstand, kan man også beregne massen *m* efter formlen: . Vej loddet på en vægt og skriv massen i feltet:

|  |  |
| --- | --- |
| Loddets masse:   |  |

Prøv også at beregne loddets masse via volumenet overfor samt den ekstra oplysning, at massefylden for aluminium er 2700 kg/m3. Får du nogenlunde samme værdi, som ved at veje loddet?

##### Massen af loddet, hvis det bestod af vand

I denne opgave skal du forestille dig, at metallet i loddet er fjernet og erstattet af vand. Vi skal finde massen  af det nye lod, der består af vand. Meningen med den lidt mærkelige betegnelse vil fremgå senere. Da vi ikke kan lægge ”vandloddet” på vægten og veje det, er du nødt til at beregne det ved hjælp af formlen . Hvad er massefylden for vand? Skriv den beregnede værdi for massen i feltet:

|  |  |
| --- | --- |
| Massen af det fortrængte vand:   |  |

##### Tyngdekraften på loddet

*Tyngdekraften* på en genstand fås ved at gange genstandens masse med *tyngde­ac­ce­le­­rationen* : . Beregn tyngdekraften på aluminiumsloddet og skriv det i feltet nedenfor. Enheden er N (Newton).

|  |  |
| --- | --- |
| Tyngdekraften på loddet:   |  |

##### Tyngdekraften på det fortrængte vand

Beregn tyngdekraften  på ”vandloddet” på samme måde som ovenfor og skriv det i feltet herunder.

|  |  |
| --- | --- |
| Tyngdekraften på den fortrængte vand:   |  |

##### Begrebet opdrift

Når et legeme befinder sig i en væske, så vil den omkring­lig­gen­de væske påvirke le­ge­met med en opad rettet kraft. En af alle tiders største naturvidenskabelige genier var *Archi­me­des* fra *Syra­­cus* (287 f. Kr. – 212 f. Kr.). Han opdagede den lov, som i dag går under navnet *Archimedes’ lov*:

|  |
| --- |
| *Opdriften på et legeme nedsænket i en væske er lig med tyng­den* (*= tyngdekraften*) *af den fortrængte væske*. |

Archimedes lov’ har også en version, når mediet er en gas:

|  |
| --- |
| *Opdriften på et legeme, der befinder sig i en gas, er lig med tyngden af den for­trængte gasmængde*.  |

Internetsiden <http://www.mcs.drexel.edu/~crorres/Archimedes/contents.html> indehol­der en fremragende beskrivelse af Archimedes’ bedrifter.

##### Opdriften beregnet

Den har du faktisk allerede udregnet, for Archimedes’ lov siger, at opdriften  på et legeme nedsænket i vand er .

##### Opdriften målt

Næste punkt er at måle opdriften og se, om den stemmer pænt overens med den be­reg­nede. Du skal her bruge et dynamometer (kraftmåler) til at få en god værdi for opdriften på et metal­lod: Mål den kraft , som dynamometeret viser, når loddet hænger frit ned i luf­ten fra dynamoteret. Mål dernæst den kraft , som dynamometeret viser, når loddet er nedsænket i vand fra dynamometeret – så loddet er helt under vand og ikke rører bun­den! (se figur 1). Da er  en god værdi for opdriften . Ud­fyld fel­terne:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |   |  |  |  |

###### Figur 1



På ovenstående to figurer har vi indtegnet de kræfter, som virker på loddet henholdsvis i luft og vand, når dynamometeret *ikke* er påmonteret, samt de *samlede* kræfter, som fås ved at lægge de enkelte kræfter sammen (med fortegn). Det er de samlede kræfter, som dy­na­mometeret måler, når det påmonteres.

##### Bemærkning

Principielt er der en lille fejl på figuren til venstre. Kan du se, hvad det er? Fejlen vi begår er dog så lille at vi kan se bort fra den – den drukner i måleusikkerheden.

#### Lidt ekstra teori

På figuren til højre er et metallod og en kork­prop med samme volumen *V* tænkt ned­sæn­ket i noget vand. Du skal argumentere for, hvor­­for op­drif­ten på metalloddet og opdriften på kork­prop­pen er lige store? Dette er illu­stre­­ret ved, at de to op­ad ­rettede pile på ob­jek­terne er lige lange! Deri­mod er *tyngde­kræf­terne*  og  på ob­jek­­ter­­ne for­skel­­lige, illu­stre­ret med pile med forskellig længde. Vi har nemlig  og me­tal­­­­­­lod­­det har som bekendt en større masse­fyl­de end korkproppen! Den *samlede kraft* fås ved at medregne alle de kræfter, som vir­ker på objektet:

(1) 

Hvis  er positiv, vil objektet stige op, hvorimod det vil falde til bunds, hvis  er negativ. Ifølge (1) vil objektet altså stige op, hvis  og falde til bunds, hvis , fuldstændigt som vi vil forvente det. Men opdriften på de to objekter er altså lige store!!!



##### Apparatur til forsøg 2

En stor plastikpose bestående af ultra tynd plastik, en hårtørrer og små lodder eller stål­tråd, evt. tape.

##### Opdrift i luft

Anvend en helst stor plastikpose bestående af ultra tynd plastik. Klæb den sammen, even­tuelt ved at smelte den sammen med en hårtørrer eller sørg på anden måde for, at der kun er en lille åbning forneden i posen. Man skal kunne få hårtørreren op gennem hullet. Pas på, at hårtørreren ikke bliver over­op­hedet! Registrer, at ballonen stiger til vejrs! Prøv eventuelt at se, hvor meget ballonen kan laste – fx ved at anvende små stykker ståltråd.



#### Regn på en varmluftsballon

#### *Forskellige størrelser*

 Massen af luften i ballonen, mens luften stadig ikke er opvarmet – altså har samme temperatur som den omgivende luft.

 Massen af luften i ballonen, når den er opvarmet.

 Massen af selve ballonen., uden luft i.

 Den maksimale masse, varmluftsballonen kan bære, uden at falde ned.

*V* Ballonens volumen.

 Temperaturen af den omgivende kolde luft.

 Temperaturen af den varme luft i ballonen.

 Antal mol luftmolekyler i ballonen, når luften er kold.

 Antal mol luftmolekyler i ballonen, når luften er varm.

*M* Molarmassen af atmosfærisk luft.

 Opdriften i ballonen.

 Massefylden af den kolde luft.

 Massefylden af den varme luft.

#### Opgaver

I de følgende beregninger vil vi gå ud fra, at når vi opvarmer luften i ballonen, så bliver temperaturen i ballonen overalt den samme (*T*v), og udenfor overalt den samme (*T*k).

a) Er denne antagelse helt realistisk i praksis? (Diskutér)

Det oplyses, at atmosfærisk luft består af ca. 78% kvælstof (N2), ca. 21% ilt (O2) og ca. 1 % argon (Ar).

b) Bestem molarmassen *M* for atmosfærisk luft ved at udregne det *vejede gennemsnit* af de enkelte molekyltypers molarmasser (vægt med de relative fore­komster).

Lad os i det følgende antage, at vi vil lave en varmluftsballon af en stor affaldspose af hyper­let plastik med volumenet 75 liter og massen 7,4 gram. Idealgasligningen kan be­nyt­tes til at udregne, hvor mange mol luftmolekyler, der er i ballonen, når luften er uop­varmet ved 20°C henholdsvis opvarmet ved 90°C.

(2)  (Idealgasligningen)

hvor *p* er trykket målt i Pa (Pascal), *V* er volumenet, *n* er antal mol stof i ballonen, *T* er tem­peraturen i Kelvin (læg 273 til Celsius-temperaturen) og *r* er den såkaldte *gas­kon­stant*, der har værdien **. ”Almindelig” tryk ved jordoverfladen er 1 atmosfære eller 101325 Pa. Molarmassen *M* angiver, hvor meget 1 mol af stoffet vejer. Massen *m* fås derfor ved at gange molarmassen med antallet af mol:

(3) 

c) Bestem  og  ved hjælp af idealgasligningen. *Hjælp*: Isoler *n*.

d) Beregn  og  vha. b) og (3).

e) Find ballonens opdrift . Husk Archimedes’ lov!

f) Bestem ballonens maksimale nyttelast .

 (*Hjælp*: Hvilke kræfter virker nedad og hvilke kræfter virker opad?)

g) Hvad er massefylden af den kolde og den varme luft ( og )?