

Atmosferische druk

De Maagdenburgse halve bollen.

Otto Von Guericke, burgemeester van Maagdenburg van 1646 tot 1676 bewees met een eenvoudig experiment dat de lucht rondom ons een niet te onderschatten druk uitoefent.

Onderzoeksvragen :

- Hoe ging hij te werk?
- In welke omstandigheden en waarom deed hij dit experiment?

Het is gemakkelijk in klasverband uit te voeren met ander eenvoudig materiaal.

Materiaal:



Twee zuignappen in silicone (of twee vlakke deksels in silicone of twee gootsteen ontstoppers met handvat)

Werkwijze :

Plaats de beide zuignappen tegen elkaar en probeer ze weer uit elkaar te trekken.

Waarneming :

Zolang er geen verbinding is tussen de atmosfeer en de ruimte tussen de zuignappen, kunnen we de zuignappen niet uit elkaar trekken.

Belang van het effect van de atmosferische druk.

Materiaal :



Een zuignap in silicone



Een voorwerp van ongeveer 2 kg, met een glad oppervlak
(bv. een opbergdoos in plastic met deksel en gevuld met water of zand)



Eventueel, indien nodig, twee stukjes touw van ongeveer 20 cm



Een groot blad krantenpapier.



Een regel of lat van ongeveer 50 cm.

Werkwijze :

- Leg de lat op de tafel zodat de helft op het tafelblad rust
Leg op deze helft het groot blad krantenpapier.
Duw hard op de andere helft van de lat die over de tafel uitsteekt om deze als hefboom te gebruiken. Onmogelijk de krant op te tillen!
- Plaats de zuignap in silicone op het gladde oppervlak van het object van 2 kg en probeer het op te tillen.
Eventueel de touwtjes rond de schroef van de zuignap vastmaken. (de knopen zodanig dat de touwtjes recht tegenover de schroef komen en dat het gewicht horizontaal hangt). Waak er over dat de zuignap zich boven het massamiddelpunt van het voorwerp bevindt.

- c. We kunnen nog verder gaan als we de zuignap aan een touw bevestigen zoals hierboven beschreven. Laat het voorwerp dan heen en weer bewegen.

Verklaring:

De atmosferische druk is ongeveer gelijk aan 100 000 Pa.

Het blad uit de krant is ongeveer 1 m² groot.

$F = p \cdot A = 100\,000\text{ Pa} \times 1\text{ m}^2 = 100\,000\text{ N}$ (komt overeen met 10 ton opheffen!)

2

In het geval van de doos, is de druk uitgeoefend op het deksel ook 100 000 Pa, maar de oppervlakte is slechts ongeveer 12,5 cm² = 0,00125 m².

De kracht nodig om het deksel los te maken is dus 100 000 Pa x 0,00125 m² = 125 N.

Met de zuignap kunnen dus objecten met een massa kleiner dan 12 kg opgetild worden.

Maagdenburgse bollen

Materiaal:



Hand vacuümpomp met dop

De Maagdenburgse halve bollen

De fitting voor het bevestigen van de halve bollen
aan een vacuümpomp.



Werkwijze:

Een van de halve bollen heeft een handvat; de andere een mondstuk met een klep, die door middel van de fitting aan een pomp kan worden bevestigd. Plaats de twee halve bollen boven elkaar, zonder de rubber ertussen te vergeten. Schroef de fitting vast.

Steek de dop in de opening van de fitting. Zuig met behulp van de handpomp een deel van de lucht uit de halve bollen.

Na ongeveer vijftien slagen is het erg moeilijk om de twee hemisferen te scheiden.

Wat moet je weten?

Door een deel van de lucht in de hemisferen te verwijderen, wordt de druk van de lucht in de bol lager dan de atmosferische druk. Druk is een kracht per oppervlakte-eenheid. Het verschil in luchtdruk is de oorzaak van deze moeilijkheid bij het scheiden van de hemisferen.

Op de site www.scienceonstage.be, vind je een video waarin een meisje aan een hefboom hangt om de Maagdenburgse halve bollen met een straal van 5 cm ($A \approx 80\text{ cm}^2$) (zoals die in de klas), van elkaar los te maken.

Atmosferische druk = 1000 hPa.

$F = P \cdot A = 100000 \times 0,0080 = 800\text{ N}$

Atmosferische druk en hoogte

De atmosferische druk is het gevolg van het gewicht van de lucht uitgeoefend op de aarde. Naargelang we hoger en hoger klimmen, vermindert de luchtdichtheid en dus ook de luchtdruk.

Doel van de proef :

De atmosferische druk als functie van de hoogte bestuderen.

3

Werkwijze:

Alpinisten hebben meetspuiten van 60 mL, voorzien van hun Luer-slot meegenomen op hun tocht naar boven. Op verschillende hoogten, die ze nauwkeurig noteerden op de zuiger, trokken ze aan de zuiger om 60 mL lucht op te zuigen. Dan werd de spuit afgesloten met het Luer-slot.

Alle spuiten zijn teruggebracht naar België, en voor de veiligheid zijn de afsluitdoppen met plakband vastgemaakt.

We stellen vast dat de zuiger van de meetspuiten naar binnen getrokken is.

De spuiten werden elk afzonderlijk gefotografeerd en opgeslagen in een bestand.

Op het moment van de foto was de atmosferische druk gelijk aan 1000 hPa, de hoogte 150 m.

Vraag : Waarom is de zuiger naar binnen getrokken?



Materiaal :



Een serie foto's van spuiten teruggebracht naar België

Een rekenmachine

Een barometer

Opdrachten :

- lees het volume lucht in alle gefotografeerde spuiten en maak een tabel van het volume in functie van de hoogte aangegeven op de zuiger.
- Lees atmosferische druk in het labo af.
- Bereken de waarde van de atmosferische druk bij de verschillende hoogtes.
- Teken de grafiek van de atmosferische druk als functie van de hoogte.
- Tijdens de uitvoering van het experiment, varieerde de temperatuur in de bergen tussen 10 °C en 20 °C.

In het labo varieert de temperatuur tussen 20 °C en 25 °C.

Beïnvloedt de temperatuur de resultaten? Leg uit.

In de praktijk kan aangetoond worden dat de atmosferische druk een exponentiële functie is van de hoogte. Het verband ziet eruit als volgt:

$$p = p_0 \cdot e^{\frac{-M \cdot g \cdot h}{R \cdot T}}$$

met M = de molaire massa van het gas, R de ideale gasconstante en T de absolute temperatuur van het gas op die hoogte.

Bereken de waarde van de druk bij de verschillende hoogtes en vergelijk met de resultaten bekomen met de spuiten.

			
1500 m	1910 m	2317	2485
			
2940 m	3480 m	3842 m	4100 m

"Onderdruk"

Met zijn beroemd experiment met een ton, toonde Pascal aan dat de druk in een vloeistof zich in alle richtingen met dezelfde intensiteit voortplant. Geldt dit ook in lucht ?

Materiaal:



Een stukje voile (of een stukje nylonkous)



Een elastiekje



Een erlenmeyer (of een vat waarvan de wanden niet evenwijdig zijn met de as van het vat)



Een bad



Een stuk karton dat een beetje groter is dan de opening van de erlenmeyer



Water



Een ander, willekeurig vat (om te gieten)

Werkwijze :

a. Het vat en het karton. (heel bekend experiment)

- ✓ Giet het water in de erlenmeyer en leg het karton op de opening.
- ✓ Houd het karton met de vingers op zijn plaats en draai de erlenmeyer om (boven het bad – je weet maar nooit !)
- ✓ Laat het karton los en observeer wat er gebeurt
- ✓ Giet het water uit de erlenmeyer.

Enkele vragen :

Moet het vat cilindrisch zijn?

Moet het vat vol zijn?

Wat gebeurt er als je het vat schuin houdt? Leg uit.

b. Het vat en het stukje voile.

- ✓ Span het stukje voile met het elastiekje over de opening van de erlenmeyer.
- ✓ Houd de erlenmeyer boven het bad.
- ✓ Giet met het andere vat water door de stof in de erlenmeyer. (de erlenmeyer moet niet vol zijn)
- ✓ Draai de erlenmeyer in één ruk om boven het bad, zodat de opening horizontaal is
- ✓ Observeer.



Opmerking :

Enkele druppels water kunnen ontsnappen door de stof. Daarna, niets meer.

Waarom blijft het water in de erlenmeyer?

Kookpunt van het water.

Materiaal:



- Hand vacuüm pomp met dop
- Een glazen fles (b.v fles voor koffiemelk) waar de dop op past.
- Een thermometer of een temperatuursensor
- Een elektrische waterketel of een kookplaat met een beker
- Water
- Silicone beschermende handschoenen tegen hitte

6

Werkwijze en waarneming:

Verwarm het water in de ketel; controleer de temperatuur van het water.

Wanneer het ongeveer 75 ° C bereikt, vul de glazen fles 3/4 vol met het warm water. Meet opnieuw de temperatuur van het water in de fles.

Houd de fles vast met de siliconenhandschoen. Verwijder de thermometer en plaats snel de dop met de vacuümpomp op de fles. Zuig de lucht uit de fles.

Je merkt dat het water blijft koken. Pomp nog een paar keer.

Dan, zelfs na het stoppen, zal je zien dat het water blijft koken en niet alleen aan de oppervlakte.

Het water kan dus bij een temperatuur onder 100 ° C koken.

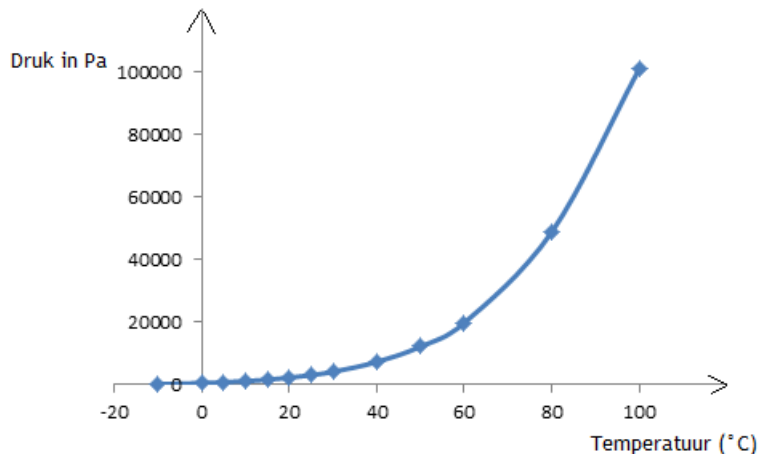
Uitleg:

Door de druk op het vloeistofoppervlak te verminderen, kan het water in de vloeistof verdampen.

De bellen die zich in de vloeistof vormen, bevatten waterdamp, op de grens van verzadiging. Zodra de druk wordt verhoogd, wordt de stoom gedwongen te condenseren en dus weer vloeibaar te worden.

De druk die overeenkomt met deze limiet wordt verzadigingsdampdruk genoemd.

De verzadigingsdampdruk is een functie van de temperatuur: hoe lager deze is, hoe lager de druk.



Door de druk op het vloeistofoppervlak te verminderen, vermindert het de druk die in de vloeistof wordt uitgeoefend (het principe van Pascal) en bijgevolg de kooktemperatuur.

Experiment van Franklin.

Materiaal:



Al het materiaal van het vorige experiment.

Een groot vat (b.v. een emmer)

Een kleine vat (gieter, beker...)

Werkwijze en waarneming:

Herhaal het vorige experiment.

Houd de fles schuin met de handschoen. Giet koud water in de buurt van de hals van de fles.

Het water blijft koken.

Blijf de hals van de fles afkoelen.

Van zodra je de fles zonder beschermende handschoen kan vasthouden, terwijl het water blijft koken, bepaal je de temperatuur van het water in de fles na het verwijderen van de dop.

Het is mogelijk om water zien koken op een temperatuur van 35 °C.

Uitleg:

Wanneer de hals van de fles (en dus de lucht en waterdamp) afkoelt, daalt de druk (wet van Charles).

Volgens de uitleg hierboven, daalt de verzadigingsdampdruk en het water blijft doorkoken.