

PASCAL MAAKT ZICH DRUK!

1. 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.

1

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 gootsteenontstoppers 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 lineaal of lat van ongeveer 50 cm.

Werkwijze :

- a. 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!
- b. 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 erover 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!)

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.

2

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 doorsnede van 5 cm ($A = \sim 80 \text{ cm}^2$) (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:

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

waarbij 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)

5

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 vacuümpomp met dop
- Een glazen fles (bv. 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.

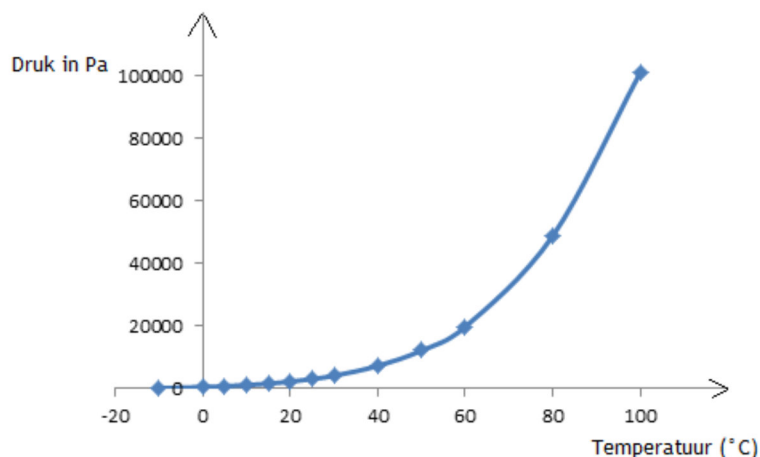
Het water kan dus bij een temperatuur onder 100 ° C koken.

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.

Lucht en koolstofdioxide








Gebaseerd op de presentatie van Stijn Lichtert tijdens het Europees festival van Science on Stage in London, juni 2015

Doel van de experimenten

De molaire massa en de massadichtheid van lucht en van koolstofdioxide bepalen.
Onderzoeken welke parameters de massadichtheid van een gas kunnen beïnvloeden.
De dichtheid van koolstofdioxide bepalen en onderzoeken of deze dichtheid van dezelfde parameters afhangt als de massadichtheid.

8

Materiaal :

-  De CO₂ kit
-  Doppen van een PET-fles voorzien van een ventiel
-  Een manometer
-  Fietspomp
-  Een PET-fles van 1L
-  Elektronische weegschaal (0,1 g)
-  Thermometer om de omgevingstemperatuur te meten

Werkwijze

DEEL 1 : MASSADICHTHEID VAN LUCHT

- Schroef de dop met ventiel op de PET-fles.
- Weeg het geheel.
- Verbind de fietspomp met het ventiel.
- Pomp lucht in de fles tot je een flinke weerstand voelt.
- Verwijder de pomp en sluit de manometer op het ventiel aan. Hierbij kan een beetje gas ontsnappen. Noteer de druk p van het gas in de fles.
- Weeg de fles en bereken de massa van de lucht in de fles.
- Laat een beetje gas uit de fles ontsnappen met het kleine pinnetje dat zich op de manometer bevindt.
- Meet de druk en weeg de fles opnieuw.
- Herhaal 4 à 5 keer. Pomp, zo nodig, terug lucht in de fles.
- Bepaal het volume van de fles (bijvoorbeeld door de hoeveelheid water in een volle fles te wegen).
- Bereken de massadichtheid van lucht : $(r = \frac{m}{V})$
Maak een grafiek $r = f(p)$

DEEL 2 : MOLAIRE MASSA VAN LUCHT

- Bereken het aantal Mol in de fles (als functie van de druk) door gebruik te maken van de ideale gaswet $pV = nRT$. waarbij $T(K) = q(^{\circ}C) + 273$
- Bereken de molaire massa van lucht $M = \frac{m}{n}$.

DEEL 3 : MASSADICHTHEID EN MOLAIRE MASSA VAN CO₂

- Weeg de fles met de dop met ventiel.
- Gebruik de CO₂ pomp. Sluit de kleine klep van de pomp af.
- Verbind een CO₂ patroon met neopreen beschermer met de pomp.
- Druk het andere uiteinde van de pomp op het ventiel op de fles.
- Open de klep traag zodat de fles gevuld wordt met CO₂.
- Sluit de klep en maak de pomp los van het ventiel.
- Meet met de manometer de druk van het CO₂ en weeg het geheel. Bereken de massa CO₂ in de fles.
- Herneem al de bewerkingen die je met lucht gedaan hebt.
- Laat het gas uit de fles op het einde van het experiment. Draai de fles op haar kop vooraleer opnieuw te beginnen.

9

DEEL 4: Dichtheid van CO₂.

- Vergelijk de massadichtheid van CO₂ met die van lucht. Onder welke voorwaarden is een vergelijking zinvol?
- Bereken de dichtheid van CO₂.

Wat je moet weten

- Als je de fles met CO₂ vult, daalt de druk in het patroon plots, wat een grote afkoeling tot gevolg heeft. Bescherm je handen door de neopreenmof over het patroon te schuiven of ze met een pannenlap vast te houden.
- De manometer in de kit meet de relatieve druk, ten opzichte van de atmosferische druk.
De PET-fles bevat al lucht onder atmosferedruk.
Door de druk van het gas in de fles te meten, meet je de druk van het toegevoegde gas (Wet van Dalton: in een gasmengsel is de druk de som van de partiële drukken van de afzonderlijke gassen).
- De manometer in de kit is niet erg nauwkeurig maar het volstaat voor onze experimenten.
- De ideale gaswet is van toepassing vermits we ver van het condensatiepunt van lucht en CO₂ af zitten.
- Je kan het experiment ook uitvoeren met een PET-fles van 0,5 L. Je moet dan wel extra voorzichtig zijn bij toevoegen van het gas. Voor de veiligheid is het beter een grotere fles te gebruiken. Met een fles van 1,5 L werkt het ook.

Om over na te denken

- Hoe verandert de massadichtheid van een gas met de druk?
- Waarvan hangt de molaire massa af? Verandert ze met de druk?
- Waarom moet je na het experiment met CO₂ de fles omdraaien?
- Ga je met een baby best wandelen met een lage of met een hoge kinderwagen?

Hydrostatische druk

Een onderzeeër heeft een verticaal valluik dat naar buiten toe kan openklappen. Kan dit luik geopend worden onder water?








Waarom is de lengte van een snorkel altijd kleiner dan 30 cm?

Hoe komt het dat duikers de indruk hebben dat hun oren verstopt zijn? Hoe kunnen ze ontstopt worden?

10

Water in een bokaal laten komen

Materiaal

-  Een stukje stof
-  Een elastiekje
-  Een sterk, doorzichtig vat (vb. in glas) met deksel
-  Een spijker
-  Een hamer
-  Een vaas (zoals kristallisator of klein aquarium) gevuld met water, maar aanzienlijk hoger dan het vat
-  Eventueel een druppel inkt

Werkwijze

- Maak met behulp van de spijker en de hamer, twee gaten in het deksel symmetrisch t.o.v. elkaar op een diameter.
- Laat een druppel inkt vallen op de bodem van het vat.
- Schroef het deksel vast op het vat.
- Laat het vat verticaal in de met water gevulde vaas zakken en houd het op de bodem.

Waarneming:

Het water loopt niet in het vat, want de lucht oefent een druk uit overal op de wanden en verhindert het water binnen te dringen door de gaten.

De druk (hydrostatisch en atmosferisch) ter hoogte van de gaten is gelijk.

Om het water in de bokaal te doen vloeien, volstaat het deze schuin te houden zodat de beide gaten zich op een verschillende diepte bevinden. De hydrostatische druk is niet meer gelijk ter hoogte van de gaten. Het laagste gat ondergaat een grotere druk zodat het water er kan binnendringen. Dit kun je zien dankzij de inktdruppel in het vat en de luchtballen die ontsnappen uit het vat.

Wat gebeurt er wanneer het deksel vervangen wordt door een stukje lichte stof (voile, nylonkous, ...) vastgemaakt met het elastiekje?

Hare's apparaat om massadichtheid van vloeistoffen te bepalen

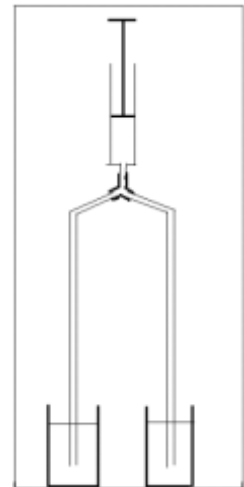
Materiaal

- Een spuitje luerlock 50 ml
- Een driewegkraan (medisch materiaal luerlock) en een connector male/female; of twee driewegkranen.
- 2 slangen van +/- 45 cm met binnendiameter 9 mm
- Een plank van 60 cm x 10 cm
- Een plank van 20 cm x 10 cm
- 2 hoekverbinders (6 cm breed, 6 cm hoog) + schroeven
- 2 bekere, de ene 4/5 gevuld met water; de andere 4/5 gevuld met een andere vloeistof (b.v. olie)
- 4 bevestigingsclips voor de slangen
- 1 bevestigingsclip voor het spuitje

11

Opbouw

- Bevestig de 2 slangen op 2 openingen van de 3-weg kraan.
- Bevestig de connector op de derde kant.
- Bevestig het spuitje op de connector.
- Maak de grote plank haaks vast op de kleine plank, met de hoekverbinders, zodat alles rechtop kan staan.
- Maak het spuitje vast boven aan de grote plank.
- Maak de 2 slangen vast op de grote plank. Zorg ervoor dat je makkelijk de slangen in de bekere kan schuiven.



Werkwijze

- Draai de kraan van de 3-wegkraan zodat de 3 mondjese open zijn.
- Duw de zuiger om al de lucht eruit te jagen, en draai de 3-wegkraan zodat er een verbinding is tussen het spuitje en de 2 slangen. (Al de anderen openingen moeten afgesloten zijn)
- Giet water in een beker, en de andere vloeistof in de andere beker, zodat de hoogte van de vloeistoffen in de 2 slangen dezelfde zijn.
- Trek zachtjes aan de zuiger. De vloeistoffen stijgen in de 2 slangen.

Waarneming

- Vergelijk de hoogte van de 2 vloeistoffen in de 2 slangen.
- Leg de waarneming uit.

Uitleg

- De druk op dezelfde hoogte in vloeistoffen is gelijk.
- De druk boven de vloeistof in ieder beker is de atmosferische druk.
- De vloeistof stijgt tot een zekere hoogte h
- In de slang, op dezelfde hoogte is de druk gelijk aan de druk van de vloeistof + de druk van de lucht in de slang.
- In de beide slangen is de druk van de lucht gelijk.
- De druk uitgeoefend door iedere vloeistof in de slang is dus hetzelfde.
- En $r_1gh_1 = r_2gh_2$
- Hoe kleiner de massadichtheid hoe hoger het niveau van de vloeistof in de slang.

Hoe sterk zijn je longen ?

Materiaal:

- Een slang van minimum 5 m; +/- 1 cm diameter.
- 2 meetlinten
- Spanriemen (of stevig plakband)
- Doorzichtige plakband
- Water
- Eventueel een lat van 2,4 m hoog en 5 tot 10 cm breed.

Opbouw:

Maak een U met de slang, zodat één opening hoger is dan de andere (zie tekening).

Bevestig de slang op de lat met de spanriemen.

Giet water in de slang tot een hoogte van +/- 1,1 m.

Vanaf het niveau van het water, maak met doorzichtig plakband de 2 meetlinten vast. Vanaf A, een meetlint naar boven en vanaf B, een meetlint naar beneden.

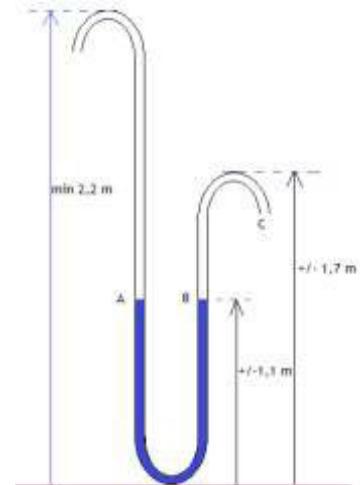
Werkwijze:

Blaas in de opening C van de slang. Het niveau B daalt en het niveau A stijgt.

Bepaal de hoogte van het water aan de beide kanten, en tel ze op.

$$(h_A + h_B = h)$$

Bereken de druk die je uitoefent op het laagste niveau: $p = \rho gh$



Andere manier om de sterkte van de longen te bepalen:

Probeer een luchtbel te blazen in een buis.

Materiaal

- Een plastieken slang van 1,5 m, max 1 cm diameter
- 4 grote stevige PET-flessen (of een PVC-afvoerbuys van 11 cm diameter, met opzetstuk aan één einde, lengte +/- 100 cm)
- Fixeermiddel (kneetlijm) om de flessen aan elkaar vast te maken
- Water
- Een meetlint

Werkwijze :

- ✓ Knip bodem en hals van twee flessen af, evenals de bodem van de 3^e fles. Behoud de 4^e fles zoals ze is.
- ✓ Kneed enkele stukjes fixeermiddel en maak er worstjes van met een lengte gelijk aan de omtrek van een fles.
- ✓ Plak een worstje op de binnenwand van de verknipte flessen, over de hele omtrek en op 1 cm van de bodem.
- ✓ Glijd de flessen over elkaar om er een redelijk hoog vat (+/- 100 cm) van te maken en druk ter hoogte van de worstjes om alles goed te dicht.

- ✓ Vul het bekomen vat met water (laat 4 à 5 cm tussen het wateroppervlak en de rand van het hoogste vat).
- ✓ Steek er de plastieken slang in tot op een diepte van ongeveer 30 cm. (Eventueel de slang op een dun stok van +/- 1 m bevestigen, om het makkelijk in de flessen te glijden)
- ✓ Blaas in de buis om een luchtbel te maken in het water.
- ✓ Steek de buis geleidelijk dieper en dieper en blaas telkens een luchtbel.

Waarneming:

Hoe dieper het uiteinde van de buis zich in de vloeistof bevindt, hoe moeilijker het is om een luchtbel te blazen.

De druk is het gevolg van het gewicht van de vloeistofkolom boven het uiteinde van de buis:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Meet tot welke diepte je een bel kan blazen en bereken de druk die je uitoefent.

!!! Opmerking !!! :

Sommige personen komen in de problemen bij het blazen van een luchtbel.

Wees dus voorzichtig: begin met 30 cm en vergroot geleidelijk de diepte. Als iemand er niet toe komt een bel te blazen, laat hem dan stoppen om te vermijden dat hij/zij flauwvalt door de inspanning.

Als je met leerlingen werkt, overschrijd nooit een diepte van 1 m.




De flessenconstructie kan vervangen worden door een doorzichtige buis in polycarbonaat die aan één uiteinde gesloten wordt.

1,7 m bereiken is al goed. Het is moeilijk een luchtbel te maken op een grotere diepte.

De soepele pneumatische krik

Bijvoorbeeld: waarom kun je een paal gemakkelijker in de grond kloppen wanneer het uiteinde een puntvorm heeft? Hoe komt het dat dames met naaldhakken putjes in een parketvloer maken terwijl mannen erop kunnen lopen zonder sporen achter te laten? Het verschil tussen druk en kracht is niet altijd duidelijk voor leerlingen.

Materiaal

-  Een wijn- of fruitsapzak (plastiek) (= BiB = Bag in Box)
-  Een plasteiken buis
-  Een snijplank van de grootte van de fruitzak.

14

Werkwijze :

- ✓ Verbind de buis met het kraantje van de BiB;
- ✓ Plaats de BiB op de grond;
- ✓ Leg de plank op de BiB;
- ✓ Vraag iemand om op de plank te komen staan;
- ✓ Open het kraantje en blaas in de buis.
- ✓ (Het is ook mogelijk om de BiB met de plank op een stoel te plaatsen en aan iemand te vragen om op de plank te zitten)

Waarneming :

- Bereken welk gewicht je kan optillen met de BiB en verschillende snijplanken.
- Vergelijk deze waarden met het maximaal gewicht van personen die je op kan tillen.

Verklaring :

De druk die door de adem in de buis wordt uitgeoefend, plant zich voort in alle richtingen in de BiB (als het kraantje open is).

De druk is gelijk aan de kracht per eenheid van oppervlakte: $p = \frac{F}{A}$.

De druk uitgeoefend door de persoon op de lucht in de BiB is gelijk aan het gewicht gedeeld door de oppervlakte van de plank. Deze druk wordt gecompenseerd door de longdruk van de persoon die in de buis blaast. Met het eerste experiment (hoogteverschil meten tijdens het blazen in de slang), kan je de druk bepalen die door de longen wordt uitgeoefend.

De doorsnede van de buis is klein: de uitgeoefende kracht is dus ook klein.

Toepassingen :



Met de luchtkussenkrik in de vorm van een ballon kan een massa van 3 ton worden opgetild. Het volstaat deze aan te sluiten op de uitlaat en de motor te laten draaien (in neutraal) om de uitlaatgassen af te voeren naar het kussen. Een terugslagklep verhindert dat het gas ontsnapt.

Licht maar krachtig is de "winbag" waarmee zware objecten zoals deuren, ramen, kasten enz. snel en gemakkelijk kunnen geblokkeerd worden.




Met een pneumatische krik kan ook een deur uit haar hengsels getild worden. Het volstaat de samengedrukte BIB onder de open deur te schuiven en in de buis te blazen...



Het pneumatisch kanon.

Met hetzelfde materiaal kan een pneumatisch kanon gemaakt worden waarmee projectielen wel 10 m ver geschoten kunnen worden, naargelang de uitgeoefende kracht. Dit wapen is heel eenvoudig, helemaal niet duur en zonder gevaar.

Materiaal

-  Dubbelzijdige kleefband
-  Gewoon plakband
-  Klein projectiel (propje, dopje, ...)

15

Werkwijze:

- ✓ Kleef de plank op de tafel met plakband. Het doel is een soepele scharnier te maken met een beweegbaar luik om dan de plastic zak (BiB) die eronder geplaatst wordt, plat te drukken.
- ✓ Blaas de BiB op en leg hem onder de plank met het kraantje (waaraan een kort stukje buis is bevestigd) aan de voorkant.
- ✓ Kleefde onderkant van de BiB op de tafel met de dubbelzijdige kleefband; de plank op de BiB kleven met dubbelzijdige kleefband.
- ✓ Stop het projectiel in de buis (niet te hard aandrukken).
- ✓ Open het kraantje openen en duw hard op de plank om het projectiel weg te schieten.


Duiken met Boyle en Mariotte

Wanneer een duiker met gasflessen (lucht en/of zuurstof) afdaalt, is zijn duik begrensd in duur en moet hij bepaalde niveaus van decompressie respecteren terwijl hij terug opstijgt naar het oppervlak.

Een experiment uitgevoerd in zee toont duidelijk hoe het volume van een hoeveelheid lucht in een spuitje in functie van de diepte verandert.

16

Materiaal

 Foto's van een spuit, verzegeld bij atmosferische druk, op verschillende diepten aan de hand van een dieptemeter.

Werkwijze :

- ✓ Bepaal het volume van de lucht in de spuit als functie van de diepte.
- ✓ Bereken de druk als functie van de diepte (wetend dat 10 m water overeenkomt met ongeveer de atmosferische druk).
- ✓ Zet de druk als functie van het volume uit in een grafiek.
- ✓ Bereken het product van de druk en het volume lucht.






De volledige verklaring en de foto's zijn downloadbaar via onze site www.scienceonstage.be
Klik op didactiek - experimenten – fysica – wet van Boyle-Mariotte.
<https://scienceonstage.be/onewebmedia/Experience%20physique/phys%20francais/Loi%20de%20Boyle%20et%20Mariotte%20fr.pdf>

Toepassing van de wet van Boyle - Mariotte.

Meting van de massadichtheid van lucht

Heeft lucht een gewicht?

Materiaal

-  De spuit van 10 ml
-  Een kleine schroef
-  Een precisiebalans (tot op 0,01 g nauwkeurig)
-  Een doorschijnende PET-fles van ½ l.
-  Een pomp "Fizz Keeper Jokari".

Bij ontbreken van deze pomp: de dop van de PET-fles, voorzien van een klein fietsventiel en een fietspomp.

Voorbereiding van het experiment :

- ✓ Trek de zuiger van de spuit uit tot aan het streepje van de 10 ml.
- ✓ Sluit het uiteinde van de spuit af met de schroef of schroei hem dicht.
- ✓ Controleer de dichting van de spuit door de zuiger in te duwen. Als je weerstand voelt, dan is de spuit waterdicht.

Werkwijze:

Leg de spuit in de fles.

Sluit de fles met behulp van de pomp (of met de dop voorzien van een ventiel).

Weeg het geheel nauwkeurig (tot op 0,01 g nauwkeurig) ($= m_1$).

Blaas de fles op met behulp van de pomp Fizz keeper (of de fietspomp met aansluiting) tot de zuiger van de spuit zich op 5 ml bevindt.



(Laat de pomp Fizz Keeper aangesloten of verwijder eventueel de fietspomp en haar aansluiting, maar laat de dop en het ventiel zitten.)

Weeg opnieuw de fles met de nieuwe hoeveelheid lucht erin (tot op 0,01 g nauwkeurig) ($= m_2$).

Vijs de pomp eraf (of de dop).

Vul de fles met proper water en sluit af.

Weeg de fles opnieuw ($= m_3$).



17

Verklaring:

Wanneer je de fles oppompt, breng je er een hoeveelheid lucht in.

De druk in de fles is recht evenredig met de hoeveelheid lucht in de fles ($pV = nRT$).

Door de hoeveelheid lucht in de fles te verdubbelen, wordt de druk in de fles ook verdubbeld.

Wanneer de druk verdubbelt, wordt het volume van de lucht in de spuit gehalveerd volgens de wet van Boyle-Mariotte ($pV = \text{constante}$).

Als de zuiger van de spuit 5 ml aangeeft, is de druk dus verdubbeld.

Als de druk vermenigvuldigd is met twee, is de hoeveelheid lucht in de fles verdubbeld en is dus de massa van de lucht in de fles verdubbeld.

We weten dus dat de hoeveelheid toegevoegde lucht exact het volume van de fles inneemt als de druk gelijk is aan de atmosferische druk op dat ogenblik.

De massadichtheid van water is gelijk aan 1 kg/dm^3 (of 1 g/ml).

Als de massa van de hoeveelheid water in de fles gekend is, kan men het volume van de fles berekenen en dus ook de massadichtheid van lucht.

Uit te voeren berekeningen:

Berekening van de massa van de lucht in de fles: $m = m_2 - m_1$

Berekening van de massa van het water : $M = m_3 - m_1$

Berekening van het volume van de lucht = volume van het water = $V = M / \text{massadichtheid van water}$

$$V \text{ (ml)} = M/r = M(\text{g})/(1 \text{ g/ml})$$

Berekening van de massadichtheid van de lucht = massa van de lucht / volume van de lucht

$$r = m/V \text{ (g/ml)}$$

Opmerking:

Als de temperatuur in de klas stijgt, wordt het volume van de lucht die opgesloten is in de spuit groter en staat de zuiger niet meer op het streepje van de 10.

Dat heeft echter geen belang. Het volstaat het volume van de spuit af te lezen vóór het opblazen van de fles. Wanneer dit volume gedeeld wordt door 2, weet je dat de druk in de fles verdubbeld is.