

Leerlingexperimenten

HANDLEIDING  
**LUCHTDruk**  
P9160-4V



## INHOUDSOPGAVE

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 0. Gebruik van het vacuümvat.....                   | 3  |
| 1. Bewijs van luchtdruk.....                        | 4  |
| 2. “Halve Bollen van Maagdenburg” .....             | 6  |
| 3. Meten van luchtdruk .....                        | 8  |
| 4. Luchtdrukeffect – afname van externe druk .....  | 10 |
| 5. Luchtdrukeffect – water kookt bij 60 graden..... | 12 |
| 6. Luchtdrukeffect – afname van interne druk .....  | 14 |
| 7. Vrije val – valbuis .....                        | 16 |
| 8. Overbrenging van geluid in een vacuüm .....      | 18 |
| 9. Wet van Boyle - Mariott .....                    | 20 |
| 10. Vaststellen van de massa van lucht .....        | 23 |

### OPMERKING:

De druk kan ook met de gasdruksensoren van CMA (BT66i, 023i of ML39m) en Coach worden gemeten. Deze sensoren kunnen aangesloten worden op de gas spuit. Temperatuurmetingen kunnen ook met een temperatuursensor (BT84i of 0511) en Coach gedaan worden. Metingen met sensoren in het vacuümvat kunnen niet omdat er geen aansluiting mogelijk is.

## 0. GEBRUIK VAN HET VACUÛMVAT

Overweeg de volgende punten voordat u het vacuümvat gebruikt:

- Controleer of de pakking (zwarte ring) goed geplaatst is in de bovenrand van het onderste gedeelte van het vat
- Plaats de deksel in het midden van het vat (niet scheef)



- Schroef de ventileerklep dicht



- Sluit de blauwe slang aan op de klep
- Pas op: zodra u de eerste weerstand voelt, moet de slang wat verder worden geschoven 3-4mm – waarna hij perfect zal passen!



- Sluit de andere slang met de witte adapter aan op het uiteinde van de gas spuit door flink te duwen.



- Hou de gas spuit met uw ene hand beet en trek aan de greep van de flacon met uw andere hand.
- Zorg ervoor dat de slang nog verschuifbaar blijft en dat u het deksel niet lostrekt in het begin.

Als u de schuif indrukt sluit de onderste klep zich en ontsnapt de lucht via de bovenste klep.

Bij elke trekbeweging ziet u op de Manometer dat de druk in het vat afneemt. De schaal van de Manometer toont zelfs negatieve druk!

- Hoe lager de druk, hoe meer u uw best moet doen tijdens het pompen.



Indien gewenst kan de slang van de klep worden gehaald:

- Druk op de blauwe plastic ring met uw wijs- en middelvinger tegen de klep
- Gelijktijdig kan de slang simpel worden verwijderd



# 1. BEWIJS VAN LUCHTDruk

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**  
1x Gas meetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten  
1x Manometer voor wet van Boyle

Als u van een heuvel afrijdt voelt u de luchtdruk in uw oren toenemen. Ook als een vliegtuig landt kunt u de luchtdruktoename voelen in uw oren – dit kan oncomfortabel aanvoelen. Met de luchtslang kunt u de luchtdruk in het vacuümvat eenvoudig aanpassen.

### **Experiment 1:**

Zet de zuiger van de spuit ergens tussen 30 en 40 ml. Hou de spuit met uw ene hand vast (rechtshandigen zullen eerder de linkerhand gebruiken) en sluit het gaatje met een vinger af. Druk de zuiger iets verder naar binnen en tenslotte weer naar buiten. U zult de over- en onderdruk direct in uw vinger voelen veranderen.

### **Experiment 2:**

U kunt de luchtdruk met een Manometer meten in hectoPascal.

De nul waarde van de aanwijzer geeft de normale luchtdruk weer van ongeveer 1000 hPa. (op zeeniveau!)

Een aanwijzer positieve die op -1000 hPa staat betekent dan een feitelijke druk van  $1000 - 1000 = 0$  hPa (vacuüm), een van +1000 hPa een druk van  $1000 + 1000 = 2000$  hPa, hetgeen betekent dat de luchtdruk is verdubbeld.



### **Deel 1:**

Verschuif de zuiger tot het einde van de spuit en plaats de Manometer erop. Probeer de zuiger te verwijderen en lees de waarde uit op de Manometer.

### **Deel 2:**

Verschuif de zuiger een stukje (naar 70 -80ml) en steek de Manometer op de spuit.

Hou de spuit en de Manometer vast in één hand (uw linker-) en druk de zuiger met de grip aan de binnenkant...

- a) door de spuit beet te houden met uw ring- en wijsvinger
- b) door de druk op de maag te variëren

Lees de waarden op de Manometer uit terwijl u de zuiger indrukt!



### **Samenvatting (vul de ontbrekende woorden in):**

Als u de zuiger verwijdert zal de beschikbare ruimte voor de gasdeeltjes afnemen/toenemen en de druk afnemen/toenemen

Als u de zuiger naar binnen drukt zal de beschikbare ruimte voor de gasdeeltjes afnemen/toenemen en de druk afnemen/toenemen

## 2. “HALVE BOLLEN VAN MAAGDENBURG”

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**  
1x P1522-1M Maagdenburger halve bollen rubber, set

De luchtdruk kan grote krachten teweegbrengen. Deze grootte van deze krachten moet niet onderschat worden. In 1654 voerde Otto Guericke, burgemeester van Maagdenburg, een experiment met twee halve bollen uit. Ervaar nu zelf de geweldige kracht van luchtdruk op het aardoppervlak.

**Voorbereidingen:**

Pak de Maagdenburger schijven en druk ze zachtjes tegen elkaar

**Experiment:**

Probeer de schijven uit elkaar te trekken door aan de grepen te trekken.

De schijven gaan gemakkelijk uit elkaar als u er lucht tussen laat komen door de rand van een schijf iets te buigen.

**Samenvatting** (vul de ontbrekende woorden in):

Als er een luchtdrukverschil is uit, zijwaartse / alle / uit één richting dan ontstaan er grote krachten.

De grootte van de kracht op de schijven hangt af van de afmetingen van de schijven / de uitgeoefende druk.

Hoe groot zal de kracht zijn als de schijven een oppervlakte van  $1\text{dm}^2$  hebben? ca. 10N / 1000N / 100000 N

**Ter info:**

Later, tijdens een ander experiment, legt u de door de luchtdruk samengeperste schijven in het vacuümvat en verlaagt u de druk in het vat.

### 3. METEN VAN LUCHTDruk

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**

- 1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten
- 1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm
- 1x P1520-2G Vacuümvat compleet, 1000 ml, met manometer

In diverse situaties is het zeer belangrijk om de druk van een gas of gasmengsel te kunnen meten. Bijvoorbeeld om de druk van gassen/vloeistoffen te bewaken, om te voorkomen dat er iets explodeert, of om te garanderen dat er voldoende kracht wordt gevormd bij een bepaald drukniveau (hydraulische- of luchtdrukapparatuur).

### **Vorbereidingen:**

Lees de instructies van het vacuümvat aandachtig door.

### **Experiment:**

Als het vat voorbereid is, druk dan de zuiger van de gas spuit volledig in. Sluit nu de gas spuit aan. Trek dan aan het handvat tot 100mL bereikt is. Hierdoor heeft u het luchtvolume teruggebracht met een tiende, en de luchtdruk gereduceerd met ongeveer 100hPa. De druk in het vat is nu 1000 hPa – 100hPa.

Herhaal deze stappen keer op keer en haal elke keer op deze manier lucht weg uit het vat.

NB: hoe meer de druk in het vat afneemt, hoe groter het drukverschil tussen binnen en buiten het vat. Het kost derhalve meer moeite om lucht uit het vat te halen met de spuit. Bij een luchtdruk van 200hPa in het vat, wordt het steeds lastiger om de zuiger van de gas spuit uit te trekken.

### **Opdracht:**

Op welk drukniveau is het nog mogelijk om de afdichting nog redelijk eenvoudig los te maken?  
900hPa / 800hPa / 600hPa  
Leg uit.

### **Samenvatting:**

Met een manometer kunt u de luchtdruk meten in het vacuümvat. Het wordt steeds lastiger om lucht uit het vat te verwijderen omdat het luchtdrukverschil groter wordt en dus ook de kracht op de zuiger van de injectiespuit.

### **Ter info:**

Meters om luchtdruk te meten heten ook wel *Barometers*.

Als de druk in het vat bijvoorbeeld gehalveerd is, zal gedurende één extractieslag de helft van de lucht naar buiten worden getransporteerd. Daardoor neemt de druk af met de helft van de oorspronkelijke waarde. Bij dit experiment zal met elke slag de druk in het vat met ongeveer een tiende van de bestaande druk aan de binnenzijde afnemen.

## 4. LUCHTDRUKEFFECT – AFNAMEN VAN EXTERNE DRUK

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**

- 1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten
- 1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm
- 1x P1520-2G Vacuümkamer compleet, 1000 ml, met manometer
- 1x P1410-1L Ballonnen, set van 2
- 1x P1410-1K Klem voor ballonnen
- 1x P1522-1M Maagdenburger halve bollen rubber, set

Dat er krachten optreden als er een verschil is tussen binnen- en buitendruk zult u tijdens het uitvoeren van het "Maagdenburger Halve Bollen" experiment zeker gemerkt hebben. In dit experiment was de buitendruk hoger dan de binnendruk. Als u een band oppompt, of uw deeg rijst, is juist de binnendruk hoger dan de buitendruk.

### **Vorbereidingen:**

Neem 1. de aangesloten schijven van Maagdenburg, 2. de half opgeblazen ballon, 3. Een vloeipapier (indien voorhanden) met een chocolade zoen erop in het vacuümvat.

Lees in de Handleiding hoe u het vacuümvat moet gebruiken (draai de ventilatieschroef aan!)

### **Experiment 1: vastgedrukte „Maagdenburger schijven”**

Verminder de druk in het vat en lees de waarde op de af wanneer de schijven uitelkaar vallen. Dan is namelijk de druk tussen de schijven gelijk aan de luchtdruk in het vat.  
Resultaat: de schijven laten los.



### **Experiment 2: ballon**

Knoop een half opgeblazen ballon vast en stop hem in het vacuümvat bevestig ook de klem aan de ballon;  
Verminder de druk in het vat en bekijk wat er gebeurt met de ballon;  
Open de ventilatieklep en bekijk het effect op de ballon van de hogere druk.



### **Experiment 3:**

Gelijk aan experiment 2, maar dan met een chocolade zoen op een vloeipapier of wc papiertje. (Dit zorgt ervoor dat het vat niet al te vies wordt van dit experiment)



### **Samenvatting:**

De richting van de kracht bij luchtdrukverschil vindt altijd plaats van lage/ hoge luchtdruk naar het lagere / hogere luchtdruk niveau.

## 5. LUCHTDRUKEFFECT – WATER KOOKT BIJ 60 GRADEN

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**

- 1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten
- 1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm
- 1x P1520-2G Vacuümkamer compleet, 1000 ml, met manometer
- 1x P1530-1D Plastic capsule met deksel, D = 75 mm

Als gerechten gekookt worden, dan worden ze zacht. Om dit te bereiken moet u water toevoegen aan het voedsel en dat water verwarmen.

De gerechten worden sneller zacht naarmate de watertemperatuur hoger is. In een afgesloten pan stijgt de druk door de gasbellen die zich vormen. Hierdoor kookt het water pas bij een hogere temperatuur, zodat de kooktijd verkort wordt. Als een vloeistof wordt blootgesteld aan een lagere druk vindt er een omgekeerd proces plaats – dit gaat u nu onderzoeken!

### Vorbereidingen:

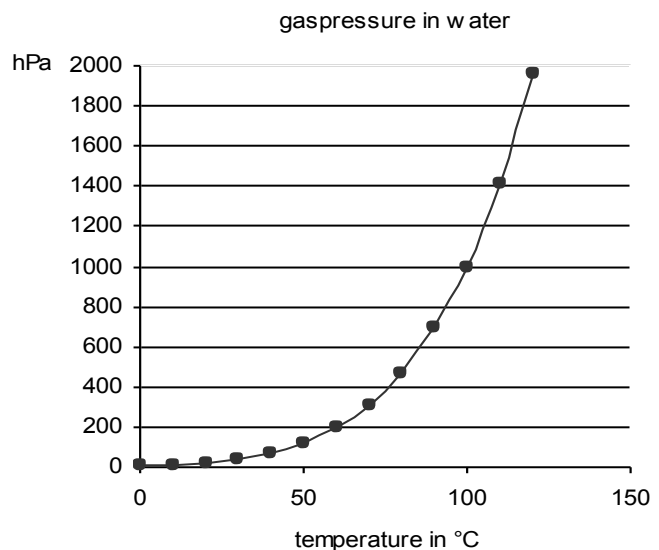
Vul de plastic beker met heet water (circa 60°C of heter) en plaats deze in het vacuümvat. Zie de gebruiksaanwijzing over hoe het vacuümvat te gebruiken (draai de ventilatieknop dicht!)

### Experiment:

Verlaag stapsgewijs de druk in het vat en bekijk het borrelen van het water.

**Opdracht:** Bij welk drukniveau begon het water te koken? \_\_\_\_\_

Welke temperatuur kunt u aflezen uit het diagram hiernaast als het gaat over bovenstaande vraag? \_\_\_\_\_



### Samenvatting:

De kooktemperatuur van water is lager / hoger bij een lagere luchtdruk.

## 6. LUCHTDRUKEFFECT – AFNAME VAN INTERNE DRUK

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**

- 1x P1530-1B Bellenkamer
- 1x P1530-1C Plastic folie voor bellenkamer, set
- 1x P1530-1R Elastische spanning om plastic folie te klemmen
- Korte acrylbuis met inkeping,
- 1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm
- 1x P1520-2G Vacuümkamer compleet, 1000 ml, met manometer
- 1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten

Als u uw vinger in uw mond stopt, knijp dan uw lippen goed dicht en draai uw vinger een kwartslag. Trek uw vinger snel uit uw mond– u hoort dan een poppend geluid. Bij het uit een fles trekken van een kurk is dit geluid al veel luider. Als het verschil tussen binnen- en buitendruk zeer groot is kan het opheffen van het drukverschil heel snel gaan. Als het plopgeluid verandert in een knal, spreken we van een „implosie”.

### **Vorbereidingen:**

Span de plastic folie over de korte acrylbuis en zet het vast op de plastic buis met de spanring (elastiek), deze past in de inkeping.



Nadat u de ventilatiedraaiknop heeft aangedraaid en de slang is aangesloten, draait u het deksel van het vacuümvat rond – een tweede persoon houdt daarbij het deksel vast.

Bevestig de injectiespuit op de slang.

Plaats de korte acrylbuis met plastic op het inspringende deel van het deksel van het vacuümvat.



### **Experiment:**

Omdat de korte acrylbuis een veel kleiner volume heeft dan het vacuümvat zullen enkele er minder slagen met de gas spuit nodig zijn om de druk binnen in de korte buis te verminderen. Let voortdurend op de het plastic! Al snel ziet U de van buiten naar binnen gerichte kracht van de buitendruk. De plastic folie buigt naar binnen en dan scheurt het plotseling, met een luide knal !!

### **Samenvatting:**

Door de werking van de buitendruk kan een vat, wanneer er binnen een lagere druk heerst, ingedrukt worden. Wanneer het daarbij vernietigd wordt dan dringt lucht heel snel naar binnen (= Implosie). Deze plotselinge luchtbeveging merkt u door een knal, net als bij de uitwaartse luchtbeveging van een explosie.

### **Ter info:**

Onderdruk komt ook vrij als stoom condenseert in een gesloten pan. Dit effect van luchtdruk werd ook al gebruikt bij de allereerste stoommachines.

## 7. VRIJE VAL – VALBUIS

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**

- 1x P1560-1F Vrije-valbuis
- 1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten
- 1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm
- 1x P1520-2G Vacuümkamer compleet, 1000 ml, met manometer

Om de beweging bij het vallen voor leerlingen minder ingewikkeld te maken, is het gebruikelijk de wrijvingskrachten te verwaarlozen. Een valbeweging wordt dan een vrije val genoemd, een valbeweging waarbij invloed van luchtwrijving niet bestaat. Met behulp van een vrije valbuis is het mogelijk om praktisch dezelfde condities te scheppen die nodig zijn om de vrije valbeweging te simuleren.

**Voorbereidingen:**

Stop de veer en de rode bal in de valbuis en plaats de buis op het deksel van het vacuümvat.

**Experiment:**

Draai de valbuis rond, samen met het deksel, en kijk hoe de veer en de bal vallen.  
Plaats de valbuis daarna opnieuw en maak de slang en de spuit vast aan de klep op het deksel.  
Verlaag tenslotte de druk in de buis zo goed mogelijk.  
Als u dan de spuit en de slang weghaalt, kunt u het vrije val experiment nogmaals uitvoeren, maar dan zonder de remmende invloed van luchtwrijving.

**Samenvatting:**

Tijdens een vrije val voelen alle voorwerpen dezelfde versnelling. De benodigde tijd voor een bepaalde valafstand is dan voor alle voorwerpen, ongeacht vorm, massa, grootte enzovoorts hetzelfde.

## 8. OVERBRENGING VAN GELUID IN EEN VACUÛM

### Gebruikte kit:

P9902-4V Luchtdruk



### Materiaal:

- 1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten
- 1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm
- 1x P1520-2G Vacuümkamer compleet, 1000 ml, met manometer
- 1x P1522-1S Zoemer (alarmklokje)
- 1x P1522-1T Geluid absorberend matje, D = 80 mm

Het doel van een zoemer is om gehoord te worden. Maar wat is nu het verband met luchtdruk en geluidsterkte?

Geluid heeft lucht nodig om zich te verplaatsen.

Maar wat gebeurt er als er weinig of geen luchtdeeltjes aanwezig zijn? Hoor maar eens...of beter gezegd: hoor maar niet wat er gebeurt!

### **Voorbereidingen:**

Stop het geluidsabsorberende onderdeel in het vacuümvat.

Maak het deksel van het vacuümvat gereed (draai de ventilatieschroef aan)

Schakel de zoemer in en bevestig hem aan het geluidsabsorberende object.

### **Experiment 1:**

Plaats het deksel langzaam op het vacuümvat en neem waar hoe het geluidsniveau langzaam daalt. Pomp zoveel mogelijk lucht uit het vacuümvat terwijl u op de geluidsterkte van de zoemer let. Laat de lucht langzaam weer naar binnen stromen en let op wat er gebeurt.



### **Experiment 2:**

Voer het experiment nogmaals uit, maar nu zonder het geluidsabsorberende matje (zie afbeelding).

### **Samenvatting** (vul de ontbrekende woorden in):

In een vacuüm Is er geen / is er een goede geluidsoverbrenging!

De luchtdichte isolatie van de geluidsbron vermindert de naar buiten gerichte verplaatsing van het geluid Bijna nooit / betrekkelijk intensief / volledig

Als de geluidsbron direct aangesloten is op de bodem (zonder absorberende laag) zal het geluid alleen als er voldoende lucht is / altijd worden overgebracht.

## 9. WET VAN BOYLE - MARIOTT

**Gebruikte kit:**  
P9902-4V Luchtdruk



**Materiaal:**  
1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten  
1x P1515-1B Manometer voor wet van Boyle

In 1662 hebben de Britse fysicus en chemicus Robert Boyle en de Franse fysicus Edme Mariott los van elkaar de wet Boyle – Mariott uitgewerkt – deze wet geeft het verband tussen de gasdruk en het volume van dit afgesloten gas.

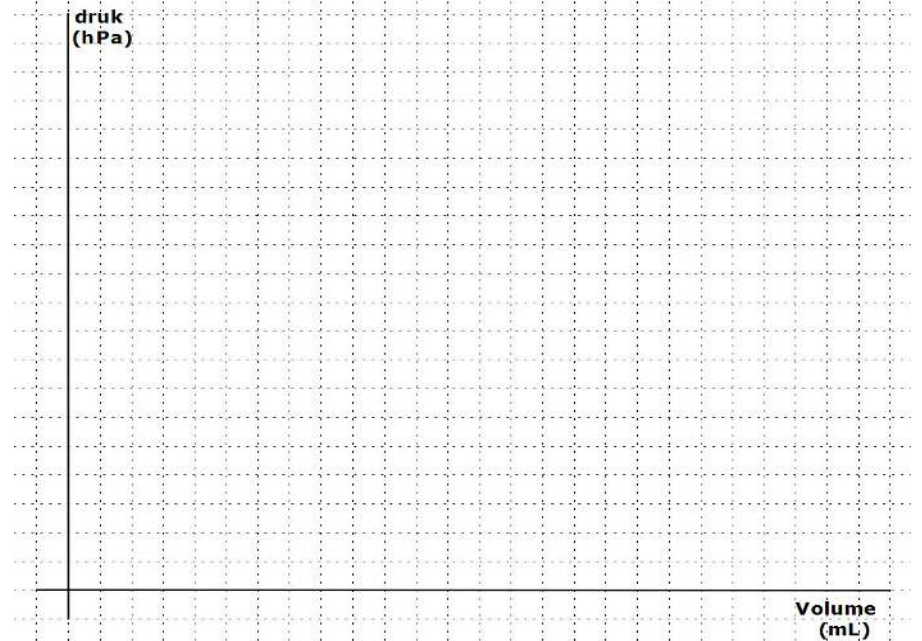
### Voorbereidingen:

Vul de flacon van de spuit tot 60ml (voorste zwarte rand) en bevestig de Manometer aan het uiteinde van de spuit.

### Experiment:

Hou de Manometer en de flacon goed vast, trek de schuif langzaam aan en lees het volume en de druk af.

Vul de waarden in onderstaande tabel in en markeer ze ook in het diagram

| Volume (mL) | druk (hPa) |  |
|-------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 60          | 1000       |                                                                                     |
| 50          |            |                                                                                     |
| 40          |            |                                                                                     |
| 30          |            |                                                                                     |
| 20          |            |                                                                                     |
| 10          |            |                                                                                     |
| 0           |            |                                                                                     |
| 70          |            |                                                                                     |
| 80          |            |                                                                                     |
| 90          |            |                                                                                     |
| 100         |            |                                                                                     |
| 110         |            |                                                                                     |
| 120         |            |                                                                                     |

### Samenvatting (vul de ontbrekende woorden in):

Hoe hoger het volume, hoe hoger / hoe lager de druk.

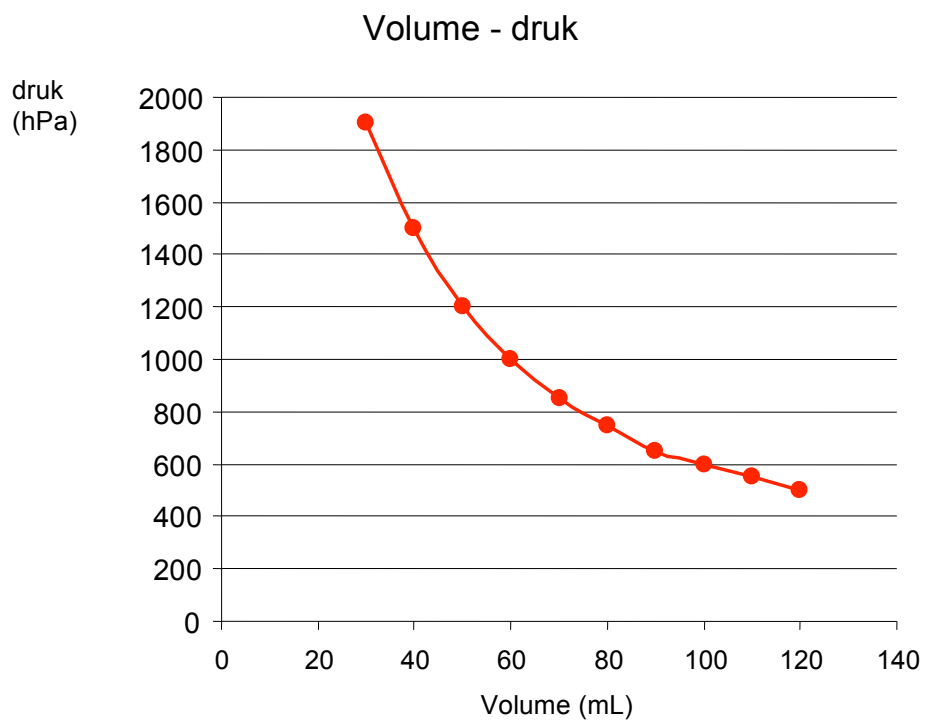
De druk reageert in omgekeerde vorm / in dezelfde vorm als het volume.

Het volgende geldt: (bij constante temperatuur)  $p \cdot V = \text{constante}$

**Ter info:**

Door het eigen volume lucht in de manometer achter de spuit, zal de verdubbelde druk zich tonen op 29-28 mL.

Meetvoorbeeld:



## 10. VASTSTELLEN VAN DE MASSA VAN LUCHT

### **Gebruikte kit:**

P9902-4V Luchtdruk



### **Materiaal:**

1x C6100-2G Gasmeetspuit, plastic, 120ml, voor vacuüm experimenten

1x C1520-1S Vacuümslang, plastic, 300 x 6mm

1x P1520-2G Vacuümkamer compleet, 1000 ml, met manometer

Ook nodig:

Digitale weegschaal, resolutie 0,1 g.

Waar komt de luchtdruk vandaan? U kent de waterdruk al – die voelt u als u duikt. De waterdruk ontstaat door de massa van water. Bij een waterniveau van meer dan 1 meter per  $\text{m}^2$ , drukt een massa van 1000 kg op  $1 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ N/m}^2$ . Bij een waterkolom van 10 m is dit al  $100.000 \text{ N/m}^2$  of 1000 hPa. De luchtdruk ontstaat uit de massa van de lucht. Welke massa heeft dan 1 liter ( =  $1 \text{ dm}^3$  lucht ) ongeveer?

### **Voorbereidingen:**

Raadpleeg de handleiding voor het gebruik van het vacuümvat (draai de ventilatieschroef dicht!)

Maak de weegschaal gebruiksklaar

### **Experiment:**

Plaats het vacuümvat met gesloten deksel – maar nog zonder slang – op de weegschaal en lees de massa uit (de 'tare' knop kan ook worden ingedrukt, deze zet de gemeten massa op 0). Dit wordt op de linker afbeelding getoond.

Haal het vat van de weegschaal, sluit de slang en de spuit aan op het vacuümvat en herhaal de proef. Haal tenslotte de slang weg en plaats het vacuümvat weer op de weegschaal. Lees de massa weer uit – de afwijking van de metingen is dan het massa van  $1 \text{ dm}^3$  lucht. (als u zojuist de 'tare' knop hebt gebruikt is de aangegeven waarde het massa van lucht). Dit wordt getoond op de rechter afbeelding.

### **Samenvatting:**

De luchtdruk is gebaseerd op het gewicht van lucht die op de aarde drukt.  $1 \text{ dm}^3$  lucht heeft ruwweg een massa van 1g (gewicht  $\approx 0,01 \text{ N}$ );  $1 \text{ m}^3$  een massa van 1 kg (gewicht  $\approx 10 \text{ N}$ ).

### **Ter info:**

Net als waterdruk neemt druk ook af van beneden naar boven. Dit is hetzelfde voor luchtdruk. Maar luchtdruk neemt niet constant af, zoals water, omdat lucht gemakkelijk kan worden samengeperst. De massa van  $1 \text{ dm}^3$  water is bijna altijd 1 kg, terwijl de massa van lucht op het aardoppervlak praktisch nooit 1 g is, door verschillen in luchtdruk en hoogte waarop de proeven gedaan worden.



**©Fruhman, GmbH**  
NTL Manufacturer & WholeSaler  
Werner von Siemens Str. 1  
A-7343 Neutal, Austria

**[www.ntl.at](http://www.ntl.at)**



**CMA**  
A.J.Ernststraat 169  
1083 GT Amsterdam

**[www.cma-science.nl](http://www.cma-science.nl)**