

Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
P 1. Kracht en oppervlakte	4
P 2. Druk bij vloeistoffen en gassen	5
P 3. De wet van Boyle en de wetten van Gay-Lussac	6
P 5. De dampdruk van water	11
T 1. Kracht en oppervlakte	12
T 2. Druk bij vloeistoffen en gassen	13
T 3. De wet van Boyle en de wetten van Gay-Lussac	16
T 4. De algemene gaswet	19
T 5. Het weer	21
T 6. Luchtverontreiniging	22
W 1. Kracht en oppervlakte	23
W 2. Druk bij vloeistoffen en gassen	24
W 3. De wet van Boyle en de wetten van Gay-Lussac	26
W 4. De algemene gaswet	28

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken is:

P 1, T 1, W 1,
P 2, T 2, W 2,
P 3, T 3, W 3,
T 4, W 4,
P 5, T 5,
T 6.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. Druk	29
H 2. De gaswetten	32
H 3. Rekenen met druk	35
H 1. Antwoordblad	39
H 2. Antwoordblad	41
H 3. Antwoordblad	43

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.

Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de katalogus voor de extra stof.

Extra stof bij je eigen lesmateriaal

155. Oefenen met examensommen blok 21 (druk)	45
155. Antwoordblad	48

Blok 21 Leerdoelen

Wat moet je kunnen aan het eind van blok 21

	Te vinden in:
1 Je moet weten dat het effect van een kracht groter is wanneer die kracht op een kleiner oppervlak wordt uitgeoefend	P 1, T 1
2 Je moet weten wat we onder de druk verstaan.	T 1, W 1
3 Je moet de volgende eenheden van druk kennen en in elkaar kunnen omrekenen: N/m^2 , N/dm^2 , N/cm^2 , Pa.	T 1, W 1
4 Je moet weten dat de druk in een vloeistof groter wordt wanneer je dieper onder de vloeistofspiegel komt.	P 2, T 2
5 Je moet weten dat op een bepaalde plaats een vloeistof een druk uitoefent die in alle richtingen even groot is.	P 2, T 2
6 Je moet de hoofdwet van de hydrostatika kennen.	T 2
7 Je moet in een vloeistof de vloeistofdruk op een bepaalde plaats kunnen berekenen.	T 2, W 2
8 Je moet weten met welk apparaat je de druk van een gas kunt meten.	P 2, T 1
9 Je moet de wet van Boyle kennen en ermee kunnen rekenen.	T 3, 3
10 Je moet de volumewet van Gay-Lussac en de bijbehorende grafiek kennen en er mee kunnen rekenen.	T 3, W 3
11 Je moet de drukwet van Gay-Lussac en de bijbehorende grafiek kennen.	T 3, W 3
12 Je moet de algemene gaswet kennen en ermee kunnen rekenen.	T 4, W 4
13 Je moet weten hoe je uit de algemene gaswet de wet van Boyle en de wetten van Gay-Lussac kunt halen.	T 4, W 4

Blok 21 Praktikum

P 1 Kracht en oppervlakte

1

Sla met een hamer op een stuk hout.

Dringt de hamer door in het hout?

Sla met dezelfde kracht met de hamer op een spijker.

Dringt de spijker nu door in het hout?

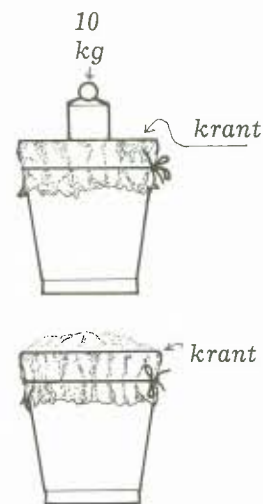
Je hebt met dezelfde kracht geslagen. Toch dringt de hamer niet en de spijker wel in het hout. Probeer het verschil te verklaren.

2

Neem twee emmers. Bind over beide emmers met een touw een krant, zodat de bovenkant bedekt is. Leg op de ene krant een hoop zand van 10 kg. Zorg ervoor dat terwijl je het erop schept, het gewicht goed verdeeld blijft over de hele oppervlakte. Zet op de andere krant een massa van 10 kg.

Wat gebeurt er?

Probeer het verschil te verklaren



3

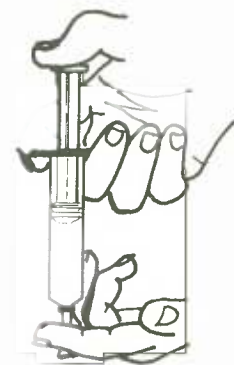
Neem een kleine injectiespuit. Sluit de opening met de vinger af.

Probeer de zuiger zo ver mogelijk in te drukken.

Doe nu hetzelfde met een grote injectiespuit.

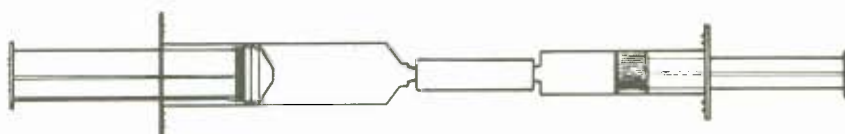
Wat is het verschil?

Probeer dat te verklaren.



4

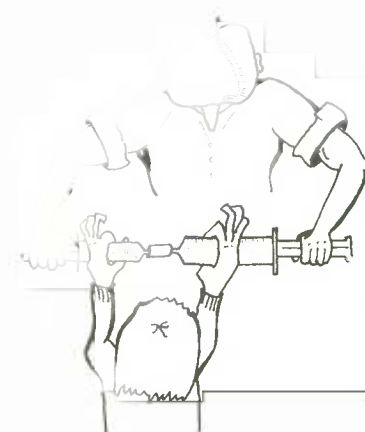
Verbind een brede en een smalle injectiespuit met behulp van een slangetje (zie tekening).



Wat voel je als je probeert beide zuigers in evenwicht te houden?

Op welke zuiger moet je dan de meeste kracht uitoefenen?

Probeer dat te verklaren.



Probeer nu zelf de konklusie te trekken uit deze proeven:
Uit de proeven 1 t/m 4 blijkt dat niet alleen de grootte van de kracht
belangrijk is, maar ook

P 2 Druk bij vloeistoffen en gassen

In deze paragraaf ga je de druk van vloeistoffen en gassen bekijken.

1
Vul twee verbonden injektiespuiten met water. Druk op de ene zuiger.
Probeer hem met de andere zuiger in evenwicht te houden. Schrijf je
waarnemingen op:

2
Prik in de zijkant van een plastik bekertje een gat. Vul de beker met
water. Wat gebeurt er?

Probeer dit te verklaren met behulp van het begrip druk.

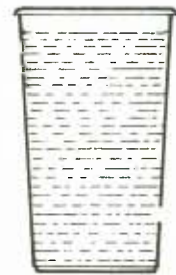
3
Houd met je vinger de bovenkant van een doorzichtig rietje dicht.
Duw het rietje onder water. Wat neem je waar?

Haal je vinger van het rietje. Wat gebeurt er?

Welke konklusie kun je uit deze proef trekken?

4
Vul een plastik bekertje opnieuw met water. Maak boven en onder in de
zijkant van het bekertje een gat. Wat neem je waar?

Kun je dat verklaren?



5
Vul een U-buis voor de helft met water.
Wat zie je?



U-buis van glas

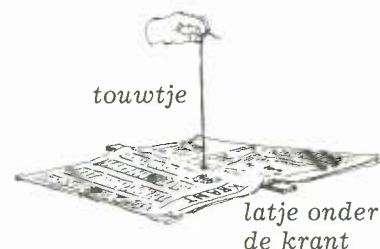
Giet op het linkerbeen olie. Wat neem je waar?

Probeer een verklaring te vinden voor de proef.

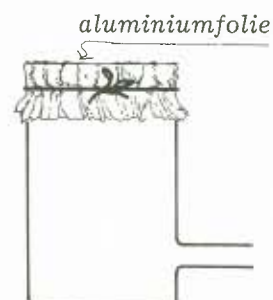
6
Bevestig een touw aan een latje. Spreid een krant uit over het latje. Prik een gat in de krant en steek het touw erdoor. Strijk de krant vlak. Trek nu aan het touw.

Waarneming:

Konklusie:



7
Bekijk de opstelling hiernaast.
Met een vacuümpomp wordt de lucht onder het aluminiumfolie weggezogen. Wat neem je waar?



Verklaring:

8
Sluit een U-buis met water aan op de aardgaskraan. Wat neem je waar?

Schrijf het hoogteverschil op: cm.

Probeer het verschil te verklaren.

P 3 De wet van Boyle en de wetten van Gay-Lussac

Inleiding

In deze paragraaf gaan we drie wetten voor gassen afleiden. Deze wetten heten: de wet van Boyle, de volumewet van Gay-Lussac en de drukwet van Gay-Lussac. Het praktikum is gesplitst in drie gedeelten. In elk gedeelte wordt een wet afgeleid.

A. De wet van Boyle

Je onderzoekt de relatie tussen de druk en het volume van een gas.

Inleiding

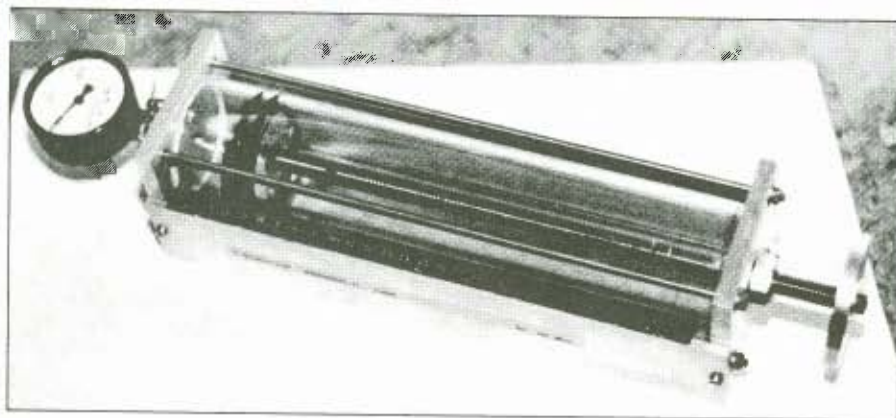
Druk de zuiger van een fietspomp, waarvan de slang is dichtgemaakt, omlaag.

Wat voel je?

Kennelijk wordt de druk van de lucht in de fietspomp groter. Wat is de oorzaak daarvan?

Bij het kleiner maken van het volume neemt de druk van de lucht in de fietspomp toe. Wat we niet weten is hoeveel de druk toeneemt. We gaan daarom de relatie tussen volume en druk bij een gas onderzoeken.

Bekijk het apparaat



In de buis zit een hoeveelheid lucht, afgesloten door een zuiger. Door de zuiger te verplaatsen kun je het volume van de lucht groter of kleiner maken. De drukmeter meet de druk van de lucht in de buis. Op de schaalverdeling die op de buis staat kun je het volume van de lucht in de buis aflezen.

Lees nu bij verschillende standen van de zuiger de druk en het volume van de lucht in de buis af. Vul je resultaten in de volgende tabel in:

volume in cm^3	druk in N/cm^2	druk x volume

Bereken daarna bij alle standen van de zuiger druk x volume en vul ook dit in de tabel in. Konklusie:

Laat tenslotte wat lucht uit de zuiger ontsnappen, terwijl het volume gelijk blijft. Wat gebeurt er dan met de druk?

Konklusie: druk maal volume zijn konstant mits

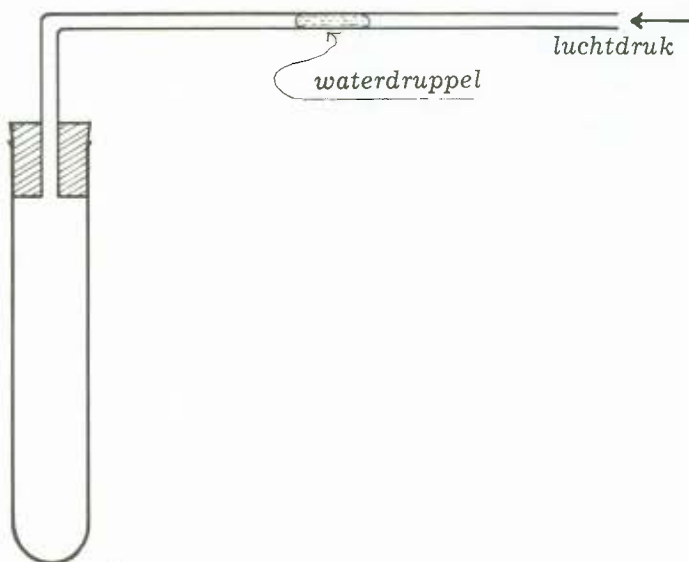
B. De volumewet van Gay-Lussac

Je onderzoekt de relatie tussen de temperatuur en het volume van een gas.

Inleiding

In blok 20 heb je gezien dat een gas uitzet bij temperatuurverhoging. Je weet nog niet hoeveel het volume van een gas groter wordt bij een bepaalde verhoging van de temperatuur. Met onderstaande proef gaan we dat onderzoeken. We gebruiken daarvoor een hoeveelheid lucht. Tijdens de proef moet je de druk van de hoeveelheid lucht konstant houden, want in onderdeel A heb je gezien dat de druk invloed heeft op het volume.

In de figuur hieronder zie je een toestel waarmee je de proef kunt doen. Je ziet een reageerbuis met daaraan een lange buis. De dunne buis is met een rubber-stop op de reageerbuis bevestigd. In de reageerbuis en in de dunne buis zit lucht. Deze hoeveelheid lucht is van de buitenlucht afgesloten door een druppel water. Deze druppel water kan zich in de buis verplaatsen.



Als de lucht in de reageerbuis door verwarming uitzet, duwt de luchtdruk de druppel water naar buiten. De druppel verschuift dan tot de druk in de reageerbuis weer gelijk is aan de luchtdruk buiten. Als de reageerbuis wordt afgekoeld, gebeurt het omgekeerde. De luchtdruk buiten blijft gelijk en door het verschuiven van de druppel blijft ook de druk in de reageerbuis konstant (gelijk aan de luchtdruk buiten). Het volume van de afgekoelde hoeveelheid lucht kan alleen maar veranderen als de temperatuur verandert.

Uitvoering van de proef.

In onderstaande figuur zie je de opstelling getekend. Op de dunne buis kun je het volume van de lucht in de reageerbuis en in het buisje aflezen. Bij de tekening staat een lijstje van het materiaal dat niet getekend is.

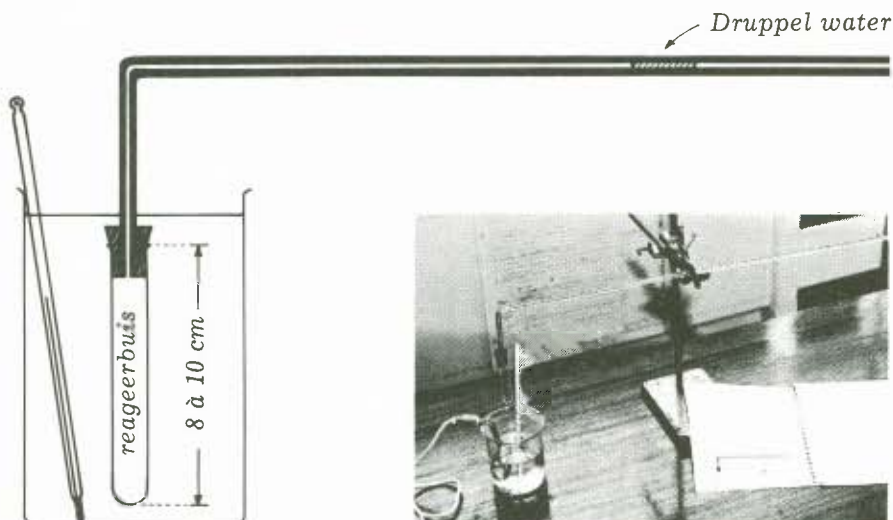


Foto van de opstelling

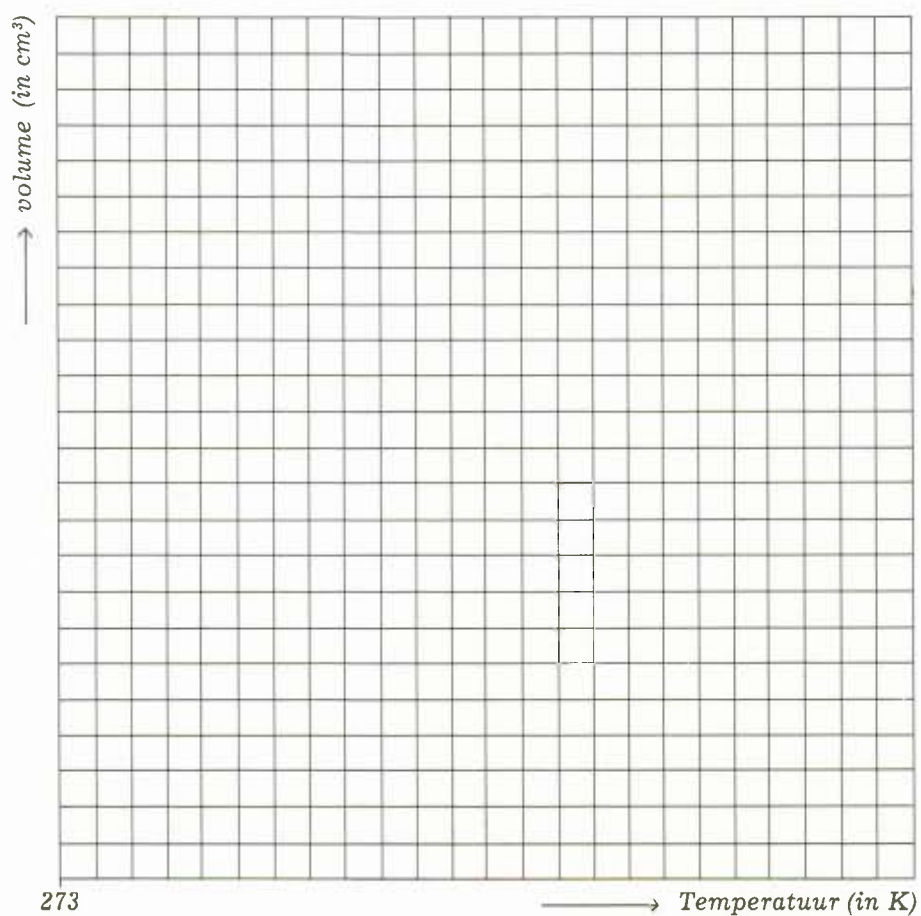
Verder heb je nodig:
verwarmingselement of brander
statief
statiefklem en kruisklem
injektiespuit met water

Vul je meetresultaten in in de eerste kolom van de volgende tabel:

temperatuur (in °C)	absolute temperatuur (in K)	volume (in cm ³)	$\frac{\text{volume}}{\text{absolute temperatuur}}$

Reken nu de temperatuur om van $^{\circ}\text{C}$ naar K.

Maak daarna van je metingen een grafiek in het onderstaande diagram.



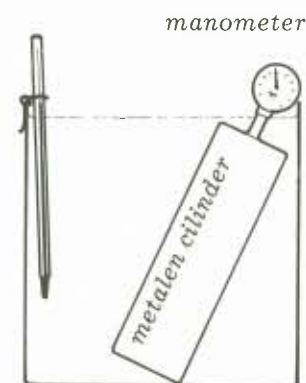
Konklusie:

Je onderzoekt de relatie tussen de temperatuur en de druk van een gas.

Wanneer de zon erg fel schijnt, mag je een fiets niet in het zonlicht zetten. Wat kan er namelijk met je fietsbanden gebeuren als de felle zon daarop schijnt?

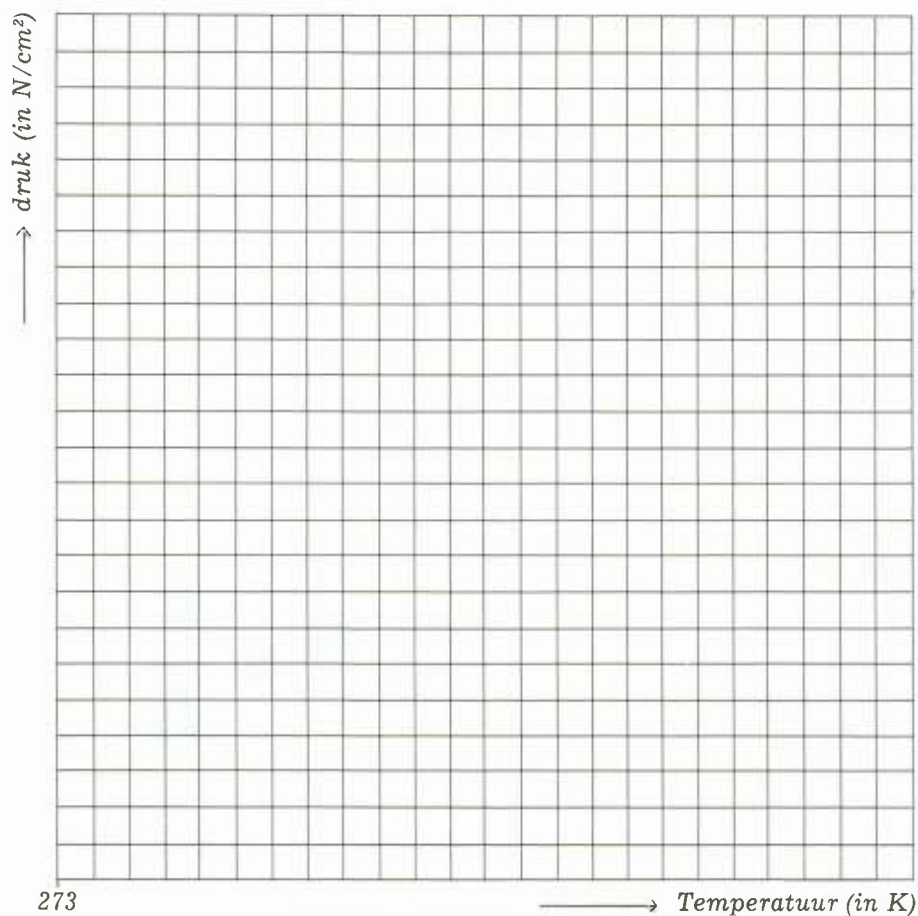
Uitvoering

Verwarm nu het water met een brander of met een dompelaar. Roer ondertussen goed met een roerstaaf. Lees steeds gelijktijdig de temperatuur en de druk van de afgesloten hoeveelheid lucht af. Je kunt bijvoorbeeld elke 5°C meten. Begin bij kamertemperatuur en ga door tot 95°C.



temperatuur (in °C)	absolute temperatuur (in K)	druk (in N/cm ²)	<div>druk</div> <div>absolute temperatuur</div>

Reken eerst de temperaturen om van °C naar K.
Maak daarna van je metingen een grafiek op het onderstaande grafiekenpapier.



Welke konklusie trek je uit de grafiek?

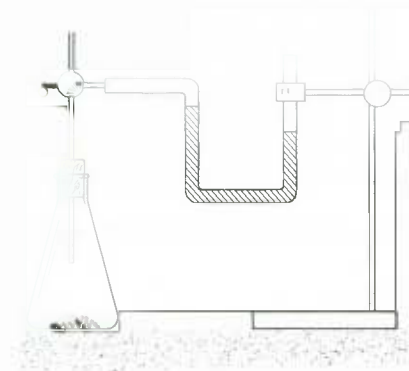
Bereken tenslotte bij alle metingen de druk gedeeld door de absolute temperatuur en vul ook dit in de tabel in.

Konklusie:

P 5 De dampdruk van water

De opstelling voor het experiment bestaat uit een erlenmeyer met stop en kraan. De erlenmeyer is aangesloten op een U-buis (zie figuur). In de fles bevindt zich een stof die waterdamp absorbeert (bijvoorbeeld silicagel). Sluit de erlenmeyer, gevuld met 'gewone lucht', aan op de vloeistofmanometer zodat de druk in de erlenmeyer gelijk is aan de luchtdruk in het lokaal. Breng dan ongeveer 5 g silicagel in het vat. Ga na wat er met de gasdruk gebeurt. Laat de silicagel minstens 5 minuten in de erlenmeyer.

Noteer je waarnemingen en probeer de proef te verklaren.



T 1 Kracht en oppervlakte

We gaan de proeven uit P 1 nader bekijken.

In proef 1 heb je gezien dat als je met een hamer op hout slaat, de hamer niet in het hout dringt. Als je met de hamer op een spijker slaat, dringt de spijker wel in het hout door. Het verschil zit in de oppervlakte waarop de kracht werkt. Het oppervlak van de hamer is veel groter dan dat van de spijker.

In de tweede proef zie je, dat als de kracht zich verdeelt over een groot oppervlak het effect gering is. Je ziet ook dat als de kracht zich over een klein oppervlak verdeelt, het effect groter is. Immers de krant met het zand bleef heel (groot oppervlak) en de krant met het gewicht scheurde (klein oppervlak).

Uit het voorgaande blijkt dat naast de grootte van de kracht ook het oppervlak waarop de kracht werkt van belang is.

Een grootheid waarin dat tot uiting komt, is de **druk**.

We spreken af dat we onder druk verstaan:

de kracht gedeeld door de oppervlakte.

In Formule: $p = \frac{F}{A}$ (de p is van het Engelse woord voor druk:

pressure; de A is van het Engelse woord voor oppervlakte: area).

De eenheid van druk is de eenheid van kracht gedeeld door de eenheid van oppervlakte: N/m^2 .

Een andere naam voor de N/m^2 is de Pascal. Meestal wordt Pascal afgekort tot Pa.

Dus $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Uit de formule voor druk zie je dat een grote kracht op een groot oppervlak dezelfde druk geeft als een kleine kracht op een klein oppervlak. Dat klopt met wat we in proeven vinden.

Met het begrip druk in gedachten kijken we naar een aantal voorbeelden. Het maakt een heel verschil of een dame op schoenen met platte hakken of met hoge hakken over een grindpad loopt. Kijk maar naar de sporen die de schoenen achterlaten. In het geval van de naaldhakken zijn die veel dieper. De kracht is in beide gevallen hetzelfde (het gewicht van de dame) maar de oppervlakte van de naaldhakken is kleiner. De druk door de naaldhakken is dus groter. Een ander voorbeeld is het verschil tussen een traktor met rupsbanden en een traktor zonder rupsbanden. De kracht is in beide gevallen hetzelfde. De oppervlakte van de rupsbanden is groter. De druk bij de rupsbanden is dus kleiner. Daardoor zakt de traktor met rupsbanden minder snel weg.

Bekijk nog eens de proef met de injectiespuiten. Om de zuigers in evenwicht te houden, kun je niet dezelfde kracht op de zuigers uitoefenen. Dat heb je waarschijnlijk wel gevoeld. Op de grote zuiger moet je een grotere kracht uitoefenen dan op de kleine zuiger. Je moet op de zuigers dezelfde druk uitoefenen. Kijk maar naar de formule $p = F/A$: voor dezelfde druk moet je een grote kracht op een groot oppervlak en een kleine kracht op een klein oppervlak uitoefenen.

Tenslotte nog twee rekenvoorbeelden:

1

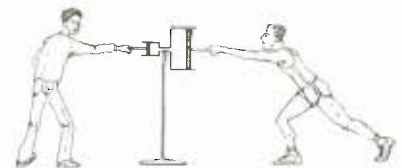
Als een blokje met een gewicht van 50 N en een onderoppervlak van $0,5 \text{ m}^2$ rust op een tafel, hoe groot is dan de druk die het uitoefent?

$G = 50 \text{ N}$

$A = 0,5 \text{ m}^2$

Dus $p = \frac{50 \text{ N}}{0,5 \text{ m}^2} = 100 \text{ Pa}$

$$p = \frac{F}{A}$$



.....grote kracht, groot oppervlak; kleine kracht, klein oppervlak.....

Omrekenen van eenheden

Vaak wordt als eenheid van druk $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ of $\frac{\text{N}}{\text{dm}^2}$ genomen.

Je moet deze eenheden in $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ en in elkaar kunnen omrekenen.

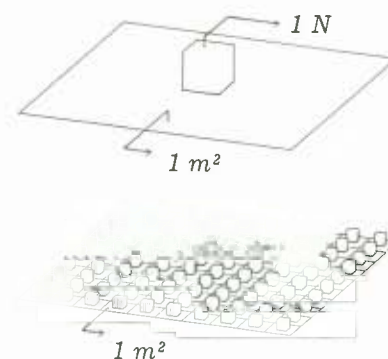
Reken $1 \frac{\text{N}}{\text{dm}^2}$ om in $1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Oplossing: $1 \frac{\text{N}}{\text{dm}^2} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ dm}^2}$

Je weet: $1 \text{ dm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$

Dus $\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ dm}^2} = \frac{1 \text{ N}}{0,01 \text{ m}^2}$ en

$\frac{1 \text{ N}}{0,01 \text{ m}^2} = 100 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ Pa}$.



1 N per m^2 komt overeen met 0,01 N per dm^2 .

T 2 Druk bij vloeistoffen en gassen

In P 2 heb je proeven gedaan waaruit blijkt dat druk ook voor vloeistoffen een belangrijke grootte is. Bij de twee zuigers die met water zijn gevuld, voel je het verschil tussen druk en kracht goed aan.

VLOEISTOFFEN

We zetten voor vloeistoffen de resultaten van het praktikum nog eens op een rijtje. Uit de proef met het plastic bekertje blijkt dat uit het gaatje onderin het water snel wegstroomt. Uit het bovenste gaatje loopt het water maar langzaam weg. Onderin wordt het water blijkbaar krachtiger weggeduwd. Dus:

Hoe dieper je onder een vloeistofoppervlak komt, hoe groter de druk wordt.

Denk ook maar eens aan het volgende: Bij het zwemmen neemt de druk op je oren toe naarmate je dieper onder water zwemt. Als je erg diep onder water zwemt, kan het zelfs pijnlijk worden.

Uit de proef met het plastic bekertje kunnen we nog iets leren. Het water stroomt langs de zijkant weg. Blijkbaar wordt er ook in die richting druk uitgeoefend.

Bij de proef met het rietje wordt het water naar boven gedrukt als je je vinger weghaalt. Het water oefent ook druk naar boven uit.

Dus: op een bepaalde plaats oefent een vloeistof druk uit in alle richtingen. De druk blijkt op één bepaalde plaats in alle richtingen even groot te zijn.

In de tekening hiernaast is de druk bij A in alle richtingen 11 N/cm^2 .

De eenheid van druk is (onder andere) N/cm^2 .

Een druk van bijvoorbeeld 3 N per cm^2 betekent dat er 3 N op een oppervlak van 1 cm^2 drukt. Het betekent dat op 1 cm^2 oppervlak bij B een kolom water drukt van 3 N . Om de druk in vloeistoffen te berekenen moet je dus uitrekenen hoeveel gewicht er op 1 cm^2 drukt.

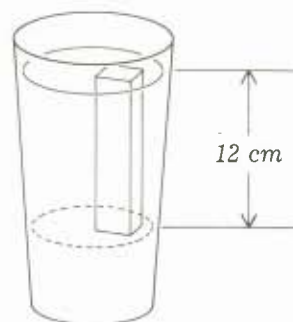
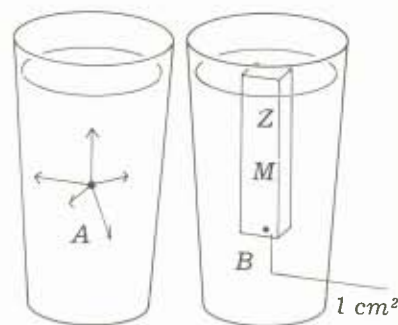
In het bekerglas hiernaast drukt op elke cm^2 van het gestippelde vlak een kolom water van 12 cm . De druk op vlak B is dan overal even groot. Dus:

Op twee plaatsen even diep onder de vloeistofspiegel heerst dezelfde druk. Deze regel heet de hoofdwet van de hydrostatica.

water loopt langzaam weg



water loopt snel weg, dus onderin is de druk groter



Opmerking: deze regel geldt alleen wanneer het gaat over twee plaatsen in **dezelfde** vloeistof.

Rechts is een vreemd soort glas getekend. Er zit water in. De stippellijn geeft een nivo van 10 cm onder de waterspiegel aan. Op B drukt een kolom van 10 cm water. Op A drukt een kolom van 5 cm water. Je zou dus denken dat de druk bij B groter is dan de druk bij A.

In dat geval zou de regel die hierboven staat niet kloppen. Maar ook nu blijkt die regel te kloppen. Wanneer je de druk zou meten, vind je dat ook bij A de druk gelijk is aan de druk van een kolom van 10 cm water. Het is niet zo eenvoudig in te zien waarom dat zo is. Je moet het voorlopig maar geloven.

Berekenen van vloeistof-druk

Hiernaast is weer een glas getekend dat gevuld is met water. De stippellijn bevindt zich 10 cm onder de vloeistofspiegel.

Hoe groot is nu de druk bij A die de vloeistofkolom uitoefent?

Je weet dat op elke cm^2 van vlak A een kolom water van 10 cm drukt.

Wanneer we nu het gewicht van die kolom berekenen weten we hoeveel N er per cm^2 drukt.

Rechts zie je een kolom water van 10 cm hoog en met een oppervlakte van 1 cm^2 . We berekenen eerst de massa, daarna kunnen we uit de massa het gewicht berekenen.

Massa:

massa = volume . dichtheid

$m = V \cdot \rho$

$V = 10 \text{ cm}^3$

$\rho = 1 \text{ g/cm}^3$

Invullen:

$m = 10 \cdot 1 \text{ g} = 10 \text{ g}$.

Gewicht:

$G = m \cdot g$ (m in kg)

Dus: $G = 0,01 \cdot 10 = 0,1 \text{ N}$

Dus op 1 cm^2 drukt een kolom van 0,1 N. De druk is dan: $p = 0,1 \text{ N/cm}^2$.

Een ander voorbeeld:

De buis hiernaast heeft een doorsnede van $2,0 \text{ cm}^2$. In de buis staat een kolom kwik met een lengte van 78 cm.

Bereken de druk die het kwik op de bodem uitoefent als gegeven is dat het gewicht van een kolom kwik van 1 cm hoogte en een doorsnede van 2 cm^2 0,27 N is.

Oplossing:

Een kolom met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 2 cm^2 weegt 0,27 N.

De gehele kolom van 78 cm weegt dan: $78 \cdot 0,27 \text{ N} = 21,06 \text{ N}$.

De druk die deze kolom uitoefent is:

$$\left. \begin{array}{l} p = \frac{F}{A} \\ F = 21,06 \text{ N} \\ A = 2,0 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow p = \frac{21,06}{2,0} \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 10,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

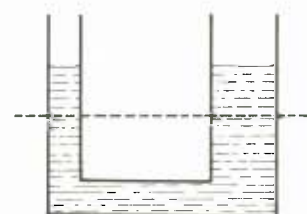
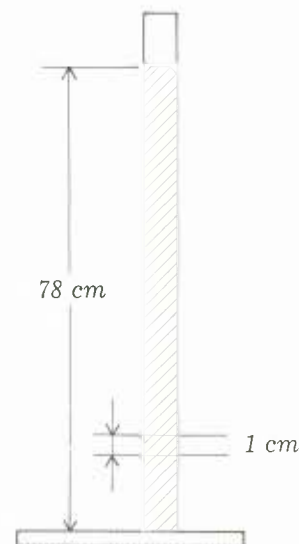
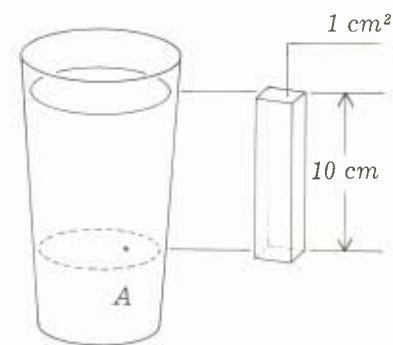
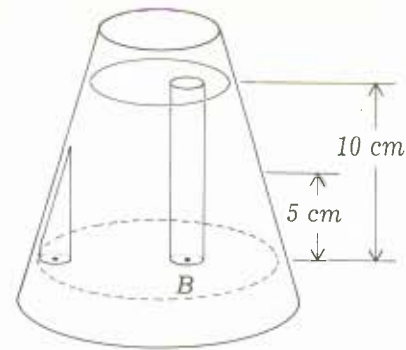
U-buis

In P 2 heb je gezien dat in de U-buis het water links en rechts in de benen van de U-buis even hoog gaat staan. Daarbij maakt het niet uit of het ene been dikker is dan het andere.

Dat het water even hoog gaat staan, kun je wel begrijpen. Kijk maar eens naar de stippellijn die hiernaast in de U-buis getekend is. In het linkerbeen drukt een even hoge kolom op de stippellijn als in het rechterbeen.

De druk links = de druk rechts.

Wanneer je in het linkerbeen water giet, dan gaat het water stromen tot de druk links weer gelijk is aan de druk rechts. In beide benen staat het water dan weer even hoog.



Je ziet in de tekening hiernaast de stippellijn zo getekend, dat hij nog net door het water gaat. Je zult dit zelf bij vraagstukken nog vaak zo moeten doen. Kies altijd de stippellijn zo hoog mogelijk, zodat hij nog net door één vloeistof gaat. Gaat hij door twee verschillende vloeistoffen, dan mag je de hoofdwet van de hydrostatica niet toepassen.

Gassen

Gassen oefenen druk uit. Net als bij vloeistoffen is de druk op een bepaalde plaats in alle richtingen even groot. Lucht is een mengsel van gassen (o.a. zuurstof en stikstof). Lucht oefent dus ook een druk uit. We spreken dan van luchtdruk.

Dat lucht druk uitoefent, voelde je bij de proef met de krant. Bij de proef met het aluminiumfolie, scheurt het folie wanneer je de lucht aan één kant wegzuigt.

Gasdruk meet je met een manometer. Een voorbeeld van de manometer is de U-buis.

Als je de U-buis via een slang op de aardgaskraan aansluit, zie je een hoogteverschil (zie tekening). Je weet dat ter hoogte van de stippellijn geldt:

$$P_{\text{links}} = P_{\text{rechts}}$$

Links drukt alleen het gas: p_{gas} .

Rechts drukt de lucht en de kolom water: $p_{\text{lucht}} + p_{\text{water}}$.

Wanneer je de luchtdruk weet en het hoogteverschil meet, kun je de druk van het gas berekenen.

De U-buis kun je ook vullen met kwik. De druk van het gas kun je dan berekenen door uit te rekenen hoeveel druk de kolom kwik uitoefent op de stippellijn.

Omdat vroeger veel met de zogenoemde kwikmanometers werd gewerkt, spreken we nu nog wel van een druk van cm kwikdruk (afkorting: cm Hg).

Een manometer die speciaal ontworpen is om de luchtdruk te meten, noemen we een barometer.

Misschien hangt er thuis of in de klas wel één.

De luchtdruk wordt vaak opgegeven in bar en milli-bar.

De luchtdruk schommelt zo rond de 1000 millibar. Om een indruk te geven: 1 bar = 10^5 Pa.

Hydraulische pers * (alleen voor D-leerlingen)

Van het principe van een U-buis wordt veel gebruik gemaakt.

De antwoorden van W 1 opgave 7 en W 2 opgave 4 maken je duidelijk waarom.

De **druk** in een vloeistof is op dezelfde hoogte overal gelijk, maar de **kracht** hangt af van het **oppervlak** waarop die kracht wordt uitgeoefend.

De druk op zuiger 1 kunnen we berekenen met: $p_1 = \frac{F_1}{A_1}$

de druk op zuiger 2 vinden we met: $p_2 = \frac{F_2}{A_2}$

maar omdat in kolom 1 en 2 op gelijke hoogte de druk in de vloeistof overal gelijk is geldt:

$$p_1 = p_2 \text{ en dus: } \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ of } \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

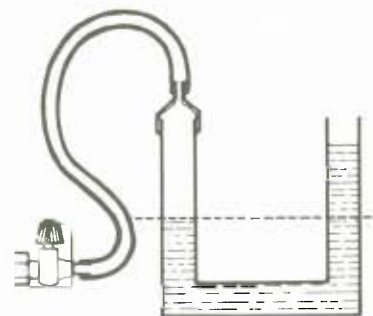
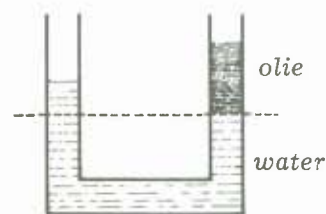
We geven hiervan twee bekende voorbeelden:

1. Hydraulisch remsysteem in een auto:

Bij remmen drukt het rempedaal een zuiger in. Deze is via een dunne remleiding verbonden met de hoofdremcilinder en van daaruit lopen remleidingen naar de remcilinders aan de vier wielen.

Remcilinders en -leidingen zijn gevuld met olie: de kracht van het rempedaal wordt dus direct overgebracht naar de remcilinders.

Bovendien: de remcilinder onder het rempedaal heeft een klein



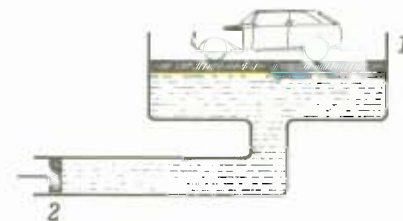
Bij een lagedrukgebied is de druk belangrijk lager dan 1 bar.
Bij een hogedrukgebied is de druk belangrijk hoger.

oppervlak, die bij de wielen een groter oppervlak. Er geldt dus: klein oppervlak → kleine kracht en groot oppervlak → grote kracht.

2. Hydraulische krik of pers:

Hierbij wordt op dezelfde manier als hierboven gebruik gemaakt van de verhouding van oppervlaktes en krachten:

Je zet de zware auto op het grote oppervlak en gaat zelf duwen tegen het kleine oppervlak met als gevolg klein oppervlak → kleine kracht en groot oppervlak → grote kracht.



Voorbeeld: Een auto met $m = 1300 \text{ kg}$ staat op een hefbrug waarvan $A_1 = 6 \text{ m}^2$.

Met welke kracht moet jij duwen op een oppervlak $A_2 = 5 \text{ cm}^2$ om de auto omhoog te krijgen?

Oplossing: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{13\,000 \text{ N}}{6 \text{ m}^2} = \frac{F_2}{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$

N.B. ($5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,0005 \text{ m}^2$)

$$\rightarrow F_2 = \frac{13\,000 \text{ N} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{6 \text{ m}^2} = 1,1 \text{ N}$$

Je ziet dat zo'n hefbrug een aantrekkelijk hulpmiddel is, de kracht die jij nu moet uitoefenen is erg klein!

T 3 De wet van Boyle en de wetten van Gay-Lussac

Inleiding

Met de proeven van P3 zijn drie verschillende wetten voor gassen afgeleid. In deze paragraaf staan de wetten nog een precies geformuleerd. Ook kun je in deze paragraaf lezen onder welke voorwaarde elke wet geldt en hoe de bijbehorende grafiek eruit ziet. Verder wordt bij elke wet een rekenvoorbeeld gegeven.

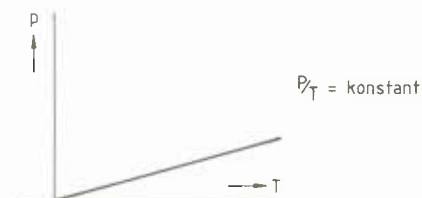
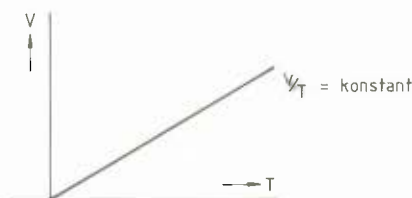
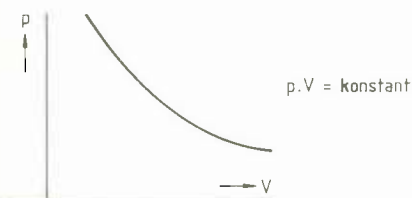
A. De wet van Boyle

In het praktikum heb je het volume van een afgesloten hoeveelheid lucht kleiner gemaakt. Hierdoor wordt de druk van die lucht groter.

Door de druk en het volume te gaan meten heb je gevonden dat de druk maal het volume konstant is. Dit geldt niet alleen voor lucht, maar voor elk gas. Aan het eind van de proef heb je wat lucht laten ontsnappen. Op dat moment bleek druk maal volume niet meer konstant te zijn.

Voorwaarde is dus dat de hoeveelheid gas niet verandert. Ook de temperatuur mag tijdens de proef niet veranderen. Dus:

De druk maal het volume van een gas is konstant, als de temperatuur en de hoeveelheid gas niet veranderen.



De grafieken van de gaswetten.

We noemen deze regel **de wet van Boyle**

Korter geformuleerd: $p \cdot V$ is konstant als de temperatuur en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Je gebruikt deze wet in situaties waarin druk en volume veranderen. Je weet dan dat druk maal volume voor de verandering gelijk is aan druk maal volume erna.

Je kunt dus de wet van Boyle ook schrijven als:

$$\begin{array}{ccc} (p \cdot V)_{\text{begin}} & = & (p \cdot V)_{\text{eind}} \\ \text{voor de verandering} & & \text{na de verandering} \end{array}$$

Rekenvoorbeeld:

Een afgesloten hoeveelheid gas heeft een druk van 20 N/cm^2 en een volume van 50 cm^3 . We persen het gas samen tot 25 cm^3 , terwijl de temperatuur gelijk blijft. Hoe groot wordt de druk?

Oplossing:

Omdat het hier gaat om een afgesloten hoeveelheid gas en de temperatuur gelijk blijft, mogen we de wet van Boyle toepassen.

Omdat $p \cdot V$ konstant is, geldt dat $p \cdot V$ voor het samenpersen gelijk is aan $p \cdot V$ na het samenpersen:

$$\begin{aligned} (p \cdot V)_{\text{begin}} &= (p \cdot V)_{\text{eind}} \\ p_{\text{begin}} &= 20 \text{ N/cm}^2 \\ V_{\text{begin}} &= 50 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{eind}} &= 25 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Invullen:

$20 \text{ N/cm}^2 \cdot 50 \text{ cm}^3 = p_{\text{eind}} \cdot 25 \text{ cm}^3$ (let op dat je links en rechts dezelfde eenheden gebruikt).

Dus:

$$p_{\text{eind}} = \frac{20 \cdot 50}{25} \text{ N/cm}^2 = 40 \text{ N/cm}^2$$

De druk wordt dus 40 N/cm^2

B. De volumewet van Gay-Lussac

In onderdeel B van het praktikum heb je de temperatuur van een hoeveelheid lucht verhoogd, terwijl de druk gelijk bleef. Hierdoor wordt het volume van die lucht groter. Door de temperatuur en het volume te meten heb je gevonden dat het volume gedeeld door de absolute temperatuur konstant is. Dit geldt niet alleen voor lucht, maar voor elk gas.

Tijdens de uitvoering van de proef is ervoor gezorgd dat de druk van de hoeveelheid lucht gelijk bleef. Ook heb je gewerkt met een vaste hoeveelheid lucht (er is geen lucht bijgekomen of afgegaan). Dus:

Het volume gedeeld door de absolute temperatuur van een gas is konstant, als de druk en de hoeveelheid gas niet veranderen.

We noemen deze regel de **volumewet van Gay-Lussac**.

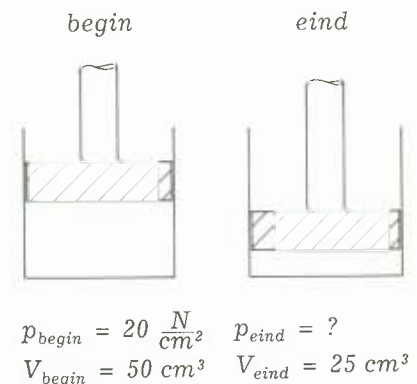
Korter geformuleerd: $\frac{V}{T}$ is konstant als de druk en de hoeveelheid gas niet veranderen.

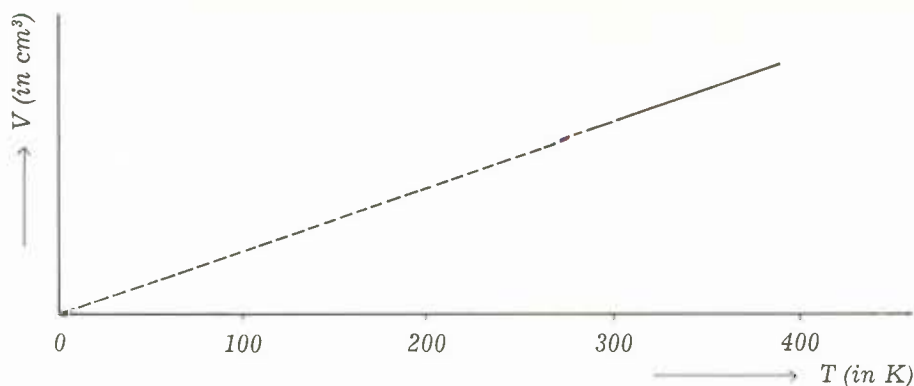
Net als bij de wet van Boyle kun je ook schrijven:

$$\left(\frac{V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{V}{T}\right)_{\text{eind}}$$

V en T in een grafiek:

In het praktikum heb je het verband tussen het volume en de temperatuur in een diagram weergegeven. Je vindt daarbij een rechte lijn. In het diagram hieronder is het verband tussen het volume V en de absolute temperatuur T uitgezet. Het getrokken gedeelte heb je zelf in het praktikum gemeten. Bij het gestippelde gedeelte heb je zelf in het praktikum gemeten. Het gestippelde gedeelte is de grafiek doorgetrokken (dat heet extrapoleren) naar lagere temperaturen.





Bij het doortrekken van de grafiek kom je uit bij 0 K: de laagst mogelijke temperatuur (zoals je in blok 20 hebt geleerd). Je ziet dat de grafiek een rechte lijn door de oorsprong is. Dit betekent dat het volume evenredig is met de absolute temperatuur als de druk en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Ook met de volumewet van Gay-Lussac kun je weer allerlei berekeningen maken. Een rekenvoorbeeld: 500 cm³ stikstofgas heeft een temperatuur van 300 K. Terwijl de druk en de hoeveelheid gas gelijk blijven, verhogen we de temperatuur tot 600 K. Wat wordt nu het volume?
Oplossing: Omdat de druk en de hoeveelheid stikstofgas gelijk blijven, mogen we de volumewet van Gay-Lussac toepassen. Omdat V/T konstant is, geldt dat V/T vóór het verwarmen gelijk is aan V/T na het verwarmen:

$$\left(\frac{V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{V}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$\frac{500 \text{ cm}^3}{300 \text{ K}} = \frac{V_{\text{eind}}}{600 \text{ K}}$$

Je gebruikt links en rechts weer dezelfde eenheden.

$$V_{\text{eind}} = \frac{500 \cdot 600 \text{ cm}^3}{300} = 1.000 \text{ cm}^3$$

Het volume wordt dus 1.000 cm³.

C. De drukwet van Gay-Lussac

In onderdeel C van het praktikum heb je de temperatuur verhoogd van een hoeveelheid lucht, terwijl het volume gelijk bleef. Hierdoor wordt de druk van die lucht groter. Je kunt dit weer schrijven als:

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p}{T}\right)_{\text{eind}}$$

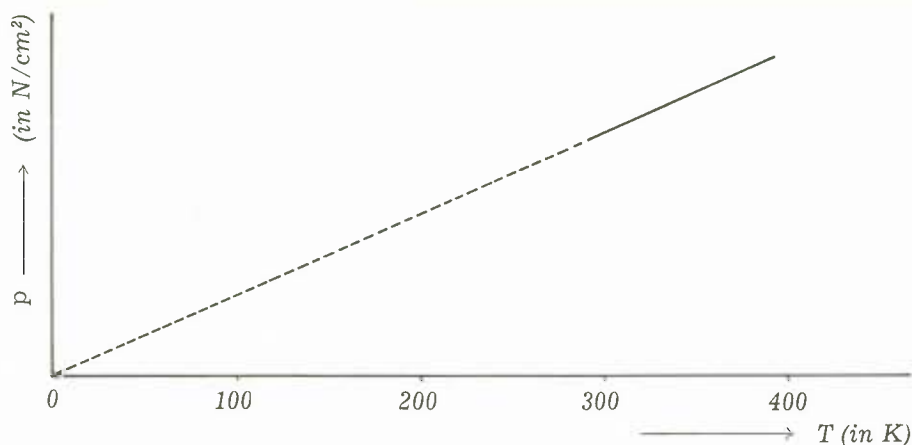
Door de temperatuur en de druk te meten heb je gevonden dat de druk gedeeld door de absolute temperatuur konstant is. Dit geldt niet alleen voor lucht, maar voor elk gas. Voorwaarde daarbij is wel dat het volume en de hoeveelheid gas niet veranderen. Dus:

De druk gedeeld door de absolute temperatuur van een gas is konstant, als het volume en de hoeveelheid gas niet veranderen.

We noemen deze regel de **drukwet van Gay-Lussac**

Korter geformuleerd: $\frac{p}{T}$ is konstant als het volume en de hoeveelheid gas niet veranderen.

In het praktikum heb je het verband tussen de druk en de temperatuur in een grafiek weergegeven. Je vindt daarbij een rechte lijn. In het diagram op de volgende bladzijde is het verband tussen de druk p en de absolute temperatuur T uitgezet. Het getrokken gedeelte heb je zelf in het praktikum gemeten.



Bij het doortrekken van de grafiek (stippellijn) kom je weer uit bij 0 K. Je ziet dat de druk evenredig is met de absolute temperatuur als het volume en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Een rekenvoorbeeld:

Een hoeveelheid gas heeft een druk van 1,4 bar en een temperatuur van 350 K. We verhogen de temperatuur tot 450 K, terwijl het volume gelijk blijft. Wat wordt nu de druk van het gas?

Oplossing: Omdat het volume en de hoeveelheid gas niet veranderen, mogen we de drukwet van Gay-Lussac toepassen.

Omdat $\frac{p}{T}$ konstant is, geldt dat $\frac{p}{T}$ voor het verwarmen gelijk is aan $\frac{p}{T}$ na het verwarmen:

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$\frac{1,4 \text{ bar}}{350 \text{ K}} = \frac{p_{\text{eind}}}{450 \text{ K}}$$

$$p_{\text{eind}} = \frac{1,4 \cdot 450}{350} \text{ bar} = 1,8 \text{ bar}$$

De druk wordt dus 1,8 bar.

Je gebruikt links en rechts weer dezelfde eenheden.

T 4 De algemene gaswet

De wetten die je in T 3 hebt gezien zijn te combineren tot de algemene gaswet. Deze wet is in alle gevallen te gebruiken. Ook wanneer p, T en V alle drie veranderen. Omdat de algemene gaswet een combinatie is van de wetten van Gay-Lussac en de wet van Boyle, wordt hij wel de wet van Boyle-Gay Lussac genoemd.

De algemene gaswet

De algemene gaswet luidt: $\frac{p \cdot V}{T}$ is konstant, als de hoeveelheid gas konstant blijft.

Je kunt ook schrijven: $\left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{eind}}$

Voorbeeld:

Als de zuiger van de hiernaast getekende fietspomp omhoog staat, is het volume onder de zuiger 2,5 dm³. We houden de slang dicht en duwen de zuiger naar beneden.

Het volume onder de zuiger wordt dan 0,5 dm³.

De temperatuur van de lucht stijgt van 20,0°C naar 25,0°C. De luchtdruk buiten is 10 N/cm². Wat is de druk van de lucht onder de zuiger als deze naar beneden geduwd is?



Oplossing:

Je moet hier de algemene gaswet gebruiken, want zowel T als V en p veranderen.

$$\left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$p_{\text{begin}} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \text{ (gelijk aan de luchtdruk)}$$

$$V_{\text{begin}} = 2,5 \text{ dm}^3$$

$$T_{\text{begin}} = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$$

$$V_{\text{eind}} = 0,5 \text{ dm}^3$$

$$T_{\text{eind}} = (25 + 273) \text{ K} = 298 \text{ K}$$

Invullen:

$$\frac{10 \cdot 2,5}{293} = \frac{p_{\text{eind}} \cdot 0,5}{298}$$

dus: $p_{\text{eind}} = 51 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ (de eenheid is $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ omdat p_{begin} ook in $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ is ingevuld).

Voorbeeld

In een vat met een volume van 1,0 l zit een gas met een temperatuur van 20,0°C.

Het vat wordt afgesloten met een beweegbare zuiger. De luchtdruk is 10 N/cm². Het vat wordt verwarmd tot 150 °C. De zuiger wordt vastgehouden bij een volume van 1,2 l. Wat is de nieuwe druk?

Oplossing:

Ook hier **moet** je weer de algemene gaswet gebruiken, want zowel p als V en T veranderen weer.

$$\left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$p_{\text{begin}} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$V_{\text{begin}} = 1,0 \text{ l}$$

$$T_{\text{begin}} = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$$

$$V_{\text{eind}} = 1,2 \text{ l}$$

$$T_{\text{eind}} = (150 + 273) \text{ K} = 423 \text{ K}$$

Invullen:

$$\frac{10 \cdot 1,0}{293} = \frac{p_{\text{eind}} \cdot 1,2}{423}. \text{ Dus } p_{\text{eind}} = 12 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

Het verband tussen de algemene gaswet en de wetten van Gay Lussac en de wet van Boyle.

De algemene gaswet luidt: $\frac{p \cdot V}{T}$ is konstant, wanneer de hoeveelheid gas niet verandert.

Stel nu, dat V ook nog eens konstant is. Dan kan V dus verder uit de formule.

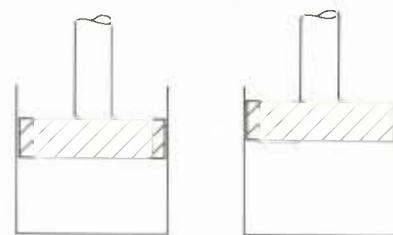
En dan kun je schrijven: $\frac{p}{T}$ is konstant.

Dit is de drukwet van Gay Lussac.

Zo kun je p ook konstant houden. Dan gaat de algemene gaswet over in: $\frac{V}{T} = \text{konstant}$. Dit is de volumewet van Gay Lussac.

En dan kun je nog T konstant houden, zodat de algemene gaswet overgaat in: $p \cdot V$ is konstant. Dit is de wet van Boyle.

De algemene gaswet mag je altijd gebruiken, want de wetten van Gay Lussac en de wet van Boyle zijn elk een bijzonder geval van de algemene gaswet. Voorwaarde is dan wel, dat p en T en V alle drie gegeven zijn. Als dat niet het geval is dan moet je een van de andere wetten gebruiken.



$$\begin{array}{ll} p_{\text{begin}} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} & p_{\text{eind}} = ? \\ V_{\text{begin}} = 1,0 \text{ l} & V_{\text{eind}} = 1,2 \text{ l} \\ T_{\text{begin}} = 293 \text{ K} & T_{\text{eind}} = 423 \text{ K} \end{array}$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$$

$$\frac{p}{T} = \text{konstant}$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$$

T 5 Het weer

De gassen die in de dampkring voorkomen bepalen het soort weer dat er heerst. De dampkring bestaat voor het grootste gedeelte uit de gassen stikstof ($\pm 80\%$) en zuurstof ($\pm 20\%$). De overige gassen komen slechts in zeer geringe hoeveelheden voor. (Zie tabel.) Toch zijn die andere gassen juist belangrijk voor het weer en het klimaat. Koolstofdioxide (CO_2) bijvoorbeeld is een gas dat planten nodig hebben om te groeien. Dit gas veroorzaakt ook een zogenaamd broeikas effect: koolstofdioxide laat wel het invallende zonlicht door, maar houdt de warmtestraling van de aarde tegen. Als de hoeveelheid koolstofdioxidegas stijgt door verbranding van brandstoffen zal de atmosfeer gemiddeld warmer worden. Ozon houdt schadelijke ultraviolette straling tegen. En de geringe hoeveelheid waterdamp zorgt voor weersverschijnselen als sneeuw, wolken, regen enz.

De waterdamp in de lucht is onzichtbaar omdat waterdamp net als stikstof en zuurstof licht ongehinderd doorlaat. De hoeveelheid waterdamp die in lucht kan zitten is echter niet onbeperkt. Als er te veel waterdamp in de lucht zit condenseert die tot kleine druppeltjes. Omdat de druppeltjes vaak kleiner zijn dan $0,01 \text{ cm}$ blijven ze min of meer in de lucht zweven. Deze kleine druppeltjes kun je zien in de vorm van wolken.

De hoeveelheid waterdamp die in de lucht kan zitten hangt af van de temperatuur van de lucht. In warme lucht kan veel waterdamp zitten, in koude lucht weinig. In de grafiek hiernaast zie je hoeveel waterdamp er kan zitten in lucht van een bepaalde temperatuur.

Als warme lucht met veel waterdamp door een of andere oorzaak afkoelt zal die lucht steeds minder waterdamp kunnen bevatten. Bij een bepaalde temperatuur is de lucht helemaal verzadigd met waterdamp. Deze temperatuur noemen we het dauwpunt van die lucht. Als die lucht dan nog verder wordt afgekoeld condenseert de waterdamp in waterdruppeltjes en ontstaan er wolken. Als de afkoeling gebeurt doordat de lucht strijkt langs koude grond of boomtakken, ontstaan er druppeltjes op de grond of takken: dauw.

Vandaar ook de naam dauwpunt.

Als de temperatuur nog verder daalt en tot onder nul graden Celsius zakt kunnen de waterdruppeltjes bevriezen. Omdat de temperatuur van de lucht daalt naarmate je hoger komt, komt het vaak voor dat wolken niet bestaan uit waterdruppeltjes maar uit kleine ijskristalletjes. Deze ijskristalletjes kunnen gemakkelijk groeien en aan elkaar blijven plakken. Daardoor worden ze op een gegeven moment zo zwaar dat ze niet meer in de lucht blijven zweven maar naar beneden vallen.

Door botsingen met andere druppeltjes en ijskristallen groeien ze nog verder aan. Als het koud genoeg is, blijven de ijskristalletjes bestaan tot ze op de grond zijn: dan sneeuwt het. Meestal is de atmosfeer in lagere luchtlagen zo warm dat de kristallen smelten: dan regent het. Praktisch alle regen begint in de vorm van ijskristallen.

Dauw ontstaat doordat warme lucht met veel waterdamp langs de koude grond stroomt. Rijp ontstaat op dezelfde manier. De grond is dan zo koud, dat de dauw befrist. Als rijp zich afzet op bomen kan het totale gewicht zo groot worden dat takken afbreken.

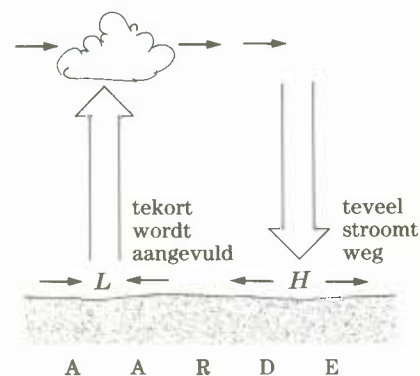
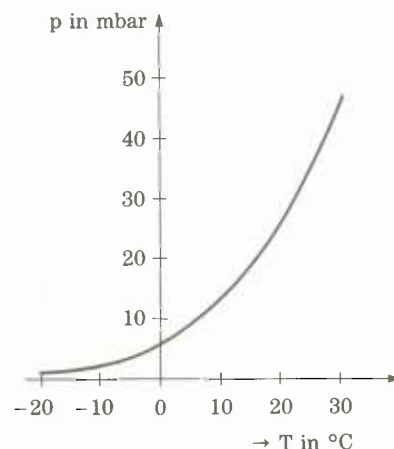
Voor wolkenvorming is het essentieel dat warme lucht afkoelt, bijvoorbeeld door omhoog te stijgen of door menging met koude lucht. Hieruit blijkt al dat de luchtlagen steeds in beweging zijn. In principe kun je twee soorten bewegingen van luchtlagen onderscheiden: verticale en horizontale.

Verticale luchtbewegingen ontstaan als volgt: Op een bepaalde plaats wordt de aarde sterk opgewarmd, bijvoorbeeld omdat daar de zon schijnt en omdat op die plaats het aardoppervlak snel opwarmt. In het algemeen kun je zeggen dat landoppervlakten snel opwarmen in tegenstelling tot wateroppervlakten.

De lucht vlak boven zo'n sterk verwarmde aarde wordt verwarmd en zet uit. Dezelfde massahoeveelheid lucht neemt dus een groter volume in. De dichtheid van een warme luchtbel is dan ook lager dan die van een koude luchtbel. Vandaar dat warme lucht opstijgt in koude lucht. Op dezelfde manier daalt lucht op koude plaatsen. Zo ontstaan verticale luchtstromingen.

Samenstelling dampkring

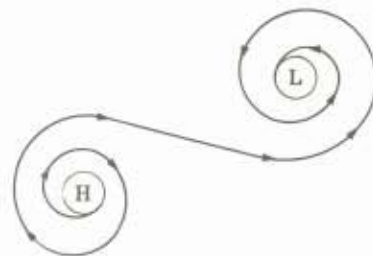
gas	%
N_2	78,09
O_2	20,95
Ar	0,93
CO_2	0,03
Ne	$18 \cdot 10^{-4}$
He	$5,2 \cdot 10^{-4}$
CH_4	$2,2 \cdot 10^{-4}$
Kr	$1 \cdot 10^{-4}$
NO	$1 \cdot 10^{-4}$
H_2	$0,5 \cdot 10^{-4}$
Xe	$0,8 \cdot 10^{-5}$



Horizontale luchtstromingen ontstaan weer als gevolg van deze verticale stromingen. Als op een warme plaats de lucht opstijgt zal er aan de grond minder lucht overblijven en daalt daar de luchtdruk. We spreken van een lagedrukgebied of een depressie. Omdat in stijgende lucht wolkenvorming optreedt zijn depressies vaak voorbodes van slecht weer. Op plaatsen waar de lucht daalt, stijgt de luchtdruk dicht bij de grond. Dalende lucht wordt steeds warmer en kan steeds meer waterdamp bevatten. Wolken lossen dan op. Hogedrukgebieden brengen dan ook vaak wolkenloze hemels met zich mee.

Als een hogedrukgebied en een lagedrukgebied bij elkaar in de buurt liggen zal er lucht stromen van het hogedrukgebied naar het lagedrukgebied. Dat is een horizontale luchtverplaatsing die we voelen als wind.

Door de draaiing van de aarde stroomt de lucht niet direct van het hogedrukgebied naar de depressie, maar volgt een spiraalweg. Op het noordelijk halfrond spiraalt de wind met de wijzers van de klok mee om een hogedrukgebied en tegen de wijzers in rond een depressie.



Vragen

Buiten is het koud. In de woonkamer is het warm. De ruiten 'beslaan', d.w.z. er vormen zich kleine druppeltjes op de ruiten. Zitten die druppeltjes aan de buitenkant of aan de binnenkant?

Het water van de druppeltjes bevond zich eerst als waterdamp in de lucht.

Leg uit hoe het komt dat bij de ruit wél en ergens anders níet die druppeltjes ontstaan.

Hoe verklaar je dat dubbele ramen minder snel beslaan dan enkele ramen?

T 6 Luchtverontreiniging

In T 5 heb je geleerd dat de lucht om ons heen een wisselende samenstelling heeft doordat de (kleine) hoeveelheid waterdamp regelmatig verandert.

Daarnaast komen er kleine hoeveelheden verschillende andere stoffen voor die men vanwege het schadelijke effect luchtverontreiniging noemt.

Luchtverontreiniging kan gasvormig zijn (zwaveldioxide, stikstofdioxiden) of vast (roet, vliegias).

Zwaveldioxide (SO_2) en stikstofdioxiden (NO_x) kunnen met de aanwezige hoeveelheid water in de lucht reageren en zuren vormen. Op deze manier ontstaat zure regen. Luchtverontreiniging komt hoofdzakelijk vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen (kolen, olie, benzine) in elektrische centrales, verwarmingsinstallaties, motoren en bij de afbraak (ammoniak) van dierlijke mest.

De zeer kleine vaste deeltjes roet en vliegias kunnen heel lang in de lucht blijven zweven. Ze bevorderen onder andere mistvorming doordat deze microscopisch kleine deeltjes optreden als condensatiekernen.

Luchtverontreiniging kan ademhalingsproblemen opleveren en de zure regen kan bijdragen tot bodem- en drinkwaterverontreiniging. Vooral naaldbomen hebben te lijden van zure regen. Daarnaast verzuren veel meren en vennen.

Corrosie en verwerking

Onedele metalen, vooral ijzer, roesten snel in vochtige lucht.

Bovendien lossen onedele metalen en kalk (diverse soorten natuursteen) op in zuren, waardoor roestvorming (corrosie) en verwerking van natuursteen in verontreinigde lucht nog sneller gaat.

Ijzer is te beschermen door een laklaag. Steensoorten zijn meestal niet afdoende te beschermen.

Blok 21 Werkblad

W 1 Kracht en oppervlak

1

Waarom legt men een ladder of een plank op het ijs als men iemand uit het wak haalt?

2

Waarom is een punaise aan één kant heel scherp, terwijl de andere kant juist een groot oppervlak heeft?

3

Moerasvogels zijn geen zwemvogels. Toch hebben ze vliezen tussen hun tenen. Waarom zou dat zijn?

4

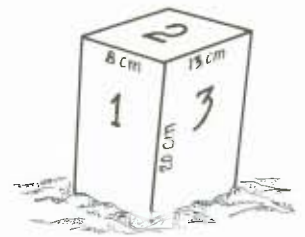
Een vrachtauto heeft zes wielen en weegt 30.000 N. Het oppervlak waarmee één wiel op de grond staat is 600 cm².

- Hoe groot is het totale oppervlak waarmee de vrachtauto op de grond staat?
- Hoe groot is de druk, die de vrachtauto op de grond uitoefent?

5

Een blok koper ligt in het zand. De afmetingen staan in de figuur hiernaast. De massa van het blok is 16 kg.

- Wat is het gewicht van het blok?
- Wat is de druk die het blok op het zand uitoefent als kant 1 onder ligt?
- Wat is de druk als kant 2 onder ligt?
- Wat is de druk als kant 3 onder ligt?
- In welke gevallen b, c of d zakt het blok het verst weg in het zand?



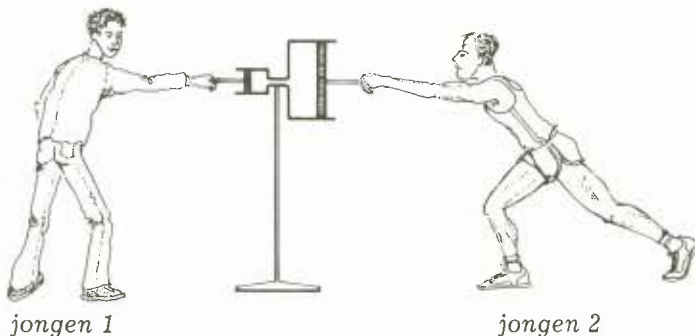
6

Een personenauto van 800 kg oefent op de weg een druk uit van 20000 N/m².

- Bereken de totale oppervlakte waarmee de auto op de weg staat.
- Bereken ook de oppervlakte waarmee één wiel op de grond staat.

7

Twee jongens duwen allebei tegen een zuiger (zie tekening). Het oppervlak van de ene zuiger is 10 maal zo groot als dat van de andere. Jongen 1 duwt met een kracht van 30 N tegen de kleine zuiger. Hoe groot is de kracht die jongen 2 moet uitoefenen om de druk van de kleine zuiger tegen te werken?



8

Reken in elkaar om:

- 2000 Pa in $\frac{\text{N}}{\text{dm}^2}$
- 500 Pa in $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$

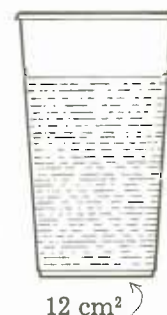
9

Een kist staat op de grond. Hij weegt 150 kg. De oppervlakte van het ondervlak is $0,3 \text{ m}^2$. Bereken de druk in

- N/m^2
- N/dm^2
- Pa
- N/cm^2



$$A = 0,3 \text{ m}^2$$



10

In een glas water zit $0,1 \text{ dm}^3$ water. De oppervlakte van de bodem bedraagt 12 cm^2 . Bereken de druk die het water op de bodem uitoefent.

(De dichtheid van water is 1 kg/dm^3)

W 2 Druk bij vloeistoffen en gassen

1

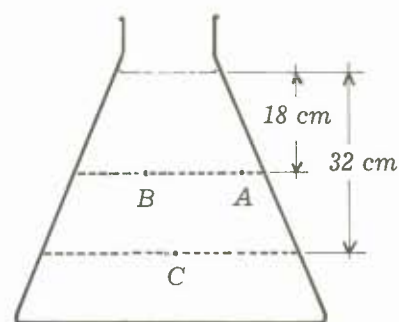
Hiernaast is een erlenmeijer met water getekend. Bereken de druk bij A, B en C als gegeven is dat een kolom water met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 1 cm^2 $0,010 \text{ N}$ weegt.

2

In P2 proef 8 heb je de druk van aardgas gemeten. Bereken met het hoogteverschil de druk van het gas.

$$p_{\text{lucht}} = 10 \text{ N/cm}^2$$

Een kolom water van 1 cm hoogte met een doorsnede van 1 cm^2 weegt $0,010 \text{ N}$.

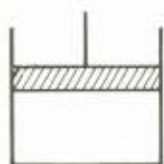


3

Hieronder is een zuiger getekend in 3 standen. De oppervlakte van de zuiger is 10 cm^2 . De massa is $2,0 \text{ kg}$.

$$p_{\text{lucht}} = 10 \text{ N/cm}^2$$

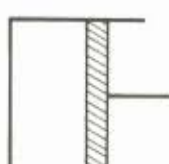
Bereken de druk van het gas onder de zuiger in stand I, II en III.



I



II



III

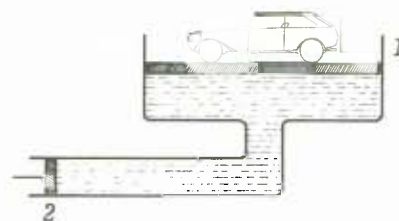
4

Op zuiger 1 staat een auto.

$$m_{\text{auto}} = 700 \text{ kg}; m_{\text{zuiger, 1}} = 100 \text{ kg}$$

$$A_{\text{zuiger, 1}} = 8,0 \text{ m}^2; A_{\text{zuiger, 2}} = 0,010 \text{ m}^2$$

- Bereken de druk die zuiger 1 en de auto samen op de olie uitoefenen.
- Hoe groot moet de kracht op zuiger 2 minstens zijn om de auto omhoog te krikken?



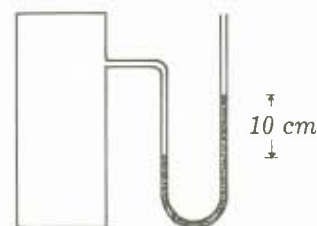
5

De manometer hiernaast is gevuld met kwik. De manometer is aangesloten op een vat met gas. Daardoor staat het kwik in het rechterbeen 10 cm hoger dan in het linkerbeen.

De luchtdruk is 10 N/cm^2 .

Een kolom kwik met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 1 cm^2 weegt $0,136 \text{ N}$.

- Wat is de druk van een kolom kwik van 10 cm hoogte met een doorsnede van 1 cm^2 ?
- Bereken de druk van het gas.



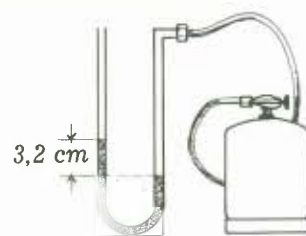
6

Bereken de druk van het gas.

De manometer is gevuld met kwik.

$p_{\text{luchtdruk}} = 10 \text{ N/cm}^2$.

Een kolom kwik met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 1 cm^2 weegt 0,136 N.



7

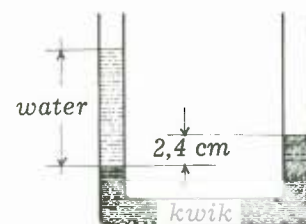
Een U-buis is gevuld met kwik. Op het linkerbeen gieten we water.

Daardoor ontstaat de situatie die hiernaast getekend is.

Bereken de hoogte van de kolom water.

Een kolom water met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 1 cm^2 weegt 0,010 N.

Een kolom kwik met een hoogte van 1 cm en doorsnede van 1 cm^2 weegt 0,136 N.



8

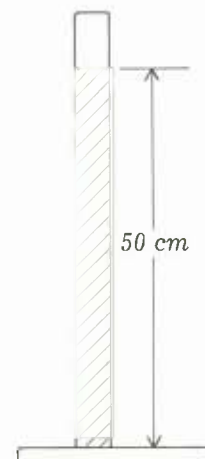
In de buis hiernaast zit alcohol.

De hoogte van de kolom is 50 cm.

De dichtheid van alcohol bedraagt $0,79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Bereken de druk die het alcohol uitoefent op het grondvlak.

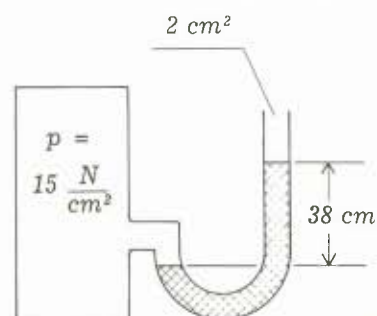
(Aanwijzing: bereken eerst het gewicht van een kolom alcohol met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 1 cm^2).



9

De druk van een gas wordt gemeten met een U-buis gevuld met kwik met een doorsnede van 2 cm^2 .

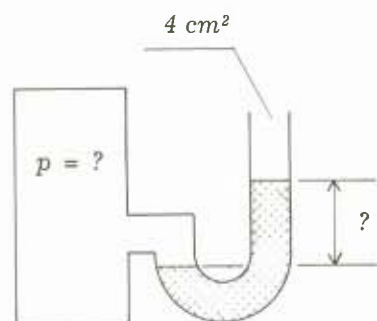
Iemand leest het hoogteverschil af: 38 cm en noteert de druk: $15 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$.



Vervolgens neemt hij een U-buis met een doorsnede van 4 cm^2 en meet opnieuw de druk.

Hoe groot is nu het hoogteverschil en de druk?

Motiveer je antwoord.



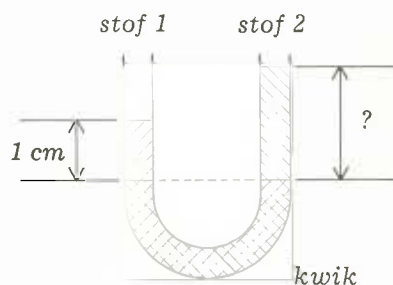
10

In de U-buis hiernaast zitten in de benen verschillende vloeistoffen (stof 1 en stof 2).

Stof 1 heeft een dichtheid die 10 maal de dichtheid is van stof 2.

De hoogte van kolom 1 is 1 cm.

Wat is de hoogte van kolom 2?



W 3 De wet van Boyle en de wetten van Gay Lussac

In dit werkblad zul je met elk van de drie geleerde wetten wat sommen maken. Soms is al in de opgave duidelijk welke van de wetten je kunt gebruiken. In andere gevallen zul je eerst zelf na moeten gaan welke van de wetten je kunt toepassen.

1

Schrijf op of in onderstaande situaties de wet van Boyle geldt. Zo ja, bereken dan de druk in de nieuwe situatie.

- a. Een ballon is opgeblazen. Het volume is 200 cm^3 , de druk in de ballon is 11 N/cm^2 .

We leggen de ballon in de zon. Na verloop van tijd heeft de ballon een volume van 210 cm^3 .

- b. Een autoband staat leeg. Het volume is $0,001 \text{ m}^3$, de druk is 10 N/cm^2 . De band wordt opgepompt tot een volume van $0,003 \text{ m}^3$.

2

Schrijf op of in onderstaande situaties de volumewet van Gay Lussac geldt. Zo ja, bereken dan het volume in de nieuwe situatie.

- a. In een zuiger zit een hoeveelheid gas. Het volume is $1,0 \text{ dm}^3$, de temperatuur is 300 K . Doordat de zuiger vrij kan bewegen is de druk gelijk aan de luchtdruk buiten ($10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$).

Doordat de zon op de zuiger schijnt, is na verloop van tijd de temperatuur van het gas 350 K .

- b. Een luchtballon gevuld met heliumgas heeft een temperatuur van 250 K en een volume van 5 dm^3 . Door er een hoeveelheid heliumgas van een hogere temperatuur bij te pompen, wordt de temperatuur verhoogd tot 350 K .

3

Schrijf op of in onderstaande situaties de drukwet van Gay Lussac geldt. Zo ja, bereken dan de druk in de nieuwe situatie.

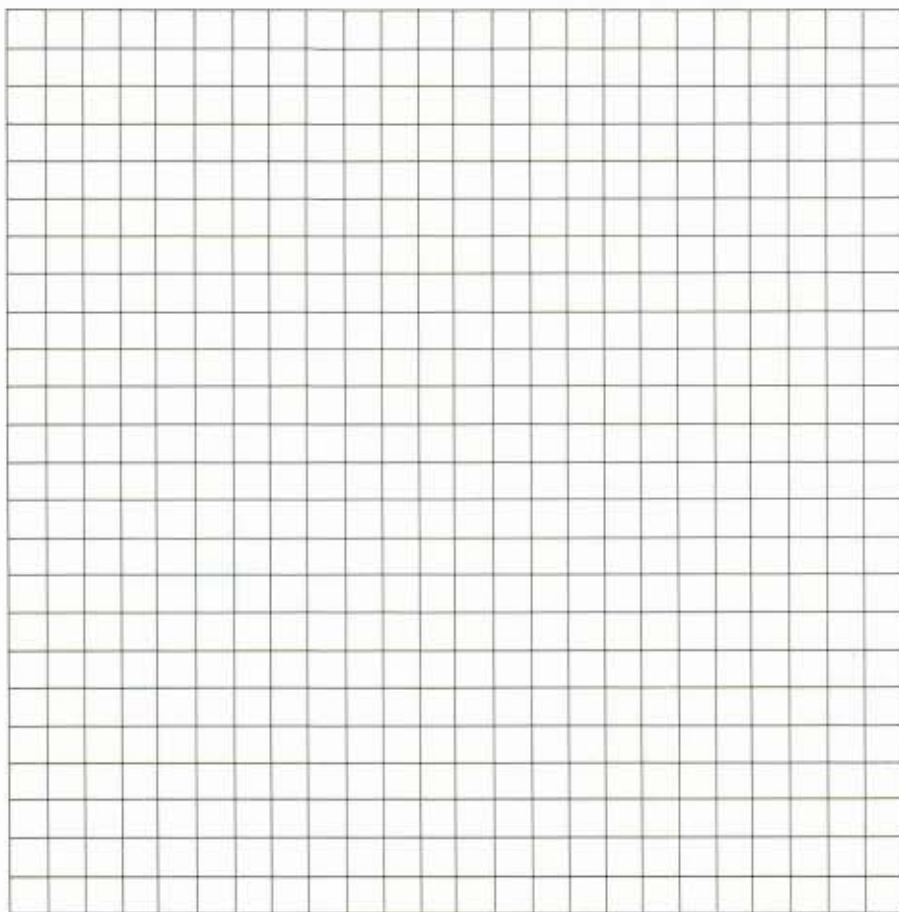
- a. In een zuiger zit een hoeveelheid gas van 300 K met een druk van $2,0 \text{ bar}$. Door het gas verder samen te persen, wordt de temperatuur verhoogd tot 360 K .

- b. In een afgesloten metalen cilinder zit stikstofgas. De temperatuur is aanvankelijk 300 K , de druk 40 N/cm^2 .

We koelen de metalen cilinder sterk af, totdat cilinder en gas een temperatuur hebben van 150 K .

4

In onderdeel A van P3 heb je het verband tussen de druk en het volume van een hoeveelheid lucht gemeten (terwijl de temperatuur gelijk bleef). Zet je meetresultaten in het diagram hieronder uit.

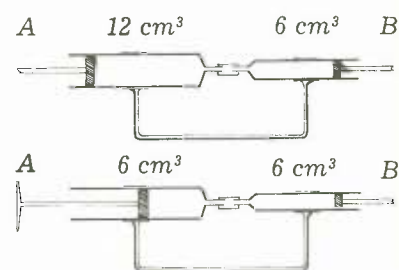


5

Bij de proeven van P3, onderdeel B en C, lagen niet alle punten precies op de rechte lijn. Verklaar dat.

6

We hebben twee injectiespuiten A en B die met elkaar verbonden zijn. De druk in de spuiten is 10 N/cm^2 . Bij de beginstand heeft spuit A een volume van 12 cm^3 en spuit B van 6 cm^3 . Zuiger A wordt nu naar binnen gedrukt, terwijl zuiger B op zijn plaats blijft. Het volume van A is dan 6 cm^3 geworden, terwijl dat van B nog 6 cm^3 is. Hoe groot is dan de druk in de spuiten?



7

In een vat bevindt zich een hoeveelheid stikstofgas. De druk is $1,0 \text{ bar}$, de temperatuur is 27°C .

- We verhogen de temperatuur tot 127°C . Wat wordt nu de druk?
- We verhogen de temperatuur tot 167°C . Wat wordt nu de druk?
- Bij welke temperatuur is de druk opgelopen tot $1,8 \text{ bar}$?

8

Door het verhogen van de temperatuur bij opgave 7 zet de wand van het vat een beetje uit. Bij de beantwoording van opgave 7 a t/m c hebben we daar geen rekening mee gehouden.

- Waarom mogen we dus eigenlijk de gaswetten niet toepassen in opgave 7?
- Als je wel rekening houdt met de uitzetting van de wand van het vat, komen je antwoorden 7a t/m 7c iets hoger of lager te liggen. In welke van de gevallen ligt het antwoord hoger en in welk van de gevallen ligt het antwoord lager?

W 4 De algemene gaswet

1

Iemand sluit de opening van een fietspomp af met zijn duim. Hij meet het volume onder de zuiger van de fietspomp: $2,5 \text{ dm}^3$ en leest de druk

van de buitenlucht af: $10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$. De temperatuur is $20,0^\circ\text{C}$.

Vervolgens drukt hij de zuiger in tot een volume van $2,0 \text{ dm}^3$. De temperatuur van de lucht onder de zuiger wordt daardoor 48°C .

Bereken de druk van de lucht onmiddellijk na het samenpersen.

2

Een hoeveelheid gas heeft een druk van 25 N/cm^2 , een volume van 50 cm^3 en een temperatuur van 27°C . Door het gas samen te persen, wordt de druk verhoogd tot 40 N/cm^2 en loopt de temperatuur op tot 35°C . Tot welk volume wordt het gas samengeperst?

3

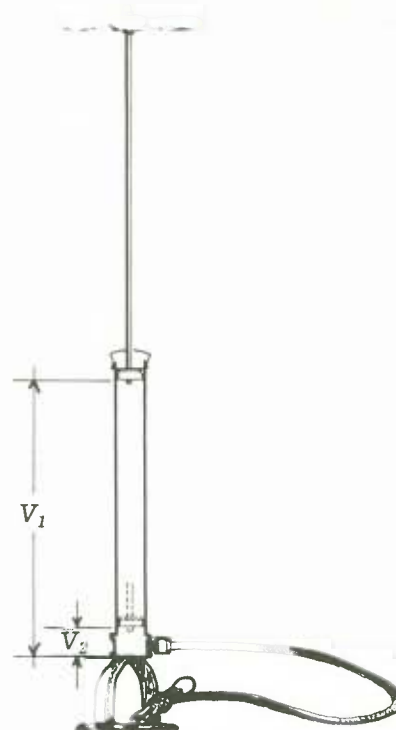
In een metalen cilinder zit stikstofgas met een druk van $3,0 \text{ bar}$, een temperatuur van 34°C en een volume van $70,0 \text{ dm}^3$.

Door de cilinder in een bak met kokend water te plaatsen wordt de temperatuur van het gas verhoogd. Ondertussen loopt de druk op tot $3,3 \text{ bar}$ en wordt het volume $75,0 \text{ dm}^3$. Bereken de eindtemperatuur van het water en de cilinder met stikstofgas.

4

Een hoeveelheid lucht heeft een druk van 20 N/cm^2 , een temperatuur van 40°C en een volume van 15 dm^3 . Bereken:

- de temperatuur als de druk 30 N/cm^2 en het volume 10 dm^3 wordt.
- de druk als de temperatuur 80°C en het volume 23 dm^3 wordt.
- het volume als de druk 28 N/cm^2 en de temperatuur 75°C wordt.



Blok 21 Herhaalblad

H 1 Druk

In dit blok heb je een nieuw begrip geleerd: druk.

Druk is van belang bij vaste stoffen, bij vloeistoffen en bij gassen.

A. Het oppervlak waarop een kracht werkt is.

Wanneer je met een hamer op een spijker slaat gebeurt er iets: de spijker dringt in het hout. Dit komt door de grote druk waarmee de spijkerpunt op het hout duwt.

Sla je de hamer met dezelfde kracht rechtstreeks op het hout, dan gebeurt er niets. De hamer zal dan niet zelf in het hout doordringen. De oorzaak van dit verschil: **de oppervlakte** van de hamer is veel groter dan van de spijkerpunt. De kracht mag dan wel hetzelfde zijn, maar deze kracht moet worden verdeeld over een veel groter oppervlak. Het effect is daardoor veel kleiner. Dit blijkt niet alleen uit deze proef, maar uit nog veel meer proeven. Je moet niet alleen kijken naar de grootte van een kracht. Het is net zo belangrijk over welk oppervlak die kracht moet worden verdeeld.

1

Een olifant is misschien wel 100.000 maal zo zwaar als een muis. De voetafdrukken van een olifant zijn dieper **dan** van een muis, maar lang niet 100.000 maal zo diep. Hoe komt dit?

B. De druk en de eenheden van druk

Om precies te kunnen voorspellen wat voor effect een kracht kan hebben, voeren we een nieuwe grootte in: **druk**.

We spreken af: druk is kracht gedeeld door de oppervlakte waarop die kracht werkt of $p = \frac{F}{A}$

Voorbeeld:

Een nogal dikke heer heeft een gewicht van 1200 N. Het oppervlak van zijn beide schoenzolen is samen 500 cm². De druk van zijn schoenzolen op de grond is dan $\frac{1200 \text{ N}}{500 \text{ cm}^2} = 2,4 \text{ N/cm}^2$.

2

De heer uit het bovenstaande voorbeeld loopt arm in arm met zijn vrouw. Deze vrouw heeft een gewicht van 810 N. De oppervlakte van haar beiden schoenzolen samen is 300 cm².

a. Wat is de druk van de schoenzolen van de vrouw op de grond?

b. Wanneer ze samen over een zandpad lopen, laten hun zolen afdrukken achter. Welke afdrukken zijn het diepst?

Hierboven heb je als eenheid van druk steeds gebruikt de eenheid van kracht (N) gedeeld door een eenheid van oppervlakte (cm²): N/cm². Wanneer je het oppervlak invult in dm² of in m² krijg je als eenheid van druk N/dm² of N/m².

De eenheid van druk is de Pascal.

1 Pa = 1 N/m².

Omdat de eenheden N/dm² en N/cm² veel gebruikt worden, moet je die eenheden om kunnen rekenen in Pa en omgekeerd.

Voorbeeld:

We hebben een druk van 10 Pa. Hoeveel $\frac{\text{N}}{\text{dm}^2}$ is dit?

$$10 \text{ Pa} = 10 \text{ N/m}^2$$

$$10 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = \frac{10 \text{ N}}{100 \text{ dm}^2} \text{ en } \frac{10 \text{ N}}{100 \text{ dm}^2} = 0,1 \text{ N/dm}^2$$

3

Reken om: a. $10 \text{ N/dm}^2 = \dots\dots\dots \text{ N/cm}^2$

b. $10 \text{ N/dm}^2 = \dots\dots\dots \text{ Pa}$

c. $1 \text{ Pa} = \dots\dots\dots \text{ N/cm}^2$

4

De oppervlakte van het grondvlak van een kast is $0,700 \text{ m}^2$; het gewicht is 300 N. Bereken de druk in:

a. N/m^2 : $\dots\dots\dots$

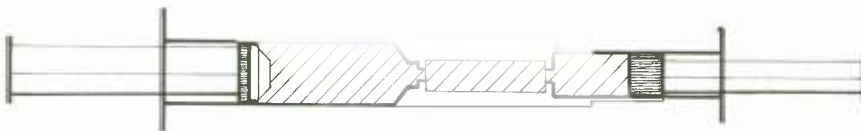
b. N/dm^2 : $\dots\dots\dots$

c. N/cm^2 : $\dots\dots\dots$

d. Pa : $\dots\dots\dots$

C. De druk bij vloeistoffen

Ook bij vloeistoffen is de druk een belangrijke grootte. Denk nog maar eens aan de proef met de twee verbonden zuigers, die je in P2 hebt gedaan. De injectiespuiten waren gevuld met water



5

a. Op welke zuiger moet je de grootste kracht uitoefenen om de beide zuigers in evenwicht te houden?

$\dots\dots\dots$

b. Verklaar dit met behulp van het begrip druk.

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

Met de andere proeven van P 2 zijn drie regels voor de druk van vloeistoffen afgeleid:

1. Hoe dieper je onder een vloeistofoppervlak komt, hoe groter de druk wordt.

2. Op een bepaalde plaats oefent een vloeistof druk uit in alle richtingen. In alle richtingen is de druk dan even groot.

3. De hoofdwet van hydrostatica:

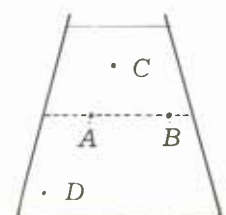
Op twee plaatsen even diep onder de vloeistofspiegel heerst dezelfde druk.

Deze regel geldt alleen wanneer het gaat over twee plaatsen in dezelfde vloeistof.

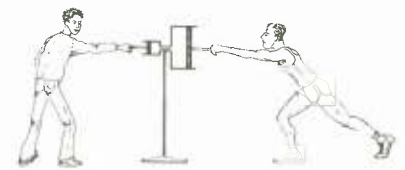
Voorbeeld:

In het bekerglas hiernaast zit water. A en B zitten even diep onder de vloeistofspiegel, dus de druk op beide plaatsen is gelijk (regel 3). Ook is de druk in alle richtingen daar even groot (regel 2).

In punt C is de druk kleiner dan in A en B. In punt D is de druk groter dan in A en B (regel 1).



Wanneer je weet hoe ver een punt onder de vloeistofspiegel zit, kun je de druk berekenen.



$$1 \text{ Pa} = \dots\dots\dots \text{ N/cm}$$

Voorbeeld 1:

In het glas hiernaast zit spiritus. P zit 6,0 cm onder de vloeistofspiegel.
Hoe groot is de druk in P?

(Een kolom van 1 cm spiritus met een doorsnede van 1 cm² weegt 0,0080 N).

Berekening:

Op elke cm² van het vlak door P (stippellijn) drukt een kolom spiritus van 6 cm.

Een kolommetje van 1 cm hoogte weegt 0,0080 N.

In totaal drukt er op 1 cm² dus $6 \cdot 0,0080 \text{ N} = 0,048 \text{ N}$.

Maar dat is natuurlijk net de druk in P want druk is kracht (of gewicht) per oppervlakte-eenheid.

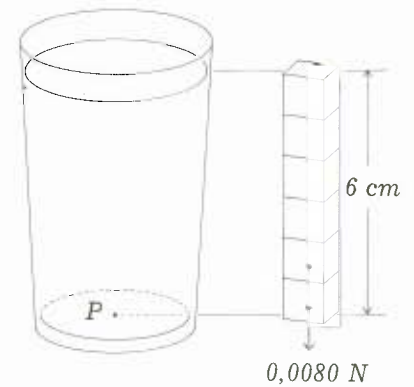
In het voorbeeld hierboven is het gewicht van een kolommetje van 1 cm hoogte met een doorsnede van 1 cm² gegeven. Soms wordt de dichtheid van de vloeistof gegeven. Dan moet je eerst uitrekenen wat het gewicht is van het kolommetje van 1 cm hoogte met een doorsnede van 1 cm². In het volgende voorbeeld is dat voor spiritus gedaan.

Voorbeeld 2:

De dichtheid van spiritus is 0,80 g/cm³.

Dat betekent dat 1 cm³ een massa heeft van 0,80 g, maar 1 cm³ is het volume van een kolom van 1 cm hoogte en een doorsnede van 1 cm².

Dus zo'n kolommetje weegt dan: 0,008 N.



6

In het schuine glas hiernaast zit glycerol. De dichtheid daarvan is 1,26 g/cm³. P en Q zitten beide 7,0 cm onder de vloeistofspiegel. R zit 3,5 cm onder de vloeistofspiegel.

a. Bereken de druk in P.

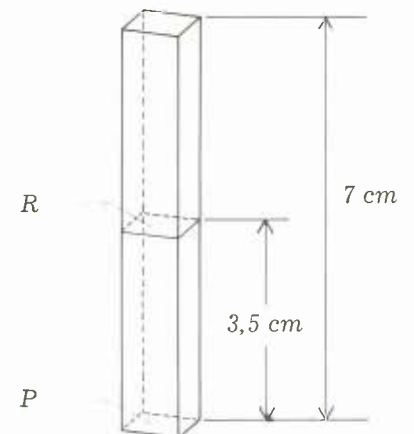
.....

b. Hoe groot is de druk in Q?

.....

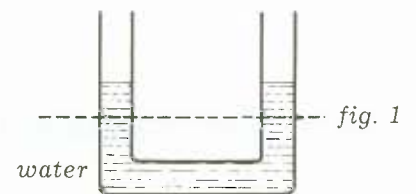
c. Hoe groot is de druk in R?

.....



Hier rechts (fig. 1) zie je een U-buis. Op de stippellijn geldt:

$$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$$



In fig. 2 dezelfde U-buis. Op het water is olie gegoten. Op de stippellijn geldt nu **niet** dat de druk links en rechts gelijk zijn. Immers we hebben hier te maken met verschillende vloeistoffen.

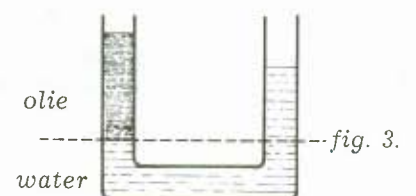
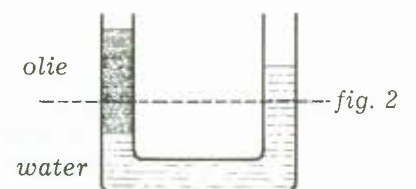
Dus $p_{\text{links}} \neq p_{\text{rechts}}$.

In fig. 3 weer de U-buis met water en olie. We hebben de stippellijn laten zakken, zodat hij links net door het water gaat. Nu geldt weer:

$$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$$

Links drukt een kolom olie. Rechts water. Omdat de dichtheid van water groter is dan die van olie, is er een kleinere kolom nodig om te zorgen dat:

$$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$$



7

- a. Hoe groot is de druk op de stippellijn? (fig. 4)
(Een kolom van 1 cm water en 1 cm² doorsnede weegt 0,010 N).

- b. Hoe hoog is de kolom olie in het linkerbeen?
(Een kolom olie met een hoogte van 1 cm en een doorsnede van 1 cm² weegt 0,008 N).

D. De druk van een gas

Wanneer je één been van een U-buis aansluit op de gaskraan, zie je een hoogteverschil ontstaan. Het gas oefent dus een druk uit.

Je kunt de gasdruk meten met een manometer.

Een U-buis is daar een voorbeeld van. Op de stippellijn heerst overal dezelfde druk.

$$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$$

Links drukt alleen het gas, rechts drukt lucht (p_{lucht}) en de kolom water.

$$\text{Dus: } p_{\text{gas}} = p_{\text{lucht}} + p_{\text{water}}$$

Voorbeeld:

In het rechterbeen staat het water 50 cm hoger dan in het linkerbeen. De luchtdruk bedraagt 10 N/cm². Wat is dan de gasdruk? (Een kolom van 1 cm water met een doorsnede van 1 cm² weegt 0,01 N).

Je weet al: $p_{\text{lucht}} = 10 \text{ N/cm}^2$.

In het rechterbeen drukt op elke cm² extra van de stippellijn een kolom water van 50 cm.

$$\text{De druk van het water is: } 50 \cdot 0,01 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Je weet } p_{\text{gas}} = p_{\text{lucht}} + p_{\text{water}} \implies p_{\text{gas}} = 10 + 0,5 = 10,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

8

Een U-buis is gevuld met kwik. De dichtheid van kwik is 13,6 g/cm³.

Het linkerbeen van de U-buis wordt aangesloten op de gaskraan. In het rechterbeen blijkt het kwik dan 10 cm hoger te staan dan in het linkerbeen. Bereken de gasdruk als gegeven is dat $p_{\text{lucht}} = 10 \text{ N/cm}^2$.

H 2 De gaswetten

In dit herhaalblad gaan we nog eens na wanneer we de verschillende gaswetten mogen gebruiken. Bij elke wet staan een aantal oefenopgaven.

De wet van Boyle: de druk maal het volume van een gas is konstant, als de **temperatuur** en de **hoeveelheid gas** niet veranderen.

of korter: $p \cdot V$ is konstant als de T en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Uit het dikgedrukte deel hierboven blijkt dat je de Wet van Boyle alleen kunt gebruiken in situaties waar: a. de temperatuur niet

- verandert;
b. de hoeveelheid gas niet verandert. Er mag geen gas bijkomen of verdwijnen.

2,0 cm

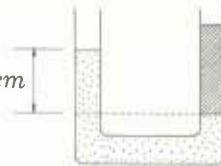
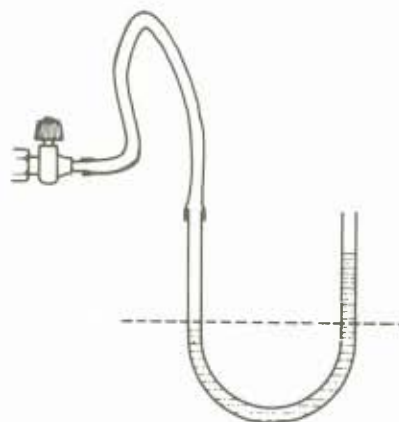
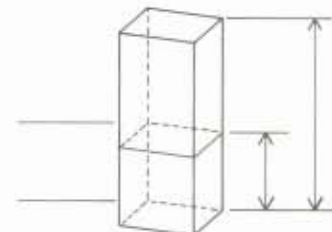
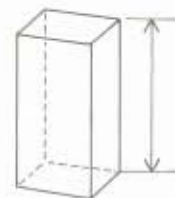


fig. 4



Wat betekent $p \cdot V$ is konstant?

Laten we dat nog eens nagaan in het volgende voorbeeld.

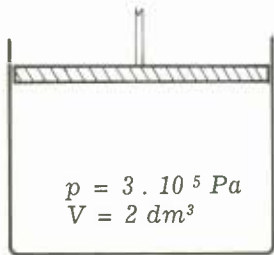
Onder een zuiger bevindt zich 2 dm^3 lucht met een druk van $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

De temperatuur is 293 K .

De zuiger wordt naar beneden gedrukt. Daardoor wordt het volume van de lucht $0,5 \text{ dm}^3$. De temperatuur blijft 293 K .

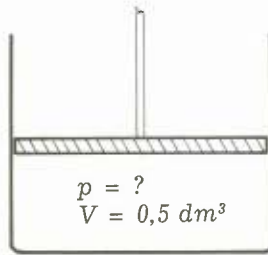
Hoe groot is de druk geworden?

We maken een tekening van de beginsituatie en de eindsituatie.



$T = 293 \text{ K}$

begin



$T = 293 \text{ K}$

eind

We mogen natuurlijk de wet van Boyle gebruiken want:

a. T verandert niet (in beide gevallen $T = 293 \text{ K}$).

b. Er kan geen gas weg of bij.

Dus: $p \cdot V$ is konstant.

Dat betekent: $(p \cdot V)_{\text{begin}} = (p \cdot V)_{\text{eind}}$

Vul je nu de bekende grootheden in dan kun je p berekenen.

$$(3 \cdot 10^5 \cdot 2)_{\text{begin}} = (p \cdot 0,5)_{\text{eind}} \text{ of}$$

$$6 \cdot 10^5 = 0,5 \cdot p \text{ en } p = \frac{6 \cdot 10^5}{0,5} = 12 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

Je kunt de wet van Boyle op twee manieren schrijven:

1. $p \cdot V$ is konstant als T en de hoeveelheid gas niet veranderen

2. $(p \cdot V)_{\text{begin}} = (p \cdot V)_{\text{eind}}$ als T en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Eenheden:

Het maakt niet veel uit welke eenheden je gebruikt bij de wet van Boyle. Je moet er alleen voor zorgen dat links en rechts van het $=$ -teken dezelfde eenheden staan.

Opgaven:

Ga na of je de wet van Boyle mag toepassen en reken eventueel de onbekende grootheid uit.

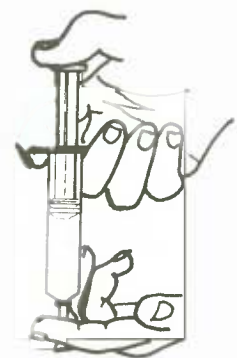
1

Hiernaast zie je een injectiespuit die is afgesloten.

Het volume onder de zuiger is 3 cm^3 . De druk is $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. We drukken de zuiger naar beneden zodat de druk $2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ wordt.

De temperatuur verandert niet.

Onbekende grootheid: het nieuwe volume onder de zuiger.



2

Een ballon heeft een volume van 3 dm^3 . De druk bedraagt 10 N/cm^2 . Men blaast de ballon op. Het volume wordt dan 8 dm^3 . De temperatuur verandert niet.

Onbekende grootheid: de nieuwe druk.

De drukwet van Gay-Lussac

De drukwet van Gay-Lussac luidt: de druk gedeeld door de absolute temperatuur van een gas is konstant als het **volume** en de **hoeveelheid gas** niet veranderen.

of: $\frac{p}{T}$ is konstant als V en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Net als bij de wet van Boyle kun je dit laatste anders schrijven:

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p}{T}\right)_{\text{eind}} \quad \text{mits V en de hoeveelheid gas niet veranderen.}$$

Bij deze wet moet je T in K nemen (het gaat om de absolute temperatuur).

Opgaven:

Ga na of je de drukwet van Gay-Lussac mag toepassen en reken eventueel de onbekende grootte uit.

3

Een ballon met $p = 10 \text{ N/cm}^2$; $V = 2,0 \text{ dm}^3$ en $T = 290 \text{ K}$ wordt buiten in de zon gelegd. Daardoor neemt T toe tot 300 K en V wordt $2,5 \text{ dm}^3$.

Onbekende grootte: p

4

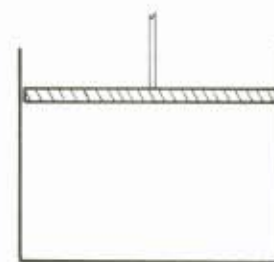
De zuiger hiernaast kan niet bewegen.

De druk van de lucht onder de zuigers is $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

De temperatuur is 20°C .

De cilinder met lucht wordt verwarmd tot 120°C .

Onbekende grootte: p (na verwarmen).



De volumewet van Gay-Lussac

De volumewet luidt: het volume gedeeld door de absolute temperatuur is konstant als **de druk** en **de hoeveelheid gas** niet veranderen.

korter: $\frac{V}{T}$ is konstant als p en de hoeveelheid gas niet veranderen.

of: $\left(\frac{V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{V}{T}\right)_{\text{eind}}$ als p en de hoeveelheid gas niet veranderen.

Ook hier moet T in K ingevuld worden.

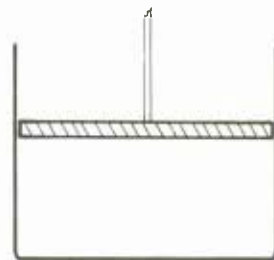
Opgave:

5

Men verwarmt een cilinder van 20°C tot 120°C .

Het volume van de lucht onder de zuiger neemt daardoor toe tot $8,0 \text{ dm}^3$.

De druk blijft konstant.



Onbekende grootte: V voor het verwarmen.

De algemene gaswet

De algemene Gaswet: $\frac{pV}{T}$ voor een gas is konstant als de hoeveelheid gas niet verandert.

of anders: $\left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{eind}}$ als de hoeveelheid gas niet verandert.

De algemene gaswet kun je gebruiken in die gevallen waar p , V en T veranderen. Denk eraan dat je T in Kelvin invult.

Opgave:

6

Een bal heeft een temperatuur van 18°C . Zijn volume bedraagt $5,0 \text{ dm}^3$ en de druk 12 N/cm^2 .

De bal wordt buiten in de zon gelegd, waardoor het volume $5,2 \text{ dm}^3$ en de druk 13 N/cm^2 wordt.

Bereken de temperatuur van de bal.

Hieronder staan alle wetten nog eens samengevat in een tabel

1. Wet van Boyle	pV is konstant	$(pV)_{\text{begin}} = (pV)_{\text{eind}}$	T konstant
2. Wet van Gay-Lussac (drukwet)	$\frac{p}{T}$ is konstant	$\left(\frac{p}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p}{T}\right)_{\text{eind}}$	V konstant T in K
3. Wet van Gay-Lussac (volumewet)	$\frac{V}{T}$ is konstant	$\left(\frac{V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{V}{T}\right)_{\text{eind}}$	p konstant T in K
4. Algemene gaswet	$\frac{pV}{T}$ is konstant	$\left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{eind}}$	T in K

Voor alle wetten geldt: de hoeveelheid gas is konstant

Welke wet moet je wanneer gebruiken?

1. Je mag de gaswet alleen gebruiken wanneer de hoeveelheid gas niet verandert!
- 2a. Als T konstant is, gebruik je de wet van Boyle
- 2b. Als V konstant is, gebruik je de drukwet van Gay-Lussac
- 2c. Als p konstant is, gebruik je de volumewet van Gay-Lussac
- 2d. Als p , V , T niet konstant zijn, gebruik je de algemene gaswet.

H 3 Rekenen met druk

In dit blad gaan we oefenen met het begrip druk. Voordat je daarmee begint, moet je eerst maar eens controleren of je alle feiten en wetten die met druk te maken hebben wel kent.

Beantwoord de volgende vragen.

Maak eerst al de onderdelen van 1 en controleer dan pas je antwoorden.

Heb je veel fouten, kijk dan de theorie nog eens door of vraag aan je leraar wat je het beste kunt doen.

- a. Hoe luidt de relatie tussen kracht, druk en oppervlak?

b. Noem eens vier eenheden van druk.

.....

.....

.....

.....

c. In het glas hiernaast zit water.

In C is de druk groter/kleiner dan in B omdat

In A is de druk groter/kleiner dan in B omdat



d. In welke richting werkt de druk in C. (Zie tekening hierboven)?

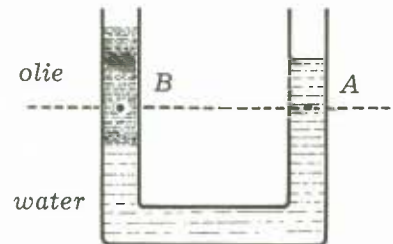
.....

e. Bekijk de tekening hiernaast.

Waarom kun je niet zeggen dat de druk bij A even groot is als de druk bij B?

.....

.....



f. In de U-buis hiernaast zit kwik. De buis is verbonden met de gaskraan. Leg uit hoe je de druk van het gas kunt berekenen.

.....

.....

.....



g. Hoe luidt de wet van Boyle?

.....

.....

.....

h. Hoe luidt de volumewet van Gay-Lussac?

.....

.....

.....

i. Hoe luidt de drukwet van Gay-Lussac?

.....

.....

.....

j. Hoe luidt de algemene gaswet?

.....

.....

.....

Oefensommen

Hieronder staan een aantal oefensommen. Voordat je zelf sommen gaat oplossen, kun je eerst 2 voorbeeldsommen doornemen.

1

In de tekening rechts is een cilinder afgebeeld die horizontaal ligt. De massa van de zuiger is 4 kg. Het volume van de lucht onder de zuiger is 5,2 dm³. De doorsnede van de cilinder is 100 cm². We zetten de cilinder rechtop. Daardoor wordt het volume 5,0 dm³. Bereken de druk van de buitenlucht.

Gegeven:

$$m_{\text{zuiger}} = 4 \text{ kg}$$

$$V = 5,2 \text{ dm}^3$$

$$A_{\text{zuiger}} = 100 \text{ cm}^2$$

Na rechtopzetten: $V = 5,0 \text{ dm}^3$.

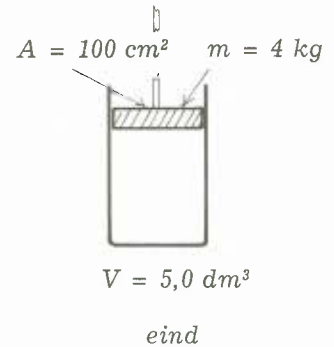
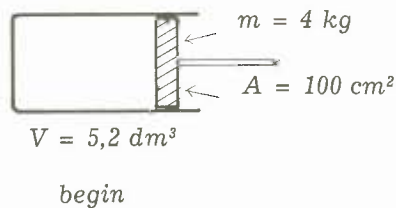


Gevraagd:

Pluchtdruk

Oplossing:

We maken eerst een tekening van de situatie, waarin we alle gegevens vermelden.



Formules: het gaat hier om een **afgesloten** hoeveelheid lucht, waarvan de **temperatuur niet verandert**.

We kunnen de wet van Boyle toepassen:

$$(p \cdot V)_{\text{begin}} = (p \cdot V)_{\text{eind}}$$

Je weet: $V_{\text{begin}} = 5,2 \text{ dm}^3$
 $V_{\text{eind}} = 5,0 \text{ dm}^3$

Verder weet je dat: $p_{\text{begin}} = p_{\text{luchtdruk}}$ en

$$p_{\text{eind}} = p_{\text{luchtdruk}} + p_{\text{zuiger}}$$

Omdat de massa van de zuiger is gegeven kun je p_{zuiger} berekenen.

$$\text{Je gebruikt daarvoor } p = \frac{F}{A}$$

$$F = 40 \text{ N (het gewicht van de zuiger)}$$

$$A = 100 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dus } p_{\text{zuiger}} = \frac{40 \text{ N}}{100 \text{ cm}^2} = 0,4 \text{ N/cm}^2$$

We vullen nu alles wat we weten in in de wet van Boyle:

$$p_{\text{luchtdruk}} \cdot 5,2 = (p_{\text{luchtdruk}} + 0,4) \cdot 5,0$$

Je hebt nu een vergelijking met één onbekende ($p_{\text{luchtdruk}}$) gekregen en die kun je oplossen.

$$p_{\text{luchtdruk}} \cdot 5,2 = p_{\text{luchtdruk}} \cdot 5,0 + 0,4 \cdot 5,0 \text{ (haakjes weggewerkt)}$$

$$p_{\text{luchtdruk}} \cdot 5,0 \text{ naar links levert: } 0,2 p_{\text{luchtdruk}} = 2,0$$

$$p_{\text{luchtdruk}} = \frac{2,0 \text{ N}}{0,2 \text{ cm}^2} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

(de eenheid is $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ omdat p_{zuiger} ook in $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ staat).

2

In een zuiger bevindt zich lucht. Het volume van de zuiger is 30 cm^3 . De druk in de zuiger is 15 N/cm^2 en de temperatuur is 27°C . We verhogen de temperatuur naar 127°C . Ondertussen persen we de lucht samen, zodat het volume 20 cm^3 wordt. Hoe groot wordt nu de druk in de zuiger?

Gegeven:

$$V = 30 \text{ cm}^3$$

$$p = 15 \text{ N/cm}^2$$

$$t = 27^\circ\text{C}$$

Na verwarmen:

$$V = 20 \text{ cm}^3$$

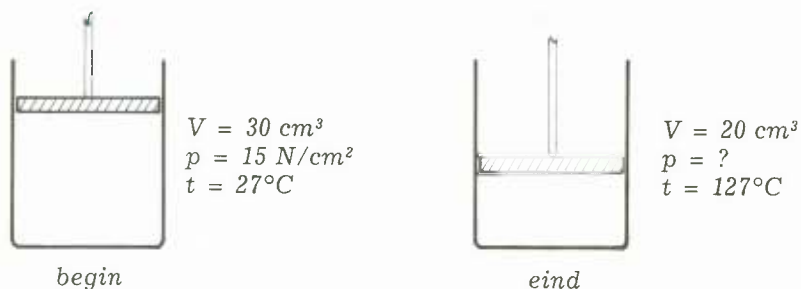
$$t = 127^\circ\text{C}$$

Gevraagd:

p na verwarmen.

Oplossing:

We maken eerst een tekening:



Formules: zowel p , V als T veranderen, maar de hoeveelheid lucht in de zuiger blijft konstant. Je mag dus de algemene gaswet gebruiken.

$$\left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p \cdot V}{T}\right)_{\text{eind}}$$

Je weet al:

$$p_{\text{begin}} = 15 \text{ N/cm}^2$$

$$V_{\text{begin}} = 30 \text{ cm}^3$$

$$T_{\text{begin}} = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$V_{\text{eind}} = 20 \text{ cm}^3$$

$$T_{\text{eind}} = (127 + 273) \text{ K} = 400 \text{ K}$$

Invullen:

$$\frac{15 \cdot 30}{300} = \frac{p_{\text{eind}} \cdot 20}{400} \Leftrightarrow 1,5 = 0,05 p_{\text{eind}} \Leftrightarrow p_{\text{eind}} = \frac{1,5}{0,05} \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \Leftrightarrow p_{\text{eind}} = 30 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

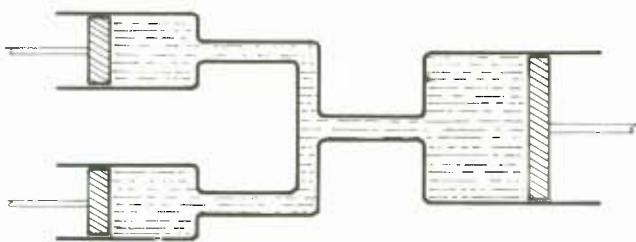
Maak nu zelf de volgende vraagstukken.

1

Drie zuigers zijn door middel van enkele smalle pijpen verbonden. In de zuigers en in de pijpen zit olie. Het oppervlak van de beide kleine zuigers is 700 cm^2 en van de grote zuiger 18 dm^2 .

Op beide kleine zuigers wordt gedruwd met een kracht van 70 N .

Met welke kracht moet je op de grote zuigers duwen om evenwicht te houden?



2

De manometer hiernaast is gevuld met kwik (dichtheid $13,6 \text{ g/cm}^3$).

Het linkerbeen is aangesloten op een vat, gevuld met stikstofgas.

Daardoor staat het kwik in het rechterbeen 32 cm hoger dan het kwik in het linkerbeen. De luchtdruk is $10,0 \text{ N/cm}^2$.

Bereken de druk van het stikstofgas.



3

Een U-buis is gevuld met drie verschillende vloeistoffen. Onderin zit glycerol. Daar bovenop zit in het linkerbeen spiritus en in het rechterbeen water.

De kolom water is 8 cm lang; het glycerol staat in het linkerbeen 3 cm hoger dan in het rechterbeen.

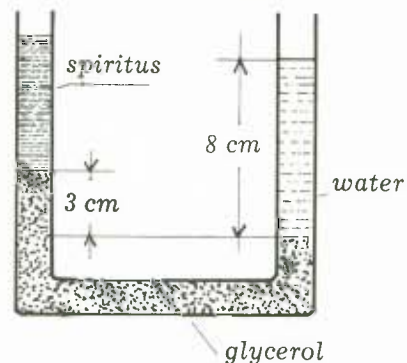
Hoe lang is de kolom spiritus?

Gegeven is nog:

een kolom van 1 cm glycerol met een doorsnede van 1 cm^2 weegt $0,013 \text{ N}$

een kolom van 1 cm spiritus met een doorsnede van 1 cm^2 weegt $0,008 \text{ N}$

een kolom van 1 cm water met een doorsnede van 1 cm^2 weegt $0,010 \text{ N}$



Blok 21 Antwoordblad

H 1 Antwoordblad

1

Omdat het gewicht van de olifant over een groter oppervlak wordt verdeeld. De druk van de poten is daardoor bij de olifant weinig groter dan bij een muis.

2

a. $p = \frac{F}{A}$

$$F = 810 \text{ N}$$

$$A = 300 \text{ cm}^2$$

$$p = \frac{810 \text{ N}}{300 \text{ cm}^2} = 2,7 \text{ N/cm}^2$$

b. De afdrukken van de vrouw zijn het diepst. Zij oefent de grootste druk uit op de grond.

3

a. $10 \text{ N/dm}^2 = \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ dm}^2} = \frac{10 \text{ N}}{100 \text{ cm}^2} = 0,1 \text{ N/cm}^2$

b. $10 \text{ N/dm}^2 = \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ dm}^2} = \frac{10 \text{ N}}{0,01 \text{ m}^2} = 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1000 \text{ Pa}$

c. $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = \frac{1 \text{ N}}{10000 \text{ cm}^2} = 0,0001 \text{ N/cm}^2$

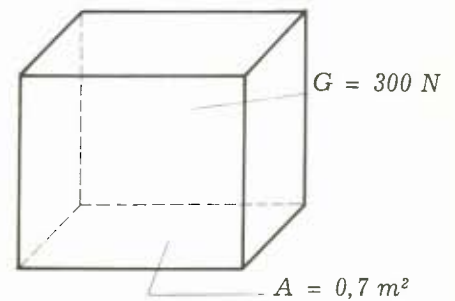
4

a. $p = \frac{300 \text{ N}}{0,700 \text{ m}^2} = 429 \text{ N/m}^2$ (afgerond)

b. $p = \frac{300 \text{ N}}{70,0 \text{ dm}^2} = 4,29 \text{ N/dm}^2$ (afgerond)

c. $p = \frac{300 \text{ N}}{7000 \text{ cm}^2} = 0,0429 \text{ N/cm}^2$ (afgerond)

d. $p = 429 \text{ Pa}$ (zie a.)



5

- a. Op de zuiger met het grootste oppervlak.
b. Om de zuigers in evenwicht te houden moet de druk die de linker zuiger uitoefent op het water gelijk zijn aan de druk die de rechter zuiger uitoefent.

$$\text{Dus: } p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}} \text{ of } \frac{F_{\text{links}}}{A_{\text{links}}} = \frac{F_{\text{rechts}}}{A_{\text{rechts}}}$$

Omdat A_{links} veel groter is dan A_{rechts} moet dus ook F_{links} veel groter zijn dan F_{rechts} .

6

- a. Om de druk in P te vinden berekenen we eerst het gewicht van een kolom van 1 cm glycerol met een doorsnede van 1 cm².

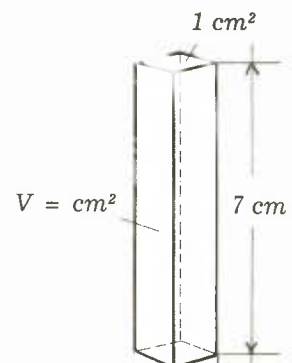
De dichtheid van glycerol is $1,26 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Dus 1 cm³ glycerol

heeft een massa van 1,26 g.

Maar een kolom met doorsnede 1 cm² en hoogte 1 cm (volume dus 1 cm³) heeft dan ook een massa van 1,26 g.

Het gewicht is dan 0,0126 N.

Op P drukt een kolom van 7,0 cm. De druk is dan $7,0 \cdot 0,0126 \text{ N} = 0,088 \text{ N}$ (afgerond).

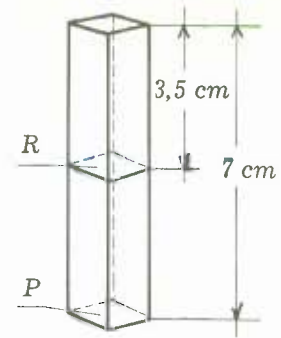


- b. Op twee plaatsen even diep onder de vloeistofspiegel is de druk even groot.

Dus de druk in Q is ook: $0,088 \text{ N/cm}^2$.

- c. Op het vlak door R drukt $3,5 \text{ cm}$ water. Dat is de helft van wat er op P drukt. De druk is er ook de helft van de druk in P.

Dus de druk in R is: $0,044 \text{ N/cm}^2$.



7

- a. Je weet dat $p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$

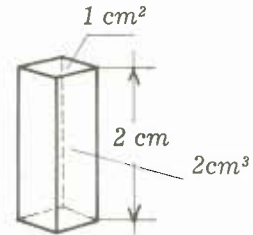
(De stippellijn gaat helemaal door water).

Aan de rechterkant drukt 2 cm water en de druk van de buitenlucht

p_{lucht} .

De druk van het water: $0,020 \text{ N/cm}^2$ (1 cm hoogte $0,010 \text{ N}$!).

De druk op de stippellijn: $p_{\text{lucht}} + 0,020 \text{ N/cm}^2$



- b. Links drukt de buitenlucht en de olie (p_{olie})

Dus: $p_{\text{links}} = p_{\text{lucht}} + p_{\text{olie}}$

Je weet dat $p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$ dus

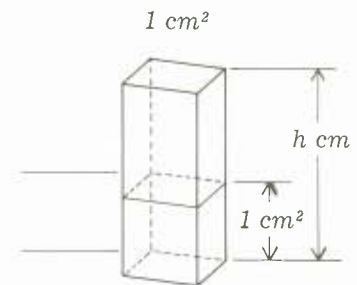
$p_{\text{lucht}} + p_{\text{olie}} = p_{\text{lucht}} + 0,020 \text{ N/cm}^2$

Dus: $p_{\text{olie}} = 0,020 \text{ N/cm}^2$

Stel de hoogte van de kolom is $h \text{ cm}$.

Dan geldt $h \cdot 0,008 = 0,020 \iff h = \frac{0,020}{0,008} \text{ cm}$

Dus $h = 2,5 \text{ cm}$.



8

Maak eerst een tekening van de situatie.

Op de stippellijn geldt: $p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$

$p_{\text{links}} = p_{\text{gas}}$

$p_{\text{rechts}} = p_{\text{lucht}} + p_{\text{kwik}}$

$$1. p_{\text{lucht}} = 10,0 \text{ N/cm}^2$$

$$2. p_{\text{kwik}}:$$

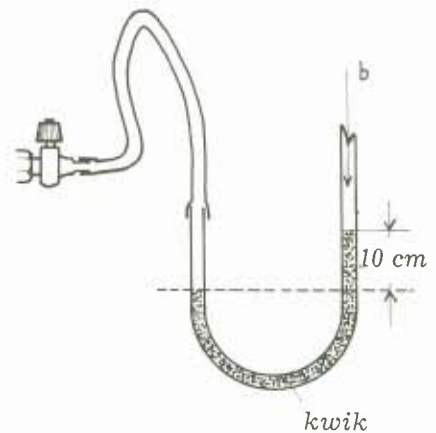
We berekenen eerst het gewicht van een kolom van 1 cm kwik (doorsnede 1 cm^2).

Dichtheid van kwik: $13,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Dus 1 cm^3 weegt dan $0,136 \text{ N}$.

Dus een kolom van 1 cm hoogte met een doorsnede van 1 cm^2 weegt dan ook $0,136 \text{ N}$.

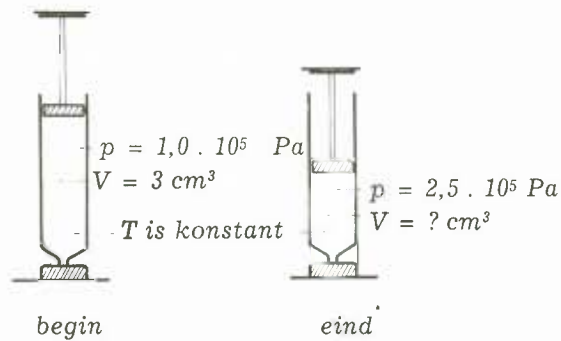
$$p_{\text{kwik}} = 10 \cdot 0,136 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1,36 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$p_{\text{gas}} = 10,0 + 1,36 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 11,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \text{ (afgerond)}$$



H 2 De gaswetten

1



We mogen Boyle toepassen want T is konstant en er komt geen lucht bij en er verdwijnt geen lucht.

$$\text{Dus: } (p \cdot V)_{\text{begin}} = (p \cdot V)_{\text{eind}}$$

$$p_{\text{begin}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_{\text{begin}} = 3 \text{ cm}^3$$

$$p_{\text{eind}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Invullen:

$$1,0 \cdot 10^5 \cdot 3 = 2,5 \cdot 10^5 \cdot V \quad \text{dus}$$

$$V = \frac{1,0 \cdot 10^5 \cdot 3}{2,5 \cdot 10^5} = 1,2 \text{ cm}^3$$

2

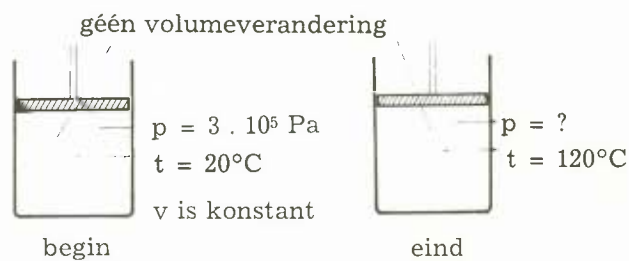
In de opgave staat dat de ballon wordt opgeblazen. Dat betekent dat er lucht bijkomt. De hoeveelheid gas verandert.

We mogen de wet van Boyle **niet** gebruiken.

3

In deze opgave verandert het volume van de ballon. Je mag de drukwet van Gay-Lussac dus niet gebruiken.

4



Het volume verandert niet. Er komt geen lucht bij en er verdwijnt ook geen lucht. We mogen dus de drukwet van Gay-Lussac gebruiken.

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p}{T}\right)_{\text{eind}}$$

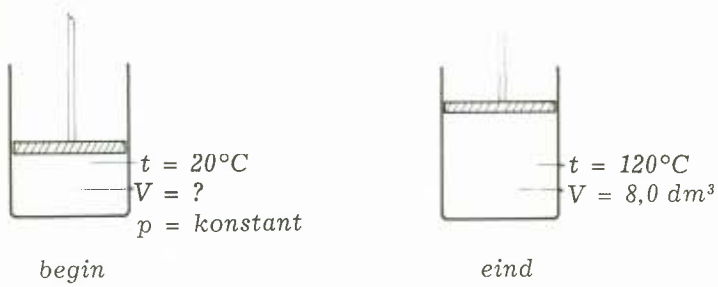
$$p_{\text{begin}} = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_{\text{begin}} = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$$

$$T_{\text{eind}} = (120 + 273) \text{ K} = 393 \text{ K}$$

$$\text{Invullen: } \frac{3 \cdot 10^5}{293} = \frac{p}{393} \quad \text{dus } 1024 = \frac{p}{393} \quad \Leftrightarrow$$

$$p = 393 \cdot 1024 = \text{Pa} \quad \Leftrightarrow p = 4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$



We mogen de volumewet van Gay-Lussac toepassen (p en de hoeveelheid lucht verandert niet).

$$\left(\frac{V}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{V}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$T_{\text{begin}} = 293 \text{ K}$$

$$T_{\text{eind}} = 393 \text{ K}$$

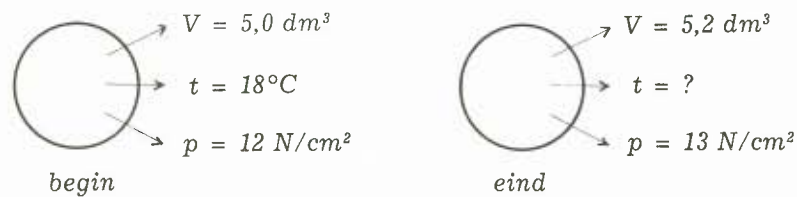
$$V_{\text{eind}} = 8 \text{ dm}^3$$

Invullen:

$$\frac{V}{293} = \frac{8}{393} \Leftrightarrow V = \frac{8}{393} \cdot 293 \text{ dm}^3 = 6,0 \text{ dm}^3$$

(Denk erom: T in K)

6



Je mag in deze situatie de algemene gaswet toepassen (de hoeveelheid lucht verandert niet).

Dus:

$$\left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{pV}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$p_{\text{begin}} = 12 \text{ N/cm}^2$$

$$V_{\text{begin}} = 5,0 \text{ dm}^3$$

$$T_{\text{begin}} = (273 + 18) \text{ K} = 291 \text{ K}$$

$$p_{\text{eind}} = 13 \text{ N/cm}^2$$

$$V_{\text{eind}} = 5,2 \text{ dm}^3$$

Invullen:

$$\frac{12 \cdot 5,0}{291} = \frac{5,2 \cdot 13}{T} \text{ (T in K)} \Leftrightarrow T = 328 \text{ K (afgerond)}$$

H 3 Antwoordblad

1

Gegeven:

$$A_{\text{kleine zuiger}} = 700 \text{ cm}^2$$

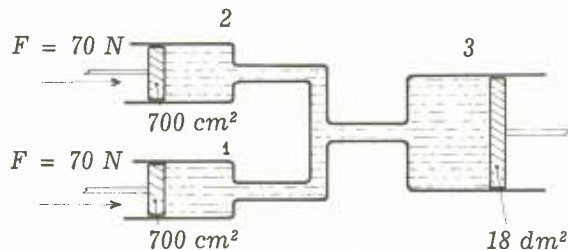
$$A_{\text{grote zuiger}} = 18 \text{ dm}^2$$

$$F_{\text{op kleine zuigers}} = 70 \text{ N}$$

Gevraagd: $F_{\text{op grote zuiger}}$

Oplossing:

We maken eerst een tekening, waarin we de gegevens zetten.



Formules/regels:

Je weet dat in het geval van 2 zuigers geldt dat de druk die beide zuigers uitoefenen even groot moet zijn (T1).

In het geval van deze som hebben we 3 zuigers. Maar ook dan geldt bij evenwicht: $p_{\text{zuiger 1}} = p_{\text{zuiger 2}} = p_{\text{zuiger 3}}$.

p bereken je met de formule $p = \frac{F}{A}$.

Dus:

$$p_{\text{zuiger 1}} = \frac{70 \text{ N}}{700 \text{ cm}^2} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$p_{\text{zuiger 2}} = \frac{70 \text{ N}}{700 \text{ cm}^2} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Nu moet gelden:

$$p_{\text{zuiger 3}} = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}. \text{ Dus } \frac{F}{1800} = 0,1$$

$$\text{en } F = 0,1 \cdot 1800 \text{ N} = 180 \text{ N}.$$

2

Gegeven:

$$h_{\text{kwik}} = 32 \text{ cm}$$

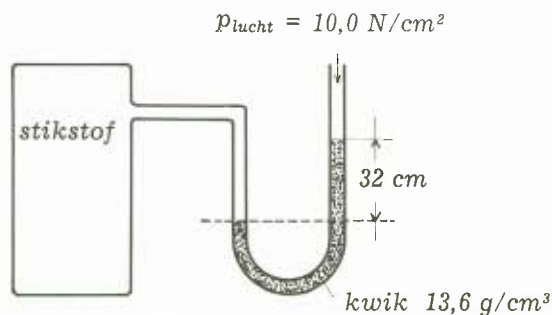
$$\text{dichtheid}_{\text{kwik}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{luchtdruk: } p_{\text{lucht}} = 10,0 \text{ N/cm}^2$$

Gevraagd: p_{stikstof}

Oplossing:

We maken een tekening:



Regels/formules:

Op de stippellijn: $p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$

$$p_{\text{rechts}} = p_{\text{lucht}} + p_{\text{kwik}}$$

$$p_{\text{links}} = p_{\text{stikstof}}$$

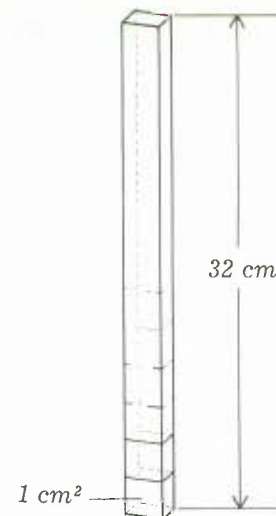
$$p_{\text{lucht}} = 10,0 \text{ N/cm}^2$$

Om p_{kwik} te berekenen nemen we een kolom kwik van 32 cm en een doorsnede van 1 cm².

Een kolom van 1 cm kwik en een doorsnede van 1 cm² weegt 0,136 N (immers 1 cm³ weegt 0,136 N).

$$\text{Dus } p_{\text{kwik}} = 32 \cdot 0,136 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 4,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$p_{\text{stikstof}} = 10,0 + 4,4 = 14,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$



3

Gegevens:

We hebben de gegevens in de tekening hiernaast gezet.

Gevraagd: h_3 (zie tekening)

Oplossing:

Regels/formules:

Op de stippellijn geldt $p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$.

$$\text{Dus: } p_{\text{spiritus}} + p_{\text{glycerol}} = p_{\text{water}}$$

We berekenen nu de verschillende drukken en uit p_{spiritus} kunnen we h_3 berekenen.

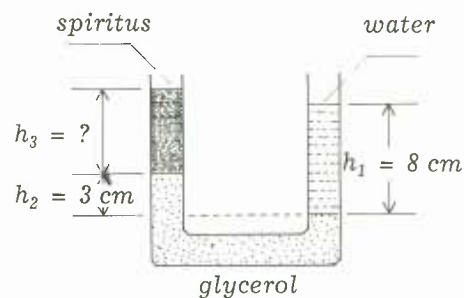
Uitwerking:

$$p_{\text{water}} = 8 \cdot 0,010 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,080 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$p_{\text{glycerol}} = 3 \cdot 0,013 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,039 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Dus: } p_{\text{spiritus}} + 0,039 = 0,080 \Leftrightarrow p_{\text{spiritus}} = 0,041 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Maar dan geldt } h_3 \cdot 0,008 = 0,041 \Leftrightarrow h_3 = \frac{0,041}{0,008} = 5,1 \text{ cm.}$$



Blok 21 Extra stof

155 Oefenen met examensommen blok 21

1

De twee benen van een U-vormige buis hebben een lengte van 48 cm en 40 cm. De inwendige doorsnede van de buis is overal 2 cm^2 . De buis is zo opgesteld dat de benen vertikaal staan. Zie fig. 1. In het korte been wordt zoveel water gegoten, dat het oppervlak 12 cm onder de opening van het korte been komt.

- Hoever staat het water onder de opening van het lange been?
- Welke natuurkundige wet is bij beantwoording van vraag a toegepast? Hoe luidt deze wet?

Op het water in het lange been wordt zoveel olie geschonken, dat het water in het korte been juist tot de rand komt te staan. De dichtheid van olie is $0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- Het olie-oppervlak staat nu:
 - minder dan 8 cm onder de opening van het lange been;
 - 8 cm onder de opening van het lange been;
 - meer dan 8 cm onder de opening van het lange been.Kies het juiste antwoord en licht de keuze toe.

- Bereken hoeveel cm^3 olie in het lange been is gegoten.

2

Een glazen bol is gevuld met een gas. De bol is door een nauwe buis verbonden met een vloeistofmanometer. Men gebruikt deze opstelling om het verband te bepalen tussen de druk en de temperatuur van het gas. Daartoe wordt de bol in een waterbad langzaam verwarmd. Zie fig. 2. Een aantal waarnemingen van de temperatuur met de bijbehorende druk van het gas is in nevenstaande tabel vermeld.

De druk van de buitenlucht is $0,99 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. De manometer is gevuld met alcohol. Het volume van het gas in de verbindingbuis en de manometer is te verwaarlozen, evenals de uitzetting van het glas.

De dichtheid van alcohol is $0,80 \text{ g/cm}^3$.

- Verklaar met behulp van de molecuulairtheorie, dat de druk van het gas groter wordt als de temperatuur stijgt.
- Bij welke temperatuur staat de vloeistof in beide benen van de manometer even hoog? Licht het antwoord toe.
- Bereken het hoogteverschil tussen de vloeistofnivo's in de manometer als de temperatuur van het gas 30°C is.
- Leid uit de meetresultaten in de tabel af, hoe groot de druk van het gas zou zijn bij 0°C .

3

Om de prestaties van een kleine stofzuiger te meten, wordt de volgende proef gedaan.

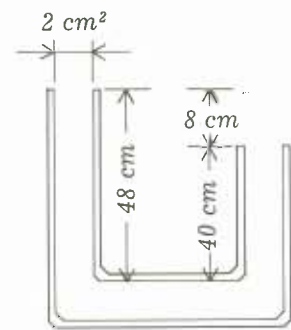
Op de zuigbuis van de stofzuigers wordt met behulp van een rubberstop een glazen buis bevestigd. Deze glazen buis wordt vervolgens rechtop in een bak met water gehouden (zie figuur 3.1).

De stofzuiger wordt nu aangesloten op een regelbare elektrische spanningsbron. De spanning wordt ingesteld op 12,0 V. Het water stijgt daardoor in de glazen buis tot 20,0 cm boven het wateroppervlak in de bak. De druk van de buitenlucht tijdens deze proef is $10,0 \text{ N/cm}^2$. De dichtheid van water is $1,0 \text{ g/cm}^3$.

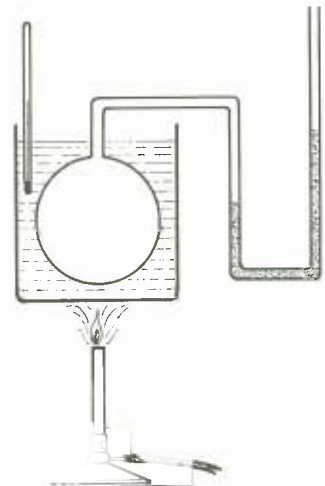
- Bereken de druk van de lucht in de zuigbuis in de situatie van fig. 3.1.

Hierna wordt de spanningsbron op een aantal verschillende spanningen ingesteld. De hoogte van de opgezogen waterkolom blijkt dan ook te veranderen.

De tabel op de volgende bladzijde vermeldt een aantal ingestelde spanningen met de bijbehorende hoogten van de waterkolom.

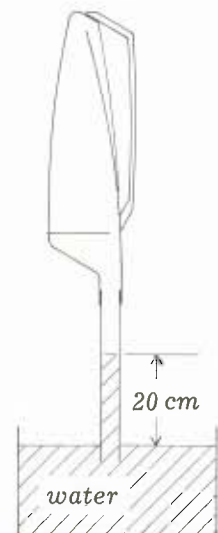


Figuur 1



Figuur 2

Meting nr.	Tempera - tuur in $^\circ\text{C}$	Druk $\times 10^5 \text{ Pa}$
1	21	0,98
2	24	0,99
3	27	1,00
4	30	1,01
5	33	1,02

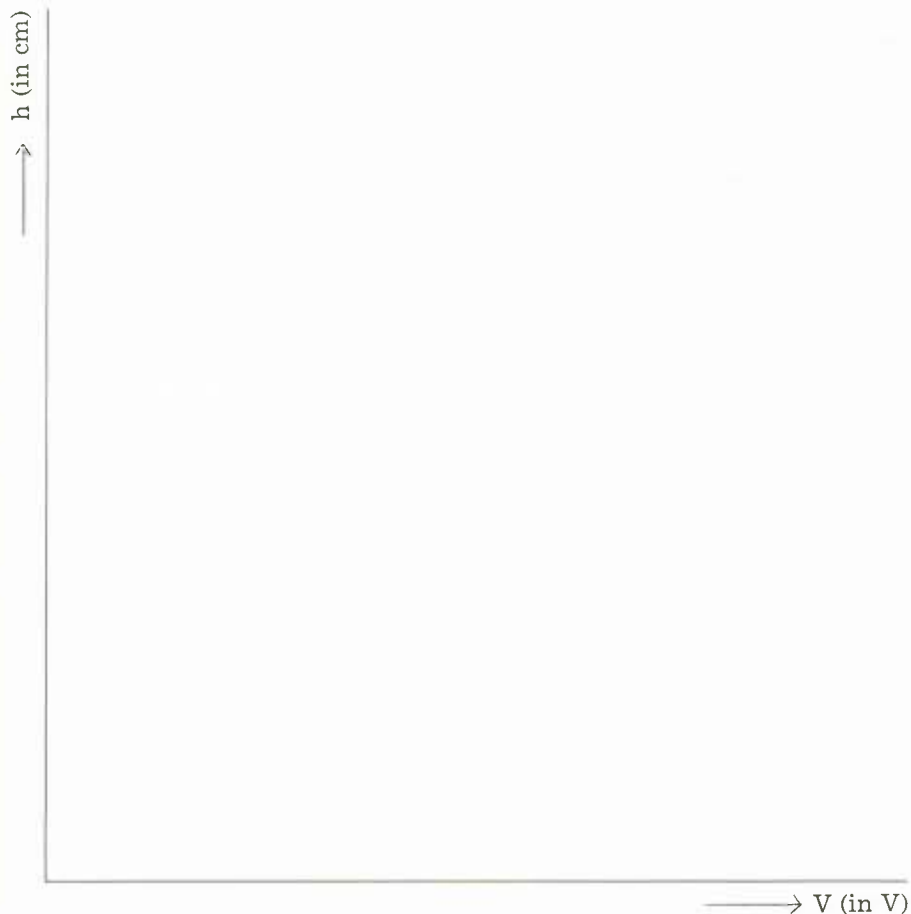


figuur 3.1

ingestelde spanning (in V)	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
hoogte waterkolom (in cm)	0,4	0,9	1,6	2,6	5,8	9,6	14,2	20,0

Deze meetwaarden worden verwerkt tot een grafiek, die het verband tussen de ingestelde spanning en de hoogte van de waterkolom weergeeft.

- b. 1. Teken een assenstelsel en breng langs de assen een schaalverdeling aan.
 2. Zet de gevonden meetwaarden uit in het diagram.
 3. Schets de bijbehorende grafiek.



- c. Hoe hoog zal het water worden opgezogen als de spanning 9,0 V bedraagt?

De glazen buis wordt vervolgens vervangen door een buis met een grotere doorsnede, die ook weer rechtop in de bak met water wordt gehouden.

De stofzuiger wordt weer ingeschakeld op 12,0 V.

- d. De hoogte van de waterkolom wordt nu: 1. groter dan 20,0 cm.
 2. gelijk aan 20,0 cm.
 3. kleiner dan 20,0 cm.

Kies het juiste antwoord en licht de keuze toe.

De glazen buis en de rubberstop worden verwijderd. De stofzuiger wordt nu horizontaal opgesteld.

Een plastik plaatje wordt tegen de mond van de zuigbuis gehouden. De stofzuiger wordt ingeschakeld. Het plaatje wordt daardoor tegen de mond van de zuigbuis vastgezogen. Dit plastik plaatje sluit de buis goed af. Zie figuur 3.2.



figuur 3.2

De stofzuiger wordt nu ingesteld op een spanning die er voor zorgt dat de druk in de zuigbuis $9,9 \text{ N/cm}^2$ is. De doorsnede van de zuigbuis is $6,0 \text{ cm}^2$.

De pijl F stelt de kracht voor, die juist nodig is om het plaatje van de zuigbuis af te trekken.

e. Bereken de grootte van kracht F.

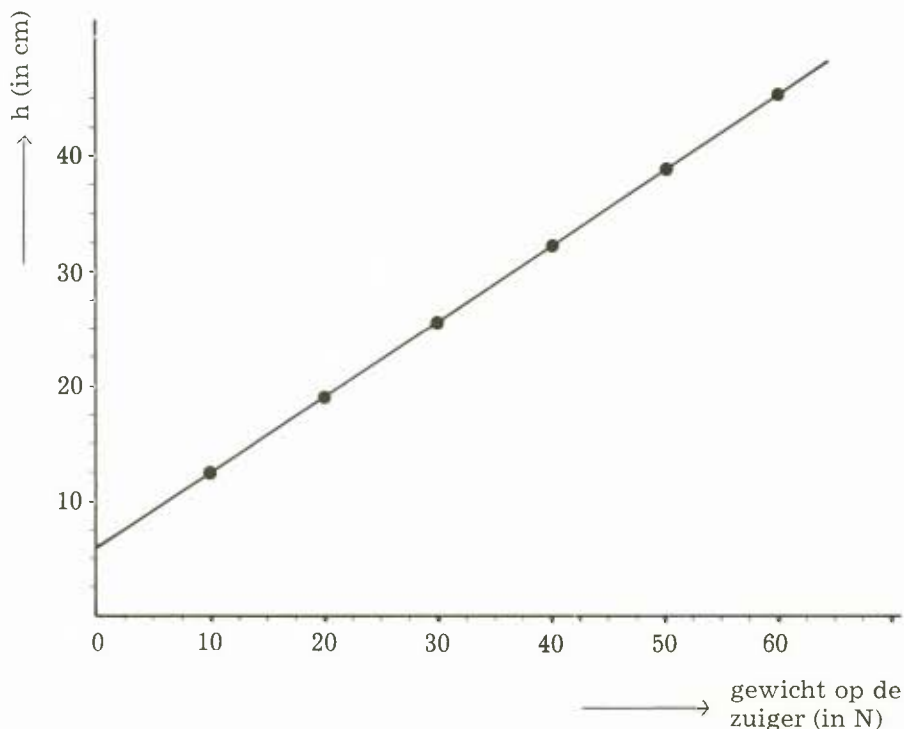
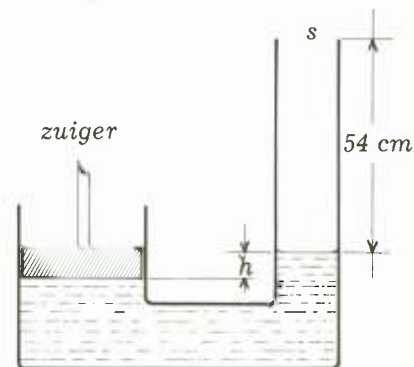
4

Een U-vormige buis is gedeeltelijk met water gevuld.

In het brede deel van de buis rust een zuiger op het water. De zuiger kan zonder wrijving bewegen. De afstand h is het hoogteverschil tussen de waternivo's in de beide delen van de buis (zie figuur).

Op de zuiger worden verschillende gewichten geplaatst. Bij elk gewicht wordt de afstand h gemeten.

De resultaten van deze metingen zijn in het diagram hieronder weergegeven.



- Lees uit de grafiek af hoe groot de afstand h is, als op de zuiger een gewicht van 40 N is geplaatst.
- Lees uit de grafiek af hoe groot de afstand h is, als op de zuiger geen gewicht is geplaatst.

De dichtheid van water bedraagt 1000 kg/m^3 . De zuiger blijft onbelast.

- Bereken de druk die door de zuiger op het water wordt uitgeoefend.

Als de zuiger onbelast is, sluiten we het smalle deel van de buis bij S af. De druk van de afgesloten lucht is $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ($= 10 \text{ N/cm}^2$).

De temperatuur blijft konstant. We plaatsen nu een gewicht op de zuiger waardoor het water in het smalle deel 5 cm stijgt.

- Bereken de druk van de afgesloten lucht in het smalle deel van de buis.

We nemen het gewicht van de zuiger af en verwarmen de afgesloten lucht in het smalle deel. Op een bepaald moment staan de beide waternivo's even hoog.

Is de druk van de afgesloten lucht in het smalle deel nu

1. groter
2. gelijk
3. kleiner

dan de druk van de buitenlucht.

e. Kies het juiste antwoord en licht de keuze toe.

155. Antwoordblad

1

- a. 20 cm
- b. de hoofwet van de hydrostatika.
- c. Olie heeft een kleinere dichtheid dan water. Er is dus meer olie nodig voor een bepaalde druk dan water.

In het korte been zit water, in het lange olie. Op de stippellijn geldt:

$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$. Maar dan weet je dat de olie hoger moet staan dan het water.

Het antwoord is 1.

Het oliepeil staat minder dan 8 cm onder de rand van het lange been.

- d. Voor het bijschenken van de olie was de situatie:

Na het bijschenken:

Het water is dus in het korte been 12 cm gestegen en in het linker 12 cm gezakt.

Op de stippellijn geldt:

$$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$$

$$p_{\text{rechts}} = p_{\text{water}} \text{ (we laten de luchtdruk buiten beschouwing).}$$

$$p_{\text{water}} = 24 \cdot 0,010 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,24 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \text{ (1 cm}^3 \text{ water weegt 0,010 N).}$$

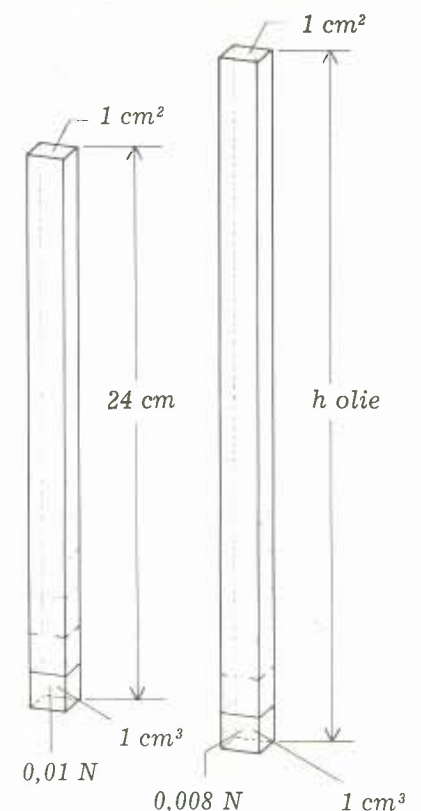
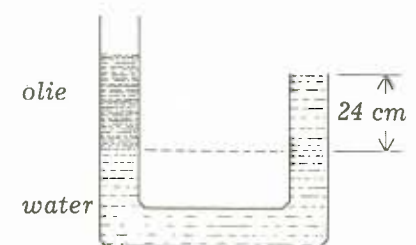
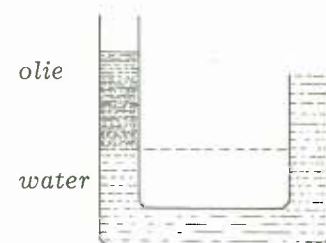
$$p_{\text{links}} = 0,24 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} (= p_{\text{olie}})$$

1 cm³ olie weegt 0,008 N.

$$\text{Dus } h \cdot 0,008 = 0,24 \Leftrightarrow h = 30 \text{ cm.}$$

De linker buis heeft een doorsnede van 2 cm².

Het volume van de bijgeschonken olie bedraagt: 30.2 cm³ = 60 cm³.



2

- a. Dat de temperatuur stijgt betekent, dat de molekulen heftiger bewegen. Dan botsen ze ook vaker en harder tegen de wanden en dus stijgt de druk.
- b. De vloeistof staat in beide benen even hoog, als de druk rechts gelijk is aan de druk links. De buitenluchtdruk is $0,99 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Volgens de tabel is de druk van het gas bij 24°C ook $0,99 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Bij die temperatuur staat het gas dus in beide benen even hoog.
- c. Bij 30°C is de druk in de bol $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
Verder weet je: $p_{\text{luchtdruk}} = 0,99 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
Er moet gelden: $p_{\text{bol}} = p_{\text{luchtdruk}} + p_{\text{alcohol}}$

$$\text{Dus } p_{\text{water}} = 0,02 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 0,2 \text{ N/cm}^2.$$

Hoeveel cm alcohol is daar voor nodig?

Stel er is h cm voor nodig.

Je weet dat 1 cm^3 $0,008 \text{ N}$ weegt.

$$\text{Dus } h \cdot 0,008 = 0,2 \Leftrightarrow h = 25 \text{ cm}.$$

- d. Er is gegeven dat het volume van het gas in de verbindingstukken verwaarloosbaar klein is.
Dus: V en hoeveelheid gas in de bol zijn konstant.
Je mag de drukwet van Gay-Lussac gebruiken.

$$\left(\frac{p}{T}\right)_{\text{begin}} = \left(\frac{p}{T}\right)_{\text{eind}}$$

$$p_{\text{eind}} = ?$$

$$T_{\text{eind}} = 273 \text{ K}$$

Voor p_{begin} en T_{begin} kun je gegevens uit de tabel halen:

$$\text{bijv: } p_{\text{begin}} = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

$$T_{\text{begin}} = (273 + 21) \text{ K} = 294 \text{ K}.$$

Invullen:

$$\frac{0,98 \cdot 10^5}{294} = \frac{p_{\text{eind}}}{273} \Leftrightarrow p_{\text{eind}} = \frac{273 \cdot 0,98 \cdot 10^5}{294} = 0,91 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

3

- a. Volgens de hoofdwet van de hydrostatika geldt:

$$p_A = p_B$$

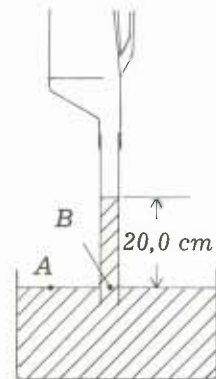
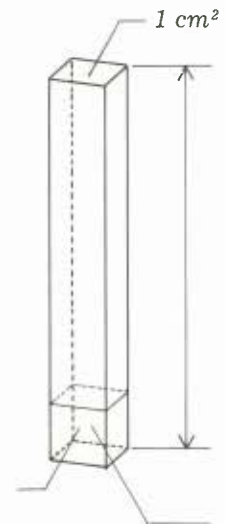
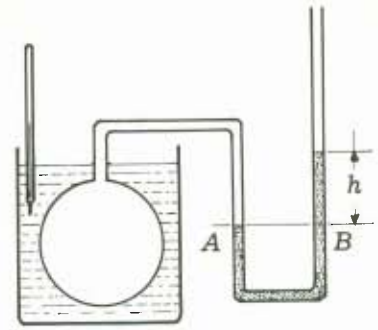
Je weet $p_A = p_{\text{luchtdruk}}$

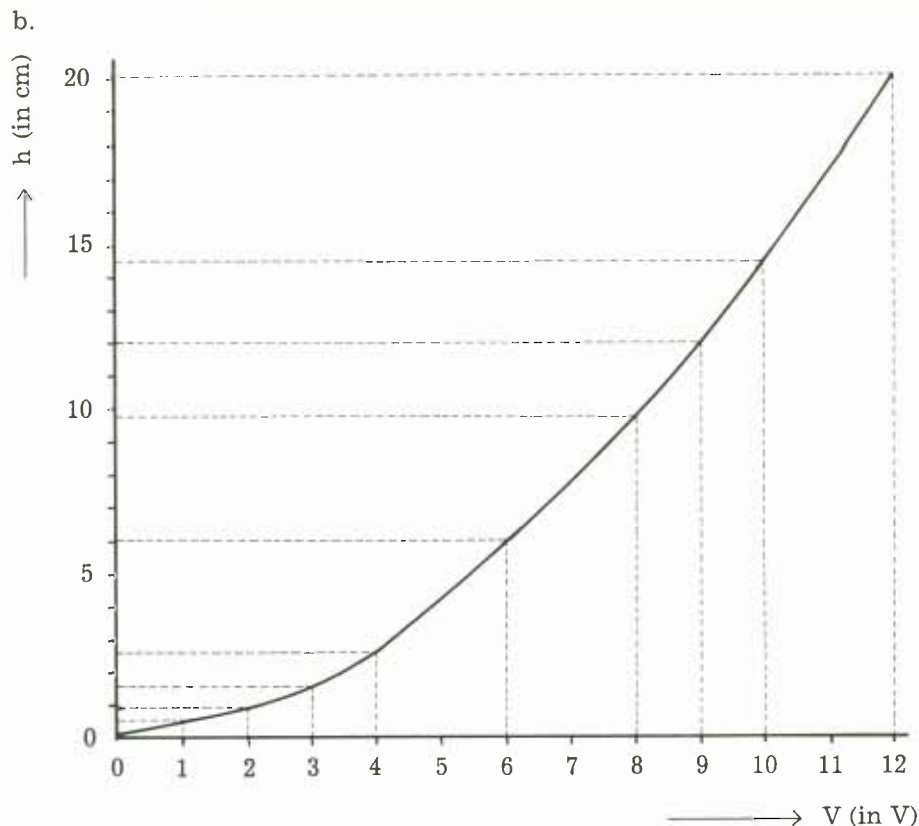
$$p_B = p_{\text{water}} + p_{\text{lucht in zuigbuis}}$$

$$p_{\text{luchtdruk}} = 10 \text{ N/cm}^2$$

$$p_{\text{water}} = 0,2 \text{ N/cm}^2 \text{ (na rekenen!)}$$

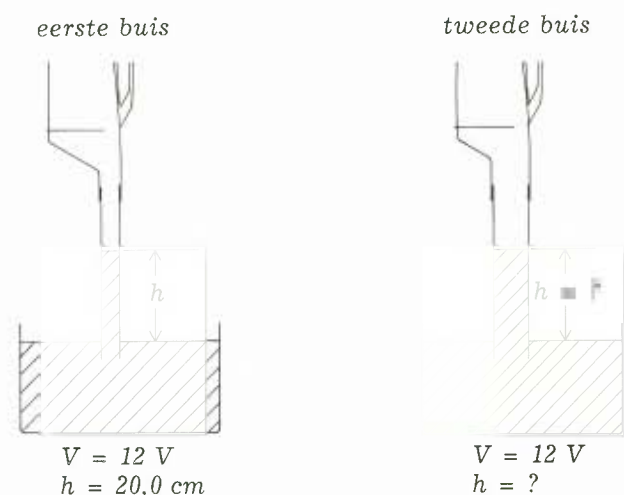
$$\text{Dus: } p_{\text{lucht in zuigbuis}} = 9,8 \text{ N/cm}^2.$$





c. Dat lees je af uit de grafiek: bij 9 V is de hoogte 12 cm.

d. Je hebt hier in elk geval weer de hoofdwet van de hydrostatika nodig. Maar je moet eerst bedenken wat het betekent dat de spanning op de stofzuiger even groot is als eerst. Dat betekent dat de stofzuiger evenveel lucht als eerst uit de buis kan zuigen (omdat er nu meer lucht in zit, zal hij er nu iets langer over doen). De druk in de buis wordt dus weer hetzelfde als eerst. Ook de hoogte wordt dus weer hetzelfde, want de dikte van de buis heeft daar geen invloed op. De kracht **per cm²** blijft hetzelfde, ongeacht hoeveel cm² de buis dik is.



e. Het plaatje wordt door het drukverschil op de zuigmond gedrukt. Het drukverschil is $0,1 \text{ N/cm}^2$. Dus de kracht die daarbij hoort volgt uit $p = \frac{F}{A}$.

$$\text{Dus } 0,1 = \frac{F}{6,0} \Leftrightarrow F = 0,6 \text{ N.}$$

Om het plaatje er af te trekken is dus 0,6 N nodig.



4

- a. 32,5 cm.
- b. 6,3 cm.

c. Het hoogteverschil is 6,3 cm.

Dat komt overeen met een druk van:

$$p_{\text{water}} = 6,3 \cdot 0,01 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,063 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Omdat } p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}} \Leftrightarrow p_{\text{zuiger}} = 0,063 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

d. T en de hoeveelheid gas konstant.

Wet van Boyle:

$$(pV)_{\text{begin}} = (pV)_{\text{eind}}$$

$$p_{\text{begin}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_{\text{begin}} = 54 \cdot A \text{ cm}^3 \quad (A \text{ is de doorsnede van de buis})$$

$$V_{\text{eind}} = 49 \cdot A \text{ cm}^3$$

Invullen:

$$1,0 \cdot 10^5 \cdot 54 A = p_{\text{eind}} \cdot 49 A$$

$$p_{\text{eind}} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Pa (afgerond).}$$

e. We passen de hoofdwet van de hydrostatika toe (zie tekening):

$$p_{\text{links}} = p_{\text{rechts}}$$

$$p_{\text{links}} = p_{\text{lucht}} + p_{\text{zuiger}}$$

$$p_{\text{rechts}} = p_{\text{afgesloten lucht}}$$

$$\text{Dus: } p_{\text{lucht}} + p_{\text{zuiger}} = p_{\text{afgesloten lucht}}$$

Je ziet dus dat $p_{\text{afgesloten lucht}} > p_{\text{lucht}}$.

Bewering 1 is waar.

