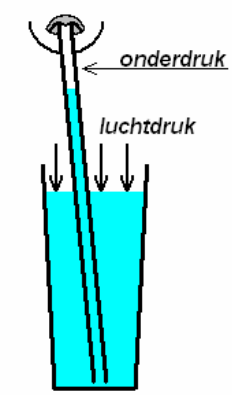
Limonade kun je opzuigen met een rietje. De vraag is: hoe lang kan dat rietje dan zijn?

Je weet:
Door aan het rietje te zuigen, wordt de druk in het rietje lager.
De luchtdruk op het wateroppervlak in het glas blijft hetzelfde.
De luchtdruk drukt de limonade het rietje in.
Zie *figuur 1*.

Conclusie: De luchtdruk is dus de beperkende factor.



figuur 1: onderdruk in het rietje

Uit de praktijk blijkt, dat een zuigpomp water kan oppompen tot maximaal 10 meter hoogte. Hoger kom je niet.

De Italiaan ***Evangelista Torricelli*** (1608-1647) heeft hier metingen aan gedaan. Omdat 10 meter water niet echt handig is, gebruikte hij het vloeibare metaal ***kwik***. Het kwik bleek niet hoger te komen dan 76 cm. Zie *figuur 2*.

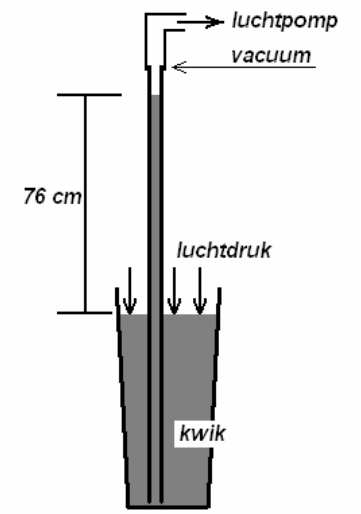
Torricelli kwam tot een heldere conclusie: de ***luchtdruk*** is vergelijkbaar met de druk van een ***76 cm*** hoge ***kwikkolom***.

Ofwel: ***1 atmosfeer = 76 cm kwikdruk***

De naam ***kwik*** kort men vaak af met ***Hg*** (=hydrargyrum)

Dus: ***1 atmosfeer = 76 cm Hg***

Is de kolom minder hoog, dan is de luchtdruk dus lager dan 1 atmosfeer.
Het apparaat in *figuur 2* wordt ook wel ***'De buis van Torricelli'*** genoemd. Het is de eerste barometer (luchtdrukmeter).



figuur 2: de buis van Torricelli

Je kunt precies berekenen hoe groot de luchtdruk is in N/cm^2.
Om het niet te ingewikkeld te maken, heeft de buis een grondvlak van *1* cm^2.
Kwik heeft een *dichtheid* van *13,6* $kg/dm^3 = 13,6\ g/cm^3$.
De versnelling van de zwaartekracht is $g = 9,81\ m/s^2$.

Berekening:

$$volume\ kwikkolom = 76 \times 1 = \underline{\underline{76\ cm^3}}$$

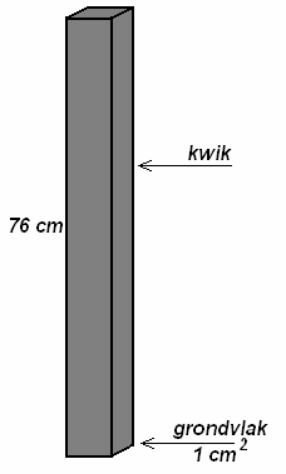
$$massa\ kwikkolom:\ m = \rho \times V$$

$$m = 76 \times 13,6 = \underline{\underline{1033,6\ g}} = \underline{\underline{1,0336\ kg}}$$

$$gewicht\ kwikkolom:\ F_g = m \times g$$

$$F_g = 1,0336 \times 9,81 = \underline{\underline{10,13\ N}}$$

De druk onder de kolom is dus $\underline{\underline{10,13\ N/cm^2}}$.



figuur 3

Dus: $\boxed{1\ atmosfeer = 10{,}13\ N/cm^2}$

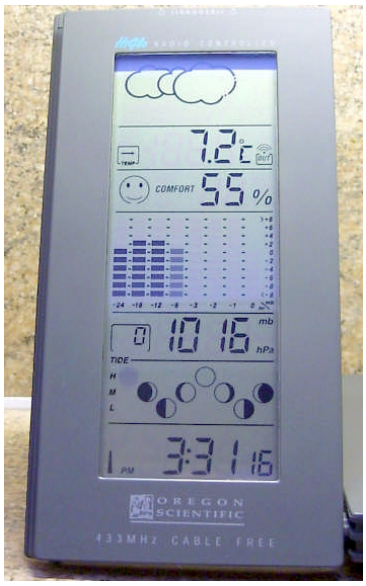
Op dit moment wordt niet de atmosfeer, maar de ***bar*** de ***eenheid van druk*** gebruikt.

Onthoud: $\boxed{1\ bar = 10\ N/cm^2 = 75\ cm\ kwikdruk}$

Je weet: $1\ bar = 1000\ millibar = 1000\ mbar = 10\ N/cm^2$
De gemiddelde luchtdruk is dus gelijk aan:

$$\boxed{1\ atmosfeer = 10{,}13\ N/cm^2 = 1{,}013\ bar = 1013\ mbar}$$

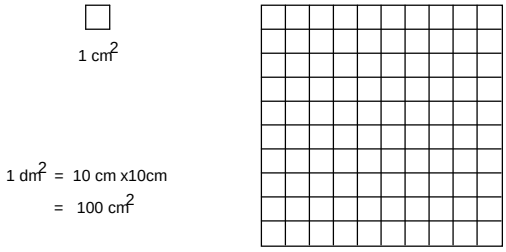
Op weerstations kom je dit tegenwoordig vaak tegen!
Zie *figuur 4*. De gemeten luchtdruk is *1016 mbar*.
De luchtdruk is dus iets hoger dan gemiddeld.



figuur 4 Het display van een weerstation

Je weet:
De hoeveelheid $1\ dm^2$ is een *vierkant* met een *zijde* van $1\ dm = 10\ cm$.
De oppervlakte van zo'n vierkant is:
$A = 1\ dm^2 = 10\ x\ 10 = 100\ cm^2$.

Op een soortgelijke manier kun je uitleggen, dat
$1\ m^2 = 100\ cm\ x\ 100\ cm = 10000\ cm^2$.



figuur 5

Vraag: $\boxed{1\ bar = 10\ N/cm^2}$
Op ieder cm^2 staat een kolom lucht met een gewicht van $10N$. Hoeveel zou dat zijn op $1\ m^2$?

Antwoord:
$1\ m^2 = 100\ cm\ x\ 100\ cm = 10000\ cm^2$
Op $1\ m^2$ werkt een kracht van
$10000\ x\ 10\ N = \underline{100.000\ N} = \underline{100\ kN}$

Ofwel: $\boxed{1\ bar = 10\ N/cm^2 = \underline{100.000\ N/m^2} = \underline{100\ kN/m^2}}$

De druk van $1\ N/m^2$ wordt ook wel $\underline{1\ Pascal}$ genoemd (afgekort: $\underline{1\ Pa}$).

Onthoud:
$\boxed{1\ bar = 10\ N/cm^2 = 100.000\ N/m^2 = 100.000\ Pa = \underline{100\ kPa}}$

Je weet: $1\ hm = 1\ hectometer = 100\ m$

Dus: $1\ bar = 100.000\ Pa = 1000\ hPa$

Ook geldt: $1\ bar = 1000\ mbar$

Dus: $\boxed{1\ mbar = 1\ hPa}$

Zie *figuur 6*! Deze eenheid wordt soms gebruikt in weerberichten!



figuur 6 Een detailfoto van het weerstation uit figuur 4

Voorbeeld 2:
Op een gasfles staat een druk vermeld van *30 bar*.
Je sluit een manometer aan met een *kPa*-verdeling op de wijzerplaat.
Bereken welke druk je gaat meten.

Uitwerking 1 (vmbo-methode):

$|\underline{1\ bar} = 10\ N/cm^2 = 100.000\ N/m^2 = 100.000\ Pa = \underline{100\ kPa}|$

standaard druk	*1 bar*	*100 kPa*
	30 bar	*?*

Dus : $? \times 1 = 30 \times 100$ *(kruiselings vermenigvuldigen)*

Ofwel : $? = \dfrac{30 \times 100}{1} = \underline{\underline{3000\ kPa}}$

Uitwerking 2 (mbo-methode):

$|\underline{1\ bar} = 10\ N/cm^2 = 100.000\ N/m^2 = 100.000\ Pa = \underline{100\ kPa}|$

Dus : $30\ bar = 30 \times 100\ kPa = \underline{\underline{3000\ kPa}}$

Omrekenen naar andere eenheden: VERHOUDINGSTABEL gebruiken!

---

1 Een manometer geeft een gasdruk aan van *350 kPa*.
Bereken deze gasdruk in *bar* en *mbar*.

2 Een manometer geeft een gasdruk aan van *27,5* bar.
Bereken deze gasdruk in *kPa*

3 Een manometer geeft een gasdruk aan van *78 N/cm²*.
Bereken deze gasdruk in bar en mbar.

4 Een manometer geeft een gasdruk aan van *12,5 bar*.
Bereken deze gasdruk in *N/cm²*

5 Een barometer geeft een luchtdruk aan van *72 cm Hg*.
Bereken de luchtdruk in bar en mbar.

6 Een barometer geeft een luchtdruk aan van bar *1023 mbar*.
Bereken de luchtdruk in *cm Hg*.

7 Een manometer geeft een gasdruk aan van *78 N/cm²*.
Bereken deze gasdruk in *cm Hg*.

8 Een manometer geeft een gasdruk aan van *125 kPa*.
Bereken deze gasdruk in *cm Hg.*

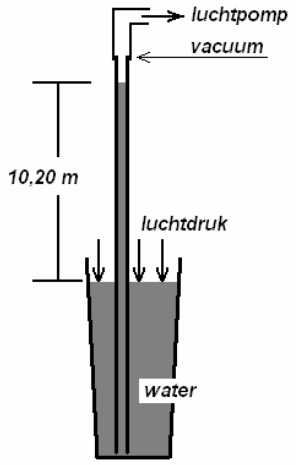
9 Een manometer geeft een gasdruk aan van *2700 kPa*.
Bereken deze gasdruk in *atmosfeer*.

10 Een manometer geeft een gasdruk aan van *27,5 atmosfeer*.
Bereken deze gasdruk in *kPa*

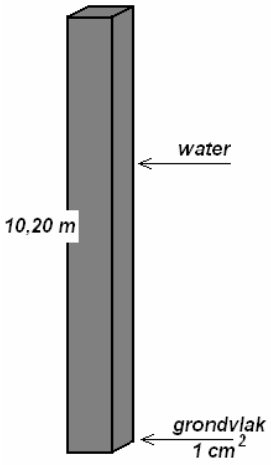
11 Een manometer geeft een gasdruk aan van *78 N/cm²*.
Bereken deze gasdruk in *atmosfeer*.

12 Een manometer geeft een gasdruk aan van *12,5 atmosfeer*.
Bereken deze gasdruk in *N/cm²*

Voorbeeld 3:
Je vervangt het kwik in *figuur 2* door water.
Hoe hoog is de luchtdruk als het water *10, 20 m* hoog komt?



figuur 7: de buis van Torricelli gevuld met water



figuur 8

Berekening:

$volume\ kwikkolom = 1020 \times 1 = \underline{\underline{1020\ cm^3}}$

$massa\ kwikkolom:\ m = \rho \times V$

$m = 1 \times 1020 = \underline{\underline{1020\ g}} = \underline{\underline{1{,}02\ kg}}$

$gewicht\ kwikkolom:\ F_g = m \times g$

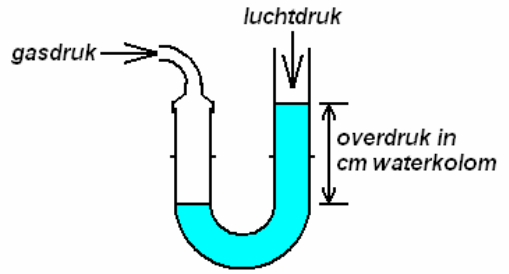
$F_g = 1{,}02 \times 9{,}81 = \underline{\underline{10{,}0\ N}}$

De druk onder de kolom is dus $\underline{\underline{10{,}0\ N/cm^2}}$.

Onthoud: $\boxed{1\ bar = 10\ N/cm^2 = 1020\ cm\ waterdruk}$

Zuig-pompen zijn dus ook niet handig om water uit diepe mijnen te pompen. Daarvoor gebruikt men vaak ***pers-pompen***.

Waterbarometers kom je niet veel tegen, ***water-manometers*** wel!
Lage ***gasdrukken*** worden soms uitgedrukt in ***cm water***.
In *figuur 7* zie daar een schematische voorstelling van.



figuur 9: een open water-manometer

Voorbeeld 4:
Hoeveel *cm water* kun je opzuigen bij een luchtdruk van *76 cm kwikdruk*? Rond het antwoord af op *hele cm's*.

Uitwerking 1 (vmbo-methode):

$\boxed{1\ bar = 75\ cm\ Hg = 1020\ cm\ water}$

$\boxed{1\ atmosfeer = 1{,}013\ bar}$

1 bar	1 bar	100 kPa	1020 cm water
1 atmosfeer	1,013 bar	-	?

Omrekenen naar andere eenheden: VERHOUDINGSTABEL gebruiken!

$Dus: \quad ? \times 1 = 1{,}013 \times 1020 \qquad (kruiselings\ vermenigvuldigen)$

$Ofwel: \quad ? = \dfrac{1{,}013 \times 1020}{1} = \underline{\underline{1034\ cm\ water}}$

Uitwerking 2 (mbo-methode):

$\boxed{1\ bar = 75\ cm\ Hg = 1020\ cm\ water}$

$\boxed{1\ atmosfeer = 1{,}013\ bar}$

$1\ atmosfeer = 1{,}013 \times 1020 = \underline{\underline{1034\ cm\ water}}$

13 Een barometer geeft een luchtdruk aan van *1800 cm waterkolom*.
Bereken de luchtdruk in bar en mbar.

14 Een manometer geeft een gasdruk aan van *20 cm waterkolom*.
Bereken de gasdruk in bar en mbar.

15 Een manometer geeft een luchtdruk aan van bar *1023 mbar*.
Bereken de gasdruk in *cm waterkolom*

16 Een manometer geeft een luchtdruk aan van bar *23 mbar*.
Bereken de gasdruk in *cm waterkolom*

17 Een manometer geeft een gasdruk aan van *78 N/cm^2*.
Bereken deze gasdruk in *cm waterkolom*.

18 Een manometer geeft een gasdruk aan van *125 kPa*.
Bereken deze gasdruk in *cm waterkolom.*

19 Een manometer geeft een gasdruk aan van *7,8 atmosfeer*.
Bereken deze gasdruk in *cm waterkolom*.

20 Een manometer geeft een gasdruk aan van *12,5 atmosfeer*.
Bereken deze gasdruk in *cm waterkolom.*