

THEMA

DRUK BIJ VLOEISTOFFEN

9



Waarover gaat dit thema

In dit thema worden de begrippen **druk in** een vloeistof en **druk op** een vloeistof behandeld. Er volgen enkele toepassingen als voorbeeld gegeven, en nadien wordt ook het principe van de **verbonden vaten** uitgelegd.

Inhoud

1 Druk bij een vloeistof	161
1.1 Druk op een vloeistof, druk in een vloeistof	161
1.2 Druk op een vloeistof	161
1.2.1 Wet van Pascal	161
1.2.2 De hydraulische pers	162
2 Voorbeeldopdrachten	164
3 Druk in een vloeistof of hydrostatische druk	165
Opgaven	167
Samenvatting	170

Openingsvraag

Als je duikt of onder water zwemt, ondervind je vaak pijn in je oren.

- 1 Hoe komt dat?
- 2 Welke van de volgende factoren heeft daarop een invloed?
 - a Hoe diep je zwemt.
 - b De temperatuur van het water.
 - c De hoeveelheid water in het zwembad.
 - d De diepte van het zwembad.



De oplossing vind je op p. 167.

1

Druk bij een vloeistof

1.1 Druk op een vloeistof, druk in een vloeistof

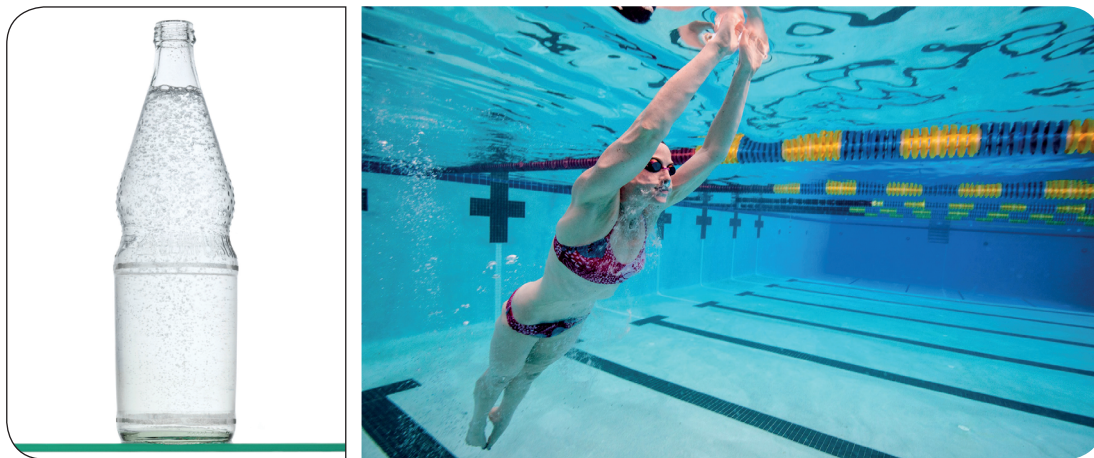


Fig. 9.1 Druk op de vloeistof en druk in de vloeistof

- Als je een flesje spuitwater opent, hoor je dat er gas ontsnapt. Boven het water werd door dat gas een druk uitgeoefend. Deze druk noemen we de druk op de vloeistof.
- Als je onder water zwemt, voel je de druk van het water in je oren. Een vloeistof oefent, onder invloed van de zwaartekracht, een druk uit in de vloeistof.

De druk die op een vloeistof wordt uitgeoefend, noemen we de **druk op een vloeistof**. De druk die gemeten wordt in een vloeistof, noemen we de **druk in een vloeistof** of **hydrostatische druk**.

1.2 Druk op een vloeistof

1.2.1 Wet van Pascal

- Als je op een geopende fles shampoo duwt, komt er shampoo uit.
- De brandweer zet druk op het water, zodat het water ver uit de slang spuit.
- Door op de injectiespuit de duwen, komt er vaccinatievloeistof vrij.



Fig. 9.2 De druk wordt in alle richtingen doorgegeven.

Als op een vloeistof een druk wordt uitgeoefend, dan wordt die druk doorgegeven over de hele vloeistof. Experimenteel kun je vaststellen dat de druk uitgeoefend op de vloeistof overal even groot is. Een toestel is gevuld met gekleurd water. Het water staat in alle zijarmen even hoog. Als je druk op het water uitoefent door de zuiger in te drukken, dan neemt het niveauverschil in alle zijarmen evenveel toe. De druk die op het water wordt uitgeoefend, wordt doorgegeven over de hele vloeistof en is overal en in alle richtingen even groot.

Een verklaring hiervoor is te vinden dankzij het deeltjesmodel van een vloeistof. Aangezien een vloeistof nagenoeg niet samendrukbaar is, zal – wanneer we een druk geven op een afgesloten vloeistof – deze druk doorgegeven worden aan alle andere deeltjes in de vloeistof.

Wet van Pascal

Als op een hoeveelheid vloeistof een druk wordt uitgeoefend, wordt die druk ongewijzigd in alle richtingen in die vloeistof doorgegeven.



Fig. 9.3 De wet van Pascal voor een vloeistof

1.2.2 De hydraulische pers

Een U-vormige buis is afgesloten met twee zuigers en gevuld met een vloeistof. De doorsnede van de linkse zuiger is A_1 , die van de rechtse zuiger A_2 . Op de linkse zuiger wordt een kracht $\vec{F}_1$ uitgeoefend. Zo'n systeem noemen we een **hydraulische pers**.

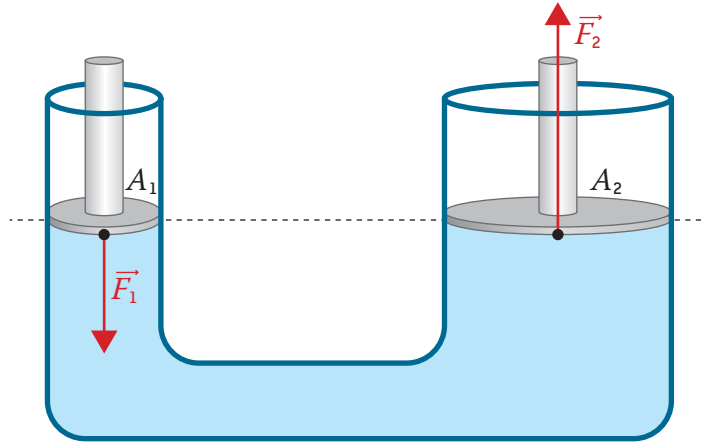


Fig. 9.4 Hydraulische pers

De linkse zuiger oefent een kracht $\vec{F}_1$ uit op de vloeistof. De druk p uitgeoefend door deze zuiger op de vloeistof is gelijk aan: $p = \frac{F_1}{A_1}$.

Deze druk wordt ongewijzigd doorgegeven en werkt ook op het oppervlak A_2 van de rechtse zuiger. Op het oppervlak A_2 van de rechtse zuiger werkt dus een kracht $\vec{F}_2$ naar boven. De druk p op dit oppervlak is gelijk aan: $p = \frac{F_2}{A_2}$.

Dus is: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ of $F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$.

Met een hydraulische pers kan een kleine kracht omgezet worden in een grote en kan een kracht invloed hebben op een andere plaats.

De hydraulische pers wordt gebruikt bij kranen en bulldozers om de arm te bewegen en om zware voorwerpen, bv. een wagen in een garage, omhoog te krikken.

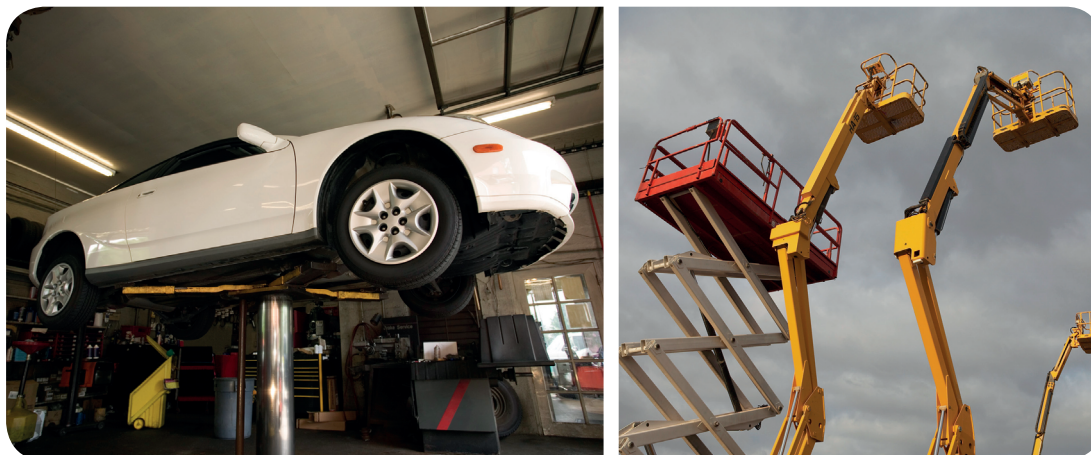


Fig. 9.5 De hydraulische pers in toepassingen



OPDRACHT 1

Vul een wouffles, dat is een fles met twee vulopeningen, volledig met water. Plaats een stop in beide openingen. Sla krachtig op een van de stoppen. Verklaar je waarneming.

Omdat water niet samendrukbaar is, wordt de druk voortgeplant over de hele vloeistof, ook op de andere stop, die door de druk uit de fles vliegt.



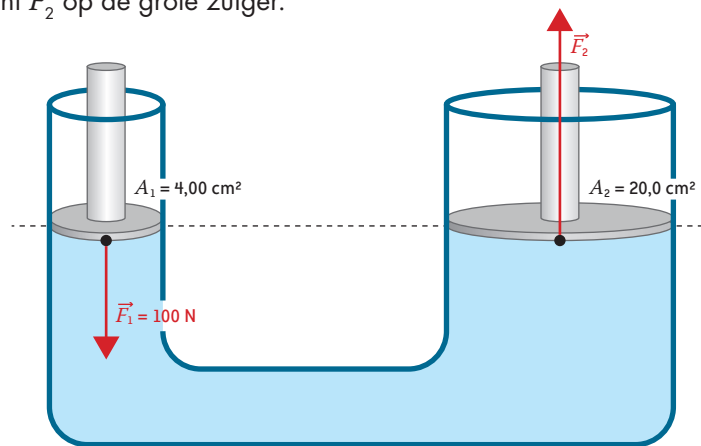
Bij een hydraulische pers kunnen we de verhouding van de kracht op het oppervlak per zuiger aan elkaar gelijk stellen.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

2

Voorbeeldopdrachten

- 1 Bereken de kracht F_2 op de grote zuiger.



GEGEVEN

$$\begin{aligned} F_1 &= 100 \text{ N} \\ A_1 &= 4,00 \text{ cm}^2 = 0,000400 \text{ m}^2 \\ A_2 &= 20,0 \text{ cm}^2 = 0,00200 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

GEVRAAGD

$$F_2$$

OPLOSSING

De vloeistofdruk in dit systeem blijft gelijk dus $p_1 = p_2$.

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{100 \text{ N}}{0,000400 \text{ m}^2} = 250 \text{ kPa}$$

$$p_1 = p_2 = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow F_2 = p_2 \cdot A_2 = 250 \text{ kPa} \cdot 0,00200 \text{ m}^2 = 500 \text{ N}$$

- 2 Hoe groot moet de zuiger bij de remcilinder zijn om een kracht van 150 N te kunnen creëren? Hiervoor geven we aan de remhendel op het stuur een kracht van 30 N op een kleine zuiger van 8,0 mm².

GEGEVEN

$$\begin{aligned} F_1 &= 30 \text{ N} \\ A_1 &= 8,0 \text{ mm}^2 = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \\ F_2 &= 150 \text{ N} \end{aligned}$$

GEVRAAGD

$$A_2$$

OPLOSSING

De vloeistofdruk in dit systeem blijft gelijk dus $p_1 = p_2$.

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{30 \text{ N}}{8,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 3,75 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_1 = p_2 = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow A_2 = \frac{F_2}{p_2} = \frac{150 \text{ N}}{3,75 \cdot 10^6 \text{ Pa}} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$



3

Druk in een vloeistof of hydrostatische druk



ADS 6

- Wie op grote diepte zwemt, moet samengeperste lucht gebruiken om de druk van het water op zijn borstkas te compenseren.
- Als er een scheur in de wand van een duikboot is, spuit het water door de grote buitendruk naar binnen.

Deze druk is het gevolg van de zwaartekracht op de bovenliggende vloeistof. We noemen deze druk de **hydrostatische druk**.

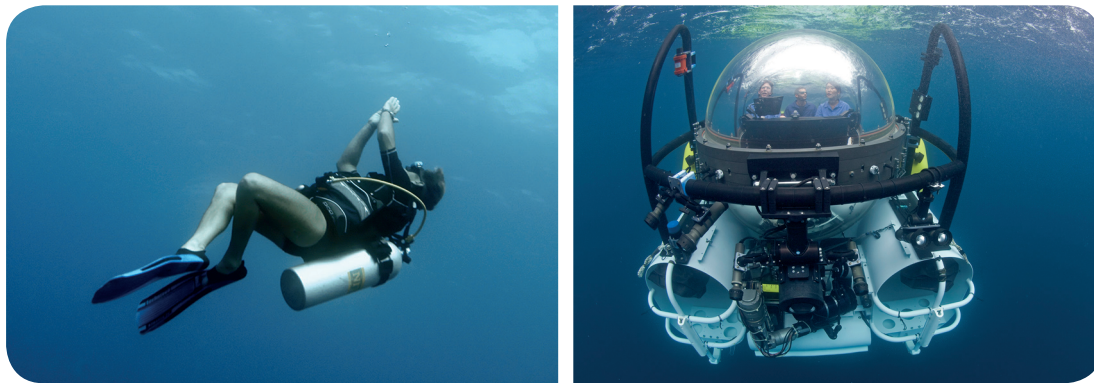


Fig. 9.6 De zwaartekracht veroorzaakt een druk in een vloeistof.

De druk in een vloeistof die het gevolg is van de zwaartekracht, is de **hydrostatische druk**.

Hoe groot is de hydrostatische druk?

Als we onder water gaan, voelen we dat het water op een bepaalde diepte drukt tegen ons trommelvlies. We stellen dit voor met behulp van een praktische opstelling.

Een buis wordt ondergedompeld in een vloeistof. We sluiten deze buis eerst af door er een plaatje tegen te duwen. De vloeistof houdt het plaatje tegen de opening van de buis gedrukt. Dit is de hydrostatische druk.

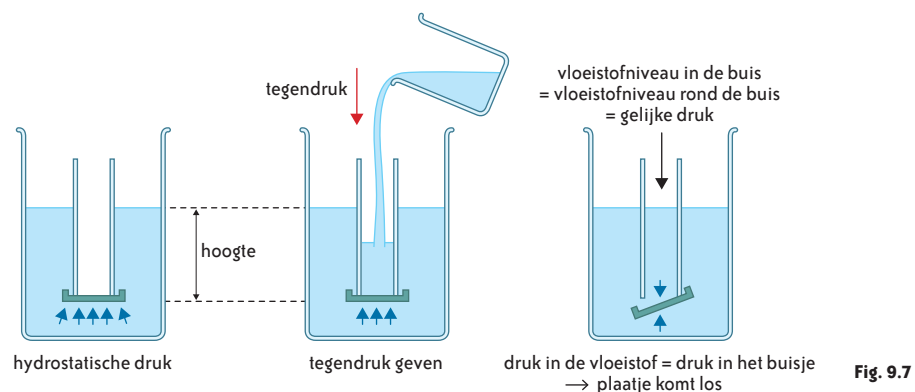


Fig. 9.7

De hoogte van de vloeistof bepaalt de grootte van de hydrostatische druk. Als we in de buis een zelfde vloeistof gieten op een zelfde hoogte, dan zijn de twee vloeistofdrukken gelijk.

Het is de zwaarteveldsterkte van de aarde die de vloeistof naar beneden trekt. Deze aantrekkingskracht bepaalt dus mee de hydrostatische druk.

Als de vloeistof zwaarder is, zal die uiteraard meer kracht onderaan uitoefenen, dus ook de massadichtheid heeft een invloed op de grootte van de hydrostatische druk.

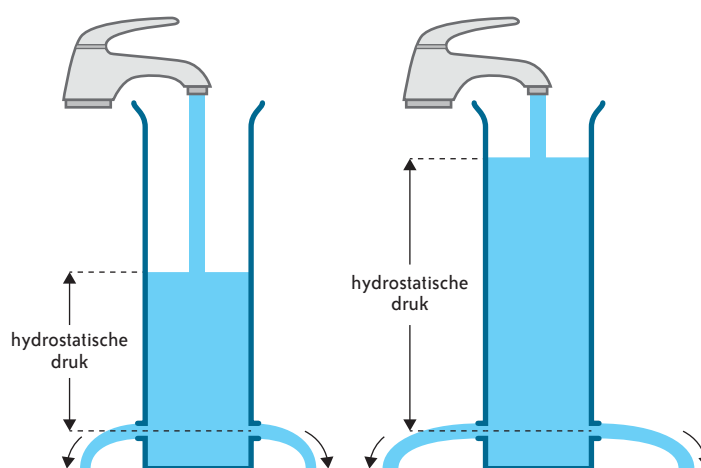


Fig. 9.8 Hoe hoger de vloeistofkolom, hoe verder het water eruit spuit.

De vorm van het vat of van de vloeistofhoeveelheid speelt geen rol. Een dun buisje met 1 m vloeistofhoogte zal evenveel druk geven als een veel dikkere buis met meer vloeistof maar op een zelfde hoogte gevuld.

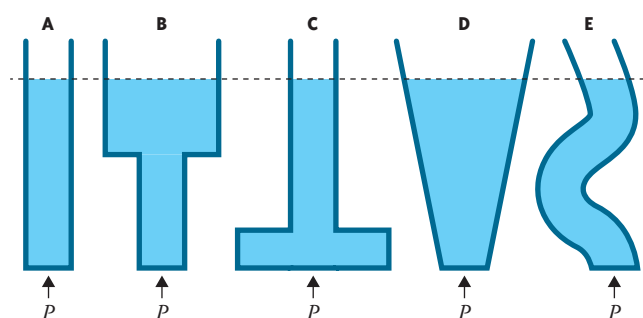


Fig. 9.9

Een historische proef die dit aantoonde is 'het vat van Pascal', waarbij een houten vat openbarstte bij het vullen van een dunne waterbuis die hierop aangesloten was. Je hoeft geen grote hoeveelheid water te hebben om een grote druk te creëren, alleen een grote hoogte.

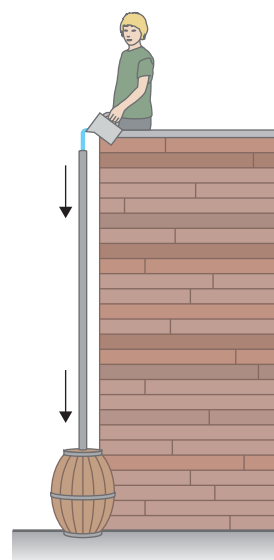


Fig. 9.10

De hydrostatische druk of de druk in een vloeistof is afhankelijk van:

- de hoogte
- de massadichtheid
- de zwaarteveldsterkte

$$p_{\text{hydro}} = h \cdot \rho \cdot g$$

Boven een hoeveelheid vloeistof bevindt er zich steeds de atmosfeer waarin een bepaalde luchtdruk heerst. De totale druk op een bepaalde diepte is de som van de hydrostatische druk en de luchtdruk boven de vloeistof.

In een bergmeer op een bepaalde diepte is er minder druk dan in een laaggelegen meer op dezelfde diepte.

Oplossing openingsvraag

- 1 De pijn die je ervaart, ontstaat door de druk die uitgeoefend wordt op je trommelvlies.
- 2 De grootte van die druk is afhankelijk van hoe diep je zwemt. De temperatuur van het water heeft een kleine, onwaarneembare invloed, omdat de dichtheid afneemt met toenemende temperatuur. De afmetingen van het zwembad, de hoeveelheid water en de diepte van het zwembad zelf hebben geen invloed.

Opgaven

A-REEKS



- 1 Als er op de kleine zuiger van een hydraulische pers een kracht wordt uitgeoefend, dan zal de kracht op de grote zuiger:

- ☐ gelijk zijn aan de kracht op de kleine zuiger.
- ☒ groter zijn dan de kracht op de kleine zuiger.
- ☐ kleiner zijn dan de kracht op de kleine zuiger.



- 2 Kruis de bewering(en) aan die volgens jou juist is (zijn).

- ☐ Volgens de wet van Pascal zal de druk op een vloeistof vergroten, recht evenredig met de diepte.
- ☐ De grootte van een zwembad heeft een invloed op de druk die je op een bepaalde diepte voelt.
- ☒ De temperatuur van het water speelt een rol bij de grootte van de hydrostatische druk.
- ☐ De totale druk in een vloeistof is, op eenzelfde diepte in zoet water, groter in een bergmeer dan in een laaggelegen meer.



- 3 Hoe groot is de hydrostatische druk op een diepte van 50,0 m in de Rode Zee?
 $\rho_{\text{zout water}} = 1037 \text{ kg/m}^3$

Gegeven:

$$h = 50,0 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{zout water}} = 1037 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ N/kg}$$

Gevraagd:

$$P_{\text{hydro}}$$

Oplossing:

$$P_{\text{hydro}} = h \cdot \rho \cdot g$$

$$P_{\text{hydro}} = 50,0 \text{ m} \cdot 1037 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg}$$

$$P_{\text{hydro}} = 509 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$





- 4 In een vereenvoudigd model onthouden we dat er per 10 m waterdiepte 100 000 Pa of 1 bar aan druk bij de bovenliggende atmosferische druk komt: $p_{\text{atm}} = 1 \text{ bar}$.

a Hoe diep zitten we bij een totale druk van 8 bar?

totale druk = atmosferische druk + hydrostatische druk

atmosferische druk = 1 bar

Per 10 m is er 1 bar hydrostatische druk.

$$p_{\text{hydro}} = p_{\text{totaal}} - p_{\text{atm}}$$

$$p_{\text{hydro}} = 7 \text{ bar}$$

Dit komt overeen met $7 \times 10 \text{ m}$ diepte.

We bevinden ons op 70 m diepte.

b Hoeveel hydrostatische druk krijgen we op ons, op een diepte van 35 m?

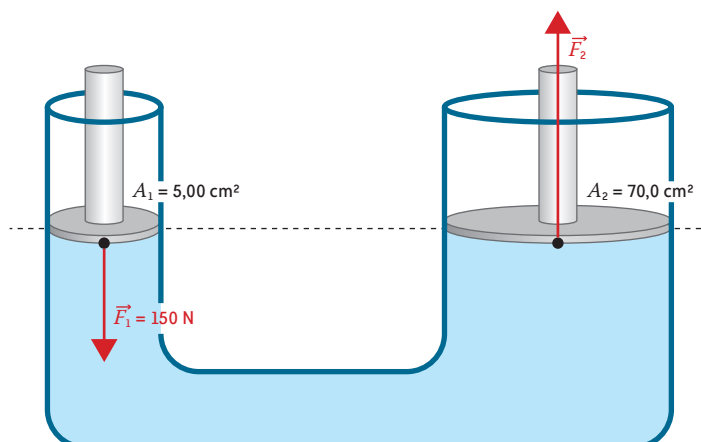
$$35 \text{ m} = 3,5 \times 10 \text{ m}$$

Dit komt overeen met $3,5 \times 1 \text{ bar}$ hydrostatische druk.

$$p_{\text{hydro}} = 3,5 \text{ bar}$$



- 5 Bereken de ontstane kracht bij de gegeven hydraulische pers.



Gegeven

$$A_1 = 5,00 \text{ cm}^2 = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_1 = 150 \text{ N}$$

$$A_2 = 70,0 \text{ cm}^2 = 70,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Gevraagd

$$F_2$$

Oplossing

$$\frac{F_1}{A_1} = p = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{(F_1 \cdot A_2)}{A_1}$$

$$F_2 = \frac{(150 \text{ N} \cdot 70,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2)}{5,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$F_2 = 2,10 \cdot 10^3 \text{ N}$$

B-REEKS



6

Bereken de druk die de remleiding in een auto aan de grote zuiger van 280 mm^2 moet weerstaan, als we met een kracht van 500 N op de kleine zuiger van $40,0 \text{ mm}^2$ groot duwen.

Gegeven:

$$F_1 = 500 \text{ N}$$

$$A_1 = 40,0 \text{ mm}^2 = 40,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Gevraagd:

p

Oplossing:

$$\frac{F_1}{A_1} = p = \frac{F_2}{A_2}$$

De druk aan de grote zuiger is gelijk aan de druk op de kleine zuiger.

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{500 \text{ N}}{40,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 12,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$



7

Hoe groot is de kracht die een duikbootraampje van 200 cm^2 moet kunnen weerstaan op een diepte van 150 m in zout water? (Een duikboot is gevuld met lucht op atmosferische druk, dus hoeft je enkel te rekenen met de hydrostatische druk.)

$$\rho_{\text{zout water}} = 1037 \text{ kg/m}^3$$

Gegeven:

$$h = 150 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{zout water}} = 1037 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ N/kg}$$

$$A = 200 \text{ cm}^2 = 0,0200 \text{ m}^2$$

Gevraagd:

F

Oplossing:

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

$$p = p_{\text{hydro}} = h \cdot \rho \cdot g$$

$$p_{\text{hydro}} = 150 \text{ m} \cdot 1037 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ N/kg}$$

$$p_{\text{hydro}} = 1,53 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$F = p \cdot A = 1,53 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,0200 \text{ m}^2 = 30,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$





SAMENVATTING

1 Druk op een vloeistof, druk in een vloeistof

De druk die op een vloeistof wordt uitgeoefend, noemen we de druk op een vloeistof.

De druk die gemeten wordt in een vloeistof, noemen we de druk in een vloeistof of hydrostatische druk.

2 Druk op een vloeistof

Wet van Pascal

Als op een hoeveelheid vloeistof een druk wordt uitgeoefend, wordt die druk ongewijzigd in alle richtingen in die vloeistof doorgegeven.

De hydraulische pers

Bij een hydraulische pers kunnen we de verhouding van de kracht op het oppervlak per zuiger aan elkaar gelijk stellen.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

3 Druk in een vloeistof of hydrostatische druk

De druk in een vloeistof die het gevolg is van de zwaartekracht, is de hydrostatische druk.

$$p_{\text{hydro}} = h \cdot \rho \cdot g$$

De hydrostatische druk in een vloeistof is recht evenredig met:

- de hoogte h
- de massadichtheid ρ
- de zwaarteveldsterkte