

TECHNISCHE NATUURKUNDE

Didactisch concept : Vervoort Boeken
Grafisch ontwerp: uwontwerp.nl Eindhoven
Versie voorjaar 2021

ISBN 9789464180107.

© Vervoort Boeken

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Wat is het bijzondere van dit boek?

Het is geschreven door docenten die met bijzonder veel ervaring in het onderwijs in de exacte vakken en de technische toepassingen ervan.

Natuurkundige principes worden besproken tot op het niveau van HAVO/VWO-bovenbouw en vervolgens toegepast in situaties uit het dagelijks leven, met specifiek aandacht voor techniek.

Dit boek is interessant voor leerlingen van HAVO/VWO als ondersteuning bij een techniek gerelateerd profielwerkstuk, MBO-studenten die verder willen studeren en studenten die beginnen aan een HBO-opleiding, maar toch nog behoefte hebben aan extra natuurkundige ondersteuning.

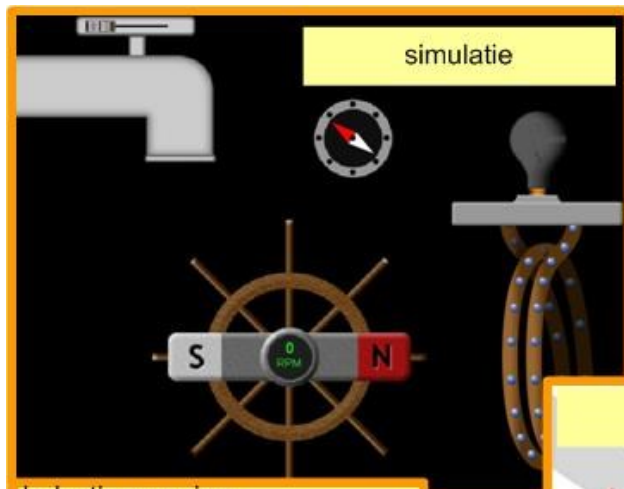
De methode bestaat uit een boek en een site met diverse hulpmiddelen.

Met name de simulaties van PhET van de universiteit van Colorado zijn erg leerzaam. Er zullen filmpjes beschikbaar zijn over de mogelijkheden van de simulaties en bijbehorende oefenopdrachten. Daar waar mogelijk worden deze aangevuld met actuele gebeurtenissen.

Jos Vervoort

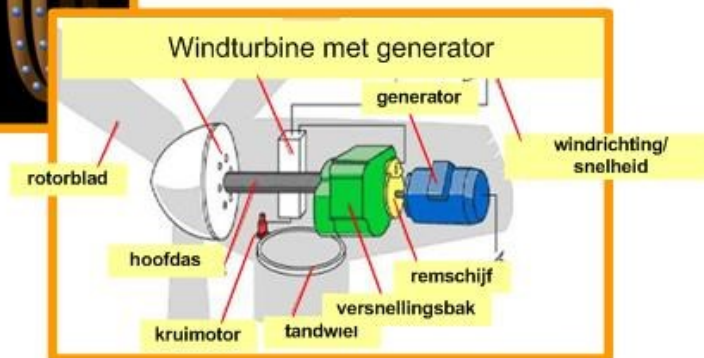
TeNa 1.1

Link naar simulatie



Inductiespanning
Veranderend magnetische veld
Energieomzetting
Generator

PhET Interactive Simulations
University of Colorado
<http://phet.colorado.edu>



Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Grootheden en eenheden		Blz
1.2	Basis- en afgeleide grootheden	5
1.3	Machten van '10' en voorvoegsels	6
1.4	Eenheden als controle op juistheid formule	8
1.5	Omzetten van eenheden	9
Hoofdstuk 2 Opbouw materiaal, massa, volume en dichtheid		
2.2	Massa en opbouw materiaal	13
2.3	Volume of inhoud	16
2.4	Dichtheid of soortelijke massa (ρ)	18
2.5	Opwaartse kracht en dichtheid	22
2.6	Dichtheid bij oplossingen en vloeistofmengsels	25
2.7	Soorten uitzetting en invloed op de dichtheid	27
Hoofdstuk 3 Warmte, soort, hoeveelheid en transport		
3.2	Temperatuur en warmte	33
3.3	Warmtecapaciteit	37
3.4	Temperatuur en warmte bij faseovergangen	38
3.5	Warmtetransport	41
3.6	Warmtestroom en warmteweerstand	47
Hoofdstuk 4 Kracht en beweging		
4.2	Zwaartekracht en gewicht	57
4.3	Kracht en versnelling	63
4.4	Opwaartsekracht	65
4.5	Beweging met wrijvingskracht	67
4.6	Krachten bij veranderende snelheid	70
4.7	Cirkelbeweging, overbrenging en centripetale kracht	72
4.8	Ontbinden en samenstellen van krachten	75
Hoofdstuk 5 Druk en kracht		
5.2	Druk en kracht	80
5.3	Druk bij vaste stof, vloeistof en gas	81
5.4	De luchtdruk	84
5.5	Druk op verschillende hoogtes in een vloeistof	86
5.6	Hydraulische apparaten	91

Hoofdstuk 6 Gassen en dampen		
6.2	Druk, temperatuur en volume	95
6.3	De algemene gaswet en de wetten van Boyle en Gay-Lussac	96
6.4	Massa berekenen via gasconstante	102
6.5	Universele gasconstante R	103
6.6	Niet ideale gassen en dampen	104
6.7	Bijzondere eigenschappen van enkele bekende gassen	110
Hoofdstuk 7 Elektriciteit en magnetisme		
7.2	Lading en elektrische stroom	115
7.3	Spanning, stroomsterkte en weerstand	118
7.4	Stroomkring, wet van Ohm	126
7.5	Serie- en parallelschakeling van weerstanden	128
7.6	Meting van spanning en stroomsterkte en bepalen van een	133
7.7	Soorten weerstanden	136
7.8	Spanning en stroom in het huishouden	139
7.9	Magnetischveld	141
7.10	Lorentzkracht en elektrische motor	147
7.11	Inductiespanning, generatoren draaistroommotor	150
Hoofdstuk 8 Arbeid, energie en vermogen		
8.2	Arbeid en energie	161
8.3	Energieomzettingen rendement	167
8.4	Slimme arbeid en moment van een kracht	171
8.5	Vermogen bij motor en pomp	178
Hoofdstuk 9 Stugheid en sterkte van materialen		
9.1	Toepassing in de techniek	185
9.2	De spanning in een kabel of staaf	186
9.3	De rek van een kabel of staaf	188
9.4	Elasticiteitsmodulus	189
9.5	Spanning-rek-diagram	191
Hoofdstuk 10 Golven		
10.1	Transversaal lopende golven	195
10.2	Staande transversale golven	200
10.3	Lopende longitudinale golven	209
10.4	Longitudinale staande golven	214
Index		217

1 Grootheden en eenheden.

Onderwerpen

- Grootheden en eenheden.
- Eenheden SI-stelsel.
- Afgeleide eenheden.
- Gebruik tabellenboek.
- Gebruik niet-SI-eenheden.
- Wetenschappelijke notatie.
- Voorvoegsels van eenheden.
- Gebruik van eenheden bij berekening met formule.
- Eenheden converteren ofwel omzetten in andere gewenste eenheden.

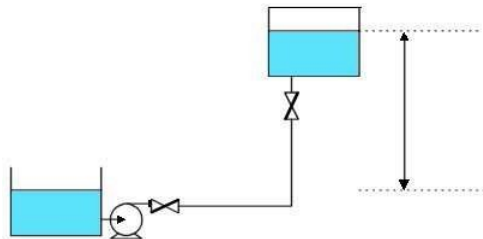
1.1 Toepassing in de techniek

Je wil een hoeveelheid vloeistof verpompen van opslagvat A naar opslagvat B. Om dit proces goed te beschrijven wordt gebruik gemaakt van grootheden en eenheden. De hoeveelheid vloeistof die verpompt wordt kan gemeten worden in kg of liter.

De hoeveelheid in kilogram (symbool: kg) noemen we massa (symbool: m) en de hoeveelheid in liter (symbool: L) noemen we volume (symbool: V).

Massa en volume zijn voorbeelden van natuurkundige grootheden die gemeten kunnen worden in eenheden zoals kilogram en liter.

Hiervan afgeleid kun je dan grootheden hebben als volumedebiet in L/min (liter per minuut) of massadebiet in kg/s (kilogram per seconde).



1.2 Basis- en afgeleide grootheden.

definitie

Een grootheid is een natuurkundig verschijnsel dat meetbaar is in een daarvoor afgesproken eenheid. In het **Internationale Stelsel van Eenheden (SI-stelsel)** zijn 7 basisgrootheden en bijbehorende eenheden vastgelegd.

grootheid/symbool	naam	eenheid/symbool
lengte (l)	meter	m
massa (m)	kilogram	kg
tijd (t)	seconde	s
elektrische stroom (I)	ampère	A
temperatuur (T)	kelvin	K
hoeveelheid materie (n)	mol	mol
lichtsterkte (I)	candela	cd

Van deze grootheden zijn allerlei andere grootheden met hun eenheden afgeleid. Men spreekt van afgeleide grootheden en eenheden.

voorbeeld 1

$$\text{snellheid} = \frac{\text{afgelegdeweg}}{\text{tijd}}$$

$$v = \frac{s}{t} \rightarrow \text{eenheid } v \text{ is } m/s$$

TeNa 1.1



In het tabellenboek zijn alle afgeleide eenheden opgenomen. Het SI-stelsel is de wettelijke standaard in de Europese Unie. In landen als de USA en Engeland worden ook nog steeds 'imperial units' gebruikt zoals gallon, inch en °F gebruikt. Naast de SI-eenheden zijn er nog andere eenheden die nog steeds gebruikt mogen worden, zoals liter (L), uur en minuut (u en min) en graad Celsius (°C).

Via link [TeNa 1.1](#) kom je op internationale site met alle in de techniek gebruikte eenheden en grootheden ([Engineering Toolbox](#)).

Opgave 1.1

De grootheid oppervlakte (A) is afgeleid van de basisgrootheid lengte. Welke eenheid heeft deze grootheid in het SI-stelsel?

Opgave 1.2

Wat is de SI-eenheid van volumedebiet (Φ_v)? Welke eenheid mag ook wel gebruikt worden?

1.3 Machten van '10' en voorvoegsels

Grote en kleine getallen worden voor een betere leesbaarheid vaak geschreven in wetenschappelijke notatie of met voorvoegsel.

$$10^6 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 1.000.000 \text{ (1 met 6 nullen)}$$

$$10^{-6} = 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 = 0,000001 \text{ (6 nullen gevolgd door 1)}$$

$$2,3 \cdot 10^6 = 2,3 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 2.300.000 \text{ (2 met 6 decimalen)}$$

$$2,3 \cdot 10^{-6} = 2,3 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 = 0,0000023 \text{ (6 nullen gevolgd door 2)}$$

In plaats van $2,3 \cdot 10^6$ wordt ook wel 2,3 M geschreven ($M = 10^6$)

In plaats van $2,3 \cdot 10^{-6}$ wordt ook wel 2,3 μ geschreven ($\mu = 10^{-6}$)

Dit gebeurt dan meestal in combinatie met een eenheid.

2,3 Mton (bij massa); 2,3 MV (bij spanning); 2,3 μ A (bij stroom) of 2,3 μ L (bij volume)

factor	voorvoegsel	Afk.	decimaal
10^{12}	<i>tera</i>	T	1.000.000.000.000
10^9	<i>giga</i>	G	1.000.000.000
10^6	<i>mega</i>	M	1.000.000
10^3	<i>kilo</i>	k	1000
10^2	<i>hecto</i>	h	100
10^1	<i>deca</i>	da	10
10^0			1
10^{-1}	<i>deci</i>	d	0,1
10^{-2}	<i>centi</i>	c	0,01
10^{-3}	<i>milli</i>	m	0,001
10^{-6}	<i>micro</i>	μ	0,000001
10^{-9}	<i>nano</i>	n	0,000000001
10^{-12}	<i>pico</i>	p	0,000000000001
10^{-15}	<i>femto</i>	f	0,000000000000001

Voorvoegsels van eenheden

voorbeeld 2

$$1140000 = 1,14 \times 1.000.000 = 1,14 \cdot 10^6 \quad \text{of} \quad 1,14 \times 10^6$$

$$1140000 = 1,14 \text{ M (spreek uit: miljoen of mega)}$$

voorbeeld 3

$$0,00000119 = 1,19 \cdot 10^{-6} \quad \text{of} \quad 1,19 \times 10^{-6}$$

$$0,00000119 = 1,19 \mu \text{ (spreek uit: micro of mu)}$$

voorbeeld 4 met eenheid

$$1050000 \text{ V} = 1,25 \times 1.000.000 \text{ V} = 1,25 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{of} \quad 1,25 \times 10^6 \text{ V}$$

$$1050000 \text{ V} = 1,05 \text{ MV (spreek uit: 1,05 miljoen volt of 1,05 megavolt)}$$

voorbeeld 5 met eenheid

$$0,00000114 \text{ g} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ g} \quad \text{of} \quad 1,14 \times 10^{-6} \text{ g (gram)}$$

$$0,00000114 = 1,14 \mu\text{g (spreek uit: microgram)}$$

Definitie

Als een getal geschreven wordt met een cijfer voor de komma en een macht van '10' noemt men dat ook wel de wetenschappelijke notatie.

voorbeeld 6

$$12,3 \times 10^7 \text{ (notatie met macht van '10')} = 1,23 \times 10^8 \text{ (wetenschappelijke notatie)}$$

$1,23 \cdot 10^7$ wordt ook gebruikt !

Opgave 1.3

Schrijf de volgende getallen in wetenschappelijke notatie. 1300 ; 0,0013 ; 950.000.000.000; 0,0000000245; 2300 ; 188.000.000.000.000.000; 0,0130

Opgave 1.4

Schrijf de volgende eenheden zonder voorvoegsel in wetenschappelijke notatie. 12 kV ; 2,354 mg ; 3,2 nm; 26 pm ; 2,3 ns ; 23 Hz

Opgave 1.5

Leg uit waarom $140 \times 10^{-12} = 1,40 \times 10^{-10}$ en $4,6 \times 10^{12} = 460 \times 10^{10}$

Opgave 1.6

Van het getal 41600000 zijn alleen de eerste 3 cijfers nauwkeurig. Hoe kunnen je dit getal dan beter noteren?

1.4 Eenheden als controle op juistheid formule.

Bij het invullen van formules is het belangrijk de eenheden mee te nemen omdat je daarmee ook kunt controleren of de juiste formule en de juist eenheden gebruikt zijn.

voorbeeld 7

$$v = \frac{s}{t}$$

s : afgelegdeweg (m)

t : tijd (s)

v : snelheid ($\frac{m}{s}$)

Als je de snelheid wilt berekenen in m/s moet je de afgelegde weg invullen in meter en de tijd in seconden.

Als je de afgelegde weg invult in km en de tijd in uur dan krijg je de snelheid in km/h.

Let op: Bij het berekenen van een grootheid moet je altijd eenheden nemen die bij elkaar passen! Coherente eenheden dus !

voorbeeld 8

Je hebt een snelheid van 25 km/h. Hoeveel km leg je af in 6 minuten?

$$s = v \cdot t = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{6}{60} \text{ h} = 2,5 \text{ km}$$

Opgave 1.7

Met de formule $\phi_v = \frac{V}{t}$ kun je het volumedebiet uitrekenen.

ϕ_v : volumedebiet in $\frac{m^3}{s}$

V : volume

t : tijd

Welke eenheden kies je voor V en t ?

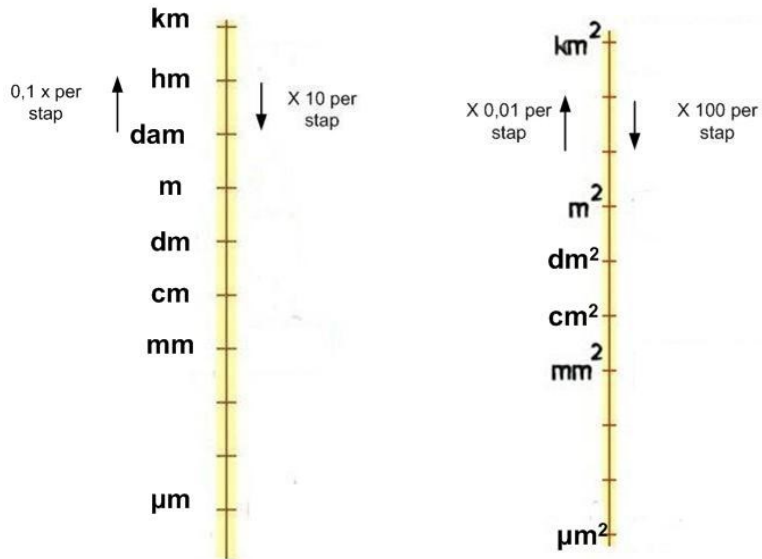
Welke eenheden kies om het volumedebiet te berekenen in $\frac{L}{h}$?

1.5 Omzetten van eenheden

Om de juiste eenheden te gebruiken is het belangrijk dat je eenheden om kunt zetten of coverteren.

In bijgaande schema's is te zien hoe je de eenheden van lengte, oppervlak en volume in elkaar kunt omzetten.

Lengte- en oppervlakte-eenheden.



Voorbeeld 8

$$4,3 \text{ cm} = 4,3 \times 0,1 \times 0,1 = 0,043 \text{ m}$$

$$36 \text{ km} = 36 \times 10 \times 10 \times 10 = 36 \times 10^3 \text{ m}$$

$$64 \text{ m}^2 = 64 \times 100 \times 100 = 64 \times 10^4 \text{ cm}^2$$

$$2,3 \text{ mm}^2 = 2,3 \times 0,01 \times 0,01 \times 0,01 = 1,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Opgave 1.8

Zet de volgende eenheden om:

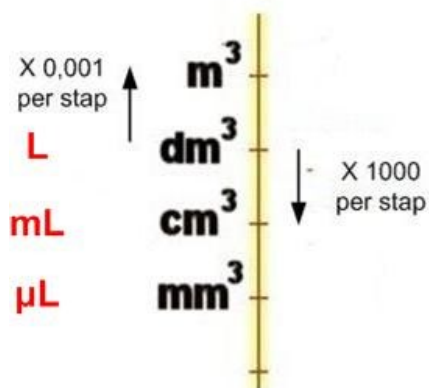
$$44,6 \text{ km} = \quad \quad \quad \text{hm}$$

$$2,25 \text{ cm}^2 = \quad \quad \quad \text{mm}^2$$

$$0,461 \text{ m}^2 = \quad \quad \quad \text{cm}^2$$

$$8,2 \text{ } \mu\text{m} = \quad \quad \quad \text{mm}$$

Volume-eenheden.



Opgave 1.9

Converteer de volgende eenheden.

$$1,625 \text{ m}^3 = \text{dm}^3$$

$$1,50 \text{ L} = \text{mL}$$

$$2300 \text{ mm}^3 = \text{m}^3$$

$$45 \text{ cL} = \text{mL}$$

$$2,75 \text{ dL} = \text{cm}^3$$

Eenheden met 'per'.

Eenheden van dichtheid zoals $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$; $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ enz.

Eenheid van verbrandingswarmte is $\frac{\text{J}}{\text{m}^3}$, maar ook $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$

Bij het omrekenen van $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ naar $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$ wordt de omzetting van m^3 naar L nogal eens verkeerd gebruikt.

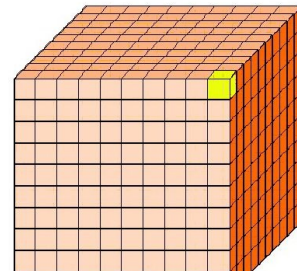
In het schema staat dat $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$, dus wordt $1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ op een minder kritisch moment nogal eens omgezet naar $1000 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$.

Bij nader inzien kan dit natuurlijk niet. Een m^3 is 1000x zo groot als 1 L dus moet de massa in 1 m^3 1000x zo groot zijn dan in 1 L.

Juiste omzetting:

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \quad \text{maar ook } 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



1 m³ bevat 1000 x zoveel massa als 1 L

Opgave 1.10

Converteer de volgende eenheden.

$$7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = \frac{\text{J}}{\text{g}}$$

$$1,54 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$1,25 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Samenvatting hoofdstuk 1

- S1 Wat zijn grootheden en eenheden?
- S2 Wat is het SI-stelsel?
- S3 Welke niet-SI-eenheden zijn nog steeds toegestaan?
- S4 Wanneer heeft gebruik van wetenschappelijke notatie de voorkeur?
- S5 Geef voorbeelden van het juiste gebruik van eenheden bij het invullen van een formule.
- S6 Hoe zet je lengte-oppervlakte- en volume-eenheden om?
- S7 Hoe zet je samengestelde eenheden, zoals kg/m^3 , om?

2 Opbouw materiaal, massa, volume en dichtheid

Onderwerpen

- Opbouw van een stof uit atomen en moleculen
- Massa, volume en dichtheid.
- Dichtheid van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen.
- Bepaling van de dichtheid van vaste stoffen en vloeistoffen.
- Gebruik van de juiste eenheden als controlemiddel en goede afronding.
- Welke voorvoegsel in het antwoord geeft de beste informatie?
- Bepaling dichtheid met opwaartse kracht.
- Berekening dichtheid vloeistofmengsel met en zonder contractie.
- Gebruik verhoudingstabel.
- Uitzetting en inkrimping en invloed op dichtheid.

2.1 Toepassing in de techniek

De begrippen massa, volume en dichtheid kom je overal tegen in de techniek.

voorbeeld 10

Een tank met een inhoud van 2000 L bevat 1200 kg een vluchtige vloeistof die een dichtheid heeft van 0,825 kg/L.

Per minuut wordt er met een centrifugaalpomp 12,5 L vloeistof naar een reactorvat gepompt. Hoe lang duurt het om 100 kg te verpompen?



Met de dichtheid kun je uitrekenen hoeveel kg je per minuut kunt verpompen en hoeveel minuten je nodig hebt voor 1200 kg. Als de dichtheid groter is kun je per minuut meer kg verpompen en kun je in minder tijd 1200 kg verpompen.

voorbeeld 11

Het volume van 1 kg hout is 20x zo klein dan het volume van 1 kg piepschuim. Wat kun je dan zeggen over het verschil in dichtheid. De massa van het hout zit in een 20x zo klein volume, dus dan zit de massa 20x dichter op elkaar.

2.2 Massa(m) en opbouw materiaal

We zeggen: "Dit voorwerp heeft een massa van 1000 gram ofwel dit voorwerp weegt 1000 gram.

Daarmee geven we aan 'hoe zwaar iets is'. Een fles water van 1 liter weegt ongeveer 1000 gram.

Je kunt de massa bepalen met een balans.



digitale balans of bovenweger

Definitie

De massa van een voorwerp of van een hoeveelheid materiaal wordt bepaald door het aantal atomen. Iedere stof is opgebouwd uit atomen. Er zijn 118 verschillende atomen, waarvan er 90 vrij in de natuur voorkomen. Het lichtste atoom is waterstof (H) en het zwaarst in de natuur voorkomende atoom is uranium (U). Je kunt ze opzoeken in het periodiek systeem. Op onderstaande afbeelding is een internetsite te zien met een periodiek systeem waar je allerlei eigenschappen van de verschillende atomen kunt vergelijken, zoals grootte en massa. Op de site www.vervoortboeken.nl is de internetlink te vinden.

TeNa 2.1



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
1	2																2						
1	H																He						
2	3	4																10					
2	Li	Be																B	C	N	O	F	Ne
3	11	12																13	14	15	16	17	18
3	Na	Mg																Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr					
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54					
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe					
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86					
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn					
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118					
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Ff	Uup	Lv	Uus	Uuo					

Select a year to dim elements discovered after that year.

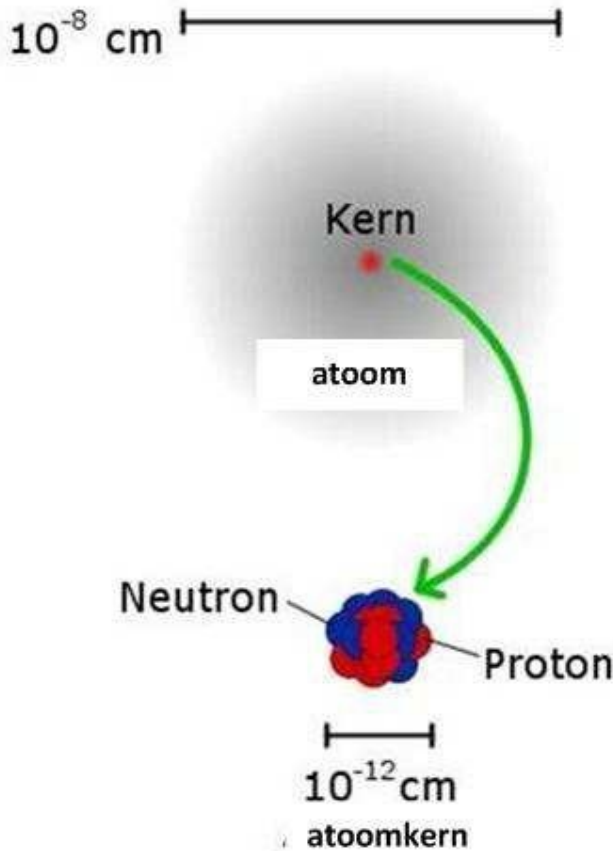
Periodiek Systeem Copyright voor het ontwerp en de interface © 1997 Michael Davah. Ptable.com Laatst gewijzigd 3 mei 2014

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

periodiek systeem

Een atoom is het kleinste mogelijke deeltje van een element (zuivere stof). Het atoom is opgebouwd uit een kern met protonen (positief geladen) en neutronen (geen lading) met daaromheen draaiende elektronen. Alle massa zit in de kleine kern, die ongeveer 10000 maal kleiner dan het atoom. (de kern in een atoom kun je vergelijken met een erwten in een kathedraal). De kern bevat protonen (positief geladen) en neutronen (geen lading). De elektronen zijn negatief geladen en hebben een massa die 2000 x zo klein is als 1 proton. Een atoom is voor het grootste gedeelte leeg.

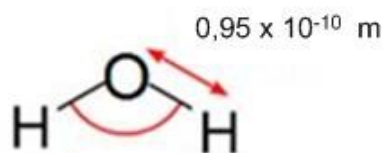
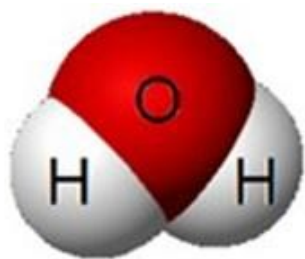
Atomen zijn bolletjes met een straal van 50 tot 200 pm (1 pm = 0,000000000001 = 1×10^{-12} m) Een mensenhaar is ongeveer 2 miljoen maal zo dik als het kleinste atoom.



TeNa 2.2



Vaak vormt een groepje atomen een molecuul. Een watermolecuul is opgebouwd uit 2 waterstofatomen(H) en 1 zuurstofatoom(O). De molecuulformule voor water is H_2O . Door de krachten tussen de atomen worden de 'bolletjes' iets in elkaar getrokken.



Afstand tussen de middens van een O-atoom en H-atoom is ongeveer 95 pm

De straal van een O-atoom is ongeveer 48 pm

TeNa 2.3



Met de beschikbare elementen (ongeveer 90 soorten atomen) kunnen oneindig veel soorten moleculen gemaakt worden. Een molecuul is het kleinste deeltje van een stof dat de eigenschappen van die stof nog heeft. Water is een voorbeeld van een zeer klein molecuul maar in de kunststofindustrie (nylon, PVC, plastics) en de medische wereld (DNA, cholesterol, hemoglobine) kom je zeer grote moleculen tegen.

Een watermolecuul heeft een massa $m = 2,989 \cdot 10^{-23}$ g

Opgave 2.1

Een natriumatoom heeft een straal van 190 pm. Hoe vaak past dit atoom in 1 mm?

Opgave 2.2

Een zuurstofmolecuul (O_2) is opgebouwd uit 2 zuurstofatomen (O). Maak een schetsje van het molecuulmodel O_2 . Hoe groot schat je de afstand tussen de middens van de O-atomen.

Opgave 2.3

a Hoeveel watermoleculen gaan er in 1 gram water?

b Hoeveel watermoleculen gaan er in 1 gram ijs?

Opgave 2.4

Loodatomen zijn kleiner dan ijzeratomen, maar toch zwaarder. Waarom weegt een blokje lood veel zwaarder dan een even groot blokje ijzer?

Opgave 2.5

Positieve en negatieve geladen deeltjes trekken elkaar aan. Toch gaan de elektronen niet naar de positieve kern. Geef een verklaring.

2.3 Volume (V) of inhoud.

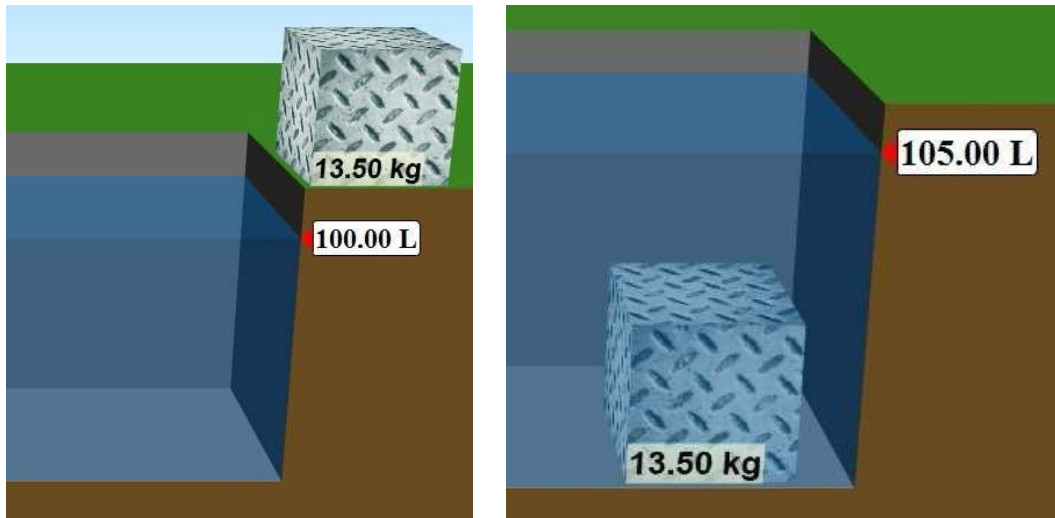
Definitie

Het volume van een voorwerp of hoeveelheid materiaal is de ruimte die wordt ingenomen. Met volume wordt ook wel de inhoud bedoeld van een voorraadvat of fles.

Hoe kun je het volume bepalen?

1. Door meting

Je kunt het volume van een voorwerp bepalen door het onder te dompelen in een bak met water en de volumeverandering te meten.



Blok wordt ondergedompeld in water

Het aluminiumblok heeft een massa van 13,50 kg en een volume van 5,00 L.

voorbeeld 12

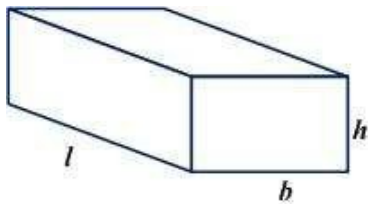
Je hebt een vat dat gevuld is met korrelig materiaal. Er zijn dan twee soorten volumes. Een volume van de korrels zelf (van het materiaal) en een volume van het vat. Je vult het vat, zonder korrels, met water. Stel je meet 3,50 liter. Vervolgens vul je het vat, met korrels erin, met water. Stel je meet 1,90 liter.

Dan kun je zeggen: $V_{vat} = 3,50 \text{ L}$ en $V_{korrels} = 3,50 - 1,90 = 1,60 \text{ L}$

2. Door berekening

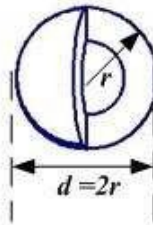
Voor veel specifieke vormen is een formule gegeven waarmee het volume uit te rekenen is.

blok



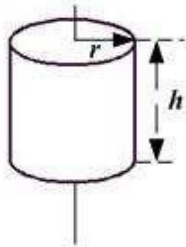
Volume: $V = l \cdot b \cdot h$

bol



Volume: $V = 1/6 \pi d^3$

cilinder



Volume: $V = \pi r^2 h$

voorbeeld 13

Een bolletje heeft een diameter van 1,00 mm. Bereken het volume.

$$V = \frac{1}{6} \pi \cdot d^3 \rightarrow V = \frac{1}{6} \times \pi \times 1,00^3 = 0,523 \text{ mm}^3$$

Opgave 2.6

Een voorwerp wordt ondergedompeld in een bak met water waardoor het watervolume lijkt toe te nemen met 1,25 L. Bepaal het volume van het voorwerp.

Opgave 2.7

Een blok heeft de afmetingen van 12,0 x 14,0 x 5,6 cm.

Bereken het volume in cm^3 .

Opgave 2.8

Een cilindervormig vat is heeft een inhoud van 1,00 L en is gevuld met glazen bolletjes.

Vervolgens wordt het vat gevuld met water. Er kan 0,270 L water bij.

Bereken het volume van de glazen bolletjes.

Opgave 2.9

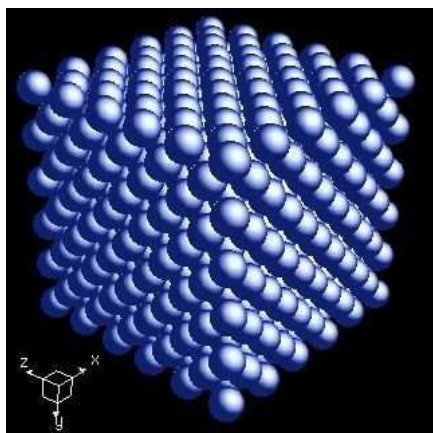
Een bolletje heeft een volume van 100 mL.
Bereken de diameter in mm.

2.4 Dichtheid of soortelijke massa (symbool: ρ)

Definitie

Dichtheid of soortelijke massa is de massa per volume-eenheid.

De dichtheid wordt bepaald door het aantal atomen per m³ of hiervan afgeleide eenheid.



koperatomen in een stuk koper

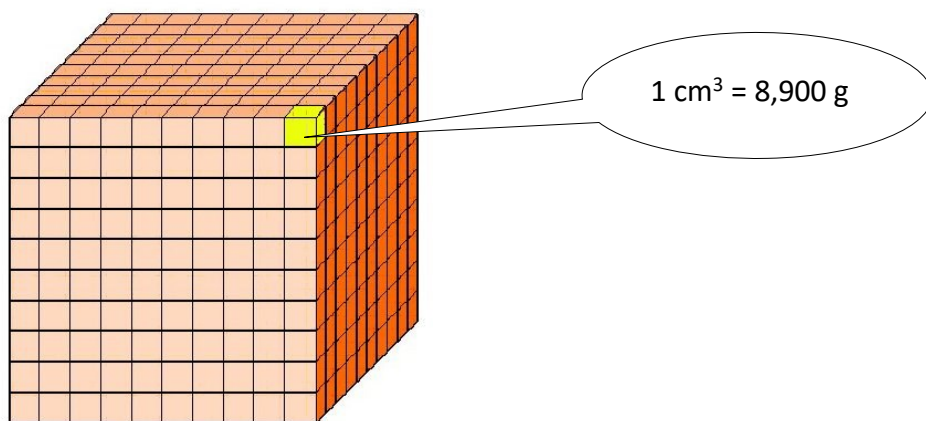
Koper heeft een dichtheid (symbool: ρ spreek uit: ró) van 8900 kg/m³ of 8,900 kg/dm³ of 8,900 g/cm³.

$$\rho(\text{koper}) = 8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Dit betekent dat 1 cm³ koper 8,900 gram weegt.

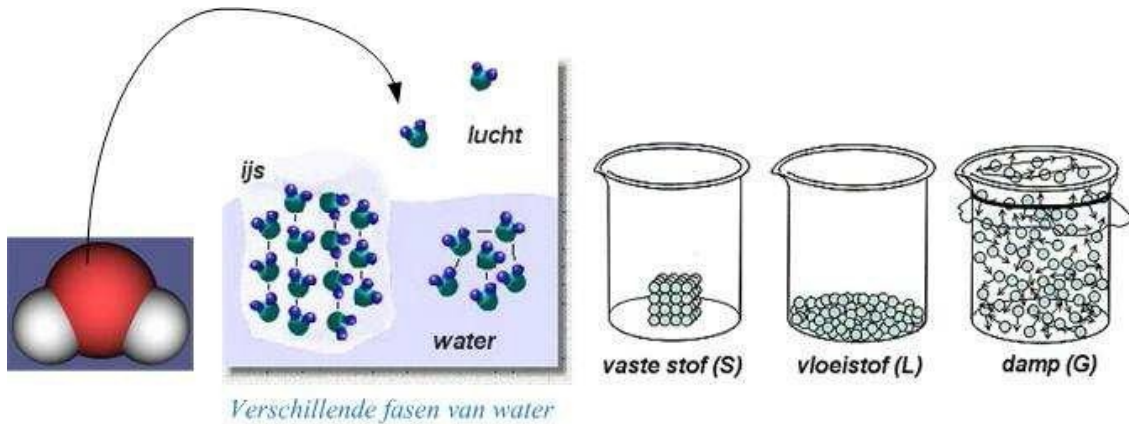
1 dm³ koper weegt 1000 x zo veel, dus 8900 g ofwel 8,9 kg.

1 m³ koper weegt 1.000 x zo veel als 1 dm³, dus 8900 kg.



De dichtheid van een stof hangt af van de temperatuur, de druk en de fase (vast/vloeistof of gas).

- H₂O als vaste stof (ijs) : $\rho_{ijs} = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ bij 0 °C.
- H₂O als vloeistof (water) : $\rho_{ijs} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ bij 4 °C.
- H₂O als damp (waterdamp en stoom) : $\rho_{ijs} = 0,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ bij 100 °C en 1 bar



Bij vaste stoffen en vloeistoffen is de druk niet van belang omdat ze niet samendrukbaar zijn. Bij gassen is de dichtheid sterk afhankelijk van druk en temperatuur.

Hoe bepaal je de dichtheid van een stof?

Je bepaalt de massa en het volume van een stukje van het materiaal en met de volgende formule kun je de dichtheid berekenen.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Als je } m \text{ in g en } V \text{ in cm}^3 \text{ invult krijg je de dichtheid in } \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

De dichtheid van de meeste vaste stoffen ligt tussen de $20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (piepschuim) en $20.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (goud).

voorbeeld 14

Een blokje aluminium heeft een massa van 399,5 g en een volume van 145 mL. Bereken de dichtheid van Aluminium (Al). Geef het antwoord in even veel cijfers als het getal met de minste cijfers.

$$\rho_{Al} = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = \frac{399,5 \text{ g}}{145 \text{ cm}^3} = 2,76 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_{Al} = 2,76 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,76 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 2,76 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Hoe bepaal je de dichtheid van een vloeistof?

1. Je bepaalt de massa van een bekende hoeveelheid vloeistof. Dit kan met een speciaal flesje, de pyknometer. Pyknometers kunnen geijkt zijn door de leverancier (deze zijn duur) maar je kunt de ijking ook zelf uitvoeren.



Ijking van de pyknometer:

De massa van de pyknometer wordt eerst leeg en vervolgens gevuld met water gemeten. De pyknometer wordt gevuld met water van 20,0 °C.

Waardes: $m_{\text{pyknometer leeg}} = 25,082 \text{ g}$

$m_{\text{pyknometer vol}} = 35,084 \text{ g}$

In een tabellenboek staat: $\rho_{\text{water}} = 0,998203 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ bij 20,0 °C

$$\rho = \frac{m_{\text{water}}}{V} \rightarrow V = \frac{m_{\text{water}}}{\rho} \rightarrow V = \frac{(35,084 \text{ g} - 25,082 \text{ g})}{0,998203 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{10,002 \text{ g}}{0,998203 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 10,020 \text{ cm}^3$$

Als je m in g en ρ in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ invult krijg je het volume in cm^3 of mL.

voorbeeld 15

Bereken de dichtheid van een zoutoplossing met behulp van een geijkte pyknometer. De geijkte pyknometer heeft een volume van 10,020 mL en wordt gevuld met de zoutoplossing.

De volgende waardes worden gemeten:

$m_{\text{pyknometer}} = 25,082 \text{ g}$

$m_{\text{pyknometer met zoutoplossing}} = 36,378 \text{ g}$

Bereken de dichtheid van de zoutoplossing.

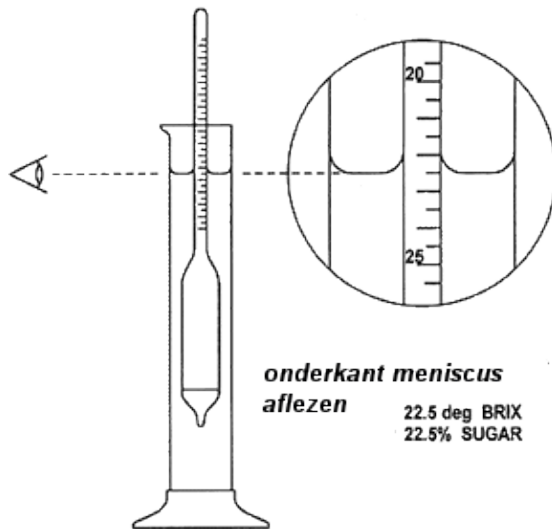
$$\rho = \frac{m_{\text{zoutopl.}}}{V} \rightarrow V = \frac{(36,378 \text{ g} - 25,082 \text{ g})}{10,020 \text{ cm}^3} = \frac{11,296 \text{ g}}{10,020 \text{ cm}^3} = 1,1273 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

of : $\rho = 1,1273 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 1,1273 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

2. Je kunt de dichtheid ook bepalen met een hydrometer of densimeter, een soort 'dobber' die in de vloeistof drijft. In een vloeistof met grotere dichtheid zal deze minder diep drijven.

Je leest de schaalverdeling af op de plaats waar de densimeter uit de vloeistof steekt.

BRIX / BALLING HYDROMETER



densimeter

De dichtheid van de meeste vloeistoffen ligt tussen 0,700 en 2,000 kg/L (700 en 2000 kg/m³). Het vloeibare metaal kwik is een uitzondering en heeft een dichtheid van 13,500 kg/L.

Hoe bepaal je de dichtheid van een gas?

De dichtheid van een gas en damp hangt sterk af van de temperatuur en druk. Bij een gas bewegen de moleculen of atomen met grote snelheid door elkaar en botsen tegen de wand van een vat. Daardoor ontstaat er druk. Hoe meer moleculen hoe groter de dichtheid, maar ook hoe groter de druk. Bij hogere druk zijn gassen als propaan en butaan vloeibaar.

We komen hier op terug bij hoofdstuk 6.

De dichtheid van de meeste gassen ligt tussen 0,09 en 2 kg/m³ bij 0 °C en 1 bar.

Opgave 2.10

De dichtheid van water bij 20,0 °C is 0,980 kg/L ofwel 980 kg/m³.

Waarom is het getal in kg/m³ 1000x groter dan in kg/L?

Opgave 2.11

Hoe groot schat je de massa van een ijzeren staaf met een lengte van 150,0 cm en een

diameter van 3,0 cm weegt? $\rho_{i\text{ jzer}} = 7,80 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Controleer je schatting met een berekening.

Een Tip voor eenheden:

Gebruik in de formule eenheden die bij elkaar passen (coherente eenheden), zoals

$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ en cm^3 , of $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$ en L, of $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ en m^3

Opgave 2.12

In een pak melk zit 1,000 L melk.
Het pak weegt gevuld 1018 g en leeg 15,00 g.
Bereken de dichtheid van de melk in kg/L .

Opgave 2.13

Waarom is de dichtheid van water groter dan die van ijs?

Opgave 2.14

Een koperen staaf met lengte van 1,50 m en diameter van 2,0 cm weegt 5,6 kg.
Beredeneer waarom een even lange staaf met 2x zo grote diameter 4x zo zwaar zal zijn.

2.5 Opwaartse kracht en dichtheid

Een vat is gevuld met water. Een houten bal met een volume van 425 cm^3 en een massa van 279 g blijft drijven. De bal verplaatst 279 cm^3 water en blijft drijven. Het verplaatste water wordt opgevangen en weegt 279 g. De uitgeoefende kracht door het water noemt men de opwaartse kracht en deze is dus gelijk aan het gewicht van de verplaatste water.

TeNa 2.4



archimedes

Object eigenschappen

Massa	<input type="text"/>	279 g
Volume	<input type="text"/>	425 cm ³
Dichtheid	<input type="text"/>	0.66 g/cm ³ Berk
Vloeistof	<input type="text"/>	1.00 g/cm ³ Water

Lab

A

Uitvoeren Ververs Voeg toe Verwijder

Het experiment kan virtueel uitgevoerd worden met de het simulatieprogramma Splash van de universiteit van Twente. Kies hierbij het onderdeel Archimedes.

*simulatie Splash
Golab/UTwente
onderdeel
Archimedes*

Je kunt op deze manier ook de dichtheid van een onbekende vloeistof bepalen.

voorbeeld 16

Een blok hout weegt 395 g en verplaatst 425 mL onbekende vloeistof. Bereken de dichtheid van de vloeistof

Dat betekent dat de 425 mL verplaatste vloeistof een massa heeft van 395 g .

$$\rho_{\text{vloeistof}} = \frac{m_{\text{vloeistof}}}{V_{\text{vloeistof}}} \rightarrow \rho = \frac{395 \text{ g}}{425 \text{ cm}^3} = 0,929 \text{ g/cm}^3$$

Opgave 2.15

Een blok materiaal ($V = 1,00 \text{ L}$) blijft drijven in een bak met water van $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

90% van het blok zit onder water. $\rho_{\text{water}} = 0,998 \text{ kg/L}$ bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Bereken de dichtheid van het materiaal van het blok.

Opgave 2.16

Een houten blok heeft een volume van $6,5 \text{ L}$.

Het blok blijft drijven in een bak met water en verplaatst $4,00 \text{ L}$ water (Hoeveel kg moet je op het houten blok zetten opdat dit juist helemaal onder de vloeistofspiegel verdwijnt?)

$$\rho_{\text{water}} = 1,00 \text{ kg/L}$$

Opgave 2.17

Een cilindervormig blokje ($V = 100,0 \text{ mL}$) hangt aan een touwtje en is ondergedompeld in een vloeistof met onbekende dichtheid. De vloeistof zit in een bekersglas dat op een bovenweger is gezet. De balans is op 0 gezet toen het blokje er nog niet in hing!

De balans geeft een massa aan van $105,4 \text{ g}$ als het blokje ondergedompeld is.

Bereken de dichtheid van de vloeistof?

