

Info Technische natuurkunde

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1	Grootheden en eenheden.	Blz
1.2	Basis- en afgeleide grootheden.	6
1.3	Machten van '10' en voorvoegsels.	7
1.4	Eenheden als controle op juistheid formule.	9
1.5	Omzetten van eenheden.	10
Hoofdstuk 2	Opbouw materiaal, massa, volume en dichtheid.	
2.2	Massa en opbouw materiaal.	14
2.3	Volume of inhoud.	17
2.4	Dichtheid of soortelijke massa(ρ).	19
2.5	Opwaartse kracht en dichtheid.	23
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.	42
3.6	Warmtestroom en warmteweerstand.	49
Hoofdstuk 4	Kracht en beweging.	
4.2	Zwaartekracht en gewicht.	56
4.3	Kracht en versnelling.	59
4.4	Opwaartsekracht.	61
4.5	Beweging met wrijvingskracht.	62
4.6	Krachten bij veranderende snelheid.	65
4.7	Cirkelbeweging, overbrenging en centripetale kracht.	67
4.8	Ontbinden en samenstellen van krachten.	70
Hoofdstuk 5	Druk en kracht.	
5.2	Druk en kracht.	74
5.3	Druk bij vaste stof, vloeistof en gas.	75
5.4	De luchtdruk.	77
5.5	Druk op verschillende hoogtes in een vloeistof.	79
5.6	Hydraulische apparaten.	85
Hoofdstuk 6	Gassen en dampen.	
6.2	Druk, temperatuur en volume.	88
6.3	De algemene gaswet en de wetten van Boyle en Gay-Lussac.	89
6.4	Massa berekenen via gasconstante.	95
6.5	Universele gasconstante R.	96
6.6	Niet ideale gassen en dampen.	96
6.7	Bijzondere eigenschappen van enkele bekende gassen.	102

Hoofdstuk 7	Elektriciteit en magnetisme	Blz
7.2	Lading en elektrische stroom	107
7.3	Spanning, stroomsterkte en weerstand	110
7.4	Stroomkring, wet van Ohm	118
7.5	Serie- en parallelschakeling van weerstanden	119
7.6	Meting van spanning en stroomsterkte en bepalen van een weerstand	124
7.7	Soorten weerstanden	128
7.8	Spanning en stroom in het huishouden	131
7.9	Magnetisch veld	133
7.10	Lorentzkracht en elektrische motor	140
7.11	Inductiespanning, generator en draaistroommotor	143
Hoofdstuk 8	Arbeid, energie en vermogen	
8.2	Arbeid en energie	153
8.3	Energieomzetting en rendement	159
8.4	Slimme arbeid en moment van een kracht	163
8.5	Vermogen bij motor en pomp	170
Hoofdstuk 9	Stugheid en sterkte van materialen	
9.1	Toepassing in de techniek	180
9.2	De spanning in een kabel of staaf	181
9.3	De rek van een kabel of staaf	183
9.4	Elasticiteitsmodulus	185
9.5	Spanning-rek-diagram	186
Hoofdstuk 10	Golven	
10.1	Transversaal lopende golven	190
10.2	Staande transversale golven	195
9.3	Lopende longitudinale golven	204
9.4	Longitudinale staande golven	209
Index		

In deze info staan enkele willekeurige stukjes van het boek.

Technische natuurkunde.

Wat is het bijzondere van dit boek?

Het is geschreven door docenten die een docentleven lang ervaring hebben 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.

Augustus 2018

Jos Vervoort

e2 Link naar simulatie.

The image shows a screenshot of a PhET simulation interface. The main window displays a simulation of a generator with a magnet (labeled S and N) and a coil. A yellow box labeled 'simulatie' is in the top right. Below the simulation, a yellow box lists the following topics: Inductiespanning, Veranderend magnetische veld, Energieomzetting, and Generator. To the right, a text box provides the source: PhET Interactive Simulations, University of Colorado, with the URL <http://phet.colorado.edu>. Below the simulation, a detailed diagram of a wind turbine generator is shown with the following labels: rotorblad, hoofdas, kruimotor, tandwiel, versnellingsbak, remschijf, generator, and windrichting/snelheid.

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.

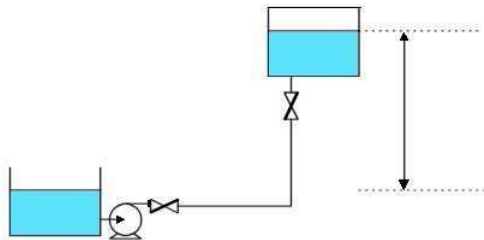
1.1 Toepassing in de techniek.

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

7 basiseenheden van het SI-stelsel

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

Voorbeeld

$$\text{snelheid} = \frac{\text{afgelegde weg}}{\text{tijd}}$$

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

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).

Opgave 1.1

De grootheid oppervlakte(A) is afgeleid van de basisgrootte 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

$1140000 = 1,14 \times 1.000.000 = 1,14 \cdot 10^6$ of $1,14 \times 10^6$
 $1140000 = 1,14 \text{ M}$ (spreek uit : miljoen of mega)

Voorbeeld

$0,00000119 = 1,19 \cdot 10^{-6}$ of $1,19 \times 10^{-6}$
 $0,00000119 = 1,19 \mu$ (spreek uit : micro of mu)

Voorbeeld met eenheid

$1050000 \text{ V} = 1,25 \times 1.000.000 \text{ V} = 1,25 \cdot 10^6 \text{ V}$ of $1,25 \times 10^6 \text{ V}$
 $1050000 \text{ V} = 1,05 \text{ MV}$ (spreek uit : 1,05 miljoen volt of 1,05 megavolt)

Voorbeeld met eenheid

$0,00000114 \text{ g} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ of $1,25 \times 10^{-6} \text{ g}$ (*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

$12,3 \times 10^7$ (notatie met macht van '10') = $1,23 \times 10^8$ (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 ; 188.000.000.000.000.000.000; 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 MHz

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

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

s : afgelegdeweg (m)

t : tijd (s)

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

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 grootte moet je altijd eenheden nemen die bij elkaar passen!

Voorbeeld

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 $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

V : volume

t : tijd

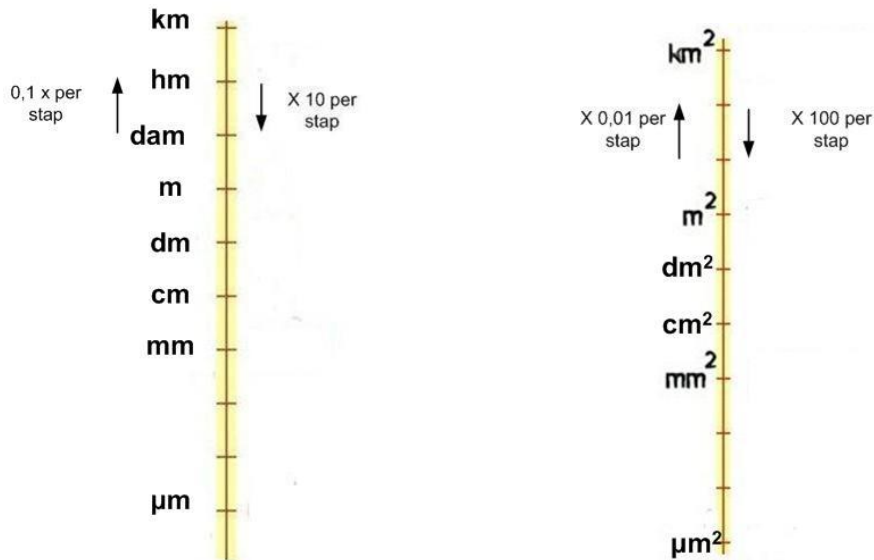
Welke eenheden kies je voor V en t ?

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

1.5 Omzetten van eenheden.

Om de juiste eenheden te gebruiken is het belangrijk dat je eenheden om kunt zetten. In bijgaande schema's is te zien hoe je de eenheden van lengte, oppervlak en volume in elkaar kunt omzetten.

Lengte- en oppervlakte-eenheden.



Enkele voorbeelden

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

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

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

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

Opgave 1.8

Zet de volgende eenheden om:

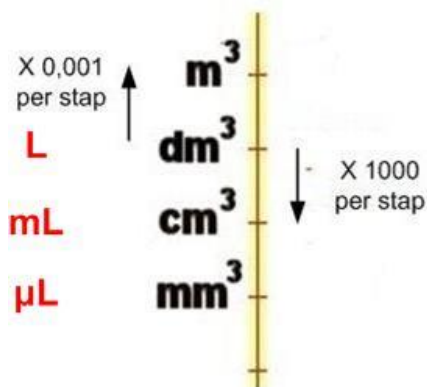
$$44,6 \text{ km} = \quad \text{hm}$$

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

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

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

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'.

Voorbeeld

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.

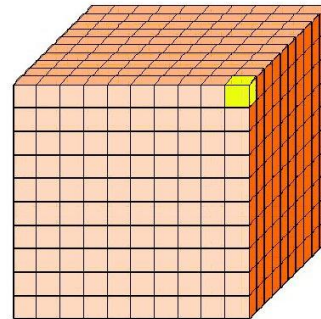
In het schema staat dat $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$, dus wordt $1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ op een minder kritisch moment nogal eens omgezet naar $1000 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$.

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 (oranje) bevat 1000 x zoveel massa als 1 L

Opgave 1.10

Converteer de volgende eenheden.

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

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

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

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

4 Kracht en beweging

4.4 Opwaartse kracht

Definitie

De opwaartse kracht is de kracht die een massa ondervindt doordat deze is ondergedompeld in een vloeistof of gas en is gelijk aan de zwaartekracht van de verplaatste vloeistof of gas.

Het 'opzij duwen' van de vloeistof of gas levert een reactiekracht op.

Opgave 4.6

Waarom is de opwaartse kracht die iemand ondervindt van de lucht die verplaatst wordt te verwaarlozen t.o.v. de zwaartekracht. $\rho_{\text{lucht}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$, $V_{\text{persoon}} = 70 \text{ L}$ en $m_{\text{persoon}} = 70 \text{ kg}$.

Voorbeeld

Een stenen blok ligt op een weegschaal die op de bodem in een vloeistofbak staat.

De weegschaal geeft 24,50 N aan.

Het blok heeft een massa van 10 kg en een volume van 5,00 liter.

De vloeistof heeft een dichtheid van 1,50 kg/L.

Bereken de krachten op het blok.

$$F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 10 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg} = 98 \text{ N}$$

$$F_{\text{opw}} = m_{\text{vl}} \cdot g = \rho_{\text{vl}} \cdot V \cdot g \rightarrow$$

$$F_{\text{opw}} = 1,50 \text{ kg/L} \times 5,00 \text{ L} \times 9,8 \text{ N/kg} = 73,5 \text{ N}$$

$$F_N + F_{\text{opw}} = F_z \rightarrow F_N = 98 \text{ N} - 73,5 \text{ N} = 24,5 \text{ N}$$

F_N is de normaalkracht van de weegschaal op het blok. Deze waarde wordt aangegeven door de weegschaal. Het aangrijpingspunt van de krachten is hier gekozen in het midden.

Opgave 4.7

Hoe groot moet de massa zijn opdat de weegschaal 0 N aangeeft?

Opgave 4.8

Een massa van 12 kg heeft een volume van 6,0 L. De massa wordt op een weegschaal geplaatst die op de bodem van een vloeistofvat staat.

Bij welke dichtheid van de vloeistof geeft de weegschaal 0 N aan?

Opgave 4.9

We gaan uit van een blok van 5,0 kg, een volume van 6,00 L en een vloeistofdichtheid van 1,0 kg/L.

Hoe groot is de opwaartse kracht als het blok in de vloeistof drijft?

Bereken het volume dat ondergedompeld is.

e10



6 Gassen

6.2 Druk, temperatuur en volume.

De drie grootheden die de toestand van een gas bepalen zijn druk, temperatuur en volume.

De druk van een gas.

Definitie

De druk van een gas is de gemiddelde kracht per m^2 ten gevolge van de botsingen van de gasdeeltjes (atomen en/of moleculen) tegen de wand van een ruimte.

De gemiddelde kracht die bij de botsing ontstaat hangt af van het aantal deeltjes in de ruimte, en van de gemiddelde bewegingsenergie van de deeltjes.

De bewegingsenergie hangt af van de massa en de snelheid van het deeltje.

$$E_{\text{beweging}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Voorbeeld

Een steen van 1 kg heeft bij een snelheid van 20 m/s een bewegingsenergie van 200 J. Als deze steen tegen een ruit vliegt kan hij deze energie afstaan en een flinke kracht leveren, waardoor er een grote kans is dat de ruit vernield wordt.

De temperatuur van een gas.

Definitie

De temperatuur is een maat voor de bewegingsenergie van de deeltjes.

De bewegingsenergie is evenredig met de temperatuur in Kelvin.

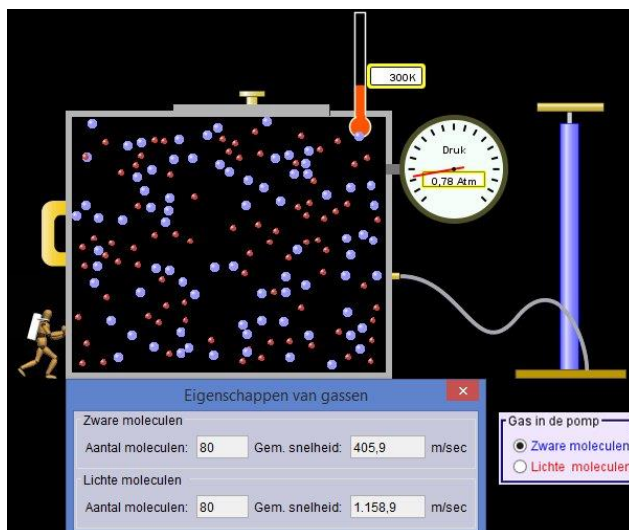
$$E_{\text{beweging}} \cong T$$

Bij 0 K staan de deeltjes stil.

Alle soorten atomen en/of moleculen, ongeacht de soort, hebben bij een bepaalde temperatuur gemiddeld dezelfde bewegingsenergie. Elk deeltje levert dezelfde kracht!

Dat betekent dus dat een zuurstofmolecuul (O_2), dat 16x zwaarder is dan een waterstofmolecuul (H_2) een kleinere gemiddelde snelheid heeft bij een bepaalde temperatuur. $(v^2)_{\text{gem}}$ van het waterstofmolecuul is dan 16x groter, ofwel v_{gem} is 4x groter.

e15



Simulatie van PhET

In de afbeelding is een simulatie te zien, gemaakt door de PhET-groep van de universiteit van Colorado. Het afgebeelde vak heeft de afmetingen van 5 bij 7 nm, een zeer kleine hoeveelheid gas. Je kunt het aantal en de snelheid van de moleculen veranderen en een keuze maken uit lichte en/of zware moleculen.

De temperatuur = 300 K.

De zwaardere moleculen hebben bij 300 K een gemiddelde snelheid van 400 m/s en de lichtere een gemiddelde snelheid van 1150 m/s.

Door botsingen leveren ze een druk van $0,78 \text{ atm} = 0,78 \times 101300 \text{ Pa} = 79000 \text{ Pa} = 0,79 \text{ bar}$.
 $1 \text{ atmosfeer} = 101300 \text{ Pa}$. De druk wordt berekend door gebruik te maken van de natuurkundige formules voor botsende moleculen.

In de afgebeelde simulatie zitten 80 zware moleculen en 80 lichte moleculen.

Ze leveren ieder de helft van de totale druk. De partiële druk van ieder gas is $0,39 \text{ atm}$.

Een gasmengsel, zoals lucht, bestaat uit meerdere soorten moleculen. Iedere soort levert zijn eigen druk, de zogenaamde partiële druk.

Lucht bestaat voor ongeveer 20% uit zuurstof. Van de luchtdruk van 100.000 Pa wordt ongeveer 20.000 Pa geleverd door de zuurstofmoleculen.

Definitie

Wet van Dalton

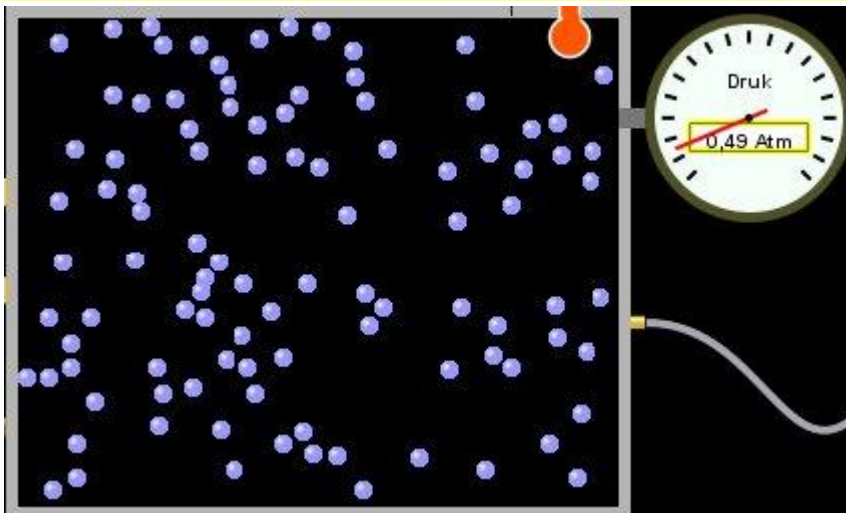
In een gasmengsel heeft ieder gas zijn eigen partiële druk, die evenredig is met aantal moleculen van dat gas. De totale druk is de som van de partiële drukken.

Opgave 6.1

Lucht bestaat voor ongeveer 21% uit zuurstof.

Bereken de partiële druk van het zuurstof als de luchtdruk 1 atm bedraagt.

6.3 De algemene gaswet en de gaswetten van Boyle en Gay-Lussac.



Een afgesloten hoeveelheid gas met bepaalde p , T en V .

Van een afgesloten hoeveelheid gas kun je druk, de temperatuur en het volume veranderen. De druk kun je verhogen door het volume te verkleinen of door het gas te verwarmen of door beide te doen. Het volume kun je verkleinen door het gas af te koelen of door het gas samen te drukken of door beide te doen.

Bij alle veranderingen blijft $\frac{p \cdot V}{T}$ constant. Men noemt dit dan ook de gasconstante C .

De gasconstante hangt alleen af van het aantal moleculen, dus van de massa van het gas.

Deze wet geldt alleen voor een ideaal gas, waarbij wordt aangenomen dat het volume van de moleculen te verwaarlozen is en de onderlinge krachten tussen de moleculen geen rol spelen.

De algemene gaswet:

Definitie

Voor een hoeveelheid gas is de term $\frac{p \cdot V}{T}$ constant.

Men noemt dit de gasconstante **C** voor deze hoeveelheid.

De gasconstante **C** is dus evenredig met de het aantal moleculen en dus met de massa van het gas.

Zo is er ook een universele gasconstante R voor 1 mol van een gas. Omdat 1 mol een vast aantal deeltjes is, ($6,022 \times 10^{23}$ deeltjes) is deze **R** voor alle gasen hetzelfde.

$$R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

Voor 1 kg van een gas is er de specifieke gasconstante **R_s**. Deze is specifiek voor ieder gas omdat 1 kg gas een aantal deeltjes bevat dat afhangt van de massa van 1 deeltje.

Omdat 1 zuurstofmolecuul (O₂) 16 x zo zwaar is als 1 waterstofmolecuul (H₂) bevat 1 kg H₂ 16x zoveel deeltjes als 1 kg O₂. Dus de specifieke gasconstante van H₂ is 16x zo groot als die van O₂. De waarden van **R_s** kun je vinden in een tabellenboek of op internet.

$$\frac{p \cdot V}{T} = C \quad m \propto C$$

$$p \text{ in } \text{N}/\text{m}^2$$

$$V \text{ in } \text{m}^3$$

$$T \text{ in } \text{K}$$

$$C \text{ in } \text{N} \cdot \text{m}/\text{K} \text{ of } \text{J}/\text{K}$$

Voorbeeld

Bereken de gasconstante van 2,00 liter gas met een druk van 1 atm en een temperatuur van 20 °C.

Gegeven: $p = 1 \text{ atm}$; $V = 0,002 \text{ m}^3$; $T = 293 \text{ K}$

$$C = \frac{p \cdot V}{T} = \frac{101300 \text{ N}/\text{m}^2 \times 0,002 \text{ m}^3}{293 \text{ K}} = 0,692 \text{ Nm}/\text{K}$$

Opgave 6.2

Een ballon bevat 3,00 liter Helium (He) met een druk van 120 kPa en een temperatuur van 20,0 °C. Bereken de gasconstante.

Opgave 6.3

De ballon uit opgave 6.2 wordt losgelaten. Het volume neemt toe omdat de buitenluchtdruk afneemt maar af omdat de buitentemperatuur zakt. Op een bepaalde hoogte is de gasdruk 80.000 Pa en de temperatuur 5,0 °C. Bereken het volume van de ballon op deze hoogte.

Opgave 6.4

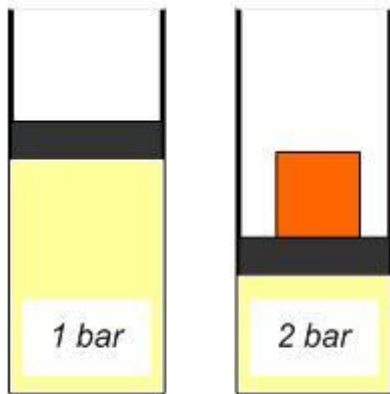
In een gascilinder zit 100 liter CO₂-gas van 60 bar en 20 °C.

Door gebruik is de druk teruggelopen tot 15 bar. Hoeveel % van het gas is verbruikt?

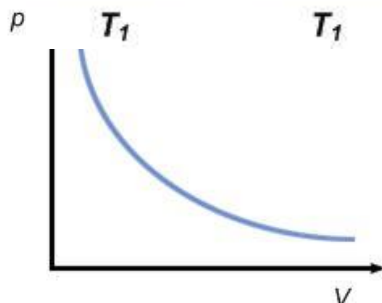
Wet van Boyle.

Definitie

Als je van een afgesloten hoeveelheid gas de temperatuur constant houdt kun je ook zeggen dat: $p \cdot V = \text{constant}$ als $T = \text{constant}$ Dit is de wet van Boyle.



Als bij constante temperatuur T_1 het volume V 0,5 x zo groot wordt, wordt de druk p 2 x zo groot en blijft $p \cdot V$ constant.



De grafiek van $p \cdot V = \text{constant}$

Het verband tussen druk en temperatuur bij constante temperatuur kun je ook weergeven in een p - V -diagram. Je ziet dat de druk zeer groot wordt bij een klein volume en zeer klein bij een groot volume.

De grafiek van $p \cdot V = \text{constant}$ wordt een isotherm genoemd.

Opgave 6.5

Het gas in een cilinder wordt bij constante temperatuur samengeperst tot $1/6$ van het oorspronkelijk volume. Hoeveel keer zo groot wordt de druk?

Opgave 6.6

Hoeveel maal kleiner wordt de druk als het volume 5 x zo groot wordt?

Opgave 6.7

Teken in het p - V -diagram voor dezelfde hoeveelheid gas de isotherm voor een hogere temperatuur.

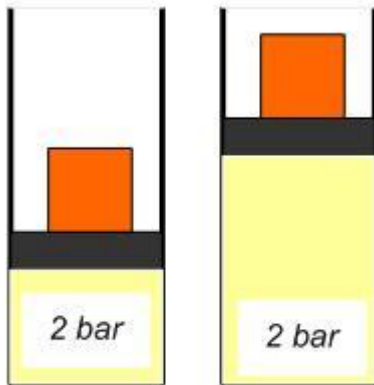
Volumewet van Gay-Lussac.

Definitie

Als je bij constante druk de temperatuur verhoogd zal het volume evenredig met de absolute temperatuur toenemen.

$$\frac{V}{T} = \text{constant} \quad \text{als } p = \text{constant}$$

Volumewet van Gay-Lussac

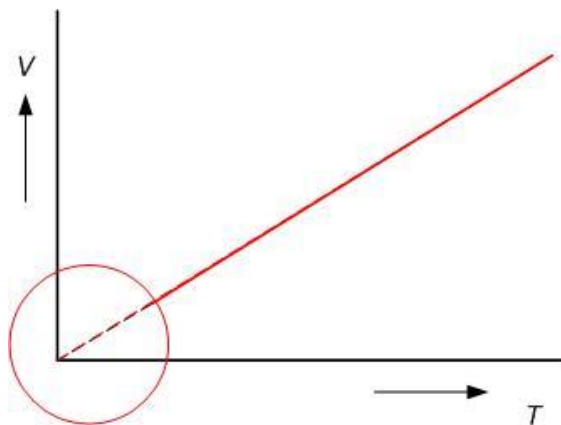


Temperatuur wordt verhoogd bij constante druk.

Het verband tussen V en T kun je ook weergeven in een V-T-diagram.

Bij $T=0$ K zou het volume theoretisch 0 m^3 moeten zijn.

In de praktijk zul je dit punt nooit bereiken omdat er vanaf een bepaalde temperatuur geen sprake meer is van gas.



Bij een ideaal gas neemt bij constante druk het volume evenredig toe met de temperatuur. Bij de meeste echte gassen kun je geen zeer lage temperaturen bereiken.

Voorbeeld

Een hoeveelheid gas is afgesloten door een vrij beweegbare zuiger. De druk is $1,0 \text{ bar}$.

Bij 20°C is het volume $1,0 \text{ L}$. Bereken het volume als de temperatuur $1,5$ x zo groot is.

Gegeven: $p_1 = 1,0 \text{ bar}$; $V_1 = 1,0 \text{ L}$; $T_1 = 293 \text{ K}$; $p_2 = p_1$; $T_2 = 1,5 \cdot T_1$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{1,0 \text{ L}}{293 \text{ K}} = \frac{V_2}{439,5 \text{ K}}$$

$$V_2 = \frac{439,5 \text{ K}}{293 \text{ K}} \times 1,0 \text{ L} = 1,5 \text{ L}$$

Temperatuur in Kelvin!

Opgave 6.8

Situatie zoals in het vorige voorbeeld.

Tot welke temperatuur moet je het gas verwarmen zodat het volume 20% groter is?

Gegeven: $p_1 = 1 \text{ bar}$; $V = 1,0 \text{ L}$; $T_1 = 293 \text{ K}$; $p_2 = p_1$; $V_2 = 1,2 \cdot V_1 = 1,2 \text{ L}$

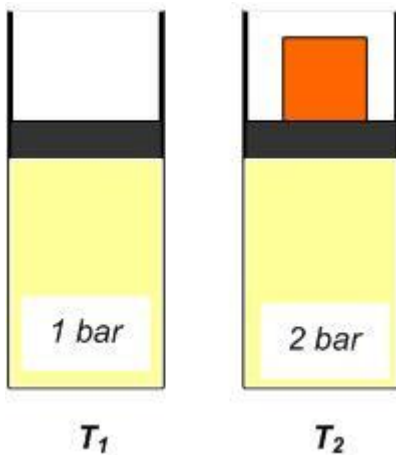
Drukwet van Gay-Lussac.

Definitie

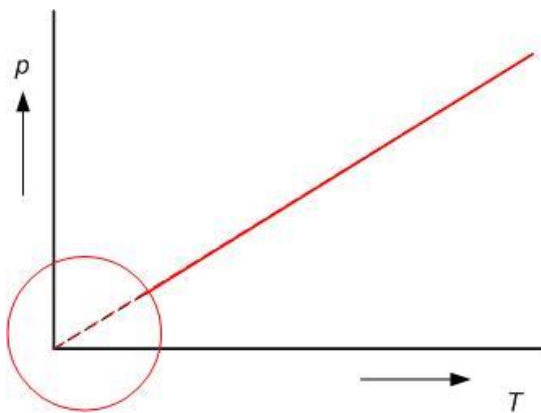
Als je bij constant volume de temperatuur verhoogd neemt de druk evenredig toe met de absolute temperatuur.

$$\frac{p}{T} = \text{constant} \quad \text{als } V = \text{constant}$$

Drukwet van Gay-Lussac



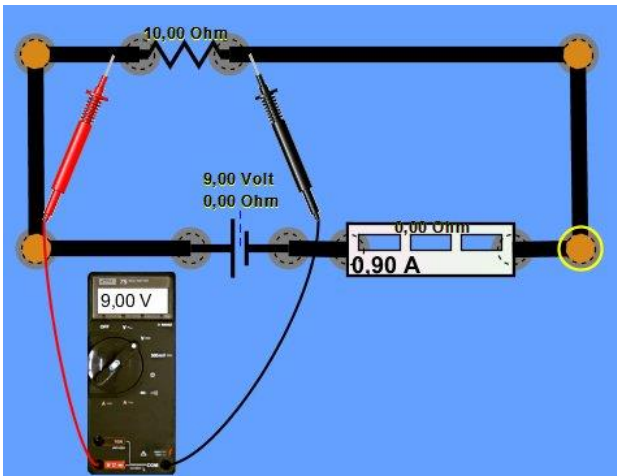
Als bij constant volume de absolute temperatuur T 2 x zo groot wordt, wordt de druk p ook 2x zo groot.



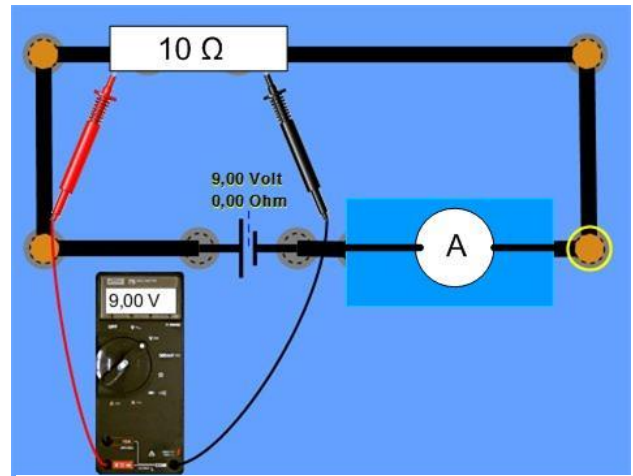
p - T -diagram van ideaal gas.

7 Elektriciteit

7.4 Stroomkring, wet van Ohm.



e16
Een spanningsbron van 9,00 V met weerstand van 10,00 Ω en ampèremeter, gemaakt met de PhET-simulatie. Het weerstandssymbool is Amerikaans.



Een spanningsbron van 9,00 V met weerstand van 10,00 Ω en ampèremeter met Europese symbolen.

In een geleider, bijvoorbeeld de draad van een gloeilamp, bewegen de vrije elektronen zich met grote snelheid kriskras door elkaar. Je kunt hierbij denken aan de beweging van deeltjes in een gas. Als er een spanning (elektrisch veld) wordt aangesloten bewegen ze gemiddeld naar de + pool. Bij het inschakelen van de spanning krijgen alle elektronen op hetzelfde moment een zetje in de richting van de +pool. Op het moment van het inschakelen van de spanning gaat de lamp meteen licht geven.

(opmerking: de elektrische kracht wordt met de lichtsnelheid doorgegeven).

In een schakeling kunnen de elektronen rondlopen, men spreekt daarom van een stroomkring. Door de elektrische kracht van de spanningsbron botsen de elektronen tegen de trillende atomen en daardoor ontstaat warmte. De trillende atomen vormen dus een weerstand voor de elektronen die richting +pool gaan.

Als de spanning groter is en de weerstand hetzelfde blijft zal de snelheid van de elektronen toenemen en zal de hoeveelheid lading per seconde naar verhouding toenemen.

Dit is vastgelegd in de wet van Ohm.

$$U = I \cdot R$$

U is het spanningsverschil in Volt (V)

I is de stroomsterkte in Ampere (A)

R is de weerstand in ohm (Ω) of $\frac{V}{A}$

Definitie

Een weerstand heeft een waarde van 1 Ω als er bij een spanningsverschil van 1 V een stroomsterkte van 1 A ontstaat.

Voorbeeld

Over een weerstand van 10 Ω staat een spanningsverschil van 5,0 V. Er loopt volgens de wet van Ohm een stroom van 0,50 A.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5,0 V}{10 \Omega} = 0,50 A$$

10 Golven

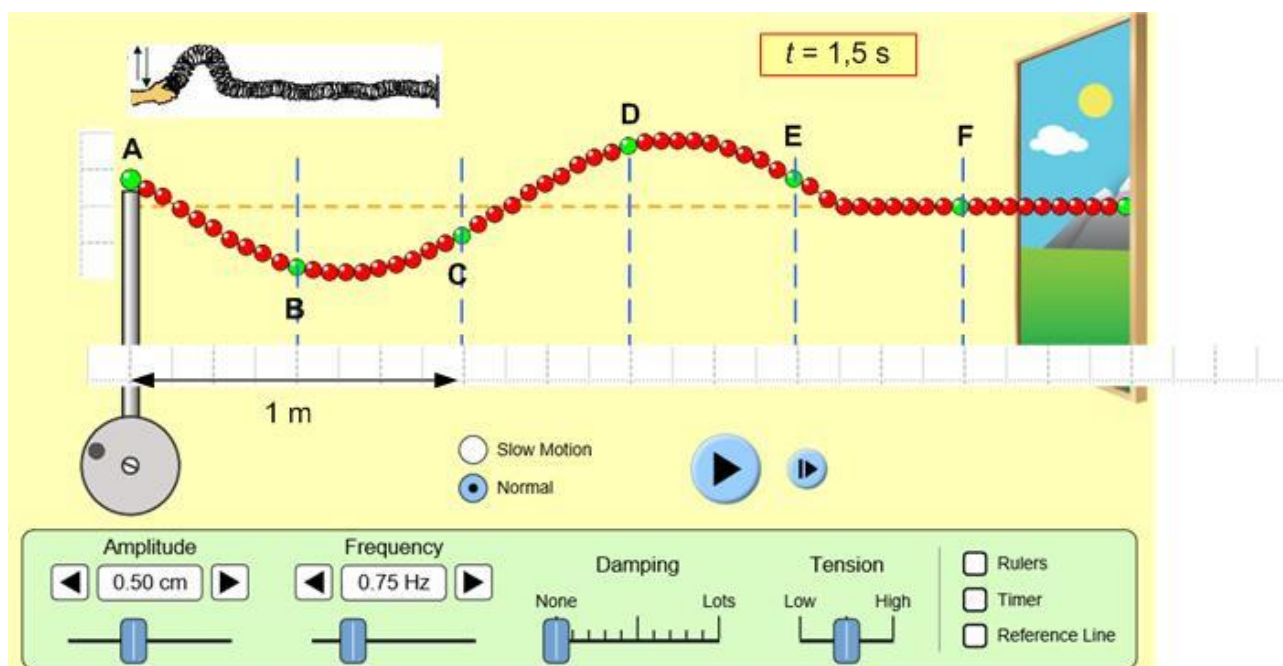
Onderwerpen:

- Transversale lopende golven
- Staande transversale golven
- Longitudinale lopende golven
- Longitudinale staande golven
- Toepassingen

10.1 Transversale lopende golven

In de onderstaande figuur is een afbeelding te zien van een simulatie van een lopende transversale golf. Hierbij wordt een spiraalveer nagebootst. Alle deeltjes zitten net als de windingen van een spiraalveer elastisch aan elkaar vast. Als punt A naar boven gaat wordt het punt naast A mee naar boven getrokken. Als er geen wrijving is gaan alle punten dezelfde beweging uitvoeren als A.

Alle punten blijven op dezelfde afstand tot A, alleen de beweging van A wordt doorgegeven. Er is sprake van een lopende golf. De bewegingsrichting van de bewegende punten is verticaal en de bewegingsrichting van de golf is horizontaal. Daarom noemt men dit een dit transversale golf.



e23

Simulatie PhET lopende transversale golf. Er is geen wrijving en geen begrenzing op het eind.

De snelheid van de golf hangt af van de spanning en de massa van de veer. Bij een grotere spanning wordt de beweging van de windingen(deeltjes) sneller doorgegeven.

Wat is een lopende transversale golf?

Definitie

Een lopende transversale golf is een verstoring (bij veer een verticale beweging) die wordt doorgegeven en waarbij de snelheid van de verstoring loodrecht staat op de snelheid van de bewegende deeltjes.

Definitie

De voortplantingssnelheid (v) van een lopende golf is de snelheid waarmee een verstoring wordt doorgegeven. Bij een echte spiraalveer gaat het dan om enkele meters per seconde.

De snelheid van de deeltjes hangt af van de snelheid en de uitwijking van de deeltjes in verticale richting. Bij een harmonische trilling is de snelheid in de evenwichtsstand maximaal en deze maximale snelheid (v_{max}) hangt af van de frequentie (f) en amplitude (A).

Voorbeeld

We kijken naar de afbeelding hiervoor.

Wat is daar te zien?

- 1) De golf heeft zich voortgeplant tot iets voorbij punt E (17 schaaldelen) in 1,5 s.
- 2) Punt E is ongeveer 1 schaaldeel naar boven bewogen.
- 3) Punt E beweegt naar boven (denk de golf iets verder naar rechts).
- 4) Punt D gaat naar beneden en heeft zojuist zijn maximale uitwijking (amplitude) gehad.
- 5) De voorkant van de golf is een 'berg' dus alle punten links van de voorkant zijn begonnen met een beweging naar boven en alle punten rechts van de voorkant gaan beginnen met een beweging naar beneden.
- 6) Omdat bij één volledige trilling van A één 'sinus' in de veer gevormd wordt kun je zien dat A iets meer dan 1 trilling uitgevoerd heeft.
- 7) De voortplantingssnelheid van de golf is 17 schaaldelen per 1,5 s

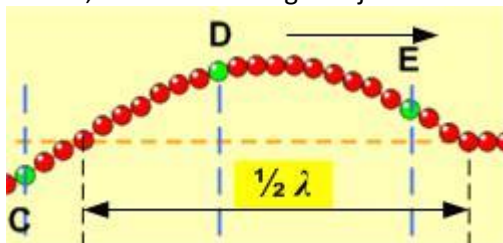
$$v = \frac{2\frac{1}{8} \text{ m}}{1,5 \text{ s}} = 1,42 \text{ m/s}$$

- 8) De lengte van 1 'sinus' is 8 schaaldelen = 2 m. Deze lengte noemt men de golflengte (λ).

- 9) De frequentie van de trilling is 0,75 Hz en de trillingstijd $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ s}$

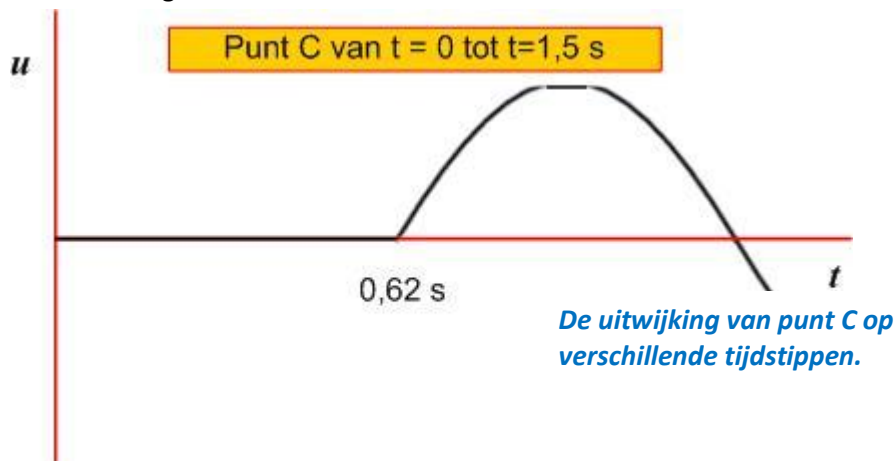
- 10) Punt C heeft iets meer dan een halve trilling uitgevoerd omdat iets meer dan een halve golf voorbij is. De afstand AC = 1 m = $\frac{1}{2}$ golflengte. Als de golf in A begint op $t = 0 \text{ s}$ dan duurt het

$\frac{1}{2} T = 0,62 \text{ s}$ voordat de golf bij C is.



Simulatie PhET lopende transversale golf. De golf is voorbij punt C.

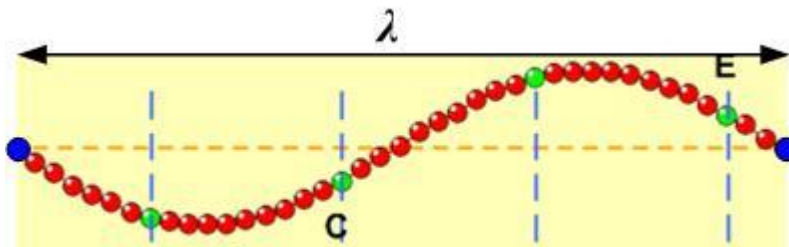
Het **u-t-diagram** van punt C (grafiek met de uitwijking van C voor verschillende tijdstippen) ziet er dus als volgt uit:



De eerste 0,62 s is punt C in rust en vervolgens komt de golf voorbij. Punt C gaat eerst naar boven omdat de voorkant van de golf een 'bergvorm' op. Bij 1,5 s is C op ongeveer 1 schaaldeel onder de evenwichtsstand en gaat naar beneden.

Definitie

De **golflengte** (λ) van een lopende golf is de afstand waarover de golf zich voortplant in één periodetijd (T). Als het beginpunt een harmonische trilling uitvoert komt de golflengte overeen met lengte van 1 'sinus' ofwel de afstand tussen twee maxima.



De uitwijking van punt C op verschillende tijdstippen.

Als de voortplantingssnelheid 1,4 m/s bedraagt en de trillingstijd 1,3 s dan geldt:

$$\lambda = 1,42 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1,33 \text{ s} = 1,9 \text{ m}$$

Dit klopt ongeveer met de figuur.

Algemeen:

$$\lambda = v \cdot T \quad \text{of} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$