

Naam:

Natuurkunde klas 2

Hoofdstuk 1 Inleiding

§ 1	Natuurkunde: onderzoeksgebied en methode	3
§ 2	Natuurkundige berekeningen	20

Hoofdstuk 2 Materie

§ 1	Atomen en moleculen	34
§ 2	Dichtheid	40
§ 3	Bewegende moleculen	55

Hoofdstuk 3 Geluid

§ 1	Voortplanting van geluid	70
§ 2	Berekeningen met geluidssnelheid	74
§ 3	Hoogte van geluid	76
§ 4	Sterkte van geluid	79
§ 5	Muziek	88

Afspraken

Boekje

Dit boekje is voor het eerste semester. Je hebt dit boekje aan het begin van iedere les op tafel.

Het huiswerk maak je in het boekje. Er is ook ruimte om aanvullende aantekeningen te maken. Je zorgt ervoor dat het boekje netjes blijft.

Het boekje is beschikbaar op: <http://kraakman.home.xs4all.nl/>.

Dit is met name handig voor de leesopdrachten.

Leesopdrachten

Voor de leesopdrachten heb je het internet nodig.

In het boekje staan twee soorten leesopdrachten:

1. **verplichte lees/kijk-opdrachten**
Je moet de tekst bestuderen of de video bekijken.
Dingen die niet (helemaal) duidelijk zijn, moet je in de les vragen.
Wat in de verplichte lees/kijk-opdrachten wordt behandeld, moet je weten voor overhoringen en proefwerken.
2. **extra lees/kijk-opdrachten**
Je mag de tekst bestuderen of de video bekijken.
De leerstof zijn soms lastig. Dingen die niet (helemaal) duidelijk zijn, mag je vragen. Wat in de extra lees/kijk-opdrachten wordt behandeld, hoeft je niet te weten voor overhoringen en proefwerken.



Berekeningen

Bij de berekeningen mag je (meestal) geen rekenmachine gebruiken. 'Met het hoofd rekenen' en het antwoord schatten zijn dus belangrijk. Bij overhoringen en proefwerken mag je geen rekenmachine gebruiken.



Practicum

Bij een practicum doe je zelf proefjes om de natuurkunde te 'ontdekken' of beter te begrijpen.

Vragen stellen

Natuurkunde is geen vak waarbij je alles uit je hoofd kunt leren. Het is belangrijk dat je het snapt. Dat lukt alleen als:

- je tijdens de lessen goed meedoet
- je het huiswerk maakt
- je vraagt wat je nog niet (helemaal) begrijpt.

§1 Natuurkunde: onderzoeksgebied en methode

Onderzoeksgebied

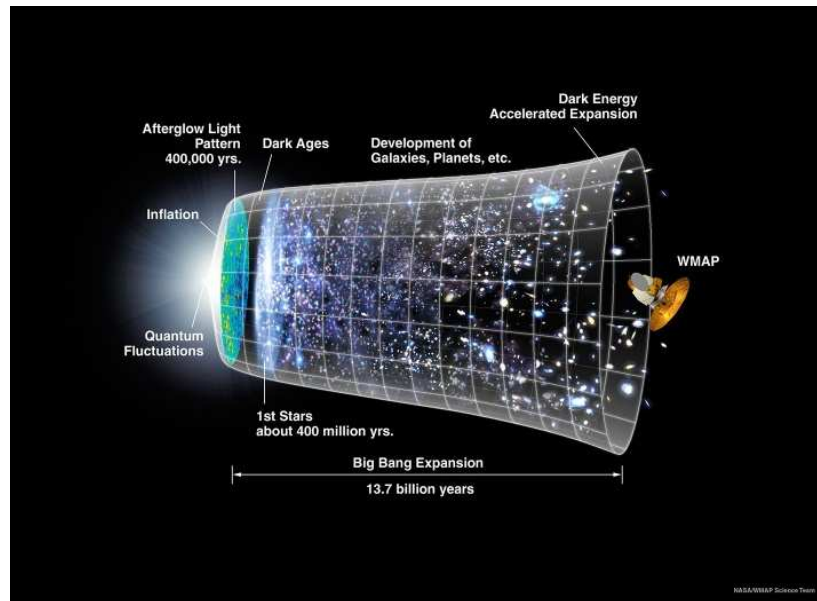
Natuurkunde houdt zich met 'alles' bezig; van het allergrootste (het heelal) tot het allerkleinste (de elementaire deeltjes).



Lees¹: www.e-klassen.nl/access/content/group/e-klas-project/gepubliceerd/nlt/Meten%20aan%20melkwegstelsels/website_rob/machten_van_10.htm

Het heelal

Ruimte en tijd zijn 13,7 miljard jaar geleden ontstaan tijdens de 'big bang'. Sindsdien dijt het heelal uit. Het is natuurkundig gezien niet zinvol om te vragen wat er voor de big bang was óf wat er buiten het heelal is.



Op de site: <http://www.kennislink.nl/publicaties/ons-heelal> worden acht vragen over het (ons) heelal behandeld:

1. Waar komt het heelal vandaan?
 2. Hoe groot is het heelal?
 3. Hoe ziet het leven van een ster eruit?
 4. Waaruit bestaat de 85 % van hte heelal die we niet kunnen zien?
 5. Wat is het lot van onze planeet?
 6. Waar komt de maan vandaan?
 7. Hoe ontstaat leven?
 8. Kunnen we ons zonnestelsel verlaten?
- Noem een astronoom (= sterrenkundige) die voor Galilei leefde.
 - Noem een astronoom na Galilei.
 - Wat is het verschil tussen een astronoom en een astroloog?

¹ Op deze site wordt het verkeerde symbool gebruikt voor het voorvoegsel 'micro':
1 μm = 1 micrometer = 1 miljoenste meter = 10^{-6} m

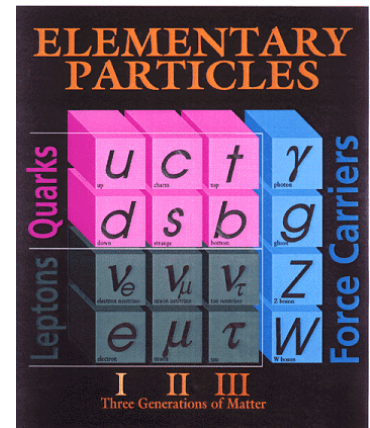
De elementaire deeltjes

Elementaire deeltjes zijn niet samengesteld uit nog kleinere deeltjes; ze zijn ondeelbaar.

Het zijn de basisdeeltjes van het heelal.

Volgens de huidige theorie ('het standaardmodel') zijn:

- quarks
- leptonen
- 'krachtdragende' ijkbosonen de elementaire deeltjes.



In de video: http://www.youtube.com/eosmagazine#p/c/2/I01q_6Tcakg wordt uitgelegd hoe deeltjesfysici elementaire deeltjes bestuderen.



In de video: <http://www.youtube.com/watch?v=DEn90PPjN-k> wordt een eenvoudige proef gedemonstreerd waarmee elementaire deeltjes kunnen worden 'gezien'.



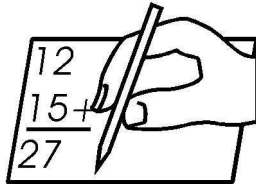
Lees: <http://www.xs4all.nl/~adcs/Deeltjes/startstandard.html>

- Wat waren volgens Empedocles (5^e eeuw voor Christus) de vier 'elementen'?
- Wie noemde (400 jaar voor Christus) het atoom hét elementaire deeltje?
- Waarom was het atoom in het begin van de 20^e eeuw niet langer elementair?

Kwantitatieve uitspraken

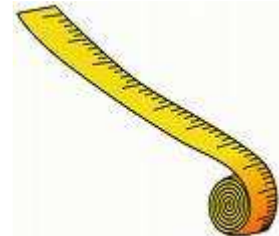
Natuurkunde gebruikt kwantitatieve uitspraken om het universum te beschrijven. De verworven kennis wordt samengevat in wetten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van wiskunde.

De toets van alle kennis is het experiment. Natuurkunde houdt zich bezig met zaken die (in principe) met een meetinstrument onderzocht kunnen worden.



Het universum kan begrepen worden door het toepassen van de rede.

Wiskunde is de taal van de natuurkunde. Wetten zijn wiskundige formuleringen.



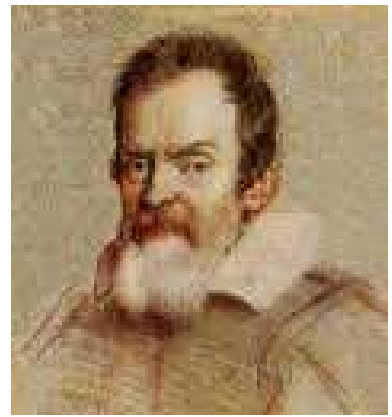
Inzicht ontstaat door onderzoek aan de natuur. Wetten worden getoetst door experimenten.



le penseur; Rodin



Pythagoras



Galilei



Metten is weten

Lees: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Weten>

- Hoe is 'medezeggenschap' op school georganiseerd?

Lees: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Empirisme>

- Welke filosoof was belangrijk voor het empirisme?

<http://nl.wikibooks.org/wiki/Wikijunior:Natuurkunde/Inleiding>

A photograph of Usain Bolt, a Jamaican sprinter, crouching on the grass next to a large electronic scoreboard. The scoreboard displays "NEW WR" and "9.58". Bolt is wearing a green and yellow Jamaican national team jersey and a yellow vest. He is smiling and looking towards the camera. The background shows a large stadium at night with bright lights.

A vertical thermometer with two scales: Celsius (°C) on the left and Fahrenheit (°F) on the right. The red liquid column is at 38°C and 100°F.

$$\frac{100}{9,69} = 10,319917441 \text{ m/s}.$$

Het antwoord wordt afgerond: $\frac{100}{9,69} = 10,3 \text{ m/s}.$

Grote en kleine getallen

Om gemakkelijk(er) met grote en kleine getallen te kunnen rekenen, worden 'machten van 10' gebruikt (wetenschappelijke notatie).

Lees: <http://www.bellekom.nl/machten/machten4.html>



Rekenen met machten van 10

Bij vermenigvuldigen worden de exponenten (machten) opgeteld:

$$4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^4 = 4 \cdot 2 \cdot 10^{(3+4)} = 8 \cdot 10^7$$

$$4 \cdot 10^3 : 2 \cdot 10^{-4} = 4 : 2 \cdot 10^{(3-4)} = 8 \cdot 10^{-1}$$

Bij delen worden de exponenten afgetrokken:

$$4 \cdot 10^3 : 2 \cdot 10^4 = 4 : 2 \cdot 10^{(3-4)} = 2 \cdot 10^{-1}$$

$$4 \cdot 10^3 : 2 \cdot 10^{-4} = 4 : 2 \cdot 10^{(3+4)} = 2 \cdot 10^7$$

Voorbeeld

$$12.000 \cdot 60 = 12 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^1 = 72 \cdot 10^4 (= 720.000)$$

$$2400 : 300 = 24 \cdot 10^2 : 3 \cdot 10^2 = 8 \cdot 10^0 (= 8)$$

$$0,8 \cdot 0,007 = 8 \cdot 10^{-1} \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 56 \cdot 10^{-4} (= 0,0056)$$

$$0,42 : 0,0006 = 42 \cdot 10^{-2} : 6 \cdot 10^{-4} = 7 \cdot 10^2 (= 700)$$

Vermenigvuldigingsfactoren

Om gemakkelijk met hele grote en kleine getallen te kunnen werken, worden ook vermenigvuldigingsfactoren gebruikt.

De volgende factoren moet je kennen:

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Factor
tera (T)	biljoen	10^{12}
giga (G)	miljard ³	10^9
mega (M)	miljoen	10^6
kilo (k)	duizend	10^3
deci (d)	tiende	10^{-1}
centi (c)	honderdste	10^{-2}
milli (m)	duizendste	10^{-3}
micro (μ)	miljoenste	10^{-6}
nano (n)	miljardste	10^{-9}
pico (p)	biljoenste	10^{-12}

³ Let op: miljard is in het Engels 'billion'.

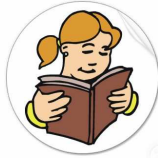
Grootheden en eenheden

Grootheid: eigenschap die je kunt meten (met een meetinstrument)

Eenheid: maat waarin de grootheid wordt uitgedrukt

Internationaal is afgesproken welke eenheden in de wetenschap worden gebruikt.

Lees: <http://nl.wikipedia.org/wiki/SI-stelsel>



Lengte⁴

Symbool l ; eenheid meter (m)

Met een meetinstrument (b.v. liniaal) wordt bepaald hoe groot een voorwerp is.

Tijd

Symbool t ; eenheid seconde (s)

Met een meetinstrument (b.v. stopwatch) wordt bepaald hoe lang iets duurt.

Massa

Symbool m ; eenheid kilogram⁵ (kg)

Met een balans wordt bepaald uit hoeveel materie het voorwerp bestaat.

Massa en gewicht worden (in het dagelijkse leven) vaak verward. Later wordt duidelijk dat gewicht niet hetzelfde is als massa en dat een weegschaal niet altijd een geschikt meetinstrument is om de massa van een voorwerp te bepalen.



Lees: <http://www.kennislink.nl/publicaties/de-kilo-krimpt>

- Wat gebeurt er met jouw massa, als het prototype van de kilogram in Parijs (b.v. t.g.v. roesten) iets zwaarder wordt?

⁴ Ook: afstand s , breedte b , hoogte h , diepte d

⁵ Zie: <http://tvblik.nl/de-wereld-draait-door/26-januari-2011> (19.20 - 19.50 uur)

Opdrachten

1. Wanneer en waar leefden Rodin, Pythagoras en Galilei?
2. Galilei onderzocht de beweging van vallende en naar beneden rollende voorwerpen. Hij had echter niet de beschikking over een nauwkeurig instrument om de tijdsduur te meten.
Welk 'instrument' kan Galilei hebben gebruikt om de tijd te meten?

3. A. Wat is de S.I.-eenheid van massa?
B. Hoe is deze eenheid gedefinieerd?

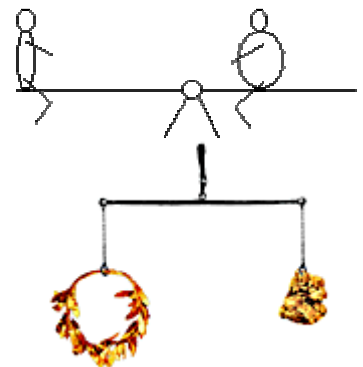
4. Meet thuis de lengte van een (interessant) voorwerp.

5. Wat is het verschil tussen een digitaal en een analoog meetinstrument?

6. A. Hoe hoog is de temperatuur op de thermometer?
B. Waar(voor) wordt deze thermometer gebruikt?



7. Een voetbalveld is 1000 dm lang en 0,072 km breed.
Hoe groot is de omtrek van het voetbalveld?
8. Een kruiwagen heeft een massa van $1,2 \cdot 10^4$ g. De kruiwagen wordt gevuld met 30 kg zand.
Hoe groot is de massa van de gevulde kruiwagen?
9. Hoe werkt een balans (om de massa van een voorwerp te bepalen)?
10. Leg uit of de twee mensen een even grote massa hebben.
11. Leg uit of de twee voorwerpen een even grote massa hebben.



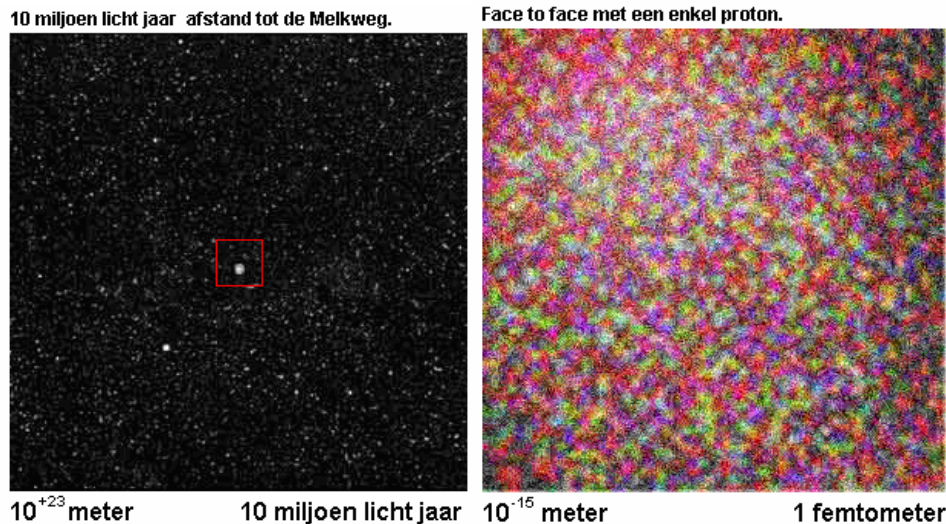
12. A. $5 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-3} =$
B. $5 \cdot 10^6 : 4 \cdot 10^{-3} =$
C. $5 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-3} =$
D. $5 \cdot 10^{-6} : 4 \cdot 10^{-3} =$
13. A. $2000 \cdot 0,125 =$
B. $2400 : 0,12 =$
C. $0,3 \cdot 0,0007 =$
D. $0,0055 : 1,1 =$
14. Wat is groter?
A. 5,42 km of 698,5 m
B. 0,68 mm of 112 μm
C. 805 dm of 0,069 km
D. 62 cm of 0,845925 nm
15. Het heelal bestaat 13,7 miljard jaar.
Hoeveel dagen zijn dat ongeveer?
16. A. Wat is nu het wereldrecord op de 100 m atletiek (mannen)?
B. Gebruik een rekenmachine om de gemiddelde snelheid van de atleet uit te rekenen.

17. Het woord 'grootheid' is een homoniem. Het wordt in twee verschillende betekenissen gebruikt.

Geef voor iedere betekenis drie voorbeelden van een natuurkundige grootheid.



18. Groot en klein



In de les hebben we gekeken naar een serie plaatjes. Links is het 'grootste plaatje' en rechts het 'kleinste plaatje' weergegeven. Bij het 'inzoomen' was ieder volgend plaatje een factor 10 kleiner. Bij het automatisch afspelen volgen de plaatjes elkaar om de 4 seconde op (iedere 4 seconde het volgende plaatje).

- A. Hoeveel tijd is nodig om alle plaatjes automatisch te tonen?

Bij het linkerplaatje staat: 10^{+23} m = 10 miljoen lichtjaar.

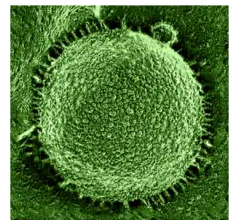
- B. Hoeveel meter is één lichtjaar?

Eén lichtjaar is de afstand die het licht in één jaar aflegt.

- C. Laat zien dat er in één jaar ruim $3 \cdot 10^7$ seconden zitten.
- D. Hoeveel m/s snel gaat het licht dus ongeveer?
Vergelijk dit met de definitie van de meter in het S.I.

In een van de plaatjes hebben we de kern van een biologische cel gezien (zie afbeelding rechts).

Onder dit plaatje wordt een verkeerd voorvoegsel gebruikt.



10^{-6} meter: 1 Fm bij 1 Fm

- E. Vul het juiste voorvoegsel in: 10^{-6} meter = 1 ... m
- F. Hoe groot is de (cirkelvormige) cel ongeveer?

In één van de plaatjes is (de buitenkant van) een koolstofatoom te zien.

- G. Hoe groot is een (koolstof)atoom ongeveer?

§2 Natuurkundige berekeningen

Oppervlakte

Symbool A ; eenheid vierkante meter (m^2)

De oppervlakte van een rechthoek met zijden l en b :

$$A = l \cdot b$$

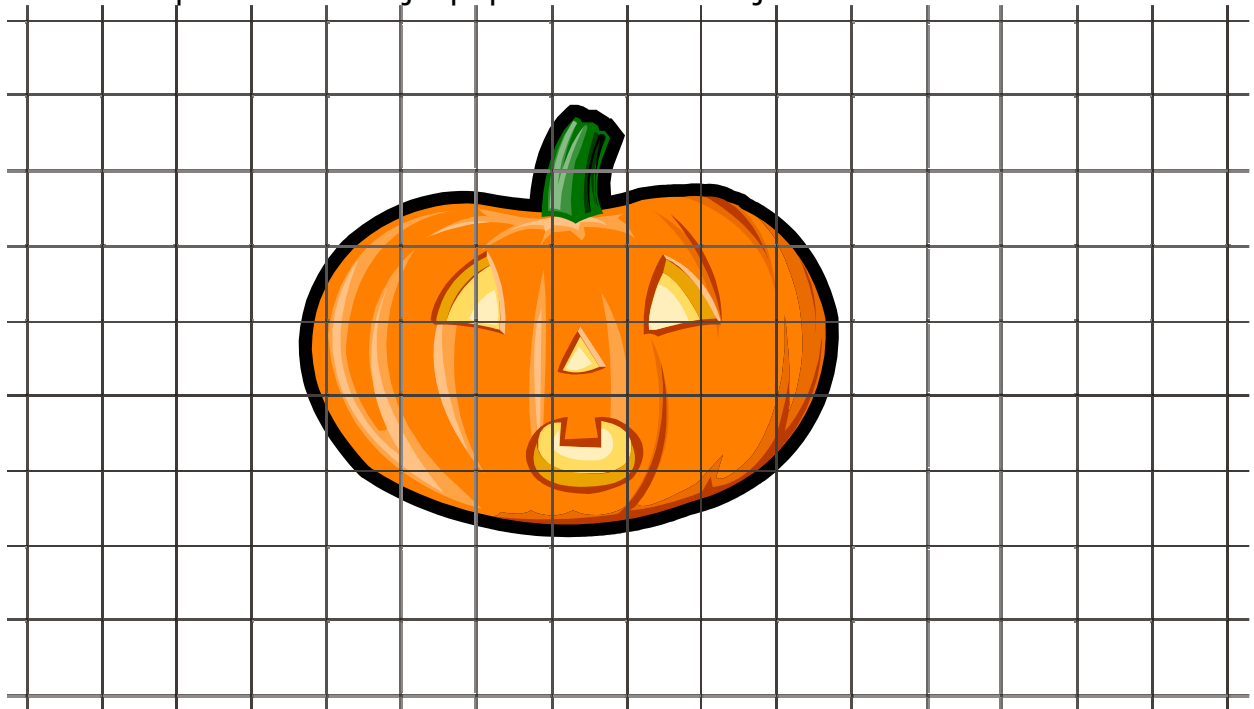
De oppervlakte van een driehoek is de helft van de oppervlakte van de bijbehorende rechthoek:

$$A = \frac{1}{2} \cdot l \cdot h$$

De oppervlakte van een cirkel met straal r :

$$A = \pi \cdot r^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

De oppervlakte van een grillig gevormd voorwerp kan (onnauwkeurig) worden bepaald met ruitjespapier door de hokjes te tellen.



Zie opdracht 19
(Neem aan dat de ruitjes 1 cm bij 1 cm zijn.)

Volume

Symbool V ; eenheid kubieke meter (m^3)

Bij vloeistoffen en gasen wordt als eenheid ook liter (l) gebruikt.

Het volume van een voorwerp: hoeveel ruimte het voorwerp zelf inneemt.

De inhoud van een voorwerp: hoeveel 'lege' ruimte er in het voorwerp zit.

Voorbeeld

Het volume van de viskom: hoeveel ruimte het glas inneemt.

De inhoud van de viskom: hoeveel water in de viskom past.



Het volume van een rechthoekig blok met zijden l , b en h : $V = l \cdot b \cdot h$

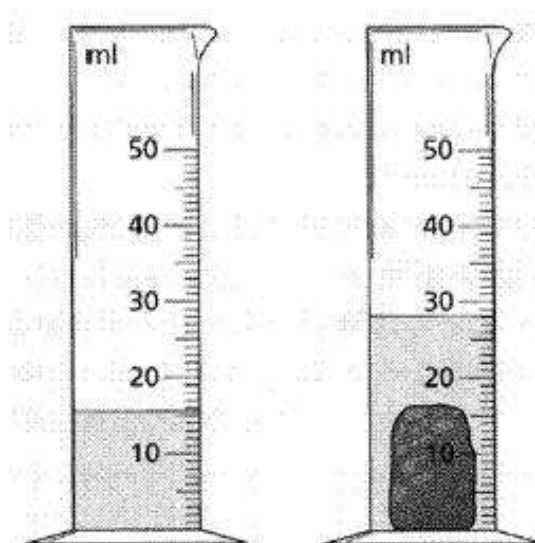
Het volume van een cilinder met straal r en hoogte h :

$$V = A \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h$$

Het volume van een bol met straal r :

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3$$

Het volume van een grillig gevormd voorwerp kan worden bepaald met de 'onderdompelingsmethode'.



Zie opdracht 21



Berekeningen

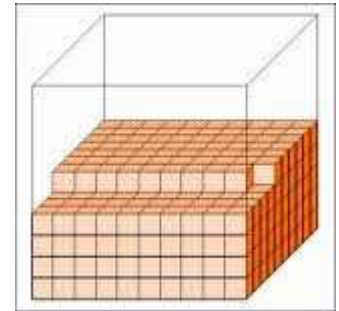
Berekeningen moeten altijd uit de volgende vier stappen bestaan:

1. Noteer de formule (in de juiste vorm).
2. Vul de gegevens in (in bij elkaar passende eenheden).
3. Bereken het antwoord.
4. Noteer de eenheid.

Voorbeeldopgave

Een voetbalveld is 1090 dm lang en 0,072 km breed.
Bereken de oppervlakte.

$$A = l \cdot b = 109 \cdot 72 = 7848 \text{ m}^2$$



Lengte-eenheden omrekenen

$$1090 \text{ dm} = 109 \text{ m}$$

$$0,072 \text{ km} = 72 \text{ m}$$

Bij iedere stap schuift de komma één plaats op naar de kleinste eenheid.

Oppervlakte-eenheden omrekenen

$$1090 \text{ dm}^2 = 10,9 \text{ m}^2$$

$$0,072 \text{ km}^2 = 72.000 \text{ m}^2$$

Bij iedere stap schuift de komma twee plaatsen op naar de kleinste eenheid.

Volume-eenheden omrekenen

$$1090 \text{ dm}^3 = 1,09 \text{ m}^3$$

$$0,072 \text{ km}^3 = 72.000.000 \text{ m}^3$$

Bij iedere stap schuift de komma drie plaatsen op naar de kleinste eenheid.

$$1090 \text{ dl} = 109 \text{ l}$$

Het omrekenen van eenheden die zijn afgeleid van de liter gaat op dezelfde manier als het omrekenen van eenheden die zijn afgeleid van meter;

bij iedere stap schuift de komma één plaats op naar de kleinste eenheid.

Let op het verschil tussen een berekening en een omrekening. Bij een berekening gebruik je vier stappen om een nieuwe grootte uit te rekenen. Soms moet daarvoor een grootte in een andere eenheid worden uitgedrukt. Dat is omrekenen.

Maak⁶: <http://www.daltonvoorburg.nl/file/1699/1109753789/Oefenen+met+eenheden+omrekenen.htm>

⁶ De eenheid van massa is kg. Er geldt: 1 ton = 1000 kg (1 t = 1000 kg).

Je mag (meestal) geen rekenmachine gebruiken.

Je mag altijd pen en papier gebruiken om berekeningen
'met het hoofd' te maken. De volgende regels zijn handig:



VERDEELEIGENSCHAP VERMENIGVULDIGEN	$109 \times 72 = 100 \times 72 + 10 \times 72 - 1 \times 72$
VERDEELEIGENSCHAP VERMENIGVULDIGEN	$30 \times 21 = 30 \times 20 + 30 \times 1$
VERDEELEIGENSCHAP VERMENIGVULDIGEN	$3 \times 0,54 = 3 \times 0,50 + 3 \times 0,04$
VERMENIGVULDIGEN VERGROTEN-VERKLEINEN	$333\frac{1}{3} \times 0,45 = 1000 \times 0,15$
VERMENIGVULDIGEN VERGROTEN - VERKLEINEN + VERDELEN	$0,79 \times 120 = 7,9 \times 12 = 8 \times 12 - 0,1 \times 12$
DELEN GELIJKE VERGROTING	$0,42 : 0,0006 = 42 : 0,06 = 4200 : 6$
DELEN GELIJKE VERGROTING/VERKLEINING	$54 : 4 = 27 : 2 = 13,5$
DELEN GELIJKE VERGROTING/VERKLEINING	$54 : 3,6 = 540 : 36 = (60 \times 9) : (4 \times 9) = 60 : 4$
DELEN GELIJKE VERGROTING/VERKLEINING	$300 : 250 = 30 : 25 = 120 : 100$
DELEN GELIJKE VERGROTING/VERKLEINING	$400 : 2,5 = 1600 : 10$
VERDEELEIGENSCHAP DELEN	$104 : 8 = 80 : 8 + 24 : 8$
DELEN GELIJKE VERGROTING + VERDEELEIGENSCHAP	$176 : 1,1 = 1760 : 11 = 1100 : 11 + 660 : 11$

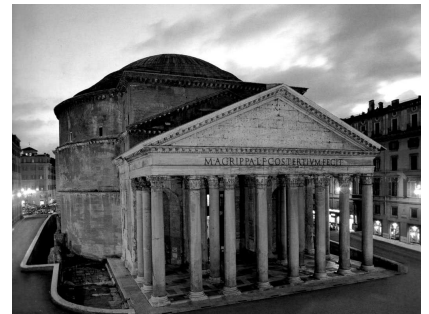


Lees: http://www.eigenvaardigheid.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=90&Itemid=59

- ☐ Hoofdrekenen
- ☐ Basisvaardigheden
- ☐ Meten

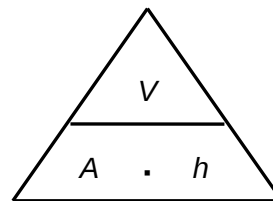
Voorbeeld berekening

De zuilen in het voorportaal van het Pantheon hebben ieder een volume van 28 m^3 . Het oppervlak van de doorsnede van de zuilen is 200 dm^2 . Bereken de hoogte van de zuilen.



1. Noteer de formule in de juiste vorm.

- Ga na welke grootte moet worden uitgerekend.
Meestal staat dat in de opgave direct bij de opdracht 'bereken'.
→ Je moet de hoogte h berekenen.
- Ga na welke formule moet worden gebruikt.
Soms hangt dat af van de informatie in de opgave.
→ Er zijn verschillende formules waar de hoogte h in voor komt.
Omdat de opgave informatie geeft over het volume en over het oppervlak (van de zuil), moet je de formule $V = A \cdot h$ gebruiken⁷.
- Vaak moet de formule worden omgevormd.
→ De formule moet beginnen met $h = \dots$
De formule $V = A \cdot h$ moet daarom worden omgevormd.
Er zijn drie manieren waarmee een formule kan worden omgevormd:



1. Driehoekje

2. Getallenvoorbeeld

$$6 = 3 \cdot 2 \quad \Leftrightarrow \quad V = A \cdot h$$

3. Wiskundig⁸

$$V = A \cdot h$$

links en rechts delen door h

$$\frac{V}{h} = \frac{A \cdot h}{h} = A \quad \Leftrightarrow \quad A = \frac{V}{h}$$

links en rechts delen door A

$$\frac{V}{A} = \frac{A \cdot h}{A} = h \quad \Leftrightarrow \quad h = \frac{V}{A}$$

De formule moet dus worden omgevormd tot: $h = \frac{V}{A}$.

⁷ Deze formule geldt zowel voor een steen (rechthoekig blok) als voor een zuil (cilinder).

⁸ De wiskundige methode verdient de voorkeur, omdat hij altijd (ook bij moeilijkere formules) kan worden gebruikt.

2. Vul de gegevens in in bij elkaar passende eenheden.

- Ga na in welke eenheden de grootheden gegeven zijn.
→ $[V] = \text{m}^3$
 $[A] = \text{dm}^2$
- Ga na of deze eenheden gecombineerd mogen worden.
Het is niet noodzakelijk dat de eenheden hetzelfde zijn;
ze moeten 'bij elkaar passen'.
→ Meter en decimeter passen niet bij elkaar.
- Als de eenheden niet bij elkaar passen, moet je eenheden 'omrekenen'.
→ omrekenen: $V = 28 \text{ m}^3$
 $A = 200 \text{ dm}^2 = 2 \text{ m}^2$.
De eenheden zijn niet gelijk, maar kunnen wel worden gecombineerd.

3. Bereken het antwoord.

Gebruik de handige regels voor hoofdrekenen:
Bij delen: '*Gelijke vergroting/verkleining*'
Bij vermenigvuldigen of delen: '*Verdeeleigenschap*'
Bij vermenigvuldigen: '*Vergroten – Verkleinen*'
Bij hoofdrekenen kun je tussenantwoorden opschrijven.

4. Noteer de eenheid.

- Ga na welke grootheid wordt berekend.
De eenheid achter het antwoord moet kloppen bij de grootheid.
→ Hoogte is een afstand; de eenheid moet dus km, m, cm, ... zijn.
- Ga na met welke eenheden het antwoord is berekend.
→ De berekening is met meter (m^3 en m^2); het antwoord is dus in m.

Voorbeeldopgave

De zuilen in het voorportaal van het Pantheon hebben ieder een volume van 28 m^3 . Het oppervlak van de doorsnede van de zuilen is 200 dm^2 . Bereken de hoogte van de zuilen.

Berekening

$$h = \frac{V}{A} = \frac{28 [\text{m}^3]}{2 [\text{m}^2]} = 14 \text{ m}$$



Opdrachten

19. Bepaal de oppervlakte van het 'pompoen-gezicht' (zie blz. 20).

20. Bepaal de oppervlakte van de palm van je hand inclusief de binnenkant van je vingers.



21. Bepaal het volume van het steentje (zie blz. 22).



22. Een A4-papier is 0,30 m lang en 21 cm breed. Bereken de oppervlakte.



23. Een gum is 6 cm lang, 2 cm breed en 8 mm hoog. Bereken het volume.



24. Een baksteen heeft een volume van $0,6 \text{ dm}^3$. De lengte van de steen is 20 cm. De hoogte van de steen is 50 mm. Bereken de breedte.



25. Een beschuitbus is 24 cm hoog. De bodem van de bus heeft een oppervlakte van 2 dm^2 . Bereken de inhoud van de bus.



26. Het blad van een tafel is 300 cm lang. Het oppervlak van de tafel is $3,6 \text{ m}^2$.
A. Bereken de breedte van het tafelblad.

Het tafelkleed is even breed als de tafel en heeft een lengte van 44 dm. Aan beide uiteinden van de tafel is het kleed 15 cm boven de grond.

B. Leg uit hoe hoog de tafel is.

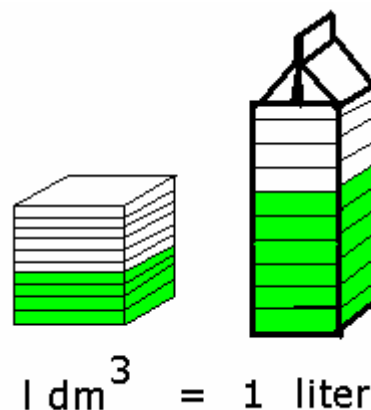


27. Reken om:

- | | | | | |
|----|------------------------------|---|-----|---------------|
| A. | 46.000 cm^2 | = | ... | m^2 |
| B. | 126 dm^2 | = | ... | mm^2 |
| C. | $0,0063 \text{ cm}^3$ | = | ... | mm^3 |
| D. | $0,098 \text{ dm}^3$ | = | ... | m^3 |
| E. | $78.350 \text{ }\mu\text{l}$ | = | ... | cl |

Vervog volume-eenheden omrekenen

Volume-eenheden omrekenen		
1 mm ³	↔	1 µl
1 cm ³	↔	1 ml
		1 cl
		1 dl
1 dm ³	↔	1 l (= 1 liter)
1 m ³	↔	1 kl



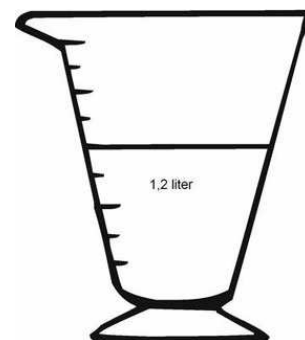
28. A. Hoeveel cm³ is het gekleurde volume in het bovenstaande blok?
B. Hoeveel cl is het gekleurde volume in het bovenstaande pak?



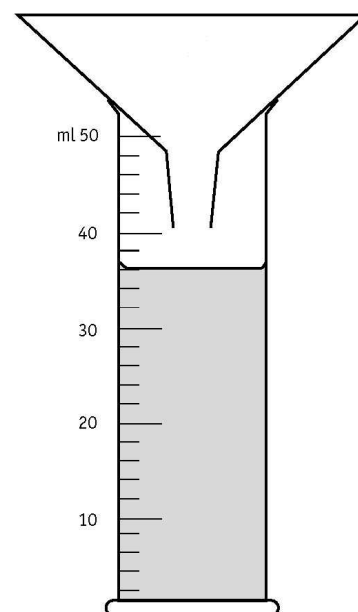
29. A. Meet de afmetingen van een literpak vruchtensap.
B. Bereken de inhoud van het pak.

30. Hoeveel dm³ is het volume van het steentje (zie opdracht 21)?

31. A. Hoeveel cl vloeistof zit er in de maatbeker?
B. Hoeveel cm³ vloeistof zit er in de maatbeker?
C. Wat is er raar aan deze maatbeker?



32. Een regenmeter bestaat uit een trechter die in een maatglas staat. Het oppervlak van de bovenkant van de trechter is 10 cm². Het oppervlak van de bodem van het maatglas is 2,5 cm².
'1 mm regen' komt overeen met 1 liter regenwater op een horizontaal oppervlak van 1 m²
A. Leg dat uit.



In de figuur is af te lezen hoeveel water er op één dag in de regenmeter is gekomen.

- B. Bereken de hoogte van het water in de regenmeter
C. Hoeveel mm regen is er die dag is gevallen
D. Valt er in Nederland wel eens zoveel regen op één dag?



Oefenoverhoring 'Omrekenen'					
90.000	dm ²	0,0009	km ²	900	m ²
81,2358	dl	8,12358	dm ³	8123,58	cm ³
51.300	cl	513	l	0,513	m ³
10.287,6	µm	0,0102876	m	10,2876	mm
17,23	l	1723	cl	17.230.000	mm ³
0,00008765	cm ²	8765	µm ²	0,008765	mm ²
300.000	mm ³	300	cm ³	3	dl
0,0074	m ²	0,0000000074	km ²	74	cm ²
400	ml	4	dl	400	cm ³
6,15	dm ³	0,00615	m ³	6150	cm ³
97.500	µl	0,0975	l	9,75	cl
70.082	dm	7,0082	km	7008,2	m
0,0556	mm	0,000556	dm	55,6	µm
0,006185	m ³	6185	cm ³	6,185	dm ³
0,001207	km ²	1207	m ²	12.070.000	cm ²
9,8	cl	0,098	l	98.000	mm ³
55,2	ml	0,0552	dm ³	0,0000552	m ³

33. Je hebt 12 identieke (= gelijke) metalen kogeltjes.
Samen hebben deze kogeltjes een massa van 384 gram.

A. 384 gram = ... mg.

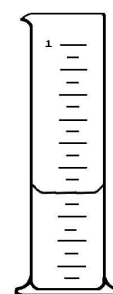
B. 384 gram = ... kg.

In een maatcilinder zit 400 ml water.

C. 400 ml = ... dl.

D. 400 ml = ... µl.

E. 400 ml = ... cm³.



Voorzichtig laat je de kogeltjes in het water in de maatcilinder rollen om zo het volume van één kogeltje te bepalen. Het water stijgt tot 448 ml.

F. Teken in de maatcilinder op de volgende bladzijde hoe hoog het water dan staat.

G. Leg uit waarom je de kogeltjes voorzichtig in de maatcilinder moet laten rollen (en ze dus niet keihard in het water moet gooien).

H. Hoe groot is het volume van één kogeltje?

I. Vind je het een goed idee om deze proef met 12 kogeltjes (in plaats van met slechts één kogeltje) uit te voeren?

§1 Atomen en moleculen

Materie bestaat uit atomen en moleculen

Feynman:



"Stel dat al onze wetenschappelijke kennis op het punt stond te worden vernietigd door een of andere catastrofe, en we zouden slechts één zin kunnen doorgeven aan de volgende generatie van wezens, welke uitspraak zou dan de meeste informatie in de kleinste hoeveelheid woorden bevatten?"

*Ik denk dat het de atoomhypothese is dat alle dingen uit atomen bestaan: kleine deeltjes die voortdurend in beweging zijn, elkaar aantrekken als ze op enige afstand van elkaar zijn, maar elkaar afstotend als ze worden samengedrukt.*⁹

De verschillende atoomsoorten zijn overzichtelijk gerangschikt in het
Periodiek systeem der elementen

Alkalimetalen

Aardalkalimetalen

Overgangsmetalen

Andere metalen

Niet-metalen

Edelgasen

Atoom-
getal

Atoom-
gewicht

Symbool

Naam

Zwart vast
Blauw vloeistof
Rood gas
(113) onontdekt

1 1,008 H Waterstof																	2 4,003 He Helium				
3 6,94 Li Lithium	4 9,01 Be Beryllium															5 10,81 B Bor	6 12,01 C Koolstof	7 14,01 N Stikstof	8 16,00 O Zuurstof	9 18,99 F Fluor	10 20,18 Ne Neon
11 22,99 Na Natrium	12 24,31 Mg Magnesium															13 26,98 Al Aluminium	14 28,09 Si Silicium	15 30,97 P Fosfor	16 32,06 S Zwavel	17 35,45 Cl Chloor	18 39,95 Ar Argon
19 39,10 K Kalium	20 40,08 Ca Calcium	21 44,96 Sc Scandium	22 47,90 Ti Titaan	23 50,94 V Vanadium	24 52,01 Cr Chroom	25 54,94 Mn Mangaan	26 55,85 Fe Izer	27 58,93 Co Kobalt	28 58,71 Ni Nikkel	29 63,54 Cu Koper	30 65,37 Zn Zink	31 69,72 Ga Gallium	32 72,59 Ge Germanium	33 74,92 As Arsen	34 78,96 Se Selen	35 79,90 Br Bromine	36 83,80 Kr Krypton				
37 85,47 Rb Rubidium	38 87,62 Sr Strontium	39 88,91 Y Yttrium	40 91,22 Zr Zirkonium	41 92,91 Nb Nubidium	42 95,94 Mo Molybdeen	43 (98) Tc (98) Technetium	44 101,1 Ru Rutenium	45 102,9 Rh Rhodium	46 106,4 Pd Palladium	47 107,9 Ag Zilver	48 112,4 Cd Cadmium	49 114,8 In Indium	50 118,7 Sn Tin	51 121,8 Sb Antimon	52 127,6 Te Telluur	53 126,9 I Jood	54 131,3 Xe Xenon				
55 132,9 Cs Cesium	56 137,3 Ba Barium	57 138,9 La Lanthaan	72 178,5 Hf Hafnium	73 181,0 Ta Tantal	74 183,8 W Wolfram	75 186,2 Re Renium	76 190,2 Os Osmium	77 192,2 Ir Iridium	78 195,1 Pt Platina	79 197,0 Au Goud	80 200,6 Hg Kwik	81 204,4 Tl Thallium	82 207,2 Pb Lood	83 208,0 Bi Bismut	84 (210) Po (210) Polonium	85 (210) At (210) Astatium	86 (222) Rn (222) Radon				
87 (223) Fr (223) Francium	88 Ra 226,0 Radium	89 Ac 227,0 Actinium	104 Rf (261) Rutherfordium	105 Db (262) Dubnium	106 Sg (266) Seaborgium	107 Bh (262) Bohrium	108 Hs (265) Hassium	109 Mt (266) Meitnerium	110 (271) (271)	111 (272) (272)	112 (277) (277)	(113) (113)	114 (285) (285)	(115) (285) (285)	116 (289) (289)	(117) (293) (293)	118 (298) (298)				
(119)	(120)	(121)																			
Lanthaniden			58 140,1 Ce Cerium	59 140,9 Pr Praseodymium	60 144,2 Nd Neodymium	61 146,9 Pm Promethium	62 150,4 Sm Samarium	63 152,0 Eu Europium	64 157,2 Gd Gadolinium	65 158,9 Tb Terbium	66 162,5 Dy Dyspromium	67 164,9 Ho Holmium	68 167,3 Er Erbium	69 168,9 Tm Thulium	70 173,0 Yb Ytterbium	71 175,0 Lu Lutetium					
Actiniden			90 232,0 Th Thorium	91 231,0 Pa Protactinium	92 238,0 U Uraan	93 237,0 Np Neptunium	94 239,0 Pu Plutonium	95 241,1 Am Americium	96 247,1 Cm Curium	97 249,1 Bk Berkelium	98 251,1 Cf Californium	99 254,1 Es Einsteinium	100 257,1 Fm Fermium	101 258,1 Md Mendelevium	102 259 No Nobelium	103 262 Lr Lawrencium					
Superactiniden			(122-153)																		

⁹ <http://www-scf.usc.edu/~kallos/Files/Feynman%20-%20Atomic%20Hypothesis.mp3>

Er bestaan ruim 100 verschillende atoomsoorten.

De atomen van de elementen in de meest rechtse kolom (de 'edelgassen') binden zich 'nooit' met andere atomen.



Lees: <http://www.kennislink.nl/publicaties/lang-leve-mendelejev>

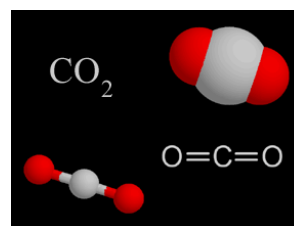
- Waarom kunnen (de atomen van) edelgassen niet reageren?

Moleculen

Als atomen wel bindingen met andere atomen aangaan, ontstaat een molecuul¹⁰. Er zijn ontelbaar verschillende moleculen mogelijk.

Er bestaan kleine moleculen. Bijvoorbeeld:

- Twee zuurstofatomen vormen een zuurstofmolecuul O₂
- Twee waterstofatomen + één zuurstofatoom vormen een watermolecuul H₂O
- Eén koolstofatoom + twee zuurstofatomen vormen een koolstofdioxidemolecuul CO₂.



Er bestaan ook zeer grote moleculen. Een belangrijk voorbeeld is het DNA-molecuul, waarin de erfelijke informatie van organismen is vastgelegd.

Moleculen zijn de kleinste deeltjes van de stof, die nog de (chemische) eigenschappen van die stof bevatten.

Moleculen zijn (bijna) te klein om waar te nemen. Een druppel water van 60 µl groot bestaat uit (ongeveer) $2 \cdot 10^{21}$ watermoleculen.

Lees en beluister: <http://nos.nl/artikel/173804-grootste-moleculen-in-de-ruimte-gevonden.html>

Nanotechnologie

Nanotechnologie houdt zich bezig met deeltjes tot enkele honderden nanometers (1 nanometer = $1 \cdot 10^{-9}$ m = 1 miljoenste millimeter).

De deeltjes die door deze techniek tot stand komen, hebben andere eigenschappen en gedragen zich anders dan grotere deeltjes.

Nanotechnologie maakt het mogelijk om stoffen op moleculair niveau te beheersen en zo materialen met nieuwe eigenschappen te creëren.

Hierdoor ontstaat een hele nieuwe generatie van technologische toepassingen. Dit opent nieuwe mogelijkheden op diverse gebieden, van gezondheidszorg en voeding tot milieu en landbouw. Er zijn al vele producten op de markt waarin nanotechnologie is toegepast.

Lees: <http://www.kennislink.nl/publicaties/wat-is-nanotechnologie>

¹⁰ In de (bio)chemie wordt bestudeerd op welke manieren atomen een molecuul kunnen vormen.

Stichting 'Natuur & Milieu' ¹¹ vindt dat er veel te weinig bekend is over de veiligheid van deze minuscule kleine kunstmatige deeltjes. Ook vindt 'Natuur & Milieu' de wetgeving die mens en natuur tegen mogelijke schadelijke gevolgen van nanodeeltjes moet beschermen niet goed genoeg. Totdat we meer inzicht hebben in de risico's, en de wetgeving verbeterd, zou de overheid het gebruik van nanodeeltjes moeten beperken.



Lees: <http://www.nanopanel.nl/artikelen.html>

- Is de informatie op deze site betrouwbaar?

Opdrachten

34. Wanneer en waar leefde Feynman?
35. A. Hoeveel verschillende atoomsoorten zijn er?
B. Waar/hoe heb je dit antwoord gevonden?
36. A. Uit welke (en hoeveel) atomen bestaat een ethanolmolecuul?
Eén druppel ethanol is 40 μ l en bestaat uit $5 \cdot 10^{20}$ moleculen. In het spuitflesje zit 500 ml ethanol.
B. Hoeveel ethanolmoleculen zitten er in het flesje?
37. Klopt deze informatie?



De Volkskrant
(22 juli 2011)



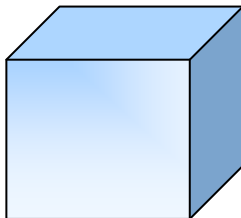
¹¹ <http://www.nanocontrole.nl/>

§2 Dichtheid



Glas is zwaarder dan kurk en lichter dan ijzer.

Glas

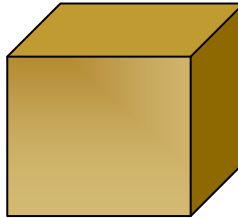


$$V = 1 \text{ dm}^3$$

$$m = 2,5 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{glas}} = 2,5 \text{ kg/dm}^3$$

Kurk

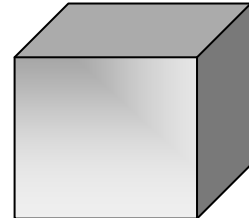


$$V = 1 \text{ dm}^3$$

$$m = 0,25 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{kurk}} = 0,25 \text{ kg/dm}^3$$

IJzer



$$V = 1 \text{ dm}^3$$

$$m = 8 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{ijzer}} = 8 \text{ kg/dm}^3$$

Dichtheid

Symbol ρ ; eenheid:

- kilogram per kubieke meter (kg/m^3)
- kilogram per kubieke decimeter (kg/dm^3)
- gram per kubieke centimeter (g/cm^3)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Verschillende materialen hebben een verschillende dichtheid; dichtheid is een materiaaleigenschap¹².

Dichtheden¹³ van materialen zijn te vinden op:

- http://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke_massa_van_vaste_stoffen
- http://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke_massa_van_vloeistoffen.

¹² Massa en lengte zijn voorbeelden van eigenschappen van een voorwerp.

Dichtheid is een eigenschap van het materiaal, waar het voorwerp van gemaakt is.

De dichtheid van vloeistoffen en vaste stoffen wordt meestal gegeven bij een temperatuur van 20 °C.

¹³ Dichtheid wordt ook 'soortelijke massa' genoemd.

De dichtheid van (zoet) water moet je kennen: $\rho_{\text{water}} = 1 \text{ kg/dm}^3$.

Rekenvoorbeeld

Bereken de massa van 4 dm^3 ijzer.

$$m = \rho \cdot V = 8 \cdot 4 = 32 \text{ kg}$$

Rekenvoorbeeld

Een ijzeren voorwerp heeft een massa van 104 kg.
Bereken het volume van het voorwerp.

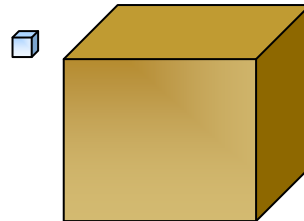
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{104}{8} = 13 \text{ dm}^3$$

Voorbeeld

Is de massa van 1 cm^3 glas

- ☐ groter
- ☐ even groot
- ☐ kleiner

dan de massa van 1 dm^3 kurk?



Atomen en dichtheid

Verschillende materialen bestaan uit verschillende atomen.

De dichtheid van aluminium is (ongeveer) $2,7 \text{ kg/dm}^3$ en dus kleiner dan de dichtheid van ijzer. Dit komt omdat de ijzeratomen:

- zwaarder zijn dan de aluminiumatomen én
- dichter op elkaar zitten dan de aluminiumatomen.

'Eureka'

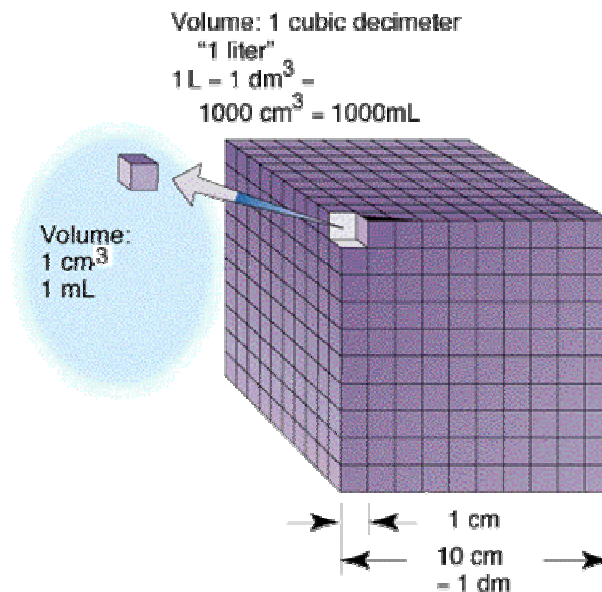
Een anekdote vertelt dat Archimedes kon bewijzen dat een gouden kroon van koning Hiëro II door de edelsmid was vervalst. Archimedes zou in bad op het idee zijn gekomen, vol enthousiasme uit bad zijn gesprongen en naakt op de straat hebben uitgeroepen: 'Eureka'.



Lees: <http://www.math.nyu.edu/~crrres/Archimedes/contents.html>

- Hoe heeft Archimedes volgens Vitruvius bewezen, dat de kroon vervalst was?

Dichtheid-eenheden omrekenen



Eén dm^3 bestaat uit 1000 cm^3 .

Als 1 dm^3 ijzer een massa van 8 kg heeft, moet 1 cm^3 ijzer een massa van $0,008 \text{ kg} = 8 \text{ g}$ hebben: $8 \text{ kg/dm}^3 = 8 \text{ g/cm}^3$.

$$\rho_{\text{ijzer}} = 8000 \text{ kg/m}^3 = 8 \text{ kg/dm}^3 = 8 \text{ g/cm}^3$$

Drijven of zinken

De dichtheid van water is 1 kg/dm^3 . IJzer zinkt in water, omdat de dichtheid van ijzer groter is dan de dichtheid van water.

Kurk drijft in water; de dichtheid van kurk is dus kleiner dan 1 kg/dm^3 .

Kijk: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20110312_dichtheid01

IJzeren voorwerpen kunnen op water drijven, als zij door hun holle vorm ook uit veel lucht 'bestaan': de totale dichtheid is dan immers veel kleiner.

Bij een drijvend dok zijn de wanden hol. Water kan de wanden in of uit worden gepompt.



Opdrachten



38. Dichtheid; welke stof is het?

Een applet is een klein (computer)programma. Met een applet kan een onderzoek op de computer worden nagebootst. Onderzoek met deze simulatie van welke stoffen de verschillende voorwerpen gemaakt (kunnen) zijn:
<http://ww2.unime.it/weblab/mirror/ExplrSci/dswmedia/density.htm>

Inleiding:

Verschillende materialen hebben een verschillende dichtheid (soortelijke massa); dichtheid is een materiaaleigenschap. Door de dichtheid van de stof van een voorwerp bepalen, kun je uitvinden van welk materiaal het voorwerp is gemaakt.

Theorie:

De dichtheid is de massa (het aantal kilogram) van exact 1 m³ van het materiaal.

Om de dichtheid te kunnen berekenen, moeten de massa en het volume van het voorwerp bekend zijn. Formule:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Opmerking 1: De dichtheid hoeft niet in kg/m³ te worden gegeven. Er mag ook een andere eenheid worden gebruikt; bijvoorbeeld g/cm³.

Opmerking 2: Als een voorwerp bestaat uit verschillende stoffen, kunnen we niet spreken over dé dichtheid.

Opmerking 3: Het is mogelijk dat verschillende materialen toevallig een (ongeveer) even grote dichtheid hebben. Nader onderzoek is dan nodig om vast te stellen van welk materiaal het voorwerp gemaakt is.

- A Begrijp de Engelse tekst.
- B "Meet" van minstens drie verschillende voorwerpen de massa en het volume. Noteer je meetresultaten overzichtelijk in een tabel.
- C Bereken¹⁴ de dichtheid van de materialen. Noteer in de tabel.
- D Ga na van welke materialen de voorwerpen gemaakt (kunnen) zijn.
(http://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke_massa_van_vaste_stoffen)

Beschrijving voorwerp	Massa (gram)	Volume (cm ³)	Dichtheid (g/cm ³)	Materiaal (?)

¹⁴ Rekenmachine toegestaan.

39. A. Hoe groot is de massa van een pakje boter?
B. Meet de afmetingen van het pakje boter.
C. Bereken het volume van de boter.
D. Bereken de dichtheid van boter; je mag een rekenmachine gebruiken.
E. Leg uit wat er gebeurt met de dichtheid van boter als je de boter doormidden snijdt.



40. Een grenenhouten plank is 2 m lang, 10 cm breed en 15 mm dik.
A. Bereken het volume van de plank.
B. Zoek de dichtheid van grenenhout op internet op.
C. Leg uit of de plank zinkt in water.
D. Bereken de massa van de plank.



41. Ebbenhout is een zeer harde houtsoort, die o.a. wordt gebruikt bij luxe schaakstukken. De massa van een koningin is 176 g.
A. Zoek de dichtheid van ebbenhout op.
B. Leg uit of de koningin zinkt in water.
C. Bereken het volume van de koningin.



42. Reken om:

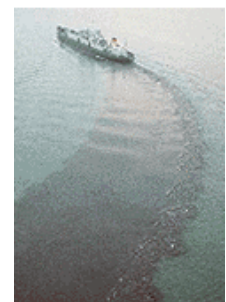
- A. $2700 \text{ kg/m}^3 = \dots \text{ kg/dm}^3$
B. $2700 \text{ m}^3 = \dots \text{ dm}^3$
C. $1,4 \text{ g/cm}^3 = \dots \text{ kg/m}^3$

43. Een 2 euromunt is een legering van nikkel, messing en koper.

- A. Wat is een legering?
B. Hoe groot is het volume van deze munt?
Hoe heb je jouw antwoord gevonden?
C. Hoe groot is de massa van deze munt?
Hoe heb je jouw antwoord gevonden?
D. Bereken de dichtheid van de legering; je mag een rekenmachine gebruiken.
E. Leg uit welke metaalsoort (nikkel, messing of koper) de munt vooral bestaat.



44. Een schip loost op zee illegaal 200 liter dieselolie. Dieselolie heeft een dichtheid van $0,84 \text{ kg/dm}^3$.
A. Leg uit waarom de olie op het water blijft drijven.
B. Bereken de massa van de geloosde olie.
Er ontstaat een olievlek van 50 meter lang en 8 meter breed.
C. Bereken de dikte van de olievlek.





45. Een leslokaal is 12 m lang, 50 dm breed en 500 cm hoog. Het lokaal is leeg; er staan geen meubels in. De dichtheid van de lucht in het leslokaal is $1,3 \text{ kg/m}^3$.
- A. Drijft of zinkt lucht in water?
 - B. Bereken het volume van de lucht in het lokaal.
 - C. Bereken de massa van de lucht in het lokaal.



46. Een glazen fles is gevuld met 250 ml stroop. De massa van de gevulde fles is 700 gram. Wim eet iedere week twee pannenkoeken. Op iedere pannenkoek doet hij altijd precies 5 gram stroop. Na dertig weken is de stroop op.
- A. Bereken de dichtheid van stroop.
 - B. Zoek de dichtheid van (gemiddeld) glas op.
 - C. Bereken het volume van de glazen fles zelf.



47. Bij de drogist kun je een flesje met 120 ml ethanol (alcohol) kopen voor het ontsmetten van huid of instrumenten.
- A. Zoek de dichtheid van ethanol op.
 - B. Bereken de massa van de ethanol in het flesje.



48. Wat is hier aan de hand?



49. Wat weet je van de dichtheid van ijs?



Practicum

Dichtheid

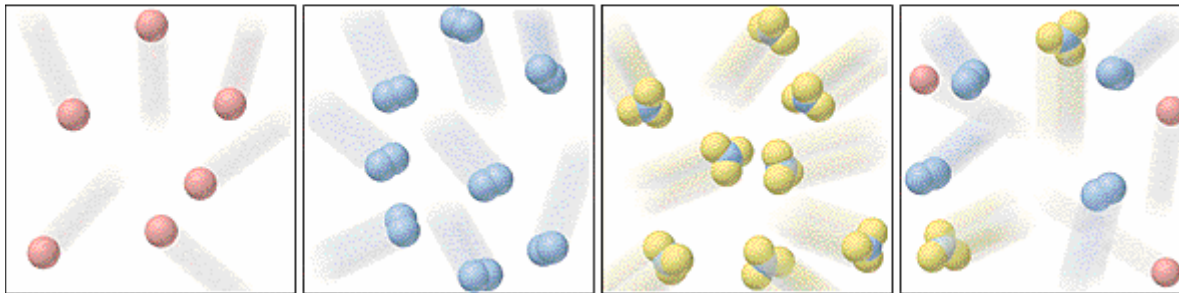
Proefwerk oefenopgaven

- Gebruik informatie uit de tabel bij de verschillende opgaven.
- Noteer de berekeningen in alle vier de stappen.
- Gebruik geen rekenmachine.

Stof	Dichtheid (kg/m ³)
alcohol	800
glas	3000
goud	20000
nikkel	9000
stookolie	900
staal	7000
ijzer	8000
zilver	1000
lucht	1,2

- Opgave 1 Een 2-euro munt is gemaakt van zuiver nikkel.
Een winkelier haalt een rol 2-euro munten bij de bank.
Voor de rol moet hij 40 euro betalen.
De rol heeft een massa van 810 g en is 10 cm lang.
- A Hoe hoog (dik) is één munt?
 - B Bereken het volume van de hele rol.
 - C Bereken de oppervlakte van (de bovenkant van) één munt.
- Opgave 2 De massa van een glazen fles gevuld met 3 liter alcohol is 3,9 kg.
- A Bereken het volume van het glas.
- Iemand laat de fles op de laboratoriumvloer vallen.
Het laboratorium is 4 m lang en 3 m breed. De fles breekt en alle alcohol stroomt over de vloer tot er overal een even dik laagje ligt.
- B Bereken hoe dik het laagje alcohol is dat op de grond ligt.
- Opgave 3 Een houten deur heeft een massa van 76000 g.
Het volume van de deur is 100 dm³.
De deur is 2 m hoog en 4 cm dik.
- A Bereken de dichtheid van de houtsoort van de deur.
 - B Bereken de breedte van de deur.
- Opgave 4 Het warenhuis verkoopt witte muurverf. Een 40 liter emmer kost € 45. Een emmer met 10 liter verf kost € 15.
Karin gaat de muren in haar kamer wit verven.
Haar kamer is 4 m lang, 200 cm breed en 25 dm hoog.
De verf komt overal 2 mm dik op de muren.
Neem aan dat er geen ramen of deuren in haar kamer zijn.
- A Bereken het totale muuroppervlak van Karin's kamer.
 - B Bereken hoeveel geld Karin nodig heeft om de verf te kopen.

§3 Bewegende moleculen

				Mengsel
Zuivere stoffen				
Enkelvoudige stof		Samengestelde stof		
Atomaire stof	Moleculaire stof			

Temperatuur en moleculen

Temperatuur is een maat voor hoe warm of koud iets is.

Een voorwerp of stof is 'heet', als de moleculen snel bewegen: Hoe hoger de temperatuur, des te groter is de gemiddelde snelheid van de moleculen.

Omgekeerd: Als de moleculen gemiddeld langzamer gaan bewegen, daalt de temperatuur. Gevolg: Er is een laagste temperatuur, namelijk de temperatuur waarbij alle moleculen 'stilstaan'.

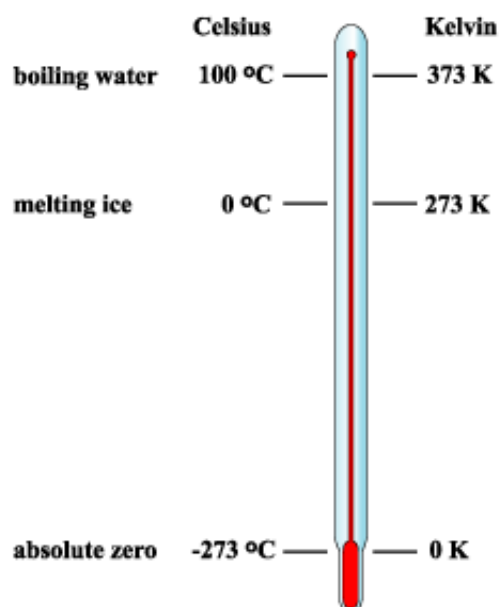
Deze temperatuur is het **absolute nulpunt**: $T = 0 \text{ K}$ (Kelvin).

Omrekenen

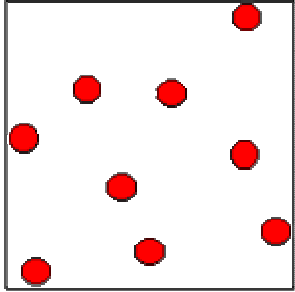
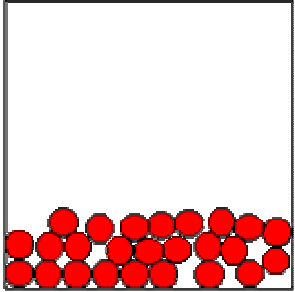
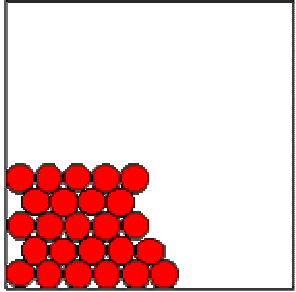
Absolute temperatuur T (eenheid K)

Temperatuur t (eenheid $^{\circ}\text{C}$)

$$T = t + 273$$

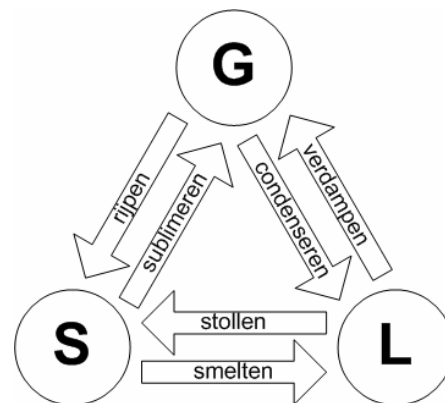


De meeste stoffen¹⁵ kunnen in drie¹⁶ verschillende aggregatietoestanden voorkomen:

Gasvormige fase (G)	Vloeistoffase (L)	Vaste fase (S)
		
De stof heeft geen vaste vorm en kan makkelijk worden samengeperst.	De stof heeft geen vaste vorm, maar kan nauwelijks worden samengeperst.	De stof heeft een vaste vorm en kan niet worden samengeperst
De moleculen zitten ver uit elkaar en bewegen kriskras door elkaar.	De moleculen zitten dicht bij elkaar en bewegen langs elkaar.	De moleculen dicht bij uit elkaar en verplaatsen zich niet.

Fase-overgangen

De verschillende fase-overgangen zijn:



- Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031208_09_01veragg
 Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031208_09_04rijpen
 Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031208_09_05sublim
 Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060209_neerslag01
 Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20080325_warmtefreon01

Lees: <http://projects.edte.utwente.nl/deeltjesmodel/FS-water.html>

- Maak opdracht W1 t/m W6.

¹⁵ Dit geldt voor zuivere stoffen.

¹⁶ Er is een 4^e aggregatietoestand: **plasma**. De temperatuur is dan zo hoog dat de atomen stuk zijn. Dit is bijvoorbeeld in het inwendige van sterren (zoals de zon) het geval.

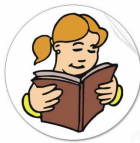
Kookpunt

Een vloeistof verdampt altijd; er zijn altijd moleculen die uit de vloeistof wegschieten. Dit zijn vooral de snelle moleculen. Door verdamping koelt de vloeistof dus af.

Het kookpunt¹⁷ is de temperatuur waarbij de vloeistof kookt. Het kookpunt van water is¹⁸ 100 °C.

Als een vloeistof kookt ontstaan er in de vloeistof dampbellen. Het verdampen vindt dan niet alleen plaats aan het vloeistofoppervlak, maar ook in de vloeistof.

Het verwarmen van een vloeistof die al kookt zorgt er niet voor dat de temperatuur verder stijgt. De moleculen gaan niet nog sneller bewegen; ze gaan uitsluitend (veel) verder bij elkaar vandaan. Zolang water kookt, is de temperatuur 100 °C.



Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031208_09_03verdam

Smeltpunt

Het smeltpunt is de temperatuur waarbij de vaste stof smelt. Het smeltpunt van ijs is 0 °C. Dit is ook het stolpunt van vloeibaar water. De temperatuur van een stof die bezig is te smelten of te stollen is het smeltpunt. Zolang water stolt (of ijs smelt), is de temperatuur 0 °C.

Uitzetten en inkrimpen

Bij verwarmen gaat er warmte(energie) naar de stof. Gevolg:

- De moleculen gaan sneller bewegen. De temperatuur stijgt.
en/of
- De moleculen gaan verder bij elkaar vandaan¹⁹. De stof zet uit en de dichtheid van het materiaal wordt kleiner.

Bij afkoeling raakt de stof warmte kwijt (aan de 'omgeving'). Gevolg:

- De moleculen gaan langzamer bewegen. De temperatuur daalt.
en/of
- De moleculen gaan dichter bij elkaar zitten. De stof krimpt en de dichtheid van het materiaal wordt groter.

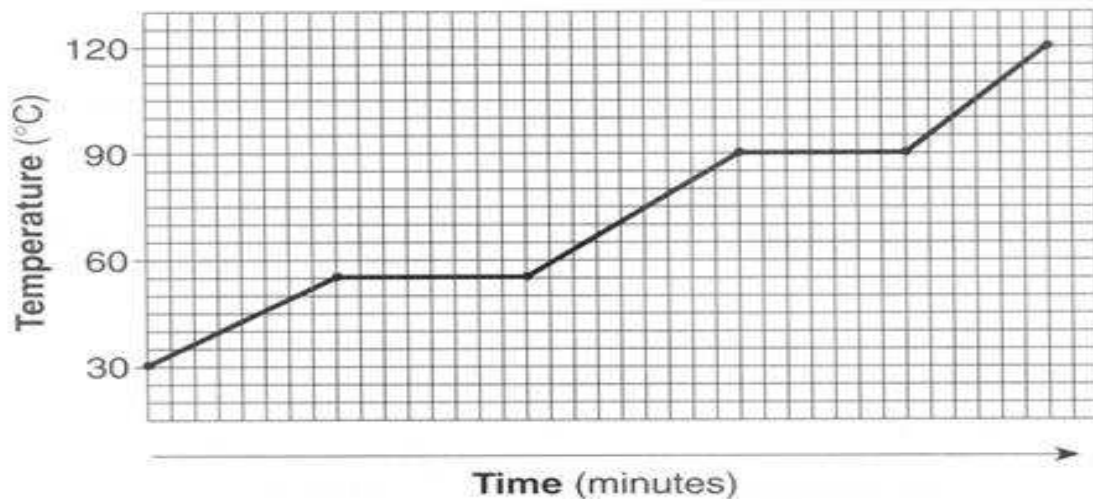
Lees: <http://www.flashscience.com/heat/expansion.htm>

¹⁷ Zuivere stoffen hebben een kookpunt (en een smeltpunt).

¹⁸ Als de luchtdruk 'normaal' is.

¹⁹ Water vanaf 0 °C tot 4 °C is hierop een uitzondering.

Verwarmen zuivere stof



Vaste stof:	Smelten:	Vloeistof:	Koken:	Gas:
• temperatuur stijgt; moleculen gaan sneller bewegen • stof zet uit; moleculen gaan verder bij elkaar vandaan	• temperatuur stijgt niet • $S \rightarrow L$; moleculen verliezen hun vaste plaats en gaan verder bij elkaar vandaan	• temperatuur stijgt verder; moleculen gaan sneller bewegen • stof zet uit; moleculen gaan verder bij elkaar vandaan	• temperatuur stijgt niet • $L \rightarrow G$; moleculen gaan zeer, zeer veel verder bij elkaar vandaan	• temperatuur stijgt verder; moleculen gaan sneller bewegen • stof zet uit; moleculen gaan nog verder bij elkaar vandaan

Vloeistofthermometer

In een vloeistofthermometer zit een vloeistof (b.v. kwik of alcohol) in een reservoir met daarboven een doorzichtige, nauwe buis. Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof uit. De vloeistof gaat hierdoor in de buis omhoog.



Uitzetten van water

Zie: <http://physics.info/expansion/water-1.html>

Zie: <http://physics.info/expansion/water-2.html>

- Waar is de temperatuur van water het hoogst; aan het oppervlak of juist bij de bodem van een meer?

Bimetaal

De verschillende uitzetting van twee metaalsoorten wordt bijvoorbeeld gebruikt in een thermostaat en in een thermometer.

Lees: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Bimetaal>

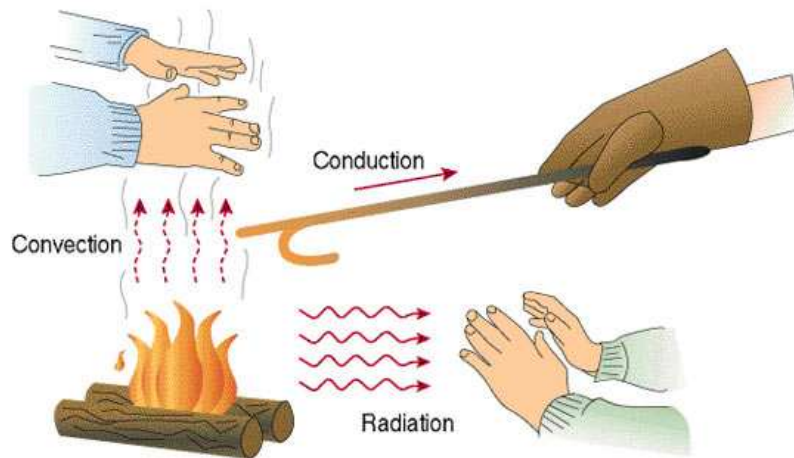
Zie: <http://www.youtube.com/watch?v=eJsoEhK4NbA>

Practicum



Warmtetransport

Een 'heet' voorwerp verliest warmte aan een koudere omgeving.



1. Warmtegeleiding (conduction) in vaste stoffen

Zie: http://www.phy.cuhk.edu.hk/contextual/heat/hea/condu/conduction_e.html

In warmtegeleiders (bijvoorbeeld metalen) geven de snelle moleculen door botsingen hun beweging door aan de andere moleculen in het materiaal.

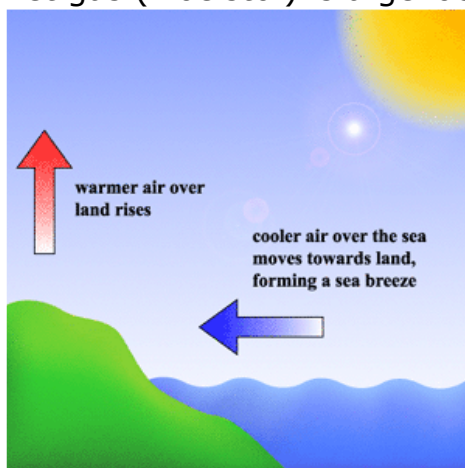
In warmte-isolatoren (bijvoorbeeld kunststoffen) kan deze beweging 'niet' worden doorgegeven.

2. Warmtestroming (convection) in vloeistoffen en gassen

In een gas (vloeistof) verplaatsen de snelle moleculen zich naar boven.

De warmte gaat omhoog, omdat het gas (de vloeistof) zelf stijgt.

Als het gas (vloeistof) is afgekoeld, zal het dalen; er ontstaat circulatie.



zeewind



landwind

3. Warmtestraling (radiation)

De zon zendt behalve zichtbaar licht ook warmte naar de aarde.

Tussen zon en aarde zijn geen moleculen aanwezig.

Er is blijkbaar ook warmtetransport zonder materie mogelijk.

Vacuüm

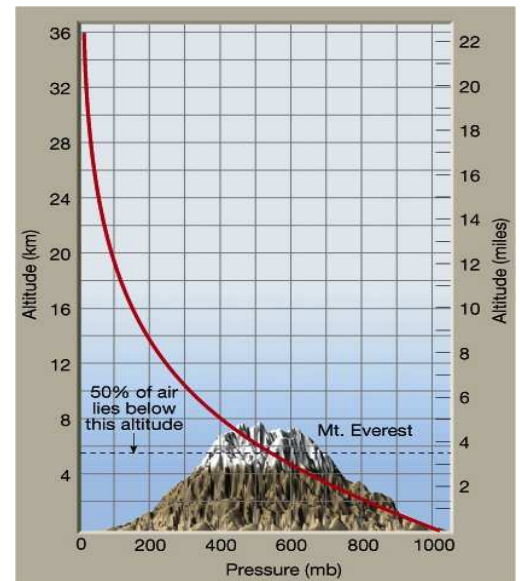
Waar geen moleculen aanwezig zijn, is vacuüm. De ruimte is 'luchtledig'. Buiten de dampkring is het 'vacuüm' veel beter dan ooit op aarde (met luchtpompen) kan worden bereikt. Omdat moleculen zich voortdurend willen verspreiden, vult een leeggezogen ruimte zich snel weer met lucht ('horror vacui').

Koffie en kussens worden vacuümverpakt verkocht. Er heerst in de verpakking een zogenaamde onderdruk.

Luchtdruk

Lucht is het mengsel van gassen in de dampkring om de aarde.

Luchtdruk komt, doordat de moleculen kriskras door elkaar bewegen en voortdurend botsen. Omdat op grote hoogte minder lucht is, is de luchtdruk daar kleiner.



Afname van de luchtdruk met de hoogte

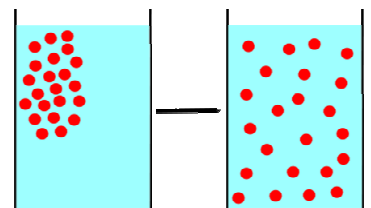


Lees: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Lucht>

- Waarom kan de dichtheid van lucht zoveel veranderen?
- Waarom is er op grote hoogte minder zuurstof in de lucht?
- Wat wordt bedoeld met 'droge' lucht?
- Waarom is het belangrijk dat de lucht in een sauna 'droog' is?

Diffusie

Door de voortdurende beweging van moleculen, zullen gassen (vloeistoffen) zich mengen.



Cohesie

Gelijke moleculen trekken elkaar aan. Door deze aantrekkende kracht vormen watermoleculen een druppel en is een schoon wateroppervlak een 'veerkrachtige' laag, waarop een insect kan staan.



Zie: <http://www.youtube.com/watch?v=NsdCzujHqAk>

- Have fun imagining jigglng atoms.

Opdrachten

50. Wat is hier aan de hand?



51. Het internationale ruimtestation ISS is sinds 2000 bewoond.

A. Hoe hoog zal de temperatuur binnen het ISS ongeveer zijn

- in $^{\circ}\text{C}$
- in K ?

B. Welke temperatuur is er in de lege ruimte buiten het ISS?



52. De twee delen van een wegdek zijn verbonden door metalen tanden. Wat weet je van de temperatuur tijdens het maken van de foto?

53. A. Waarom is de pan van metaal?
B. Waarom heeft de pan een kunststof handvat?



54. Blazen helpt, als soep te heet is. Waarom?

55. Een kwikthermometer bestaat uit een reservoir van 4,4 ml en buis met een doorsnede van $0,15 \text{ cm}^2$. Met deze thermometer wordt de temperatuur gemeten van water dat aan de kook wordt gebracht.
A. Leg uit waarom dit niet met een alcoholthermometer kan.
Als de kwikthermometer een temperatuur van 20°C meet, staat het kwik 40 mm hoog in de buis.

B. Zoek de dichtheid van kwik (bij 20°C) op.

C. Bereken de massa van het kwik in de thermometer.

In 1 gram kwik zitten $3 \cdot 10^{21}$ kwikatomen.

D. Hoeveel kwikatomen zitten er in de thermometer?

Even later is de temperatuur 100°C .

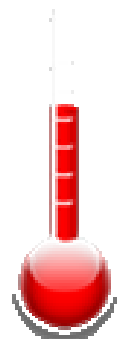
Het kwik staat nu 45 mm hoog in de buis.

E. Bereken²⁰ de dichtheid van kwik bij 100°C ; je mag een rekenmachine gebruiken.

F. Hoeveel kwikatomen zitten er nu in de thermometer?

G. Leg uit waarom deze thermometer niet handig is.

H. Hoe kan het ontwerp van de thermometer worden verbeterd?



²⁰ Het glas van de thermometer zal ook uitzetten. Hiermee hoeft je geen rekening te houden.

56. Onder welke omstandigheden is wasgoed snel droog?



57. Aan de waslijn hangt bevroren wasgoed.
A. Wat weet je van de temperatuur (in $^{\circ}\text{C}$)?
B. En van de absolute temperatuur (in K)?
C. Wordt het wasgoed droog?



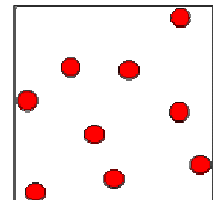
58. Hoe werkt een snelkookpan?

59. Wat zie je: waterdamp of (vloeibaar) water?

60. A. Wanneer merk je een afname van de luchtdruk?
B. Hoe merk je een afname van de luchtdruk?



61. A. Waarom wordt koffie vacuümverpakt?
B. Waarom worden kussens vacuümverpakt?



62. Wat bevindt zich tussen de moleculen in een gas?

63. Waarom zal diffusie sneller verlopen als de temperatuur hoger is?

64. Opwarming van de aarde veroorzaakt een stijging van de zeespiegel.
Leg uit waarom?



§1 Voortplanting van geluid

Geluidsbron

Geluid wordt gemaakt in een geluidsbron.

Voorbeelden:

- Stemband
- Luidspreker
- Muziekinstrument.



Medium

Geluid is een trilling die wordt doorgegeven in een 'medium'.

Geluidsgolven hebben een medium nodig om zich te kunnen voortplanten.

Voorbeelden:

- Lucht
- Water (ook onder water kun je geluid horen)
- Beton (het geluid van de burens kan door de muur gaan).

In vacuüm bestaat geluid niet.

Geluidssnelheid

De snelheid waarmee het geluid zich voortplant is afhankelijk van het medium.

Ontvanger

Het geluid wordt opgevangen in een ontvanger.

Voorbeelden:

- Trommelvlies van je oor
- Microfoon



Zie: http://www.youtube.com/watch?v=PCVI_qp6b6g

Zie: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060706_geluid01

Opdrachten

65. Bestudeer <http://www.haycap.nl/app-c/geluid/geluid.htm> en beantwoord de 4 vragen.
66. Geluid is een trilling.
Geef een voorbeeld hoe je een geluidstrilling kunt voelen.
67. Waarom bestaat geluid niet in vacuüm?
68. Hoe groot is de geluidssnelheid in:
A. Lucht
B. Water
C. Beton
D. Hoe/waar heb je het antwoord gevonden?
69. Lees de volgende tekst:

Afstand van een bliksemschicht

Als je wilt weten hoe ver een bliksemschicht van je af is moet je nadat je hem hebt gezien gelijk beginnen met tellen. Als je de donder hoort stop je en onthoud je het getal. Dat getal deel je door 3 en dan weet je ongeveer op hoeveel kilometer afstand de bliksem insloeg.



Leg uit waarom je op deze manier de afstand van een bliksemschicht kunt uitrekenen. Betrek zowel de lichtsnelheid als de geluidssnelheid bij je antwoord.

§2 Berekeningen met geluidssnelheid

Afstand

Symbool s ; eenheid meter (m).

$$s = v \cdot \Delta t$$

Benodigde tijd

Symbool Δt ; eenheid seconde (s).

Snelheid

Symbool v ; eenheid meter per seconde (m/s).

Opdrachten



70. De geluidssnelheid in lucht is $333\frac{1}{3}$ m/s.
Piet kijkt als een heipaal in de grond wordt geslagen.
Hij ziet het blok op de paal slaan.
Hij voelt de grond trillen (0,05 s nadat het blok op de paal slaat). Hij hoort de klap (0,40 s nadat hij de grond voelt trillen).

- A. Bereken hoe ver Piet van de paal af staat.
- B. Bereken de snelheid waarmee het geluid zich door de bodem voortplant.



71. De geluidssnelheid in lucht is 330 m/s.
Tijdens een bergwandeling ziet Piet een steile bergwand.
Uit enthousiasme slaakt hij een kreet.
Hij hoort zijn eigen echo na 2,4 s.
Bereken hoe ver Piet bij de bergwand vandaan staat.



72. Een groep indianen wil in het wilde westen een trein overvallen. Om de trein te horen legt een indiaan zijn oor op de rails. De trein is 15,3 km ver weg.
Gegeven:
- ☐ Het geluid is door de ijzeren rails 3 s onderweg.
 - ☐ De snelheid van de trein is 54 km/uur.

- A. Bereken hoe snel het geluid van de trein door de ijzeren rails gaat.

De indianen hebben 15 minuten tijd nodig om een dikke boomstam over de rails te leggen.

- B. Ga met een berekening na of de boomstam op tijd op de rails ligt.



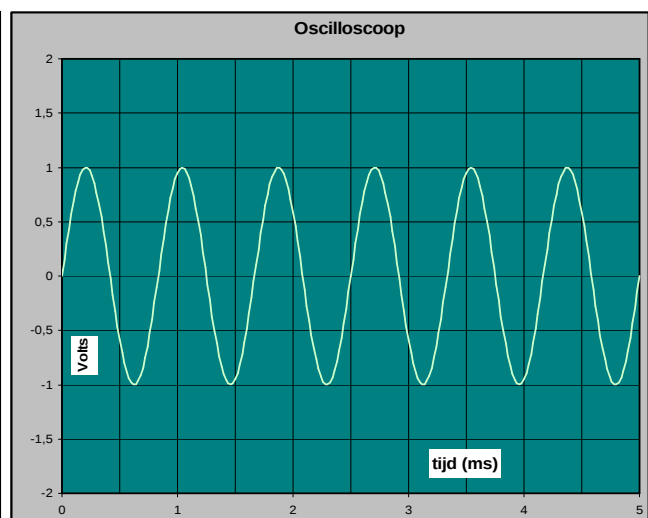
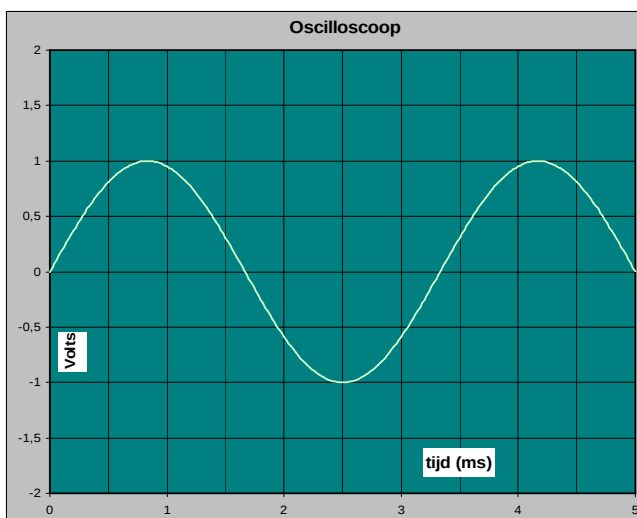
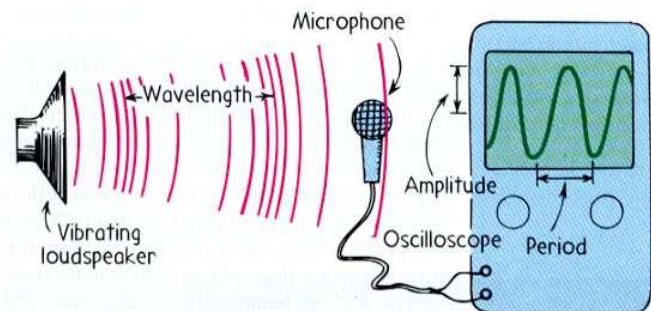
§3 Hoogte van geluid

Hoog of laag geluid

Als de geluidstrilling 'snel' is, is het geluid hoog. Je trommelvees beweegt in een korte tijd heen en weer. De trilling heeft een grote **frequentie**. Laag geluid is een geluidstrilling met een kleine frequentie.

Een microfoon zet geluid om in een elektrisch signaal. Dit signaal kan worden doorgegeven aan een luidspreker, zodat het geluid weer (versterkt) hoorbaar is.

Het signaal kan ook worden doorgegeven aan een oscilloscoop. Op het scherm van de oscilloscoop kan het 'geluid' dan zichtbaar worden gemaakt.



Het 'geluid' op het linkerscherm is lager dan op het rechterscherm.

Frequentie

Symbool f ; eenheid hertz (Hz)

Frequentie is het aantal trillingen per seconde.

Trillingstijd

Symbool T ; eenheid seconde (s)

Trillingstijd is de tijd die nodig is voor één trilling²¹.

$$f = \frac{1}{T}$$

²¹ Eén trilling is één keer heen én één keer terug.

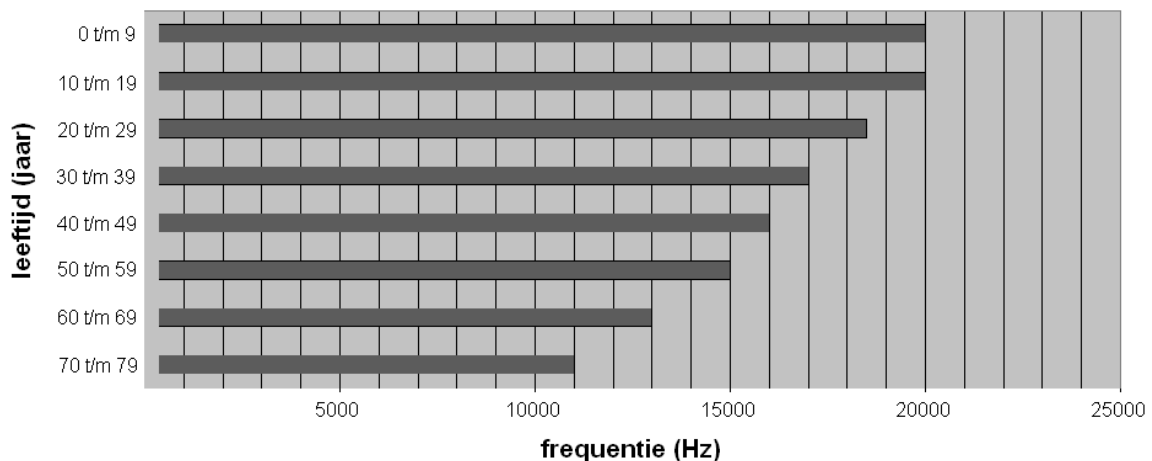
Gehoorgrenzen

Mensen kunnen te hoge of te lage geluiden niet horen.

Om geluid te kunnen horen moet de frequentie tussen de gehoorgrenzen liggen. Voor jonge mensen zijn deze gehoorgrenzen: 20 Hz – 20 kHz.

Bij volwassenen gaat vooral het gehoor voor hoge tonen achteruit.

frequentiebereik bij verschillende leeftijden



Lees: <http://noorderlicht.vpro.nl/noorderlog/bericht/28744444/>

Ultrasoon geluid

Ultrasoon geluid is geluid dat mensen niet kunnen horen, omdat de frequentie boven de 20 kHz is. Er zijn dieren die deze hoge tonen wel kunnen horen en ook gebruiken.

Lees: <http://noorderlicht.vpro.nl/noorderlog/bericht/27591016/>

Zie: <http://www.youtube.com/watch?v=vISdhn1r-e4>

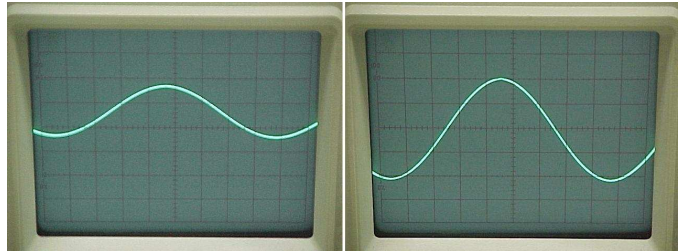
- Welke leerling van het Barlaeus komt in het filmpje voor?

§4 Sterkte van geluid

Hard of zacht geluid

Als de geluidstrilling 'groot' is, is het geluid hard. Je trommelvlies beweegt over een 'grote' afstand heen en weer. De trilling heeft een grote amplitude. Zacht geluid is een geluidstrilling met een kleine amplitude.

- Het geluid op het rechterscherm is harder.
- Het geluid op beide schermen is even hoog.



Beide schermen hebben dezelfde instelling.

Geluidsniveau

Symbool L ; eenheid decibel (dB).

Geluidsniveau (geluidsterkte) is de grootte waarmee wordt aangegeven of het geluid hard of zacht is.

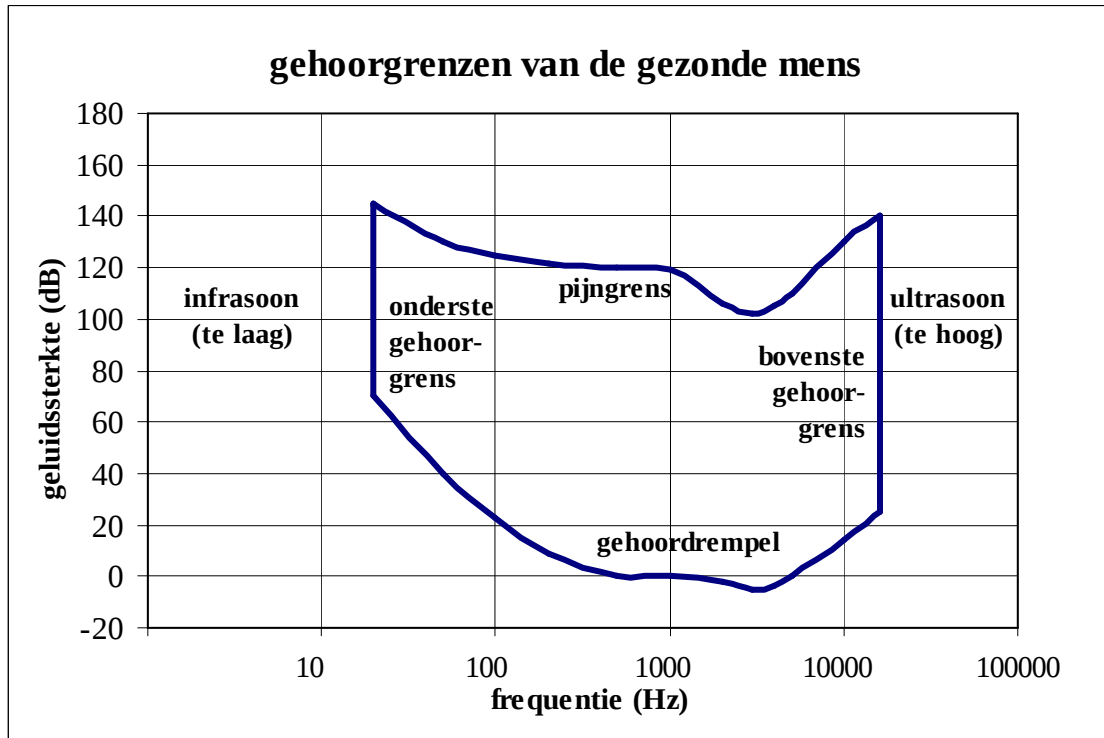
Geluidsniveau (dB)	Voorbeelden
0	Gehoordrempel²²: Iemand met een goed gehoor kan het geluid net niet horen
10	Vrijwel volledige stilte: normale ademhaling, vallend blad
20	Boomblaadjes in de wind, zacht fluisteren op 1,5 m afstand
30	Fluisterend gesprek, leeszaal bibliotheek, tikkend horloge
40	Koelkast op 1 m afstand, zacht geroezemoes in de klas
50	Rustig gesprek, licht autoverkeer op 30 m afstand
60	Levendig gesprek, (vaat)wasmachine
70	Stofzuiger, drukke autoweg op 25 m afstand
80	Wekker naast je bed, bromfiets op 7,5 m afstand (vanaf 80 dB kan gehoorschade optreden)
90	Gillend kind, bulldozer op 15 m afstand
100	F16 op 300 m hoogte, zware vrachtwagen op 7,5 m afstand (vanaf 100 dB kan acute gehoorschade optreden)
110	Heimachine, rockconcert, betonboor, kettingzaag
120	Autoclaxon op 1 m afstand, drillboor
130	Donderslag, slagwerksectie van orkest, harde muziek uit mp3
140	Pijngrens; startend straalvliegtuig op 25 m afstand

²² Bij een frequentie van (ongeveer) 1 kHz

Gehoordrempel

De gehoordrempel is het zachtste geluid dat een mens nog kan horen.

Het menselijk gehoor is niet voor alle frequenties even gevoelig; het best worden geluiden met een frequentie van ongeveer 4 kHz gehoord.



Lineaire en logaritmische schaal

Een grafiek (diagram) is een hulpmiddel om veel informatie overzichtelijk te presenteren.

Een lineaire schaal wordt het meest gebruikt; de 'stapjes' op de as zijn steeds even groot.

Bij een logaritmische schaal zijn de 'stapjes' op de as niet steeds even groot; de getallen lopen niet regelmatig op. Het aflezen van een logaritmische schaal is lastig.

In de grafiek is de geluidsterkte weergegeven in een lineaire schaal, terwijl voor de frequentie is gekozen voor een logaritmische schaal.



Test je gehoor op: <http://www.oorcheck.nl/welkom.html>

Opdrachten

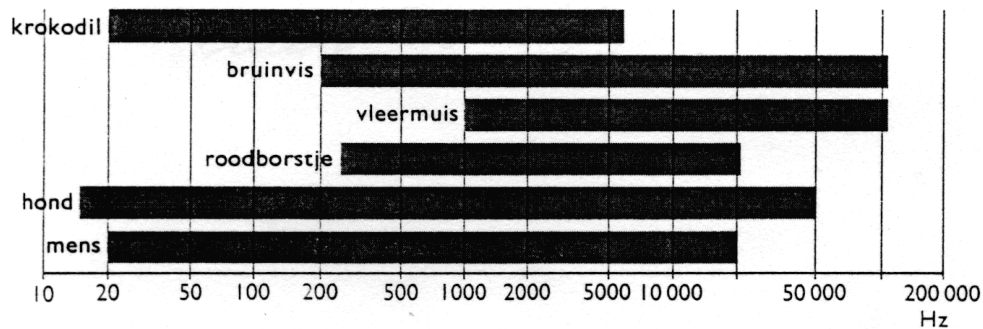


73. Bereken de frequentie van het 'geluid' op beide schermen (blz. 76).



74. Bereken de trillingstijd van geluid van 20 kHz.

75. Gehoorgrenzen:



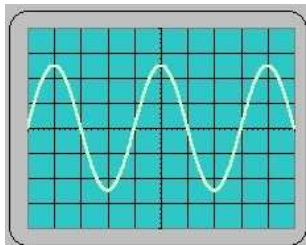
A. Welke dieren kunnen de hoogste toon horen?

B. Hoe hoog is die toon?

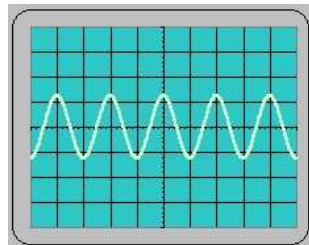
Een hondenfluitje maakt een hoog geluid dat een hond wel maar en mens niet kan horen.

C. Hoe hoog kan de frequentie van zo'n fluitje zijn?

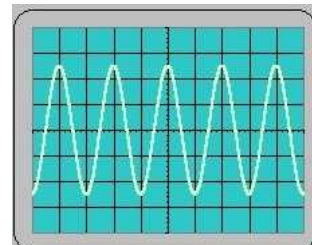
76. Hieronder zie je op een oscilloscoopscherm drie verschillende tonen:



Hokje = 25 ms



Hokje = 200 μ s



Hokje = 0,005 s

A. Bepaal de trillingstijd van elke toon.

B. Bereken de frequentie van elke toon.



77. Het geluid van een stemvork heeft een frequentie van 8000 Hz en wordt zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop (zie volgende bladzijde).

A. Leg uit of mensen deze toon kunnen horen.

B. Bereken de trillingstijd van de stemvork.

C. Noteer in het oscilloscoopscherm de ontbrekende indeling van de tijdas (in ms).



§5 Rekenen met dB

Het 'optellen' van geluid

In het overzicht is te zien dat een koelkast op 1 m afstand (ongeveer) 40 dB geluid maakt; het is rustig. Stel je voor in de keuken van een restaurant staan vijf koelkasten. In die keuken is het nog steeds rustig. Het geluidsniveau is zeker geen $5 \times 40 = 200$ dB. Met het optellen van geluid is dus iets raars aan de hand.

Het menselijk gehoor heeft een enorm 'gevoeligheidsbereik'; het kan zowel heel zacht geluid als heel hard geluid horen. Het hardste geluid dat een mens kan horen (pijngrens) is 10^{14} x zo veel geluid als het zachtste geluid dat een mens kan horen (gehoordrempel).

De dB-schaal is een logaritmische schaal. Deze schaal past goed bij de wijze waarop mensen ervaren hoe hard/zacht geluid is.

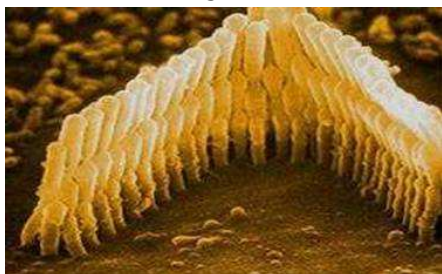
Rekenen met dB-schaal

Er zijn twee regels voor het rekenen met de dB-schaal.

- Als er 10 x zoveel geluid komt, neemt het aantal dB met precies 10 toe.
Als er 10 x zo weinig geluid komt, neemt het aantal dB met precies 10 af.
- Als er 2 x zoveel geluid komt, neemt het aantal dB met ongeveer 3 toe.
Als er 2 x zo weinig geluid komt, neemt het aantal dB met ongeveer 3 af.

Gehoorschade

Bij langdurige blootstelling aan hard geluid beschadigen de trilharen in het slakkenhuis in je oor.



trilharen in een gezond oor



beschadigde trilharen²³

Vooral gehoorschade het gebied van 1 – 4 kHz komt veel voor.

Dit is erg vervelend, omdat dit frequentiegebied belangrijk is voor het verstaan van sprekende mensen.

In het schema staat hoe lang een werkgever zijn werknemers dagelijks aan hard geluid mag blootstellen zonder gehoorbescherming.

85 dB	De werkgever is verplicht te wijzen op risico van gehoorschade
90 dB	8 uur
93 dB	4 uur
96 dB	2 uur
etc.	

²³ Bron foto's: dr. J.O. Pickles, University of Queensland, Brisbane, Australia, 2002

Opdrachten

78. Grafiek gehoordrempel (blz. 80).
- A. Bepaal de gehoordrempel voor geluid van 1000 Hz.
 - B. Bepaal bij welke frequentie de gehoordrempel 24 dB is.
 - C. Leg uit waarom er voor de horizontale as een logaritmische schaal is gebruikt.
79. Eén koelkast op 1 m afstand maakt (ongeveer) 40 dB geluid.
- A. Hoe groot is het geluidsniveau van vijf koelkasten op 1 m afstand ongeveer?
 - B. Hoeveel koelkasten (op 1 m afstand) produceren samen (ongeveer) 54 dB?
80. Leg uit hoe lang een werknemer zonder gehoorbescherming aan geluid van 106 dB mag worden blootgesteld.

81. Tijdens een muziekavond staat een deel van het koor achter de cellisten.

In het koor zitten 4 docenten, die allemaal even hard zingen.
Als Ben Pekelharing solo zingt, horen de cellisten een geluidsniveau van 64 dB.



- A. Welke andere docent(en) herken je?
- B. Hoeveel dB horen de cellisten als alle vier docenten zingen?

§5 Muziek

Muziekinstrumenten

Er zijn drie soorten (niet elektronische) muziekinstrumenten:

- Slaginstrumenten
- Blaasinstrumenten
- Snaarinstrumenten



Resonantie

Bij het bespelen van een muziekinstrument wordt een onderdeel van het instrument in trilling gebracht.

Voorbeelden:

- De snaar van een gitaar
- Het rietje van een hobo
- Het vel van een trommel.

Het onderdeel dat je in trilling brengt, geeft zelf meestal maar weinig geluid. Om het geluid te versterken hebben instrumenten daarom een klankkast. In deze klankkast gaat de lucht meetrillen met de snaar van de gitaar, het rietje van de hobo en het vel van de trommel.

Dit meetrillen wordt **resonantie** genoemd.

Blaasinstrumenten

Als je een blaasinstrument bespeelt, blaas je lucht door een spleet of over een scherpe rand.

Daardoor ontstaan er geluidstrillingen met allerlei verschillende frequenties. In de buis van het blaasinstrument worden alleen trillingen met sommige frequenties versterkt (resonantie).

Als het instrument een lange buis heeft, wordt een lage toon versterkt. Een instrument met een korte buis geeft juist een hoge toon.

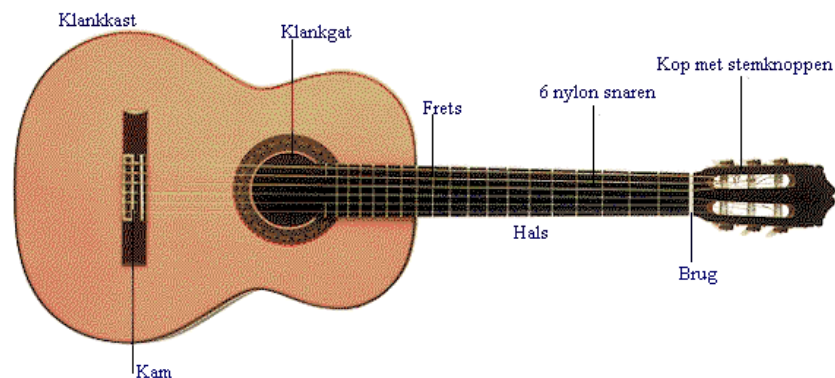
Door de buislengte te veranderen, kun je dus verschillende tonen op een blaasinstrument spelen.



Snaarinstrumenten

De toonhoogte van een snaar van een snaarinstrument hangt af van:
De doorsnede van de snaar: hoe dunner de snaar, des te hoger de toon.
De spanning van de snaar: hoe strakker de snaar, des te hoger de toon.
De lengte van de snaar: hoe korter de snaar, des te hoger de toon.

De lengte van de snaar en de frequentie van de toon zijn **omgekeerd evenredig**. Dit betekent: als de lengte van de snaar 2x zo klein wordt gemaakt, wordt de frequentie van de toon 2x zo hoog²⁴.



De afstanden tussen de frets zijn ongelijk.

- Geef de frets van een gitaar nummers; noem de brug 'fretnummer' 0.
- Hoe hoger het nummer van de fret, des te korter is dus de (trillende) snaar en dus des te hoger de toon.
- Meet de afstand van de frets tot de kam; noteer de meetresultaten in een meettabel.
- Teken de meetresultaten in een diagram (grafiek); de nummers van de frets op de horizontale as en de lengte van de snaar op de verticale as.
- Uit hoeveel tonen bestaat één octaaf?
- Wat is het verband tussen de frequenties van de verschillende tonen binnen één octaaf?

²⁴ Als de lengte van de snaar n x zo klein wordt gemaakt, wordt de frequentie van de toon n x zo groot (waarbij n ieder willekeurig getal kan zijn).

Opdrachten

82. Tot welke soort muziekinstrument behoort:



Doedelzak



Lier



Zangstem



Bongo



Piano

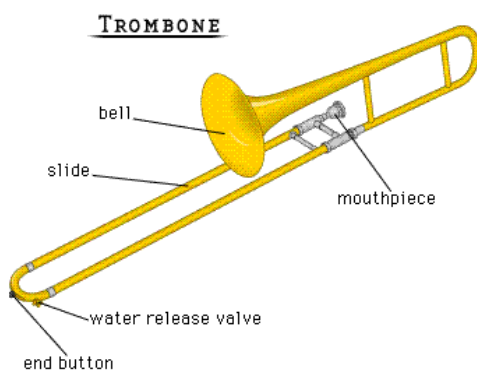


Orgel

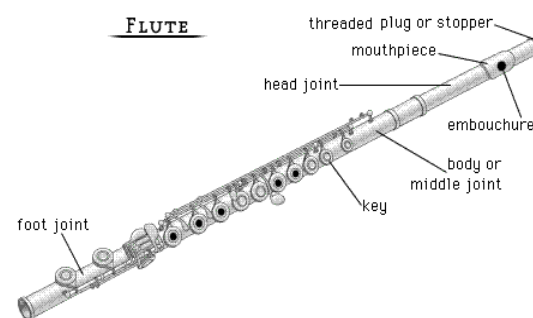
83. Een spectaculair voorbeeld van resonantie is 'The Tacoma bridge-disaster'.
Bekijk een van de filmpjes die hierover op het internet te vinden zijn en leg uit wat dit met resonantie te maken heeft.

84. Om verschillende tonen te spelen moet de buislengte van een blaasinstrument worden veranderd.
Hoe gebeurt dit bij:

A. Een trombone

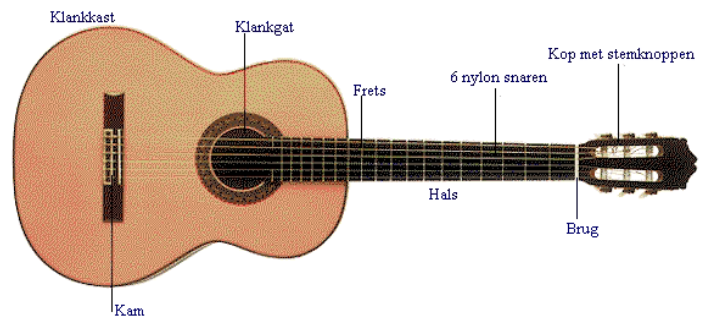


B. Een fluit



85. Voor ieder optreden moet een gitarist zijn instrument stemmen om ervoor te zorgen dat de verschillende snaren de juiste toon geven.
Hoe doet hij dat?

86. Tijdens het optreden kan de gitarist met één snaar verschillende tonen na elkaar spelen. Hoe doet hij dat?
87. Een snaar geeft een toon van 440 Hz.
Leg uit hoe deze snaar een toon van 880 Hz kan geven.
88. Leg uit wat bij een gitaar de functie is van:



- A. De klankkast en het klankgat.
B. De kop met stemknoppen.
C. De frets.

Proefwerk oefenopgaven

- Gebruik informatie uit de tabel bij de verschillende opgaven.
- Noteer de berekeningen in alle vier de stappen.
- Gebruik geen rekenmachine.

Stof	Geluidssnelheid (m/s)
lucht	333 $\frac{1}{3}$
water	1500
ijzer	5000

Opgave 1

SONAR is een acroniem en staat voor: SOund NAvigational Ranging. Het is een techniek die voorwerpen onder water (bijvoorbeeld een onderzeeër of een school vissen) opspoort met behulp van geluidsgolven. Een moderne vissersboot beschikt over deze SONAR-techniek. Een geluidsgolf met een frequentie van 50 kHz (kilohertz) wordt uitgezonden en door een school vissen teruggekaatst. De teruggekaatste geluidsgolf wordt 20 ms (milliseconde) na het uitzenden door detectieapparatuur in de vissersboot opgevangen.

- A. Leg uit dat de geluidsgolven die hier worden gebruikt ultrasoon zijn.
- B. Leg uit hoeveel geluidstrillingen er zijn in 20 ms.
- C. Bereken hoe ver de school vissen van de vissersboot verwijderd is.

Opgave 2

Een heimachine op 40 m afstand produceert een geluidsniveau van 100 dB.

- A. Leg uit hoeveel dB vijf heimachines op 40 m afstand samen zouden produceren.

Een bouwvakker bij de heimachine heeft een beschermende gehoorkap. Deze gehoorkap vermindert het aantal dB met 30. In plaats van de 100 dB hoort de bouwvakker met de gehoorkappen dus 'slechts' 70 dB.



Hij zegt: "Mijn gehoorkappen houden in dit geval 30 % van het geluid tegen".

- B. Leg uit of deze uitspraak klopt.

Opgave 3

Een snaar van een gitaar wordt 5 seconden lang in trilling gebracht.

In deze 5 seconden trilt de snaar dan 2200 keer.

- A. Leg uit wat de frequentie is van de toon die de gitaar produceert. Een gitaar is een snaarinstrument.
- B. Leg uit hoe een gitaar (soms) ook als slaginstrument wordt gebruikt.

Opgave 4

Indianen willen een trein overvallen. Eén indiaan legt zijn oor op de rails om te luisteren. De trein is 2 km ver weg.

Bereken hoeveel seconden het geluid van de trein door de lucht langer onderweg is dan door het ijzer van de rails.

Opgave 5 Geluidsisolatie nieuwbouwwoningen

In het bouwbesluit staat een eis voor de bescherming tegen geluid van installaties, zoals bijvoorbeeld de toilet van de buurman. Dit geluidsniveau uit een aangrenzende woning of ander gebouw mag in uw huis niet meer dan 30 dB bedragen. Voor appartementen geldt dezelfde eis. Ook geluid van een toilet, kraan en mechanisch ventilatiesysteem zijn hierin opgenomen.

Petra woont in een appartement met burens links en rechts én met burens onder en boven.

- A. Hoeveel dB mag het totale geluidsniveau uit de aangrenzende woningen volgens het bouwbesluit maximaal zijn?

Bij appartementen is er vaker geluidsoverlast dan bij eengezinswoningen. Bovenburens veroorzaken de meeste klachten. Om deze klachten te voorkomen is afgesproken: *'Om contactgeluiden te beperken, zijn harde vloerbedekkingen (zoals parket, plavuizen enzovoort) verboden, tenzij de vloerbedekking het contactgeluid met 10 dB verlaagt.'*

- B. Welke bewoners in het appartementencomplex hoeven geen rekening te houden met deze afspraak?



De bovenburens van Petra hebben kleine kinderen, die thuis een verjaardag vieren. Als één kind rent, hoort Petra dit als 37 dB.

Even later hoort Petra het geroep van alle kinderen samen als 50 dB.

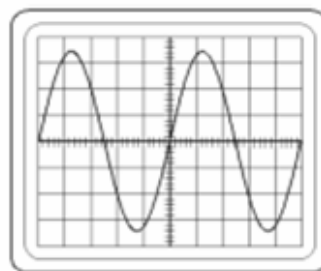
- C. Leg uit hoeveel kinderen op het feest aanwezig zijn.

Opgave 6

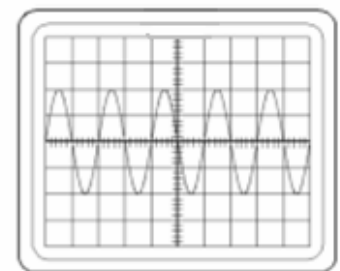
In het Barlaeuskoor zingen alle leden even hard. Het geluidsniveau van 40 koorleden is (achter in de zaal) 64 dB. Leg uit hoeveel koorleden zingen als het geluidsniveau (achter in de zaal) 60 dB is.

Opgave 7

Het geluid van een stemvork wordt met een microfoon opgevangen en zichtbaar gemaakt op het scherm van een oscilloscoop (beeld 1).



1



2

De frequentie f van de toon is 40 Hz.

- A. Is dit een hoge of juist een lage toon?
- B. Bereken de trillingstijd T in ms (milliseconde).

Een andere toon wordt zichtbaar gemaakt op het scherm van de oscilloscoop (beeld 2). De instellingen van de oscilloscoop zijn daarbij niet veranderd.

- C. Hoe verschilt deze tweede toon van de eerste toon?