

Blok 1 | Voorwerpen en stoffen



Blok 1 Voorwerpen en stoffen

Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
P 1. Beschrijven van voorwerpen en stoffen	5
P 2. Meten	7
P 3. Veranderingen	8
T 1. De dingen om ons heen	10
T 2. Doorvertellen en meten	11
T 3. Veranderingen	11
W 1. Voorwerpen en stoffen	13
W 2. Massa en volume	13
W 3. Veranderingen	14

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken en leren is: P 1, T 1, W 1, P 2, T 2, W 2, P 3, T 3, W 3.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. Het metrieke stelsel	16
H 2. Massa en volume	18
H 1. Antwoordblad	20
H 2. Antwoordblad	21

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.
Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de catalogus voor de extra stof.

Extra stof bij je eigen lesmateriaal

7. Meten met maten	22
8. Iets over elektrische en magnetische eigenschappen bij stoffen	24
9. Tijdmeting	25

Extra stof die in de klas aanwezig is

48. Het weer, deel 1	
----------------------	--

Blok 1 Leerdoelen

Wat je moet kunnen aan het eind van blok 1

1

Je moet weten dat je een voorwerp kunt beschrijven door zijn voorwerpseigenschappen.

Te vinden in:

P1, T1, W1

2

Je moet weten dat een aantal van die voorwerpseigenschappen iets zeggen over de stof waaruit het voorwerp is gemaakt. Deze eigenschappen noemen we stofeigenschappen.

P1, W1

3

Je moet weten of een door jou genoemde voorwerpseigenschap een stofeigenschap is of niet.

W1

4

Je moet een duidelijke beschrijving kunnen geven van een voorwerp.

P1

5

Je moet weten dat meten betekent: vergelijken met een afgesproken standaardmaat (eenheid).

T2

6

Je moet uit een rijtje namen kunnen aangeven welke namen er grootheden zijn.

W2, T2

7

Je moet uit een rijtje namen kunnen aangeven welke namen er eenheden zijn.

W2, T2

8

Je moet weten wat de eenheden van lengte, volume, temperatuur en tijd zijn.

P2, T2

9

Je moet met een meetlint of een liniaal de lengte van een voorwerp kunnen meten.

P2

10

Als je van een blokje de lengte, de breedte en de hoogte weet, moet je van dat blokje het volume kunnen berekenen.

P2

11

Je moet met een maatglas het volume van een hoeveelheid water kunnen meten.

P2

12

Je moet met maatglas en water het volume van een daarin passend voorwerp kunnen meten.

P2

13

Je moet met een balans het aantal kilogram of gram van een voorwerp kunnen meten.

P2

14

Je moet opgaven kunnen maken zoals opgave 5 uit W2.

W2

15

Je moet weten wat er met de bol van 's-Gravesande gebeurt, als je deze verwarmt.

P3, T3

16

Je moet weten wat er wordt bedoeld met de massa van een voorwerp.

P3, T3

17

Je moet weten dat de massa van een voorwerp een voorwerpseigenschap is, die je niet kunt veranderen.

Blok 1 Praktikum

P 1 Beschrijven van voorwerpen en stoffen

1.

Welk voorwerp?

Op je tafel staat een doos met voorwerpen. Pak er een paar uit en bekijk ze goed. Probeer van elk voorwerp een zo volledig mogelijke beschrijving te geven. De beschrijving moet zo goed zijn dat iemand met jouw beschrijving in de hand het voorwerp terug kan vinden als het weer in de doos ligt.

2.

Eigenschappen van voorwerpen

Bij de beschrijving van een voorwerp, tref je eigenschappen aan die niet alleen voor dat ene voorwerp gelden, maar ook voor andere. Voorbeeld: een voetbal is rond, een knikker ook; met een potlood kun je schrijven, met een ballpoint ook; een schaar en een naald zijn beide van staal. Probeer ook eens een aantal voorwerpen te vinden die een eigenschap gemeen hebben. Schrijf ze op in de tabel hieronder.

Tabel 1

eigenschap	voorwerpen
rond	knikker, voetbal

Als je de eigenschappen van een voorwerp wilt beschrijven, kun je letten op:

- de vorm van het voorwerp;
- de afmeting van het voorwerp;
- de stof waaruit het voorwerp gemaakt is.

Deze zaken waaraan je het voorwerp herkent, noemen we **voorwerpseigenschappen**.

De laatste voorwerpseigenschap uit het rijtje hierboven ga je nu beter bekijken. Want door meer op te schrijven van de stof waaruit een voorwerp gemaakt is, kun je het voorwerp makkelijker herkennen.



wat is dat nu weer voor een voorwerp....?



Ik heb het gevoel dat dit het stuk lood was. Gooi nu het stuk schuimrubber maar.....

3.

Uit welke stof is een voorwerp gemaakt?

Een bepaald voorwerp, bijvoorbeeld een knikker, kan gemaakt zijn van hout, staal of glas. Om een voorwerp te beschrijven is het nodig te zeggen uit welke stof het gemaakt is.

Maar hoe herken je een bepaalde stof?

Probeer hieronder eens op te schrijven waaraan je een bepaalde stof kunt herkennen. Bedenk zelf een aantal voorwerpen.

Tabel 2

voorwerp	stof	de stof kun je herkennen aan
schaar	ijzer	hardheid/moeilijk te breken/ moeilijk te buigen/scherp te maken

Leuk stoffie
juffrouw . . .



4.

Welke stoffeigenschap?

Bij het herkennen van stoffen zul je gemerkt hebben, dat verschillende stoffen soms dezelfde stoffeigenschap hebben.

Voorbeeld: de stoffen glas, water en plexiglas zijn doorzichtig.

Soms kun je stoffen rangschikken naar zo'n eigenschap. De ene stof is bijv. doorzichtiger dan de andere.

Probeer eens verschillende stoffen op te schrijven, die dezelfde soort eigenschap hebben. Misschien kun je stoffen rangschikken bij een bepaalde eigenschap. Bedenk zelf weer stoffeigenschappen.

Tabel 3

stoffeigenschap	stoffen (eventueel gerangschikt)
hardheid	hard: ijzer, glas, steen. minder hard: zink, hout. zacht: rubber, kneedgum.

Konklusie

Voorwerpen kun je herkennen aan hun voorwerpseigenschappen.

Eén daarvan is de soort stof waaruit het voorwerp is gemaakt.

De stof zelf kun je herkennen aan de stoffeigenschappen.

P 2 Meten

Als je thuis een zak zand hebt staan en je wilt je buurman vertellen hoeveel dat is, dan wordt het moeilijk als je zegt: „het is redelijk zwaar en niet al te veel” of „het zijn veel korrels”.

Je kunt hem beter vertellen hoeveel kilogram (kg) en hoeveel kubieke decimeter (dm^3) het is.

Om aan het aantal kg te komen moet je meten.

Je gaat dan kijken hoeveel keer je 1 kg hebt. Wat je dan gemeten hebt, noemen we de **massa** van de zak zand.

Metten is vergelijken. Je vergelijkt bijvoorbeeld met 1 kg.

1 kg noemen we de **standaardmaat of eenheid** voor de massa. Zo is de standaardmaat of eenheid voor de lengte, de meter.

1

Hoe lang, hoe breed, hoe hoog? Hoe groot is het volume?

Schrijf een aantal instrumenten op om de lengte te meten.

Lengte meet je bijvoorbeeld met een meetlint. De standaardmaat waarmee we vergelijken is de meter (m).

a. Meet de lengte, breedte en hoogte van het lokaal

lengte = m.

breedte = m.

hoogte = m.

Bereken het **volume** van het lokaal. Het volume is m^3 .

(spreek uit: kubieke meter).

Wat je hebt berekend, werd vroeger ook wel de inhoud van het lokaal genoemd.

b. Meet de lengte, breedte en hoogte van enkele blokjes.

blokje 1	blokje 2	blokje 3
lengte = cm	lengte = cm	lengte = cm
breedte = cm	breedte = cm	breedte = cm
hoogte = cm	hoogte = cm	hoogte = cm

Bereken het volume van de blokjes.

blokje 1	blokje 2	blokje 3
volume = cm^3	volume = cm^3	volume = cm^3

c. Meet het volume van een hoeveelheid water met een maatglas.

Volume van het water = ml.

Je moet weten dat 1 ml gelijk is aan 1 cm^3 .

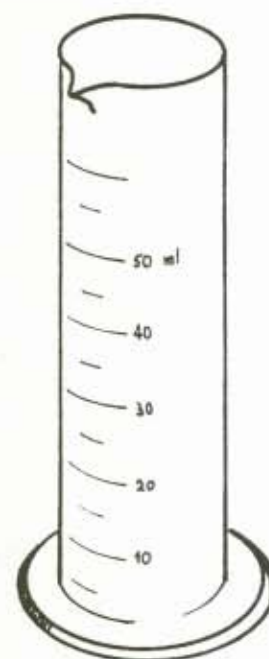
Dus het volume van het water = cm^3 .

d. Meet het volume van een steentje met behulp van een maatglas met daarin wat water.

eindstand ml = cm^3 .

beginstand ml = cm^3 .

volume cm^3 .



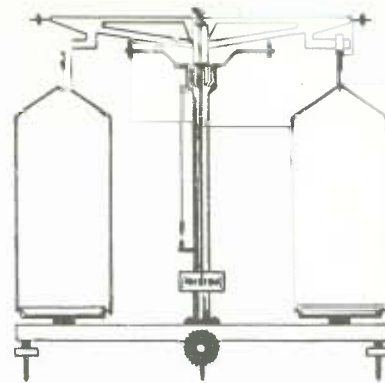
maatglas

2

Het aantal kilogram of gram van een voorwerp.

Het aantal kg of g van een voorwerp meten we met een balans.
De standaardmaat is de kilogram (kg) of gram (g).

- Hoeveel kg ben je zelf? kg.
- Hoeveel g zijn de blokjes die je op je tafel hebt?
 blokje 1 is g
 blokje 2 is g
 blokje 3 is g
- Pak nu een leeg bekglas en bepaal hoeveel g het is: g.
- Hoeveel g is het bekglas gevuld met 100 cm³ water? g.
- Hoeveel g is 100 cm³ water dan? g.



balans

P 3 Veranderingen

Eigenschappen van voorwerpen kunnen worden veranderd.
We zullen een paar proeven doen waarbij we de verandering zullen bekijken.

1

Volume verandering van een voorwerp.

De bol en de ring van 's Gravesande.

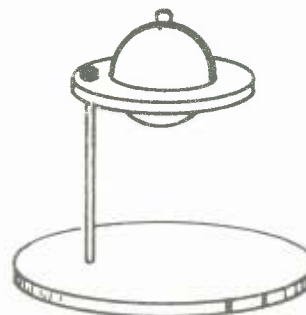
Kan de bol door de ring voordat de bol verwarmd is?

Kan de bol door de ring nadat de bol verwarmd is?

Waarom valt de bol na verloop van tijd door de ring?

.....

Hoe kun je dus op eenvoudige wijze het volume van een voorwerp veranderen?



proef van 's Gravesande

2

Vormveranderingen van een voorwerp.

Neem een stukje elastiek en hang het op aan het statief.

Hang er achtereenvolgens voorwerpen aan van 50 g, 100 g, 150 g en 200 g.

Hoeveel centimeter rekt het stukje uit?

Noteer dit in de tabel.

Tabel

aantal gram	uitrekking in cm
50	
100	
150	
200	

3.

Kleurverandering van een stof.

- a. Neem een rood lakmoespapiertje en steek het in een oplossing van soda of leg het op een stukje vochtige zeep.

Wat zie je?

Steek hetzelfde lakmoespapiertje in azijn. Wat zie je?

- b. Doe hetzelfde met een blauw lakmoespapiertje.

Wat zie je bij soda?

Wat zie je bij azijn?

4

Van vaste stof naar vloeistof.

Doe een hoeveelheid paraffine in een bekerglas.

Meet met de balans het aantal gram van de paraffine plus het bekerglas.

Vaste paraffine + bekerglas is g.

Houd het bekerglas boven een bunsenbrander tot alle paraffine is gesmolten. Meet met de balans het aantal gram van de vloeibare paraffine plus het bekerglas.

Vloeibare paraffine + bekerglas is g.

5

Massa

Als je vraagt hoeveel gram een voorwerp is, dan vraag je naar een eigenschap van het voorwerp. We noemen deze eigenschap de massa. Dus het aantal kilogram of gram van een voorwerp is de massa van een voorwerp.

Verandert de massa van het voorwerp bij de overgang van vaste stof naar vloeistof?

Denk je dat de massa van de bol van 's Gravensande verandert, als je deze verwarmt?

Verandert de massa van het elastiekje als je het uitrekt?

Kun je de massa van een voorwerp (zonder het te vernielen) veranderen? Als je het kunt, bedenk dan een proef.

T 1 De dingen om ons heen

Natuurkunde is een natuurwetenschap; het gaat over de natuur. Maar als we bij het woord „natuur” denken aan vogels en vissen, bloemen en planten, dan bevinden we ons op het terrein van de biologie. Dat is een andere natuurwetenschap. Wat vinden we nog meer in de natuur behalve planten, dieren en mensen?

steentjes en bergen,
wolken en blauwe hemel,
donder en bliksem,
lucht en water,
wind en watervallen,
zon, maan en sterren,
dag en nacht,
zomer en winter,
enzovoorts.

In de natuurkunde willen we niet alleen meer van de dingen om ons heen weten, we willen er ook meer van begrijpen. We willen natuurkundige kennis toepassen en gebruiken, met name in de techniek. Denk maar eens aan de fiets, de motor, de bril, het vliegtuig, de elektromagneet, de lamp, de radio en de rekenmachine. Daarvoor moeten we verschijnselen waarnemen. Hoe kunnen we al deze zaken waarnemen?

vele kunnen we zien, maar niet alle;
veel dingen kunnen we aanraken, maar niet alle;
er zijn dingen die we moeten horen, andere kunnen we ruiken of proeven.

Bij het waarnemen gebruiken we onze zintuigen.

Dingen om ons heen waarnemen betekent ook waarnemingen noteren. We moeten aan een ander duidelijk kunnen maken wat we onderzocht hebben en wat we gevonden hebben.

In P1 zijn we begonnen tastbare zaken te beschrijven: spijkers, knikkers, pennen, wielmpjes, noem maar op. We noemen deze tastbare zaken **voorwerpen**.

We probeerden te weten komen van welke **stoffen** ze gemaakt zijn (hout, ijzer, plastic, glas of lood). Sommige voorwerpen waren van dezelfde stof gemaakt: de schaar en de naald waren beide van staal.

Om onderscheid te kunnen maken tussen de schaar en de naald moeten we dus **niet** alleen letten op de stof.

We zullen dan ook moeten letten op andere eigenschappen van het voorwerp, bijvoorbeeld de vorm en de afmeting.

Deze zaken waaraan je een voorwerp herkent, noemen we **voorwerpseigenschappen**. Een belangrijke voorwerpseigenschap is de soort stof waaruit het voorwerp gemaakt is.

Datgene wat iets zegt over de soort stof, noem je een **stofeigenschap**, bijvoorbeeld doorzichtigheid, breekbaarheid, hardheid.



alles puur natuur.....

T 2 Doorvertellen en meten

Veronderstel dat je een medeleerling duidelijk moet maken hoe groot het blokje hout is dat je gebruikte bij de proeven in P2. Je kunt de lengte aangeven met je vingers, je kunt zeggen of het groot of klein was. Maar het probleem komt als zij vraagt hoe groot het precies is. Want wat is groot en wat is klein? Om dit probleem op te lossen heeft men afspraken gemaakt.

In de tijd van Napoleon heeft men een platina staaf gemaakt en de lengte ervan 1 meter genoemd. Alle meetlinten zijn hierop gebaseerd. Als we de lengte van een spoorrail meten, gaan we kijken hoeveel maal we de meter op de rail kunnen afpassen. De meter is de **standaardmaat** of **eenheid** van de lengte.

Grootheden met bijbehorende eenheid.

grootheid	eenheid
lengte	1 meter
tijd	1 seconde
temperatuur	1 graad Celsius
volume	1 m ³
massa	1 kg
oppervlakte	1 m ²

Aan een blokje kunnen we behalve de lengte nog meer meten, bijvoorbeeld het volume, het aantal gram, welke temperatuur het heeft, welke kleur het heeft, hoe hard het is, enzovoorts.

Als je de grootte van deze zaken wilt aangeven, moet je steeds een standaardmaat (of eenheid) afspreken.

Bijvoorbeeld: voor volume heeft men als eenheid de m³ afgesproken. Als je het volume van een voorwerp meet, vergelijk je dit volume eigenlijk met het volume van de standaardmaat.

Dus:

Metten betekent vergelijken met een afgesproken standaardmaat (of eenheid)

Wat we meten, noemen we in de natuurkunde een **grootheid**. Lengte, tijd en temperatuur zijn grootheden.

In P 2 ben je voor het eerst de grootheid volume tegengekomen. Waarom gebruiken we in de natuurkunde het woord volume en niet het woord inhoud? Het volgende voorbeeld maakt dat duidelijk.

Stel je hebt een melkfles die voor de helft is gevuld. Als iemand je vraagt wat de inhoud van deze fles is, kun je twee antwoorden geven:

- a. de inhoud is 1 liter, want er kan 1 liter in.
- b. de inhoud is 0,5 liter, want hij is voor de helft gevuld.

We spreken nu het volgende af:

Wat er in kan, noemen we het volume van de fles. Het volume van de fles is dus 1 liter. Wat er in zit, is de inhoud van de fles (de inhoud is 0,5 l.).

T 3 Veranderingen

De wereld om ons heen bestaat uit voorwerpen. We kunnen ze onderscheiden naar vorm, afmeting of volume, wat je ermee kunt doen, de stof waarvan ze gemaakt zijn, enzovoorts.

Opvallend is dat vele eigenschappen kunnen veranderen. Veranderingen komen steeds voor. Denk maar eens aan de gevolgen van de seizoenen. Bomen zijn in de winter kaal, maar hebben in de zomer bladeren. In de winter ligt er soms ijs op de sloten, in de zomer nooit.

A. Er zijn vele soorten veranderingen.

1

Natuurkundige veranderingen

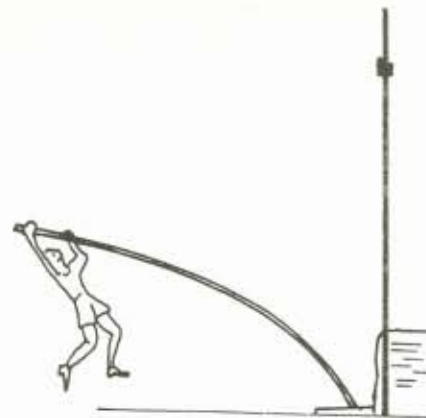
- a. Lengte- en volumeveranderingen door temperatuurverandering.
Hiermee moet men rekening houden als men spoorrails aanlegt, elektriciteitsdraden spant, gebouwen neerzet. Doordat de temperatuur in de winter laag is en in de zomer hoog, kan de lengte van een voorwerp in de winter aanzienlijk verschillen van de lengte in de zomer.
Een toepassing waarbij men gebruik maakt van de volumeverandering van een vloeistof is de thermometer.

Als de temperatuur toeneemt, neemt het volume van de vloeistof toe. De vloeistof komt dan hoger in de thermometer te staan.

b. **Vormverandering.**

Bruggen mogen niet te ver doorbuigen. Vandaar dat men allerlei verstevigingstechnieken ontwikkelt. Vooral bij spoorbruggen is dit fraai te zien.

Polsstokken van hoogspringers moeten goed kunnen doorbuigen zonder dat ze breken.



c. **Faseverandering.**

Vele stoffen kunnen smelten, verdampen en kondenseren.

Al deze veranderingen noemen we faseveranderingen.

2.

Scheikundige veranderingen.

a. **Kleurverandering.**

Een blauw lakmoespapiertje in azijn wordt rood.

Een rood lakmoespapiertje in een oplossing van soda of natronloog wordt blauw.

b. **Verandering van stof.**

Bij scheikundige veranderingen verandert altijd de soort stof.

Als we een stukje papier verbranden zien we dat duidelijk. Vóór de verandering hebben we papier, na de verandering hebben we een nieuwe stof, namelijk kool.

Dit soort veranderingen bekijken we bij scheikunde. Dat vak krijg je in de derde klas.



3.

Biologische veranderingen.

Een oude boom ziet er anders uit dan een jonge boom.

Een mens in zijn 14e levensjaar is groter dan in zijn 3e levensjaar.

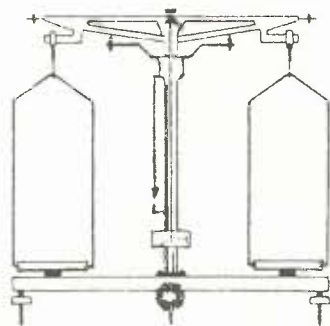
Bij het vak biologie leren we over dit soort veranderingen, die te maken hebben met groei.

B. Massa verandert niet.

We bekijken in de natuurkunde allerlei veranderingen, zoals volumeveranderingen, vormverandering en faseverandering. We kunnen nog andere voorbeelden bedenken zoals snelheidsverandering en temperatuursverandering. Er is één eigenschap van een voorwerp, die we niet kunnen veranderen. Die eigenschap is de massa van een voorwerp.

De massa is het aantal g of kg van een voorwerp.

We hebben dus de grootheid massa met als eenheid 1 kg of 1g. De massa van een voorwerp bepalen we door het voorwerp op een balans in evenwicht te brengen met standaardgrammen.



balans

ach, alleen maar de verkeerde scheikundige verandering bekeken

Blok 1 Werkblad

W 1 Voorwerpen en stoffen

1

Jan kijkt naar een voorwerp en merkt het volgende op:

Het voorwerp is

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| a. rond; | f. elastisch; |
| b. moeilijk breekbaar; | g. 6 cm hoog; |
| c. niet in beweging; | h. niet duur; |
| d. helder verlicht; | i. gemaakt van een soort rubber; |
| e. crèmekleurig; | j. te gebruiken bij een spel. |

Geef met de bijbehorende letters aan wat de voorwerpseigenschappen van dit voorwerp zijn. De voorwerpseigenschappen zijn

Geef ook met de bijbehorende letters aan wat de stofeigenschappen zijn. De stofeigenschappen zijn

2

Truus kijkt naar een ander voorwerp en merkt het volgende op: Het voorwerp is:

- | | |
|---|--------------------------------|
| a. donkerrood; | f. gemaakt van een soort klei |
| b. 6 cm hoog, 20 cm lang en 10 cm. breed; | g. hard; |
| c. niet in beweging; | h. nat geworden door de regen; |
| d. ondoorzichtig; | i. gemaakt in Nederland; |
| e. tamelijk zwaar; | j. gemakkelijk te vervoeren. |

Geef met de bijbehorende letters aan wat de voorwerpseigenschappen van dit voorwerp zijn. De voorwerpseigenschappen zijn

Geef ook met de bijbehorende letters aan wat de stofeigenschappen zijn. De stofeigenschappen zijn

3

Voorwerpen hebben eigenschappen die nuttig zijn. Beantwoord de volgende vragen maar eens.

- Waarom heeft een pan een handvat van kunststof?
- Waarom is een lampbol van glas gemaakt?
- Waarom zit er in een kussen vaak dons of schuimrubber?
- Waarom bestaat een stofzuigersnoer niet alleen uit koperdraad?
- Waarom ligt er een wollen deken op je bed?

W 2 Massa en volume

1

Op de ene schaal van een balans liggen 6 voorwerpen, waarvan bekend is hoeveel g ze zijn:

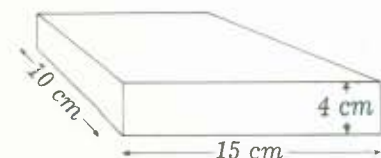
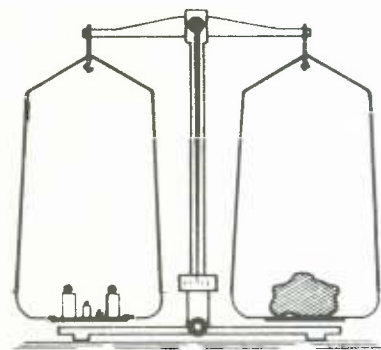
2 van 20 g, 1 van 5 g, 1 van 2 g, 1 van 500 mg, 1 van 200 mg. Op de andere schaal ligt één voorwerp. De balans is in evenwicht.

Hoeveel g is het voorwerp?

2

Bereken het volume van onderstaand stukje kurk.

Het volume is



3

Op een maatglas zie je vaak het volume aangegeven in ml. Uit P 2 weet je dat 1 cm^3 gelijk is aan 1 ml.

De stand van het water in situatie 1 is ml

De stand van het water in situatie 2 is ml

Het volume van de sleutel is ml = cm^3 .



situatie 1



situatie 2

4

Hieronder staan een aantal namen:

volume, liter, kubieke centimeter, een dag, tijd, graad celsius, een balans, kilogram, massa.

Welke van deze namen zijn grootheden?

De grootheden zijn:

Welke van deze namen zijn eenheden?

De eenheden zijn:

5

In deze opgave maak je kennis met meer eenheden.

a. De standaardmaat voor de lengte is

1 m = cm

1 cm = mm

1 m = mm

1 km = dm

1 cm = m

1 mm = m

1 km = m

1 dm = mm

b. De standaardmaat voor de oppervlakte is:

1 m^2 = cm^2

1 cm^2 = mm^2

1 m^2 = mm^2

1 km^2 = mm^2

1 cm^2 = m^2

1 mm^2 = m^2

1 km^2 = m^2

1 dm^2 = mm^2

c. De standaardmaat voor het volume is:

1 m^3 = cm^3

1 cm^3 = mm^3

1 mm^3 = m^3

1 dm^3 = cm^3

Een andere eenheid voor volume is de liter (l).

Je moet weten dat 1 l gelijk is aan 1 dm^3 .

d. De standaardmaat voor de massa is:

1 kg = g

15 g = kg

0,3 g = mg

200 mg = g

De rijtjes waarmee je moet werken:

km
hm
dam
m
dm
cm
mm

km^2
 hm^2
 dam^2
 m^2
 dm^2
 cm^2
 mm^2

km^3
 hm^3
 dam^3
 m^3
 dm^3
 cm^3
 mm^3

kg
hg
dag
g
dg
cg
mg

W 3 Veranderingen

1

Ken je een aantal voorbeelden van veranderingen die optreden, als je iets verhit?

2

Dezelfde vraag, maar nu als er aan een voorwerp wordt getrokken?

3

Noem eens een aantal scheikundige veranderingen.

4

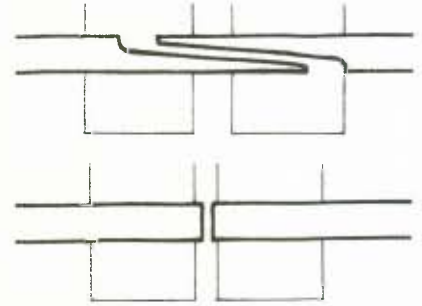
Noem eens een aantal biologische veranderingen.

5

Waarom valt de bol bij de proef van 's Gravensande niet door de ring, als de bol verwarmd is?

6

Hiernaast zie je twee soorten koppeling bij spoorstaven. De ene soort wordt bij korte, de andere bij lange spoorstaven gebruikt. Schrijf onder de tekening of deze bij korte of bij lange spoorstaven wordt gebruikt. Licht je antwoord toe.



7

Neemt de massa van een voorwerp toe, als je

a. het voorwerp verwarmt?

b. het voorwerp plat slaat?

c. het voorwerp rekt?

Licht je antwoorden toe.

H 1 Het metrieke stelsel

Het werken met eenheden als vierkante centimeter, kubieke decimeter, millimeter lijkt wel eens moeilijk. Maar het wordt vanzelf gemakkelijker als je begrijpt wat je doet en als je er wat meer mee geoefend hebt.

A. Het meten van lengte; de eenheid van lengte.

1

De eenheid van lengte heet

De afkorting is

2

Ga eens na of je goed kunt meten en vul de tabel in:

	meting
De lengte van je lichaam is	
De breedte van je duim is	
De dikte van je nagel is	
De omtrek van je middel is	
De hoogte van het lokaal is	

Je moet twee dingen goed begrijpen!

- Behalve de lengte van iets kun je ook de breedte, hoogte, dikte, afstand en diepte uitdrukken in meters. Toch zeggen we: de meter is de eenheid van de lengte. Het gaat immers om lengtemeting.
- Voor heel kleine en heel grote lengtes gebruiken we de voorvoegsels milli, centi, deci en kilo. Ze geven aan dat we niet de meter als maat nemen, maar een stukje ervan of een veelvoud ervan.

Onthoud: milli betekent een duizendste = 0,001
 centi betekent een honderdste = 0,01
 deci betekent een tiende = 0,1
 kilo betekent duizend = 1000

Deze voorvoegsels kunnen we ook gebruiken bij andere eenheden:

1 milligram =

1 kilogram =

1 milliliter =

1 decibel =

Deze voorvoegsels komen ook op andere plaatsen in de Nederlandse taal voor.

Denk maar aan het woord cent. Dit is het deel van een gulden.

In de natuurkunde gebruiken we meestal **decimale getallen**, dus getallen met een komma.

B. Het meten van oppervlakte; de eenheid van oppervlakte.

3

Hoe bereken je de oppervlakte van een rechthoek?

En van een vierkant?

4

De eenheid van oppervlakte is afgeleid van de eenheid van lengte.

De eenheid van oppervlakte heet

kortweg geschreven als

5

De oppervlakte van het bord is

De oppervlakte van dit papier is

Hoe bepaal je de oppervlakte van je nagel of van je hand?

En hoe kun je zeggen dat een zeilboot 16 m² zeil heeft, hoewel dat zeil helemaal niet vierkant is?

Uit het laatste voorbeeld blijkt dat ook van allerlei grillige vormen de oppervlakte gemeten kan worden. Hoe doen ze dat? Hoe bepaal je de oppervlakte van je nagel of van je hand? En hoe kun je zeggen dat een zeilboot 16 m² zeil heeft, hoewel dat zeil helemaal niet vierkant is. Meten is vergelijken met een eenheid. Het meten van iets dat niet vierkant of rechthoekig is, kun je doen met „ruitjespapier” (die ruitjes zijn meestal vierkantjes). Je tekent bijvoorbeeld de omtrek van je hand op het papier en je telt het aantal ruitjes. Als de ruitjes een oppervlakte hebben van 1 cm² heb je de oppervlakte van je hand gemeten in cm².

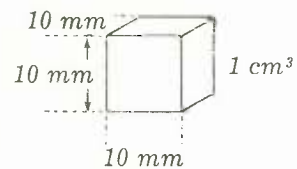
Je kunt natuurlijk ook ruitjes nemen van 1 mm².

□ 1 mm²



1 cm² = 1000 mm²

□ 1 mm³



6

Hoeveel mm² gaan er in een cm² ?

Hoeveel cm² gaan er in een m² ?

Hoeveel m² gaan er in een km² ?

C. Het meten van volume; de eenheid van volume.

7

Hoe bereken je het volume van een kubus ?

En van een blok ?

8

De eenheid van volume is weer afgeleid van de eenheid van lengte.

De eenheid van volume heet

kortweg geschreven als

9

Voor vloeistoffen wordt als eenheid van volume meestal de liter gebruikt.

Onthoud:

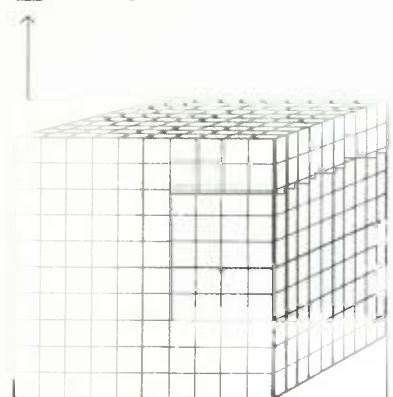
1 liter = 1 dm³

1 milliliter = 1 cm³

4 × vergroot



vergrote kubieke mm



vergrote kubieke cm

Je gaat nu oefenen om de ene volume-eenheid om te rekenen in de andere volume-eenheid.

a. 1 l = ml.

b. 1 dm³ = cm³

c. 1 l = dm³ = cm³.

d. 1 cm³ = mm³

e. 1 ml = l = dm³ = cm³.

f. 5 ml = mm³.

grootheid	eenheid
lengte	m
oppervlakte	m ²
volume	m ³
tijd	s
temperatuur	°C
massa	kg

Samenvatting.

Lengte, breedte, hoogte, enz. zijn allemaal dezelfde soort grootheid („lengte”). Je meet ze met dezelfde eenheid, de meter.

Oppervlakte en volume zijn twee andere grootheden. Je meet ze achtereenvolgens in vierkante meter (m^2) en kubieke meter (m^3).

Lengtes meet je met een meetlint of liniaal.

Oppervlaktes kun je met een meetlint of liniaal meten als je iets rechthoekigs hebt. Anders neem je ruitjespapier (mm-papier).

Volumes kun je ook meten met een meetlint of liniaal als je iets in de vorm van een blok hebt. Anders neem je een maatglas met water.

Omrekeningstabel:

$1 \text{ m} = 10 \text{ dm}$ $= 100 \text{ cm}$ $= 1\,000 \text{ mm}$ $1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m}$	$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2$ $= 10\,000 \text{ cm}^2$ $= 1\,000\,000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ km}^2 = 1\,000\,000 \text{ m}^2$	$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3$ $= 1\,000\,000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$ $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$
---	--	--

Maak tot slot de volgende opgave.

10

- a. $1 \text{ km} = \dots \text{ mm}$
b. $35 \text{ cm} = \dots \text{ dm}$
c. $6,75 \text{ m} = \dots \text{ dm}$

- d. $1 \text{ dm}^2 = \dots \text{ mm}^2$
e. $0,72 \text{ m}^2 = \dots \text{ dm}^2$
f. $49 \text{ mm}^2 = \dots \text{ cm}^2$

- g. $1 \text{ liter} = \dots \text{ m}^3$
h. $0,28 \text{ m}^3 = \dots \text{ dm}^3$
i. $750 \text{ mm}^3 = \dots \text{ ml}$

H 2 Massa en volume

In dit herhaalblad gaan we nog eens precies bekijken wat we onder massa en onder volume verstaan, want uit de F-toets is gebleken dat je dat nog niet precies weet.

A. Massa

Vul de volgende zinnen aan:

1

De massa van een voorwerp zegt iets over het aantal van dat voorwerp.

2

Als je wilt zeggen hoe groot de massa van een voorwerp is, dan zeg je: de massa is zoveel

We gaan nu proberen of je het ingevulde ook kunt toepassen.

3

Je legt een stuk ijzer op de schaal van een balans. Op de andere schaal moet je 100 gram leggen om evenwicht te maken.

Je neemt het stuk ijzer weer van de schaal. Boven een stuk papier zaag je het stuk ijzer doormidden. De twee helften leg je weer op de schaal van de balans. Het ijzerzaagsel dat op het papier is gevallen, schud je ook op de schaal.

- a. Hoeveel grammen moeten er nu op de andere schaal staan om evenwicht te krijgen? g
b. Wat is er aan het ijzeren voorwerp veranderd?
c. Wat is er niet veranderd aan het ijzeren voorwerp?

4

De stukken ijzer en het ijzerzaagsel leg je in een pannetje. Je verhit de gehele zaak op het gasfornuis tot 4000°C . Dan schud je alles weer op de schaal van de balans en maakt snel evenwicht.

- Hoeveel grammen heb je nodig? g.
- Wat is er aan de ijzeren voorwerpen veranderd? De en het
- Wat is er niet aan het voorwerp veranderd?

5

Iemand wil de massa bepalen van:

een sleutel, een pakje boter, zijn schoenen, hout, ijzer, een brood, zand, een kubieke decimeter kaas, een schaar en water.

- Onderstreep de woorden waarvan hij de massa niet kan bepalen.
- Waarom kan hij daar de massa niet van bepalen?

- Maak de volgende zin af met het woord „voorwerp” of „stof”.

Massa is een eigenschap van een

B. Volume

Het volume van een voorwerp zegt iets over de ruimte die het voorwerp inneemt.

6

Hoe bepaal je het volume van

- een hoeveelheid vloeistof?
- een rechthoekig blok?
- een onregelmatig gevormd voorwerp?

7

Hoe bepaal je het volume van een lucifer of een steen.

- Het volume van een steen heb je al bepaald in P 2. Je gebruikt een maatglas en je meet hoeveel water er door de steen wordt verplaatst.
- Als je het volume van de lucifer wilt berekenen met de lengte, hoogte en breedte, kan dit alleen als je ze alle drie in centimeters of alle drie in millimeters hebt gemeten. Wat doe je nu als je het volgende hebt?
Lengte = 4 cm, breedte = 2 mm, hoogte = 2 mm.
Het makkelijkste is om 4 cm om te rekenen in 40 mm. Je berekent dan het volume in mm^3 .
Je kunt het volume ook in cm^3 uitdrukken, maar dan moet je beide keren 2 mm omrekenen in cm.

8

Hieronder staan een aantal eenheden.

Streep alleen die eenheden aan, die als eenheid van volume te gebruiken zijn: m^2 , cm^3 , kg, l, m^3 , dm^3 , m, ml.

9

Hoe zou je het volume van je eigen lichaam kunnen meten?

Probeer het eens ! dm^3 .



wat is nou in 's hemels naam de lengte, breedte of hoogte van een bal.....?

Blok 1 Antwoordblad

H 1 Het metrieke stelsel

1

De eenheid van lengte heet „meter”

De afkorting is „m”.

3

De oppervlakte van een rechthoek is lengte x breedte.

De oppervlakte van een vierkant is lengte x lengte.

4

De eenheid van oppervlakte heet „vierkante meter”, kortweg geschreven als m^2 .

6

100 mm^2 in 1 cm^2 .

10 000 cm^2 in 1 m^2 .

1 000 000 m^2 in 1 km^2 .

7

Het volume van een blok is lengte x breedte x hoogte.

Het volume van een kubus is lengte x lengte x lengte.

8

De eenheid van volume heet „kubieke meter”, kortweg geschreven als m^3 .

9

a. 1 l = 1000 ml

b. 1 dm^3 = 1000 cm^3

c. 1 l = 1 dm^3 = 1000 cm^3

d. 1 cm^3 = 1000 mm^3

e. 1 ml = 0,001 l = 0,001 dm^3 = 1 cm^3

f. 5 ml = 5 cm^3 = 5000 mm^3

10

a. 1 km = 1.000.000 mm

b. 35 cm = 3,5 dm

c. 6,75 m = 67,5 dm

d. 1 dm^2 = 10.000 mm^2

e. 0,72 m^2 = 72 dm^2

f. 49 mm^2 = 0,49 cm^2

g. 1 l = 1 dm^3 = 0,001 m^3

h. 0,28 m^3 = 280 dm^3

i. 750 mm^3 = 0,75 cm^3 = 0,75 ml

Want de volgorde is: km, hm, dam, m, dam, cm, mm.
 km^2 , hm^2 , dam^2 , m^2 , dm^2 , cm^2 , mm^2 .
 kl, hl, dal, l, dl, cl, ml.

H 2 Massa en volume

1

De massa van een voorwerp zegt iets over het aantal kilogrammen of grammen van dat voorwerp.

2

De massa is zoveel gram of zoveel kilogram.

3

- a. 100 g.
- b. de vorm is veranderd.
- c. de massa is niet veranderd.

4

- a. 100 g.
- b. De temperatuur en het volume zijn veranderd.
- c. De massa is niet veranderd.

5

- a. Je moet de woorden „hout”, „ijzer”, „zand” en „water” onderstrepen.
- b. Het zijn stoffen en er staat niet bij of je er een bepaald volume van hebt. Een boom hout weegt immers meer dan een lucifer.
- c. Massa is een eigenschap van een voorwerp.

6

- a. in een maatglas.
- b. je meet de lengte, breedte en hoogte en vermenigvuldigt deze met elkaar.
- c. onderdompelen in een vloeistof, die in een maatglas zit.
Je ziet dan het vloeistofpeil omhoog komen. Het aantal cm^3 van de vloeistof dat is weggeduwd, is het volume van het voorwerp.

8

cm^3 , l, m^3 , 1 dm^3 en ml had je moeten onderstrepen.

7 Meten met maten

Er wordt heel wat gemeten, geteld en gewogen. Als je een kastje gaat timmeren meet je steeds lengte, breedte en dikte van allerlei planken. Je telt je geld, maar ook de schapen in de wei. De slager weegt een stuk vlees, de groenteboer een rode kool. Fabrikanten van levensmiddelen vermelden maten op hun pakjes. Voor natuurkundigen zijn ze niet altijd even duidelijk. Zo kom je bijvoorbeeld een pak hagelslag tegen waarop staat: inhoud 500 gram. De fabrikant bedoelt dan dat de massa van de hagelslag 500 gram is en de inhoud uit chocoladekorrels bestaat. Daar waar gekocht en gehandeld wordt, wordt gemeten. Als je meet, heb je maten nodig. Voor de lengte gebruik je de meter, voor de massa de kilogram.

Opdracht 1

Noem een aantal maten die je in het dagelijks leven gebruikt. Schrijf op waarvoor je ze gebruikt.

Maten in de oudheid

De meter als maat voor de lengte en de kilogram als maat voor de massa zijn nog niet erg lang in gebruik. Tijdens de oudheid ontstond de behoefte om maten te hebben. Men dreef handel en bouwde grote gebouwen zoals tempels en piramides. De eerste maten zijn ontleend aan het menselijk lichaam. Omdat men in een bepaald land graag dezelfde maten had, nam men als standaard vaak lengten ontleend aan de koning of farao.

Een aantal maten voor lengte:

el : de afstand van de elleboog tot het topje van de middelvinger.

span : de afstand van de top van de pink tot de top van de duim bij gestrekte hand.

palm : de afstand gemeten over de vier knokkels van je vingers.

Verder waren er de **vinger**, de **voet** en de **duim**.

In Egypte werd de el, ontleend aan de farao, verdeeld in 7 palm. Elke palm kent vier vinger. Een Egyptische el bestond dus uit 28 vinger (fig. 2). Toch werde deze verdeling niet in het gehele Midden-Oosten gebruikt. In Mesopotamië verdeelde men de el in 2 voet en elke voet in 3 palm. Een el bestond daar dus uit 6 palm en 24 vinger (fig. 3).

In de oudheid had men ook maten voor de massa. In Egypte had men als standaard de koninklijke graankorrel. Deze korrel was getrokken uit het midden van een rijpe gerstenaar. Natuurlijk was deze maat onhandig en was daarom meer een denkbeeldige standaard. Men gebruikte meestal de **sikkel** die overeenkwam met de massa van 120 tot 200 korrels. Deze maat varieerde dus nogal van tijd tot tijd en per streek. Handelaars hadden vaak een aantal gepolijste stenen bij zich die overeenkwamen met een aantal malen de sikkel. Op deze stenen stond de waarde ingegraveerd (fig. 4). Om te wegen gebruikte men in die dagen de gelijkarmige balans (fig. 5).

Later

In de Middeleeuwen en de latere eeuwen kende men ook allerlei maten. Soms probeerde men wat eenheid in de maten te brengen. Zo voerde de Engelse koning Hendrik I in 1101 een lange el in. Deze el werd gemeten van zijn puntje van zijn neus tot de top van zijn middelvingers bij gestrekte arm. Men noemde deze nieuwe maat de yard (fig. 6). Werden in de Oudheid de standaards veelal in tempels bewaard, later gebeurde dit steeds meer in openbare gebouwen. Men kon er dan gemakkelijk zijn eigen maten mee vergelijken.

In de voorgevel van het stadhuis te Leiden waren destijds twee ijzeren pennen ingemetseld, als standaard van de Rijnlandse Roede (3,768 m). Deze was verdeeld in 12 Rijnlandse voet. Maar na de brand in 1929 was de standaard verloren gegaan.

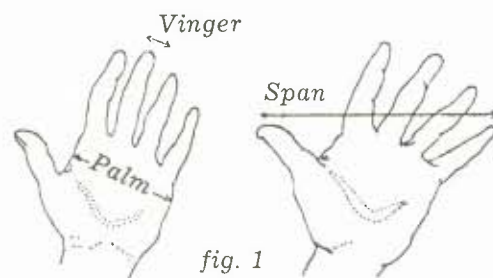


fig. 1

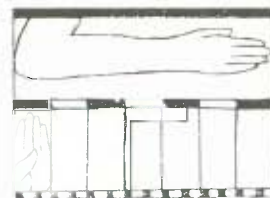


fig. 2



fig. 3

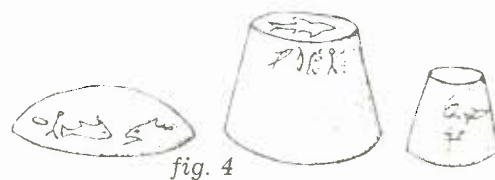


fig. 4

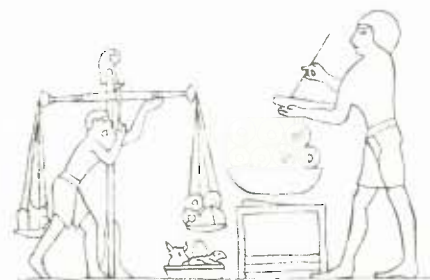


fig. 5

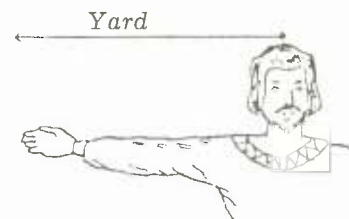


fig. 6

De meter en de kilogram.

Er waren een aantal redenen waarom men ging streven naar internationaal afgesproken maten:

- iedere streek had zijn eigen standaardmaten, waardoor een reizende koopman vaak vele soorten maten bij zich moest hebben;
- er verdwenen standaardmaten bij branden;
- de opkomende natuurwetenschappen en technieken wilden graag **reproduceerbare** maten. Dit zijn maten die niet afhangen van de mensen die deze gebruiken. Ze veranderen ook niet gedurende de eeuwen die volgen.

In 1664 probeerde onze landgenoot Christiaan Huygens het, maar pas na de Franse revolutie kwamen de eerste afspraken.

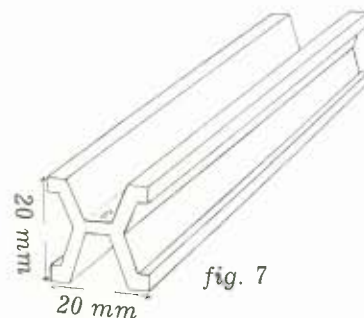
Tussen 1792 en 1798 maten Méchain en Delambre de afstand tussen Duinkerken en Barcelona. Uit die afstand wilden zij de omtrek van de aarde bepalen. Van de omtrek van de aarde wilden zij dan het veertigmiljoenste deel als eenheid voor lengte gebruiken. Zij gaven deze maat de Griekse naam **meter**. Zij dachten dat men op deze manier op elk gewenst ogenblik, dus ook als de stoffelijke standaard verloren mocht gaan, de meter opnieuw kon bepalen.

Helaas was hun berekening niet helemaal korrekt. Zij hadden de afplatting van de aarde aan de polen onvoldoende meegerekend. Toen men dit ontdekte had men reeds een platina staaf (die men de meter noemde) als internationale standaard in de staatsarchieven opgeborgen. Verschillende landen waaronder Nederland hadden van deze staaf al een ijzeren kopie.

Om niet al te moeilijk te doen besloot men daarom bij de **Meterconventie van 1875** de meter eenvoudig te beschouwen als de afstand tussen de uiteinden van de meter die in de Franse staatsarchieven lag bij een temperatuur van smeltend ijs. Er werden een aantal kopieën (maar wel in een andere vorm) van de **mètre des archives** gemaakt. Deze kopieën hebben een X-vorm (fig. 7).

Deze X-staven zijn iets langer dan 100 cm. Op de binnenlaag van de X-meter staan aan elk van de uiteinden drie streepjes. De afstand tussen de middelste streepjes aan weerszijde van de staaf is precies één meter. Verschillende landen hebben zich een kopie van de X-meter aangeschaft. Elke tien jaar worden de standaards naar Parijs gestuurd om op het **Bureau International des Poids et Mesures** te Sèvres (voorstad van Parijs) te worden vergeleken met de X-meter die aldaar wordt bewaard. Behalve een platina staaf die de meter is, wordt in de Franse staatsarchieven ook een platina cilinder bewaard bij een temperatuur van 0°C. Deze cilinder noemt men één kilogram. Het is dus de standaardmaat voor de massa.

Standaard X-meter van platina-iridium



Nu

Omdat, vooral in de wetenschap, de nationale X-meters niet nauwkeurig genoeg zijn, heeft men bepaald dat de meter een aantal malen de golflengte van een bepaalde kleur licht is. Officieel luidt tegenwoordig de definitie van de meter: 1 meter = 1 650 763,73 maal de golflengte in het luchtledige van de oranje-stralen, overeenkomend met de energie, die vrijkomt wanneer een elektron overspringt tussen energieniveau 2_{p19} en 5_{d5} van Krypton 86.

Opdracht 2

Neem als standaard-el de lengte van je elleboog tot aan het topje van je middelvinger.

- Hoeveel palm gaan er in jouw el?
Hoeveel vinger?
Hoeveel span?
Hoeveel voet?
- Meet de lengte van je bank. Geef het antwoord in: zoveel el, nog zoveel palm en nog zoveel vinger. Natuurlijk mag je ook de voet en de span gebruiken.
- Meet nog een aantal lengten, zoals de hoogte van je bank, de dikte van een boek, enzovoorts.
- Wat zijn de voordelen van dit systeem? Wat de nadelen?

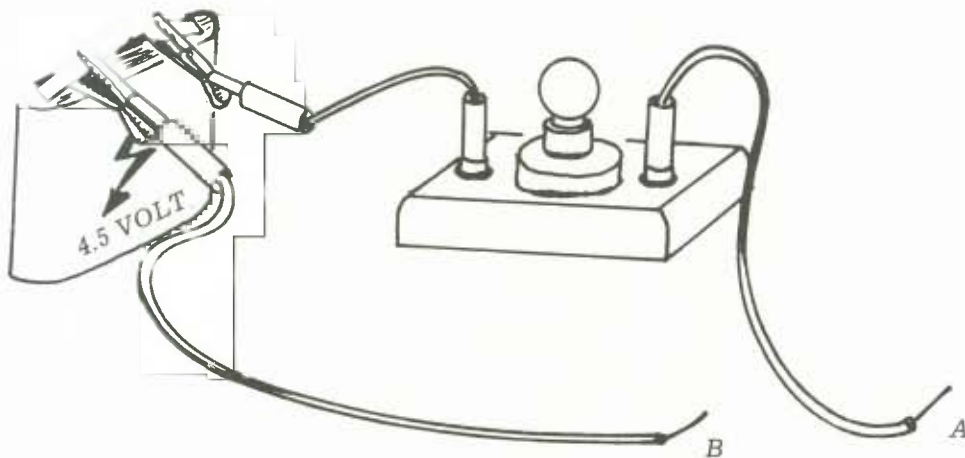
8 Iets over elektrische en magnetische eigenschappen bij stoffen

Eigenschappen van stoffen zijn kleur, hardheid, doorzichtigheid, breekbaarheid enzovoorts. We kunnen onderzoeken of bepaalde stoffen ook elektrische of magnetische eigenschappen bezitten.

1

Elektrische geleidingen

Nu zijn er vele elektrische verschijnselen, waarover in de derde klas meer wordt verteld. Wij zullen slechts onderzoeken of een bepaalde stof een elektrische stroom wel of niet doorlaat. We hebben hiervoor een batterij, een lampje in een fitting (denk aan je fietslampje) en wat electriciteitssnoertjes nodig. We maken de volgende opstelling:



A en B zijn blanke uiteinden van elektriciteitsdraad.

a. Houdt A tegen B.

Het lampje brand wel/niet* er loopt dus wel/niet* een stroom.

* doorhalen wat niet gewenst is.

b. Maak A en B weer los en leg nu tussen A en B allerlei voorwerpen.

Kijk van welke stof deze voorwerpen gemaakt zijn. Maak een lijstje van stoffen die de stroom wel en die de stroom niet geleiden.

Vraag: Waar dient bij elektriciteitsdraad het koper voor?

En waarvoor het rubber?

2

Magnetische aantrekking.

a. Neem een magneet en onderzoek welke stoffen de magneet wel aantrekt en welke niet. Maak een lijstje van deze stoffen.

b. Neem eens een aantal spijkers,

Probeer zoveel mogelijk spijkers onder elkaar aan de magneet te hangen (bevestig de magneet met een klem aan een statief dan gaat het beter).

Neem een spijker en houd hem een heel klein stukje van de magneet. Is de spijker nu een nieuwe magneet?

Doe nog enkele eigen onderzoeken met magneten en spijkers.

Blok 1 Extra stof

9 Tijdmeting

Inleiding

De vragen waar het in dit stuk om gaat zijn:

1. Wat is „tijd” eigenlijk?
2. Hoe meten we de tijd, en hoe ging dat vroeger?

In een paar bladzijden kan niet alles gezegd worden wat er te zeggen is over het onderwerp tijdmeting. Je kunt zelf in boeken en tijdschriften meer informatie opzoeken, en dan een verslag maken van wat je te weten bent gekomen. Aan het eind van dit stuk staat een literatuurlijstje, maar er is vast wel meer te vinden.

1

Wat is „tijd”?

Het nu volgende klinkt als wartaal, maar de bedoeling zal al gauw duidelijk zijn.

Als je er even de tijd voor neemt kun je allerlei uitdrukkingen bedenken waarin het woord tijd voorkomt. Maar voor het geval je vindt dat je dan je tijd verdoet zijn er hier wat bij elkaar gezet. Het kostte niet veel tijd om ze te vinden, want ze staan in het woordenboek. Heb je ook wel eens iets gedaan om de tijd te doden? En heb je toen ook bedacht dat tijd geld is? En ben je er wel eens in geslaag om tijd te winnen? De tijd gaat snel, gebruik haar wel, maar denk erom: alles op zijn tijd. Komt tijd, komt raad, maar als je niet op tijd bent, ben je te laat!

Sommige uitdrukkingen zijn uit de tijd, zoals: de tijd is de beste medicijn. Bij tijd en wijle worden ze nog wel gebruikt. De tijd zal het leren of mensen die met hun tijd meegaan van tijd tot tijd weer nieuwe uitdrukkingen zullen bedenken. Zo langzamerhand is het woord tijd aangetast door de tand des tijds, maar: de tijd heelt alle wonden.

Het is nu de hoogste tijd om terzake te komen, want de tijd staat niet stil. We hebben nu geen tijd om het woordenboek verder uit te pluizen, doe dat maar eens in je eigen tijd. Gun je er rustig de tijd voor. Zoals het klokje thuis tikt, tikt het nergens.

Zo kun je nog wel uren doorgaan.

Het woord tijd heeft in de bovenstaande regels verschillende betekenissen. De belangrijkste drie zijn: **tijdstip**, dan gaat het erom wanneer iets gebeurt; **tijdsduur**, als er een begin en een eind is; „**de**” tijd is iets wat verstrijkt, waarin steeds nieuwe gebeurtenissen elkaar opvolgen.

We zullen het eerst hebben over de laatste betekenis. Een belangrijke vraag is dan: **gaat de tijd steeds even snel?**

Dit is niet zo’n eenvoudige vraag als je misschien denkt. Een goede klok loopt wel gelijkmatig, maar voor je gevoel kan de tijd nu eens snel gaan, en dan weer langzaam. Als je met iets interessants bezig bent, vindt je meestal dat de tijd snel gaat. Als je je verveelt lijkt het soms wel of de tijd stil staat. Het komt vaak voor aan het eind van een les, als de bel gaat, de ene leerling zegt: „nu al?” en de andere: „eindelijk!” De eerste zal het een leuke les gevonden hebben. De tweede wilde waarschijnlijk iets anders doen. Als je een nacht goed geslapen hebt lijkt de tijd veel sneller gegaan te zijn dan tijdens een slapeloze nacht.

Je kunt hieruit konkluderen dat het verstrijken van de tijd samenhangt met veranderingen: hoe meer afwisseling, hoe sneller de tijd lijkt te gaan. Als je slaapt heb je geen besef van tijd, omdat je de veranderingen dan niet bewust meemaakt.

Een goede klok tikt de tijd altijd even snel weg, omdat hij werkt met een regelmatige beweging. Of de klokke tijd altijd even snel gaat kunnen we nagaan door verschillende klokken te vergelijken, en dan blijkt dat de nauwkeurigste klokken die we nu hebben gelijk lopen, waar ze ook staan op aarde.

2

Hoe meten we de tijd?

We vinden het nu normaal dat we op elk moment van de dag of nacht kunnen zeggen hoe laat het is. Iedereen kan op de klok kijken, of het telefoonnummer 002 draaien. We weten dat midden op de dag de zon op

*Daar heb ik
geen tijd voor . . .*



*Dat is meer
'n waterige
klok . . .*



zijn hoogst staat en dat de tijdsduur tussen twee opeenvolgende hoogste zonnestanden steeds even lang is. Die tijdsduur heet een etmaal. Het etmaal wordt verdeeld in 24 gelijke uren; een uur in 60 minuten en een minuut in 60 seconden. We vinden het niet vreemd dat de zon 's winters al om 5 uur ondergaat en 's zomers pas om 9 uur.

Vroeger was dat anders. Tot in de 13e eeuw was men gewend om de dag - dus de tijd dat het licht is - in 12 uren te verdelen, en de nacht ook, of het nu zomer was of winter. De **zonnewijzer** gaf immers aan hoe laat het was en omdat de zon in de zomer langer aan de hemel staat dan in de winter waren de uren niet altijd even lang. Iedereen vond dat heel gewoon.

Toch bestonden er meer dan 2000 jaar geleden al **waterklokken** met een regelmatige beweging van een wijzer. De wijzer draaide niet rond, maar zat vast aan een vlotter die dreef in een vat met water. Door het vat iedere dag langzaam vol te laten lopen zorgde men ervoor dat de wijzer langs een urenverdeling liep. Zo'n klok was in principe het best geschikt voor gelijke uren, maar toch was hij meestal zo gemaakt dat de uren overeenkwamen met de uren van de zonnewijzer.

Alleen sterrenkundigen werkten met gelijke uren, want zij keken meer naar de sterren dan naar de zon. Zij hadden allang ontdekt dat de sterren steeds even snel om de poolster heendraaien.

Waterklokken kunnen bevriezen. Zandlopers hebben dit nadeel niet, maar daarbij is het probleem weer dat ze na een vrij korte tijd omgedraaid moeten worden. Er kwam steeds meer behoefte aan een goede regelmatig lopende klok.

Omstreeks 1300 werd de „**mechanische klok**” uitgevonden. Dat is een klok waarbij er niet een voortdurende beweging is, zoals die van stromend water of vallend zand, maar een beweging die steeds in mootjes wordt gehakt.

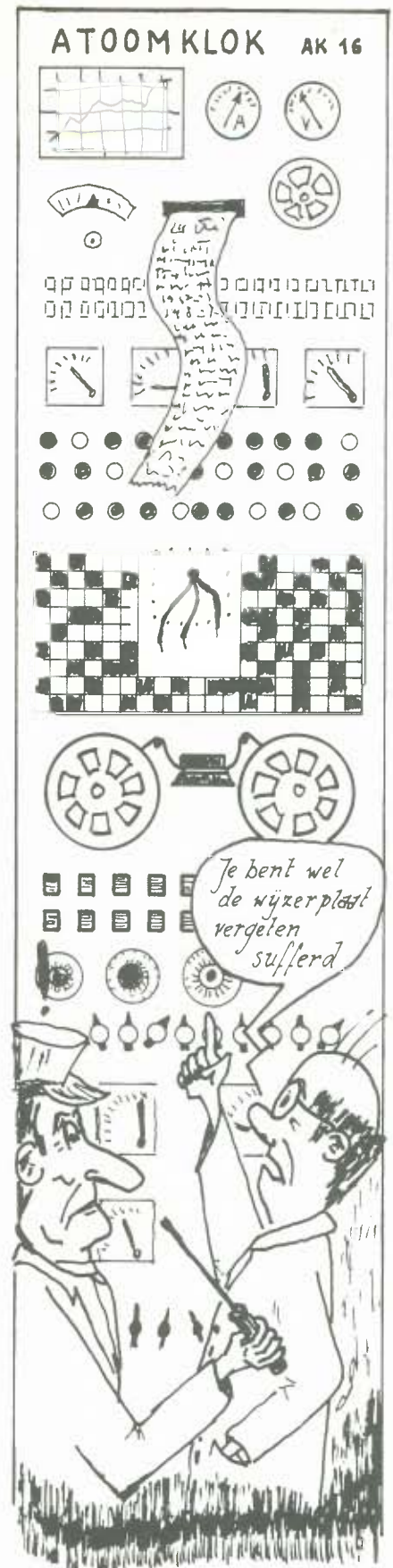
Er beweegt iets heen en weer. De mechanische klok kun je dan ook herkennen aan zijn „tik-tak”. Na 1300 werden deze klokken geïnstalleerd in kerktorens. Soms waren ze heel vernuftig, zodat je ook de bewegingen van de hemellichamen kon aflezen. De beroemdste is die van Straatsburg (1352). De nauwkeurigheid van deze torenklokken was nog niet zo best, ze liepen wel een kwartier tot een uur per dag voor of achter. Maar de torenklok was voortaan de klok, en het zou nog eeuwen duren voordat gewone mensen in hun huiskamer ook een klok hadden. Wel begon men er aan te wennen dat een etmaal verdeeld werd in 24 gelijke uren, en dat de zon niet altijd 12 uren per dag schijnt.

Christiaan Huygens maakte in 1656 het eerste **slingeruurwerk**. Daarmee kon de tijd nauwkeuriger gemeten worden. De afwijking hoefde niet meer te zijn dan 10 seconden per dag. Vooral voor zeevaarders was het van belang een goede tijdmeteter te hebben, want de plaatsbepaling van een schip op zee hangt er van af: als je de stand van de sterren bekijkt, moet je weten hoe laat het is om te bepalen waar je bent. Dan is het ook nodig dat er een standaardtijd is afgesproken. Hiervoor werd genomen de tijd zoals hij gemeten wordt in Greenwich, bij Londen, waar in 1675 een koninklijk observatorium werd gesticht.

In 1762 won een Engelsman een prijs die was uitgelooft door de Britse regering voor diegene die de plaats op zee langs de lengtecirkels (dus oost-west) kon bepalen met een nauwkeurigheid van 30 mijl. Na een reis van Engeland naar Jamaica en terug liep de klok van deze man maar 2 minuten achter, en dat was voor die tijd een geweldige prestatie. Nu kennen we klokken waarvan de afwijking nog geen honderdduizendste seconde per jaar is! De tijdmeting gebeurt dan niet met een mechanisch uurwerk, maar er wordt gebruik gemaakt van trillingen die worden uitgezonden door een bepaalde soort atomen. Het aantal trillingen per seconden in zo'n atoom blijft heel nauwkeurig gelijk, onafhankelijk van bijvoorbeeld de temperatuur. Men spreekt dan van „**atoomklokken**”.

Ook zijn er nu horloges die nog geen seconde per jaar voor- of achterlopen.

Met atoomklokken is men er achter gekomen dat de tijdsduur waarin de aarde om zijn as draait niet altijd precies dezelfde is, het kan wel enkele duizendsten van een seconde meer of minder zijn. Verder heeft men ontdekt dat lang geleden de aarde sneller om zijn as draaide dan nu. Zeshonderd miljoen jaar geleden duurde het etmaal minder dan 24 van onze uren!



En in de verre toekomst zal het etmaal meer dan 24 van onze uren duren. Voor zeer nauwkeurige tijdmetingen zijn atoomklokken dus geschikter dan klokken die precies gelijk lopen met de draaiing van de aarde. De seconde is voortaan niet meer: het 84600-ste deel van een etmaal, maar: 9 192 631 770 trillingstijden van cesium-133 atomen.

Literatuur

- Tijdschrift Archimedes, 7e jaargang, nr. 3 (gaat helemaal over tijd).
- Tijdschrift Archimedes, 4e jaargang, nr. 1 (elektrische klok).
- Tijdschrift Archimedes, 12e jaargang, nr. 1 (wereldklok, tijdzones).
- Tijdschrift Archimedes, 11e jaargang, nr. 2 (waterklok, moeilijk!).
- Boek uit de Parool-Life serie: Tijd.
- Aula-pocket: G. J. Whitrow - Het tijdsbegrip in de moderne wetenschap.
- Moderne natuurkunde, Theorie en Leesteksten deel 1, blz. 58 (waterklok).

