

Leerdoelen

Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van Blok 1

1 Je moet voorwerpen kunnen beschrijven met behulp van een aantal eigenschappen. [P1, T1, W1]

2 Je moet weten dat eigenschappen van materialen belangrijk zijn voor het gebruik van die materialen. [P1, T1, W1]

3 Je moet minstens vijf materialen kunnen noemen die bij een fiets worden toegepast. [P1, T1, W1]

4 Je moet weten waarom sommige onderdelen van je fiets verchroomd zijn. [P1, T1, W1]

5 Je moet weten waarom er steeds meer plastic (kunststof) gebruikt wordt. [P1, T1, W1]

6 Je moet je waarnemingen kunnen beschrijven en gegevens in een tabel kunnen verwerken. [P2, T2, W2]

7 Je moet weten wat er met grootheid wordt bedoeld. [P2, T2, W2]

8 Je moet weten wat er met eenheid wordt bedoeld. [P2, T2, W2]

9 Je moet weten welke eenheden je moet gebruiken voor: lengte, volume, tijd, massa en kracht. [P2, T2, W2]

10 Je moet met een meetlint of een liniaal de lengte van een voorwerp kunnen meten. [P2, T2, W2]

11 Je moet van een blokje het volume kunnen berekenen als je de lengte, de breedte en de hoogte weet. [P2, T2, W2]

12 Je moet met een maatcilinder het volume van een hoeveelheid water kunnen meten. [P2, T2, W2]

13 Je moet met een maatcilinder gevuld met water, het volume van een voorwerp kunnen bepalen. [P2, T2, W2]

14 Je moet met een balans het aantal kilogram of gram van een voorwerp kunnen meten. [P2, T2, W2]

15 Je moet voordat je een meting doet, de uitkomst kunnen schatten. [P2, T2, W2]

16 Je moet weten dat de keuze van het meetinstrument belangrijk is, om een proef goed uit te kunnen voeren. [P2, T2, W2]

17 Je moet weten dat een dynamo meer of minder elektriciteit kan leveren, naarmate hij sneller of langzamer wordt rondgedraaid. [P3, T3, W3]

18 Je moet weten dat je op een lampje geen hogere spanning mag aansluiten, dan de maximumspanning die op het lampje is aangegeven. [P3, T3, W3]

19 Je moet twee lampjes zo kunnen aansluiten dat ze onafhankelijk van elkaar kunnen branden. [P3, T3, W3]

20 Je moet weten hoe je een lichtkastje moet gebruiken. [P3, T3, W3]

21 Je moet weten hoe een lichtbundel door een spiegel wordt teruggekaatst. [P3, T3, W3]

22 Je moet weten hoe een lichtbundel door een reflector wordt teruggekaatst. [P3, T3, W3]

23 Je moet weten hoe je de verlichting op je fiets moet aansluiten. [P3, T3, W3]

24 Je moet weten dat metaal elektriciteit goed geleidt. [P3, T3, W3]

25 Je moet weten dat plastic elektriciteit niet geleidt. [P3, T3, W3]

26 Je moet weten dat roest een slechte geleider is. [P3, T3, W3]

Blok 1

De fiets

Basisstof

Inleiding 8

T1 De fiets, toegepaste materialen 9

W1 10

T2 Meten 10

W2 14

T3 Fietsverlichting 16

W3 18

Herhaalstof

H1 19

H2 19

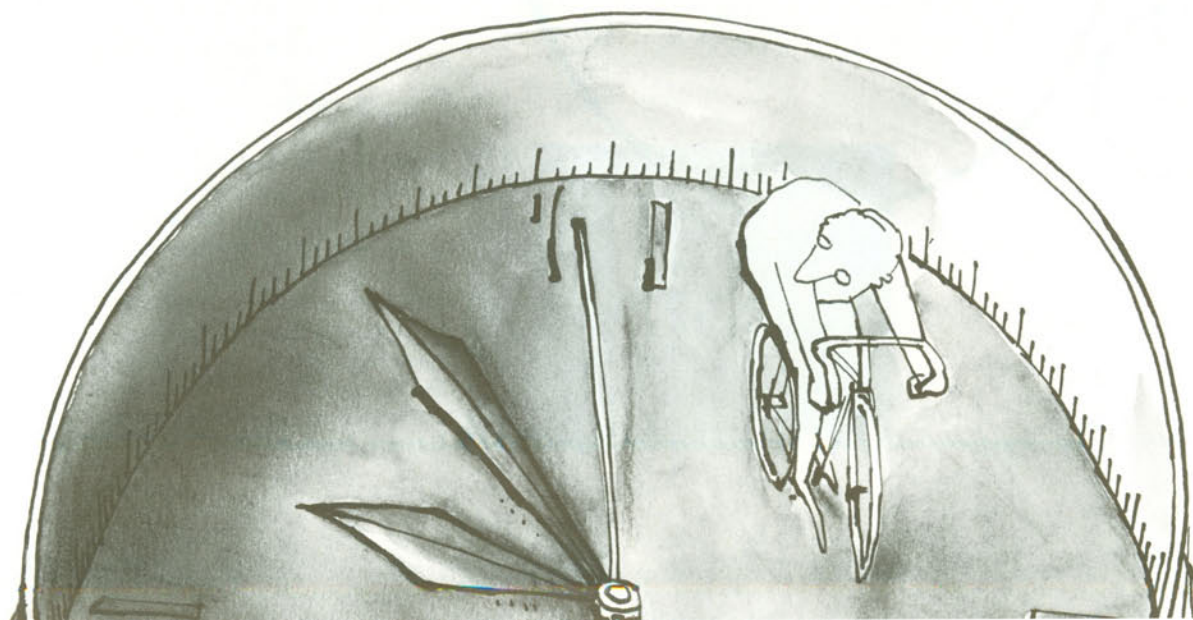
H3 20

Extrastof

E1 Meten met maten 22

E2 Iets over elektrische en magnetische eigenschappen van stoffen 25

E3 Tijdmeter 26



Inleiding

Aan een fiets kun je heel wat dingen zien die met natuurkunde te maken hebben. Vandaar dat we in dit eerste blok regelmatig de fiets erbij halen.

Allereerst gaan we kijken naar de materialen waarvan een fiets gemaakt is en waarom juist die materialen gebruikt zijn.

Vervolgens doen we een aantal proeven. Met een proef

of experiment kun je natuurkundige verschijnselen bestuderen. Bij het doen van proeven probeer je eerst de uitkomst te voorspellen. Dit is nodig om te kunnen beslissen welke instrumenten of hulpmiddelen je bij de proef moet gebruiken.

In het laatste gedeelte bekijken we hoe de verlichting op de fiets werkt en waarom we reflectoren gebruiken.

Ontwikkeling van de fiets

De eerste bestuurbare voorloper van de fiets was een loopmachine die in 1817 door baron Drais ontworpen werd. Omdat er geen trappers op zaten, moest je steppen om vooruit te komen (zie figuur 1).

In 1853 kwamen de eerste pedalen. Daarna volgden er allerlei verbeterde modellen. Heel merkwaardig is de Franse vélodipède met trappers op een enorm voorwiel, de 'hoge bi'.

fig. 2

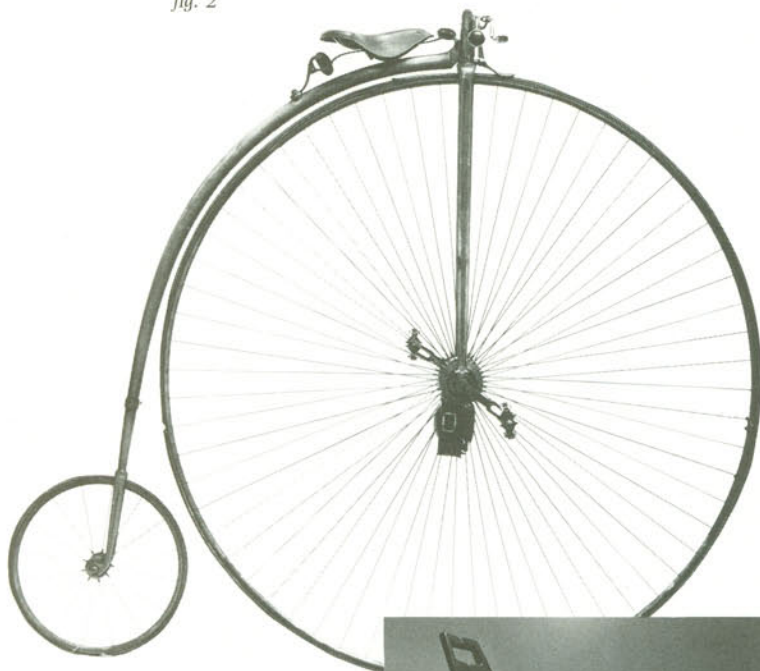
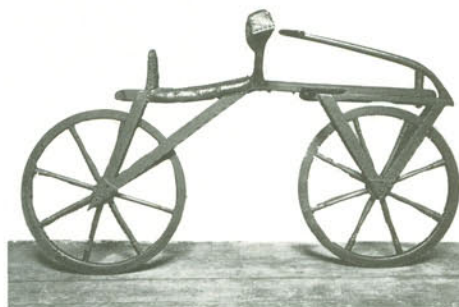


fig. 4
Moderne ligfiets.



fig. 1

Draisine uit 1817, een loopfiets met stuur.



In 1884 ontwierp de Engelsman Starley de Rover safety bicycle, die al veel weg heeft van onze huidige fiets.

fig. 3



Enkele jaren later vond Dunlop de luchtband uit waardoor de vering veel beter werd. Aan het eind van de 19e eeuw werd het free-wheel en de dynamo aan de fiets toegevoegd. De kwaliteit van de verschillende onderdelen is daarna steeds verbeterd door betere materiaalkennis. Ook nu gaat de ontwikkeling aan materialen en onderdelen van de fiets nog steeds verder.

De fiets toegepaste materialen

De materialen die voor een fiets gebruikt worden, zijn erg belangrijk in verband met de eisen die we aan een fiets stellen.

Een fiets moet zijn:

bruikbaar

betrouwbaar

veilig

comfortabel

licht

mooi

en niet te vergeten: betaalbaar.

Zoals je ziet, zijn dat nogal wat eisen. De materialen die voor de remmen gebruikt worden, moeten natuurlijk erg sterk zijn: des te veiliger is je fiets. Het materiaal van het frame mag niet te zwaar zijn. Het materiaal van het zadel mag niet te hard zijn, enzovoort. Zo bepalen materialen de betrouwbaarheid van de fiets, maar ook de prijs.

Dit maakt de keuze van het materiaal erg ingewikkeld. Een constructeur gaat eerst na voor welk doel de fiets gebruikt moet worden. Voor een gewone fiets worden andere materialen gebruikt dan voor een racefiets. Een racefiets is gemaakt van veel lichtere materialen. Niet alle metalen zijn namelijk even zwaar. Een blok aluminium is bijvoorbeeld veel lichter dan een even groot blok ijzer. Het feit dat aluminium lichter is, noemt men

een eigenschap van dat metaal. Om materialen eerlijk met elkaar te kunnen vergelijken, neem je 1 cm^3 van elk materiaal. 1 cm^3 aluminium is dan veel lichter dan 1 cm^3 staal.

Overigens moet het metaal niet alleen licht, maar ook sterk en stug zijn: het mag niet doorbuigen.

Bij een gewone fiets zijn het frame, de voorvork en het stuur van metaal. Andere materialen zoals plastic en rubber worden meer gebruikt voor de aankleding en afwerking van de fiets.

Zoals je wel weet is plastic lichter dan een even grote hoeveelheid metaal. Bij moderne sportfietsen wordt plastic gebruikt voor de spatborden. Ook bij auto's wordt tegenwoordig steeds meer gebruik gemaakt van plastics, bijvoorbeeld voor de bumpers. Een bijkomend voordeel van plastic is, dat het niet kan roesten. Tegenwoordig zijn er al fietsen die bijna helemaal gemaakt zijn van kunststof.

Nog een metaal dat bij een fiets gebruikt wordt, is chroom. Chroom wordt gebruikt om andere metalen tegen weersinvloeden te beschermen, want ijzer en staal roesten gemakkelijk.

Verschillende onderdelen op de fiets zijn daarom verchromd. Dit geeft tevens het fraaie, glimmende oppervlak aan bijvoorbeeld het stuur.

fig. 5
Tegenwoordige racefiets.



Voor framebuizen en enige andere delen wordt soms titaan gebruikt, een licht en sterk, maar vooral duur metaal. Voor lichtere fietsen worden de meeste delen (behalve het frame) gewoonlijk uit een licht metaal gemaakt. Voor delen die een hard oppervlak moeten hebben, worden gehard staal of staallegeringen gebruikt. Vooral de assen en de lagers bestaan uit gehard staal.

Verdere ontwikkelingen

Staal wordt de laatste jaren als grondstof steeds meer vervangen door aluminium. Nu is er weer een hele nieuwe ontwikkeling aan de gang: de toepassing van kunststof. Aanvankelijk werd er geëxperimenteerd met polyester met glasvezelbewapening. Dat bleek echter niet te voldoen. Een nieuwe trend is het koolstofvezelframe. Dit lijkt het op alle fronten van het stalen en aluminium frame te gaan winnen. Het is sterker, stijver en lichter.

W1

Materialen kunnen eigenschappen hebben die voor bepaalde toepassingen erg nuttig zijn, zoals sterkte, buigzaamheid en weersbestendigheid. De volgende vragen gaan over eigenschappen van materialen.

1 Waarom zijn de handgrepen van je stuur met een of andere kunststof bedekt, en niet gewoon van metaal?

2 Waarom is de ketting op je fiets van ijzer gemaakt en niet van rubber?

3 Waarom bestaat het draadje van de dynamo naar de lamp niet alleen maar uit koper, maar zit er ook plastic omheen?

4 De assen van je fiets liggen in kogellagers om de wrijving kleiner te maken tussen de draaiende as en het stilstaande deel daar omheen.

Waarom worden de kogellagers ingevet?

5 Waarom bestaat het frame van je fiets uit ronde buizen en niet uit vierkante buizen?

6 Waarom zijn de buizen van je fiets hol?

7 Verklaar waarom je luchtbanden gebruikt en geen massieve rubberen banden.

8 Waarom is je fietsbel van metaal gemaakt en niet van plastic?

Blok 1

T2

Meten

Zoals je weet, is de keuze van materialen belangrijk in verband met de eisen die we stellen aan een fiets. Wat voor materialen zou je als fietsenfabrikant moeten gebruiken om aan die eisen te kunnen voldoen? Om dat te weten te komen moet je onderzoek doen naar de eigenschappen van verschillende materialen.

In dat onderzoek ga je materialen met elkaar vergelijken. Je kunt bijvoorbeeld letten op het aantal kilogram van de hoeveelheid metaal, op de sterkte of op de buigbaarheid ervan.

Bij het onderzoek worden waarnemingen gedaan. Je gebruikt daarbij niet alleen je ogen maar ook een aantal meetinstrumenten.

Tabellen maken

Het is van belang dat je de metingen zo nauwkeurig mogelijk doet en dat je de gegevens overzichtelijk noteert in een tabel. Een tabel is opgebouwd uit kolommen (verticaal) en rijen (horizontaal).

We zetten de gemeten waarden in een kolom onder

elkaar. Boven de kolom schrijf je wat je gemeten hebt en de eenheid waarin je de gevonden waarden noteert. Bij meerdere metingen kun je voor de getallen nog noteren bij welke meting dat getal hoort. Zie als voorbeeld de tabel in figuur 6.

fig. 6

Tabel van iemand die
30 meter loopt met een
snelheid van 2 m/s.

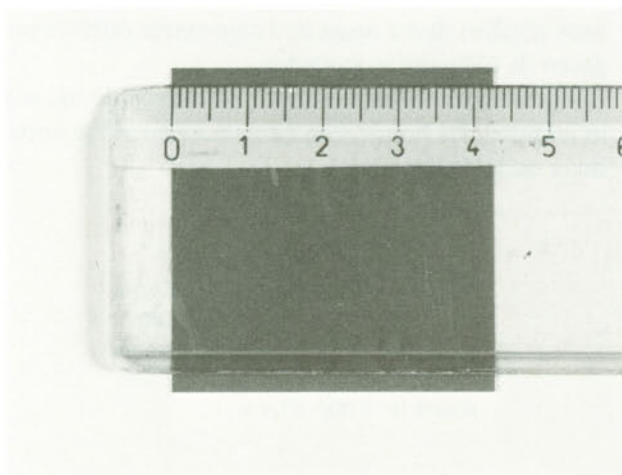
meting	tijd (s)	afstand (m)
meting 1	5	10
meting 2	10	20
meting 3	15	30

Het aflezen van meetinstrumenten

De liniaal (lengte meten)

De liniaal is verdeeld in centimeters, waarbij elke centimeter weer is verdeeld in 10 millimeter.

fig. 7



Werkwijze: Leg de nul van de liniaal bij het begin van het voorwerp waarvan je de lengte moet meten. Lees aan de andere kant af: het aantal hele centimeters en van de rest het aantal millimeters tot op een halve millimeter nauwkeurig. Schrijf het antwoord op in centimeters of in millimeters.

Voorbeeld (zie figuur 7)

Je meet de lengte van een blokje en je leest af: 4 cm en 2,5 mm. De lengte wordt dan genoteerd als: 4,3 cm of 43 mm (2,5 mm rond je af op 3 mm).

Inhoud en volume

Het volume van een voorwerp is de ruimte die het voorwerp inneemt. Het begrip inhoud heeft veel meer betekenissen. Denk maar aan de

inhoud van een boek, of de inhoud van een blikje frisdrank. Daarom kunnen we het woord *inhoud* niet voor het natuurkundige begrip *volume* gebruiken.

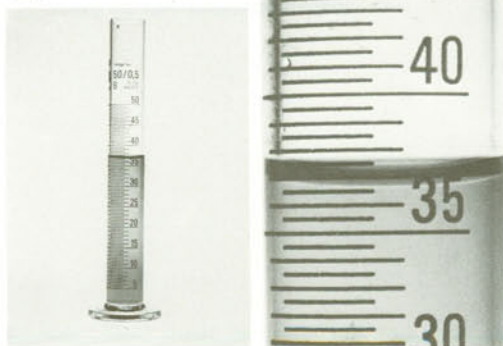
De maatcilinder (volume meten)

De schaalverdeling op een maatcilinder verschilt nogal eens. Dat kan een verdeling zijn per milliliter (afkorting: ml), per 5 ml of soms wel per 10 ml. Kijk dus eerst goed met welke schaalverdeling jij te maken hebt.

Let op: $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$.

fig. 8

Aflezen van de vloeistofspiegel in een maatcilinder.



Werkwijze: Houd de maatcilinder recht voor je en houd het vloeistofoppervlak op ooghoogte. Je moet aflezen bij de onderkant van de vloeistofspiegel.

Lees eerst het getal af dat hoort bij de schaalstreep net onder de onderkant van de vloeistofspiegel. Als de schaalverdeling niet in milliliters is, maak dan een zo nauwkeurig mogelijke schatting van het aantal ml.

Voorbeeld (zie figuur 8)

De onderkant van de vloeistofspiegel staat tussen 30 en 40 ml. Er zit dus meer dan 30 ml vloeistof in de maatcilinder. Tussen 30 en 40 ml is er een onderverdeling in ml. Je leest dan af: 30 ml en 7 ml.

Het volume is dus 37 ml. Het volume moet genoteerd worden in m^3 (of cm^3 , of mm^3). Aangezien 1 ml overeenkomt met 1 cm^3 , kunnen we zeggen, dat het volume van de hoeveelheid vloeistof in de maatcilinder 37 cm^3 is.

De stopwatch (tijd meten)

De digitale stopwatch geeft de tijd weer in minuten, seconden en in hondersten van seconden. Meestal noteren we de gemeten tijd in seconden.

fig. 9
Stopwatch.



Werkwijze: Met het 'rechter' knopje (start/stop) wordt de tijdmeting gestart en/of stopgezet. Zet de tijd eerst stop voor je begint te meten. Druk daarna op het 'linker' knopje (reset), waardoor in het venster (of display) alleen nullen verschijnen.

Met het 'rechter' knopje kun je nu de tijdmeting starten. Met het 'rechter' knopje kun je daarna de stopwatch weer stilzetten. De twee rechter (kleinere) getallen geven de tijd weer in hondersten van seconden. De twee getallen direct naast de knipperende dubbele punt, geven de tijd weer in seconden.

Het getal links naast de dubbele punt geeft de tijd weer in minuten. De hondersten van seconden zul je vrijwel nooit nodig hebben.

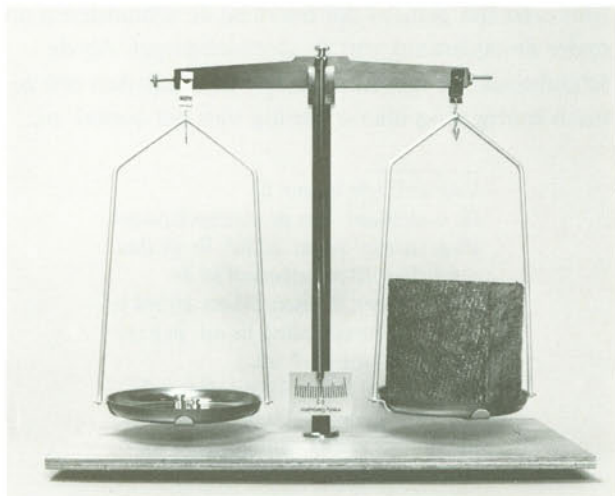
Voorbeeld (zie figuur 9)

Je leest hier af: 3 minuten, 43 seconden en 36 honderste seconden (= 3 min 43,36 s). Meestal is het voldoende om in tienden van seconden nauwkeurig af te lezen, en dan noteer je: 3 min 43,4 s.

De balans (massa meten)

Met een balans kun je de massa van voorwerpen bepalen. De massa wordt genoteerd in kilogram of gram. Bij een balans vergelijken we voorwerpen van onbekende massa met voorwerpen van bekende massa. Als de balans in evenwicht is, zijn de massa's links en rechts op de schalen gelijk.

fig. 10
Balans in evenwicht.



Aan de ene kant zet je het voorwerp waarvan je de massa wilt weten, aan de andere kant maak je evenwicht door voldoende massa op de schaal te plaatsen.

Werkwijze: Plaats het voorwerp op één van de schalen. Maak met de massa's uit de massadoos evenwicht. Begin met een van de grotere massa's, maar zorg ervoor dat de balans nog net doorslaat naar de kant van het voorwerp waarvan je de massa wilt bepalen. Plaats dan kleinere massa's erbij, net zolang tot de balans in evenwicht is. De wijzer staat dan precies verticaal.

Voorbeeld (zie figuur 10)

De massa's links en rechts op de schalen houden elkaar precies in evenwicht. De bekende massa's zijn 50 en 10 gram, dus heeft het voorwerp een massa van 60 gram.

De brievieweger (massa meten)

Op een brievieweger kunnen we direct de massa van een voorwerp aflezen (zie figuur 11). Let op dat de brievieweger ingesteld kan worden op twee verschillende bereiken: van 0 tot 100 gram en van 0 tot 500 gram.

fig. 11
Brievieweger.



fig. 12



Werkwijze: Doe het contragewicht omhoog tegen de pin voor metingen van 0 tot 100 gram. Gebruik de afleesstreep op de bovenste schaalverdeling.

Doe het contragewicht omlaag tegen de pin voor metingen van 0 tot 500 gram. Gebruik de afleesstreep op de onderste schaalverdeling.

Zorg ervoor dat de afleesstreep op de nul staat in de door jou gekozen schaal, voordat je met de metingen begint. Dit kun je doen met behulp van de instelschroef. Aflezen met je oog recht voor de afleesstreep, tot op 1 gram nauwkeurig.

Voorbeeld (zie figuur 12)

Het contragewicht is omhoog, dus je moet op de bovenste schaalverdeling aflezen (van 0 tot 100 gram). De massa van het blokje noteer je als 23 gram.

Krachtsmeter (kracht meten)

Met een krachtsmeter meet je de kracht waarmee de veer van de krachtsmeter wordt uitgetrokken (zie figuur 16). De krachtsmeter is een kwetsbaar instrument. Laat de veer niet te ver uitrekken.

fig. 13
Krachtsmeter.



fig. 14



Werkwijze: Houd de krachtsmeter in je hand, of hang hem aan een statief. Houd het afleesstreepje op ooghoogte. Let op de schaalverdeling. De krachtsmeter geeft de kracht aan in newton (N).

Voorbeeld (zie figuur 14)

Het afleesstreepje staat midden tussen de 0,44 en 0,46 N. De kracht die het blokje uitoefent op de veer is dan 0,45 N.

Grootheid en eenheid

Wanneer je een lengtemeting doet, moet je de uitkomst noteren in m, cm of in mm. Lengte wordt hierbij de grootheid genoemd. Waar je de uitkomst in meet en noteert, wordt de eenheid genoemd. De eenheid van de grootheid lengte is dus de meter (of cm of mm).

Welke eenheid voor een grootheid wordt gebruikt, is een algemene afspraak.

Andere grootheden zijn: volume, tijd en massa.

Hieronder zie je in figuur 15 een overzicht van deze grootheden met hun bijbehorende eenheid en meetinstrument.

fig. 15

Tabel met grootheden, eenheden en meetinstrumenten.

grootheid	eenheid	meetinstrument
lengte	m (cm, mm)	liniaal
oppervlakte	m ² (cm ² , mm ²)	liniaal
volume	m ³ (cm ³)	liniaal, maatcilinder
tijd	s (seconde)	stopwatch
massa	kg (g, mg)	balans, brieuweger
kracht	N (newton)	krachtmeter

Blok 1

W2

Je gaat in dit deel van het werkblad controleren of je eigen fiets goed staat afgesteld op jouw arm- en beenlengte. Verder staan in dit werkblad nog een aantal zaken vermeld die belangrijk zijn voor een prettige zit op je fiets.

Bij de afstelling van een fiets zijn de volgende punten van belang (zie figuur 16):

- a zadelhoogte ten opzichte van de pedalen;
- b horizontale positie van het zadel;
- c stuurhoogte;
- d afstand tussen zadel en stuur (stuuraafstand);
- e hoek van het stuur ten opzichte van de weg.

De zadelhoogte is de afstand van de onderste pedaal tot de zadeltop, gemeten langs de zitbuis. De zadelhoogte moet $1,09 \times$ de beenlengte zijn.

De beenlengte wordt gemeten van de grond tot de lies, waarbij de zool van de schoen meegemeten wordt.

1 Meet de zadelhoogte van je fiets.

Controleer of de zadelhoogte gelijk is aan $1,09 \times$ jouw beenlengte, die je in P2, onderdeel 3a hebt gemeten.

Raadpleeg voor het omrekenen de tabel in figuur 17.

Noteer je bevindingen in je schrift.

fig. 16

Belangrijke maten van je fiets.

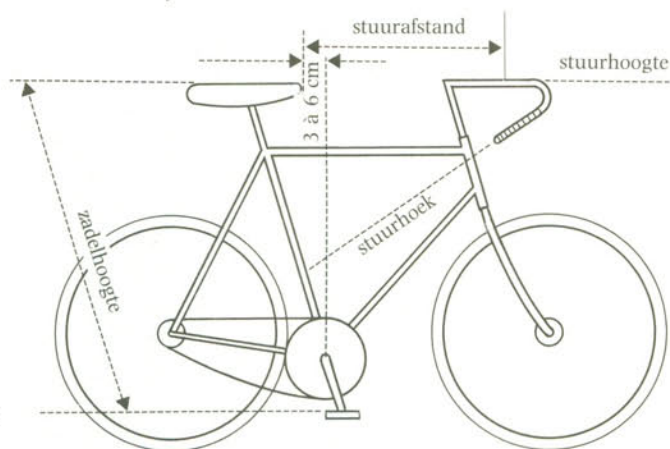


fig. 17

Tabel met de relatie tussen je beenlengte, de maximale framehoogte en de zadelhoogte.

beenlengte (cm)	maximale framehoogte (cm)	zadelhoogte (cm)
70	47	76
71	48	77
72	49	78
73	50	80
74	51	81
75	52	82
76	53	83
77	54	84
78	55	85
79	56	86
80	57	87
81	58	88

beenlengte (cm)	maximale framehoogte (cm)	zadelhoogte (cm)
82	59	89
83	60	90
84	61	92
85	62	93
86	63	94
87	64	95
88	65	96
89	66	97
90	67	98
91	68	99
92	69	100
93	70	101

Het zitvlak van je zadel moet horizontaal staan om afglijden te voorkomen. De zadelpunt moet 3 à 6 cm achter de trapas liggen (6 cm voor maximale kracht, 3 cm voor sneller trappen).

2 Meet de afstand van de zadelpunt tot de trapas als volgt: hang een flinke moer of bout aan een dun koordje en houdt dit bij de zadelpunt. Bij de trapas kun je nu opmeten hoever het koordje van de trapas af hangt. Dit moet dus zo'n 3 tot 6 cm zijn. Noteer je bevindingen weer in je schrift.

Het hoogste punt van het stuur hoort iets lager dan het zadel te zijn. Dit geldt voornamelijk voor sport- en racefietsen.

De afstand van het zadel tot het stuur (de stuurafstand) wordt bepaald door de lengte van je onderarm.

3 Meet met een rolmaat de stuurafstand. Controleer of dit klopt met de lengte van je onderarm die je in P2, onderdeel 3b hebt opgemeten. Je kunt het ook op de volgende manier bepalen: Zet je elleboog tegen de zadelpunt. Je gestrekte hand moet dan net met de vinger-toppen tot het dwarse deel van je stuur komen. Noteer weer je bevindingen in je schrift.

Bij een racefiets moeten de uiteinden van het stuur zo'n 10 tot 15 graden naar beneden wijzen.

4 Bekijk figuur 18.

a Hoe groot is de lengte van het voorwerp, uitgedrukt in cm?

b Hoe groot is de lengte van het voorwerp, uitgedrukt in mm?

fig. 18

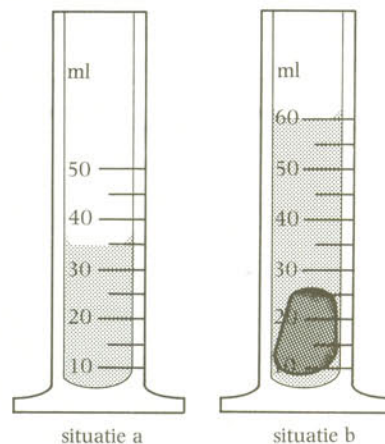


5 In figuur 19 zie je in situatie a de maatcilinder zonder steentje en in situatie b met steentje.

Hoe groot is het volume van het steentje?

fig. 19

Volume meten met een maatcilinder.



6 Bereken het volume van de volgende voorwerpen uit de tabel in figuur 20.

fig. 20

voorwerp	lengte	breedte	hoogte
1	10,3 cm	2,1 cm	4,5 cm
2	3,5 m	10,5 cm	1,2 cm
3	4,0 cm	8,0 mm	4,0 mm

7 Welke eenheid moet je voor de massa gebruiken?

8 Op de ene schaal van de balans liggen zes voorwerpen, waarvan de massa bekend is: twee van 1 g, één van 5 g, één van 2 g, één van 500 mg en één van 200 mg.

Op de andere schaal ligt één voorwerp. De balans is in evenwicht.

Hoe groot is de massa van het voorwerp?

9 Hieronder staan een aantal begrippen:

kubieke centimeter	volume	kilogram
graad Celsius	liter	tijd
een balans	een dag	massa

a Welke van deze begrippen zijn grootheden?

b Welke van deze begrippen zijn eenheden?

Blok 1

T3

Fietsverlichting

Veilig fietsen betekent natuurlijk ook: goed zien en goed gezien worden. De dynamo en de koplamp zorgen ervoor dat je in het donker kunt zien en het achterlicht en de reflectoren zorgen ervoor dat je beter zichtbaar bent.

Hoe werkt de verlichting op een fiets?

Door de uitvinding van de dynamo zijn de kaars- of carbidlampjes van vroeger al lang niet meer nodig. Met de dynamo kunnen we tijdens het fietsen zelf de benodigde elektriciteit opwekken. Maar hoe komt nu de elektriciteit van de dynamo naar de lampjes?

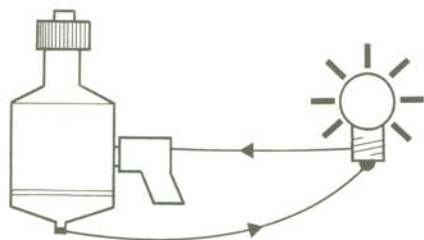
Als je je eigen fiets goed bekijkt, zie je dat er vanaf de

dynamo twee snoertjes lopen: een naar de koplamp, het ander gaat naar het achterlicht. Dus per lampje heb je maar één snoertje!

Maar om een lampje te kunnen laten branden moet er een aanvoer en een afvoer zijn van elektriciteit. Er moet een gesloten kring zijn (zie figuur 21).

fig. 21

Dynamo met lampje.



Aan een schemerlamp zie je ook maar één snoer. Dat is echter maar schijn. Als je naar de stekker kijkt zie je dat daar twee pennen aan zitten (zie figuur 22). Maak je de stekker open, dan zie je dat het snoer uit twee verschillende stroomdraden bestaat: één voor de aanvoer en één voor de afvoer van de elektrische stroom.

fig. 22

Stekker met snoer.



Iets over materialen

Heb je de snoertjes bij de dynamo wel eens los gehad? Dan zul je gezien hebben, dat dat snoertje een metalen (koperen) kern heeft, die weer bestaat uit een aantal dunne draadjes. Daar omheen zit een laagje plastic. De meeste metalen geleiden de elektrische stroom heel

goed, maar kunststoffen, zoals plastic, geleiden niet. Metaal noemen we een geleider. Het plastic zorgt ervoor dat de elektriciteit niet via andere metalen delen wegstroomt. Het isoleert. Plastic wordt daarom een isolator genoemd (zie figuur 23).

fig. 23



Metalen geleiden de elektrische stroom heel goed. Je fietsframe is van metaal. Dus heeft men bedacht dat het metaal van je fiets als stroomdraad kan dienen. Zo komt de elektrische stroom weer terug naar de dynamo. Bekijk dat maar eens goed op je eigen fiets, of op de fiets die voor de klas is gezet.

Het ene snoertje gaat naar de koplamp en vandaar loopt de stroom via het frame terug naar de dynamo.

Het andere snoertje gaat naar het achterlicht en vandaar loopt de stroom ook weer via het frame terug. Het frame vervangt dus een deel van de snoertjes. Je moet ervoor zorgen dat de koplamp, het achterlicht en de dynamo goed contact maken met het metaal van je fiets. Soms gebeurt het wel eens, dat door roest de verbinding niet goed meer is. De lampjes branden dan niet, of heel zwak. Als je het roest weghaalt en alles goed vastzet, is dat snel verholpen.

Reflectoren

Licht wordt door bijna alle voorwerpen teruggekaatst, behalve door zwarte voorwerpen. Zwarte voorwerpen nemen al het licht op, ze absorberen het licht. Voorwerpen die geen of weinig licht terugkaatsen, kunnen wij niet of slecht zien. Het is daarom beter om in het donker op de fiets lichtgekleurde kleding te dragen. Niet alleen de kleur is belangrijk. Ook het oppervlak van het materiaal is belangrijk voor de hoeveelheid teruggekaatst licht en de manier waarop het wordt teruggekaatst. Zoals je weet, kaatsen gladde oppervlakken meer licht terug dan ruwe oppervlakken. Echt gladde voorwerpen als spiegels kaatsen bijna al het opvallend licht terug (zie figuur 24). Reflectoren kaatsen het licht op een bijzondere manier terug. Op je fiets worden reflectoren toegepast op banden met zijreflectie

(wit), op de pedalen (geel) en bij het rode plaatje achter op je fiets.

Deze reflectoren zijn zo gemaakt dat het opvallend licht wordt teruggekaatst in de richting waaruit het licht vandaan is gekomen. Dit komt doordat er in een reflector allemaal vlakjes zijn die steeds loodrecht op elkaar staan. Een lichtbundel wordt op die manier tweemaal teruggekaatst: eerst door het eerste vlakje en daarna nog eens door het tweede vlakje dat er loodrecht op staat. Het resultaat is dat de bundel teruggekaatst wordt in de richting waar die vandaan kwam. Het maakt dus niet zoveel uit hoe de reflector geplaatst is ten opzichte van de lichtstraal. Het licht kaatst terug in de richting vanwaar het gekomen is (zie figuur 25).

Een van de zwakste punten van een fiets is altijd de verlichting geweest. De gewone dynamo loopt zwaar, bij nat weer slijt hij langs de band, bij langzaam rijden levert hij te weinig licht en vaak zit er een draadje los. Er zijn andere dynamo's te koop, zoals de bracketdynamo die vlak achter de trapas wordt gemonteerd, en de staafdynamo die ingebouwd zit in een speciale wielnaaf. Deze laatste is ongevoelig voor nat weer. De allernieuwste ontwikkeling is de lamp met nikkel-cadmiumcellen.

fig. 24
Een smal lichtbundeltje (lichtstraal) wordt door een spiegel teruggekaatst.

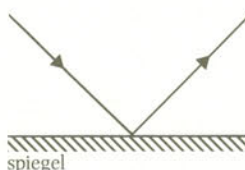
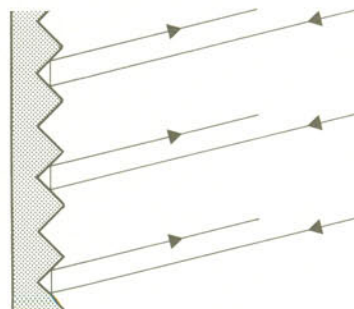


fig. 25
Reflector met onderling loodrechte spiegeltjes.



Deze kunnen thuis worden opgeladen. Voor de gloeilamp is er ook een alternatief: de halogeenlamp. Deze geeft meer licht en gaat langer mee. Gloeilampjes kunnen niet zomaar

door een halogeenlampje worden vervangen, want die werken op 4 volt in plaats van 6 volt en je hebt er ook een speciale koplamp voor nodig.

Blok 1

W3

1 Waarom gebruiken we op een fiets geen batterijen maar een dynamo?

2 Wat is het voordeel als er wel batterijen gebruikt worden?

3 Wat kan er gebeuren met het achterlicht wanneer tijdens het fietsen het lampje van de koplamp stuk gaat?
Geef daar met eigen woorden een verklaring voor.

4 Maak in een tekening duidelijk hoe het voor- en achterlicht op een fiets met de dynamo zijn verbonden. (De fiets hoeft je niet te tekenen.)

5 Waarom zit er om een stroomdraadje een laagje plastic?

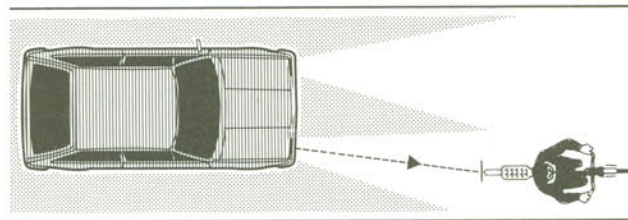
6 Levert een dynamo altijd dezelfde spanning? Hoe kan volgens jou de spanning van de dynamo veranderd worden?

7 Waarom zie je iemand die met witte kleding in het donker loopt beter dan iemand die zwarte kleding draagt?

8 Neem figuur 26 over en geef aan hoe de lichtstraal teruggekaatst wordt, als er in plaats van een reflector alleen een spiegeltje achter op de fiets zou zitten.

9 Neem figuur 26 nogmaals over en geef aan hoe de lichtstraal verder gaat, als er achter op de fiets een goede reflector zou zitten.

fig. 26
Bovenaanzicht van een auto
en een fietser.



Blok 1 Herhaalstof

H1

In deze herhaalstof ga je nog eens oefenen met de tabel in figuur 1 uit P1.

Zoek de stof op in de tabel en vergelijk de betreffende eigenschap met andere stoffen.

Wordt er bijvoorbeeld gevraagd waarom we glas in onze vensters gebruiken in plaats van PVC, dan vergelijken we in de tabel de doorzichtigheid van beide materialen. Het blijkt dan dat de doorzichtigheid van glas veel groter is dan die van PVC.

1a Waarom zijn gereedschappen als steeksleutels en schroevendraaiers van staal gemaakt?

b Waarom zit er een chroomlaag op het staal?

2 Waarom bestaat het handvat van schroevendraaiers meestal uit plastic of hout?

3 Er bestaan ijzeren en stalen spijkers. De ene soort wordt gebruikt voor hout. De andere soort voor steen. Leg uit welke soort steen en welke soort voor hout gebruikt wordt.

4a Wat is het nadeel van messing schroeven vergeleken met stalen schroeven?

b Wat is het voordeel?

5 Voor schaatsen wordt meestal staal gebruikt, maar ook wel nikkel.

Welke schaatsen zul je vaker moeten laten slijpen?

Blok 1

H2

1 Je hebt de beschikking over de volgende meetinstrumenten:

- 1 liniaal;
- 2 schuifmaat;
- 3 rolmaat (2 meter lengte);
- 4 meetlint (25 meter lengte);
- 5 maatcilinder (100 ml);
- 6 maatcilinder (1000 ml);
- 7 brievenweger (max. 500 g);
- 8 balans (max. 2 kg);
- 9 personenweegschaal (max. 120 kg);
- 10 stopwatch;
- 11 klok.

Nu moet je de volgende maten gaan bepalen. Noteer welk meetinstrument je het beste zou kunnen gebruiken bij elke meting.

- a** de dikte van je nagel;
- b** de massa van dit boek;
- c** hoeveel melk er precies in een literpak zit;
- d** de hoogte van de school;
- e** de lengte van een voetbalveld;
- f** de hoogte van het doel;
- g** de massa van een voetbal;
- h** de tijd die je per dag aan je huiswerk besteedt;
- i** de tijd die je per dag op school doorbrengt;
- j** de massa van je stoel;
- k** de lengte van een lucifer;
- l** het volume van een steentje.

Eenheden

2 Wat is de eenheid van lengte?

Behalve de lengte van iets kun je ook de breedte, hoogte, dikte, afstand en diepte uitdrukken in meters. Toch zeggen we in het algemeen: de meter is de eenheid van lengte. Voor kleine of heel kleine lengtes gebruiken we de voorvoegsels deci-, centi- en milli-. Voor heel grote lengtes gebruiken we kilo-.

De voorvoegsels 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

3 Deze voorvoegsels kunnen we ook gebruiken bij andere eenheden:

- 1 milligram = ... gram
- 1 meter = ... millimeter
- 1 kilogram = ... gram

4a Lees op de afgebeelde vergrote liniaal in figuur 27 af hoe lang het blokje is.

b Hoe dik is de spijker in figuur 28?

fig. 27

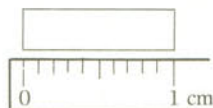
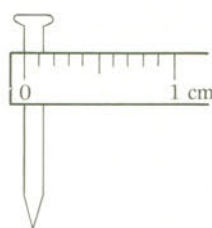


fig. 28



5a Meet de lengte van het blokje in figuur 27 nogmaals, maar nu met je eigen liniaal of geodriehoek.

b Doe dat ook met de dikte van de spijker uit figuur 28.

6a Meet de dikte van dit boek.

b Bereken zo nauwkeurig mogelijk de dikte van één pagina van dit boek.

7 Wat is de eenheid van oppervlakte?

8 Bepaal de oppervlakte van deze bladzijde in cm^2 .

9 Wat is de eenheid van volume?

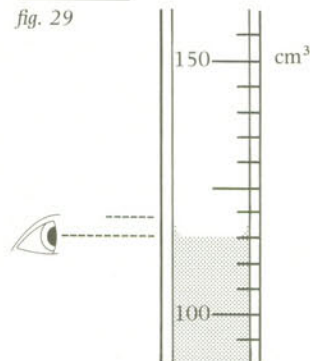
Als een voorwerp niet de vorm van een blok of een kubus heeft, kun je toch het volume bepalen door het in een maatcilinder onder te dompelen.

In een glas staat de waterspiegel aan de rand altijd een beetje omhoog. Van opzij gezien ontstaan twee randen om bij af te lezen hoeveel water in de maatcilinder zit.

De onderste rand geeft de hoogte aan van verreweg het meeste water in het glas; lees die stand dan ook af, want daar is de maatcilinder op geijkt.

10 Lees in figuur 29 de hoogte van de waterspiegel af.

fig. 29



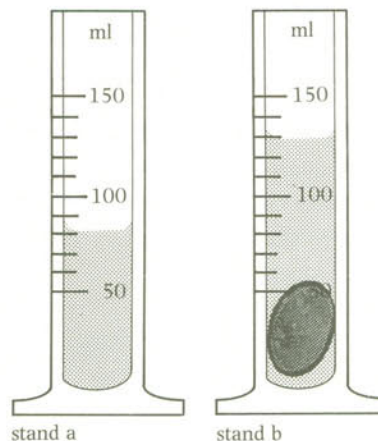
11 Lees zo nauwkeurig mogelijk de stand van het water af vóór en na de onderdompeling en bepaal het volume van het voorwerp (zie figuur 30).

a Hoe groot is het volume in stand a?

b Hoe groot is het volume in stand b?

c Hoe groot is het volume van het voorwerp?

fig. 30



Blok 1

H3

Op het elektriciteitsnet thuis en op school staat een spanning van 220 volt. Deze spanning is veel te hoog om zonder gevaar proefjes te kunnen doen. Daarom gebruiken we een spanningsbron die van die hoge

spanning een lage, ongevaarlijke spanning maakt. Met een knop kunnen we de spanning instellen. Een batterij heeft een vaste spanning die er op aangegeven staat.

Als je een lampje op een batterij of op een spanningsbron aansluit, zul je merken dat het lampje pas brandt wanneer je alle twee de snoertjes goed hebt aangesloten. Maak je er één los dan zal het lampje niet meer branden.

1 Teken hoe je een lampje aan moet sluiten op een batterij of spanningsbron.

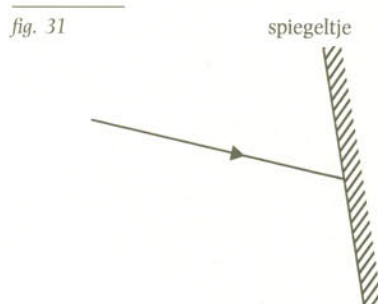
Bij een lampje of een ander elektrisch apparaat heb je altijd een kringloop. Is die kring gesloten, dan werkt het apparaat. Is die kring verbroken, dan werkt het apparaat niet.

Reflectie

Als je in een spiegel kijkt, zie je je gezicht alleen maar als je het spiegelbeeld recht voor je gezicht houdt. Houd je het wat scheef dan zie je de dingen links of rechts naast je. Een lichtstraal die op een spiegel valt, kaatst net zo terug als bijvoorbeeld een bal die op de grond stuit.

Laat je de bal recht naar beneden vallen, dan stuit hij ook weer recht omhoog. Gooi je de bal schuin op de grond, dan zal hij schuin omhoog verder stuiteren.

5 Neem figuur 31 over en schets het verdere verloop van de lichtstraal na de terugkaatsing.



Bij een reflector kaatst het licht terug in de richting waar het vandaan is gekomen.

Als je twee spiegeltjes loodrecht op elkaar zet, met de spiegelende kanten naar elkaar toe, valt een lichtstraal eerst op het éne spiegeltje en vervolgens op het andere spiegeltje.

Daardoor kaatst de lichtstraal terug in dezelfde richting als waar hij vandaan kwam.

Een reflector is opgebouwd uit heel veel van die spiegeltjes die loodrecht op elkaar staan.

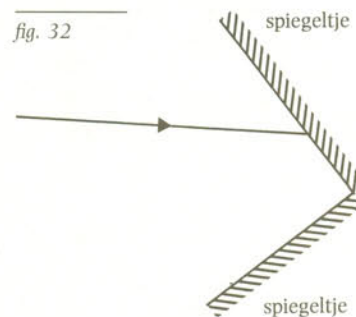
2a Kun je op een batterij of spanningsbron meer dan één lampje aansluiten, waarbij alle lampjes branden?

b Teken hoe je twee lampjes op een batterij of spanningsbron kunt laten branden.

3 Naar de ruitwissermotor van een auto loopt maar één draad. Hoe is hier de kring gesloten?

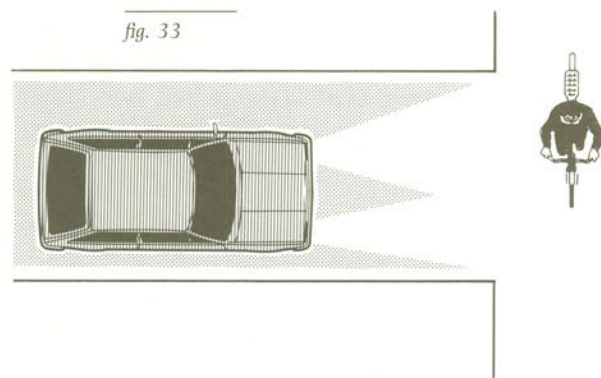
4 Een elektrische trein krijgt zijn elektrische stroom van de bovenleiding. Hoe gaat de stroom hier terug?

6 Neem figuur 32 over en schets het verdere verloop van de lichtstraal.



7a De fiets in figuur 33 heeft reflectiebanden. Wordt de fietser door de automobilist waargenomen?

b Neem figuur 33 over en teken enkele lichtstralen waaruit dat wel of niet blijkt.



Er wordt heel wat gemeten, geteld en gewogen. Als je een kastje gaat timmeren meet je steeds de lengte, breedte en de dikte van allerlei planken.

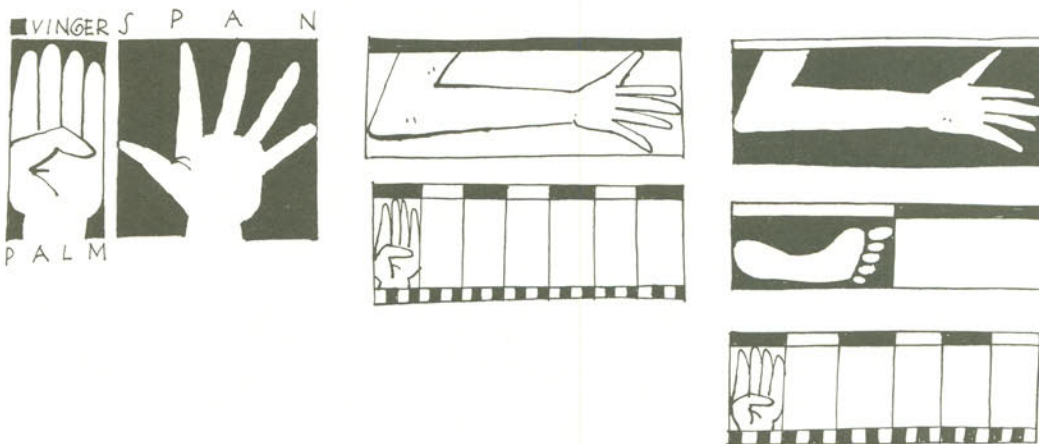
Je telt je geld, maar ook de schapen in de wei. De slager weegt een stuk vlees, de groenteboer een rode kool. Fabrikanten van levensmiddelen vermelden maten op hun pakjes. Voor natuurkundigen zijn ze niet altijd even duidelijk. Zo kom je bijvoorbeeld een pak hagel-slag tegen waarop staat: inhoud 500 gram. De fa-

brikant bedoelt dan dat de massa van de hagel-slag 500 gram is en de inhoud uit chocoladekorrels bestaat. 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.

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

Maten in de oudheid

fig. 34



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, die waren ontleend aan de koning of farao.

Een aantal maten voor lengte (figuur 34):

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 nog de vinger, de voet en de duim.

In Egypte werd de el, ontleend aan de farao, verdeeld in 7 palm. Elke palm kende vier vinger. Een Egyptische el bestond dus uit 28 vinger.

Toch werd 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 ofwel 24 vinger.

In de oudheid had men ook maten voor de massa. In Egypte had men als standaard de koninklijke graan-korrel. Deze korrel was getrokken uit het midden van een rijpe gersteaar. Natuurlijk was deze maat onhandig en was deze daarom meer een denkbeeldige standaard. Men gebruikte meestal de sikkal die overeen kwam 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 sikkal. Op deze stenen stond de waarde ingegraveerd (figuur 35).

Om te wegen gebruikte men in die dagen de gelijkarmige balans (figuur 36).

fig. 35

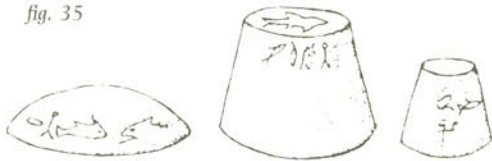


fig. 36



Later

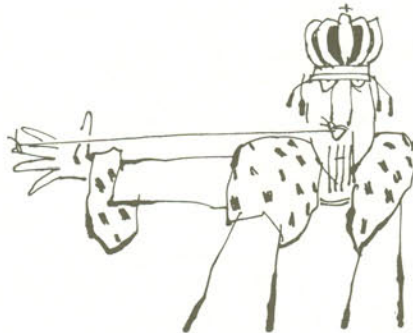
In de middeleeuwen kende men ook allerlei maten. Soms probeerde men wat eenheid in de maten te brengen. Zo voerde de Engelse koning Hendrik I in 1101 een lange el in. Deze el werd gemeten van het puntje van zijn neus tot de top van zijn middelvinger bij gestrekte arm. Men noemde deze nieuwe maat de yard (figuur 37).

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 weer verdeeld in 12 Rijnlandse voet. Maar bij de brand in 1929 is de standaard verloren gegaan.

fig. 37



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.

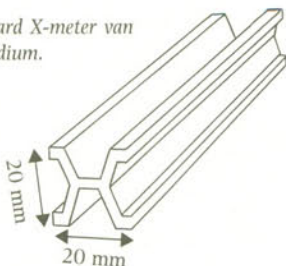
Tussen 1792 en 1798 maten Méchain en Delambre de afstand tussen Duinkerken en Barcelona. Uit die af-

stand 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 correct. 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 be-

fig. 38
De standaard X-meter van
platina-iridium.



schouwen 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 (figuur 38).

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 $2p^{10}$ en $5d^5$ van krypton-86.

2 Neem als jouw standaard-el de afstand van je elleboog tot aan het topje van je middelvinger.

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 weerszijden van de staaf is precies 1 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.

a Hoeveel palm gaan er in jouw el?

Hoeveel vinger?

Hoeveel span?

Hoeveel voet?

b 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.

c Meet nog een aantal lengten, zoals de hoogte van je bank, de dikte van een boek enzovoorts.

d Wat zijn de voordelen van dit systeem? Wat de nadelen?

Iets over elektrische en magnetische eigenschappen van stoffen

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

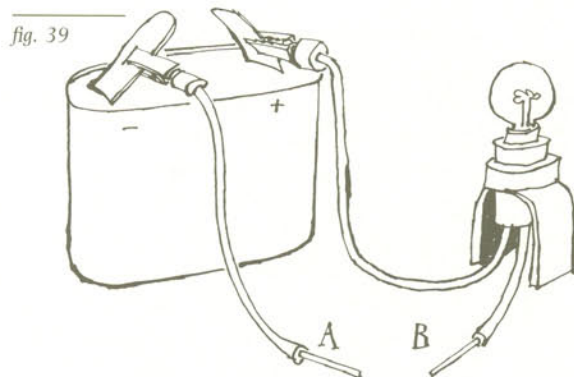
Elektrische geleiding

Er zijn vele elektrische verschijnselen, daarover wordt in de derde klas meer verteld. Wij gaan nu alleen 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 elektriciteits snoertjes nodig. We maken de opstelling zoals afgebeeld in figuur 39.

A en B zijn blanke uiteinden van elektriciteitsdraad.

1 Houdt A tegen B.

Wat gebeurt er? Loopt er nu een stroom?



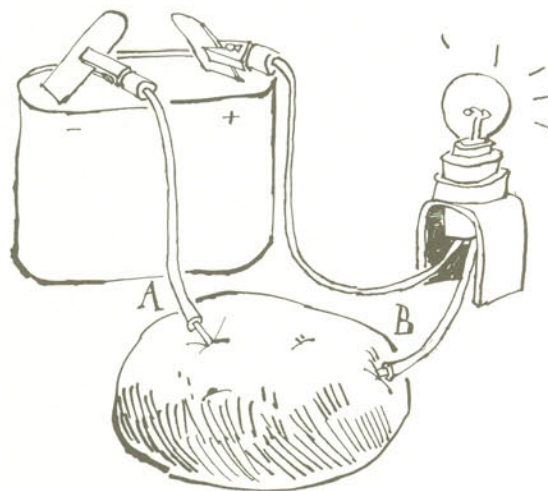
2 Plaats tussen A en B allerlei voorwerpen.

Kijk van welke stof deze voorwerpen gemaakt zijn.

Maak een lijstje van stoffen die de elektriciteit wel geleiden (het lampje brandt dan) en maak een lijstje van stoffen die de elektriciteit niet geleiden (het lampje brandt dan niet).

3a Waar dient bij elektriciteitsdraad het koper voor?

b En waarvoor het rubber?



Magnetische aantrekking

4 Neem een magneet en onderzoek welke stoffen de magneet wel aantrekt en welke stoffen niet. Maak een lijstje van stoffen die worden aangetrokken en maak een lijstje van stoffen die niet worden aangetrokken door de magneet.

5 Bevestig de magneet met een klem aan een statief. Neem een aantal spijkers.

Probeer zoveel mogelijk spijkers onder elkaar aan de magneet te hangen.

6 Neem een spijker en houd hem een heel klein stukje van de magneet. Kun je nu aan die spijker nog andere spijkers hangen?

7 Houd tussen de magneet en een spijker een blaadje papier. Wordt de spijker nu nog aangetrokken door de magneet?

Houd nu meer blaadjes tussen de magneet en de spijker. Hoeveel blaadjes heb je nodig voordat de spijker niet meer door de magneet wordt aangetrokken?

De vragen waar het in deze extrastof om gaat zijn:
 Wat is 'tijd' eigenlijk?
 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.

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 geslaagd om tijd te winnen? De tijd gaat snel, gebruik hem 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 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 er 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, vind je meestal dat de tijd snel gaat. Als je je verveelt lijkt het soms wel of de tijd stil staat. Het komt vaak voor dat als aan het eind van een les 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 wel sneller gegaan te zijn dan tijdens een slapeloze nacht.

Je kunt hieruit concluderen 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.

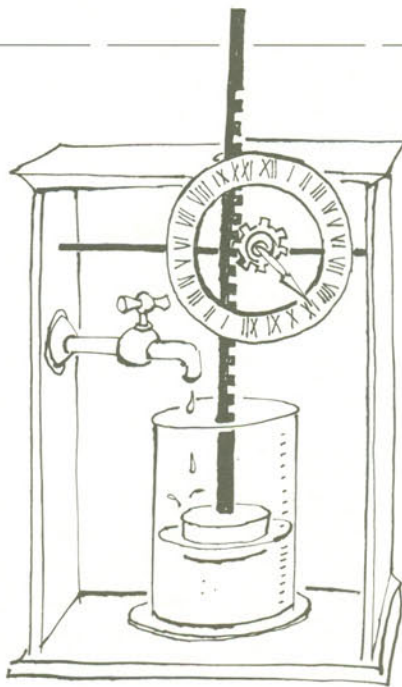
Of de klokkentijd altijd even snel gaat, kunnen we nagaan door verschillende klokken te vergelijken. Dan blijkt dat de nauwkeurigste klokken die we nu hebben gelijk lopen, waar ze ook staan op aarde.

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 zijn hoogst staat en dat de tijdsduur tussen twee opeen-

volgende hoogste zonnestanden steeds even lang is. Die tijdsduur heet een etmaal. Het etmaal wordt verdeeld in 24 uren, een uur in 60 minuten, 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.

fig. 40



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 (figuur 40). 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 heen draaien.

Waterklokken kunnen bevriezen. Zandlopers hebben dat nadeel niet, maar daarbij is het probleem weer dat ze na een vrije 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 daarvan 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 ge-

fig. 41



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!)

maakt van trillingen die worden uitgezonden door een bepaald 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' (figuur 41).

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 gelijk is, die 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 84 600ste deel van een etmaal, maar: 9 192 631 770 trillingstijden van cesium-133 atomen.

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).

