

## Blok 9 | Energie



## Blok 9 | Energie

### Basisstof

<b>P 1</b>	Energiesoorten uit het dagelijkse leven	5
<b>P 2</b>	Energie gaat nooit verloren	8
<b>P 3</b>	Vermogen	9
<b>T 1</b>	Energiesoorten uit het dagelijkse leven	11
<b>T 2</b>	Energie gaat nooit verloren	12
<b>T 3</b>	Vermogen	13
<b>W 1</b>	Energiesoorten uit het dagelijkse leven	14
<b>W 2</b>	Energie gaat nooit verloren	15
<b>W 3</b>	Vermogen	15
<b>W 4</b>	Energiespel	16

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,  
W 4,**

### Herhaalstof

<b>H 1</b>	Tot welke energiesoort behoort de energie van dit voorwerp?	20
<b>H 2</b>	Energie omzettingen	21
<b>H 3</b>	Wet van behoud van energie	23
<b>H 4</b>	Vermogen	24
<b>H 1</b>	Antwoordblad	25
<b>H 2</b>	Antwoordblad	25
<b>H 3</b>	Antwoordblad	26
<b>H 4</b>	Antwoordblad	26

### Extra stof

<b>Extra stof die in je lesmateriaal is opgenomen.</b>	
<b>74</b>	De elektriciteitscentrale 27
<b>75</b>	Arbeid, een natuurkundige vondst 28
<b>76</b>	We maken een zonnemotor 33
<b>Extra stof die je in de klas kunt vinden.</b>	
<b>77</b>	Windmolens
<b>78</b>	Het gebruik van 'natuurlijke' energiebronnen
<b>79</b>	De stuiterproef
<b>80</b>	Wat kost een avond huiswerk maken, elektrisch gezien
<b>81</b>	De dompelaar

## **Wat je moet kunnen aan het eind van blok 9**

<b>1</b>		<b>Te vinden in:</b>
Je moet weten dat energie kan worden omgezet.		<b>T 1</b>
<b>2</b>		
Je moet van een voorwerp dat energie bezit kunnen zeggen van welke soort deze energie is.		<b>P 1, W 1</b>
<b>3</b>		
Je moet van de proeven van P 1 en W 1 kunnen zeggen welke energiesoorten aan het begin en aan het eind van de proef voorkomen.		<b>P 1, W 1, T 1</b>
<b>4</b>		
Bij een proef vinden soms verschillende energieomzettingen achter elkaar plaats. Van zo'n proef moet je kunnen zeggen welke energiesoorten achter elkaar voorkomen.		<b>P 1, W 1</b>
<b>5</b>		
Je moet weten dat bij een energieomzetting de totale hoeveelheid energie voor en na de omzetting hetzelfde is.		<b>T 2</b>
<b>6</b>		
Het lijkt vaak dat 'energie gaat nooit verloren' niet waar is. Je moet weten wat hiervan de oorzaak is.		<b>T 2</b>
<b>7</b>		
Je moet weten wat de eenheid van energie is.		<b>T 2</b>
<b>8</b>		
Je moet de wet van behoud van energie kunnen toepassen. Dat betekent dat je vragen zoals in W 2 moet kunnen beantwoorden.		<b>W 2</b>
<b>9</b>		
Je moet in een stroomkring de onderdelen kunnen aanwijzen, die elektrische energie leveren, en de onderdelen die elektrische energie omzetten.		<b>P 1</b>
<b>10</b>		
Je moet weten dat in een stroomkring de energie door lading wordt overgebracht.		<b>P 1, T 3</b>
<b>11</b>		
Je moet weten dat er in een stroomkring nooit lading wordt verbruikt.		<b>P 1</b>
<b>12</b>		
Je moet weten wat vermogen is.		<b>P 3, T 3, W 3</b>
<b>13</b>		
Je moet de eenheid van vermogen kennen.		<b>P 3, T 3</b>
<b>14</b>		
Je moet het vermogen van een apparaat kunnen berekenen, als je weet hoeveel energie het apparaat omzet in een bepaalde tijd.		<b>W 3</b>
<b>15</b>		
Je moet kunnen berekenen hoeveel energie een apparaat omzet, als je het vermogen kent en weet hoelang het apparaat in werking is.		<b>W 3</b>





## Energiesoorten uit het dagelijkse leven

Je raakt al aardig vertrouwd met deze kreten . . .

Ze hebben te maken met energie. Energie, die we nodig hebben om te kunnen leven, om ons huis te verwarmen of om machines te laten draaien. Maar weet je ook wat energie is?

Bekijk een gasvlam. Bij verbranding van het gas ontstaat er warmte. Warmte is een soort energie. Vóór de verbranding zat die energie dus in het gas. Het gas noemt men daarom een **energiebron**.

Een ander voorbeeld is een watermolen. Deze bezit een waterrad dat door stromend water gaat draaien. Je kunt zeggen dat stromend water een energiebron is, alhoewel je de energie niet kunt zien. Je weet echter dat stromend water energie bezit, omdat het draaiende rad aangesloten op een dynamo elektriciteit levert. En elektriciteit is een soort energie.

Bij de volgende proefjes wordt steeds energie gebruikt. Noteer wat de energiebron is en wat voor soort energie er ontstaat.

**1**  
Rem de band van een sneldraaiend fietswiel met je hand af.  
Wat is de energiebron?

Wat ontstaat er?

**2**  
Laat een auto met een vliegwielmotor rijden.  
Wat is de energiebron?

Wat ontstaat er?

**3**  
Laat een kaars branden.  
Wat is de energiebron?

Wat ontstaat er?

**4**  
Laat een motortje op een batterij draaien.  
Wat is de energiebron?

Wat ontstaat er?



**5**  
Blaas tegen een windmolentje.  
Wat is de energiebron?

Wat ontstaat er?

**6**  
Sprint hard weg op de fiets.  
Wat is de energiebron?

Wat ontstaat er?

Is het je opgevallen dat wat er ontstaat weer energie bezit?  
Denk maar eens aan een rijdende fiets. De dynamo van een rijdende fiets levert elektriciteit. Een rijdende fiets bezit dus energie.

In de proefjes tot nu toe ben je de volgende **energiesoorten** tegengekomen:  
**bewegingsenergie, warmte-energie, chemische energie en elektrische energie.**  
In elk proefje wordt de ene energiesoort omgezet in de andere. Ga voor de proeven 1 t/m 6 na welke energiesoorten er worden omgezet in elkaar.  
Bij proef 1 wordt bewegingsenergie omgezet in warmte.

Bij proef 2 wordt omgezet in

Bij proef 3 wordt omgezet in

Bij proef 4 wordt omgezet in

Bij proef 5 wordt omgezet in

Bij proef 6 wordt omgezet in

Ga ook in de volgende drie proefjes na, welke energiesoorten er in elkaar worden omgezet.

7

Maak een spiraal van stevig papier of dun karton en hang deze aan een speld boven een brandende kaars. Denk erom dat de spiraal geen vlam vat!



De chemische energie van de kaars wordt eerst omgezet in

Daarna wordt deze energiesoort omgezet in

van de lucht molekulen.

Tenslotte wordt deze energie omgezet in

van de spiraal.

8

Sluit een lampje aan op een dynamo en draai aan het dynamowiel (zie tekening).



Het dynamowiel krijgt

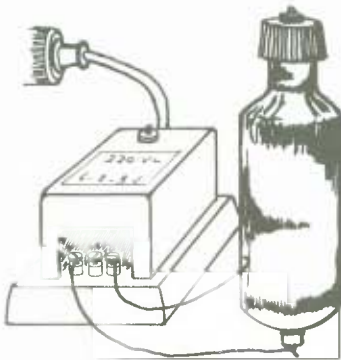
In de dynamo wordt deze energie omgezet in

In het lampje wordt deze energie omgezet in

en in **lichtenergie**.

9

Sluit de dynamo aan op een transformator van 6 Volt. Als je het dynamowiel een zetje geeft zal het gaan draaien.



Schrijf op waar de energie in eerste instantie vandaan komt en waarin het omgezet wordt.

---



---



---

## ER ZIJN NOG MEER ENERGIESOORTEN

We hebben opgemerkt dat energie in verschillende vormen voorkomt. Deze energiesoorten kunnen in elkaar worden omgezet. Misschien zijn er wel meer energiesoorten. We gaan dat verder onderzoeken door naar energieomzettingen te kijken in de volgende proeven.

10

Laat een auto met een veermotor rijden. Als de auto rijdt, bezit deze

Deze energie zat eerst in

Daarom noemen we deze energiesoort

11

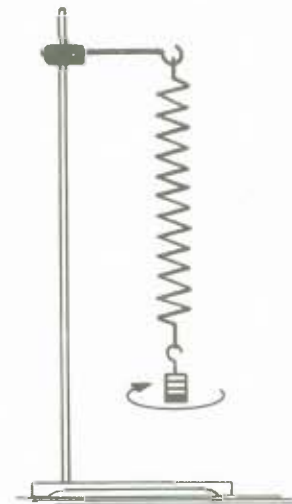
Schiet een propje weg met een elastiekje. Als het propje door de lucht vliegt bezit het

Deze energie zat eerst in

Deze energiesoort is te vergelijken met die uit proef 10, omdat

12

Hang een slappe veer op aan een statief. Hang aan de veer een voorwerp met een massa van 100 g.



Draai het voorwerp een hele slag om en laat hem los (zorg ervoor dat het voorwerp niet op en neer beweegt). De energie zat eerst in

Als je het voorwerp loslaat, gaat deze energie over in

Ook bij de volgende proeven heb je steeds te maken met omzettingen van energie. Je ontdekt een nieuwe energiesoort.

13

Laat een steen boven de grond los. De kracht die de steen doet bewegen, is de

Dankzij deze kracht wordt de energie, die de steen al had, omgezet in

We noemen de energie die de steen eerst had **zwaarte-energie**.

14

Gooi een bal omhoog en laat iemand anders hem op het hoogste punt opvangen. De bal verliest steeds meer

Deze energie wordt omgezet in

Op het hoogste punt is de bewegings-energie maximaal/minimaal.

Op het hoogste punt is de zwaarte-energie maximaal/minimaal.

15

Laat een karretje van een helling rijden. Tijdens het rijden bezit het karretje

De kracht, die het karretje doet rijden, is

Het karretje bevat aan het begin dus

16

Geef een autootje een duw tegen een helling op.

Het autootje gaat steeds langzamer rijden.

Blijkbaar wordt

omgezet in

Een wonderlijke energie-omzetting kom je tegen in de volgende proef.



Stralingsmeter

17

Plaats een stralingsmeter in het licht.

wordt omgezet in

## OMZETTINGEN VAN ELEKTRISCHE ENERGIE

Eén van de meest gebruikte energie-soorten is elektrische energie. In de volgende proeven ga je deze energiesoort wat nader onderzoeken.

18

Sluit een gloeilamp aan op het stop-kontakt.

Er ontstaat

want je ziet de lamp branden.

Er ontstaat

want de lamp wordt heet.

Deze twee energiesoorten zijn ontstaan uit

Je gaat nu proberen of het mogelijk is om de energie van een elektrische stroom (de elektrische energie) om te zetten in andere vormen van energie, die je al kent.



19

Bouw de hierboven getekende opstelling en druk de schakelaar in. De elektrische energie wordt bij deze proef omgezet in

20

Sluit een elektromotor aan op een stop-kontakt. De elektrische energie wordt in de motor omgezet in

21

Plaats twee metalen plaatjes, die aangesloten zijn op een batterij in een beker-glas, dat gevuld is met verdund zoutzuur. Je brengt dan een chemisch proces op gang. De elektrische energie wordt omgezet in

22

Geef een voorbeeld uit het dagelijks leven, waarbij elektrische energie wordt omgezet in:

a bewegingsenergie

b warmte-energie

c zwaarte-energie

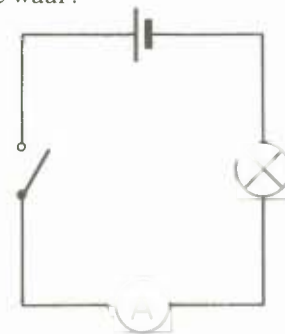
d lichtenergie

e magnetische energie

We hebben nu vastgesteld, dat elektrische energie in een bepaald onderdeel van een stroomkring kan worden omgezet in andere energievormen. We kunnen ons afvragen: 'Waar komt deze elektrische energie vandaan?'

23

Bouw onderstaande schakeling en druk de schakelaar in. Welke energie-omzetting neem je waar?



De energiebron in deze stroomkring is

Nog over blijft de vraag 'Hoe komt de elektrische energie, die de batterij levert, bij het lampje en bij de ampèremeter?' We weten dat als je de schakelaar indrukt lading gaat stromen door het lampje, de ampèremeter en alle andere onderdelen van de schakeling. Het ligt dus voor de hand om te veronderstellen, dat de lading de elektrische energie van de batterij naar bijvoorbeeld het lampje meeneemt en daar een gedeelte van die energie afstaat. In het lampje wordt dus **geen** lading verbruikt. Maar de lading staat bij het lampje een gedeelte van zijn energie af. Deze elektrische energie wordt in het lampje omgezet in

en



# Energie gaat nooit verloren

Je hebt vele proeven gedaan, waarin te zien was dat de ene energiesoort omgezet kan worden in de andere energiesoort. Gaat daarbij ook energie verloren? Is de hoeveelheid energie vóór de omzetting gelijk aan de hoeveelheid ná de omzetting? Bij de volgende proef gaan we onderzoeken of de totale hoeveelheid energie gelijk blijft.



- 1 Bevestig een lange draad aan het plafond. Hang aan de draad een zwaar voorwerp en laat dat slingeren. Let op de volgende drie standen van het voorwerp:  
Stand A: het voorwerp is uiterst links.  
Stand B: het voorwerp is in zijn laagste stand.  
Stand C: het voorwerp is uiterst rechts.

Welke energie-omzettingen vinden er plaats?

Van stand A naar B

Van B naar C

In welke stand is de bewegingsenergie het grootst?

In welke stand is de bewegingsenergie het kleinst?

In welke stand is de zwaarte-energie het grootst?

In welke stand is de zwaarte-energie het kleinst?

Laat het voorwerp eenmaal een volledige slingering uitvoeren (dus van A naar C en weer naar A).

Het voorwerp komt weer in A terug, en bezit dan weer evenveel zwaarte-energie als in het begin.

**Er gaat bij de energie-omzettingen géén energie verloren.**

Laat het voorwerp nu een aantal slingeren uitvoeren.

Wat valt je op als je let op de uiterste stand van de slinger?

Het lijkt of er energie verloren gaat.

Toch is dit niet het geval, want we hebben een energie-omzetting over het hoofd gezien.

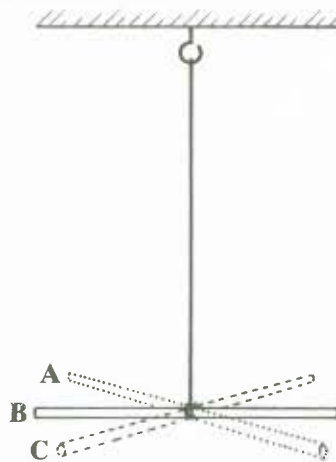
De draad schuurt voortdurend langs het ophangpunt. Ook botsen lichtmolekulen tegen het voorwerp.

In beide gevallen is sprake van wrijving, waarbij \_\_\_\_\_ ontstaat.

Ook hier geldt: de totale hoeveelheid energie blijft gelijk.

**Er gaat géén energie verloren.**

- 2 Hang een ijzerdraad aan het plafond of aan een statief.  
Klem onderaan de draad een ijzeren staaf in het midden vast.



Geef de staaf in een horizontaal vlak een kleine uitwijking en laat hem slingeren. We onderscheiden drie standen:

- A: uiterste stand achter  
B: evenwichts-stand (midden tussen A en C)  
C: uiterste stand voor.

Welke energie-omzettingen vinden er plaats?

Van A naar B

Van B naar C

In welke stand is de bewegingsenergie het grootst/het kleinst?

In welke stand is de veerenergie het grootst/het kleinst?

Laat de staaf eenmaal een volledige slingering uitvoeren (dus van A naar C en weer naar A).

Gaat er energie verloren? Verklaar je antwoord.

Laat de staaf nu een aantal slingeren uitvoeren.

Wat valt je op als je let op de uiterste stand van de staaf?

Het lijkt of er energie verloren gaat. Toch is dit niet waar, want er is energie omgezet in (denk aan proef 1)

Deze energie-omzetting vindt plaats bij

- 3 Sla een aantal malen met een hamer op een blokje lood. Voel na afloop aan het blokje lood en bekijk het goed.  
Waarom is de bewegingsenergie van de hamer omgezet?

- 4 Duw een balletje klei van de tafel af.  
a Welke soort energie bezat het balletje toen het op tafel lag?

- b Wat kun je zeggen over de hoeveelheid bewegingsenergie die het balletje bezit net voordat het de grond raakt?

Als het balletje op de grond ligt is de bewegingsenergie verdwenen. Maar **energie kan niet zomaar verdwijnen**.

- c In welke soort(en) energie is de bewegingsenergie dan omgezet?



# Vermogen

## Inleiding

Als een gewichtheffer een massa van 125 kg in één ruk boven zijn hoofd moet brengen, doet hij dit in ongeveer 5 sekonde. Hij heeft hiervoor 2500 J aan energie nodig. Als een verhuizer dezelfde massa even hoog wil tillen, gebruikt hij daarvoor een takel. Ook hij heeft dan 2500 J aan energie nodig, maar hij doet er 3 minuten over. Het werk van de verhuizer kan bijna door iedereen gedaan worden. De prestatie van de gewichtheffer is voor velen onmogelijk na te doen.



## Vragen

1

Het verschil zit niet in de benodigde hoeveelheid energie, want beiden hebben nodig.

2

Het verschil zit in ,  
die ze ervoor nodig hebben.

3

De gewichtheffer kan 2500 J omhoog tillen, in s. Dus J in 1 s.

De verhuizer kan 2500 J omhoog tillen in s. Dus J in 1 s.

Als je de prestaties eerlijk wilt vergelijken, moet je kijken naar de hoeveelheid energie die ze in dezelfde tijd leveren. Bijvoorbeeld de hoeveelheid energie in 1 s.

**Definitie: de hoeveelheid energie die per sekonde wordt geleverd of verbruikt noemen we het vermogen.**

4

Het vermogen van de gewichtheffer is  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$ .

Het vermogen van de verhuizer

is  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$ .

**De eenheid joule per sekonde wordt de watt genoemd.**

Het vermogen van de gewichtheffer is watt.

Het vermogen van de verhuizer is watt.

## Proeven

1

In deze proef ga je je eigen vermogen bepalen.

Je gaat dit doen door te meten hoeveel tijd je nodig hebt, om een trap op te lopen. Per trede heb je ongeveer 100 J nodig.



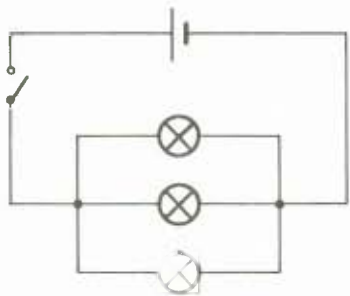
Je hebt treden gelopen in sekonde.

De energie die hiervoor nodig is, bedraagt

Je vermogen is dus  $\frac{\text{J}}{\text{s}} =$  watt.

2

In deze proef ga je het vermogen van een batterij onderzoeken in verschillende situaties.



Bouw de schakeling, waarvan hier het schema is getekend.

a Zijn de lampjes in serie of parallel geschakeld? :

b Het vermogen van elk lampje is watt.

Als het niet op het lampje zelf staat, vraag het dan aan je leraar.

c Elk lampje zet dus J aan energie om in 1 seconde.

d Laat één lampje branden (schroef de twee andere los).

Het vermogen van de batterij is in dit geval watt.

e Laat 2 lampjes branden.

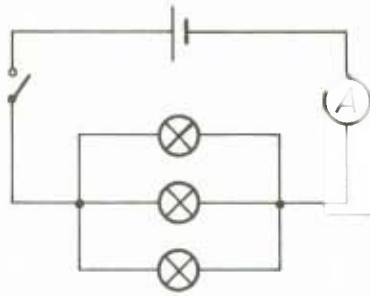
Het vermogen van de batterij is in dit geval watt.

f Laat nu 3 lampjes branden.

Het vermogen van de batterij is nu watt.

3

Bouw in de schakeling uit proef 2 nog een ampèremeter (zie schema hieronder).



Ook nu ga je steeds meer lampjes laten branden en je meet daarbij de stroomsterkte.

Vul de gegevens in in onderstaande tabel.

Aantal lampjes dat brandt	Energieverbruik van de lampjes in 1 s	Vermogen geleverd door batterij	Stroomsterkte
0	J	watt	mA
1	J	watt	mA
2	J	watt	mA
3	J	watt	mA

**Konklusie:** als het vermogen van de batterij toeneemt, wordt de stroomsterkte in de schakeling

Vermogen en stroomsterkte hebben blijkbaar iets met elkaar te maken (zie blok 10).

## Energiesoorten uit het dagelijkse leven

### Energiebronnen.

In P 1 hebben we kennis gemaakt met een aantal energiebronnen. Bekende energiebronnen zijn olie, steenkool en gas.

Er zijn nog een paar bekende energiebronnen, waarmee je echter niet zo gemakkelijk een proefje kunt doen.

In kerncentrales zet men kernenergie uit bijv. uraniumkernen om in warmte en dit weer in elektrische energie. Het uranium is dan de energiebron.

Enkele andere energiebronnen die men probeert te benutten zijn: eb en vloed, de zon en de wind.

### Energiesoorten.

Om je huis te verwarmen kun je verschillende energiebronnen gebruiken: gas of olie in de centrale verwarmingsketel, hout in de open haard en kolen in de kachel. Het gemeenschappelijke van gas, olie, kolen en hout is, dat je deze stoffen moet verbranden om warmte te krijgen. Verbranden is een chemisch proces. We zeggen dan ook dat deze stoffen chemische energie bezitten. Chemische energie is een **energiesoort**. Ook warmte noemen we een energiesoort. Warmte kan op verschillende manieren ontstaan. Bijvoorbeeld door verbranding en door wrijving.

De energiesoort die bewegende voorwerpen bezitten noemen we bewegingsenergie. De wind (= bewegende lucht), die de molenwieken laat ronddraaien, bezit bewegingsenergie. Maar ook de draaiende wieken bezitten bewegingsenergie.

Uit sommige proeven blijkt dat een voorwerp energie bezit die vaak moeilijk te herkennen is. **Doordat er herkenbare energie ontstaat neem je aan dat er oorspronkelijk ook energie was.**

Als je een kogeltje op een helling loslaat gaat het steeds harder rollen: er ontstaat bewegingsenergie. Waarom gaat het kogeltje steeds harder rollen? Doordat de zwaartekracht het naar de aarde toetrekt. Zolang de zwaartekracht vrij spel heeft zal er bewegingsenergie ontstaan. De energiesoort die het kogeltje aan het begin heeft noemen we zwaarte-energie.

De opgewonden veer van bij proef 10 bezit energie. Deze energiesoort noemen we veerenergie. Ook de energie in een gespannen boog noemen we veerenergie. Dit zijn weer twee vormen van één energiesoort.

Een magneet oefent kracht uit op een stukje ijzer. Hij kan aan het ijzer bewegingsenergie geven. We zeggen dat een stukje ijzer in de buurt van een magneet magnetische energie heeft.

Een lampje dat brandt geeft behalve licht ook warmte. Licht en warmte zijn twee verschillende energiesoorten. Een T.L. buis geeft veel licht en maar weinig warmte. Een verwarmingsbuis kan erg warm zijn maar geeft toch echt geen licht!

De energiesoorten die we nu moeten kennen zijn:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. Bewegingsenergie    | 6. Zwaarte-energie     |
| 2. Warmte-energie      | 7. Veerenergie         |
| 3. Chemische energie   | 8. Lichtenergie        |
| 4. Elektrische energie | 9. Magnetische energie |
| 5. Kernenergie         |                        |

### Energie-omzettingen.

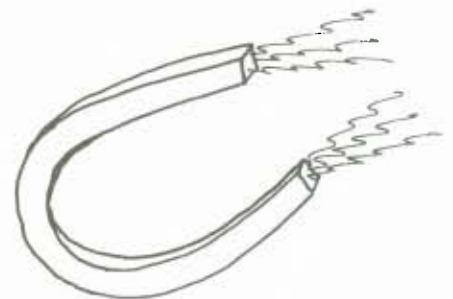
In P 1 hebben we vele proeven gedaan waarbij energie werd omgezet.

De bewegingsenergie van het draaiende fietswiel werd door wrijving met je hand omgezet in warmte. Dat voel je!

Bij een draaiende dynamo wordt bewegingsenergie omgezet in elektrische energie. Zo vinden er in het dagelijkse leven heel veel energie-omzettingen plaats.

Meestal gaat de energie bij een omzetting over van de ene soort in een andere soort.

Dat dit niet altijd zo is zien we bij een windmolen. Daar wordt de bewegingsenergie van de wind omgezet in de bewegingsenergie van de wieken.



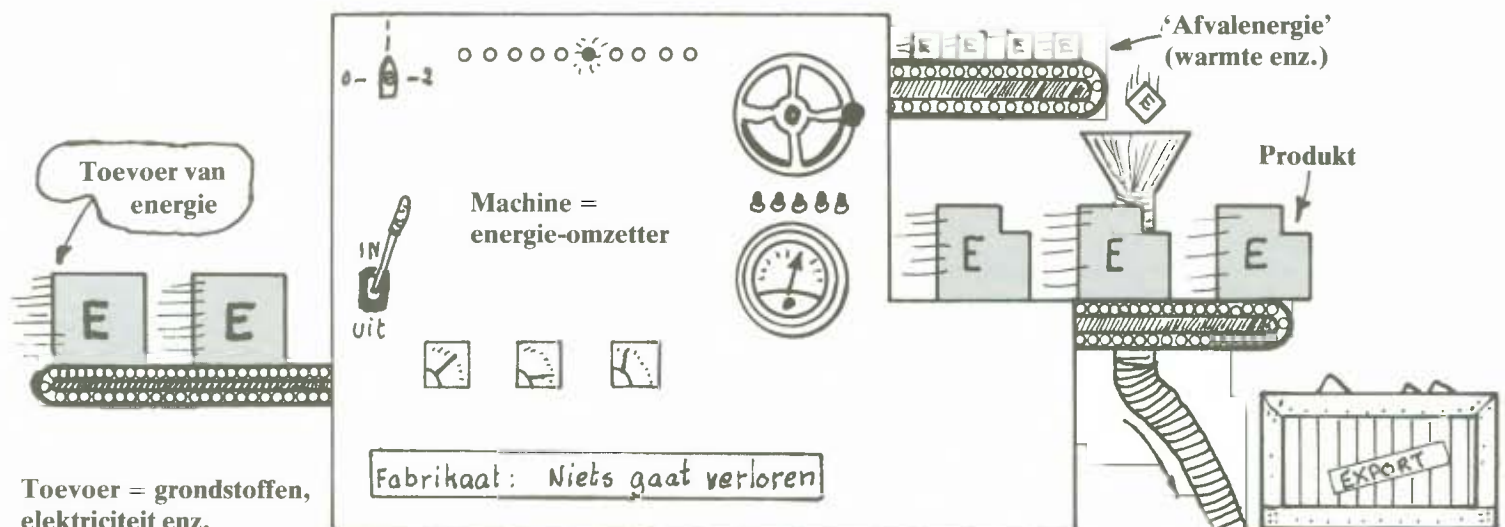
## Energie gaat nooit verloren

Zoals je weet is het mogelijk om energie van de ene soort in energie van de andere soort om te zetten. Waar we ons nu mee bezig houden is de vraag of de hoeveelheid energie vóór de omzetting gelijk is aan de hoeveelheid ná de omzetting. Om die vraag te kunnen beantwoorden zullen we de hoeveelheid energie vóór en ná de omzetting moeten meten. Dit meten geeft echter problemen, want hoe kun je bewegingsenergie vergelijken met warmte of hoe kun je veerenergie vergelijken met bewegingsenergie? Om dit probleem te ondervangen bekijken we omkeerbare energie-omzettingen. Bijvoorbeeld zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie en dan wordt die bewegingsenergie weer omgezet in zwaarte-energie. Dat gebeurde bij de slinger. Wat we kunnen vergelijken is de hoeveelheid zwaarte-energie aan het begin en aan het eind van een slingering. Door dergelijke proeven krijgen we het vermoeden dat bij alle energie-omzettingen de hoeveelheid vóór en ná de omzetting hetzelfde is. Dit is een belangrijke wet in de natuurkunde:

**Bij iedere energie-omzetting is de hoeveelheid energie voor en na de omzetting even groot.**

Dit noemen we: **de wet van behoud van energie**.  
Denk erom: we hebben het niet bewezen.  
Totdat aangetoond wordt dat de wet onjuist is, **nemen we aan** dat hij klopt.  
Het **lijkt** of er tijdens de proeven energie verdwijnt.  
Verdwijnt er werkelijk energie?  
Bij nauwkeurige bestudering blijkt:  
Bij veel energie-omzettingen ontstaan er ook energiesoorten die we niet verwachten.  
We merken die niet altijd op.  
Als we bij de energie-omzettingen rekening houden met het ontstaan van deze energiesoorten dan blijkt de wet van behoud van energie weer te kloppen.  
Eén van de energiesoorten die we niet altijd verwachten is warmte. Toch komt deze energiesoort bij veel omzettingen voor. Zo ontstaat er warmte bij elke energie-omzetting, waarbij sprake is van wrijving.

### De werking van een machine.



Soms lijkt het alsof een gedeelte van de energie op een slinkse manier verdwijnt . .

De eenheid van energie is joule.

**Afkorting: J.**

Om een indruk te geven van hoeveel energie 1 J is, een paar voorbeelden.

- Het optillen van een voorwerp van 10 kg van de grond op tafel kost ongeveer 80 J aan energie.
- Een auto met een snelheid van 72 km/h heeft ongeveer 160.000 J bewegingsenergie (een vrachtauto: 2.000.000 J).
- Als een liter benzine verbrandt komt er 33.000.000 J vrij.
- Als een kg steenkool verbrandt, komt er 29.000.000 J vrij.
- 1 kg uranium kan in een kernreaktor  $7,98 \times 10^{13}$  J energie leveren.



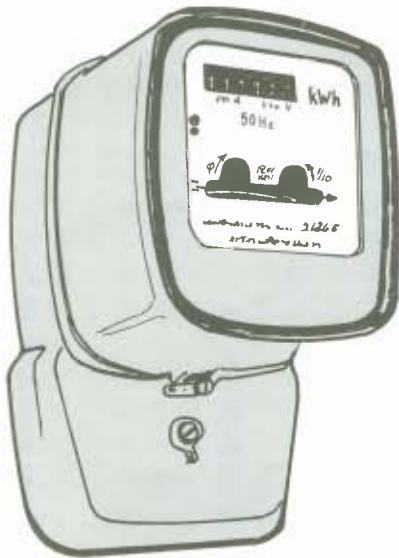
## Vermogen

In P 1 heb je gezien, dat een elektrische stroom kan worden opgevat als een hoeveelheid stromende lading, die energie heeft. Deze energie noemen we **elektrische energie**. De batterij geeft aan de lading, die door de batterij stroomt, deze energie. Een sterke batterij geeft aan de lading meer energie dan een zwakke batterij. Als een batterij 'leeg' is, betekent dat, dat de batterij geen energie meer meegeeft aan de lading. Je kunt beter zeggen, dat de batterij 'uitgeput' is. Hij is immers niet leeg, want er zit nog van alles in. Als de lading zijn energie van de batterij heeft gekregen, staat hij deze energie geheel of gedeeltelijk af bij een lampje of een ampèremeter. Hierdoor gaat het lampje branden (lichtenergie en warmte) en slaat de ampèremeter uit (magnetische energie). De hoeveelheid energie die een batterij in één seconde omzet, noemen we **het vermogen** van de batterij.

De hoeveelheid energie die een lamp in één seconde omzet, noemen we **het vermogen** van de lamp.

De eenheid van vermogen is **joule per seconde** (afgekort  $\frac{J}{s}$ ), die meestal **watt** wordt genoemd (afgekort W).

Een lamp met een vermogen van 60 watt zet dus in 1 seconde 60 joule aan energie om. Na een uur is er in deze lamp van  $60 \times 3600 = 216.000$  joule aan energie omgezet in licht-energie en warmte.



Wanneer je thuis het gebruik aan elektrische energie gedurende een bepaalde tijd wilt weten, dan kun je de meterstand opnemen in de meterkast. Het vervelende is dat de meter de energie niet in joule aangeeft, maar in een andere energie-eenheid, namelijk de kilowattuur (kWh). Deze eenheid is vooral geschikt voor grote hoeveelheden energie. Je kunt gemakkelijk uitrekenen hoeveel joule gelijk is aan 1 kWh ( $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ ).

Een kilowattuur is namelijk de energie die wordt omgezet door een apparaat met een vermogen van 1 kilowatt (1000 W) in één uur (3600 seconden). Dus  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \times 3600 \text{ J} = 3.600.000 \text{ J}$ .

De lamp in het voorbeeld hierboven heeft een vermogen van  $60 \text{ W} = 0,06 \text{ kW}$ . Hij brandt 1 uur.

Dus is er  $0,06 \text{ kW} \times 1 \text{ uur} = 0,06 \text{ kWh}$  verbruikt.

Dat is  $0,06 \times 1000 \times 3600 \text{ J} = 216.000 \text{ J}$  zoals we hierboven al zagen.



## Energie uit het dagelijkse leven

**1**  
Hieronder staan een aantal voorwerpen. Deze voorwerpen bezitten vaak een bepaalde energie of kunnen energie leveren. Plaats ze in de kolom onder de juiste energiesoort.  
Vuur, papier, wind, gewreven plastic kam, vallende steen, batterij, eb en vloed, benzine, voedsel, elektrische kookplaat, wijzer van een horloge, uranium, vliegtuigpropeller, de zon, dynamietstaaf, akku, tijdbom.

Chemische energie	Warmte	Bewegings-energie	Kernenergie	Elektrische energie

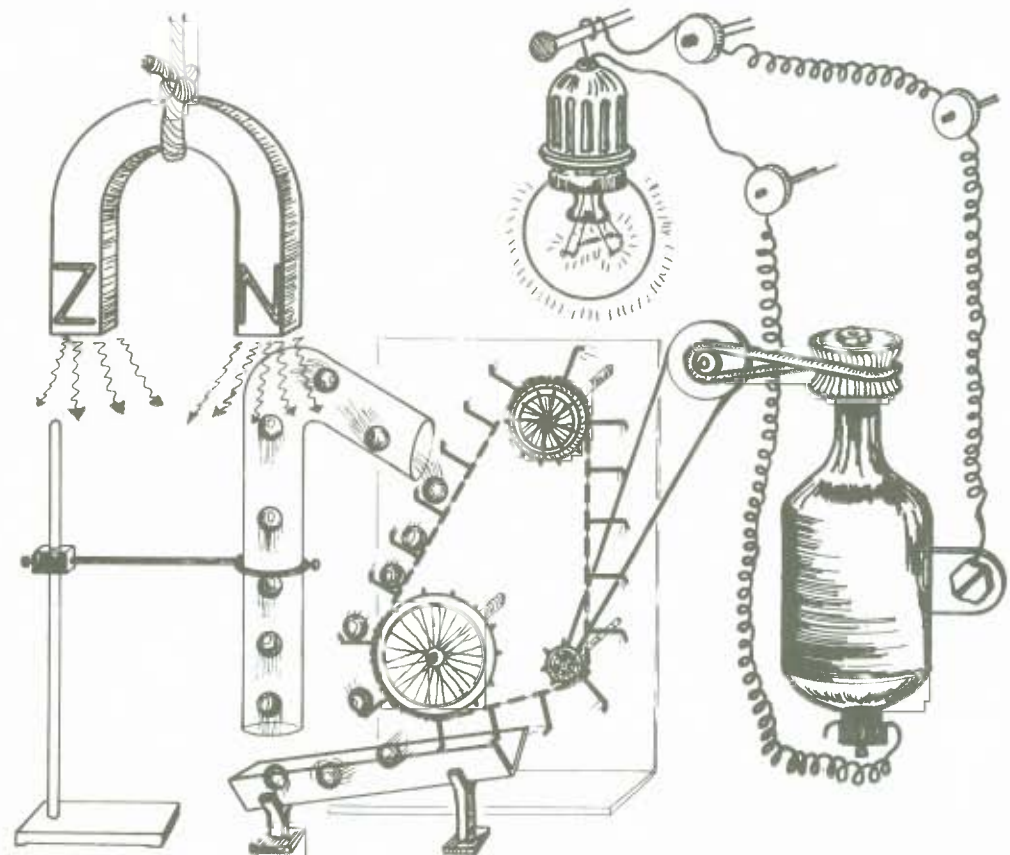
**2**  
Welke energiesoorten worden in de volgende apparaten in elkaar omgezet?  
a Pick-up element  
b Radio  
c Stationsklok  
d Ventilatorkachel

**3**  
Bedenk zelf een apparaat of proefje waarin de volgende energie-omzettingen plaatsvinden.  
Voorbeeld: zwaarte-energie → bewegingsenergie.  
Antwoord: een vallende bal.  
a Veerenergie → bewegingsenergie  
b Chemische energie → lichtenergie  
c Bewegingsenergie → zwaarte-energie

**4**  
Sluit een elektrische straalkachel aan op een stopkontakt.  
Welke energie-omzettingen zie je?  
  
**5**  
Houd een elektromagneet boven wat ijzervijlsel.  
(Je kunt een elektromagneet zelf maken door 1 meter koperdraad om een spijker te winden. Om de draad moet isolatie zitten. De uiteinden van de draad kun je verbinden met de polen van een platte batterij.)  
Geef de energie-omzettingen aan.

**6**  
Gooi een bolletje klei omhoog zodat het aan het plafond blijft plakken.  
Geef de energie-omzettingen aan.  
  
**7**  
Laat een kogeltje van een hellend vlak op een ruwharig kleed rollen.  
Welke energie-omzettingen zie je?  
  
**8**  
Bekijk het getekende apparaat hieronder eens. Daarmee kun je toch wel op erg goedkope wijze elektrische energie maken. Schrijf de energie omzettingen eens op die je kunt ontdekken.

Ben je benieuwd of het apparaat ook werkt? Je kunt het misschien zelf wel bouwen!



## Energie gaat nooit verloren

In de volgende opgaven zullen we de **wet van behoud van energie** gaan toepassen.

**1**  
In 1 seconde verbruikt een elektrisch kacheltje 1000 joule elektrische energie. Hoeveel joule warmte komen er dan in 1 s in de kamer bij?

**2**  
Een gummi bal ligt op tafel en heeft een hoeveelheid zwaarte-energie. Je laat de bal van tafel vallen.  
Wat kun je zeggen over de hoeveelheid bewegingsenergie die het balletje net boven de grond heeft?

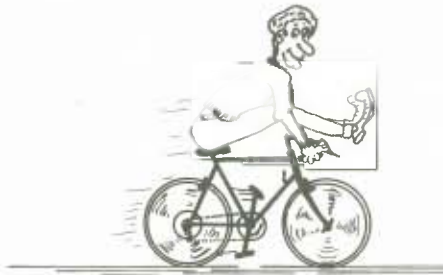
**3**  
Een sterke lamp neemt in 1 s 60 joule elektrische energie op.  
**a** Wat kun je zeggen over de hoeveelheid licht en warmte samen die de lamp in 1 s afgeeft?  
**b** Is de hoeveelheid licht die de lamp in 1 s afgeeft, groter, kleiner of gelijk aan 60 joule?

**4**  
Een fabrikant maakt reclame voor een balletje dat, als het van een tafel valt, steeds hoger terug stuit.  
Verklaar waarom de fabrikant dit balletje niet kan maken.



**5**  
Als een auto remt, wordt zijn bewegings-energie omgezet in wrijvingswarmte. We kijken nu naar drie mogelijkheden.  
1. De auto remt als hij een berg op rijdt.  
2. De auto remt als hij op een vlakke weg rijdt.  
3. De auto remt als hij een berg afrijdt.  
Bij welke remweg produceert hij de minste wrijvingswarmte?  
Waarom?  
Bij welke rit produceert hij de meeste wrijvingswarmte?  
Waarom?

**6**  
Je monteert op je fiets een grote dynamo en een elektromotor. Je sluit beide aan op elkaar. Dan ga je naar een overdekte wielervedbaan en brengt je fiets één keer op gang, zodat de dynamo de elektromotor van stroom voorziet.  
Kan deze fiets altijd blijven doorrijden?



Verklaar je antwoord:

**7**  
Als het licht van je fiets aan is, moet je harder trappen. Leg uit waarom.

**8**  
Je rijdt op de fiets en bezit op een bepaald moment bijvoorbeeld 1250 joule bewegingsenergie.  
Je trapt niet meer door en staat na 100 meter stil.  
Hoeveel warmte is er dan ontstaan?

**9**  
Bij een klok met een slinger moeten we regelmatig de gewichten ophijzen.  
Leg uit waarom.

## Vermogen

**1**  
Noem twee eenheden van elektrische energie?

**2**  
Hoe vindt het transport van elektrische energie plaats?

**3**  
**a** Wat geeft de grootte van vermogen aan?  
**b** Wat is de eenheid van vermogen?

**4**  
Een elektrisch apparaat verbruikt in 10 seconde 30 joule aan energie.  
Bereken het vermogen van dit apparaat.

**5**  
Een lamp zet in 2 uur tijd 720.000 J om in warmte en lichtenergie.  
Bereken het vermogen van de lamp.

**6**  
Een lamp heeft een vermogen van 100 watt.  
Bereken hoeveel energie deze lamp omzet, als hij brandt van 20.00 uur tot 22.45 uur.

**7**  
Een strijkijzer van 1000 watt heeft na verloop van een bepaalde tijd 900.000 J aan energie omgezet. Hoeveel minuten heeft het strijkijzer aangestaan?

**8**  
Een strijkijzer van 1200 watt wordt per dag een half uur gebruikt en een gloeilamp van 40 watt brandt per dag 6 uur.  
Wat zet per dag meer energie om, het strijkijzer of de gloeilamp?

**9**  
De vermogens van twee auto's worden met elkaar vergeleken.  
Beide auto's rijden met een konstante snelheid van 100 km/h.  
Vul de gegevens in onderstaande tabel aan (gebruik ook de tabel uit T<sub>2</sub>).

Auto	Snelheid	Benzine verbruik	Benzine verbruik per uur	Energie-verbruik per uur	Vermogen
Jaguar	100 km/h	1 liter op 5 km	1	J	W
Mini	100 km/h	1 liter op 12,5 km	1	J	W

# Energiespel

Als je tegenwoordig de krant leest, merk je dat er ontzettend veel over energieproblemen geschreven wordt. We gaan hierover wat nadenken door middel van een energiespel.

Neem nu eerst het speelbord voor je (blz. 19). Je zult merken dat dit geen spel is, zoals je gewend bent. Als winnaars zullen geen spelers tevoorschijn komen, maar de meest geschikte energiebronnen.

Het spel speelt zich af op een eiland, ergens ver weg. Hierop wonen ongeveer 100 000 mensen. Per jaar gebruiken ze een totale energie van ongeveer  $10^{16}$  joule ( $10^{16}$  is een één met 16 nullen!). Deze energie kunnen we in vier groepen indelen (kijk op het speelbord).

A Verwarming van huizen, gebouwen en water  $4,5 \cdot 10^{15}$  joule

B Elektrische energie voor huizen, gebouwen, bedrijven  $1,0 \cdot 10^{15}$  joule

C Industrie (ovens en dergelijke)  $1,5 \cdot 10^{15}$  joule

D Verkeer en transport  $2,0 \cdot 10^{15}$  joule

De getallen geven de hoeveelheid gebruikte (= omgezette) energie aan.

De bedoeling van het spel is nu om voor A, B, C en D achtereenvolgens de meest geschikte energiebron te zoeken.

Voor dit spel beperken we ons tot vijf energiebronnen: zonne-energie, kern-energie, windenergie, aardolie/aardgas en steenkool.

Je zou nu hieruit de meest geschikte energiebron kunnen kiezen door alleen naar de prijs te kijken, maar er zijn nog andere factoren die een belangrijke rol spelen.

Je zult trouwens een verdeling moeten maken, want je kunt niet iedere energiebron overal voor gebruiken.

**Voer nu de volgende opdrachten uit in groepjes.**

Lees eerst de stukjes over de verschillende energiebronnen op de volgende bladzijden.

**1**  
 Waardeer na discussie in je groep de vóór- en nadelen van de energiebronnen met punten van 0 t/m 10. Dus voor een groot nadeel geef je bijvoorbeeld een 1. Voor een belangrijk voordeel geef je een 10. De grens tussen vóór- en nadeel ligt bij 5. Wanneer je zelf nog voordelen en nadelen kent, kun je die ook gebruiken. Vul daarna samen onderstaande tabel in en tel de punten voor iedere energiebron op.

Bronnen Vóór- of nadelen	Zonne- energie	Kernenergie	Windenergie	Aardolie/ aardgas	Steenkool
Voorraad					
Milieu					
Veiligheid					
Politieke afhankelijkheid					
Opslag					
Andere					
Totaal					



2 Noteer nu op het speelbord bij iedere verbindingspijl de waardering in aantal punten.

3 Bereken nu voor iedere energiebron de totale prijs die voor de vereiste hoeveelheid energie betaald moet worden. Je kunt hiervoor gebruik maken van het volgende tabelletje.

Zonne-energie
kost 8 miljoen munten per $10^{15}$ joule
Kernenergie
kost 11 miljoen munten per $10^{15}$ joule
Windenergie
kost 12 miljoen munten per $10^{15}$ joule
Aardgas/aardolie
kost 6 miljoen munten per $10^{15}$ joule
Steenkool
kost 5 miljoen munten per $10^{15}$ joule

**Voorbeeld:** Voor verwarming van huizen, gebouwen en water is nodig  $4,5 \cdot 10^{15}$  joule energie (per jaar). Als we hiervoor zonne-energie gebruiken is de totale prijs hiervoor dus  $4,5 \times 8$  miljoen = 36 miljoen munten. Noteer nu bij iedere verbindingspijl op het speelbord ook de totale prijs.

4 Kies nu na overleg de meest geschikte energiebronnen en schrijf de belangrijkste argumenten op.

## INFORMATIE OVER MOGELIJKE ENERGIEBRONNEN

### Zonne-energie

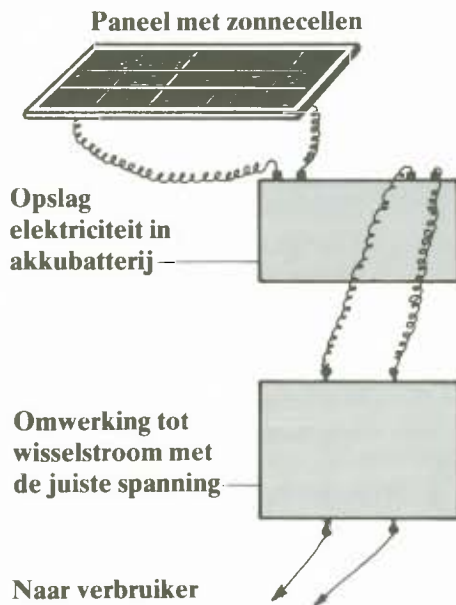
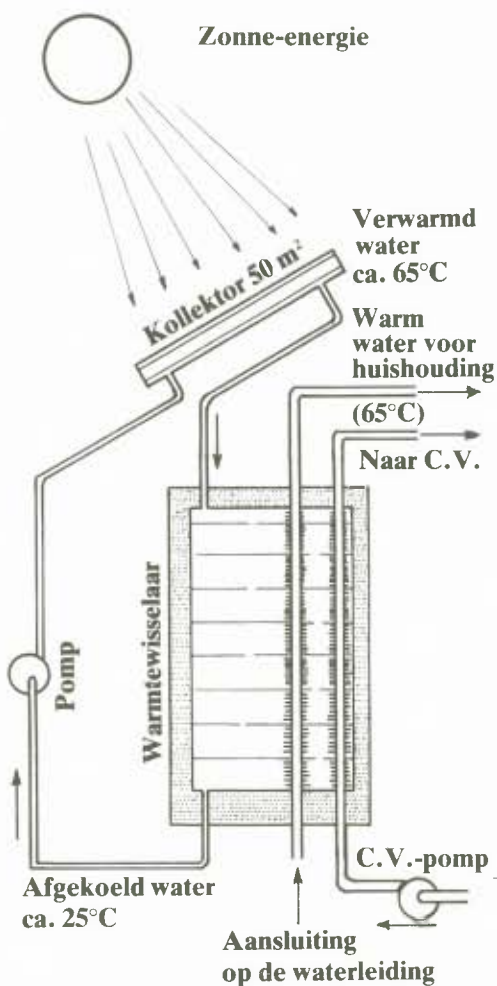
Zonne-energie kan goed gebruikt worden voor verwarming van gebouwen en voor verwarming van het water voor huishoudelijk gebruik.

Men kan dit verwezenlijken door op het dak van zo'n huis een zonnepaneel te maken.

Het oppervlak van zo'n paneel is meestal zwart en wordt erg warm als de zon erop schijnt. Daaronder liggen buizen waar water doorheen stroomt. Dit water wordt dus verwarmd.

#### Voordelen:

Een zeer belangrijk voordeel is, dat het zo overvloedig aanwezig is. De zon levert 100.000 keer zoveel energie per jaar, als wij in een jaar op de aarde gebruiken. Het



verwarmen van huizen op deze manier veroorzaakt geen vervuiling van het milieu. Het is een erg veilig systeem. Er kunnen geen rampen optreden. Men is hiermee nogal onafhankelijk van andere landen, want de zon schijnt overal.

#### Nadelen:

Omdat de zon ook wel eens niet schijnt, is het nodig om voorzieningen te treffen om de warmte op te slaan.

#### Prijs:

De prijs van zonne-energie is ongeveer 8 miljoen munten per  $10^{15}$  joule. Dit zijn dan de kosten van de installatie om zonne-energie om te zetten in warmte. De kosten om de warmte op te slaan zijn niet meegerekend.

### Kernenergie

In een kernreactor komt de energie vrij die opgeslagen ligt in de kernen van de atomen.

Het principe is als volgt:

De atoomkernen zijn opgebouwd uit elementaire deeltjes: protonen en neutronen. Door beschieting met een neutron, kan een atoomkern gespleten worden. Bij splijting van een zware atoomkern (uranium, plutonium) valt deze in twee delen uiteen. Daarbij komt energie vrij in de vorm van warmte en radioactieve straling. Bovendien worden uit de kern enkele neutronen gestoten. Het zijn deze neutronen die in staat zijn om weer andere kernen tot splijting te brengen. Hierdoor kan een kettingreactie op gang worden gebracht. Het is mogelijk dit proces zo te regelen dat de hoeveelheid warmte die vrij komt konstant blijft. Hiermee kan een stoomturbine aangedreven worden die op haar beurt weer een generator aandrijft, waardoor we elektrische energie krijgen.

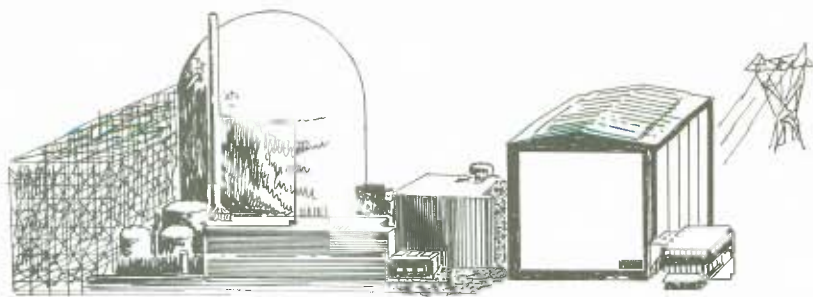
#### Voordelen:

Er zijn kernreactoren in ontwikkeling die behalve energie ook nog een nieuwe splijtstof produceren (kweekreactoren). Deze hebben dus het grote voordeel dat ze zelf brandstof voor andere kernreactoren produceren. Een ander voordeel van kernenergie is dat weinig splijtstof veel energie kan leveren.

#### Nadelen:

Radioactieve straling vergroot de kans op ziekten (kanker) en erfelijke afwijkingen.

Een ander nadeel van kernenergie is het risico van een ramp wanneer de kettingreactie niet in de hand gehouden kan worden of bij sabotage.



De brokstukken die ontstaan bij de splijting zijn ook radio-actief. Deze afvalprodukten moeten ergens goed opgeslagen worden, want ze blijven nog miljoenen jaren radio-actief (en dus gevaarlijk). De kans dat door verspreiding van kernreactoren voor vreedzaam gebruik, ook kernwapens verspreid worden is een zeer groot nadeel. Een kerncentrale produceert evenals iedere andere centrale ook afvalwarmte die in de vorm van koelwater geloosd moet worden.

### Prijs:

We schatten de kostprijs van kernenergie voor ons eiland op 11 miljoen munten per  $10^{15}$  joule. Deze prijs bestaat uit de kosten van de omzetting van kernenergie in elektrische energie (de reaktor dus), de kosten van de splijtstof, de produktiekosten van nieuwe brandstof en de transportkosten. In deze prijs zijn geen voorzieningen betrokken om bovenstaande nadelen te verminderen.

### Windenergie

Wind is bewegende lucht en bevat dus ook energie. Om voldoende profijt hiervan te hebben moeten we windmolens zetten op



grote open stukken. De zee is hiervoor zeer geschikt.

Met de windmolens kan men grote generatoren aandrijven en zo dus elektrische energie verkrijgen.

Het belangrijkste **voordeel** van deze energiebron is, dat zij praktisch onuitputtelijk is.

Eveneens een voordeel is het milieuvriendelijke karakter van de bron.

Een groot **nadeel** is dat de wind steeds van sterkte verandert. Men moet dus voorzieningen treffen om de energie op te slaan voor perioden met windstilte.

### Prijs:

We schatten de kostprijs voor ons eiland op 12 miljoen munten per  $10^{15}$  joule. Dit zijn de kosten van de windmolens en van de installaties om de windenergie om te zetten in elektrische energie. Ook de transportkosten van de elektrische energie zijn in het bedrag opgenomen. Niet opgenomen in de kostprijs zijn de opslagvoorzieningen die getroffen moeten worden.

### Aardolie/aardgas

Aardolie en aardgas vormen energiebronnen die bijna gebruiksklaar op onze aarde worden aangetroffen. Ze zijn miljoenen jaren geleden gevormd in de aardkorst uit plantaardige resten.

De voorraad is echter niet voldoende om aan onze vraag naar energie te blijven voldoen.

Een ander nadeel is de vervuiling van het milieu (koolzuurgas) welke optreedt bij het verbranden van aardolie en aardgas. Ook veroorzaken deze bronnen zogenaamde thermische vervuiling bij hun verbranding. Voor centrales is bijvoorbeeld koelwater nodig, dat warmer is als het weer geloosd wordt.

Verder kunnen we als nadeel noemen, het feit dat aardolie en aardgas op een gering aantal plaatsen op aarde gevonden worden.

Diegenen die aardolie gebruiken worden zo zeer afhankelijk van de landen die de bronnen bezitten. Denk maar eens aan de

oliecrisis van 1973, de situatie in Iran en de voortdurende prijsstijgingen.

### Prijs:

De prijs voor ons eiland bedraagt 6 miljoen munten per  $10^{15}$  joule. \* Dit zijn de kosten van winning en raffinage, en tevens de transportkosten. Eventuele omzetting in elektrische energie is hierin niet opgenomen. Ook is geen rekening gehouden met voorzieningen of maatregelen die getroffen kunnen worden om bovenstaande nadelen te verminderen.

\* Deze prijs is in 1978 vastgesteld. Misschien is een correctie nodig.

### Steenkool

Ook steenkool is in het verre verleden in de aardkorst gevormd uit plantaardige resten. De voorraad steenkool is echter veel groter dan die van aardolie of aardgas.

Tegenover dit voordeel staan echter de volgende **nadelen**:

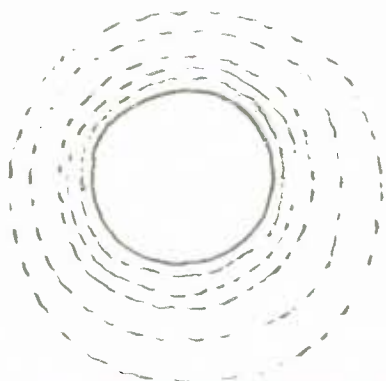
Steenkool veroorzaakt bij verbranding veel vervuiling (koolzuurgas en zwaveldioxide).

Het is veel moeilijker te vervoeren en op te slaan dan aardolie en aardgas. Ook door deze energiebron te kiezen maakt men zich afhankelijk van andere landen. Ook deze energiebron produceert veel afvalwarmte.

### Prijs:

De prijs voor ons eiland bedraagt 5 miljoen munten per  $10^{15}$  joule. Deze prijs wordt gevormd door de kosten van winning en de transportkosten. Geen rekening is gehouden met opslagvoorzieningen en kosten om milieuvervuiling te voorkomen.



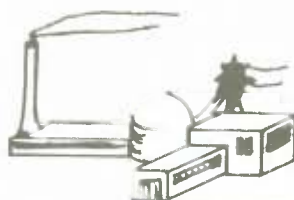


### Zonne-energie

**Voordelen:** zeer grote voorraad, milieuvriendelijk, veilig.

**Nadeel:** wisselend (opslagproblemen)

**Prijs:** 8 miljoen munten per  $10^{15}$  joule



### Kernenergie (kweekreaktor)

**Voordelen:** maakt zelf brandstof.

**Nadelen:** radio-actieve vervuiling, opslagproblemen, radio-actieve afval, risico van ramp, risico van sabotage, verspreiding van kernwapens, afvalwarmte.

**Prijs:** 11 miljoen munten per  $10^{15}$  joule.

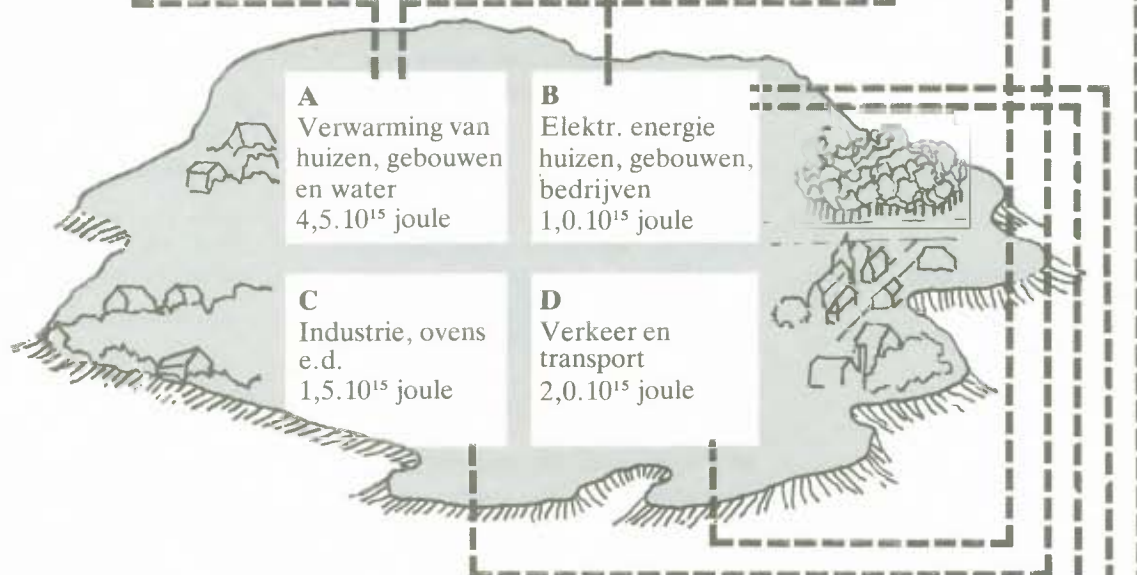


### Aardolie/aardgas

**Voordeel:** goedkoop te winnen.

**Nadelen:** beperkte voorraad, milieuvervuiling, politieke afhankelijkheid, afvalwarmte.

**Prijs:** 6 miljoen munten per  $10^{15}$  joule.



### Windenergie

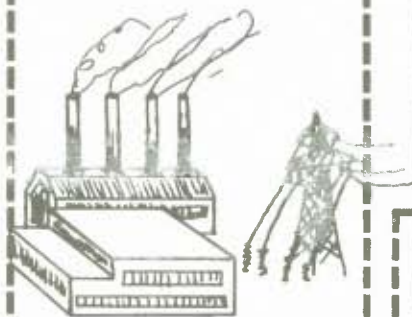
**Voordelen:** zeer grote voorraad, milieuvriendelijk.

**Nadeel:** wisselen (opslagproblemen)

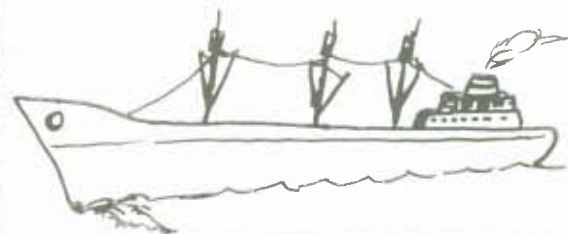
**Prijs:** 12 miljoen munten per  $10^{15}$  joule.

verlies  
 $\frac{2}{3}$  van de  
aanvoer

$\frac{1}{3}$  van de  
aanvoer



### Elektriciteitscentrale



### Steenkool

**Voordeel:** grote voorraad, goedkoop

**Nadelen:** milieuvervuiling, politieke afhankelijkheid, afvalwarmte, opslagproblemen.

**Prijs:** 5 miljoen munten per  $10^{15}$  joule.

## Tot welke energiesoort behoort de energie van dit voorwerp?

### Inleiding

In T 1 heb je gezien dat je energie in kunt delen in verschillende soorten. De naam van zo'n energiesoort is meestal afgeleid van de bron of het voorwerp dat de energie bezit.

#### 1

Zoek in T 1 de energiesoorten op, die daar genoemd zijn en schrijf ze hieronder neer.

---

---

---

---

---

---

---

---

#### 2

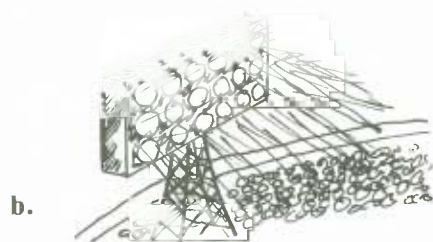
In de volgende tekeningen is iedere energiesoort één keer in beeld gebracht. Vul die energiesoort in.

Voorwerpen bezitten vaak meer dan één energiesoort.

Vul in de onderstaande zinnen steeds de juiste energiesoort in.



Deze springplank bezit veel



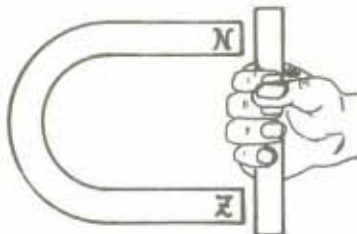
Deze stadionlamp geeft vooral veel

c.



Deze race-auto bezit veel

d.



Het ijzeren staafje voor de magneet bezit

e.



In deze kerncentrale gebruikt men plutonium. Plutonium bezit

f.



Het water in dit stuwmeer wordt gebruikt als energiebron. Het bezit

g.



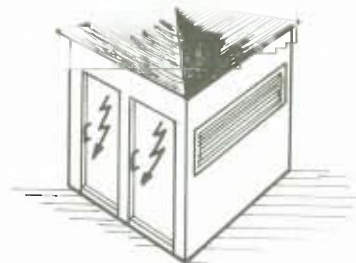
De energiesoort die de vlam van deze gasbrander voornamelijk bezit is

h.



De olie in dit vat bezit

i.



Uit dit huisje komt

3

Een brandende lamp levert behalve  
ook meestal

4

Toen Jantje bij de storm een tak op zijn hoofd kreeg beseftte hij dat hout ook  
kan bezitten.

'In de kachel met die tak!', zei hij. 'Nu gebruik ik tenminste de  
in het hout.'

5

Ik zag eens een baksteen aan een rubberen elastiek hangen. Omdat het elastiek zover uitgerekt was, dacht ik alleen maar aan de  
van het elastiek.

Toen het rubber brak merkte ik dat de  
steen ook veel bezat.



## Energie omzettingen

We hebben kennis gemaakt met negen energiesoorten. Dit waren achtereenvolgens:

Bewegingsenergie Zwaarte-energie  
Warmte Veerenergie  
Chemische energie Lichtenergie  
Kernenergie Magnetische energie  
Elektrische energie

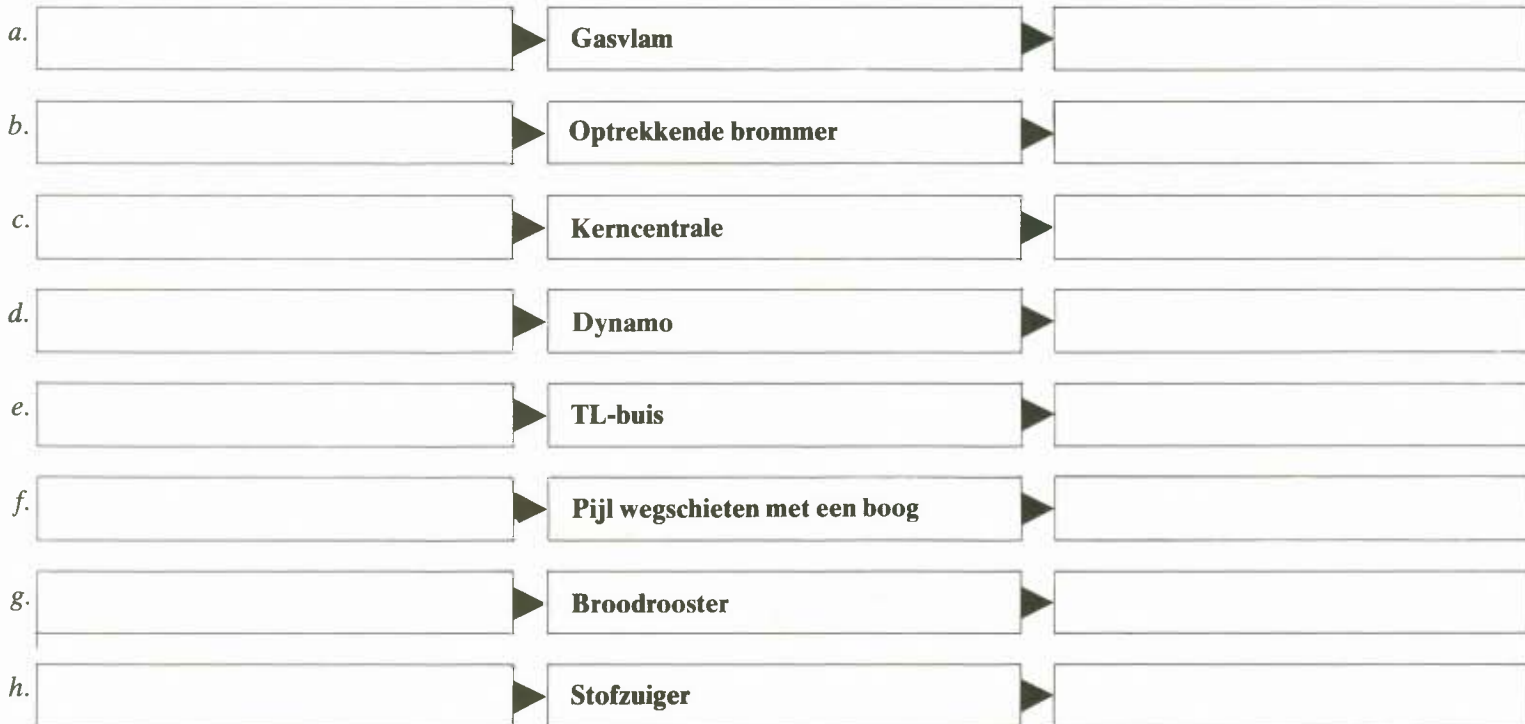
We zullen in dit herhaalblad nog eens gaan kijken hoe energie kan worden omgezet van de ene soort in de andere.

### 1

We gaan daartoe bij apparaten, machines, gebeurtenissen en proeven onderzoeken welke energiesoort er aan 't begin is en welke we aan het eind hebben. Bijvoorbeeld:

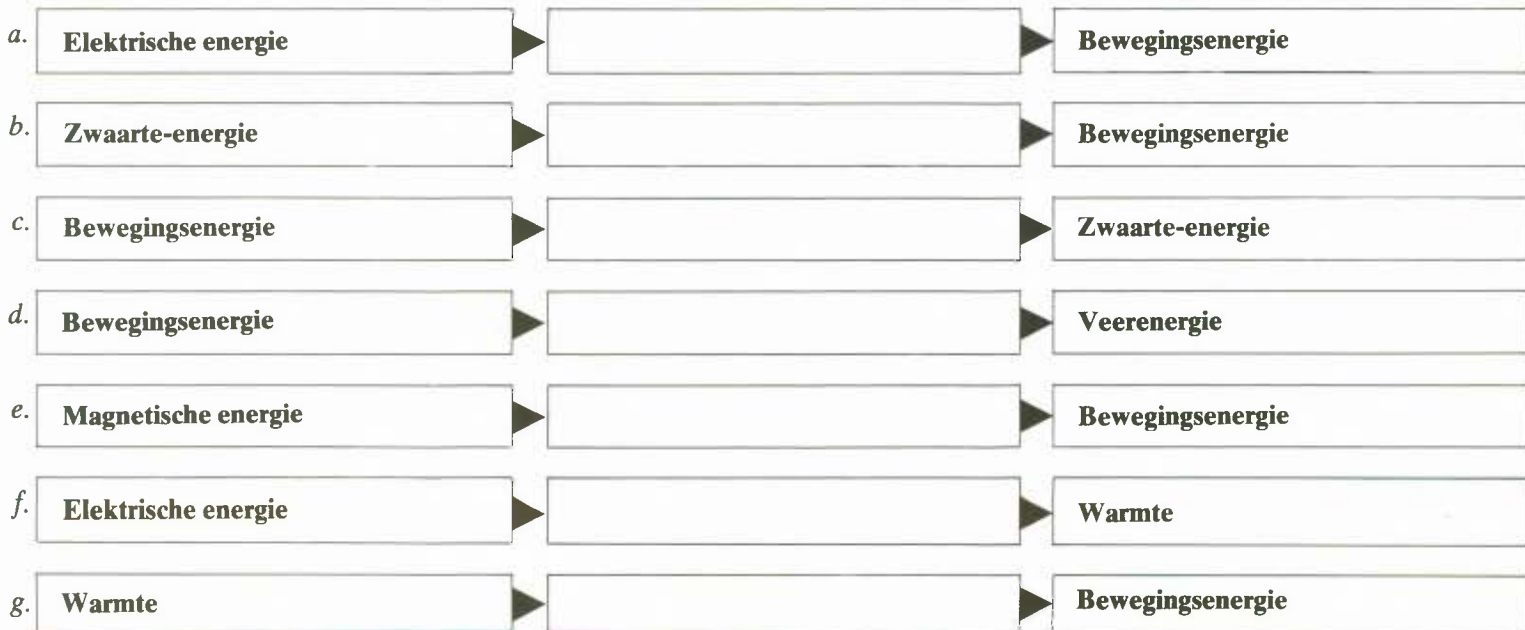


Vul zo zelf de ontbrekende energiesoorten in bij de volgende opdrachten:



### 2

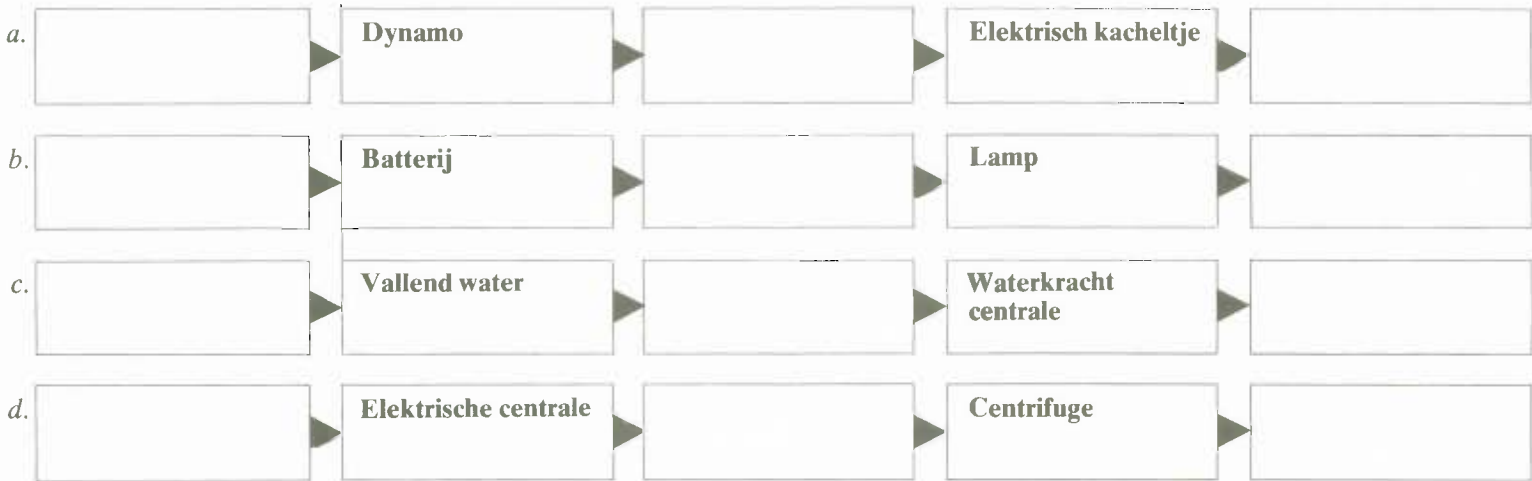
We gaan nu de apparaten, machines, gebeurtenissen of proeven zelf zoeken, terwijl de energiesoorten aan het begin en het eind bekend zijn. Je kunt daarvoor kiezen uit: Boiler - vlieger die stijgt - trein die tegen een buffer stoot - heteluchtballon - elektromotor - instortende brug - spijkertje dat naar een magneet beweegt.



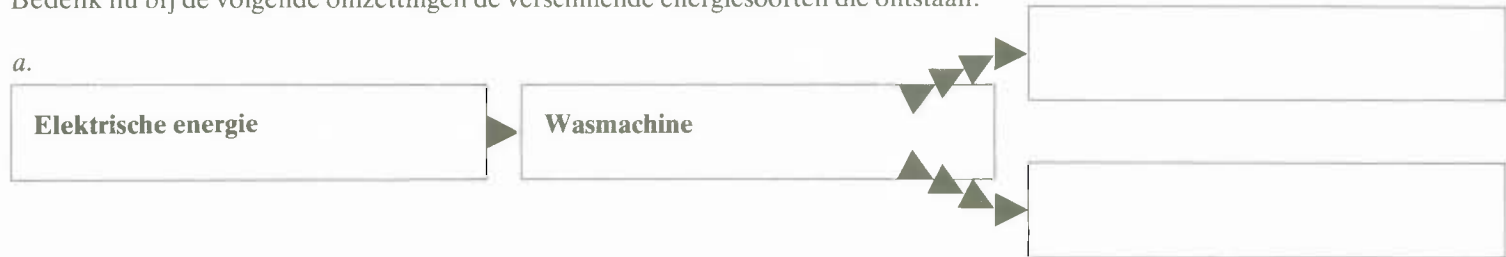
3  
Je kunt de energiesoort die bij een omzetting ontstaat heel vaak weer omzetten in een derde soort. Bijvoorbeeld:



Vul nu zelf in onderstaande opdrachten de ontbrekende energiesoorten in.



4  
Je hebt misschien gemerkt dat bij sommige omzettingen meer dan één nieuwe energie-soort ontstaat. Bij de gasvlam bijvoorbeeld ontstaat niet alleen warmte, maar ook lichtenergie want de vlam straalt ook licht uit. Verder ontstaat er bewegingsenergie want de warme lucht boven de gasvlam stijgt op.  
Bedenk nu bij de volgende omzettingen de verschillende energiesoorten die ontstaan:



c Maak nu zo'n schema bij het volgende proefje:  
Leg een metalen plaat op een drievoet en



verhit die met een bunsenbrander. Leg hierop een lucifer waarvan de kop omwikkeld is met zilverpapier.  
d Maak ook zo'n schema bij het volgende proefje.  
Prik zowel in de bodem als in het deksel van een buis twee gaten en rijg daar elastiekjes door.  
Maak aan één van de elastiekjes een gewicht vast en sluit de bus. Draai de bus



een aantal keren om zijn as en leg hem op de vloer.

## Wet van behoud van energie

In dit herhaalblad gaan we nog eens kijken naar de belangrijkste wet in de natuurkunde, namelijk de wet van behoud van energie.

Wat betekent deze wet nu precies? Het antwoord is in twee delen op te splitsen.

**A**

Bij een energie-omzetting kun je na afloop **nooit méér** energie hebben dan ervoor, want dan zou er energie geschapen worden.

**Voorbeeld 1:** Een gummi bal stuitert van een hoogte van 1 meter op de grond en komt daarna tot een hoogte van 2 meter terug. De bal heeft na 1 × stuiten meer zwaarte-energie dan ervoor. Dit kan natuurlijk niet.

**Voorbeeld 2:** Een elektromotor drijft een dynamo aan. Je voert elektrische energie aan de motor toe en . . . de dynamo levert méér elektrische energie dan aan de motor is toegevoerd. Ook dit kan natuurlijk niet.

**B**

Bij een energie-omzetting heb je na afloop **nooit minder** energie dan ervoor, want dan zou er energie verdwijnen.

Dit is veel moeilijker aan te tonen, want als een gummibal op de grond stuitert dan zie je dat hij nooit meer zo hoog komt. Er gaat hier schijnbaar zwaarte-energie verloren. Als je goed kijkt blijkt dat die energie niet verloren gegaan is, maar nu in warmte omgezet. Schematisch krijg je dan



Je moet bij bijna alle energie-omzettingen rekening houden met het ontstaan van méér dan één energiesoort. Daarbij zijn sommige energiesoorten heel moeilijk waar te nemen.

**1**

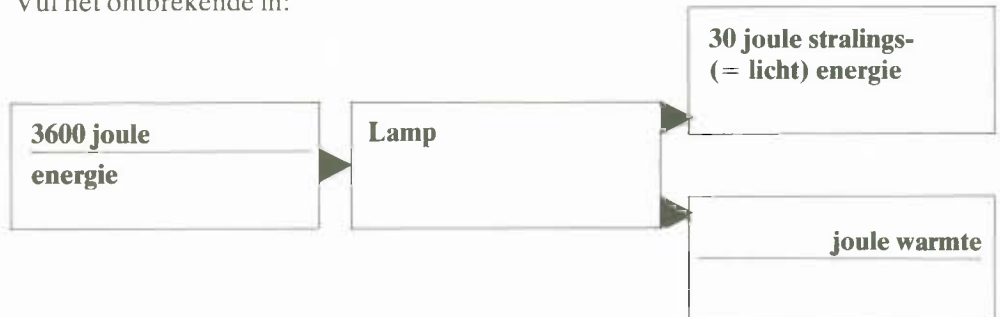
Een bal valt van een tafel. **Vlak** boven de grond heeft hij 2 joule bewegingsenergie. Hoeveel zwaarte-energie moet de bal hebben gehad toen hij nog op de tafel lag?

**2**

Een straalkacheltje geeft in 1 uur 7 200 000 joule warmte aan de kamer. Hoeveel elektrische energie heeft het kacheltje in een uur ten minste nodig om die warmte te kunnen leveren?

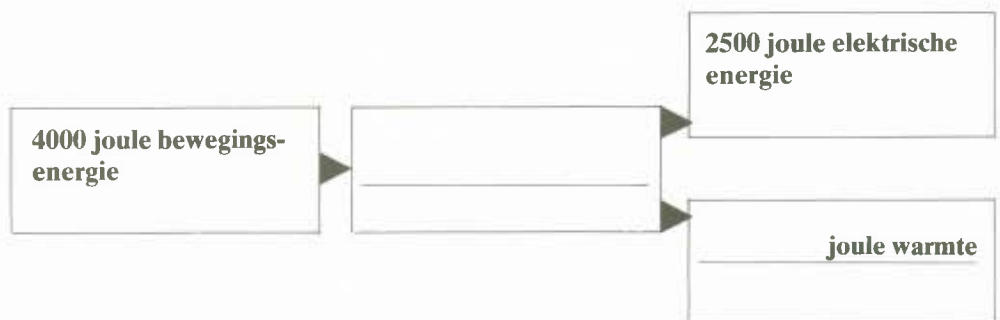
**3**

Vul het ontbrekende in:



**4**

Vul het ontbrekende in:



**5**

Een boormachine gebruikt de helft van zijn elektrische energie om een gat te boren, de rest wordt omgezet in warmte. Om één gat te boren is 4000 joule elektrische energie nodig. De boormachine heeft 48 000 joule elektrische energie gebruikt. Hoeveel gaten zijn er geboord?

\_\_\_\_\_

Hoeveel warmte is er ontstaan?

\_\_\_\_\_

Hoeveel gaten zou je kunnen boren als **alle** elektrische energie gebruikt zou worden om gaten te boren?

\_\_\_\_\_

# Vermogen

Natuurlijk weet je wel dat een elektrische stroom een hoeveelheid energie heeft. Je kunt vast wel een paar voorbeelden noemen, waaruit blijkt, dat bewegende lading energie kan afgeven.

1 Schrijf hieronder drie voorbeelden, waaruit blijkt, dat een elektrische stroom energie afgeeft en geef aan in welke soort deze energie wordt omgezet.

Voorbeeld	Soort waarin de elektrische energie is omgezet
a Een gloeilampje dat op een batterij is aangesloten	Lichtenergie, warmte
b	
c	
d	

Als je denkt aan het voorbeeld van het gloeilampje, dat is aangesloten op een batterij, dan zal het je wel niet moeilijk vallen om de volgende vraag te beantwoorden.

2 Waar krijgt de lading, die door het lampje en de draadjes stroomt, zijn energie vandaan?

3 Waarom kun je een batterij een energiebron noemen?

De bedoeling van dit herhaalblad is, dat je nog eens gaat bekijken wat in de natuurkunde wordt verstaan onder het begrip **vermogen**. Omdat je vermogen en energie misschien met elkaar verwart, zullen we het verschil tussen die twee begrippen nog eens bekijken.



4 Wat geeft de stand van de meter aan?

Wat betekent het getal dat je kunt aflezen precies?

5 Kun je met deze meter ook bepalen hoeveel energie er verbruikt wordt in één etmaal? Hoe vaak moet je dan aflezen?

6 Neem twee elektrische apparaten, bijvoorbeeld een strijkijzer en een gloeilamp. Probeer er achter te komen welk apparaat het zuinigst is met elektrische energie. Beschrijf zelf welke metingen je hiervoor moet doen. Voer de proef indien mogelijk ook uit en noteer je resultaten. Als je eerlijk hebt vergeleken, dan heb je er natuurlijk voor gezorgd, dat beide apparaten evenlang ingeschakeld zijn geweest. Stel je voor dat je een gloeilamp vergelijkt met een strijkijzer en je zet de lamp een paar uur en het strijkijzer een paar minuten aan. Dan kan de lamp best veel meer energie verbruikt hebben. Om **eerlijk** te vergelijken moet je dus een gelijke tijdsduur nemen. Eigenlijk wil je dus weten welk apparaat het snelst energie omzet!

De snelheid waarmee een apparaat energie omzet, dus de **hoeveelheid omgezette energie per seconde**, wordt het **vermogen** genoemd.

7 Leg nu eens uit, welke metingen je moet doen om het vermogen van een apparaat te bepalen, als je de beschikking hebt over een energiemeter en een horloge. Hoe bereken je dan uit je metingen het vermogen?

Je moet wel bedenken dat om een waarde voor het vermogen te kunnen opgeven (na meting en berekening) we een eenheid nodig hebben.

Hiervoor is de **watt** gekozen, waarbij het logisch is om af te spreken dat de eenheid van het vermogen gelijk is aan de eenheid van energie per seconde.

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ per 1}$$

$$(1 \text{ W} = \text{ / } )$$

Vervelend hierbij is, dat op de energiemeter de energie uitgedrukt werd in kWh (kilowattuur), terwijl we nu weer als energie-eenheid de joule gebruiken. Misschien dacht je wel dat kWh een eenheid van vermogen was, omdat het woordje watt erin zit. We zullen dit nog even beter bekijken.

Stel dat je een strijkijzer hebt met een vermogen van 1 000 watt (= 1 kilowatt!). Die verbruikt dus elke seconde 1 000 joule elektrische energie (omgezet in warmte).

Gedurende 1 uur (= 3600 s.) verbruikt hij dus 3600 maal zoveel energie, dus  $3600 \times 1000 = 3,6$  miljoen joule.

Je vindt dus de verbruikte energie door het vermogen te vermenigvuldigen met de tijdsduur. Maar dán kun je ook zeggen dat het strijkijzer in 1 uur aan **energie** verbruikt:  $1 \text{ kW} \times 1 \text{ uur} = 1 \text{ kWh}$ . Je hebt nu **dezelfde** hoeveelheid energie uitgedrukt in een andere energie eenheid.

Vul nu zelf in:  $1 \text{ kWh} = \text{ joule}$ .

9 De joule is de eenheid van  
De watt is de eenheid van  
De kWh is ook een eenheid van  
De  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$  is een eenheid van

In de volgende drie opgaven ga je nog wat oefenen met het begrip vermogen.

10 a Wat betekent het als een apparaat een vermogen heeft van 1000 W?  
b Hoeveel energie heeft dit apparaat omgezet als het 2 uur lang in werking is geweest?

11 Jij bent in staat om in 1 minuut een trap van 80 treden op te klimmen. Per trede heb je 100 J aan energie omgezet. Bereken je vermogen.

12 Een gloeilamp van 75 W heeft aan het eind van een avond 750 000 J aan energie omgezet in licht en warmte. Hoeveel uur heeft de lamp gebrand?



## Herhaalblad 1

### Tot welke energiesoort behoort de energie van dit voorwerp?

1

Bewegingsenergie  
Warmte  
Chemische energie  
Kernenergie  
Elektrische energie  
Zwaarte-energie  
Veerenergie  
Lichtenergie  
Magnetische energie

2

a Veerenergie  
b Lichtenergie  
c Bewegingsenergie  
d Magnetische energie  
e Kernenergie  
f Zwaarte-energie  
g Warmte-energie  
h Chemische energie  
i Elektrische energie

3

Lichtenergie, warmte.

4

Bewegingsenergie, chemische energie.

5

Veerenergie, zwaarte-energie.

## Herhaalblad 2

### Energie-omzettingen

1

a	Chemische energie	Warmte
b	Chemische energie	Bewegingsenergie
c	Kernenergie	Elektrische energie
d	Bewegingsenergie	Elektrische energie
e	Elektrische energie	Lichtenergie
f	Veerenergie	Bewegingsenergie
g	Elektrische energie	Warmte
h	Elektrische energie	Bewegingsenergie

2

a Elektromotor  
b Instortende brug  
c Vlieger die stijgt  
d Trein die tegen buffer stoot  
e Spijkertje dat naar een magneet beweegt  
f Boiler  
g Heteluchtballon

3

a	Bewegingsenergie	Elektrische energie	Warmte
b	Chemische energie	Elektrische energie	Lichtenergie
c	Zwaarte-energie	Bewegingsenergie	Elektrische energie
d	Chemische energie	Elektrische energie	Bewegingsenergie

4

a Warmte en bewegingsenergie  
b Warmte en bewegingsenergie  
c Warmte Warmte en bewegingsenergie  
d Veerenergie Bewegingsenergie en warmte

## Herhaalblad 3

### Wet van behoud van energie

1

Minstens twee joule

2

7 200 000 joule

3

3600 joule elektrische energie

3570 joule warmte

4

Dynamo

1500 joule warmte

5

$$-\frac{48000}{4000} = 12 \text{ gaten}$$

— bij één gat is de helft van 4000 joule aan warmte verloren gegaan:

$1/2 \times 4000 = 2000$  joule. Dus bij twaalf gaten gaat  $12 \times 2000 = 24\,000$  joule aan warmte verloren.

— een gat boren kost  $4000 - 2000 = 2000$  joule, dus  $\frac{48000}{2000} = 24$  gaten.

## Herhaalblad 4

### Vermogen

1

Een elektromotor aangesloten op een batterij - bewegingsenergie

Een spoel aangesloten op een batterij - magnetische energie

Een straalkachel aangesloten op een stopkontakt - warmte

2

Van de batterij.

3

Een batterij geeft energie mee aan de lading. De batterij is dus een bron van energie.

4

Dat getal betekent, dat sinds de ingebruikneming van de meter 13 378 kWh aan elektrische energie verbruikt is.

5

Ja, dat kan. Je moet dan de meter aan het begin van het etmaal aflezen. Aan het einde van het etmaal lees je de meter nog eens af. Wanneer je de beide standen van elkaar aftrekt, weet je hoeveel energie er dat etmaal verbruikt is.

6

Je kunt dat op de volgende manier doen. Zorg ervoor dat de energiemeter niet loopt. Je kunt dat doen door alle elektrische apparaten uit te schakelen. Vervolgens lees je de meter af en schakelt gedurende een bepaalde tijd het strijkijzer in. Daarna lees je de meter af. Vervolgens doe je gedurende **eenzelfde** tijd een gloeilamp aan en neemt de stand weer op. Door in beide gevallen de standen van elkaar af te trekken, kun je kijken welk apparaat de meeste energie verbruikt heeft.

7

Je sluit de energiemeter aan op het apparaat. Je zet de meter op nul.

Vervolgens schakel je het apparaat aan en kijkt tegelijkertijd op je horloge. Na een aantal sekonde (100 of 1000 of . . .) schakel je het apparaat uit en leest af hoeveel energie hij verbruikt heeft. De verbruikte energie per sekonde is het vermogen. Dus als het apparaat bijvoorbeeld 1000 J verbruikt heeft in 100 sekonde dan is zijn vermogen  $\frac{1000}{100} \text{ J/s} = 10 \text{ W}$

8

1 watt = 1 joule per 1 sekonde.  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

1 kWh = 3 600 000 J

9

Joule is de eenheid van energie

Watt is de eenheid van vermogen

kWh is ook een eenheid van energie

$\frac{\text{J}}{\text{s}}$  is een eenheid van vermogen.

10

a Een vermogen van 1000 W betekent dat dit apparaat 1000 J aan energie omzet in 1 s.

b In 1 sekonde zet het 1000 joule om.

In 2 uur = 7200 s zet het  $7200 \times 1000 \text{ J} = 7\,200\,000$  joule om.

11

Voor de 80 treden heb je  $80 \times 100 \text{ J} = 8000 \text{ J}$  nodig.

Je zet deze 8000 J om in 1 minuut.

Dus in 1 s zet je  $8000 : 60 = 133 \text{ J}$  om.

Je vermogen is  $133 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 133 \text{ W}$

12

Een vermogen van 75 W betekent, dat de lamp 75 W in 1 s omzet.

750 000 J worden dan omgezet in 10 000 s.

De lamp heeft dus  $10\,000 : 3600 = 2,78$  uur gebrand (ongeveer 2 uur en 3 kwartier).

## De elektriciteitscentrale

### Inleiding

In een elektriciteitscentrale wordt elektrische energie 'opgewekt'. Dit gebeurt met behulp van stoomturbines, die grote generatoren aandrijven. We gaan dit proces eerst wat nader bekijken. Daarna zullen we zelf een sterk vereenvoudigde centrale bouwen en hieraan enkele metingen verrichten.

### Wat gebeurt er in een elektriciteitscentrale?

De opwekking van elektrische energie in een centrale gebeurt met behulp van warmte. Deze warmte kan verkregen worden door bijvoorbeeld olie, gas of steenkool te verbranden. Dit gebeurt in grote **stoomketels**. Dat zijn afgesloten ketels waarin water tot stoom verhit wordt. In plaats van de genoemde brandstoffen kan ook kernenergie worden toegepast. Hierbij komt een grote hoeveelheid warmte vrij, die eveneens gebruikt kan worden om stoom te produceren.

De in de ketel gevormde stoom wordt onder hoge druk naar de **stoomturbine** geleid. De turbine bezit wielen waarop schoepen bevestigd zijn.

Wordt stoom tegen deze schoepen geblazen dan gaat de as draaien.

Bij een grote, in een centrale opgestelde, turbine zitten een hele serie van deze schoepenwielen op een as (zie tekening). De as met deze schoepenwielen wordt de rotor genoemd.

De rotor van een in een centrale opgestelde turbine maakt meestal 3000 omwentelingen per minuut.



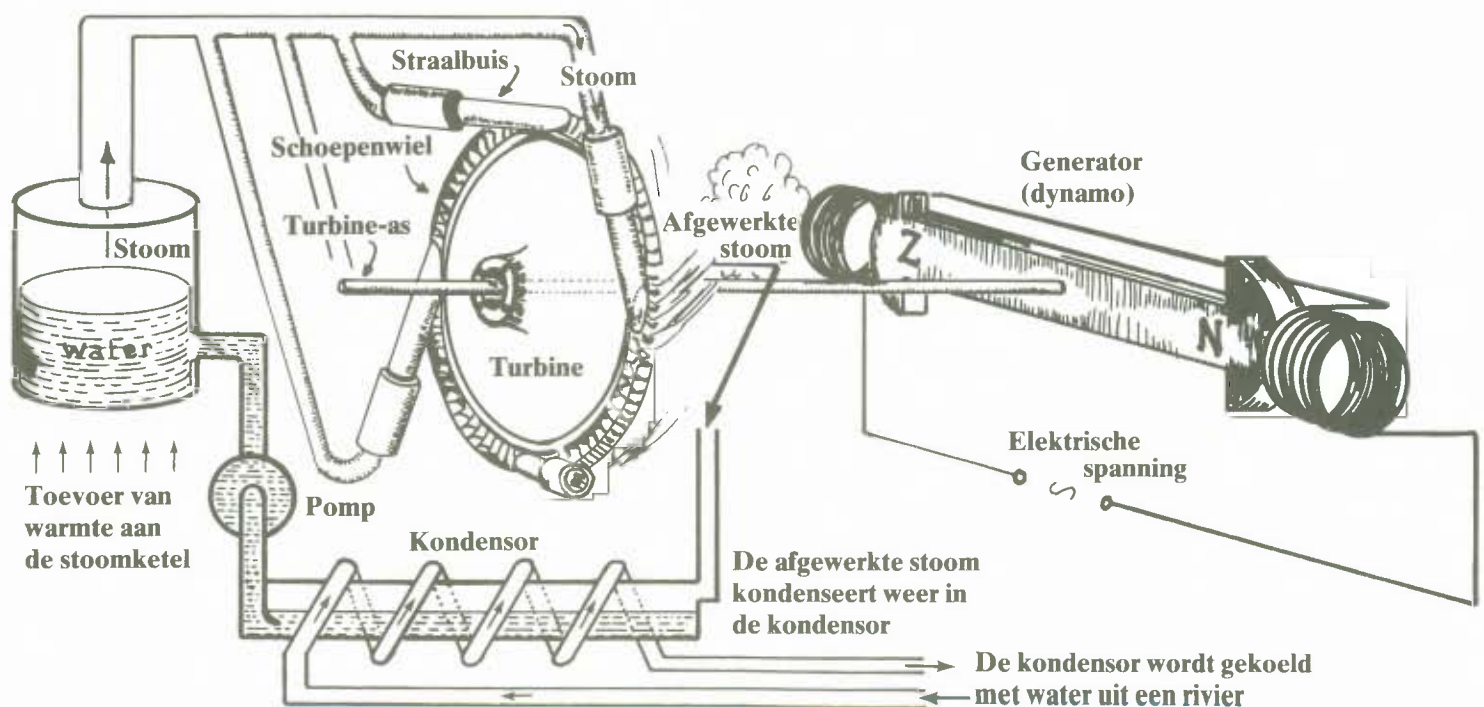
De stoom heeft bij het binnengaan van de turbine een temperatuur van ongeveer 500°C. Bij het verlaten van de turbine is de temperatuur van de stoom gedaald tot ongeveer 130 °C. Vervolgens wordt de stoom door de **kondensor** geleid, waarin de stoom kondenseert tot water.

De kondensor is een groot vat waarin de stoom langs een buizenstelsel geleid wordt. Door de buizen zelf stroomt koelwater dat uit een rivier, meer of zee gehaald wordt. De stoom kondenseert op de buizen tot water dat weer terug gaat naar de stoomketel en zijn kringloop opnieuw begint.

De door de stoom aan het draaien gebrachte turbine drijft een grote **generator** aan, waarin de elektriciteit wordt opgewekt.

In principe kan deze generator met een fietsdynamo worden vergeleken. Hierin draait een magneet rond tussen spoeltjes van koperdraad. Tussen de uiteinden van het koperdraad ontstaat hierdoor een elektrische spanning.

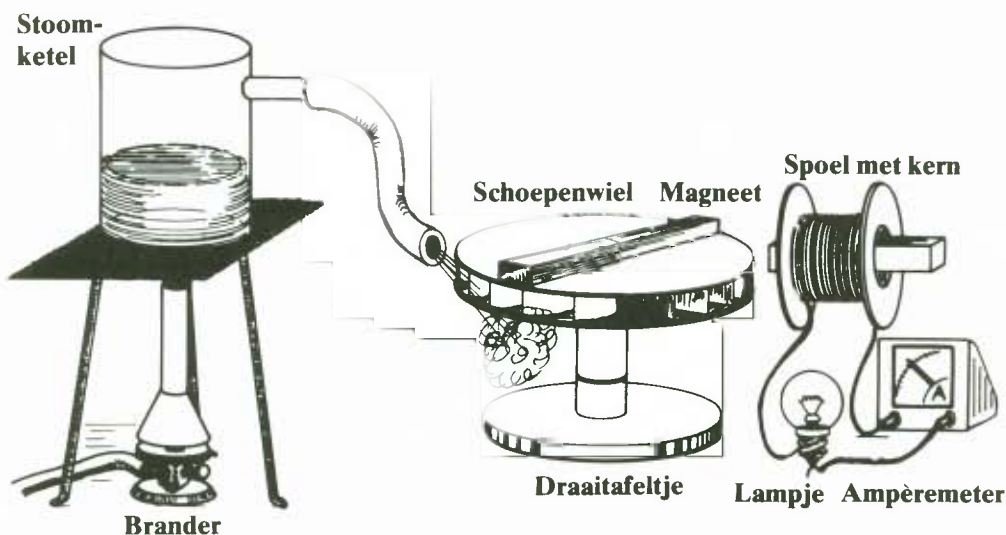
De combinatie van stoomketel, stoomturbine, kondensor en generator vormt een **opwekeenheid**. Elke centrale beschikt over een aantal van dergelijke eenheden.



### Benodigdheden:

1. Bunsenbrander, driepoot, gaasje.
2. Stoomketeltje. Dit kan ook zelf gemaakt worden van een bus, waaraan een slangetje bevestigd kan worden. Geén glazen kolf gebruiken in verband met stukspringen!
3. Je kunt in plaats van 1 en 2 ook een stofzuiger (blaaskant), een luchtpomp of een straal water gebruiken.
4. Schoepenrad (bijvoorbeeld uit een oude stofzuiger). Je kunt dit rad ook zelf maken (vraag aan je leraar).
5. Magneet.
6. Spoel (ongeveer 3000 windingen) met weekijzeren kern.
7. Lampje (bijvoorbeeld een LED, 0,7 V, 4 mA) in plaats van het lampje kun je ook een gevoelige voltmeter gebruiken.
8. Stroommeter.
9. Toerenteller (bijvoorbeeld een stroboskoop of een oscilloskoop).

Bouw onderstaande opstelling als volgt:  
Vul de bus halfvol met water en zet hem op de driepoot zodanig dat de stoom in de beste richting op het schoepenrad blaast. Leg het schoepenrad op een draaitafeltje en daarop de magneet en bevestig deze bijvoorbeeld met elastiekjes. Zet de spoel zo dicht mogelijk bij de magneet en sluit het lampje en de stroommeter aan.



1. Regel de snelheid waarmee de stoom, lucht of water tegen het schoepenrad blaast door blaaspijpjes van verschillende dikte te gebruiken.
2. Maak een grafiek van de uitslag van de stroommeter als functie van de dikte van het blaaspijpje.
3. Maakt de dikte van het blaaspijpje uit voor het toerental waarmee het rad rond-draait?

## Arbeid, een natuurkundige vondst

### A

#### Inleiding.

Probeer eerst de volgende vragen te beantwoorden:

1. Waarvoor heb je energie nodig?
2. Waar komt energie vandaan?
3. Hoe weet je of iets/iemand energie heeft?

Misschien heb je op de eerste vraag geantwoord in de trant van: 'om iets te kunnen doen' en op de laatste vraag: 'als je iets doet'. Zo weet je van een stilstaande auto niet of hij energie heeft, maar als hij rijdt weet je dat wèl. In het laatste geval **doet** de motor blijkbaar **iets**, waar energie voor nodig is. De energie komt in dit geval uit benzine of gas. Dit 'iets doen' is zichtbaar, omdat er een beweging bij hoort.

In de natuurkunde noemen we dit **arbeid verrichten**.

**Let op:** Als bijvoorbeeld een vrachtwagen over een brug rijdt, zet de motor van de wagen de energie van de benzine om in bewegingsenergie. De motor van de vrachtauto verricht arbeid.

De brug doet ook wel iets. Deze draagt de vrachtauto. Toch zeggen we in dat geval **niet** dat de brug arbeid verricht. De brug zet geen energie om in een andere vorm van energie. De brug laat niet iets bewegen.

### Belangrijk

Het begrip arbeid betekent in de natuurkunde iets anders dan in het dagelijks leven. In het dagelijks leven noemen we het uit het hoofd uitrekenen van een som of het bedenken van een gedicht ook arbeid verrichten. In de natuurkunde spreken we pas van arbeid, als er **beweging** in het spel is.

### B

#### Proef 1.

Verricht arbeid met een aantal zware voorwerpen.  
Hoe heb je dat gedaan?

---



---

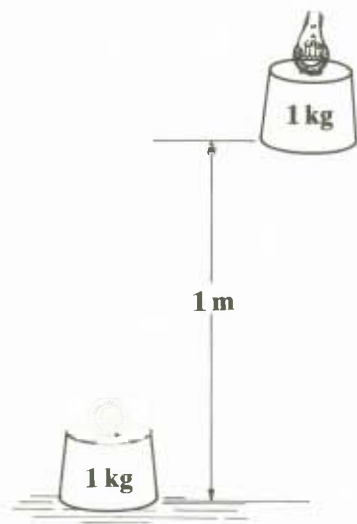


---



---





### Proef 2.

- a Til een gewicht van 10 N van de grond op een stoel.  
b Til een gewicht van 10 N van de grond op de tafel.

In welk geval is de meeste arbeid verricht?  
De meeste arbeid is verricht in geval  
omdat

- c Til een gewicht van 10 N van de grond op de tafel.  
d Til een gewicht van 20 N van de grond op de tafel.

In welk geval is de meeste arbeid verricht?  
De meeste arbeid is verricht in geval  
omdat

### Dus:

Als de kracht  $2 \times$  zo groot is,  
is de arbeid

Als de verplaatsing  $2 \times$  zo groot is,  
is de arbeid

### C

#### Theorie: de relatie tussen arbeid, kracht en weg.

De arbeid die je verricht, hangt af van de kracht die nodig is, en van de verplaatsing. **Verplaatsing** wordt ook wel **weg** genoemd.

De arbeid wordt  $2 \times$  zo groot, als de kracht  $2 \times$  zo groot wordt (bij gelijke weg).

De arbeid wordt  $2 \times$  zo groot, als de weg  $2 \times$  zo groot wordt (bij gelijke kracht).  
Arbeid is dus evenredig met de kracht en evenredig met de weg.

### Vraag

Wat gebeurt er nu met de arbeid als de kracht en de weg beide  $2 \times$  zo groot worden?

### Antwoord:

Als je dit antwoord niet meteen weet, vergelijk het dan met het volgende probleem.

Je verdient zaterdagmorgen geld door 4 auto's te wassen voor f 5,— per stuk. Je verdient dus f 20,—. Hoeveel zou je nu verdienen als zowel het aantal auto's als de prijs zou verdubbelen? Dus 8 auto's voor f 10,— per auto, is f 80,— dus viermaal zoveel!

Worden de kracht en de weg beide  $3 \times$  zo groot, dan wordt de arbeid  $9 \times (= 3 \times 3)$  zo groot, enz.

Het gaat blijkbaar om het **produkt van kracht en weg**.

Daarom maken we de volgende afspraak met elkaar (=definitie):

$$\text{arbeid} = \text{kracht} \times \text{weg}$$

Het natuurkundige begrip arbeid is te berekenen door de kracht te vermenigvuldigen met de weg (= verplaatsing) waarlangs wordt bewogen.

Deze definitie kun je nog korter weer geven in de vorm van een formule:

$$W = F \times s,$$

waarin W (work) is arbeid, F (force) is kracht en s (spatium) is weg.

### Vragen

1

De eenheid van kracht is

2

De eenheid van verplaatsing is

De eenheid van arbeid is daarom Nm (newton.meter), die we met een andere naam aangeven, namelijk de joule (afgekort J).

3

Is het toevallig dat arbeid en energie dezelfde eenheid (joule) hebben?

D

### Proef 3.

Neem een voorwerp van 5 kg en til dit voorwerp op over een afstand van 1 m.

### Vragen

4

a Hoe groot is het gewicht van het voorwerp?  
Het gewicht is

b Hoe groot is de kracht, waarmee je dit voorwerp moet optillen?

De benodigde kracht is

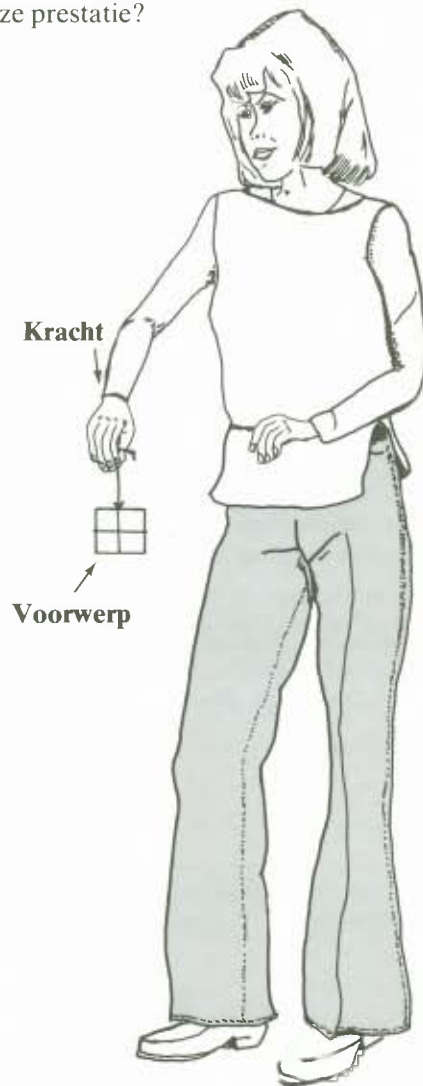
c Je gebruikt deze kracht over een afstand van

Je kunt nu uitrekenen hoeveel arbeid je verricht hebt.

d Je hebt Nm = J aan

arbeid verricht.

e Hoeveel energie heb je geleverd voor deze prestatie?



### Proef 4.

Til een gewicht van 10 N op over 1 m. Schuif het daarna over de grond over 1 m. Meet de kracht die ervoor nodig is.

### Vraag

5

a Bij het optillen heb je J arbeid verricht.

b Bij het schuiven heb je de benodigde kracht gemeten met

De benodigde kracht was

Bij het schuiven heb je J arbeid verricht.

## E Vragen

6 Wanneer je een voorwerp optilt, verricht je arbeid.  
Wie verliest er dan energie?

Wie wint er dan energie?

Er wordt dus blijkbaar energie overgedragen van \_\_\_\_\_ naar \_\_\_\_\_

Hoe zou je de energie, die het voorwerp krijgt, noemen?

Deze energiesoort ben ik in blok 9 al tegengekomen en deze heet \_\_\_\_\_

7 Wanneer je een voorwerp over de grond schuift, verricht je arbeid.  
Wie verliest er dan energie?

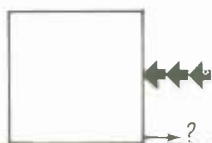
Kan het voorwerp zelf arbeid verrichten, voordat het verschoven is?

Kan het voorwerp zelf arbeid verrichten, nadat het verschoven is?

Wint het voorwerp dus aan energie?

Toch moet jij arbeid verrichten. Waar gaat deze energie dan naar toe?

Er wordt dus blijkbaar energie overgedragen van \_\_\_\_\_ naar \_\_\_\_\_



**Je moet zelf kracht uitoefenen om het voorwerp te verschuiven.**

Waar gaat de energie naar toe?

8 Wanneer je een horlogeveer opwindt, verricht je arbeid.  
Wie verliest er dan energie?

Wie wint er dan energie?

Er wordt dus blijkbaar energie overgedragen van \_\_\_\_\_ naar \_\_\_\_\_

Als je bijvoorbeeld 0,4 J aan arbeid hebt verricht, zit er 0,4 J aan veerenergie in de veer.

Je hebt energie opgeslagen in de veer.

9 Wanneer je de gewichten van een hangklok optrekt, verricht je arbeid.  
Wie verliest er dan energie?

Wie wint er dan energie?

Er wordt blijkbaar dus energie overgedragen van \_\_\_\_\_ naar \_\_\_\_\_

Als jij bijvoorbeeld 30 J aan arbeid hebt verricht, zit er 30 J aan zwaarte-energie in de gewichten van de klok.

Je hebt energie opgeslagen in de gewichten.

Aan bovenstaande vier vragen kun je zien:

**Om energie over te dragen van het ene voorwerp naar het andere voorwerp moet er arbeid verricht worden.**

Kijken we nog eens naar vraag 6:

**Energie in de spieren**



**Arbeid door het optillen van voorwerp**



**Zwaarte-energie in het voorwerp**

In elk van de vier vragen wordt steeds energie omgezet van de ene soort in de andere soort.

In vraag 6 wordt omgezet in \_\_\_\_\_

In vraag 7 wordt omgezet in \_\_\_\_\_

In vraag 8 wordt omgezet in \_\_\_\_\_

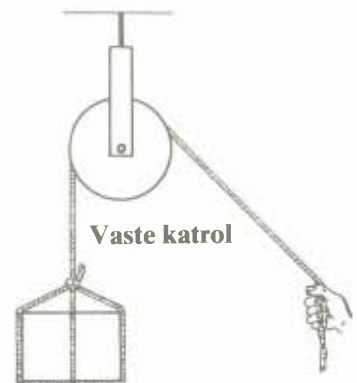
In vraag 9 wordt omgezet in \_\_\_\_\_

**Om energie van de ene soort in de andere soort om te zetten, moet er arbeid verricht worden.**

## F Toepassing in het dagelijks leven

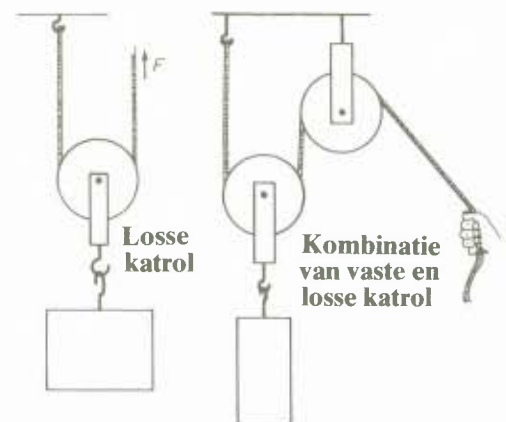
Ook in het dagelijks leven speelt het natuurkundige begrip arbeid een grote rol.

Hijskranen verrichten vaak arbeid, waarbij gebruik gemaakt wordt van katrollen. (Zie ook P 3 van blok 2).



Met een **vaste katrol** kun je de richting van de kracht veranderen.

Omlaag trekken gaat gemakkelijker dan omhoog. De grootte van de kracht blijft gelijk.



Met een **losse katrol** wordt het gewicht verdeeld over twee touwen. De benodigde kracht wordt  $2\times$  zo klein, maar je gebruikt dan wel  $2\times$  zo veel touw.

### Proef 5.

a Hijs met een krachtmeter een voorwerp met een massa van 0,5 kg op over een afstand van 20 cm.  
De benodigde kracht is \_\_\_\_\_ N,  
dus de verrichte arbeid is \_\_\_\_\_ J.

b Hijs dezelfde massa nu op via een vaste katrol over 20 cm afstand.  
De benodigde kracht is \_\_\_\_\_ N,  
dus de verrichte arbeid is \_\_\_\_\_ J.

c Hijs deze massa nu op met een extra losse katrol erbij.  
De benodigde kracht is \_\_\_\_\_ N.  
Om de massa 20 cm op te hijsen heb je \_\_\_\_\_ cm touw getrokken.  
De verrichte arbeid is \_\_\_\_\_ J.

**Konklusie:**

Bij gebruik van een losse katrol verandert de te verrichten arbeid niet/wel, maar de kracht niet/wel.

Het werken met katrollen is minder vermoeiend, omdat je spieren beter een kleine kracht gedurende een lange tijd, dan een grote kracht gedurende een korte tijd kunnen uitoefenen.

Wat je wint aan kracht, verlies je weer aan afstand. De arbeid die je moet verrichten, blijft dus gelijk.

Ook het gebruik van een krik, om een auto omhoog te krijgen, heeft te maken met hetzelfde principe. Er is minder kracht nodig maar de benodigde arbeid blijft gelijk.

Kontroleer je antwoorden op het bijbehorende antwoordblad.

## Antwoordblad bij het extra-stofblad over arbeid

### A

#### 1

Om iets te kunnen doen

#### 2

Uit bijvoorbeeld brandstof. Voor het menselijke lichaam, uit ons voedsel.

#### 3

Wanneer hij iets doet, wanneer hij beweegt.

### B

#### Proef 1.

Je hebt het zware voorwerp bijvoorbeeld opgetild of over de grond geschoven.

Je hebt het voorwerp in ieder geval **bewogen**.

#### Proef 2.

De meeste arbeid is verricht in geval b, omdat je het gewicht in geval b over een grotere afstand moet verplaatsen.

De meeste arbeid is verricht in geval d, omdat je een zwaarder voorwerp moet verplaatsen over dezelfde afstand als in c. **Konklusie:**

Als de kracht  $2\times$  zo groot is, is de arbeid ook  $2\times$  zo groot.

Als de verplaatsing  $2\times$  zo groot is, is de arbeid ook  $2\times$  zo groot.

### C

**Vraag:** de arbeid wordt dan  $4\times$  zo groot.

#### 1

De eenheid van kracht is newton (afgekort N).

#### 2

De eenheid van verplaatsing is meter (afgekort m).

#### 3

Energie wordt gebruikt om arbeid te verrichten.

Het is dus best te begrijpen dat de eenheid hetzelfde is.

### D

#### Proef 3

#### 4

a Het gewicht is 50 N (want 100 g heeft een gewicht van 1 N op aarde).

b De benodigde kracht is dan ook 50 N.

c Je gebruikt deze kracht over de afstand van 1 m.

d De verrichte arbeid is dus  $50 \times 1 \text{ Nm} = 50 \text{ J}$ .

e Je hebt tenminste 50 J aan energie geleverd.

#### Proef 4.

#### 5

a Bij het optillen heb je 10 J aan arbeid verricht.

b De benodigde kracht heb je afgelezen op je krachtmeter.

### E

#### 6

Je verliest energie en het voorwerp krijgt er energie bij.

Er wordt energie overgedragen van jou naar het voorwerp.

Het voorwerp krijgt zwaarte-energie.

#### 7

Jij verliest energie. Het voorwerp bevat geen energie en ook na het verschuiven bezit het geen energie. Het kan immers niet zelf bewegen. Jij hebt arbeid verricht, die verloren is gegaan aan de wrijving. Alle energie is omgezet in wrijvingswarmte. De energie is overgedragen van jou naar de molekulen van het voorwerp en de grond.

#### 8

Jij verliest energie. De horlogeveer wint aan energie. Er wordt energie overgedragen van jou naar de veer.

### 9

Jij verliest energie. De gewichten winnen aan energie. Er wordt energie overgedragen van jou naar de gewichten.

In vraag 6 wordt chemische energie omgezet in zwaarte-energie.

In vraag 7 wordt chemische energie omgezet in bewegingsenergie en daarna in warmte.

In vraag 8 wordt chemische energie omgezet in veerenergie.

In vraag 9 wordt chemische energie omgezet in zwaarte-energie.

#### Proef 5.

a De benodigde kracht is 5 N. De verrichte arbeid is dan  $5 \times 0,2 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$ .

b De benodigde kracht is 5 N. Je hebt de krachtmeter 20 cm naar beneden getrokken om het voorwerp 20 cm omhoog te krijgen. De verrichte arbeid is  $5 \times 0,2 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$ .

c De benodigde kracht is 2,5 N. Om de massa 20 cm hoger te krijgen heb je 40 cm touw naar beneden getrokken met je krachtmeter.

De verrichte arbeid is  $2,5 \times 0,4 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$ .

#### Konklusie:

Bij gebruik van een extra losse katrol verandert de te verrichten arbeid **niet**, maar de kracht **wel**.

Je hebt minder kracht nodig, maar je moet meer touw door je vingers laten gaan. De weg is dus groter.

Het produkt  $\text{kracht} \times \text{weg}$  verandert dan niet.



## We maken een zonnemotor

Van de vele soorten energie-omzettingen die je kent is er één die in de toekomst wel eens heel belangrijk kan worden - het omzetten van lichtenergie in elektrische energie. Dat gebeurt met behulp van zonnecellen.

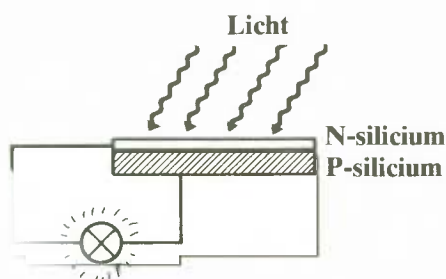
Voor een aantal instrumenten, bijvoorbeeld ruimtevaartuigen of verafgelegen telefooncentrales, zijn deze zonnecellen tegenwoordig al bijna onmisbaar. Op alle foto's die je van ruimtevaartuigen ziet, zijn wel ergens aan het apparaat panelen te zien die vol zitten met glimmende vierkantjes. Vaak worden die panelen in de ruimte uitgeklappt, nadat de satelliet daar door een raket is gebracht.

Door ze steeds op de zon te richten - dat gebeurt automatisch - zorgen ze zo voor de energievoorziening van alle wetenschappelijke instrumenten aan boord.

### Hoe werken zonnecellen?

Zonnecellen zijn gemaakt van zogenaamde halfgeleiders.

Daarvoor wordt op dit ogenblik silicium gebruikt.



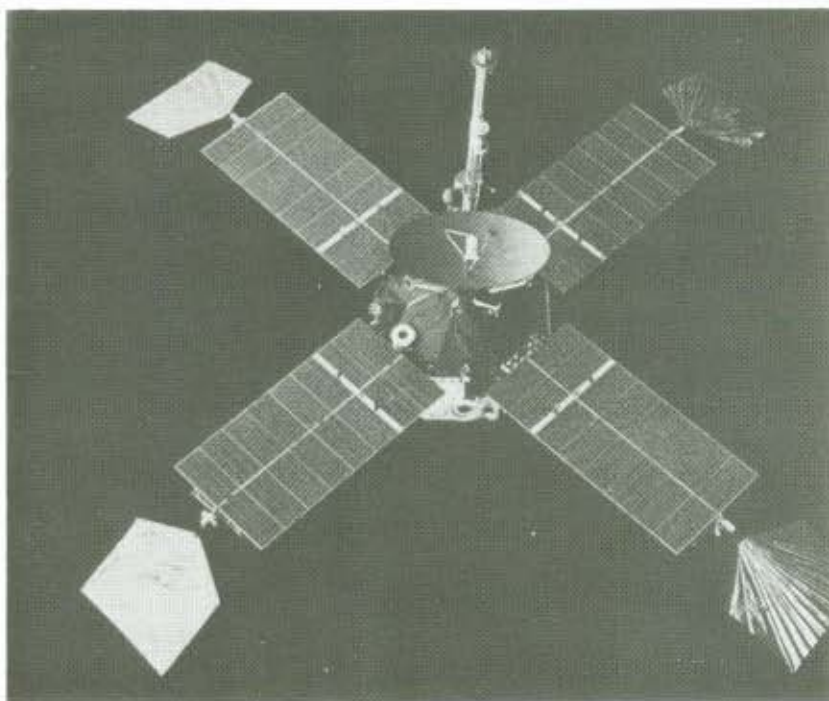
Door twee heel dunne lagen silicium op elkaar te leggen, elk op een andere manier bewerkt, ontstaat een soort batterij. De lading die door die batterij gaat stromen krijgt z'n energie van het licht dat er op valt en dat een heel klein beetje in het silicium doordringt.

Het beste is dat je nu zelf eens gaat kijken en meten.

### Kun je met zonnecellen veel energie krijgen?

Neem een zonnecel die jij (of je leraar) hebt gekocht.

Meestal zal die niet zo groot zijn - de afmetingen van zonnecellen die je in de winkel kunt kopen variëren van  $2 \times 2$  cm tot cirkelvormig met een straal van 2 à 3 cm. De prijzen lopen van f 4,— tot f 40,—. Het makkelijkst om straks voor het motortje te gebruiken is een vierkant type van  $2 \times 2$  cm.



Je zult er eerst twee aansluitdraden aan moeten solderen. Het beste is dun koperdraad te gebruiken van 0,25 mm dik. De draadjes moet je solderen aan

1. De glimmende strip aan de voorkant, die verder donkerblauw is.
2. De achterkant, die helemaal metaalkleurig is.



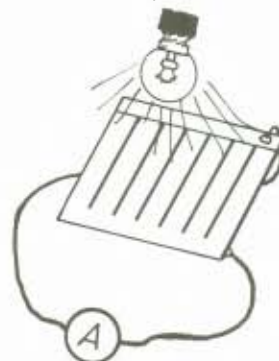
Je moet daarbij **kort** solderen, anders verniel je de zonnecel door te veel warmte. Heb je nooit of weinig gesoldeerd, vraag dan of je leraar of amanuensis kan helpen. Het dingetje dat je nu hebt liggen, kan dus via de twee aansluitdraden elektrische energie leveren - als er licht genoeg op valt.

Om na te gaan hoeveel stroom een zonnecel kan leveren kun je de volgende proef doen.

### Proef.

Maak de schakeling hiernaast door de uiteinden van de zonnecel te verbinden met een ampèremeter.

Laat nu het licht van een lamp op de zonnecel vallen en kijk wat de meter aanwijst.



Ga na wat het effect is van verschillende afstanden en richtingen van de lamp. Schrijf op wat je doet en wat je waarneemt. Noteer ook de **maximale** stroomsterkte die de zonnecel volgens jou kan leveren.

In het volgende blok leer je wat je nog meer moet doen om het **vermogen** van de zonnecel te kunnen berekenen.

Het blijkt ongeveer **50 mW** te zijn. Uit wat je over vermogen weet, kun je nagaan dat het niet veel is. Hoeveel van deze cellen heb je nodig om een 60 watt lamp te laten branden? Je snapt direct waarom deze zonnecellen nog niet op grote schaal gebruikt worden om huizen te verlichten als je even uitrekent wat dat zou kosten aan zonnecellen.

### Hoe maak je een zonnemotortje?

Het principe is dat je een spoeltje maakt, dat aangesloten wordt op de zonnecel. Het licht dat erop valt, laat stroom ontstaan. Daardoor wordt het spoeltje magnetisch. Omdat het tussen twee permanente magneten staat, wordt het aangetrokken of afgestoten, m.a.w. het gaat bewegen.

De spoel moet je wikkelen rond een stukje perspex van 2,5 cm doorsnede, waarin eerst een gat is geboord van 1 mm doorsnede en 2 cm lang. Daarin komt het uiteinde van een paperclip, zodat de spoel om die as kan draaien.

Voordat je de spoel erop wikkelt, moet je twee cirkeltjes van karton op het perspex plakken, met een doorsnee van 3,0 cm. Je krijgt dan een geultje, waarin het koperdraad komt te lopen.

Steek nu in het perspex eerst een stukje ijzerdraad van 1 mm dik, en ga dan het koperdraad erop wikkelen - dan blijft het gat, waarin de paperclip straks moet, tenminste vrij.

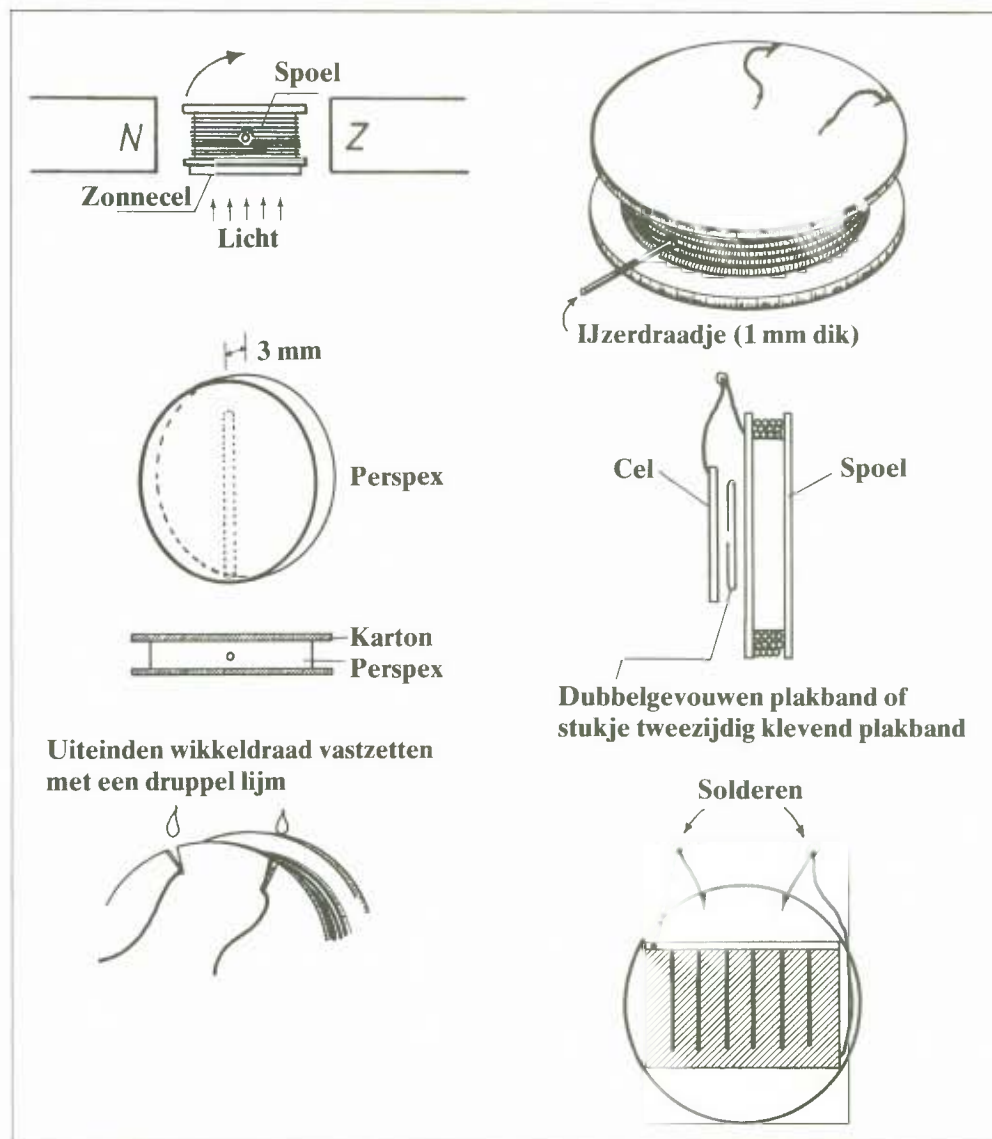
Gebruik een stuk koperdraad van  $\pm 3,5$  meter lang en 0,25 mm dik, en laat aan begin en eind ongeveer 5 cm uitsteken. Makkelijk is om aan begin en eind een snee in het karton te maken waarin je de einden klemt.

Eventueel kun je er nog een druppel lijm op laten vallen, zodat de wikkelingen niet meer los kunnen raken.

Aan de onderkant moet je voorzichtig steeds om het ijzerdraad heen wikkelen. Ook daar kun je op het koperdraad een druppel lijm laten vallen, zodat het koperdraad in de juiste vorm blijft zitten, als je het ijzerdraad eruit trekt. Wél voorzichtig zijn dat je het ijzerdraad niet áán de spoel vast lijmt anders trek je alles uit elkaar.

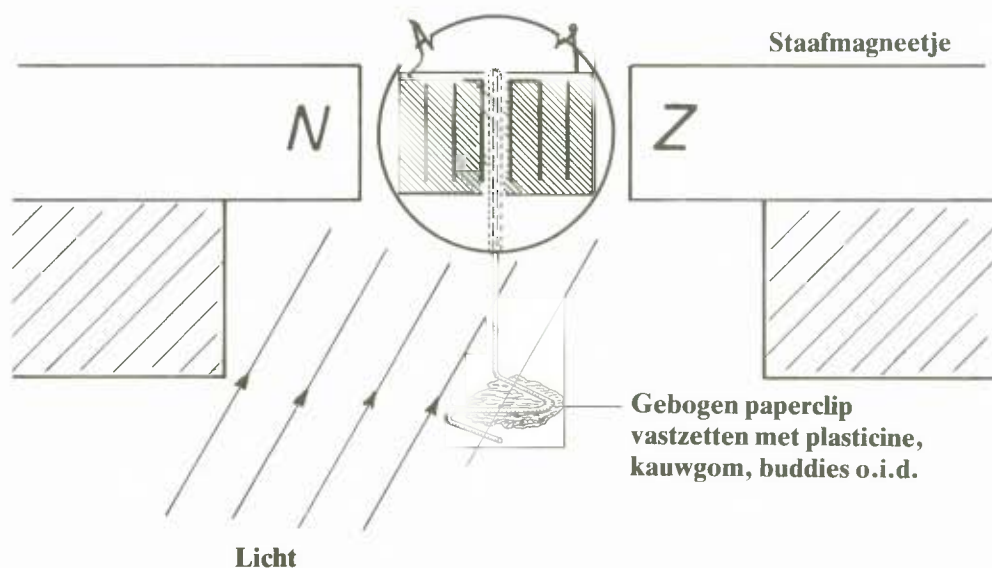
Nu de stroombron erop bevestigen. Plak de zonnecel, b.v. met plakband tegen het karton aan, aan 1 kant van de spoel. Je kunt dat doen door het plakband te vouwen zoals op de tekening.

Soldeer nu heel voorzichtig de twee aansluitingen van de zonnecel aan de twee uiteinden van de spoel.



Stel nu de spoel op tussen twee magneten, zoals op de tekening, richt er een felle lamp op en . . . nu maar hopen dat er iets gebeurt.

Onderzoek zelf maar eens hoe je de motor het snelst kunt laten draaien. Denk je dat het help als je het licht van twee kanten laat komen? Nu valt er bij één keer rond-draaien maar één keer licht op!





vraagt je misschien af waarom de  
huizen in tropische landen niet allemaal  
zonnecellen op het dak hebben. Dat levert  
namers gratis elektriciteit? Ook in Neder-  
land schijnt de zon wel eens. De reden lees

je in het kranteartikel hieronder - ook lees  
je dat er hard gezocht wordt naar  
methoden om het gebruik van zonne-  
energie mogelijk te maken.

de Volkskrant van WOENSDAG 8 MAART 1978 • ★

# TH-Eindhoven op spoor van goedkope zonnecel

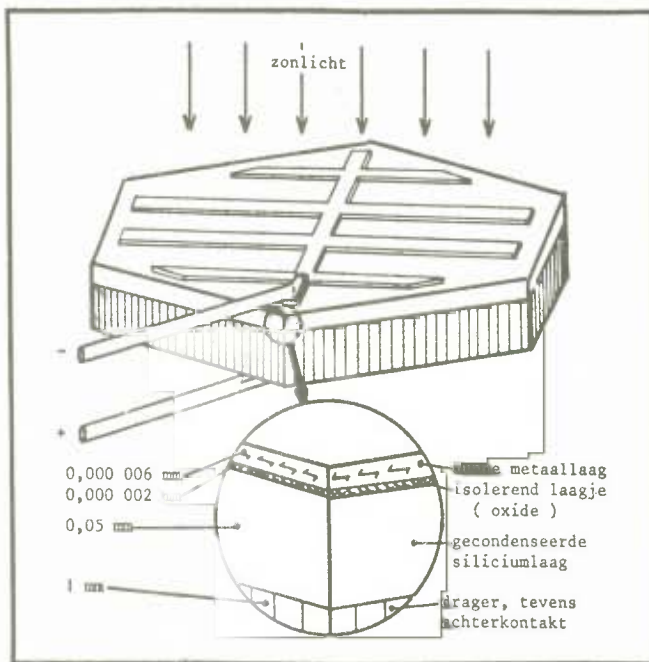
Zonnecellen kunnen in de toekomst een belangrijke rol gaan spelen in de wereldenergievoorziening, omdat ze zonlicht rechtstreeks omzetten in elektriciteit. De huidige zonnecellen zijn echter nog veel te duur voor massale toepassing op aarde. Vandaar dat op het ogenblik over de hele wereld wordt gezocht naar goedkopere manieren om zonnecellen te maken. Een van die projecten wordt uitgevoerd aan de Technische Hogeschool Eindhoven en heeft inmiddels veelbelovende resultaten opgeleverd, die vorige week bekend zijn gemaakt.

Tot dusver worden zonnecellen voor „aardse” toepassingen op dezelfde manier gemaakt als die voor de ruimtevaart, wat inhoudt dat ze aan zeer hoge kwaliteitseisen voldoen. Bij het Eindhovense Silicium MIS-Zonnecelproject wordt er echter van uit gegaan dat zonnecellen bij massaal gebruik op aarde andere kwaliteiten moeten hebben, waaraan in veel gevallen ook lagere eisen kunnen worden gesteld. Ze hoeven bijvoorbeeld niet bestand te zijn tegen de stralingen van de ruimte, maar wel tegen regen en stof; ze mogen veel zwaarder zijn en de betrouwbaarheid hoeft niet zo groot te zijn, want als ze kapot gaan kunnen ze worden vervangen.

EXACT



Rubriek over wetenschap  
en technologie  
onder redactie van  
**Hans Friedeman**



De toekomstige Eindhovense zonnecel

Bovendien moeten zonnecellen op aarde kunnen concurreren met andere mogelijkheden en energievoorziening ter plaatse. De mogelijkheden liggen totaal anders voor de schooltelevisie in een dorpje in Niger (Afrika) dan voor de schooltelevisie in Amstelveen die aangesloten is op het elektriciteitsnet. De kosten van een uur schooltelevisie in Niger bedragen met de huidige dure zonnecellen 50 cent per uur, wat nog altijd de helft is van de stroomopwekkingskosten met een dieselagregaat en een kwart van die met batterijen. Diezelfde schooltelevisie kost via het stopcontact in Amstelveen echter maar één cent per uur. Er moet dus nog heel wat gebeuren om zonnecellen overal in de wereld op grote schaal economisch bruikbaar te maken.

Zonnecellen worden tot dusver gemaakt van plakjes silicium, een element dat bijzondere elektrische eigenschappen bezit. Als er zonlicht op valt ontstaat er tussen de bovenkant en de onderkant van het plakje een spanningsverschil van ongeveer 0,5 Volt. Een hogere spanning, bijvoorbeeld 13 Volt om een accu op te laden, wordt verkregen door 26 cellen via de

aansluitingsdraden in serie met elkaar te verbinden. In standaard zonlicht geeft een zonnecel van 76 millimeter doorsnede een elektrisch vermogen van ongeveer 0,5 Watt.

De plakjes silicium in de huidige zonnecellen worden verkregen uit ronde staven van zuivere siliciumkristallen. Het maken van deze staven is een zeer tijdrovend en dus kostbaar werk, en bij het in plakjes zagen van het harde, brosse materiaal gaat 50 procent als onbruikbaar „zaagsel” verloren. Bovendien moeten de plakjes nog tot 1000 graden Celcius worden „voorgebakken” om er voor te zorgen dat de door het zonlicht in het materiaal vrijgemaakte elektronen naar de „min-pool” van de zonnecel worden gestuurd.

De Eindhovense zonnecel-groep, die geleid wordt door dr. ir. A. Kipperman, is er nu in geslaagd de drie dure stappen van het maken van siliciumstaven, het zagen en het verhitten te omzeilen, waardoor in feite een heel nieuw type zonnecel is gemaakt. Daar het zonlicht in de bovenste 0,1 millimeter van de huidige siliciumplakjes wordt geabsorbeerd, hebben de Eindhovense onderzoe-

kers de plak vervangen door een heel dun laagje silicium dat uit hete siliciumdamp condenseert op een goedkope onderlaag van onzuiver, in plakken gebakken silicumpoeder. Hiermee wordt het maken van zuivere siliciumstaven en het in plakjes zagen daarvan vermeden. Als alternatief voor het verhitten wordt op het opgedampte siliciumlaagje een uiterst dun isolerend laagje van twee miljoenste millimeter aangebracht, waar overheen dan een laagje metaal wordt gedamd dat er voor zorgt dat de vrijgemaakte elektronen naar de min-pool stromen.

De uit drie laagjes opgebouwde cel wordt een MIS-zonnecel genoemd naar de Engelse benaming *Metal-Insulator-Semiconductor* (metaalisolatie-halfgeleider). In Eindhoven zijn de technieken voor het maken van de afzonderlijke onderdelen nu met succes beproefd. Het sinteren (bakken) van een dragende onderlaag uit gepaste plakjes silicumpoeder was nog niet eerder toegepast, maar bleek door toevoeging van een „versneller” gemakkelijk uitvoerbaar. Ook het opdampen van laagjes silicium blijkt zeer goed te gaan, hoewel nog moet worden vastgesteld of ze precies de goede eigenschappen hebben of kunnen verkrijgen.

Voor het aanbrengen van het vliedunne isolerende tussenlaagje is aan de Eindhovense TH een heel simpel proces ontwikkeld, waarbij het silicium wordt ondergedompeld in een vloeistof. Dit kan zonder speciale voorzieningen bij kamertemperatuur gebeuren en is in een paar minuten klaar. Bij wijze van proef is deze behandeling toegepast op gezaagde plakjes silicium, met als resultaat dat de spanning die de cel in zonlicht levert 20 tot 100 keer groter is dan zonder dit tussenlaagje.

De verdere ontwikkeling van de Eindhovense zonnecel zal verlopen langs de drie hoofdlijnen van het sinteren van goedkoop silicumpoeder, het zeer snel opdampen van siliciumlaagjes en het simpele proces voor het maken van de dunne isolerende laag van de MIS-zonnecel. Pas als deze drie lijnen samenkomen kunnen alle voordelen van een alternatieve zonnecel worden verkregen. Dr. Kipperman denkt hiervoor nog één à twee jaar nodig te hebben. Wat de kansen voor verdere industriële ontwikkeling zijn is op dit moment nog niet te zeggen, maar de Eindhovense onderzoeker vertrouwt er op dat de MIS-zonnecel honderd keer goedkoper zal kunnen worden gemaakt dan de zonnecellen uit de ruimtevaart.

